



Proyecto y
Ejecución

Construcción con madera fermacell® y Hardie®

fermacell®



JamesHardie™

Contenido

| | |
|--|----------|
| fermacell® en la construcción con madera – sostenible, económico y prestacional | 4 |
| Tipos de placa | 6 |

1. Construcción con madera - proyecto

| | |
|---|-----------|
| 1.1 Documento de adecuación al uso (DAU) 24/141 | 17 |
| 1.2 Indicaciones para el proyecto | 17 |
| Clases de servicio | 17 |
| Modulación/Cargas excéntricas | 18 |
| Encuentros y juntas de dilatación | 18 |
| Acabados | 20 |
| Consejos prácticos | 21 |
| Checklist visita de obra | 22 |
| 1.2 Cálculo estructural y estabilidad | 23 |
| La normativa vigente: el Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Eurocódigo (EC 5). | 23 |
| Arriostramiento con muros diafragma | 24 |
| Justificación de muros diafragma según CTE/EC5. | 25 |
| 1.3 Resistencia al fuego | 42 |
| Propagación interior (CTE DB SI 1) | 42 |
| Reacción al fuego | 42 |
| Resistencia estructural (CTE DB SI 6). | 43 |
| Método simplificado de cálculo (sección reducida) | 43 |
| 1.4 Aislamiento acústico | 44 |
| Parámetros significativos en la acústica | 44 |
| Requerimientos y justificación | 45 |
| Forjados de vigas de madera | 47 |
| Forjados macizos de CLT | 47 |
| Elemento constructivo divisorias | 50 |
| La repercusión de las instalaciones | 54 |
| Medianeras | 55 |
| 1.5 Eficiencia energética y protección frente a las humedades | 56 |
| Evolución de la normativa de ahorro energético | 56 |
| Puentes térmicos | 57 |
| Criterios de confort | 57 |
| Difusividad del vapor de agua | 58 |
| Estanqueidad al vapor | 58 |
| Estanqueidad al aire | 58 |
| Estanqueidad al viento | 59 |
| Aislamiento térmico en verano | 60 |
| Absorción de agua | 60 |
| 1.6 Sostenibilidad | 62 |

2. Instalación

| | |
|---|-----------|
| 2.1 Condiciones de obra e instalación | 64 |
| Transporte y almacenaje | 64 |
| Consejos de manipulación | 65 |
| Transporte de elementos prefabricados a obra | 65 |
| 2.2 Corte y panelado | 66 |
| Manipular los paneles | 66 |
| Panelado | 67 |
| 2.3 Subestructura | 69 |
| Entramado de madera arriostante/estructural | 69 |
| Paredes no portantes | 70 |
| Tabiques ligeros | 70 |
| Falsos techos o revestimiento de techos | 70 |
| Distancia entre ejes de subestructura en los diferentes elementos constructivos | 71 |
| 2.4 Fijaciones | 72 |
| Elementos de fijación | 72 |
| Entramado de madera arriostante/estructural | 72 |
| Tabiques (no portantes). | 75 |
| Fijación de placa a placa | 76 |
| Forjados de madera y cubiertas | 77 |
| Fijación de fibra yeso sobre paneles de transformados | 78 |
| 2.5 Técnica de juntas | 80 |
| Juntas pegadas | 80 |
| Juntas emplastecidas | 82 |
| Placas de borde rebajado | 83 |
| Juntas horizontales | 84 |
| Juntas de dilatación | 84 |
| 2.6 Montaje de entramados de madera con panelado fermacell® | 85 |
| Secuencia de montaje | 85 |
| Paredes prefabricadas | 86 |
| Encuentros de elementos | 86 |
| Mortero expansivo fermacell™ | 87 |
| 2.7 Detalles en encuentros | 89 |
| Encuentro de elementos/ejecución de las juntas | 89 |
| Encuentro entre elementos | 89 |
| Variantes de juntas | 90 |
| Detalles de ejemplo | 92 |
| Encuentros de elementos constructivos con fermacell® Vapor | 93 |
| Detalles fermacell® Vapor – Panelado directo, zócalo | 94 |
| Detalles fermacell® Vapor – Panelado directo con trasdosado para instalaciones | 99 |

| | | | |
|--|-----|--|-----|
| 2.8 Acabados | 104 | 4. Selección de sistemas constructivos | |
| 2.9 Paneles de fibra yeso en zonas húmedas | 107 | 4.1 Entramado de madera estructural | 216 |
| 2.10 Fijación de cargas en los tabiques y falsos techos fermacell™ | 108 | 4.2 Paredes de carga de madera contralaminada (CLT) . | 222 |
| 2.11 Panelado exterior fibra yeso fermacell® | 113 | 4.3 Tabiquería con entramado de madera | 224 |
| Protección frente a la intemperie | 113 | | |
| Sistemas de protección de la intemperie | 114 | | |
| 2.12 Panelado exterior fermacell® Powerpanel HD | 115 | 5. Hardie® Revestimiento de fachadas | |
| Prestaciones técnicas | 117 | Superficies | 228 |
| Sistemas | 117 | Ámbito de empleo | 229 |
| Montaje | 118 | Durabilidad | 229 |
| Protección de la intemperie | 120 | Control de calidad | 229 |
| Instalación sistema de revoco fermacell™ HD | 123 | Dimensionado | 229 |
| Accesorios sistemas de revoco | 124 | Mantenimiento | 229 |
| Detalles de encuentros | 126 | Resistencia al fuego | 229 |
| | | Revestimientos de fachada Hardie® en construcciones de madera | 229 |
| 3. La construcción híbrida | | | |
| 3.1 Elección del tipo de construcción | 130 | | |
| 3.2 Construcción con madera | 131 | | |
| 3.3 James Hardie en la construcción con madera | 132 | | |
| 3.4 Principios generales de la construcción híbrida | 133 | | |
| 3.5 Aspectos de la física de los edificios | 137 | | |
| 3.6 Índice de detalles tipo | 143 | | |
| Detalles tipo de la construcción híbrida con f achadas de entramado de madera | 144 | | |

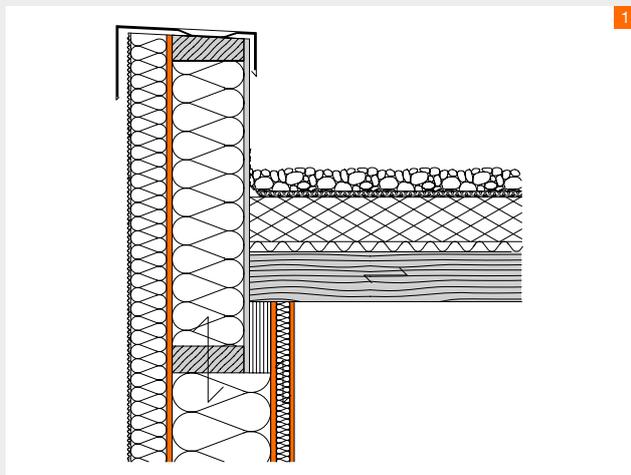


fermacell® en construcciones de madera - sostenible, económico y de altas prestaciones

Desde hace más de 40 años empresas exitosas del sector de la construcción de madera emplean paneles de fibra yeso fermacell® para soluciones económicas de alta calidad. Ofrecemos soluciones integrales para construcciones de madera desde el sótano hasta la cubierta.



Vivienda colectiva en Berlín
Construcción de madera urbana de varias plantas
Arquitecto: KADEN KLINBEIL, Berlín

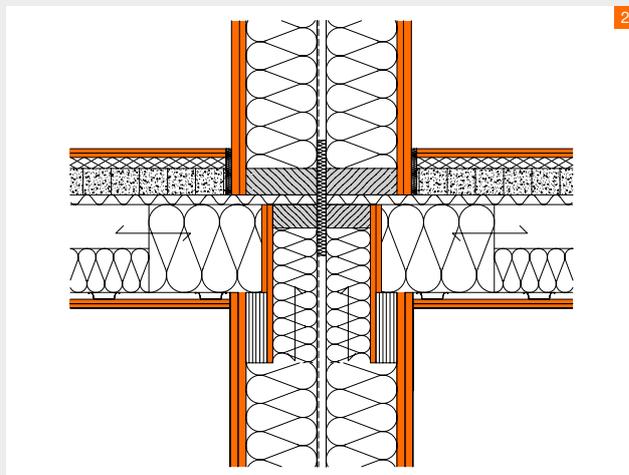
Muro exterior/Cubierta

Ejemplo de aplicaciones fermacell™:

- Muro: fermacell® Vapor/fermacell® fibra yeso (interior)
 fermacell® fibra yeso en clase de servicio 2 (exterior)
 Peto de cubierta: fermacell® Powerpanel H₂O como soporte para revoco

Aplicaciones adicionales fermacell™ y Hardie™*:

- Fachada: fermacell® Powerpanel H₂O para fachadas ventiladas
 fermacell® Powerpanel HD como panel de fachada
 Revestimiento discontinuo con paneles Hardie® Plank
 Paneles para fachada ventilada Hardie® Panel

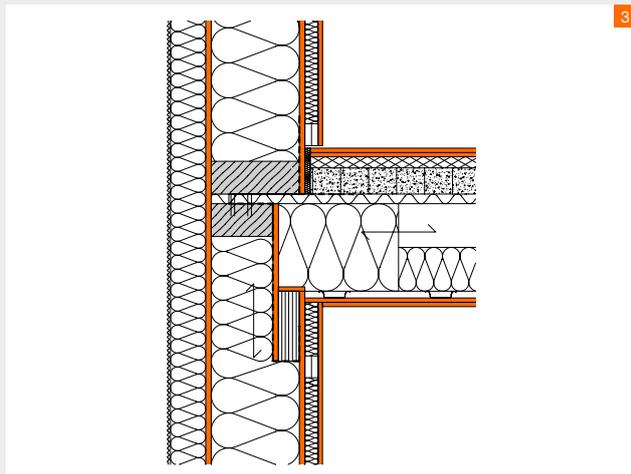
Muro medianera/Encuentro con forjado

Ejemplo de aplicaciones fermacell™:

- Muro: fermacell® fibra yeso como revestimiento protector al fuego K_s60
 Forjado: Elementos de solera seca fermacell® sobre sistema de trillaje + relleno acústico
 Techo: fibra yeso fermacell® para el panelado inferior

Aplicaciones fermacell™*:

- Zonas húmedas con exigencias elevadas:
 spa/piscina/laboratorios: fermacell® Powerpanel H₂O

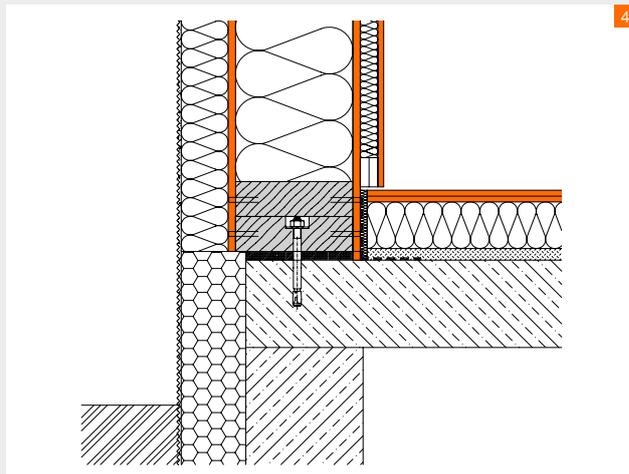
Muro exterior/Forjado

Ejemplo de aplicaciones fermacell™:

- Muro: fermacell® Vapor/fermacell® fibra yeso (interior)
 fermacell® fibra yeso en clase de servicio 2 (exterior)
 Forjado: Elementos de solera seca fermacell® sobre sistema de trillaje + relleno acústico
 Techo: fibra yeso fermacell® para el panelado inferior

Aplicaciones adicionales*:

- Zonas húmedas con exigencias elevadas:
 spa/piscina/laboratorios: fermacell® Powerpanel H₂O

Encuentro con solera

Ejemplo de aplicaciones fermacell™:

- Muro: fermacell® Vapor/fermacell® fibra yeso (interior)
 fermacell® fibra yeso en clase de servicio 2 (exterior)
 Mortero de expansión fermacell™ bajo rastrel inferior
 Suelo: Elementos de suelo fermacell® sobre granulado de nivelación fermacell™

Aplicaciones adicionales fermacell™ y Hardie™*:

- Fachada: fermacell® Powerpanel H₂O para fachadas ventiladas
 fermacell® Powerpanel HD como panel de fachada
 Revestimiento discontinuo con paneles Hardie® Plank
 Paneles para fachada ventilada Hardie® Panel

* No representado gráficamente



Paneles de fibra yeso fermacell®

Paneles homogéneos en base a yeso y celulosa de papel reciclado para la construcción seca, válidos para zonas húmedas.

- Panel universal para soluciones de resistencia al fuego, aislamiento acústico, uso estructural y para zonas húmedas.

Declaración ambiental de producto (DAP)



Características

| | |
|--|------------------------------|
| Densidad ρ_k | 1 150 ± 50 kg/m ³ |
| Difusividad al vapor de agua μ | 13 |
| Conductividad térmica λ | 0,32 W/mK |
| Capacidad térmica c | 1,1 kJ/kgK |
| Dureza Brinell | 30 N/mm ² |
| Hinchamiento al cabo de 24 h sumergido en agua | <2 % |
| Dilatación térmica | 0,001 %/K |
| Dilatación/Retracción con un 30 % de variación de humedad relativa 30 % (20 °C) | 0,25 mm/m |
| Humedad en equilibrio a 65 % de humedad relativa y 20 °C de temperatura ambiente | 1,3 % |
| Valor pH | 7-8 |
| Clases de servicio CTE DB SE-M | Tipo 1 y 2 |

Tolerancias dimensionales de paneles estándar (humedad equilibrio)

| | |
|------------------------|----------|
| Largo, ancho | +0/-2 mm |
| Diagonal | ≤2 mm |
| Espesor: 10/12,5/15/18 | ±0,2 mm |

Certificación/Clasificación

| | |
|--|--------------------|
| Evaluación Técnica Europea | ETE-03/0050 |
| Autorización de uso (Alemania) | Z-9.1-434 |
| Clasificación según EN 15283-2 | GF-I-W2-C1 |
| Reacción al fuego según EN 13501-1 | no combustible, A2 |
| Clasificación de material | nacional/europeo |
| Absorción de vapor de agua según DIN 18947:2013-08 | WS II |

Características en función del espesor de panel

| | | | | |
|---------------------------------|---------|---------|---------|-------|
| Espesor: | 10 mm | 12,5 mm | 15 mm | 18 mm |
| Peso superficial m ² | 11,5 kg | 14,5 kg | 17,5 kg | 21 kg |

Formatos en mm *

| | | | | |
|---------------|---|---|---|---|
| 1 500 × 1 000 | ● | ● | ● | ● |
| 2 000 × 1 250 | ● | ● | ● | ● |
| 2 500 × 1 250 | ● | ● | ● | ● |
| 2 540 × 1 250 | | ● | ● | ● |
| 2 650 × 1 250 | | ● | | |
| 2 750 × 1 250 | | ● | ● | ● |
| 3 000 × 1 250 | | ● | ● | ● |

Cortes especiales bajo consulta

fibra yeso fermacell® con el canto rebajado

| | |
|-----------------|-----|
| 2 000 × 1 250** | ● |
| 2 540 × 1 250 | ● |
| 2 750 × 1 250 | ● ● |

Cortes especiales bajo consulta

* Otros formatos y espesores bajo consulta ** canto rebajado en 4 bordes

fermacell® Vapor



Paneles homogéneos en base a yeso y celulosa de papel reciclado para la construcción seca, válidos para zonas húmedas y una lámina de barrera de vapor en una de las caras.

- Combina la capacidad estructural de los paneles de fibra yeso fermacell® con la función de freno de vapor de agua.
- Una placa que lo soluciona todo, se evita tener que instalar un segundo panelado
- Puede usarse como panelado directo o para crear un trasdosado para instalaciones.

**Características**

| | |
|--|--|
| Densidad ρ_k | 1 150 ± 50 kg/m ³ |
| Espesor de la capa de aire equivalente (difusividad al vapor de agua) s_d | 3,1 m/4,5 m (en función de las condiciones de humedad) |
| Calor específico c | 1,0 kJ/kgK |
| Dureza Brinell | 30 N/mm ² |
| Hinchamiento al estar sumergido en agua 24 horas | <2 % |
| Dilatación térmica | 0,001 %/K |
| Dilatación/Retracción con variación de la humedad relativa un 30 % (a 20 °C) | 0,25 mm/m |
| Humedad en equilibrio a 65 % de humedad relativa y 20 °C | 1,3 % |
| Valor ph | 7-8 |

Tolerancias dimensionales de paneles estándar (humedad equilibrio)

| | |
|--------------|----------|
| Largo, ancho | +0/-2 mm |
| Diagonal | ≤ 2 mm |
| Espesor | ± 0,2 mm |

Características por espesor de placa

| | |
|---------------------------------|---------|
| Espesor | 15 mm |
| Peso superficial m ² | 17,5 kg |

Formatos en mm

3000 × 1250 ●

Producto disponible bajo pedido

Certificación/Clasificación

| | |
|------------------------------------|-------------------------|
| Evaluación Técnica Europea | ETE-03/0050 |
| Autorización de uso (Alemania) | Z-9.1-434 |
| Clasificación según EN 15283-2 | GF-I-W2-C1 |
| Reacción al fuego según EN 13501-1 | Prestación no declarada |



fermacell® Firepanel A1

Paneles homogéneos en base a yeso, celulosa de papel reciclado y fibras no combustibles, válidos para zonas húmedas.

- Equivale a la clasificación de reacción al fuego más elevada según UNE-EN 13501-1 (A1)
- Instalación igual de fácil y rápida que con los paneles de fibra yeso convencionales
- Panel para sistemas especial de protección al fuego



Parámetros

| | |
|--|------------------------------|
| Densidad ρ_k (seco) | 1 200 ± 50 kg/m ³ |
| Resistencia a flexión (seco) | >5,8 N/mm ² |
| Difusividad al vapor de agua μ según EN ISO 12572 | 16 |
| Conductividad térmica λ_R según EN 12667 | 0,38 W/mK |
| Dilatación/Retracción a cambio de humedad relativa de un 30 % (20°C) | 0,25 mm/m |
| Humedad en equilibrio a 65 % de humedad relativa y 20 °C de temperatura ambiente | 1,30 % |
| Resistencia a compresión perpendicular a la superficie | > 18 N/mm ² |
| Alcalinidad (valor ph) | 7-8 |
| Módulo de elasticidad a flexión | >4 500 N/mm ² |

Tolerancias dimensionales con humedad en equilibrio

| | |
|--------------|----------|
| Largo, ancho | +0/-2 mm |
| Diagonal | ≤2 mm |
| Espesor | ±0,2 mm |

Certificado/Clasificación

| | |
|---|--------------------|
| Clasificación según EN 15283-2 | GF-I-W2-C1 |
| Reacción al fuego según EN 13501-1 | no combustible, A1 |
| IMO FTPC part 1 (certificado uso naval) | no combustible |
| Clasificación de material | nacional/europeo |

Características en función del espesor de panel

| | | |
|---------------------------------|---------|-------|
| Espesor | 12,5 mm | 15 mm |
| Peso superficial m ² | 15 kg | 18 kg |

Formatos en mm *

2 000 × 1 250



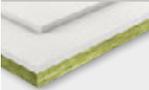
Otros formatos y espesores bajo consulta

Elementos de suelo fermacell®

Elementos de suelo de fibra yeso con o sin aislante, para el empleo en obra nueva y reforma.

■ Los elementos son transitables una vez seco el pegamento. Se pueden usar todos los elementos de suelo con acabados que permitan el uso de sillas con ruedas.



| | Espesor | Descripción Aislante | | Formato [mm] | Peso-propio (kN/m ²) | Resistencia térmica (m ² K/W) | Clase de reacción al fuego EN 13501 |
|---|---------|-----------------------|---|--------------|----------------------------------|--|-------------------------------------|
| Elemento de suelo (ES) | | | | | | | |
|  | 20mm | 2 E 11 (ES 20) |  | 1 500 × 500 | 0,23 | 0,06 | A2fl-s1 |
| | 25mm | 2 E 22 (ES 25) | | 1 500 × 500 | 0,29 | 0,08 | A2fl-s1 |
| Elemento de suelo (ES) con fibra de madera (FM) de 10mm | | | | | | | |
|  | 30mm | 2 E 31 (ES 20 FM 10) |  | 1 500 × 500 | 0,25 | 0,26 | Bfl-s1 |
| | 35mm | 2 E 33 (ES 25 FM 10) | | 1 500 × 500 | 0,25 | 0,28 | Bfl-s1 |
| Elemento de suelo (ES) con lana mineral (LM) en 10 o 20mm | | | | | | | |
|  | 30mm | 2 E 32 (ES 20 LM 10) | | 1 500 × 500 | 0,25 | 0,28 | A2fl-s1 |
| | 35mm | 2 E 34 (ES 25 LM 10) | | 1 500 × 500 | 0,25 | 0,31 | A2fl-s1 |
| | 45mm | 2 E 35 (ES 25 LM 20) | | 1 500 × 500 | 0,33 | 0,31 | A2fl-s1 |
| Elemento de suelo (ES) con poliestireno (EPS)¹⁾ en 20 o 30mm | | | | | | | |
|  | 40mm | 2 E 13 (ES 20 EPS 20) | | 1 500 × 500 | 0,23 | 0,56 | Bfl-s1 |
| | 50mm | 2 E 14 (ES 20 EPS 30) | | 1 500 × 500 | 0,23 | 0,81 | Bfl-s1 |

¹⁾=según EN13163 EPS DEO100 KPa

Certificación

Evaluación Técnica Europea

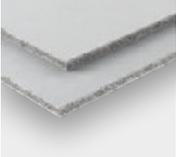
ETE-18/0723

fermacell® Powerpanel TE

La solera seca en base a cemento para zonas con elevada exposición a la humedad.

- fermacell® Powerpanel TE es un producto no combustible de clase A1.
- Elementos compatibles con suelo radiante de agua y eléctrico
- Para zonas con exposición al agua muy fuerte, como en duchas de gimnasio, perímetro de piscinas interiores, etc.



| | Espesor [mm] | Descripción | Formato [mm] |
|--|-----------------|--|-----------------|
|  | 25 | Elemento de suelo en base a cemento, apto para uso en zonas con alto grado de exposición al agua | 500 × 1 250 |

Características

| | | |
|---|--|---|
|  | Composición | 2 × 12,5 mm placas fermacell® Powerpanel H ₂ O |
| | Espesor (mm) | 25 |
| | Peso propio (kN/m ²) | 0,25 |
| | Resistencia térmica (m ² K/W) | 0,14 |
| | Clase de reacción al fuego | A1 |

Accesorios para la nivelación y el aislamiento acústico

| Mortero de nivelación fermacell™ (autonivelante) | |
|---|-----------------------------------|
| Reacción al fuego | A1 |
| Conductividad térmica λ_R | 1,1 W/mK |
| Densidad seca | 1 700–1 800 kg/m ³ |
| Espesor máximo | 20 mm |
| Consumo por m ² | aprox. 1,7 kg por 1 mm de espesor |
| Resistencia a compresión (DIN 1164) | aprox. 26,0 N/mm ² |
| Resistencia flexotracción (DIN 1164) | aprox. 6,5 N/mm ² |
| Resistencia silla con ruedas DIN 68131 bzw. EN 12529 | a partir de 1 mm de espesor |
| Sobrecarga por mm de espesor | 0,17 kN/m ² |
| Almacenaje | 9 meses en seco |



| Granulado de nivelación fermacell™ | |
|---|--|
| Reacción al fuego | A1 (DIN 4102) |
| Conductividad térmica λ_R | 0,09 W/mK |
| Granulometría | 0,2 a 4 mm |
| Densidad (vertido) | aprox. 400 kg/m ³ |
| Vertido mínimo | 10 mm |
| Vertido máximo (sin compactación) | 60–100 mm en función de zona de uso (sobrecarga) |
| Consumo por m ² | aprox. 10 litros por cm de relleno |
| Carga por 1 cm de vertido | 0,04 kN/m ² |
| Almacenaje | seco |



| Mezcla de recrido fermacell™ T | |
|---|---|
| Reacción al fuego | A2-s1, d0 |
| Conductividad térmica λ_{Rk} | 0,10 W/mK |
| Resistencia a compresión (DIN 53421) | $\geq 0,5$ N/mm ² |
| Densidad en seco | aprox 390 kg/m ³ |
| Relleno mínimo | 10 mm |
| Relleno máximo | 2 000 mm (en tongadas de 300 mm máximo) |
| Consumo por m ² | aprox. 10 litros por cm de relleno |
| Difusividad al vapor (DIN 52615) | $\mu = 5$ |
| Sobrecarga por 10 mm de espesor | 0,039 kN/m ² |
| Almacenaje | 12 meses en seco y sin heladas |



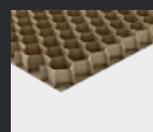
| Relleno acústico con ligante fermacell™ | |
|--|------------------------------------|
| Reacción al fuego | A2fl -s1 |
| Conductividad térmica λ_{Rk} | 0,7 W/mK |
| Resistencia a compresión (DIN 53421) | – |
| Densidad en seco | aprox 1 500 kg/m ³ |
| Relleno mínimo | 10 mm |
| Relleno máximo | 200 mm |
| Consumo por m ² | aprox. 10 litros por cm de relleno |
| Difusividad al vapor (DIN 52615) | – |
| Sobrecarga por 10 mm de espesor | 0,15 kN/m ² |
| Almacenaje | – |



| Relleno acústico fermacell™ | |
|--|--|
| Reacción al fuego | A1 (DIN 4102) |
| Conductividad térmica λ_R | 0,7 W/mK |
| Granulometría | 1 a 4 mm |
| Densidad (vertido) | aprox. 1 500 kg/m ³ |
| Vertido mínimo | 30 mm |
| Vertido máximo (sin compactación) | 60 mm |
| Consumo por m ² | aprox. 10 litros por cm de relleno |
| Carga | 0,45 kN/m ² en trillaje de 30 mm 0,90 kN/m ² en trillaje de 60 mm |
| Almacenaje | seco |



| Trillaje para aislamiento acústico | |
|---|--|
| Descripción | Panel de trillaje para mejora de aislamiento acústico a rellenar con el granulado acústico |
| Dimensiones | 1 500 × 1 000 mm |
| Espesores | 30 mm o 60 mm |



fermacell® Powerpanel H₂O

fermacell® Powerpanel H₂O Panel sandwich de cemento aligerado, reforzado mediante una malla de fibra de vidrio resistente a los alcalis en cada una de las caras.

- Resistencia duradera frente al agua, también apto para solicitaciones químicas

**Características**

| | |
|--|-------------------------|
| Densidad ρ_k (seco) | 1 000 kg/m ³ |
| Resistencia a flexión (EN 12467) | ≥ 6,0 N/mm ² |
| Difusividad al vapor de agua μ según EN ISO 12572 | 56 |
| Conductividad térmica λ_r según EN 12664 | 0,17 W/mK |
| Dilatación/retracción a cambios de la humedad relativa entre 30 y 65 % (20 °C) según EN 318 | 0,15 mm/m |
| Dilatación/retracción a cambios de la humedad relativa entre un 65 y 85 % (20 °C) según EN 318 | 0,10 mm/m |
| Humedad en equilibrio a 65 % de humedad relativa y 20 °C de temperatura según DIN EN 322 | ≥ 5 % |
| Resistencia a compresión según EN 789 | 11,7 N/mm ² |
| Valor pH | ca. 10 |
| Módulo de elasticidad (según EN 12467) | 4 200 N/mm ² |
| Categoría de uso (resistencia a la intemperie) según EN 12467 | A, B, C, D |

Características en función del espesor de panel

| | |
|------------------------------------|---------|
| Espesor | 12,5 mm |
| Peso aproximado por m ² | 12,5 kg |

Formatos en mm *

| | |
|---------------|---|
| 1 000 × 1 250 | ● |
| 2 000 × 1 250 | ● |
| 2 600 × 1 250 | ● |
| 3 010 × 1 250 | ● |

*Otros formatos y espesores bajo consulta

Certificaciones

| | |
|---|--------------------|
| Evaluación Técnica Europea | ETE-07/0087 |
| Autorización de uso (Alemania) para el empleo en interiores | AbZ Z-31.20-163 |
| Autorización de uso (Alemania) para el empleo en exteriores | AbZ Z-31.4-181 |
| Reacción al fuego según EN 13501-1 | no combustible, A1 |
| IMO FTPC part 1 (certificado naval) | no combustible |
| Clasificación | europea |

Tolerancia dimensional para formatos estándar (humedad en equilibrio)

| | |
|---------------------|----------|
| Largo, ancho | ± 1 mm |
| Diferencia diagonal | ≤ 2 mm |
| Espesor | ± 0,5 mm |

fermacell® Powerpanel HD



Panel sandwich de cemento aligerado, reforzado mediante fibras de vidrio en la superficie. El árido aligerante está conformado por arcilla expandida (centro del panel) y vidrio celular (vidrio reciclado) en las capas superficiales.

- El panel idóneo para el exterior
- Placa multifuncional: estructural, soporte para revocos y resistente al fuego



Declaración Ambiental de Producto (DAP)

Características

| | |
|---|-----------------------------|
| Densidad en seco ρ_k | 850–1 050 kg/m ³ |
| Resistencia a flexión según EN 310 | ≥2,1 N/mm ² |
| Difusividad al vapor de agua μ según EN ISO 12572 | 32 (húmedo); 37 (seco) |
| Conductividad térmica λ_R (según EN 12664) | 0,29 W/mK |
| Dilatación/retracción a cambio de humedad de un 30 % | ±0,1 % |
| Humedad en equilibrio a 65 % de humedad relativa y un 20 °C de temperatura según EN 322 | aprox. 7 % M. |
| Resistencia a compresión N/mm ² según EN 789 perpendicular al panel | 10,2 N/mm ² |
| Valor pH | aprox. 12 |
| Módulo de elasticidad $E_{m,mean}$ según EN 1995-1-1 | 4 200 N/mm ² |
| Categoría de uso (resistencia a la intemperie) según EN 12467 | A, B, C, D |

Tolerancia dimensional para formatos estándar (humedad en equilibrio)

| | |
|---------------------|--------|
| Largo, ancho | ± 1 mm |
| Diferencia diagonal | ≤2 mm |
| Espesor | ± 1 mm |

Características en función del espesor de panel

| | |
|------------------------------------|---------|
| Espesor | 15 mm |
| Peso aproximado por m ² | 14,5 kg |

Formatos en mm *

| | |
|---------------|---|
| 1 000 × 1 250 | ● |
| 2 600 × 1 250 | ● |
| 3 000 × 1 250 | ● |

*Otros formatos y espesores bajo consulta

Certificaciones

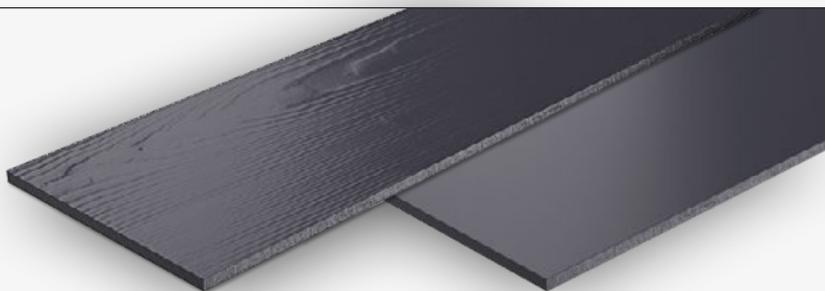
| | |
|--------------------------------|--------------------|
| Evaluación Técnica Europea | ETE-13/0609 |
| Autorización de uso (Alemania) | Z-31.1-176 |
| Reacción al fuego EN 13501-1 | no combustible, A1 |
| IMO FTPC part 1 | no combustible |
| Clasificación | europaea |



Paneles de fachada Hardie® Plank

Los paneles de fachada Hardie® Plank ofrecen la belleza natural de la madera siendo de robusto fibro cemento.

- Belleza perdurable
- 15 años de garantía a los paneles Hardie® Plank
- Montaje fácil solo requiere un operario con ayuda de la herramienta Gecko Gauges
- Tecnología **ColourPlus**



Acabado tipo madera Hardie® Plank

Hardie® Plank Liso

Características

| | |
|---|---|
| Espesor | 8 mm |
| Largo | 3600 mm |
| Ancho | 180 mm |
| Peso por m ² | 11,2 kg |
| Peso por pieza | 7,4 kg |
| Densidad en seco ρ_k | 1300 kg/m ³ |
| Resistencia a flexión (EN 12467) | En estado seco: > 10 MPa En estado húmedo: > 7 MPa |
| Dilatación/retracción a cambios de la humedad relativa entre un 30 y 90 % (20°C) según EN 318 | ≤ 0,05 % |
| Categoría y clase (según EN 12467) | Categoría A, Clase 2 |
| Conductividad térmica λ_R (según EN 12664) | 0,23 W/mK |
| Resistencia térmica | $R_{10,tr} = 0,035 (m^2K)/W$ |

Certificaciones

Clasificación según EN 13501-1 No combustible, A2-s1,d0

Tabla de cargas de viento para elementos Hardie® Plank

| Tipo de subestructura | Distancia entre ejes [mm] | Fijaciones/Dimensiones | Carga de viento máxima [kPa] |
|---|---------------------------|--|------------------------------|
| Subestructura de madera (min. 30 x 50 mm) | 400 | 1. Paslode Coilnail | 1,87 |
| | 600 | 2,5 x 35 mm Diámetro de cabeza 7 mm | 1,33 |
| | 625 | 2. Paslode clavo ranurado | 1,33 |
| | 625 | 2,8 x 50 mm Diámetro de cabeza 7 mm* Tornillo acero inox 4,0 x 45 mm, diámetro de cabeza mínimo 7 mm | 1,4 |

Según Eurocode 5

* el tornillo no debe traspasar la madera por riesgo de que se astille.



Paneles de fachada Hardie® VL Plank

Los paneles de fachada Hardie® VL Plank ofrecen un sistema machihembrado innovador con fijaciones ocultas para fachadas ventiladas.

- Belleza duradera
- Sin mantenimiento
- 15 años de garantía a los paneles Hardie® VL Plank
- Tecnología **ColourPlus™**



Acabado tipo madera Hardie® VL Plank

Características

| | |
|---|---|
| Espesor | 11 mm |
| Largo | 3600 mm |
| Ancho | 214 mm (ancho visto 182 mm) |
| Peso por m ² | 13,6 kg |
| Peso por pieza | 10,5 kg |
| Densidad en seco ρ_k | 1300 kg/m ³ |
| Resistencia a flexión (EN 12467) | > 15 MPa perpendicular a la fibra > 11 MPa paralelo a la fibra |
| Dilatación/retracción a cambios de la humedad relativa entre un 30 y 90 % (20°C) según EN 318 | ≤ 0,05 % |
| Categoría y clase (según EN 12467) | Categoría A, Clase 2 |
| Conductividad térmica λ_n (según EN 12664) | 0,23 W/mK |
| Resistencia térmica | $R_{10,tr} = 0,048 (m^2K)/W$ |
| Difusividad al vapor de agua μ^* | 100 |

*Basado en el valor μ del panel Hardie® Plank de 8 mm

Certificación

| | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Reacción al fuego según EN 13501-1 | No combustible, A2-s1,d0 |
|------------------------------------|-----------------------------|

Tabla de cargas de viento para elementos Hardie® VL Plank

| Tipo de subestructura | Distancia entre ejes [mm] | Fijaciones/Dimensiones | Carga de viento máxima [kPa] |
|---|---------------------------|---|------------------------------|
| Subestructura de madera (min. 40 × 60 mm) | 400 | Tornillo Hardie™ Plank | 2,96 |
| | 600 | para subestructura de madera/T15 Torx Acero | 2,20 |
| | 625 | inox A2, 4,2 × 40 mm, diámetro cabeza 10 mm | 1,87 |
| | 400 | Paslode Coilnail | 1,80 |
| | 600 | 2,5 × 35 mm, diámetro cab 7 mm | 1,06 |
| | 625 | | 0,93 |

Según Eurocode 5

* el tornillo no debe traspasar la madera por riesgo de se astille.



Paneles de fachada Hardie® Panel y Hardie® Architectural Panel

Los paneles de gran formato Hardie® Panel para un estilo arquitectónico moderno. Duradero y resistente, la solución más económica para su proyecto.

- Suma economía y diseño
- 15 años de garantía
- Incombustible (A2, s1-d0)



Hardie® Panel



| Características | Hardie® Panel | | Hardie® Architectural Panel | |
|--|---|---|---|---|
| | Hardie® Panel | Hardie® Architectural Panel Metallics | Hardie® Panel | Hardie® Architectural Panel |
| Espesor | 8 ± 0,8 mm | 11 ± 1,1 mm | 8 + 1,2/-0,8 mm | 11 + 1,65/-1,1 mm |
| Categoría y clase (EN 12467) | Categoría A, clase 2 | | | |
| Reacción al fuego (EN 13501-1) | A2-s1, d0 | | | |
| Largo* | Bruto: 3048 ± 5 mm / Neto.: 3038 mm | | | |
| Ancho* | Bruto: 1220 ± 3,66 mm / Neto.: 1210 mm | | | |
| Nivel de tolerancia dimensional (EN 12467) | Nivel I | | | |
| Densidad | ~ 1300 kg/m³ | | | |
| Peso | 10,2 kg/m² | 14,4 kg/m² | 10,2 kg/m² | 14,4 kg/m² |
| Conductividad térmica | $\lambda_{10, tr} = 0,23 \text{ W/mK}$ | | | |
| Resistencia térmica | $R_{10, tr} = 0,035 \text{ m}^2\text{K/W}$ | $R_{10, tr} = 0,048 \text{ m}^2\text{K/W}$ | $R_{10, tr} = 0,035 \text{ m}^2\text{K/W}$ | $R_{10, tr} = 0,048 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Resistencia a flexión, valor característico (según EN 12467) | 16,0 MPa perpendicular a la dirección de fibra 11,0 MPa paralelo a la fibra | 17,7 MPa perpendicular a la dirección de fibra 11,9 MPa paralelo a la fibra | 17,8 MPa perpendicular a la dirección de fibra 11,4 MPa paralelo a la fibra | 17,0 MPa perpendicular a la dirección de fibra 11,8 MPa paralelo a la fibra |
| Módulo de elasticidad | 6200 N/mm² | | 5100 N/mm² | |
| Dilatación lineal 30-90% de humedad relativa | $\leq 0,05\%^{**}$ | | | |
| Resistencia a impactos (según EAD 090062-00-0404)*** | - | Categoría 1 (H1-3, S1-4) | - | Categoría 1 (H1-3, S1-4) |

* recomendamos un rectificado perimetral de 5 mm para escuadría óptima

** humedad relativa entre 30-90%

*** sobre madera, aluminio y acero

Certificación

Reacción al fuego según EN 13501-1 No combustible, A2-s1,d0

Certificación nacional DAU 25/150

Certificación europea ETA 25/0144

01 Proyecto

1.1 Documento de adecuación al uso (DAU) 24/141

El empleo de los paneles de fibra yeso fermacell® como elemento de arriostramiento estructural (resistencia al descuadre) para entramados de madera y como revestimiento de paneles de madera contralaminada (CLT) está cubierto por el DAU 24/141, que aparte incluye las certificaciones de resistencia al fuego REI que se indican en las tablas a partir de la página 216.

Recomendamos usar el DAU como referencia adicional para definir los sistemas constructivos de madera con paneles de fibra yeso fermacell®.

1.2 Indicaciones para el proyecto

Los aspectos de proyecto tratados en este capítulo son recomendaciones para el proyectista (arquitecto, ingeniero, constructor de madera) de edificios de madera.

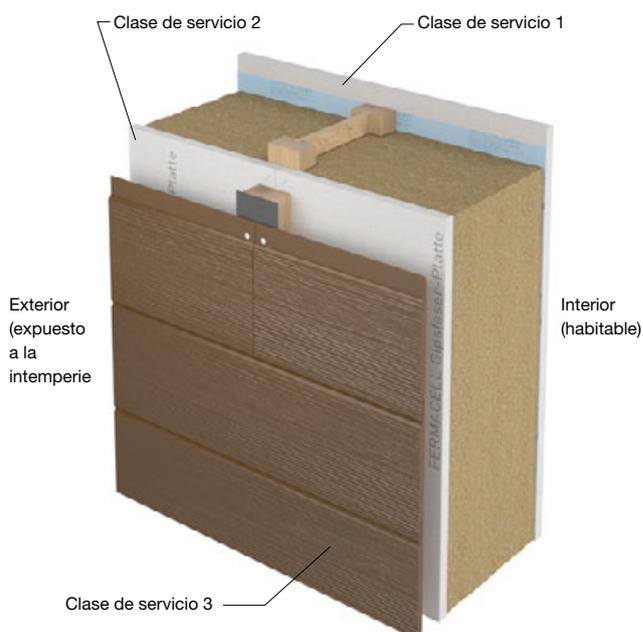
- Clases de servicio
- Modulación/Cargas excéntricas
- Uniones/juntas de movimiento
- Superficies
- Aspectos de instalación
- Checklist para la visita de obra

Clases de servicio

En el Eurocódigo 5 (UNE EN 1995-1-1) y el CTE se definen las clases de servicio 1-3. Es importante determinar en la fase inicial del proyecto cuales son las clases de servicio que aplican y las consecuencias que esto puede tener en la elección de materiales. En caso de duda debe recurrirse a las indicaciones dadas por los fabricantes de los materiales a ser instalados.

Combinación de diferentes materiales

En las construcciones de madera es habitual combinar materiales (por ejemplo fibra yeso sobre paneles transformados de madera). El proyectista debe tener en cuenta que los materiales pueden tener diferentes coeficientes de dilatación y retracción, lo cual puede ser limitante en algún caso. Así un panelado directo con paneles de fibra yeso fermacell® sobre paneles transformados de madera está sujeto a limitaciones (ver capítulo 2.4).



Definición de las clases de servicio según CTE DB SE-M

Modulación/Cargas excéntricas

Modulación

Como norma general el proyectista tiene libertad en cuanto a la elección de la modulación. Los siguientes criterios pueden influir en la elección de la modulación:

- Formatos y espesor de paneles
- Distribución de puertas y ventanas
- Distribución interior
- Composición de la fachada
- Formatos del aislante

En la construcción de madera convencional la modulación viene definida por la separación de los pilares (modulación grande).

En la construcción con entramados de madera es habitual una modulación de 1200/1250 mm (separación de montantes de 600/625 mm). Ello permite el empleo de formatos estándar minimizando recortes. En función del espesor de placas y el cálculo estructural es posible aumentar la distancia entre perfiles hasta 900 mm. La modulación es diferente en falsos techos, donde se debe reducir la distancia entre apoyos para limitar la flecha. Más información sobre este tema en el capítulo 2.3 (subestructuras).

Por supuesto es posible emplear materiales cortados a medida. El proyectista deberá evaluar si el sobrecoste es compensado por los beneficios que pueden aportar. Hay que tener en cuenta que los materiales de corte especial por lo general requieren un pedido mínimo.

En algunos casos los paneles de fibra yeso fermacell® también se utilizan en grandes formatos, por ejemplo 2540 x 6200 mm o menor. Para su manipulación se requieren máquinas elevadoras que funcionen con ventosas.

Cargas excéntricas

El proyectista deberá determinar de que forma y en que lugar se deben transmitir cargas excéntricas.

Hay que diferenciar entre cargas permanentes, como por ejemplo estanterías, o cargas que pueden estar expuestas a acciones dinámicas por apoyo o similar, como por ejemplo radiadores, pasamanos, inodoros suspendidos, etc. En función de la carga y el uso se recomienda integrar los refuerzos en el soporte. Los sanitarios suspendidos ya incorporan estas estructuras auxiliares en forma de kit. En el capítulo 2.10 se detallan las cargas máximas que pueden cargarse directamente a las placas de fibra yeso fermacell® en función de la tipología de fijación.

Encuentros y juntas de dilatación

Encuentros

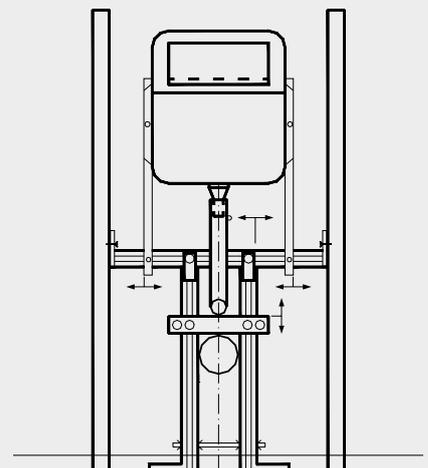
Los encuentros pueden absorber dilataciones y retracciones de los elementos constructivos.

Hay que respetar las siguientes pautas generales:

- Todos los rincones deben separarse
- Los trabajos de acabado posterior deben ejecutarse acorde a esto, por ejemplo realizando un corte en la junta
- Cuando hay un cambio de material en el soporte (por ejemplo encuentro con un muro de hormigón) se dejará una junta de dilatación vista
- En las uniones que se emplastezcan con pasta de juntas, se debe colocar una tira separadora para evitar una adhesión de la pasta



Transporte de paneles de fibra yeso fermacell® mediante máquina elevadora con ventosas



Bastidor de inodoro suspendido. Se trata de un bastidor propio del inodoro y sirve para absorber cargas excéntricas elevadas.

Aparte deben respetarse eventuales asentamientos de la estructura de madera. Más información sobre los encuentros en el capítulo 2.7.

Uniones

La disposición de las uniones de elementos debe determinarse en una fase inicial del proyecto.

Las uniones de elementos requieren un tratamiento más laborioso para el acabado (por ejemplo la incorporación de piezas de encaje). Por ello se recomienda, si es posible, realizar las uniones en zonas ocultas como por ejemplo detrás de encuentros en T de paredes transversales.

Necesidad de juntas de dilatación

Todos los materiales están sujetos a dilataciones/retracciones en diferente magnitud. Para absorber estas deformaciones y parcelar las superficies, se ejecutan juntas de dilatación.

Las juntas de dilatación deben definirse en el proyecto y no debe quedar como tarea pendiente para la obra.

Se recomienda:

- Definición de las juntas en una fase temprana del proyecto, posteriormente esto puede ser complicado o imposible
- Tener las juntas de dilatación bien definidas para la licitación de obra

Los siguientes criterios influyen en la disposición de las juntas de dilatación:

Juntas de dilatación existentes en la obra gruesa

Las construcciones de madera muchas veces se combinan con obra maciza de hormigón. Así los entramados de madera se colocan sobre soleras o zapatas de hormigón. Es habitual que el hormigón armado incorpore juntas de dilatación. Éstas deben replicarse en la estructura de madera.

Distancias máximas

En función del tipo de material y la combinación de materiales las superficies deben limitarse para controlar la tensión que se puede generar. Por ello se definen distancias máximas entre juntas de dilatación en fermacell™. Más información sobre este tema en el capítulo 2.5.

Adicionalmente la geometría de la superficie puede requerir juntas de dilatación adicionales, por ejemplo en los cambios de sección.

Ejecución de las juntas de dilatación

La forma de ejecutar estas juntas depende de 2 factores:

1. Estéticos. Las juntas pueden quedar vistas o se pueden embellecer con perfiles de junta. La única condición es que las superficies no estén unidas
2. Requerimientos acústicos y de fuego. Para estos requerimientos cada junta supone un punto debil. Por ello las juntas de dilatación deben reforzarse con una tapeta posterior y el solape de paneles.

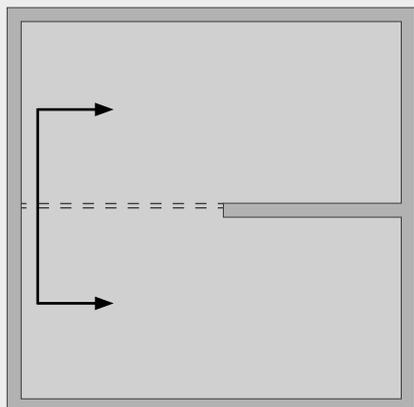
Juntas entre paneles

Cuando solo existen exigencias de resistencia al fuego y no a la estética, es posible una unión de paneles a testa (por ejemplo en una sala de calderas/instalaciones).

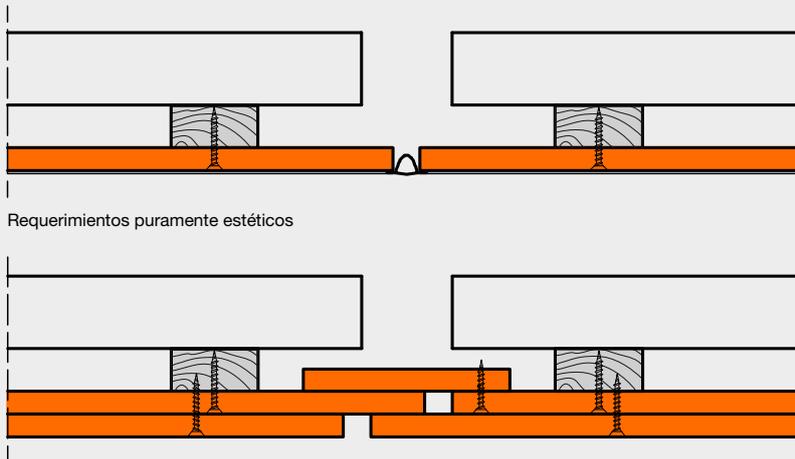
Si se desea una superficie libre de juntas, las juntas entre paneles deben unirse.

Son posibles las siguientes variantes:

- Junta pegada
 - Junta emplastecida con placas de canto recto
 - Junta emplastecida con placas de borde rebajado
- En panelado doble es suficiente que se unan los paneles vistos.



Ejemplo techo con pared transversal



Requerimientos acústicos y de protección al fuego

Gremios

Recomendamos que el instalador de los paneles también sea responsable del tratamiento de juntas y que así se especifique en la licitación. Esto facilita los trabajos y la entrega a los siguientes gremios. Más información sobre el tratamiento de juntas en el capítulo 2.5.

Indicaciones sobre el tratamiento de juntas de los paneles Powerpanel HD (fachada) en el capítulo 2.12.

Acabados**Calidades de acabado**

En el ámbito de la construcción seca se han establecido unas reglas de cómo se deben clasificar los niveles de acabado de las superficies (UNE 102043, Anexo A Apartado A.1.)

Hay que resaltar, al igual que viene definido en la normativa referenciada, que las condiciones de luminosidad no suelen ser constantes, por lo que una evaluación clara e inequívoca de los trabajos en seco solo se puede hacer si la situación de luminosidad ha sido definida antes de realizar los trabajos de emplastecido. En consecuencia, las condiciones de luminosidad deben ser objeto de acuerdo en el contrato.

- Q1: Nivel de calidad básico
- Q2: Nivel de calidad estándar
- Q3: Nivel de calidad alta
(requiere acuerdo contractual especial)
- Q4: Nivel de calidad máxima
(requiere acuerdo contractual especial)

Si en el proyecto no existe ninguna descripción y especificación del nivel de calidad exigido, se considera por defecto que se acuerda el nivel de calidad Q2.

Acabados sobre paneles de fibra yeso fermacell®

Los siguientes acabados son posibles:

- Enlucidos finos con granulometría diversa
- Enlucido proyectado
- Pintura
- Empapelado
- Alicatado

La composición de las capas va en función de la calidad exigida y de los materiales empleados. Más información en el capítulo 2.8 Acabados a partir de página 56.



Emplastecido de juntas, determinante para calidades de acabado Q1 a Q4



Fabricación de entramados de madera con paneles de fibra yeso fermacell®



Asesoramiento especializado en construcciones de madera por parte de James Hardie Europe GmbH

Consejos prácticos

Prefabricación de elementos de madera

- Grado de prefabricación:
En la construcción con entramados de madera existen diversos grados de prefabricación. ¿Los elementos deben fabricarse completamente en fábrica y en obra solamente se instalan?
¿O solamente se prefabrica el entramado con un panel arriostante y el resto se monta en obra?
- Organización de la fábrica:
¿De qué maquinaria se dispone?
¿Los recursos humanos son suficientes?
¿Se requiere externalización de trabajos de carpintería?
- Formato de elementos
¿Cuales son los factores limitantes?
¿Mesa de trabajo en fábrica?
¿Medios de transporte?
¿Potencia de la grúa en obra?
- Almacenaje de material
En función del tamaño de obra gran cantidad de material (madera, aislante, paneles, etc.) debe ser almacenada.
¿Será posible almacenar el material desde un inicio en la planta o será posible un suministro a obra a medida que se vaya fabricando?
- ¿Se han respetado puntos de cuelgue en el cálculo estructural para los elementos constructivos?
- Almacenaje intermedio:
Muchas empresas de construcción de madera almacenan los elementos en la superficie de carga de camiones. Es posible que éstos ocupen más espacio que la propia planta de fabricación

Transporte y logística

- ¿El material necesario prefabricado es suministrado a la obra por el distribuidor?
- ¿Que medios de descarga están disponibles?
- ¿Hay que respetar/reservar slots de suministro?
- ¿Como se lleva el elemento a la planta correspondiente del edificio?
- Es posible necesitar un permiso del ayuntamiento en el caso de elementos de gran formato

- En obras con elementos prefabricados: como son los accesos a la obra (estado y anchura de la calle, acceso, etc.)
- Orden de suministro de elementos prefabricados
- Protección de elementos prefabricados de la intemperie durante el transporte

Montaje

Elementos prefabricados:

- ¿El orden de los elementos está definido?
- ¿La elección de la grúa es correcta para la dimensión de los elementos?
¿O es necesaria una grúa móvil?
- ¿La fijación temporal está proyectada y calculada?
- ¿El anclaje definitivo en la cimentación está proyectado y calculado?
- ¿La protección temporal frente a la intemperie para el transporte y durante la ejecución está garantizada (sobre todo en obras grandes)?
- ¿El material necesario para las divisiones interiores debe almacenarse en las plantas correspondientes durante la ejecución de la obra? ¿Se conoce la ubicación exacta y ha sido comunicada? ¿El material llegará a tiempo?

Montaje in situ:

- ¿El material está almacenado de forma correcta en lugar protegido? ¿Se requiere una protección frente a la intemperie?
- ¿Las condiciones de obra (temperatura, humedad) corresponden a las indicaciones de los fabricantes?
- ¿Se deben prever elementos auxiliares (por ejemplo travesaños) para el anclaje de elementos a la grúa?
- Trabajos posteriores pueden influir en la ejecución de la obra (por ejemplo plastón para las soleras)
- ¿Los instaladores tienen experiencia con los materiales o requieren una formación?
- ¿Todos los detalles están proyectados y han sido comunicados?
- ¿Están a disposición todas las herramientas para la instalación de los materiales?

Checklist visita de obra

Paneles fibra yeso fermacell® (aplicación en interior)

Proyecto: _____

Arquitecto: _____

Empresa 1: _____

Empresa 2: _____

Puntos de control (lista no exhaustiva):

- ¿Ámbito de uso correcto?
- Condiciones de obra (temperatura, humedad)
- Distancia de subestructura, dimensiones subestructura
- Fijaciones (tipo, distancias)
- Tipo de juntas (junta pegada, junta emplastecida, borde rebajado), materiales correctos
- Disposición de juntas entre paneles (no juntas en cruz, en puertas)

- Distancia entre juntas de dilatación
- Encuentro con otros elementos constructivos (tira separadora)
- Ejecución de esquinas (interiores separadas, exteriores unidas)
- Conocimiento de trabajos posteriores (por ejemplo preparación del soporte, impermeabilización, revoco)

Adicionalmente con placas fermacell® Vapor:

- Solo construcción de elementos
- Solo paneles de gran formato (sin juntas horizontales)

Incidencias en la visita:

Según visto instalación correcta

Incidencias menores (ver comentarios)

| Comentarios/Corrección de errores: | Responsable: |
|------------------------------------|--------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Fecha: _____ **Firma:** _____

1.2 Cálculo estructural y estabilidad

- Normativa CTE/Eurocódigo 5
- Arriostramiento mediante muros diafragma
- Justificación de cálculo de muros diafragma (CTE/EC 5)
- Ejemplo de cálculo

La normativa vigente: el Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Eurocódigo (EC 5)

El cálculo de estructuras de madera en España está regulado por el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico SE-M, de obligado cumplimiento.

El contenido de esta normativa es en muchos aspectos coincidente con el Eurocódigo 5 (UNE EN 1995-1-1) y sigue el método de los estados límite (método semiprobabilístico).

Los Eurocódigos estructurales son un conjunto de normas europeas para la ingeniería de carácter voluntario, redactadas por el Comité Europeo de Normalización (CEN) y que pretenden unificar criterios y normativas en las materias de diseño, cálculo y dimensionado de estructuras y elementos prefabricados para edificación.

Los Eurocódigos pueden ser utilizados en sustitución de las normativas nacionales debiendo cumplirse el Eurocódigo además del Anexo Nacional que indica las particularidades que debe seguirse en cada país para aplicarlo.

El Eurocódigo 5 (UNE EN 1995 1-1, parte 1-1) recoge reglas generales y reglas para edificación, mientras que la parte 1-2 recoge reglas generales para proyectos de estructuras sometidas a fuego.

De cara a los cálculos estructurales en estructuras de madera con entramado de madera, en los que los paneles fermacell® (fibra yeso o Powerpanel HD) tengan función estructural, es imprescindible utilizar adicionalmente las Evaluaciones Técnicas Europeas (ETE) de estos productos:

- ETE 03/0050 (Paneles de fibra yeso fermacell®), empleo en clases de servicio 1 y 2 (interior y semiinterperie)
- ETE 13/0609 (Paneles fermacell® Powerpanel HD), empleo en las clases de servicio 1-3 (interior y exterior)

La evaluación técnica europea ETE 03/0050 ofrece la posibilidad de justificar los muros diafragma según el Eurocódigo 5 (UNE EN 1995 1-1) junto a su anexo nacional. Aparte de las características generales se describen las resistencias y rigideces en función del espesor del panel y el tipo de carga.

El DAU 24/141 hace referencia al ETA 03/0050 en este sentido.

Más información

En la página web www.fermacell.es en la zona de descargas/documentación técnica/certificados:

- ETE 03/0050 paneles de fibra yeso fermacell®
- ETE 13/0609 paneles cementosos fermacell® Powerpanel HD
- DAU 24/141 Placas de fibra yeso fermacell para subestructura de madera y paneles CLT

Arriostramiento con muros diafragma

La justificación de la estabilidad y de la rigidez del edificio es una parte imprescindible del cálculo estructural. En la práctica las pequeñas edificaciones como viviendas unifamiliares solamente deben rigidizarse frente a cargas horizontales como el viento o el sismo. En edificaciones en altura y/o pabellones aparte es necesario contemplar cargas adicionales internas resultantes de imperfecciones o deformaciones.

Aspectos generales

La rigidización estructural por lo general se consigue a través de los siguientes aspectos constructivos:

- Forjado rígido (diafragma). En las construcciones de madera los forjados en raras ocasiones se pueden considerar como diafragmas estructurales (excepción: forjado colaborante madera - hormigón).
- Muros diafragma (cantidad mínima 3), cuyos ejes no se crucen en un punto y que no están dispuestos de forma paralela.
- Anclajes suficientes en los montantes laterales o en huecos que eviten el levantamiento.
- Cimentación suficiente para transmitir las cargas verticales al terreno.

En el caso de prescindir de un forjado arriostrente, deben existir al menos 4 muros diafragma. Los ejes de 2 muros (máximo) pueden entonces cruzarse en un punto.



Montaje del anclaje a la solera para evitar el levantamiento. En la foto falta de anclar a solera.

Otros aspectos para el diseño de la rigidización del edificio:

- En función del tipo de edificio los muros arriostrentes deben preverse en una fase temprana del proyecto. Grandes huecos como puertas o ventanas grandes no se permiten en muros diafragma.
- En obras grandes se recomienda seguir una modulación definida por el arquitecto. Esto facilita por un lado la proyección de los muros diafragma en la transición entre plantas y la orientación de todo el equipo involucrado en el proyecto.
- Los muros diafragma deben repartirse de forma homogénea por toda la planta del edificio. Con ello se evita que haya una distancia importante entre el eje resultante de la carga horizontal y el centro de rigidez. Esta distancia sería responsable de generar un momento de rotación que supondría un incremento de las cargas horizontales actuantes sobre los muros diafragma.
- En zonas sísmicas deberá cumplirse adicionalmente lo indicado la normativa sísmica NCSE-02.
- En el caso de edificios de varias plantas superpuestas, los muros diafragma deberían estar dispuestos en línea vertical coincidente. Ligeras desviaciones de este criterio implican una complicación importante en el cálculo estructural porque requiere analizar "el camino" de las cargas hasta la cimentación.

Arriostramiento de viviendas

Muros diafragma de entramados de madera por lo general son elementos constructivos económicos con excelentes propiedades físicas, como reducidas deformaciones así como gran ductilidad. Aparte cumplen con otros criterios, como por ejemplo la protección de los aislantes de la intemperie, el aislamiento acústico y otros. Sistemas de arriostramiento alternativos como celosías de madera o acero son poco habituales en las viviendas unifamiliares. Las reducidas cargas horizontales así como la complejidad de las uniones hacen que estos sistemas sean poco rentables.

Justificación de muros diafragma según CTE/EC5

Introducción

- Un muro diafragma está compuesto de uno o más paneles
- Cada panel consta de una estructura compuesta de montantes y testeros y uno o varios tableros fijados mecánicamente al entramado

La comprobación de los muros diafragma está recogida en el CTE DB SE-M en cuanto a la comprobación de la resistencia a descuadre a través de un análisis simplificado.

En el uso de los paneles de fibra yeso fermacell® en muros diafragma se deben respetar las indicaciones de la ETE 03/0050.

Este procedimiento está descrito en las siguientes páginas de este capítulo y finalmente se presenta un cálculo de ejemplo.

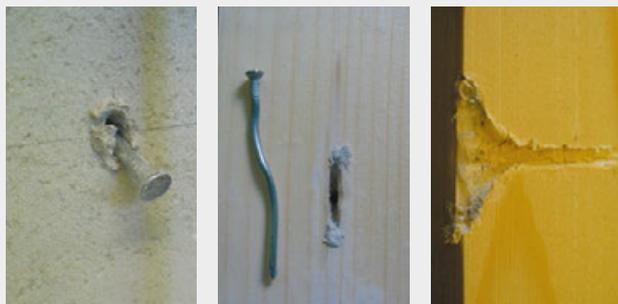
A parte de esta comprobación recomendamos realizar unas comprobaciones adicionales recogidas en la norma DIN 1052 y que comprueban la resistencia a cortante del tablero así como el riesgo de abollamiento del panel.

Se trata de aspectos generales (aplicables para todo tipo de paneles) no recogidos de esta forma en el CTE y que están en el lado de la seguridad. El objetivo final es determinar la resistencia mínima del muro diafragma ante 3 posibles causas de rotura y utilizar el resultado más desfavorable para la justificación del elemento.

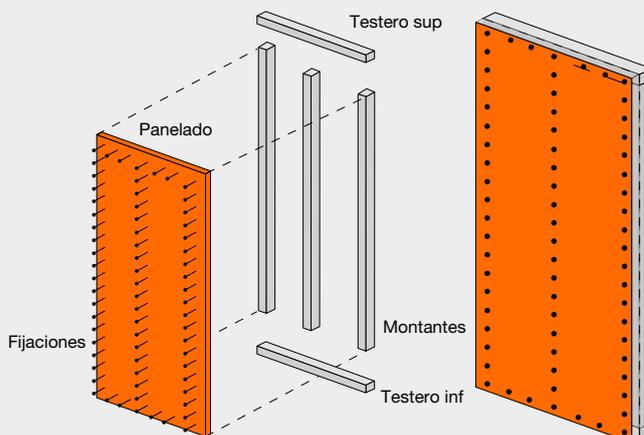
Procedimiento simplificado para el cálculo de muros diafragma (apartado 10.4.2 CTE DB SE-M)

Condiciones y limitaciones

- El método simplificado calcula la resistencia al descuadre de un muro diafragma que consta de uno o más paneles, solicitado por una fuerza horizontal F_k en el borde superior
- La separación de los elementos de fijación en el perímetro de cada tablero es constante
- El ancho b_i de cada panel es igual o superior a $h/4$
- El panelado debe estar asegurado convenientemente al levantamiento mediante fuerzas verticales o anclajes
- El entramado deberá comprobarse estructuralmente por separado
- La resistencia frente a otro tipo de cargas deberá calcularse por separado
- Distancia máxima de los elementos de fijación perimetrales 150 mm (clavos)/200 mm (tirafondos)
- La distancia máxima de los elementos de fijación interiores no debe ser superior al doble de las distancias de elementos de fijación perimetrales.



Deformación plástica y aplastamiento de material después de ciclos dinámicos de cargas. Panel fibra yeso fermacell® (izquierda), subestructura de madera con fijaciones deformadas (centro) y sección de subestructura (derecha)



La estabilidad la garantizan 3 componentes: entramado de madera, panelado y fijaciones.

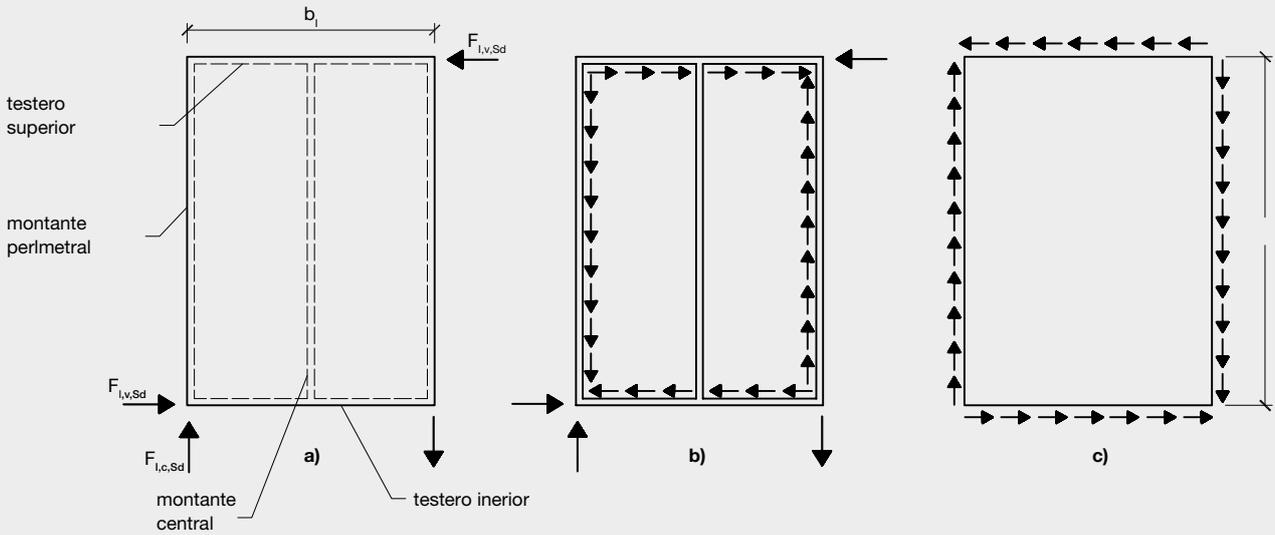


Figura 10.8 Solicitaciones sobre un panel

Resistencia al descuadre

La resistencia al descuadre de un muro diafragma es la suma de las resistencias al descuadre de los paneles que lo componen.

$$F_{v,Rd} = \sum F_{i,v,Rd} \quad [10.54 \text{ CTE}]$$

La resistencia al descuadre de un panel del muro diafragma se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} \cdot b_i \cdot c_i}{s} \quad [10.54 \text{ CTE}]$$

con

$F_{f,Rd}$ = valor de cálculo de la capacidad de carga lateral por elemento de fijación

b_i = ancho de panel en mm

$$c_i = \frac{b_i}{(h/2)} \quad \text{para } b_i < h/2$$

s = separación entre elementos de fijación en mm

Cálculo de la capacidad de carga lateral para uniones de tipo clavija

Uniones de tablero con madera

La capacidad de carga determinante de un elemento de fijación es la mínima que se obtiene de las siguientes expresiones:

Cortadura simple (8.6-8.11 CTE DB SE-M)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left[\frac{t_2}{t_1} \right]^2} \right] + \beta^3 \left[\frac{t_2}{t_1} \right]^2} - \beta \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} \right] \right] \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4,5 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4,5 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot 2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d \end{array} \right.$$

Con

$f_{h,1,k}$ = Resistencia de aplastamiento del tablero fibra yeso fermacell® [ETE 03/0050]

$f_{h,2,k}$ = Resistencia de aplastamiento del montante (madera maciza) [8.33/8.34 CTE]

La necesidad del pretaladro se debe comprobar según la fórmula 8.35 del CTE.

$$\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$$

t_1 = espesor tablero fermacell®

t_2 = profundidad penetración elemento de fijación en madera

d = diámetro fijación

$M_{y,Rk}$ = Momento plástico de los clavos/grapas [8.29-8.30/8.46CTE]

A cada expresión le corresponde un modo de fallo (fallo del elemento de fijación, aplastamiento del panel y/o la madera o una combinación de los fallos).

La Evaluación Técnica Europea de las placas de fibra yeso fermacell® (ETE 03/0050) también permite calcular de forma simplificada la resistencia a carga lateral de los elementos de fijación, mediante la siguiente fórmula:

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \text{ (N)}$$

Para espesores de placa inferiores a 7·d, R_k se debe reducir por el factor $t/7 \cdot d$.

La resistencia al aplastamiento del tablero fermacell® se calcula mediante la fórmula de la ETE:

$$f_{h,1,k} = 7 \cdot d^{-0,7} \cdot t^{0,9}$$

Comprobaciones adicionales y obtención de la resistencia determinante del panel

El fallo de un muro diafragma no únicamente puede deberse al agotamiento de las fijaciones. También es posible un fallo por pandeo o rotura del panel. A nivel informativo a continuación describimos la metodología empleada en el anexo nacional alemán del EC5 equivalente a la normativa DIN 1052.

La resistencia lineal determinante del panel del muro diafragma resulta del valor mínimo obtenido de la siguiente expresión:

$$f_{v,0,d} = \min \begin{cases} k_{v1} \cdot R_d / a_v \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{vd} \cdot t \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{vd} \cdot 35 \cdot t^2 / a_r \end{cases}$$

La primera expresión resulta de la capacidad de carga lateral por elemento de fijación.

La segunda expresión es la comprobación de la resistencia del tablero.

La tercera expresión es la comprobación de la resistencia frente al pandeo con:

$f_{v,d}$ = resistencia a cortante del tablero (para paneles con baja resistencia a tracción hay que utilizar la resistencia a tracción, según anexo nacional alemán del EC5). La resistencia está indicada en la ETE 03/0050.

R_d = resistencia de carga lateral por elemento de fijación (equivalente a $F_{t,Rd}$ según el cálculo explicado anteriormente)

a_v = distancia entre fijaciones en mm

k_{v1} = 1 (unión perimetral resistente a cortante)

k_{v2} = 0,33 (panelado en un solo lado) o 0,50 (panelado en cada cara)

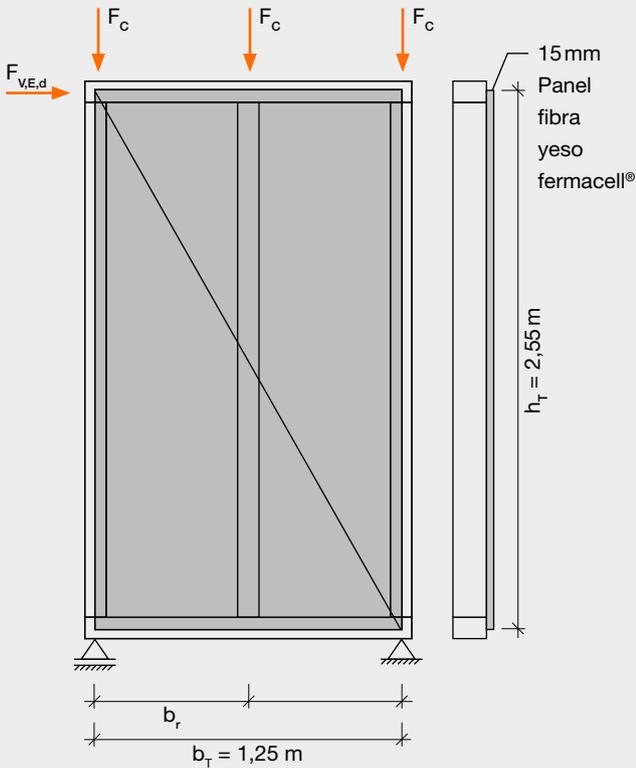
t = espesor del tablero en mm

a_r = separación entre montantes en mm

Cálculo de ejemplo

Muro diafragma según procedimiento simplificado del CTE

Sistema estructural



Elementos constructivos

- Montantes: C24 $b \times h = 60 \times 120 \text{ mm}^2$
 $b_r = 0,625 \text{ m}$ Distancia entre montantes
 Densidad de la madera = 350 kg/m^3
- Testeros: C24 $b \times h = 80 \times 120 \text{ mm}^2$
- Tableros: 15 mm Panel fibra yeso fermacell®
- Fijaciones: Clavos con fuste ranurado
 SNa 2,2 x 55 mm
 $s = 50 \text{ mm}$ sin pretaladro

Cargas

- Peso propio: $F_{c,G,k} = 2,0 \text{ kN}$
- Carga de uso: $F_{c,Q,k} = 5,0 \text{ kN}$
- Carga de viento: $F_{v,k} = 5,0 \text{ kN}$

Condiciones para aplicación del método simplificado según CTE:

a.) Panelado:

- El ancho b_i de cada panel es igual o superior a $h/4$:
 $1,25 \text{ m} \geq h/4 = 0,64 \text{ m}$

b.) Distancia entre fijaciones:

- La separación de los elementos de fijación en el perímetro de cada tablero es constante
- Distancia máxima de los elementos de fijación perimetrales:
 $50 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$

c.) Distancia a los bordes:

- $a_{4,c} = 5d = 11 \text{ mm}$ (borde de la madera, según CTE DB SE-M tabla 8.2, borde no cargado)
- $a_{4,c} = 4d = 8,8 \text{ mm}$ (según ETE 03/0050) (con $d =$ diámetro de los elementos de fijación, en este caso 2,2 mm)

Cargas

- Carga axial montantes $N_{R,I}$:

$$F_{G,k} = 2,0 \text{ kN}$$

$$F_{Q,k} = 5,0 \text{ kN}$$

$$F_{v,k} = 5,0 \cdot 2,55/1,25 = 10,2 \text{ kN (viento)}$$

Combinación para $N_{R,I}$ max.:

1.) Carga permanente + carga de viento

$$F_{c,d} = \gamma_G \cdot F_{G,k} + 1,5 F_{Q,k,1}$$

$$= 1,35 \cdot 2,0 + 1,5 \cdot 10,2 = 18,0 \text{ kN}$$

2.) Carga permanente + carga de viento + carga de uso

$$F_{c,d} = \gamma_G \cdot F_{G,k} + 1,5 \cdot \sum F_{Q,k}$$

$$= 1,35 \cdot 2,0 + 1,5 \cdot (5,0 + 10,2) = 25,5 \text{ kN}$$

$$F_{c,Ed} = \mathbf{25,5 \text{ kN}}$$

■ Carga horizontal en testeros:

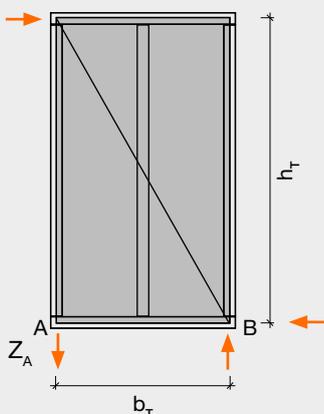
$$F_{v,Ed} = 5,0 \cdot 1,5 = \mathbf{7,5\text{ kN}}$$
 (viento)

■ Carga de anclaje:

$$Z_A = \frac{1}{l_1} \cdot [Y_{Q1} \cdot F_{v,k} \cdot h - Y_{G,inf} \cdot F_{c,G,k} \cdot (b_r + 2b_r)]$$

$$Z_A = \frac{1}{1,25} \cdot [1,5 \cdot 5,0 \cdot 2,55 - 0,9 \cdot 2,0 \cdot (0,625 + 1,25)]$$

$$Z_A = \mathbf{12,6\text{ kN}} = F_{t,Ed}$$



Las comprobaciones de los montantes y testeros no se describen en este ejemplo y deberán realizarse aparte.

■ Resistencia a descuadre del muro diafragma

a.) Resistencia frente a carga lateral de los elementos de fijación

Resistencia de aplastamiento del tablero de fibra yeso fermacell®:

$$f_{h,k} = 7d^{-0,7} \cdot t^{0,9} = 46,1\text{ N/mm}^2 \quad \text{ETA-03/0050}$$

■ Clavo:

$$M_{y,k} = f_u \cdot \frac{180}{600} \cdot d^{2,6} \quad (8.29\text{ CTE})$$

$$= 600 \cdot 0,3 \cdot 2,2^{2,6} = 1398\text{ Nmm}$$

■ Cálculo de la resistencia frente a carga lateral de los elementos de fijación

$$f_{h1,k} = 46,1\text{ N/mm}^2$$

$$f_{h2,k} = 0,082 \cdot 350 \cdot 2,2^{-0,3} = 22,65\text{ N/mm}^2 \quad (8.33\text{ CTE})$$

$$\beta = \frac{22,65}{46,1} = 0,49$$

■ Resistencias para los 6 casos de fallo (según CTE DB SE-M 8.6-8.11):

$$f_{v,Rk} = \min \begin{cases} 1522\text{ N} \\ 1994\text{ N} \\ 771\text{ N} \\ 546\text{ N} \\ 815\text{ N} \\ 497\text{ N} \end{cases}$$

Alternativa usando la fórmula de la Evaluación Técnica Europea:
 $F_{v,Rk} = 0,7 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} = 373\text{ N}$ ETA-03/0050

Como se puede ver, con la fórmula simplificada del CTE se obtiene un valor más conservador, como es de esperar. El ejemplo de cálculo lo seguimos con el resultado obtenido según el CTE.

La carga máxima puede incrementarse en uniones de cortadura simple y con cargas de duración corta por la contribución del efecto soga por el factor $F_{ax,Rk}/4$, en las fórmulas 8.8–8.11. El CTE DB SE-M admite este incremento, que está definido en el Eurocódigo 5. Según el ETE 03/0050, el incremento $F_{ax,Rk}/4$ no podrá ser mayor a $0,5 \cdot F_{v,Rk}$.

Cálculo de la carga de arranque para clavos de fuste liso:

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot r_k^2 = 2,45\text{ N/mm}^2$$

$$F_{ax,Rk} = f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} = 2,45\text{ N/mm}^2 \cdot 2,2\text{ mm} \cdot 40\text{ mm} = 216\text{ N}$$

(8.40a CTE)

$$F_{ax,Head,k} = 900\text{ N}$$
 (Arranque de placa según ETE 03/0050)
 (equivale a 8.40b CTE)

$F_{ax,Rk}$ es el menor de los dos valores.

Incremento por factor soga:

$$F_{ax,Rk}/4 = 216/4 = 54\text{ N}$$

$$54\text{ N} < 0,5 \cdot F_{v,Rk} = 497/2 = 249\text{ N}$$
 (Cumple).

$$F_{v,Rk} = 497\text{ N} + 54\text{ N} = 551\text{ N}$$

El siguiente paso consiste en ponderar el resultado para pasar a la resistencia de diseño:

$$F_{f,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_m}$$

El factor de modificación k_{mod} en este caso debe calcularse mediante la siguiente expresión, al respetarse 2 materiales diferentes:

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,madera} \cdot k_{mod,fermacell}}$$

con

$$k_{mod1(fermacell)} = 0,8$$

$$k_{mod2(madera)} = 0,9$$

$$\gamma_m = 1,3$$

para una duración de carga corta (viento) y clase de servicio 1 (interior)

$$F_{v,Rd} = 0,85 \cdot \frac{497}{1,3} = 325 \text{ N}$$

Minoración por el factor c (10.55 CTE):

$$c = \frac{1250}{2550} \cdot 2 = 0,98$$

$$F_{v,Rd} = 325 \cdot 0,98 = 319 \text{ N}$$

b.) Resistencia determinante del muro diafragma según anexo nacional alemán del EC5 (informativo)

$$f_{v,0,d} = \min \begin{cases} k_{v1} \cdot R_d/s \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{t,d} \cdot t \\ k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot 35 \text{ t}^2/b_r \end{cases}$$

* Nota: para la comprobación del panelado en tableros con resistencia a tracción reducida, debe emplearse la resistencia a tracción en sustitución de la resistencia a cortante.

Coefficientes:

$$k_{v1} = 1,0 \text{ rigidez a cortante en todo el perímetro}$$

$$k_{v2} = 0,33 \text{ panelado simple}$$

$$f_{t,d} = 1,75 \text{ N/mm}^2; f_{t,k} = 2,4 \text{ N/mm}^2 \quad \text{ETA-03/0050}$$

$$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2; f_{v,k} = 3,5 \text{ N/mm}^2 \quad \text{ETA-03/0050}$$

$$\rightarrow \text{ambos con } k_{mod} = (0,8+1,1)/2 \text{ y Duración de carga}$$

$$\gamma_m = 1,3 \quad \text{corta/fibra yeso}$$

$$f_{v,0,d} = \min \begin{cases} 1,0 \cdot \frac{319}{50} \cdot c_i & = 6,4 \text{ N/mm} \\ 1,0 \cdot 0,33 \cdot 1,75 \cdot 15 & = 8,7 \text{ N/mm} \\ 1,0 \cdot 0,33 \cdot 2,56 \cdot 35 \cdot \frac{15^2}{50} & = 10,6 \text{ N/mm} \end{cases}$$

c.) Comprobación estructural del muro diafragma*

$$f_{v,Ed} = \frac{7500 \text{ N}}{1250 \text{ mm}} = 6,0 \text{ N/mm}$$

$$\frac{f_{v,Ed}}{f_{v,0,d}} = \frac{6,0}{6,4} = 0,94 < 1,0$$

* Los montantes/testeros de madera maciza así como el anclaje para evitar el levantamiento deben justificarse por separado y no se detallan en este documento.

Anotación sobre el pandeo de los tableros:

Según el CTE el pandeo puede despreciarse si se cumple que

$$\frac{b_{net}}{t} \leq 65$$

con

$$b_{net} = \text{espacio libre entre montantes}$$

$$t = \text{espesor del tablero}$$

En fermacell® este criterio siempre se cumple al limitarse la distancia máxima entre montantes a 50·t.

Aquellos paneles de muro diafragma que tengan huecos de puertas o ventanas no se consideran en la contribución a la resistencia de descuadre del muro diafragma. Para muros diafragma formados con módulos con tableros en las 2 caras, la resistencia al descuadre del muro diafragma es la suma de las resistencias

en cada paramento (si los tableros y medios de fijación son del mismo tipo).

Para mayor información y otros casos consultar el CTE DB SE-M apartado 10.4.2.

Dimensionado de paneles de entramado con paneles fermacell®

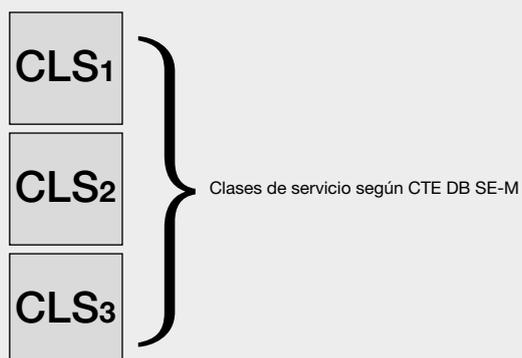
James Hardie ofrece soluciones para el dimensionado de paneles de entramado de madera. Las siguientes tablas de dimensionado son una fuente de información importante para los estructuristas, proyectistas, arquitectos, carpinteros y empresas que trabajan en la construcción con madera.

Permiten determinar la configuración necesaria (tipo y espesor de tableros y tipo, diámetro y distancia entre fijaciones) para que el panel de entramado tenga una resistencia suficiente para absorber la carga de viento y dar estabilidad al edificio. El dimensionado se realiza partiendo del modelo de diafragma y tienen en cuenta la resistencia de las fijaciones, la resistencia de los paneles y el riesgo de abollamiento de los mismos.

El contenido de esta parte del catálogo incluye:

- Un ejemplo de dimensionado de un panel de entramado de madera
- Tablas de dimensionado para paneles de fibra yeso fermacell® y paneles fermacell® Powerpanel HD o una combinación de ambos

El desarrollo de estas tablas de dimensionado fueron desarrolladas en conjunto con el LHT Hildesheim (Laboratorio de tecnología de la madera como parte de la Universidad Hildesheim).



Ejemplo de cálculo panel de entramado de madera

1. Datos de entrada:

$$F_{H,Ed\ total.} = 42\text{ kN}$$

- Carga horizontal que actúa sobre el muro diafragma (viento)

La duración de la carga de viento según el CTE SE-M es corta. El Eurocódigo 5 sin embargo considera que la carga de viento es instantánea (con unos factores de modificación más favorables) y deja a elección del proyectista utilizar un criterio u otro.

Los valores de las tablas siguientes pueden multiplicarse con los siguientes coeficientes si se decide considerar la carga de viento como instantánea: 1,294 (fallo por fijaciones) o 1,375 (fallo por abollamiento o tracción).

2. Distribución de la carga horizontal:

$$F_{H,Ed,b1} = \frac{42\,000\text{ N} \cdot 3,20\text{ m}}{9,10\text{ m}} = 14.770\text{ N} < 14,8\text{ kN}$$

$$F_{H,Ed,b2} = \frac{42\,000\text{ N} \cdot 5,90\text{ m}}{9,10\text{ m}} = 27.230\text{ N} < 27,2\text{ kN}$$

- La carga se reparte proporcionalmente según el largo de cada panel de entramado.

3. Esfuerzo cortante perimetral:

$$f_{v,0,Ed\ b1} = \frac{14\,770\text{ N}}{3\,200\text{ mm}} = \frac{27\,230\text{ N}}{5\,900\text{ mm}} < 4,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

- Es idéntico para ambos paneles

Los paneles de entramado deben cumplir este valor de resistencia mínima para justificar el arriostramiento estructural.

4. Obtener el valor de resistencia:

Según el ejemplo marcado en la tabla de la página 33.

5. Sistema constructivo:

elegido:

- Panel fibra yeso fermacell®; t = 12,5 mm
- Clavo; 2,5 × 50 mm, a_v = 75 mm (distancia entre elementos de fijación)

$$f_{v,0,d} = 4,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Alternativa:

- panel fibra yeso fermacell®; t = 10 mm
- Grapa; 1,53 × 50 mm, a_v = 75 mm (distancia entre elementos de fijación)

$$f_{v,0,d} = 4,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Comentario: Para superficies vistas, es necesario reducir la distancia entre montantes a 500 mm cuando se emplan paneles de 10 mm.

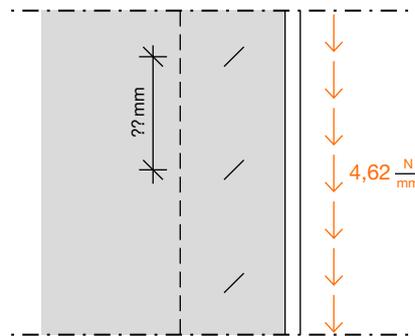


Figura. El cortante perimetral se transmite en el perímetro a la madera a través de las fijaciones

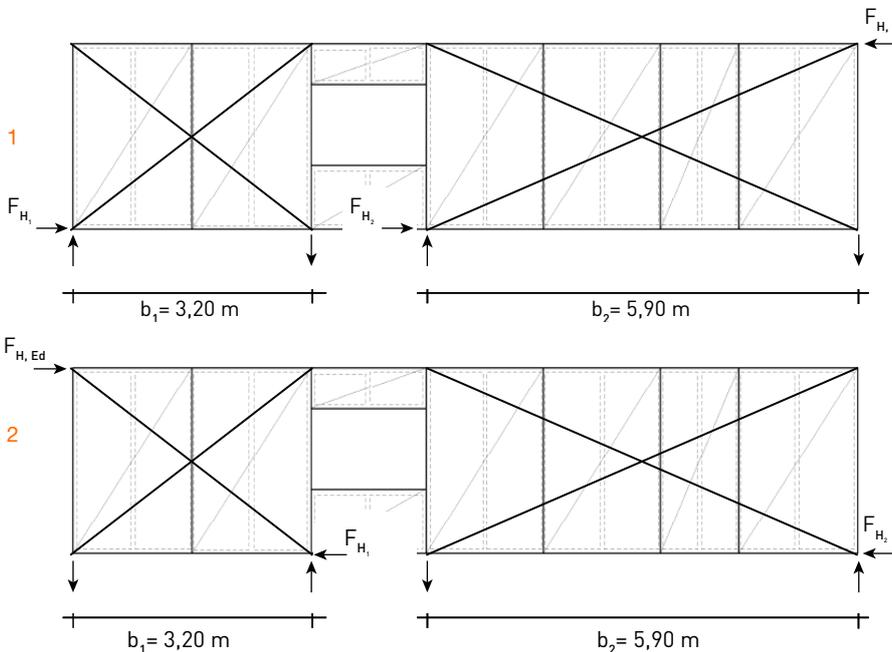
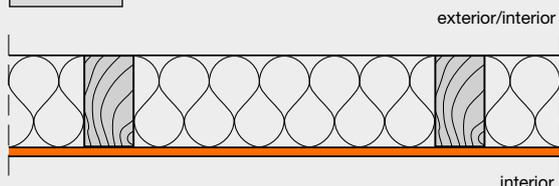


Figura. Dimensionado de panel de entramado de madera bajo carga de viento

- 1 Viento de la derecha
- 2 Viento de la izquierda

CLS₁



Resistencia lineal de diseño $f_{v,0,d}$ [N/mm] de paneles de entramado de madera con paneles de fibra yeso fermacell® en la CLS 1 y duración de carga (viento) corta*

| Espesor de placa 10 mm | | | | Fijaciones | Espesor de placa 12,5 mm | | | |
|------------------------|------|--------|--------|--------------------------------------|--------------------------|--------|------|------|
| 3,06 | 4,60 | 4,65 ▶ | 4,65 ▶ | Grapa d = 1,8 mm | 6,09 ↔ | 6,09 ↔ | 5,61 | 3,74 |
| 2,61 | 3,91 | 4,65 ▶ | 4,65 ▶ | Grapa d = 1,53 mm | 6,09 ↔ | 5,99 | 4,49 | 3,00 |
| 2,27 | 3,40 | 4,53 | 4,65 ▶ | Clavo d = 2,8 mm | 6,09 ↔ | 5,20 | 3,90 | 2,60 |
| 2,03 | 3,05 | 4,06 | 4,65 ▶ | Clavo d = 2,5 mm | 6,09 ↔ | 4,75 | 3,56 | 2,38 |
| 1,75 | 2,62 | 3,50 | 4,65 ▶ | Clavo d = 2,2 mm | 6,09 ↔ | 4,21 | 3,15 | 2,10 |
| 150 | 100 | 75 | 50 | Distancia s de elementos de fijación | 50 | 75 | 100 | 150 |
| [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 2,34 | 3,51 | 4,68 | 7,02 | Clavo d = 2,2 mm | 7,19 | 4,79 | 3,59 | 2,40 |
| 2,83 | 4,24 | 5,65 | 7,31 ↔ | Clavo d = 2,5 mm | 8,41 ↔ | 5,84 | 4,38 | 2,92 |
| 3,05 | 4,57 | 6,10 | 7,31 ↔ | Clavo d = 2,8 mm | 8,41 ↔ | 6,82 | 5,11 | 3,41 |

6. Justificación cumplimiento:

$$\frac{f_{v,0,Ed}}{f_{v,0,d}} = \frac{4,62}{4,75} \text{ N/mm} = 0,97 < 1,0 \checkmark$$

■ 97 % Grado de aprovechamiento

7. En el caso de considerar la carga de duración instantánea

$$f_{v,0,Ed} = 4,62 \text{ N/mm}^2$$

Como las resistencias de las tablas se pueden mayorar por los factores indicados en la nota de pie de página, en función del tipo de fallo, dividimos la sollicitación por este factor y buscamos una combinación que cumpla este valor y que tenga el modo de fallo correspondiente:

Modo de fallo por fijación:
 $4,62/1,294 = 3,57 \text{ N/mm}^2$ (mínimo para cumplir)

Solución (ejemplo):
 Placa 12,5 mm,
 Clavo 2,8 mm a cada 100 mm
 Valor tabla = $3,90 \text{ N/mm}^2$
 $3,90 \text{ N/mm}^2 \cdot 1,294 = 5,05 \text{ N/mm}^2 > 4,62 \text{ N/mm}^2$

Comentario sobre las normativas aplicadas:

Las tablas de dimensionado se han realizado según el procedimiento simplificado del CTE DB SE-M (apartado 10.4.2.2).

Hay que cumplir con las condiciones especificadas en la normativa.

Los valores de resistencia de las placas así como los coeficientes de seguridad de éstas están tomadas de las ETE correspondientes.

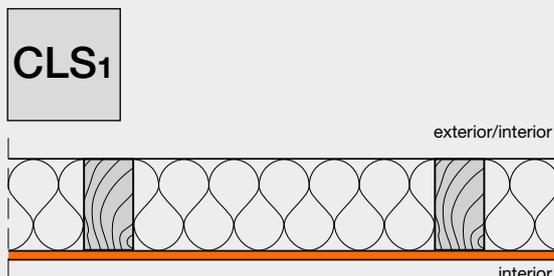
Los cálculos tienen en cuenta el incremento de carga debido al "efecto sogá", definido en el Eurocódigo 5. En el CTE se hace referencia a este incremento en el apartado 8.3.1.2 (7).

Al margen de la carga máxima de las fijaciones, se comprueba la capacidad de carga de la placa (fallo por tracción o por abollamiento).

* Factor de mayoración en caso de considerar la duración de carga (viento) instantánea: 1,294 (fallo por fijaciones) o 1,375 (fallo por abollamiento o tracción)

Paneles de fibra yeso fermacell® En una cara (interior)

Por ejemplo muros de cerramiento o muros de carga interiores



Resistencia lineal de diseño $f_{v,0,d}$ [N/mm] de paneles de entramado de madera con paneles de fibra yeso fermacell® en la CLS 1 y duración de carga (viento) corta*

| Espesor de placa 10 mm | | | | Fijaciones | Espesor de placa 12,5 mm | | | |
|------------------------|----------|---------|---------|--------------------------------------|--------------------------|---------|----------|----------|
| 3,06 | 4,60 | 4,65 ▶ | 4,65 ▶ | Grapa d = 1,8 mm | 6,09 ↔ | 6,09 ↔ | 5,61 | 3,74 |
| 2,61 | 3,91 | 4,65 ▶ | 4,65 ▶ | Grapa d = 1,53 mm | 6,09 ↔ | 5,99 | 4,49 | 3,00 |
| 2,27 | 3,40 | 4,53 | 4,65 ▶ | Clavo d = 2,8 mm | 6,09 ↔ | 5,20 | 3,90 | 2,60 |
| 2,03 | 3,05 | 4,06 | 4,65 ▶ | Clavo d = 2,5 mm | 6,09 ↔ | 4,75 | 3,56 | 2,38 |
| 1,75 | 2,62 | 3,50 | 4,65 ▶ | Clavo d = 2,2 mm | 6,09 ↔ | 4,21 | 3,15 | 2,10 |
| 150 [mm] | 100 [mm] | 75 [mm] | 50 [mm] | Distancia s de elementos de fijación | 50 [mm] | 75 [mm] | 100 [mm] | 150 [mm] |
| 2,34 | 3,51 | 4,68 | 7,02 | Clavo d = 2,2 mm | 7,19 | 4,79 | 3,59 | 2,40 |
| 2,83 | 4,24 | 5,65 | 7,31 ↔ | Clavo d = 2,5 mm | 8,41 ↔ | 5,84 | 4,38 | 2,92 |
| 3,05 | 4,57 | 6,10 | 7,31 ↔ | Clavo d = 2,8 mm | 8,41 ↔ | 6,82 | 5,11 | 3,41 |
| 3,07 | 4,60 | 6,14 | 7,31 ↔ | Grapa d = 1,53 mm | 8,41 ↔ | 6,27 | 4,70 | 3,13 |
| 3,94 | 5,91 | 7,31 ↔ | 7,31 ↔ | Grapa d = 1,8 mm | 8,41 ↔ | 8,06 | 6,05 | 4,03 |
| Espesor de placa 15 mm | | | | Fijaciones | Espesor de placa 18 mm | | | |

Modo de fallo determinante:

- X,X Fallo de las fijaciones es determinante
- X,X ↔ Resistencia a tracción del panelado es determinante
- X,X ▶ Abollamiento del panelado es determinante

Parámetros de cálculo:

- Separación de montantes $e \leq 625$ mm
- Esbeltez del tablero $b \geq h/2$
- Cálculo según CTE DB SE-M y EC5 respetando la ETE 03/0050

Las resistencias calculadas son válidas para uniones con madera de la clase de resistencia mínima C24 (conífera) y paneles fermacell® con el canto recto.

Descripción del elemento constructivo (elemento semi prefabricado)

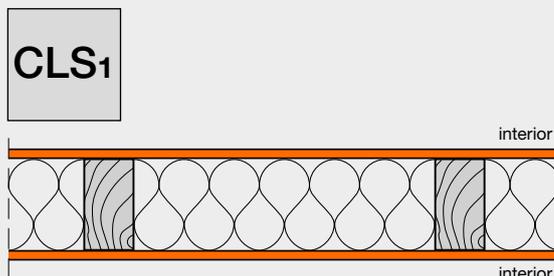
El tablero estructural de fibra yeso fermacell® está instalado en la cara interior y está fijado directamente a los rastreles del entramado. En la otra cara pueden instalarse placas no portantes.



* Factor de mayoración en caso de considerar la duración de carga (viento) instantánea: 1,294 (fallo por fijaciones) o 1,375 (fallo por abollamiento o tracción)

Paneles de fibra yeso fermacell® En ambas caras

Por ejemplo en muros de carga interiores



Resistencia lineal de diseño $f_{v,0,d}$ [N/mm] de paneles de entramado de madera con paneles de fibra yeso fermacell® en la CLS 1 y duración de carga (viento) corta*

| Espesor de placa 10 mm | | | | Fijaciones | Espesor de placa 12,5 mm | | | |
|------------------------|----------|---------|---------|--------------------------------------|--------------------------|---------|----------|----------|
| 6,13 | 9,19 | 12,26 | 14,10 ▶ | Grapa d = 1,8 mm | 18,46 ↔ | 14,96 | 11,22 | 7,48 |
| 5,21 | 7,82 | 10,42 | 14,10 ▶ | Grapa d = 1,53 mm | 17,98 | 11,99 | 8,99 | 5,99 |
| 4,53 | 6,80 | 9,07 | 13,60 | Clavo d = 2,8 mm | 15,61 | 10,40 | 7,80 | 5,20 |
| 4,06 | 6,09 | 8,12 | 12,18 | Clavo d = 2,5 mm | 14,25 | 9,50 | 7,13 | 4,75 |
| 3,50 | 5,25 | 7,00 | 10,50 | Clavo d = 2,2 mm | 12,62 | 8,41 | 6,31 | 4,21 |
| 150 [mm] | 100 [mm] | 75 [mm] | 50 [mm] | Distancia s de elementos de fijación | 50 [mm] | 75 [mm] | 100 [mm] | 150 [mm] |
| 4,68 | 7,02 | 9,36 | 14,04 | Clavo d = 2,2 mm | 14,37 | 9,58 | 7,19 | 4,79 |
| 5,65 | 8,48 | 11,30 | 16,95 | Clavo d = 2,5 mm | 17,52 | 11,68 | 8,76 | 5,84 |
| 6,10 | 9,14 | 12,19 | 18,29 | Clavo d = 2,8 mm | 20,45 | 13,63 | 10,22 | 6,82 |
| 6,14 | 9,21 | 12,27 | 18,41 | Grapa d = 1,53 mm | 18,80 | 12,54 | 9,40 | 6,27 |
| 7,88 | 11,82 | 15,77 | 22,15 ↔ | Grapa d = 1,8 mm | 24,18 | 16,12 | 12,09 | 8,06 |
| Espesor de placa 15 mm | | | | Fijaciones | Espesor de placa 18 mm | | | |

Modo de fallo determinante:

- X,X Fallo de las fijaciones es determinante
- X,X ↔ Resistencia a tracción del panelado es determinante
- X,X ▶ Abollamiento del panelado es determinante

Parámetros de cálculo:

- Separación de montantes $e \leq 625$ mm
- Esbeltez del tablero $b \geq h/2$
- Cálculo según CTE DB SE-M y EC5 respetando la ETE 03/0050

Las resistencias calculadas son válidas para uniones con madera de la clase de resistencia mínima C24 (conífera) y paneles fermacell® con el canto recto.

Descripción del elemento constructivo (prefabricado):

Los paneles estructurales de fibra yeso fermacell® están en ambas caras del elemento fijados directamente al entramado de madera.

Se trata de un sistema simétrico, lo cual le confiere una resistencia muy incrementada para los casos de fallo por tracción o abollamiento de panel.

Se trata de un elemento constructivo para la clase de servicio 1 (interior).

Instalaciones

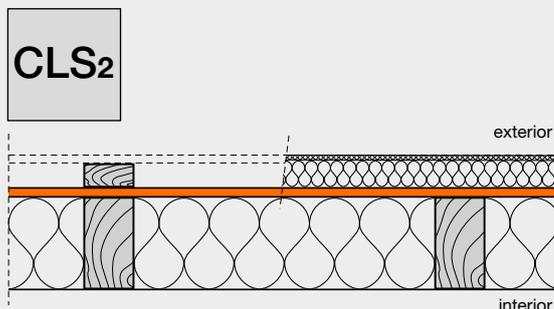
- Las instalaciones pueden ejecutarse en la cámara. Según el Anexo nacional alemán del EC5, se permiten huecos de hasta 200 x 200 mm sin tener que respetarlos en el cálculo estructural. Si se realizan varios huecos, la suma del largo/ ancho de los huecos debe ser inferior al 10 % del largo/ ancho del panel.
- En caso de no aplicar este criterio o donde se requieren instalaciones que superan estos límites, es recomendable realizar un trasdosado adicional.



* Factor de mayoración en caso de considerar la duración de carga (viento) instantánea: 1,294 (fallo por fijaciones) o 1,375 (fallo por abollamiento o tracción)

Paneles de fibra yeso fermacell® En una cara (exterior)

Por ejemplo muros exteriores con fachada ventilada o SATE



Resistencia lineal de diseño $f_{v,0,d}$ [N/mm] de paneles de entramado de madera con paneles de fibra yeso fermacell® en la CLS 2 y duración de carga (viento) corta*

| Espesor de placa 10 mm | | | | Fijaciones | Espesor de placa 12,5 mm | | | |
|------------------------|----------|---------|---------|--------------------------------------|--------------------------|---------|----------|----------|
| 2,65 | 3,49 ▶ | 3,49 ▶ | 3,49 ▶ | Grapa d=1,8 mm | 4,57 ↔ | 4,57 ↔ | 4,57 ↔ | 3,24 |
| 2,26 | 3,38 | 3,49 ▶ | 3,49 ▶ | Grapa d=1,53 mm | 4,57 ↔ | 4,57 ↔ | 3,89 | 2,60 |
| 1,96 | 2,94 | 3,49 ▶ | 3,49 ▶ | Clavo d=2,8 mm | 4,57 ↔ | 4,51 | 3,38 | 2,25 |
| 1,76 | 2,64 | 3,49 ▶ | 3,49 ▶ | Clavo d=2,5 mm | 4,57 ↔ | 4,11 | 3,09 | 2,06 |
| 1,52 | 2,27 | 3,03 | 3,49 ▶ | Clavo d=2,2 mm | 4,57 ↔ | 3,64 | 2,73 | 1,82 |
| 150 [mm] | 100 [mm] | 75 [mm] | 50 [mm] | Distancia s de elementos de fijación | 50 [mm] | 75 [mm] | 100 [mm] | 150 [mm] |
| 2,03 | 3,04 | 4,05 | 5,48 ↔ | Clavo d=2,2 mm | 6,22 | 4,15 | 3,11 | 2,07 |
| 2,45 | 3,67 | 4,89 | 5,48 ↔ | Clavo d=2,5 mm | 6,31 ↔ | 5,06 | 3,79 | 2,53 |
| 2,64 | 3,96 | 5,28 | 5,48 ↔ | Clavo d=2,8 mm | 6,31 ↔ | 5,90 | 4,43 | 2,95 |
| 2,66 | 3,99 | 5,31 | 5,48 ↔ | Grapa d=1,53 mm | 6,31 ↔ | 5,43 | 4,07 | 2,71 |
| 3,41 | 5,12 | 5,48 ↔ | 5,48 ↔ | Grapa d=1,8 mm | 6,31 ↔ | 6,31 ↔ | 5,24 | 3,49 |
| Espesor de placa 15 mm | | | | Fijaciones | Espesor de placa 18 mm | | | |

Modo de fallo determinante:

- X,X Fallo de las fijaciones es determinante
- X,X ↔ Resistencia a tracción del panelado es determinante
- X,X ▶ Abollamiento del panelado es determinante

Parámetros de cálculo:

- Separación de montantes $e \leq 625$ mm
- Esbeltez del tablero $b \geq h/2$
- Cálculo según CTE DB SE-M y EC5 respetando la ETE 03/0050

Las resistencias calculadas son válidas para uniones con madera de la clase de resistencia mínima C24 (conífera) y paneles fermacell® con el canto recto.

Descripción del elemento constructivo (semiprefabricado):

Los paneles estructurales de fibra yeso fermacell® están en la cara exterior, por lo que corresponde la clase de servicio 2. Los paneles están fijados directamente al entramado. En la otra cara se pueden instalar paneles no estructurales.

Por el exterior el elemento requiere una protección, por ejemplo una fachada ventilada o un SATE.

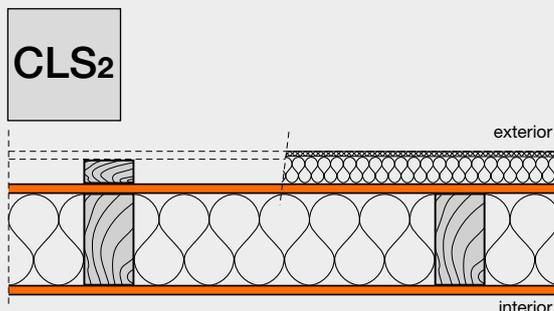
Por el interior se puede usar otro tipo de revestimiento o un trasdosado independiente para poder pasar las instalaciones.



* Factor de mayoración en caso de considerar la duración de carga (viento) instantánea: 1,294 (fallo por fijaciones) o 1,375 (fallo por abollamiento o tracción)

Paneles de fibra yeso fermacell® En ambas caras (exterior - interior)

Por ejemplo cerramientos con fachada ventilada o con SATE



Resistencia lineal de diseño $f_{v,0,d}$ [N/mm] de paneles de entramado de madera con paneles de fibra yeso fermacell® en la CLS 2 y duración de carga (viento) corta*

| Espesor de placa 10 mm | | | | Fijaciones | Espesor de placa 12,5 mm | | | |
|------------------------|----------|---------|---------|--------------------------------------|--------------------------|---------|----------|----------|
| 5,31 | 7,96 | 10,58 ▶ | 10,58 ▶ | Grapa d=1,8 mm | 13,85 ↔ | 12,95 | 9,72 | 6,48 |
| 4,51 | 6,77 | 9,03 | 10,58 ▶ | Grapa d=1,53 mm | 13,85 ↔ | 10,38 | 7,79 | 5,19 |
| 3,93 | 5,89 | 7,85 | 10,58 ▶ | Clavo d=2,8 mm | 13,52 | 9,01 | 6,76 | 4,51 |
| 3,52 | 5,27 | 7,03 | 10,55 | Clavo d=2,5 mm | 12,34 | 8,23 | 6,17 | 4,11 |
| 3,03 | 4,55 | 6,06 | 9,09 | Clavo d=2,2 mm | 10,93 | 7,28 | 5,46 | 3,64 |
| 150 [mm] | 100 [mm] | 75 [mm] | 50 [mm] | Distancia s de elementos de fijación | 50 [mm] | 75 [mm] | 100 [mm] | 150 [mm] |
| 4,05 | 6,08 | 8,10 | 12,16 | Clavo d=2,2 mm | 12,45 | 8,30 | 6,22 | 4,15 |
| 4,89 | 7,34 | 9,79 | 14,68 | Clavo d=2,5 mm | 15,17 | 10,11 | 7,59 | 5,06 |
| 5,28 | 7,92 | 10,56 | 15,84 | Clavo d=2,8 mm | 17,71 | 11,81 | 8,85 | 5,90 |
| 5,31 | 7,97 | 10,63 | 15,94 | Grapa d=1,53 mm | 16,28 | 10,86 | 8,14 | 5,43 |
| 6,83 | 10,24 | 13,65 | 16,62 ↔ | Grapa d=1,8 mm | 19,11 ↔ | 13,96 | 10,47 | 6,98 |
| Espesor de placa 15 mm | | | | Fijaciones | Espesor de placa 18 mm | | | |

Modo de fallo determinante:

- X,X Fallo de las fijaciones es determinante
- X,X ↔ Resistencia a tracción del panelado es determinante
- X,X ▶ Abollamiento del panelado es determinante

Parámetros de cálculo:

- Separación de montantes $e \leq 625$ mm
- Esbeltez del tablero $b \geq h/2$
- Cálculo según CTE DB SE-M y EC5 respetando la ETE 03/0050

Las resistencias calculadas son válidas para uniones con madera de la clase de resistencia mínima C24 (conífera) y paneles fermacell® con el canto recto.

Descripción elemento constructivo:

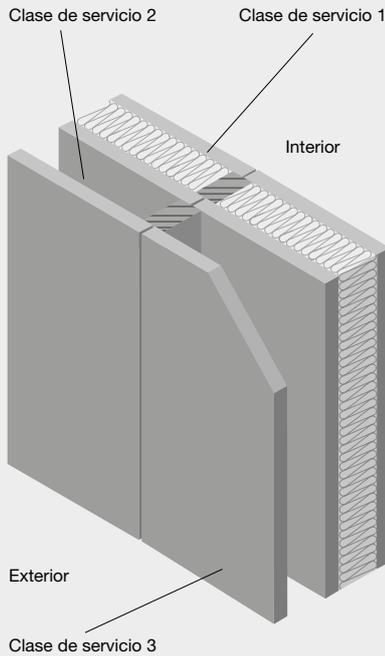
Los paneles estructurales de fibra yeso fermacell® se disponen a ambos lados. La cara exterior se categoriza en la clase de servicio 2. Los paneles están fijados directamente al entramado de madera.

El cerramiento estructural requiere una protección exterior de la intemperie (fachada ventilada o SATE).

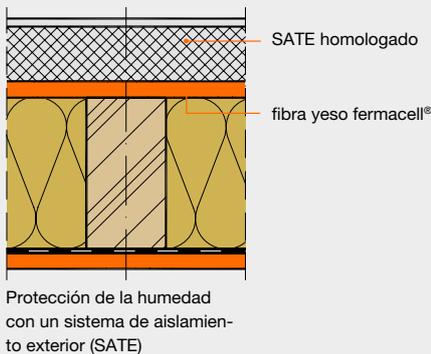
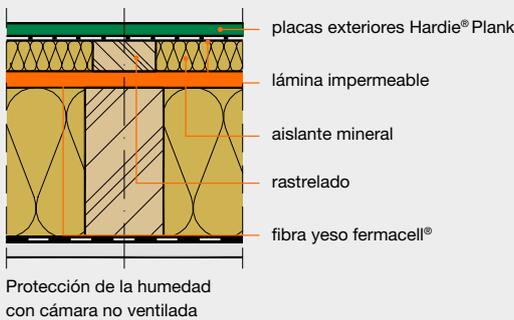
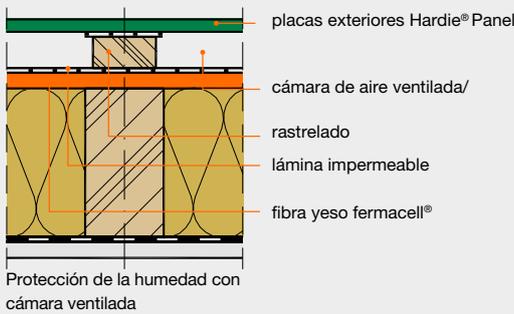
Se trata de un sistema constructivo simétrico, lo cual incrementa sustancialmente la resistencia frente al abollamiento o la tracción.



* Factor de mayoración en caso de considerar la duración de carga (viento) instantánea: 1,294 (fallo por fijaciones) o 1,375 (fallo por abollamiento o tracción)



Definición de las clases de servicio según CTE DB SE-M



Clases de servicio

El CTE DB SE-M define 3 clases de servicio, siendo idénticas a las definidas en el EC5. Es importante determinar las clases de servicio que aplican para cada elemento constructivo.

a.) Clase de servicio 1

Se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de 20 y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 65 % unas pocas semanas al año.

b.) Clase de servicio 2

Se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de 20°C y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 85 % unas pocas semanas al año.

c.) Clase de servicio 3

Condiciones ambientales que conduzcan a contenido de humedad superior al de la clase de servicio 2.

Protección frente a la humedad según CTE DB HS-1

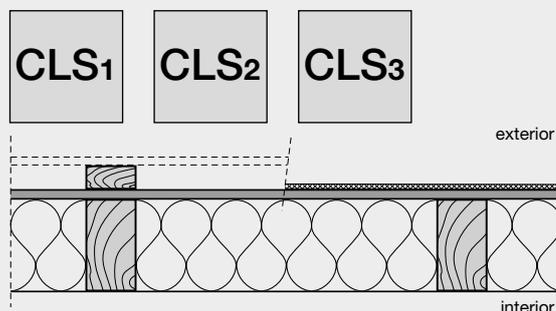
El grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas está definido en el CTE DB HS 1, apartado 2.3.1. y depende de factores climatológicos y del grado de exposición de la fachada.

El grado de impermeabilización de la fachada se justifica combinando elementos de la fachada que cumplan los criterios definidos en el CTE según la tabla 2.7.

Así los sistemas SATE suelen garantizar un R3 (resistencia muy alta a la filtración) mientras que en las fachadas ventiladas con junta abierta la barrera contra la penetración al agua debe conseguirse con diferentes aspectos constructivos (por ejemplo utilizar un aislante no hidrófilo, una lámina impermeabilizante, un espesor de cámara ventilada mínimo, etc.).

Paneles fermacell® Powerpanel HD Exterior

Por ejemplo cerramientos exteriores con fachada ventilada o con revoco como protección frente a la humedad



Resistencia lineal de diseño $f_{v,0,d}$ [N/mm] en paneles de entramado de madera con paneles Powerpanel HD en las clases de servicio 1-3 y duración de carga (viento)

| Clase de servicio 1 + 2 | | | Elemento de fijación | Clase de servicio 3 ¹⁾ | | |
|-------------------------|----------|---------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| 1,8 ↔ | 1,8 ↔ | 1,8 ↔ | Grapa d=1,8mm | 1,4 ↔ | 1,4 ↔ | 1,4 ↔ |
| 1,8 ↔ | 1,8 ↔ | 1,8 ↔ | Grapa d=1,53mm | 1,4 ↔ | 1,4 ↔ | 1,4 ↔ |
| 1,8 ↔ | 1,8 ↔ | 1,8 ↔ | Clavo d=2,8mm | 1,4 ↔ | 1,4 ↔ | 1,4 ↔ |
| 1,7 | 1,8 ↔ | 1,8 ↔ | Clavo d=2,5mm | 1,4 ↔ | 1,4 ↔ | 1,3 |
| 1,5 | 1,8 ↔ | 1,8 ↔ | Clavo d=2,2mm | 1,4 ↔ | 1,4 ↔ | 1,2 |
| 150 [mm] | 100 [mm] | 75 [mm] | Distancia s de elementos de fijación | 75 [mm] | 100 [mm] | 150 [mm] |

¹⁾ solo en combinación con un revestimiento continuo (revoco de mortero compatible, por ejemplo mortero Powerpanel HD)

Modo de fallo determinante:

- X,X Fallo de las fijaciones es determinante
- X,X ↔ Resistencia a tracción del panelado es determinante
- X,X ▶ Abollamiento del panelado es determinante

Parámetros de cálculo:

- Duración de carga = corta
- Separación de montantes $e \leq 625$ mm
- Esbeltez del tablero $b \geq h/2$
- Cálculo según CTE DB SE-M y EC5 respetando la ETE 13/0609

Las resistencias calculadas son válidas para uniones con madera de la clase de resistencia mínima C24 (conífera) y paneles fermacell® con el canto recto.

Factor de mayoración en caso de considerar la duración de carga (viento) instantánea: 1,22 (en clase de servicio 1 o 2)/1,29 (en clase de servicio 3)

Descripción de elemento constructivo:

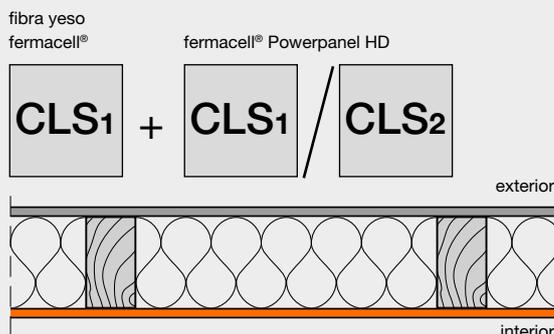
Los paneles estructurales Powerpanel HD por lo general están en el exterior (clase de servicio 2 o 3). Los paneles están fijados directamente al entramado de madera.

El empleo en la clase de servicio 3 (exposición directa) solo es compatible con un revestimiento continuo exterior, como por ejemplo con el mortero ligero HD y el tratamiento de juntas correspondiente.



Combinación de paneles de fibra yeso fermacell® con paneles fermacell® Powerpanel HD

Por ejemplo en medianeras



Resistencia lineal de diseño $f_{v,0,d}$ in [N/mm] en paneles de entramado de madera con paneles Powerpanel HD en la cara exterior y paneles de fibra yeso fermacell® en el interior. Valores de resistencia para carga de duración instantánea.

| Powerpanel HD, CLS 1+2 fibra yeso t=10 mm, CLS 1 | | | | Elementos fijación | Powerpanel HD, CLS 1+2 fibra yeso t=12,5 mm, CLS 1 | | | |
|---|----------|---------|---------|-----------------------------------|---|---------|----------|----------|
| 5,3 | 5,4 | 5,5 | 5,5 | Grapas d=1,8 mm | 7,2 | 7,2 | 6,5 | 5,3 |
| 4,9 | 5,3 | 5,5 | 5,5 | Grapas d=1,53 mm | 7,2 | 6,5 | 5,3 | 5,0 |
| 4,6 | 6,0 | 7,3 | 8,3 | Clavos d=2,8 mm | 8,3 | 8,3 | 6,6 | 5,0 |
| 4,0 | 5,7 | 6,8 | 8,3 | Clavos d=2,5 mm | 8,3 | 8,3 | 6,3 | 4,5 |
| 3,5 | 5,2 | 6,2 | 8,3 | Clavos d=2,2 mm | 8,3 | 7,0 | 5,8 | 4,0 |
| 150 [mm] | 100 [mm] | 75 [mm] | 50 [mm] | Distancia s elementos de fijación | 50 [mm] | 75 [mm] | 100 [mm] | 150 [mm] |
| 4,3 | 6,3 | 8,3 | 8,3 | Clavos d=2,2 mm | 8,3 | 8,3 | 6,4 | 4,4 |
| 5,1 | 7,2 | 8,3 | 8,7 | Clavos d=2,5 mm | 10,0 | 8,3 | 7,3 | 5,2 |
| 5,5 | 7,4 | 8,3 | 8,7 | Clavos d=2,8 mm | 10,0 | 8,3 | 8,3 | 6,0 |
| 5,0 | 5,3 | 6,7 | 8,7 | Grapas d=1,53 mm | 10,0 | 6,8 | 5,3 | 5,1 |
| 5,3 | 6,5 | 8,7 | 8,7 | Grapas d=1,8 mm | 10,0 | 9,0 | 6,8 | 5,3 |
| Powerpanel HD, CLS 1+2 fibra yeso t=15 mm, CLS 1 | | | | Elementos fijación | Powerpanel HD, CLS 1+2 fibra yeso t=18 mm, CLS 1 | | | |

Modo de fallo determinante:

- X,X Resistencia del panelado con fibra yeso fermacell® es determinante
- X,X Ambos paneles resisten conjuntamente en función de su rigidez
- X,X Ambos paneles resisten conjuntamente teniendo en cuenta una reducción de un 25 % de la resistencia en un lado

Parámetros de cálculo:

- Distancia montantes $e \leq 625$ mm
- Esbeltez del tablero $b > h/2$
- Cálculo según EN 1995-1-1 y DIN EN 1995-1-1 NA

Bases de cálculo

- ETE 03/0050
- Autorización de uso Z-9.1-434 (documento alemán)
- ETE 13/0609
- Autorización de uso Z-31.1-176

Los cálculos están realizados con madera de clase C24 y paneles de canto recto.

Descripción del elemento constructivo (prefabricado)

El panel estructural de fibra yeso fermacell® está en la cara interior (clase de servicio 1) y el panel estructural Powerpanel HD (contribución parcial a la resistencia) está en el lado exterior, sin exposición directa (clase de servicio 1-2). Ambos paneles están fijados directamente al entramado.

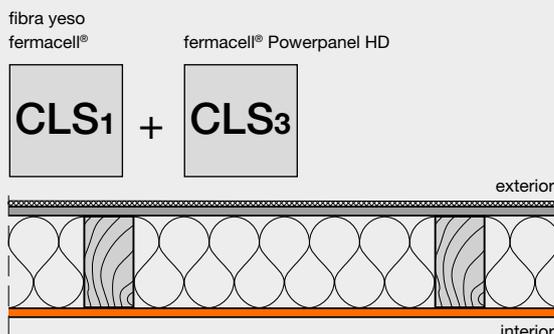
El panel menos rígido fermacell® Powerpanel HD solo puede contribuir parcialmente al arriostamiento total del sistema constructivo. Existen 3 casuísticas de fallo del sistema según el cálculo.

Se trata de un sistema empleado en medianeras con requerimientos de resistencia al fuego.



Combinación de paneles de fibra yeso fermacell® con paneles fermacell® Powerpanel HD

Por ejemplo en cerramientos con acabados de revoco



Resistencia lineal de diseño $f_{v,0,d}$ in [N/mm] en paneles de entramado de madera con paneles Powerpanel HD en la cara exterior y paneles de fibra yeso fermacell® en el interior. Valores de resistencia para carga de duración instantánea.

| Powerpanel HD, CLS 3 ¹⁾ fibra yeso t=10 mm, CLS 1 | | | | Elementos de fijación | Powerpanel HD, CLS 3 ¹⁾ fibra yeso t=12,5 mm, CLS 1 | | | |
|---|----------|---------|---------|-----------------------------------|---|---------|----------|----------|
| 4,2 | 5,4 | 5,5 | 5,5 | | 7,2 | 7,2 | 6,5 | 4,3 |
| | | | | Grapas d=1,8mm | | | | |
| | | | | Grapas d=1,53mm | | | | |
| | | | | Clavos d=2,8mm | | | | |
| | | | | Clavos d=2,5mm | | | | |
| | | | | Clavos d=2,2mm | | | | |
| 150 [mm] | 100 [mm] | 75 [mm] | 50 [mm] | Distancia s elementos de fijación | 50 [mm] | 75 [mm] | 100 [mm] | 150 [mm] |
| 3,9 | 5,8 | 6,5 | 8,1 | Clavos d=2,2mm | 8,3 | 6,5 | 5,9 | 4,0 |
| 4,8 | 6,5 | 6,5 | 8,7 | Clavos d=2,5mm | 10,0 | 6,7 | 6,5 | 4,9 |
| 5,1 | 6,5 | 6,8 | 8,7 | Clavos d=2,8mm | 10,0 | 7,8 | 6,5 | 5,6 |
| 4,5 | 5,0 | 6,7 | 8,7 | Grapas d=1,53mm | 10,0 | 6,8 | 5,1 | 4,6 |
| 4,3 | 6,5 | 8,7 | 8,7 | Grapas d=1,8mm | 10,0 | 9,0 | 6,8 | 4,5 |
| Powerpanel HD, CLS 3 ¹⁾ fibra yeso t=15 mm, CLS 1 | | | | Elementos de fijación | Powerpanel HD, CLS 3 ¹⁾ fibra yeso t=18 mm, CLS 1 | | | |

¹⁾ Solo en combinación con revestimiento exterior de revoco compatible, por ejemplo el mortero ligero HD

Modo de fallo determinante:

- X,X Resistencia del panelado con fibra yeso fermacell® es determinante
- X,X Ambos paneles resisten conjuntamente en función de su rigidez
- X,X Ambos paneles resisten conjuntamente teniendo en cuenta una reducción de un 25 % de la resistencia en un lado

Parámetros de cálculo:

- Distancia montantes $e \leq 625$ mm
- Esbeltez del panelado con factor $c=1$ ($b > h/2$)
- Cálculo según EN 1995-1-1 y DIN EN 1995-1-1 NA

Bases de cálculo

- ETE 03/0050
- Autorización de uso Z-9.1-434 (documento alemán)
- ETE 13/0609
- Autorización de uso Z-31.1-176

Los cálculos están realizados con madera de clase C24 y paneles de canto recto.

Descripción del elemento constructivo (prefabricado)

El panel estructural de fibra yeso fermacell® está en la cara interior (clase de servicio 1) y el panel estructural Powerpanel HD (contribución parcial a la resistencia) está en el lado exterior expuesto, protegido con un acabado de revoco (clase de servicio 3). Ambos paneles están fijados directamente al entramado.

El panel menos rígido fermacell® Powerpanel HD solo puede contribuir parcialmente al arriostramiento total del sistema constructivo. Se diferencian 3 casos.

Se trata de un sistema empleado cuando se quiere aplicar un acabado con revoco de mortero y se quiere evitar una construcción mas compleja, como una fachada ventilada.



1.3 Resistencia al fuego

- Normativa CTE DB SI
- Propagación interior
- Resistencia estructural en construcciones de madera

- Resistencia al fuego de los sistemas constructivos con fermacell®

En este capítulo se exponen de forma resumida las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio según la normativa vigente, el Código Técnico de la Edificación DB SI. Esta información es una ayuda para el proyectista a diseñar con sistemas fermacell™ en proyectos con estructura de madera. El contenido se limita a los criterios que están relacionados a los productos o sistemas fermacell® empleados en construcciones de madera, por lo que no abarca todos los aspectos a tener en cuenta en el contexto de la protección frente a incendios.

La seguridad en caso de incendio está regulada por el CTE DB SI. En el ámbito que nos interesa hay que destacar el apartado SI 1, que trata de la propagación interior, y el apartado SI 6, que abarca la resistencia al fuego de la estructura. El Anejo E establece un método simplificado de cálculo para la resistencia al fuego de estructuras de madera.

Propagación interior (CTE DB SI 1)

Para evitar la propagación interior de incendios, los edificios deben compartimentarse en sectores de incendio.

La definición de los sectores de incendios y la resistencia al fuego que deben cumplir depende de muchos parámetros de proyecto.

Los más importantes son: el uso previsto del edificio (residencial, público, hospitalario, docente, etc.), el elemento constructivo (paredes, techos, puertas, fachadas, etc.), la facilidad de evacuación (altura sobre rasante, bajo rasante, etc.) y el riesgo especial asociado al espacio (por ejemplo, salas de instalaciones, salas de residuos, etc.).

La clasificación de resistencia al fuego de un elemento constructivo que sectoriza se rige por la norma UNE EN 13501 y se obtiene en base a ensayos de laboratorio.

La clasificación indica cuanto tiempo (en minutos) el elemento constructivo expuesto al fuego por una de sus caras, es capaz de garantizar la integridad (evitar el paso de llamas, humos y gases) y el aislamiento térmico en el lado no expuesto al fuego.

Estos dos criterios reciben una letra:

E = Integridad

I = Aislamiento

Así una clasificación EI 120 indica que el elemento constructivo garantiza la integridad y el aislamiento como mínimo durante 120 minutos. Las clasificaciones están definidas en las siguientes escalas: 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 y 360. En el CTE solamente se utilizan las escalas 30, 60, 90, 120 y 180 minutos.

Las clasificaciones de resistencia al fuego que se exigen a las sectorizaciones no incluyen la resistencia estructural, que debe analizarse aparte según el apartado SI 6 de la norma.

James Hardie tiene numerosos sistemas constructivos con clasificación EI, para paredes no portantes (tabiques) o falsos techos. Se pueden consultar en las tablas de la página 224.

Reacción al fuego

Los elementos constructivos también deben cumplir unas condiciones de reacción al fuego.

En concreto se exige que los revestimientos de techos, paredes y suelos sean de una clasificación mínima en función de la situación del elemento. Las clasificaciones se rigen por la norma UNE EN 13501-1.

La clasificación más alta es la clase A (elementos no combustibles) y le siguen clasificaciones inferiores (B, C, D, E) de materiales combustibles que contribuyen al fuego de forma ascendente siguiendo el orden de letras.

Las letras se acompañan de unos índices que indican la generación de humo (-,s1,s2,s3) y el riesgo de que se generen gotas o partículas que puedan caer sobre otros materiales (d0 o d1).

Los paneles de fibra yeso fermacell® son incombustibles, con clasificación A2 s1 d0, por lo que pueden emplearse en todos los ámbitos definidos en el CTE.

Los paneles fermacell® Powerpanel son de clasificación A1 por lo que al margen del CTE pueden ser usados en proyectos muy especiales donde se requiera este requisito (por ejemplo en ámbito naval).

Resistencia estructural (CTE DB SI 6)

Los elementos constructivos estructurales deben tener una resistencia suficiente para soportar las cargas durante la duración del incendio. La duración del incendio que deben resistir depende principalmente del sector de incendio considerado (vivienda unifamiliar, residencial vivienda, hospitalario, etc.) y la dificultad de evacuación.

La clasificación de resistencia al fuego estructural se obtiene por ensayo de laboratorio y recibe la letra R, seguida del tiempo en minutos durante el cual se garantiza la resistencia estructural del elemento, estando expuesto al fuego por una de sus caras. La resistencia estructural está limitada a la carga que se haya aplicado durante el ensayo.

Es posible y habitual ensayar los 3 criterios (sectorización y resistencia) en el mismo ensayo, obteniendo una clasificación combinada REI.

Resistencia al fuego de los sistemas constructivos con fermacell®

James Hardie dispone de numerosos ensayos de laboratorio con clasificación REI 30, 60, 90 y 120 minutos, tanto para entramados de madera, muros de CLT revestidos con fibra yeso fermacell®, así como forjados de madera con revestimiento de paneles fermacell®. Un gran número de estos sistemas están recogidos en el DAU 24/141. Se pueden consultar en las tablas a partir de la página 216.

Método simplificado de cálculo (sección reducida)

El Anejo E del CTE DB SI ofrece una metodología simplificada de cálculo con la cual se puede calcular la sección reducida de un

elemento estructural de madera después de estar expuesto un tiempo específico a un incendio (simulado por la curva normalizada de tiempo-temperatura).

La comprobación estructural se sigue realizando según el DB SE-M partiendo de esta sección reducida. Ello permite sobredimensionar los elementos de madera de forma que cumplan con la resistencia al fuego exigida (clasificación R). También es posible retrasar la reducción de la sección de la madera (carbonización) mediante revestimientos específicos, siendo una opción más económica.

En la actualidad, el CTE y el Eurocódigo 5 todavía no contemplan las placas de fibra yeso como material genérico de revestimiento. Solamente se mencionan los paneles de yeso del tipo A,F y H. En todo caso los paneles de fibra yeso fermacell® se pueden considerar placas del tipo F, según queda especificado en la ETE 03/0050.

El tiempo de inicio de carbonización t_{ch} se puede calcular según la fórmula E10 del CTE, siempre y cuando las juntas estén selladas o sean inferiores a 2 mm.

$$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 14 \text{ (minutos)}$$

con h_p = espesor del panel

La fórmula del CTE en todo caso está muy en el lado de la seguridad ya que los paneles de fibra yeso fermacell® tienen una resistencia al fuego superior al de las placas de yeso convencionales.



Resistencias al fuego de la estructura exigidas (DB SI 6)

| Uso del sector de incendio | Resistencia en función de la altura de evacuación |
|---|---|
| Vivienda unifamiliar | R30 |
| Residencial vivienda o público, administrativo, docente | R60 - R120 |
| Comercial, pública concurrencia, hospitalario | R90 - R180 |

1.4 Aislamiento acústico

Las siguientes explicaciones relacionadas al aislamiento acústico pretenden ser una base de discusión para todos los agentes implicados en el proyecto, como el proyectista, el instalador o el promotor. La normativa de referencia es el Código Técnico de la Edificación en su documento básico DB HR (versión diciembre 2019)

- parámetros relevantes
- requerimientos y justificaciones
- forjados de madera

Parámetros significativos en la acústica

El aislamiento de elementos constructivos se mide según la EN ISO 10140. Por lo general se obtienen mediciones de 16 bandas de frecuencia entre 100Hz y 3150Hz. Para poder trabajar con estos de forma más sencilla, la EN ISO 717 establece un método que permite obtener un único valor que recoge todas las mediciones, por ello a continuación se habla mayoritariamente de un único valor.

Hay que diferenciar entre el ruido que se transmite por el aire (ruido aéreo) y el que se transmite a través de materia sólida (los elementos constructivos) al recibir un impacto, el así denominado ruido de impactos. Este último tiene relevancia en el aislamiento de los forjados.

Parámetros relevantes para el ruido aéreo

El ruido aéreo se comprueba midiendo o calculando la reducción acústica (aislamiento acústico) entre dos estancias, por lo que un valor mayor es favorable.

R_w Índice ponderado de reducción acústica. Se trata del valor en decibelios de la curva de referencia a 500 Hz, ajustada a los valores experimentales del índice de reducción acústica R . Dato obtenido de ensayo acústico en laboratorio.

C ; C_{tr} Términos de adaptación al espectro, en decibelios. Es el valor que se debe sumar al valor de la magnitud global (R_w) para tener en cuenta las características de un espectro particular. Se usa el valor C para obtener el ruido rosa y el valor C_{tr} para obtener el ruido de tráfico. Datos obtenidos de ensayo acústico en laboratorio.

Así para ruido rosa (se trata del ruido más común en el interior de viviendas) se obtiene el índice global de reducción acústica

$$R_a: R_a = R_w + C$$

Para el ruido de tráfico (importante en fachadas) se obtiene el índice global de reducción acústica $R_{a,tr}$:

$$R_a = R_w + C_{tr}$$

$D_{nT,A}$ Diferencia de niveles estandarizada. Expresa el aislamiento entre recintos "in situ" y depende del elemento constructivo de separación, los elementos de flanco, el tipo de unión entre elementos, la superficie de separación entre recintos, así como los volúmenes de los espacios.

$D_{2m,nT,A}$ Diferencia de niveles estandarizada de fachada. Expresa el aislamiento entre un recinto y el exterior en condiciones "in situ" y depende de la parte ciega y los huecos, los elementos de flanco, el tipo de unión entre elementos, la superficie de fachada, así como el volumen del espacio receptor.

Parámetros relevantes de ruido de impactos

El ruido de impactos se comprueba midiendo o calculando el ruido de impactos que recibe la estancia receptora, por lo que un valor más bajo es favorable.

$L_{n,w}$ Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado de un elemento constructivo horizontal, obtenido de ensayo acústico de laboratorio

$L'_{nT,w}$ Valoración global del nivel de presión de ruido de impactos estandarizado. Expresa el ruido de impactos que se escucha en el espacio receptor (in situ) y depende del elemento constructivo de separación, los elementos de flanco, el tipo de uniones entre elementos y el volumen del recinto receptor.

Requerimientos y justificación

Requerimientos y definiciones

Para satisfacer las exigencias del CTE en cuanto a la protección frente al ruido deben alcanzarse los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superarse los valores límite de nivel de presión de ruido a impactos (aislamiento a ruido de impactos).

Las exigencias del CTE varían en función de una serie de parámetros. Vamos a describir una parte de ellos al ser conceptos clave en la normativa:

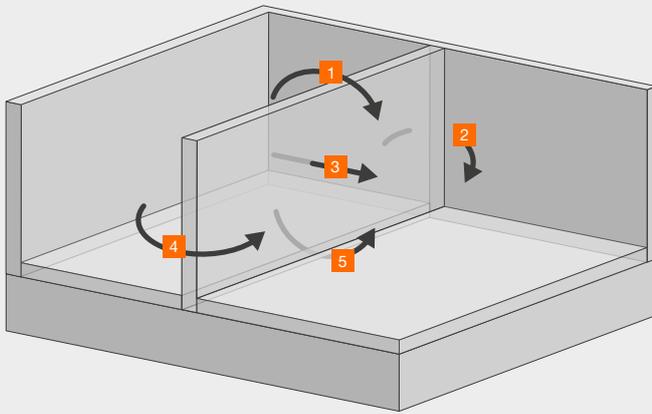
- Unidad de uso: edificio o parte de un edificio que se destina a un uso específico y cuyos usuarios están vinculados entre sí. Puede ser por ejemplo una vivienda o una habitación de hospital u hotel.
- Recinto habitable protegido: habitaciones y estancias, salones, comedores, oficinas, etc.
- Recinto habitable: cocinas, baños, pasillos, etc.
- Recinto de instalaciones: recinto que contiene instalaciones colectivas del edificio
- Recinto de actividad: recinto en un edificio residencial (público o privado) destinado a un uso distinto. Por ejemplo un restaurante en planta baja de un edificio de viviendas.

En la siguiente tabla se presentan los requerimientos de aislamiento acústico de las situaciones más comunes en un proyecto de edificación.

Requerimientos de aislamiento acústico

| Situación del emisor y receptor en el mismo edificio | Requerimientos mínimos CTE DB HR | |
|---|----------------------------------|--------------------------|
| | Ruido aéreo | Ruido impactos |
| Separación vertical (paredes) | | |
| En la misma unidad de uso | $R_a \geq 33$ dBA | – |
| Entre diferentes unidades de uso (recintos protegidos) | $D_{nT,A} \geq 50$ dBA | – |
| Entre diferentes unidades de uso (recintos habitables) | $D_{nT,A} \geq 45$ dBA | – |
| Limitación del edificio | | |
| Fachadas | $D_{2m,nT,Atr} \geq 30-47$ dBA* | – |
| Medianería, a cumplir por cada uno de los cerramientos | $D_{2m,nT,Atr} \geq 40$ dBA | – |
| Medianería, a cumplir por el conjunto de los dos cerramientos | $D_{nT,A} \geq 50$ dBA | – |
| Separación horizontal (forjados) | | |
| Entre diferentes unidades de uso (recintos protegidos) | $D_{nT,A} \geq 50$ dBA | $L'_{n,T,w} \leq 65$ dBA |
| Entre recinto de actividad o de instalaciones y recinto protegido | $D_{nT,A} \geq 55$ dBA | $L'_{n,T,w} \leq 60$ dBA |

* El valor mínimo a cumplir varía en función del tipo de recinto receptor (habitable o protegido) y del índice de ruido día Ld.



- 1 Forjado macizo - vía de flanco
- 2 Tabique o fachada - vía de flanco
- 3 Elemento divisorio - vía directa
- 4 Tabique - vía de flanco
- 5 Solera flotante- vía de flanco

Esquema de las vías de transmisión de ruido en construcciones de madera o esqueleto de hormigón

Justificación del aislamiento acústico

El CTE DB HR ofrece dos métodos para justificar el cumplimiento de la protección frente al ruido.

Opción simple

El método simplificado es una opción, sin embargo solo es válido para edificios con una estructura horizontal resistente formada por forjados de hormigón macizos o aligerados, o forjados mixtos de hormigón y chapa de acero, por lo que en el contexto de la construcción con madera se puede utilizar en la construcción híbrida únicamente (ver capítulo 3 a partir de la página 130).

La opción simple consiste en comprobar que cada elemento que conforma cada uno de dos recintos (recinto emisor y recinto receptor) que influyen en la transmisión de ruidos entre ellos cumplan una serie de requisitos, especificados en diferentes tablas de la propia normativa. Con esto es posible justificar que se cumple el requerimiento mínimo sin tener que realizar cálculos complejos.

Opción general

Se trata de un método de cálculo de aislamiento acústico, basado en la UNE-EN ISO 12354 partes 1,2 y 3.

Para obtener la diferencia de niveles estandarizada $D_{nT,A}$ entre dos recintos, es necesario tener en cuenta los índices de reducción acústica de todas las vías de transmisión:

- Transmisión directa a través del elemento separador
- Transmisiones indirectas a través de cada uno de los flancos por cada vía de transmisión (flanco-directa, flanco- flanco, etc.)
- Factor corrector que tiene en cuenta el volumen de la sala receptora y la superficie del elemento separador.

El ruido a impactos se calcula de forma equivalente.

El CTE pone a disposición del proyectista una herramienta oficial de cálculo que facilita la aplicación del método de cálculo de la opción general.

Se trata de una hoja excel gratuita que incorpora los datos del Catálogo de Elementos Constructivos y el usuario puede añadir sus propias soluciones caracterizadas.

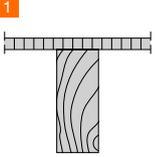
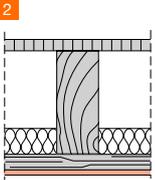
Forjados de vigas de madera

Los forjados de vigas de madera tienen un aislamiento acústico muy bajo, debido a su reducida masa. Los sistemas de solera seca fermacell™, en combinación con el trillaje y relleno acústico fermacell™ permiten compensar esta carencia, alcanzando el nivel de aislamiento acústico requerido para separar diferentes unidades de uso.

Forjados macizos de CLT

Los forjados macizos de CLT cuentan con una masa superior que los forjados de vigas de madera. Aun así siguen siendo ligeros y en todo caso requieren un suelo flotante para aminorar el ruido de impactos. En las tablas de las paginas siguientes se pueden ver sistemas combinados de solera seca fermacell™ sobre forjados de CLT y las prestaciones acústicas que se pueden alcanzar.

Mejora de aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos con la solera seca fermacell®

| Forjado bruto Tipo | Configuración | Forj. bruto | 2 E 31 | Solera seca fermacell® con trillaje 30 mm | | Solera seca fermacell® con trillaje 60 mm | | | | |
|---|---|----------------|--------|---|---------------------------|---|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|----|
| | | | | 2 E 31 con trillaje 30 mm | 2 E 35 con trillaje 30 mm | 2 E 31 con trillaje 60 mm | 2 E 32 con trillaje 60 mm | 2 E 35 con trillaje 60 mm | 2 E 22 con 20 mm FM trillaje 60 mm | |
| Forjado de vigas vistas | | | | | | | | | | |
|  | 22 mm OSB 220 mm Vigas | $L_{n,w}$ [dB] | 90 | 81 | 63 | 58 | 61 | 55 | 53 | 56 |
| | | R_w [dB] | 28 | 43 | 58 | 61 | 61 | 63 | 65 | 65 |
| Forjado de vigas ocultas por rastrelado y panelado fermacell® | | | | | | | | | | |
|  | 22 mm OSB 220 mm Vigas 50 mm Aislante 30 mm rastrelado, e=333 mm 10 mm fermacell® fibra yeso | $L_{n,w}$ [dB] | 78 | 72 | 63 | 61 | 61 | – | 57 | 62 |
| | | R_w [dB] | 42 | 48 | 56 | 59 | 59 | – | 62 | 60 |
| Forjado de vigas ocultas por panelado fermacell® sobre perfilera metálica con amortiguamiento acústico | | | | | | | | | | |
|  | 22 mm OSB 220 mm Vigas 50 mm Aislante 30 mm perfilera, e=333 mm 10 mm fermacell® fibra yeso | $L_{n,w}$ [dB] | 62 | 53 | 42 | 41 | 39 | 38 | 37 | 39 |
| | | R_w [dB] | 55 | 63 | 73 | 74 | 77 | 77 | 77 | 78 |
| Forjado de vigas cerrado, relleno de entrevigado no portante y revoco reforzado de caña | | | | | | | | | | |
|  | 24 mm tarima 220 mm Vigas Relleno $m' = 80 \text{ kg/m}^2$ Revoco $m' = 35 \text{ kg/m}^2$ | $L_{n,w}$ [dB] | 62 | 52 | 44 | – | 42 | 41 | 41 | 43 |
| | | R_w [dB] | 49 | 65 | 72 | – | 75 | 73 | 75 | 75 |



Forjado macizo de madera



Forjado bruto

$R_w = 39$ dB

$L_{n,w} = 85$ dB

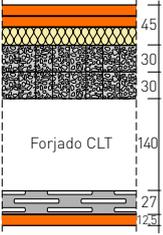
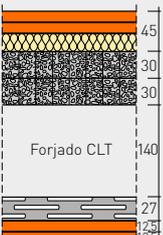
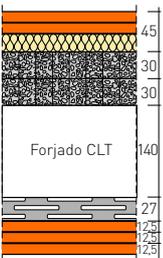
| Sistema | Composición | Canto mm | Aislamiento acústico | | Carga puntual máxima y uso |
|---------|--|-------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | | Ruido a impactos $L_{n,w}$ dB | Ruido aéreo R_w dBA | |
| | 2 E 35 (2 x 12,5 mm fermacell® fibra yeso + 20 mm lana mineral) sobre 30 mm sistema de trillaje fermacell™ | 215 | 51,8 | 61 | 1 KN (Residencial) |
| | 2 E 35 (2 x 12,5 mm fermacell® fibra yeso + 20 mm lana mineral) sobre 2 x 30 mm sistema de trillaje fermacell™ | 245 | 50,2 | 64 | 1 KN (Residencial) |
| | 2 E 22 (2 x 12,5 mm fermacell® fibra yeso) sobre lana de fibra de madera 20 mm ($s' = 50$ MN/m ³) sobre 30 mm sistema de trillaje fermacell™ | 215 | 54 | 60 | 1 KN (Residencial) |
| | 2 E 22 (2 x 12,5 mm fermacell® fibra yeso) sobre 30 mm sistema de trillaje fermacell™ sobre Lana fibra de madera 140 kPA sobre 30 mm sistema de trillaje fermacell™ | 305 | 48,4 | 64 | 1 KN (Residencial) |
| | 2 E 22 (2 x 12,5 mm fermacell® fibra yeso) sobre 30 mm sistema de trillaje fermacell™ sobre 20 mm lana mineral antiimpacto ($s' = 55$ MN/m ³) sobre 60 mm EPS 150 kPA sobre 30 mm sistema de trillaje fermacell™ | 305 | 46 | 64 | 1 KN (Residencial) |



Forjado macizo de madera



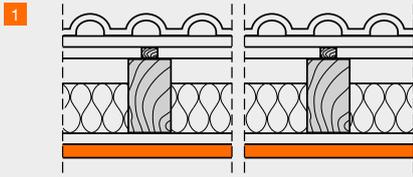
Forjado bruto
sin dato

| Sistema | Composición | Canto mm | Aislamiento acústico | | Carga puntual máxima y uso |
|---|--|-------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| | | | Ruido a impactos Ln, w dB | Ruido aéreo Ra dBA | |
|  | <p>2 E 35 (2 x 12,5 mm fermacell® fibra yeso + 20 mm lana mineral) sobre 2 x 30 mm sistema de trillaje fermacell™ con 140 mm CLT con 27 mm falso techo omegas + lana mineral + 1 x 12,5 mm panel fibra yeso</p> | 284,5 | 50* | 65* | 1 KN (Residencial) |
|  | <p>2 E 35 (2 x 12,5 mm fermacell® fibra yeso + 20 mm lana mineral) sobre 2 x 30 mm sistema de trillaje fermacell™ con 140 mm CLT con 27 mm falso techo omegas + lana mineral + 2 x 12,5 mm panel fibra yeso</p> | 297 | 41,3 | 66 | 1 KN (Residencial) |
|  | <p>2 E 35 (2 x 12,5 mm fermacell® fibra yeso + 20 mm lana mineral) sobre 2 x 30 mm sistema de trillaje fermacell™ con 140 mm CLT con 27 mm falso techo omegas + lana mineral + 3 x 12,5 mm panel fibra yeso</p> | 309,5 | 39 | 69 | 1 KN (Residencial) |

*Ensayo interno

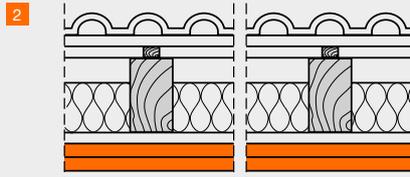
Valores de aislamiento de cubiertas en función del espesor del revestimiento:

R_w = 52 dB



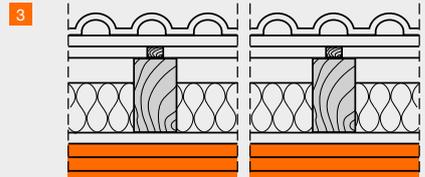
Panelado: 1 x 10 mm fibra yeso fermacell®

R_w = 57 dB



Panelado: 2 x 10 mm fibra yeso fermacell®

R_w = 59 dB



Panelado: 3 x 10 mm fibra yeso fermacell®

Parámetros de las secciones 1-3 de cubierta ensayadas:

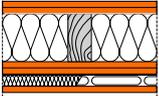
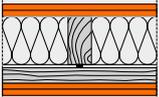
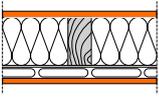
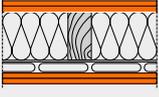
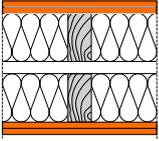
Tejado de piezas de hormigón, masa superficial 41 kg/m²
 30 x 50 mm Rastrelado
 30 x 50 mm Rastrelado transversal
 0,5 mm Lámina

200 x 80 mm Vigas, masa longitudinal m' = 8 kg/m
 200 mm Lana mineral, resistencia al flujo de aire r = 9,5 kPa s/m³
 0,2 mm Barrera de vapor
 24 x 48 mm Rastrelado a cada 280 mm aprox.

Elemento constructivo divisorias

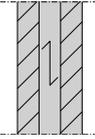
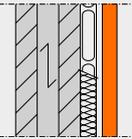
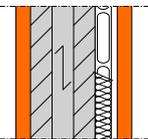
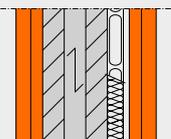
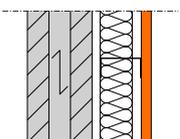
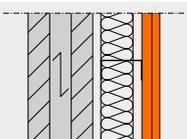
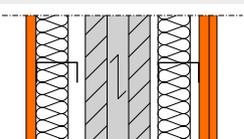
Aislamiento acústico de sistemas constructivos de ejemplo

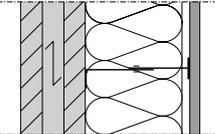
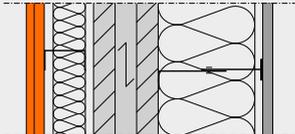
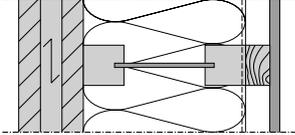
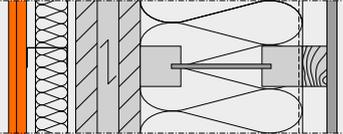
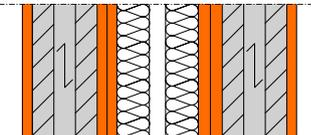
| Sección horizontal | Descripción | R _w |
|--------------------|--|----------------|
| | 1 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® 60/100 mm Montantes 100 mm Lana mineral 1 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® | 44 dB |
| | 2 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® 60/100 mm Montantes 100 mm Lana mineral 2 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® | 51 dB |
| | 1 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® 60/100 mm Montantes 100 mm Lana mineral 1 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® 27 mm Maestras a 500 mm 20 mm Lana mineral 1 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® | 56 dB |

| Sección horizontal | Descripción | R _w |
|---|---|----------------|
|  | 2 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® 60/100 mm Montantes 100 mm Lana mineral 2 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® 27 mm Maestras e = 500 mm/20 mm lana mineral 1 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® | 61 dB |
|  | 2 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® 60/100 mm Montantes 100 mm Lana mineral 10/5 mm Lana mineral entre maderas 30/50 mm Rastreles 2 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® | 56 dB |
|  | 1 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® 60/100 mm Montantes 100 mm Lana mineral 27 mm Maestras e = 500 mm 1 x 10 mm fibra yeso fermacell® | 57 dB |
|  | 1 x 10 mm fibra yeso fermacell® 1 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® 60/100 mm Montantes 60 mm Lana mineral 27 mm Maestras e = 500 mm 20 mm Lana mineral 2 x 10 mm fibra yeso fermacell® | 60 dB |
|  | 2 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® 60/100 mm Montantes 100 mm Lana mineral 30 mm Cámara de aire 60/100 mm Montantes 100 mm Lana mineral 2 x 12,5 mm fibra yeso fermacell® | 70 dB |

Para la prefabricación de los sistemas con maestras - como representados aquí - recomendamos instalar el trasdosado semidirecto (maestras + paneles) in situ una vez instalado el módulo de pared.

Aislamiento acústico de paredes macizas de CLT (ejemplos)

| Sección horizontal | Descripción | R_w |
|---|--|-------|
|  | 80 mm CLT | 33 dB |
|  | 80 mm CLT 27 mm Maestra 20 mm Lana mineral 18 mm fibra yeso fermacell® | 49 dB |
|  | 18 mm fibra yeso fermacell® 80 mm CLT 27 mm Maestra 20 mm Lana mineral 18 mm fibra yeso fermacell® | 55 dB |
|  | 18 + 15 mm fibra yeso fermacell® 80 mm CLT 27 mm Maestra 20 mm Lana mineral 18 + 15 mm fibra yeso fermacell® | 62 dB |
|  | 80 mm CLT 10 mm Espacio 50 mm Montante autoportante 40 mm Lana mineral 12,5 mm fibra yeso fermacell® | 56 dB |
|  | 80 mm CLT 10 mm Espacio 50 mm Montante autoportante 40 mm Lana mineral 12,5 + 10 mm fibra yeso fermacell® | 61 dB |
|  | 12,5 mm fibra yeso fermacell® 50 mm Montante autoportante 40 mm Lana mineral 10 mm Espacio 80 mm CLT 10 mm Espacio 50 mm Montante autoportante 40 mm Lana mineral 12,5 + 10 mm fibra yeso fermacell® | 71 dB |

| Sección constructiva | Descripción | R_w |
|---|--|-------|
|  | <p>80 mm CLT 140 mm Aluminio - fachada ventilada 120 mm Lana mineral 12,5 mm fermacell® Powerpanel H₂O Mortero ligero HD</p> | 48 dB |
|  | <p>10 + 12,5 mm fibra yeso fermacell® 50 mm Montantes autoportantes 40 mm Lana mineral 10 mm Espacio 80 mm CLT 140 mm Aluminio - fachada ventilada 120 mm Lana mineral 12,5 mm fermacell® Powerpanel H₂O Mortero ligero HD</p> | 65 dB |
|  | <p>80 mm CLT 200 mm Steicowall 200 mm Steicoflex Steico multi UDB 30/50 mm Rastrelado 12,5 mm fermacell® Powerpanel H₂O Mortero ligero HD</p> | 43 dB |
|  | <p>10 + 12,5 mm fibra yeso fermacell® 50 mm Montantes autoportantes 40 mm Lana mineral 10 mm Espacio 80 mm CLT 200 mm Steicowall 200 mm Steicoflex Steico multi UDB 30/50 mm Rastrelado 12,5 mm fermacell® Powerpanel H₂O Mortero ligero HD</p> | 65 dB |
|  | <p>12,5 mm fibra yeso fermacell® 80 mm CLT 2 × 12,5 mm fibra yeso fermacell® 40 mm Lana mineral 20 mm Cámara de aire 40 mm Lana mineral 2 × 15 mm fibra yeso fermacell® 80 mm CLT 12,5 mm fibra yeso fermacell®</p> | 75 dB |

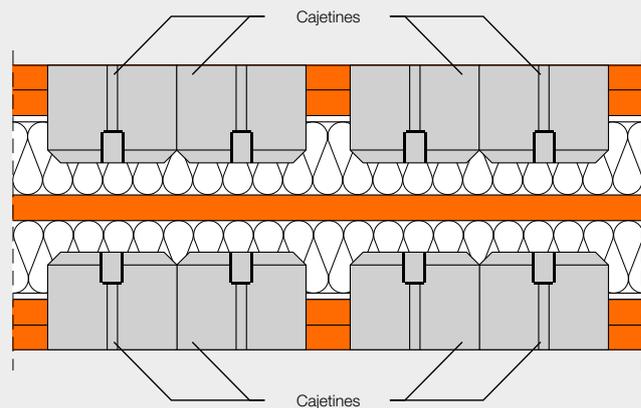
La repercusión de las instalaciones

Las instalaciones y el riesgo potencial de falta de estanqueidad toman un rol importante en el aislamiento acústico de los elementos constructivos. En especial las cajas de enchufe y las cajas de registro y distribución pueden tener una repercusión importante en el aislamiento de los elementos constructivos.

El uso de los espacios muchas veces es idéntico a ambos lados de la pared divisoria y entonces es posible que se proyecten las cajas de enchufe de forma coincidente, lo cual es problemático a nivel acústico y también a nivel de resistencia al fuego. De hecho el CTE DB HR prohíbe esta situación, a no ser que se interponga una hoja de fábrica o una placa de yeso laminado.

Por ello la distribución de las instalaciones, por ejemplo también los conductos de ventilación, deben proyectarse de inicio, respetando también los requisitos de protección contra incendios. Otro punto son las instalaciones sanitarias, en las que solo es posible evitar transmisiones de ruido con un proyecto detallado y con sistemas adecuados. Si es posible, los agentes involucrados en el proyecto deberían juntarse para coordinar conjuntamente los pasos a seguir.

| Posición de los cajetines de enchufe | Repercusión en el aislamiento acústico en el elemento constructivo ΔR en dB |
|---|---|
| Instalación en un lado | 0 |
| Instalación en ambos lados, no coincidente | 1-2 |
| Instalación coincidente (no admisible!) | 3-4 |
| Instalación coincidente con interposición de barrera fónica | 0 |



Ejemplo de barrera fónica mediante tira de panel y lana mineral tras cajetines de enchufe

Medianeras

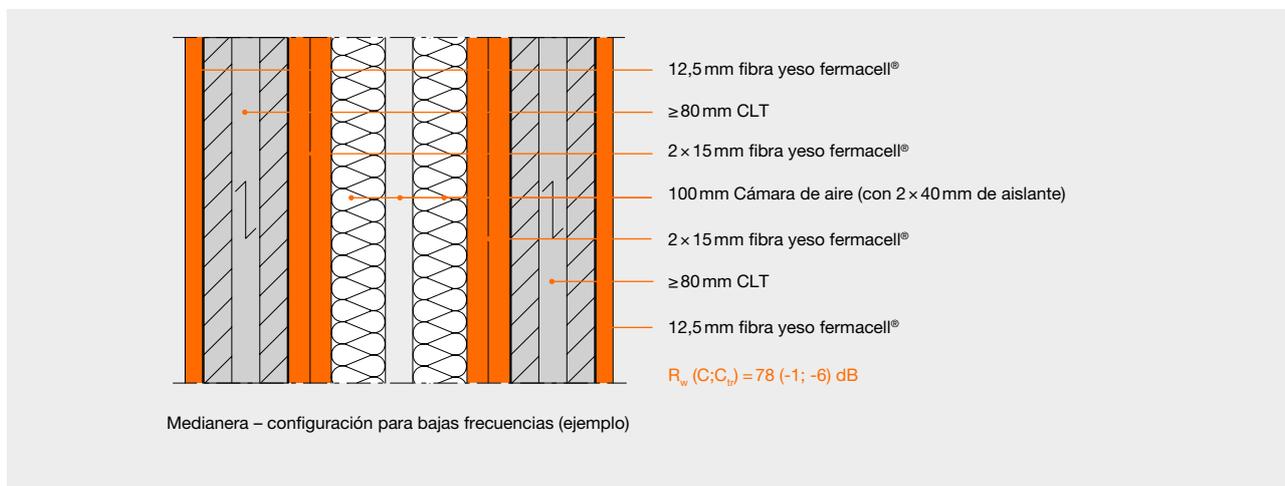
Aislamiento acústico de las medianeras

Las medianeras deben cumplir tanto exigencias de resistencia al fuego como exigencias de aislamiento acústico.

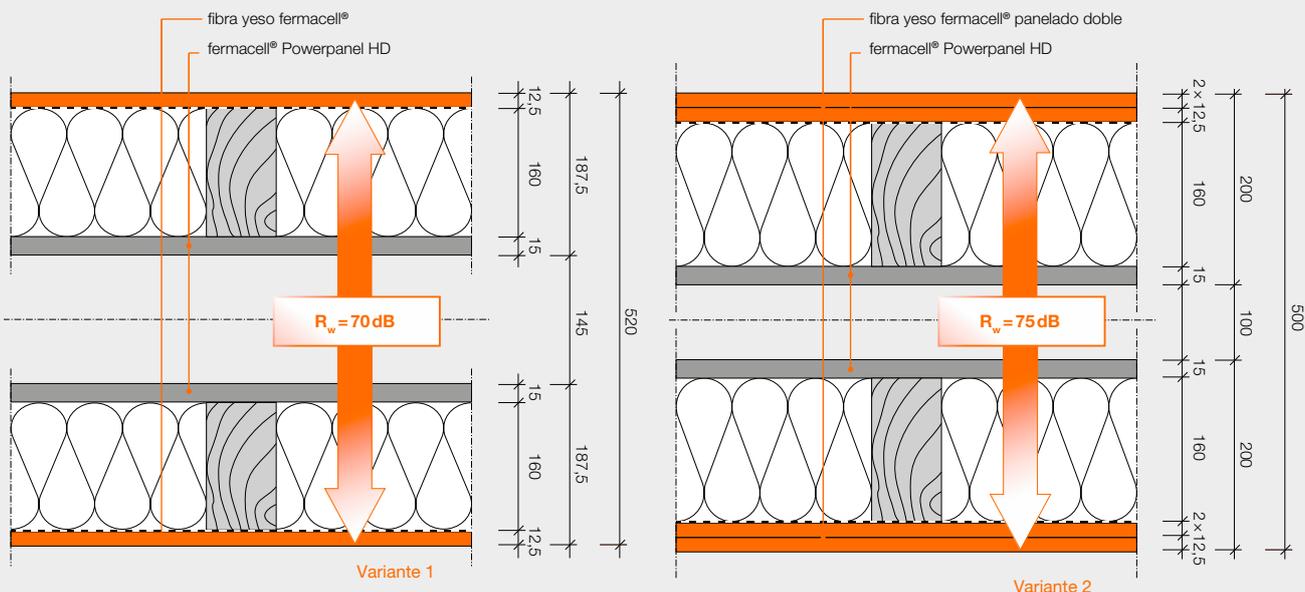
Las paredes que dividen edificios en la construcción con madera se suelen ejecutar de dos hojas. Esto otorga un aislamiento acústico excepcional en las frecuencias medias y altas. Para atenuar mejor las bajas frecuencias existen diferentes posibilidades (ejemplos):

- Aumentar la junta entre las 2 hojas
- Realizar una configuración asimétrica (diferente número de paneles en cada hoja)
- Reducción de la distancia de la subestructura
- Empleo de madera maciza (CLT)

Con estas medidas se consigue atenuar la frecuencia natural del revestimiento, lo cual mejora las prestaciones de atenuación acústica a bajas frecuencias.



Ejemplos de medianeras con Powerpanel HD en función de la junta entre medianeras



Variante 1. Si se reduce la distancia entre hojas de 145 mm a 35 mm se reduce el aislamiento unos 4 dB

Variante 2. Se parte de un panelado doble en cada cara interior, si se reduce a 1 placa por lado se reduce el aislamiento acústico unos 7 dB

1.5 Eficiencia energética y protección frente a las humedades

Eficiencia energética

- Requerimientos del CTE
- Puentes térmicos
- Confort climático
- Protección frente al calor

Protección frente a las humedades

- Transpirabilidad de la fachada
- Barreras de vapor y condensaciones
- Estanqueidad al aire
- Estanqueidad al viento
- Higrorregulación

Evolución de la normativa de ahorro energético

Siguiendo la estrategia de la Unión Europea para reducir las emisiones de CO₂, fijando un objetivo de reducción de emisiones del 90 % para el año 2050 respecto al a las emisiones de 1990, la normativa española relacionada a la eficiencia energética de la edificación ha ido evolucionando en las últimas décadas, con una aceleración destacada en los últimos años desde la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación en 2006.

El control de la demanda energética es una de las palancas para conseguir este objetivo, y por ello se establecen unos límites de transmitancia térmica que deben cumplir los elementos constructivos en función de la demanda energética.

Valores límite de transmitancia térmica de fachadas (en W/m²k):

- Zona climática alpha = 0,80 (por ejemplo Canarias)
- Zona climática A = 0,70 (por ejemplo Málaga)
- Zona climática B = 0,56 (por ejemplo Valencia)
- Zona climática C = 0,49 (por ejemplo Barcelona)
- Zona climática D = 0,41 (por ejemplo Madrid)
- Zona climática E = 0,37 (por ejemplo Burgos)

| 1979 | 2006 | 2013 | 2019 |
|---|---|---|---|
| NBE CT-79 ■ Calidad de la envolvente | CTE DB-HE 2006 ■ Calidad de la envolvente (demanda edificio referencia) ■ Energías renovables | CTE DB-HE 2013 ■ Consumo energía primaria no renovable ■ Demanda calefacción y refrigeración ■ Calidad envolvente ■ Energías renovables | CTE DB-HE 2019 ■ Consumo energía primaria no renovable ■ Consumo energía primaria total ■ Condiciones adicionales: Calidad min. edificio Aporte min. renovables MODIFICACIÓN 2022 ■ Electromovilidad (HE6) ■ Aporte min. renovables eléctricas en uso residencial privado (HE5) |

Puentes térmicos

Los puentes térmicos son puntos débiles de la envolvente térmica y deben tratar de evitarse. Las pérdidas energéticas a través de los puentes térmicos constructivos o geométricos pueden suponer hasta un 25% de la demanda energética de calefacción. Detalles técnicos bien pensados permiten evitar estas pérdidas, con ahorro notable en el consumo energético. Los puentes térmicos siempre reducen la temperatura superficial en el interior, con el riesgo de condensaciones y una pérdida de confort para el usuario. Se trate de zonas propensas a la aparición de hongos, los cuales suponen un riesgo para la salud.

Criterios de confort

Confort y aislamiento térmico

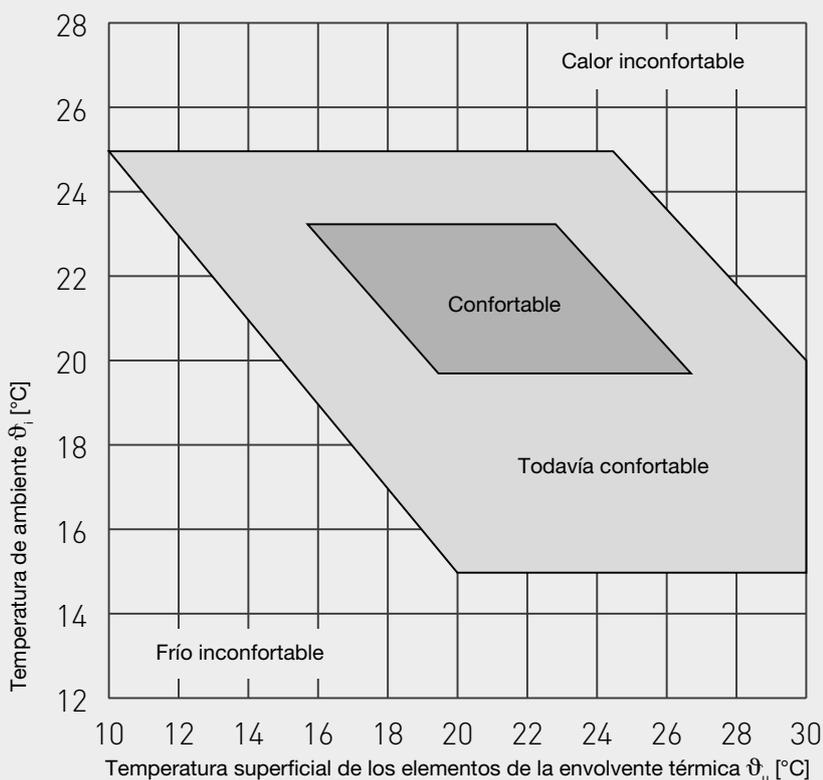
El confort en la vivienda depende en una parte de la temperatura superficial de los elementos de la envolvente. Eso lo demuestra el esquema inferior. Una temperatura superficial más elevada admite una temperatura de ambiente más baja, sin sensación de pérdida de confort.

Por ello es más eficiente aislar bien los elementos de la envolvente térmica (elementos en contacto con el exterior), ya que permiten ahorrar energía al no requerirse una temperatura interior muy elevada.

Al margen de los elementos opacos, los huecos (ventanas, balconeras) tienen una relevancia importante en la demanda energética de la vivienda, al ser zonas con una transmisión mayor de calor (tanto en pérdidas como en ganancias energéticas por la radiación solar).

Confort y humedad relativa

Mantener una humedad relativa equilibrada en la vivienda también contribuye al confort de los usuarios. Los materiales hidrófilos como el yeso, el barro, la cal o la madera son higrorreguladores, son capaces de equilibrar la humedad relativa del ambiente.



Difusividad del vapor de agua

| | Espesor [mm] | μ | Valor s_d [m] |
|---------------------------|--------------|-------|-----------------|
| fibra yeso fermacell® | 12,5 | 13 | 0,16 |
| fermacell® Vapor | 15 | – | 3,1–4,5 |
| fermacell® Powerpanel HD* | 15(+7) | 40 | 0,88 |

* fermacell® Powerpanel HD + tratamiento de juntas + mortero ligero HD (7 mm)

Estanqueidad al vapor

Las construcciones en entramados de madera deben seguir la siguiente regla constructiva relacionada a la difusión del vapor de agua: capas exteriores con una alta difusividad del vapor de agua y capas interiores con una resistencia a la difusividad suficiente. El objetivo es permitir la evacuación de humedad hacia el exterior y controlar el flujo del vapor desde el interior. La elección de materiales y la secuencia de capas permiten calcular la temperatura y el grado de humedad en cada estrato de la sección para comprobar la posible aparición de condensaciones intersticiales. El plano de la barrera de vapor (en caso de requerirse) debería hacerse coincidir con el plano que otorga la estanqueidad al aire.

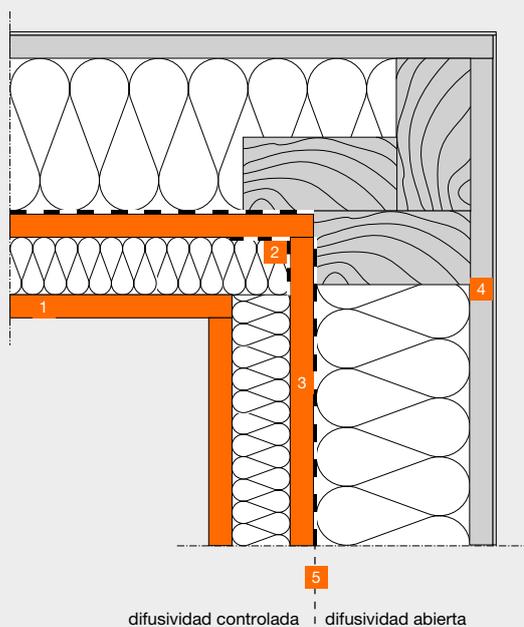
Estanqueidad al aire

El edificio debe realizarse de forma que los elementos de la envolvente (incluyendo las juntas) estén sellados y no permitan el paso del aire.

En los edificios que pretenden obtener un grado de eficiencia energética elevado, se suele realizar un ensayo de estanqueidad (Blower Door Test). Las renovaciones de aire por hora se miden bajo una diferencia de presiones de 50 Pa. En los edificios con sistemas de ventilación con recuperación de calor se recomienda estar muy por debajo de los límites de estanqueidad marcados. En casas pasivas de madera con sistemas de ventilación se consiguen valores de 0,2–0,6 renovaciones por hora.

Por lo general el plano de estanqueidad al aire se debe proyectar igual que el plano de barrera de vapor. Sobre todo en cuanto al paso de instalaciones, penetraciones (por ejemplo enchufes) y secuencias de montaje. Detalles de encuentros para construcciones con fermacell® Vapor ver páginas 94–103.

Ejecución estanca - Esquina exterior de entramado de madera con trasdosado para instalaciones



- 1 fibra yeso fermacell®
- 2 Cinta fermacell™ AWS
- 3 fermacell® Vapor, $s_d = 3,1$ m
- 4 fermacell® Powerpanel HD con cinta fermacell™ AWS y mortero ligero HD
- 5 Plano estanqueidad al aire y barrera de vapor

difusividad controlada | difusividad abierta

Antes de realizar el ensayo de estanqueidad, todos los encuentros deberían controlarse con un simulador de niebla. Esto ayuda a detectar cualquier corriente de aire y tratar la zona de origen. En todo caso es necesario que ya estén instaladas las barreras de vapor y se realice el ensayo de estanqueidad previo al panelado, para facilitar el acceso en caso de tener que realizar algún retoque.

En el posterior montaje de los paneles es importante que no se perfora o dañe el plano de estanqueidad mediante los elementos de fijación o las herramientas. Para la placa fermacell® Vapor las juntas realizadas con pasta de juntas se consideran estancas.

Estanqueidad al viento

Es importante garantizar la estanqueidad al viento desde el exterior. Los paneles fermacell® que se pueden emplear en el exterior son los paneles de fibra yeso (con un sistema de aislamiento térmico exterior o una fachada ventilada) o los paneles cementosos Powerpanel (para un acabado con revoco). En ambos casos se trata de paneles con el canto recto que se rejuntan a testa. La estanqueidad al aire y al viento de la junta se puede conseguir con la cinta de sellado de fachada fermacell™ Tape AWS.

En el arranque de los entramados de madera, el mortero expansivo fermacell™ garantiza la estanqueidad.



Sellado de junta con la cinta fermacell™ AWS Tape



Ejemplo de sellado de los tubos corrugados para el paso de cableado hacia el exterior.

Aislamiento térmico en verano

Para mitigar los cambios de temperatura y el calentamiento diurno en época de verano, un efecto indeseado en construcciones ligeras como los entramados de madera al disponer de poca inercia térmica, es primordial calibrar la combinación de protecciones solares, sistemas de ventilación y el reparto de masa (inercia) y aislante de los elementos de la envolvente.

La protección solar es importante incluso en las viviendas bien aisladas, independientemente de la tipología del edificio.

Elementos constructivos de elevada masa se calientan más despacio, pero también enfrían más despacio. Este efecto puede apoyarse en un sistema de ventilación nocturna. La masa de los elementos constructivos interiores pueden servir como captadores de calor y cargarse y descargarse con un desfase temporal. En este contexto los paneles fermacell® aportan mayor inercia térmica que otros tipos de paneles gracias a su elevada densidad.

Absorción de agua

El confort sin exceso de calor se puede alcanzar respetando los aspectos comentados anteriormente.

Confort climático

El confort climático cobra una importancia importante en las viviendas. Entre los factores que influyen se puede destacar la evacuación de humedad y la concentración de CO₂. Una combinación de estos dos factores dan la sensación de "aire gastado" o contaminado y repercuten en los usuarios (pérdida de concentración, fatiga). Para evitar este problema es necesaria una ventilación manual o mecánica.

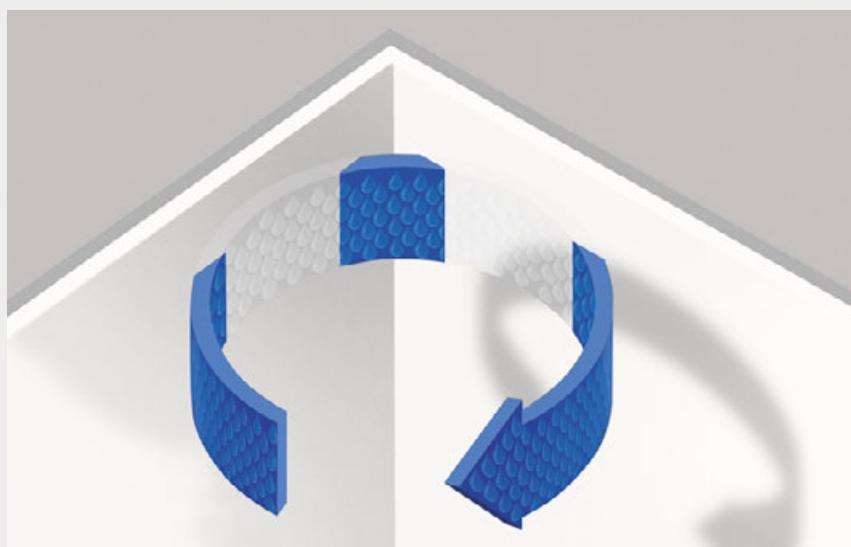
Humedad en el ambiente

Los seres humanos liberan alrededor de 45 g (dormidos), 90 g (labores domésticas) y 170 g (ejercicio) de agua al ambiente, en forma de vapor de agua. En ámbito doméstico la humedad relativa después de duchar alcanza valores de hasta un 90%. En un hogar de 4 personas en total se generan en torno a 10–15 litros de agua por día.

Una humedad elevada puede generar problemas en la construcción si no se realiza una ventilación periódica. Humedades, condensaciones y hongos pueden ser la consecuencia. Por ello la ventilación debe ser la responsable de deshumedecer la vivienda.

Clase de absorción de vapor de agua WSI

Los materiales empleados, sobre todo los panelados y revestimientos en contacto con el aire, pueden influir de forma importante en el clima interior de las viviendas. Así por ejemplo se conocen las propiedades de regulación del clima de elementos que contienen barro y que aportan bienestar.



Efecto de higrorregulación de los paneles de fibra de yeso fermacell® antes cambios de humedad

Los paneles de fibra yeso fermacell® han sido ensayados para comprobar su capacidad de absorber humedades del ambiente. Según la norma DIN 18 947:2013-08 un material se puede clasificar en 3 categorías de absorción de vapor de agua. Se analiza la absorción de humedad de un material bajo un clima de humedad elevada (23 °C/80 %) a través de la superficie. Los resultados de ensayos realizados en paneles fermacell® fueron muy convincentes.

En instituto independiente Fraunhofer pudo corroborar la case de absorción WSII para los paneles de fibra yeso fermacell®. En comparación con otros tipos de panelado habituales en la construcción con madera, tanto paneles de yeso (según norma EN 520, por ejemplo yeso laminado) como paneles en base a madera, los paneles fermacell® se caracterizan por una capacidad de absorción de vapor de agua muy superior. Materiales de obra maciza tienen un resultado bastante inferior (ver gráfico).

En el gráfico se puede apreciar que los paneles de fibra yeso fermacell® se pueden comparar con revestimientos de barro, conocidos por su excelentes cualidades de higrorregulación, aunque siendo un material de revestimiento caro.

Como ejemplo, la siguiente comparativa de materiales muestra las bondades de la placa de fibra yeso fermacell® para captar la humedad.

Toda la humedad del ambiente absorbida por el revestimiento ya no puede condensar en las superficies frías o en los puentes térmicos. El riesgo de patologías de obra se minimiza.

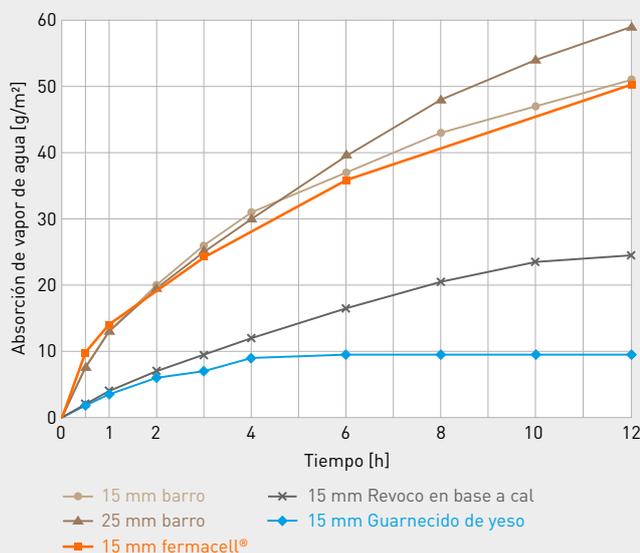
Ejemplo: baño pequeño 3,5 x 2,5 m
directo después de duchar (clima 23 ° C/80 %):

- Techo continuo
- Paredes, descontando un 40 % (alicatado, muebles)
- 23 m² de superficie libre con capacidad de absorción

Captación de humedad en 23 m² con diferentes revestimientos después de cierto tiempo en horas

| | 0,5h | 1,0h | 3,0h |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| fermacell® panel fibra yeso 15 mm | 225 ml | 320 ml | 560 ml |
| Barro 15 mm | 170 ml | 300 ml | 600 ml |
| Revoco de cal 15 mm | - | 90 ml | 220 ml |

Fuente: Ziegert – 2003, Prüfbericht QA – 2014 -307



Una buena capacidad de absorción de vapor de agua de los materiales de construcción no exime de la necesidad de ventilación o renovación de aire, pero puede amortiguar golpes de humedad.

El gráfico muestra la absorción de vapor de agua de los materiales de revestimiento después de una subida repentina de la humedad de aire Subida de humedad del 50 % al 80 %.

1.6 Sostenibilidad

- El recurso natural madera
- Protección del medio ambiente
- Declaración ambiental de producto DAP (EPD)
- Checklist requerimientos de proyecto

La sostenibilidad no solo abarca el respeto al medio ambiente, ahorro de recursos y calidad energética de los materiales, también abarca la calidad de vida, salud, calidad técnica, calidad económica (durabilidad) y muchos aspectos más.

Aspectos medioambientales de la madera

El cambio climático es uno de los grandes retos del siglo XXI. Cada metro cúbico de madera que crece absorbe del aire 1 tonelada de CO₂. El CO₂ queda captado por la madera y se sustrae de la atmósfera de forma duradera. El almacenamiento de CO₂ por los bosques y la madera de construcción durante décadas de vida útil hasta un uso final como combustible supone un factor nada despreciable para mitigar el efecto invernadero.

Por ello cualquier producto de madera de larga vida útil es un almacén de CO₂. Es indiferente si se trata de una cubierta, una fachada o una casa completa. La decisión de utilizar madera supone un alivio para la atmósfera en cuanto al contenido de CO₂. Los aislantes en base a madera permiten ahorrar en el consumo energético, reducir costes y emisiones, mejorando la calidad de vida y la protección del clima. A través de las capacidades aislantes de los productos de madera, la madera aporta mucho más a la reducción del CO₂ que el CO₂ capturado por el propio material. Los sistemas constructivos fermacell™ de madera también incluyen soluciones que incorporan aislantes en base a la madera, incluso en sistemas con requerimientos de protección al fuego.

Al margen del aspecto del CO₂, la madera también ayuda a cuidar los recursos naturales. A diferencia de los materiales no renovables empleados en gran medida en la construcción (materiales minerales, metales, derivados del petróleo, etc.), la madera es un producto sostenible que se regenera de forma natural, por lo que se puede considerar inagotable, partiendo de un cuidado y mantenimiento de los bosques.

Paneles de fibra yeso fermacell® - reducen el CO₂ de la atmósfera

Los paneles de fibra yeso fermacell® se alinean perfectamente a estos aspectos de la madera al juntar resistencia con sostenibilidad y protección del clima:

- Alto contenido de material reciclado
- Protección de los recursos naturales
- Cumplimiento de criterios biológicos en los recursos y la fabricación

Los paneles de fibra yeso contienen un 20 % de celulosa, obtenida de papel reciclado triturado. El hecho de ser el papel un producto biogénico hace que los paneles de fermacell®, al igual que la madera, sean portadores de CO₂. Se trata del CO₂ captado de la atmósfera por la madera que posteriormente fue usada para fabricar el papel.

Por este motivo en la nueva Declaración Ambiental de Producto (DAP) el instituto IBU ha corroborado a James Hardie Europe GmbH que los elementos de fibra yeso fermacell® así como los elementos de suelo fermacell®, al igual que la madera, almacenan CO₂, por lo que cumplen los más altos requisitos de la construcción sostenible.

¿Qué es la DAP?

La DAP (Declaración Ambiental de Producto) o EPD en sus siglas inglesas (Environmental Product Declaration) es una declaración ambiental del tipo III. En ella se declaran informaciones de producto cuantificadas relacionadas al medio ambiente. Las informaciones se especifican para las diferentes etapas de vida del producto (análisis del ciclo de vida). Al ser datos objetivos medidos bajo reglas establecidas, las DAP permiten comparar productos de la misma funcionalidad. Las DAP se nutren de datos obtenidos por agentes externos neutrales en conformidad con la ISO 14040 y pueden contener más información.

Las DAP deben contener:

- Datos del análisis de inventario del ciclo de vida (ICV)
- Resultados de los indicadores del análisis del impacto del ciclo de vida (AICV)
- Otros indicadores (por ejemplo tipo y cantidad de residuos generados)

La ICV contiene información sobre el consumo de recursos, por ejemplo energía, agua y recursos renovables así como las emisiones al agua, aire y suelo. La AICV se basa en la ICV y detalla las consecuencias ambientales concretas.

Certificados de sostenibilidad del edificio

Existen diversos certificados de sostenibilidad que acreditan la sostenibilidad ambiental de un edificio, como el certificado BREEAM con origen en el Reino Unido, el certificado LEED de EEUU o GREEN BUILDING, entre otros.

El contenido de reciclaje de los paneles de fibra yeso así como el hecho de almacenar CO₂ captado de la atmósfera ayudan a sumar puntos en este tipo de certificaciones.

Hay que destacar también que los residuos de obra de los paneles de fibra yeso fermacell® o los residuos obtenidos por demolición (fin del ciclo de vida) pueden ser reciclados en las propias plantas de fibra yeso de James Hardie para la fabricación de nuevos paneles.

Checklist de requerimientos de proyecto

Criterios ecológicos:

- Balanza ecológica
- Neutralidad de emisiones CO₂
- Grado de aprovechamiento de materiales

Criterios físicos de construcción:

- Protección contra incendios
- Aislamiento térmico y condensaciones
- Aislamiento acústico y protección frente al ruido
- Cálculo estructural

Criterios técnicos:

- Espesor y peso de elemento constructivo
- Esistencia
- Flexibilidad y adaptabilidad

Criterios de ejecución y economización:

- Prefabricación y grado de prefabricación
- Calidad de ejecución
- Plazo de ejecución y tiempos de curado y espera (en función de tipología de construcción)

Más información:

online en www.fermacell.es en la parte de descargas:

- Declaración ambiental de producto (EPD) de placas de fibra yeso fermacell®
- Declaración ambiental de producto (EPD) de fermacell® Powerpanel HD y H₂O
- Declaración ambiental de producto (EPD) de Elementos de suelo f fermacell®

02 Instalación

2.1 Condiciones de obra e instalación

- Transporte y almacenamiento
- Criterios de instalación

- Transporte de elementos prefabricados a la obra

Los paneles de fibra yeso fermacell® así como los paneles cementosos fermacell® Powerpanel HD y H₂O son productos económicos de altas prestaciones consolidados en la construcción de madera. Así como todos los materiales de construcción reaccionan a cambios higrotérmicos con deformaciones. Esto puede tener consecuencias en la calidad y durabilidad de los materiales y de las construcciones. De igual forma errores en el transporte y el almacenaje de los paneles puede generar daños. Por todo ello es necesario cumplir los siguientes criterios para el montaje y la manipulación.

Transporte y almacenaje

Los paneles de fibra yeso fermacell® así como los paneles cementosos fermacell® Powerpanel HD y H₂O se suministran en palés o sobre rastreles en función de las necesidades. Paneles de gran formato pueden estar embalados con una lámina. Hay que respetar los siguientes puntos:

- Llevar guantes y la ropa de protección prescrita.
- Los paneles se deben apilar sobre superficies planas. Si se almacenan en vertical, los paneles pueden llegar a deformarse y sufrir daños en los cantos.
- Se deben proteger de la humedad y especialmente de la lluvia.
- Los paneles que se hayan mojado ligeramente no se podrán utilizar hasta su completo secado.
- Es posible transportar los paneles en horizontal con carretillas u otros vehículos de transporte.
- Por lo general los paneles se pueden llevar en vertical de uno en uno.
- Formatos grandes se pueden transportar por ejemplo con maquinaria que funcione con ventosas.
- Acordar devolución de los palés con el distribuidor.

Respete la resistencia de los forjados para el almacenaje de las placas

| Peso de los palés | | | 10mm | 12,5mm | 15mm | 18mm |
|----------------------|-----------------|-------------|---------|---------|---------|---------|
| Fibra yeso | Placa hombre | 1000×1500mm | 1324 kg | 1390 kg | 1350 kg | 1272 kg |
| | Formato grande | 1250×2500mm | 2210 kg | 2210 kg | 2210 kg | 2123 kg |
| | Formato grande | 1250×3000mm | 2216 kg | 2210 kg | 2325 kg | 1998 kg |
| Powerpanel HD | Formato pequeño | 1000×1500mm | – | – | 850 kg | – |
| | Formato grande | 1250×3000mm | – | – | 1750 kg | – |



Consejos de manipulación

Paneles de fibra yeso fermacell® y elementos constructivos panelados con fermacell®

Los paneles de fibra yeso fermacell® o los elementos constructivos con paneles de fibra yeso fermacell® solo pueden ser instalados si la humedad relativa del ambiente es inferior al 80%. Los paneles deben haberse aclimatizado a las condiciones del ambiente.

Montaje con junta pegada fermacell™

Para el pegado de los paneles con el pegamento de juntas fermacell™ (aparte de la limitación de la humedad del aire indicada) la temperatura de ambiente debe ser superior a 5°C. La temperatura del pegamento debe ser superior a 10°C. Después del pegado las condiciones climáticas no deben variar sustancialmente en las 12 horas siguientes. Temperatura y humedad relativa más baja prolongan el tiempo de secado. Heladas durante el transporte y almacenaje no dañan al pegamento una vez endurecido. Ver también capítulo 2.5 Técnica de juntas.

Montaje con junta emplastecida fermacell™

El emplastecido de las juntas fermacell™ sólo debe realizarse con una humedad relativa de $\leq 70\%$ (equivalente a una humedad del panel de $\leq 1,3\%$) y tras la colocación de los elementos de pared y techo. La temperatura ambiente no deberá ser inferior a +5°C. Ver también capítulo 2.5 Técnica de juntas.

Acabados

Para los trabajos de enmasillado aplican los mismos criterios. En la medida de lo posible, los enlosados y enlucidos húmedos deben ejecutarse y haber secado completamente antes del montaje de los sistemas fermacell™. Pavimentos de asfalto se deben ejecutar antes del enmasillado de las juntas, ya que el calor en la parte inferior de los tabiques puede llegar a fisurar las juntas. Se deben evitar los radiadores de gas ya que pueden provocar daños por el peligro de condensación de agua. Esto será de

aplicación especialmente en las zonas interiores frías con poca ventilación. Se debe evitar utilizar los tipos de calefacción con aumento brusco de la temperatura. Ver capítulo 2.5 Técnica de juntas y 2.8 Acabados interiores.

fermacell® Powerpanel HD

A diferencia de los paneles de fibra yeso, los paneles fermacell® Powerpanel HD pueden almacenarse en el exterior debido a su resistencia al agua y las heladas. Para posteriores tratamientos superficiales en todo caso se debería disponer una protección impermeabilizante y evitar una exposición a las suciedades de la obra.

Transporte de elementos prefabricados a obra

Hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Los elementos deben transportarse y almacenarse en posición vertical.
- Los paneles que sobresalgan deben protegerse mediante rastreles.
- Realizar el tratamiento de juntas sobre paneles fermacell® Powerpanel HD antes del transporte a obra.

El tratamiento de juntas debe realizarse cuando los paneles se emplean como soporte para acabados con revocos y/o para la protección temporal (máximo 6 meses). Ver también el capítulo 2.11.

El transporte a obra solo debe realizarse cuando se cumpla lo siguiente:

- En elementos con junta pegada el pegamento de juntas fermacell™/fermacell™ greenline debe haber endurecido antes del transporte (tiempo de endurecimiento aprox. 18-36 horas a $> 15^\circ\text{C}$ y $\text{HR} > 50\%$).



2.2 Corte y panelado

■ Manipulación de los paneles

■ Panelado

Manipular los paneles

Como norma general todos los paneles fermacell® pueden trabajarse con las herramientas habituales en la construcción con madera.

Corte

En la prefabricación industrial se recomienda el corte de los paneles mediante escuadradoras. Los recortes en obra y la fabricación en serie reducida se puede realizar mediante sierras circulares de incisión con riel. Es recomendable acoplar un sistema de aspiración y realizar el corte sobre un material de soporte, por ejemplo cortando sobre el palé de paneles. Por lo general el corte se debe realizar con discos de sierra widia con reducido número de dientes y a bajas revoluciones. Cortes curvos o ajustes se pueden realizar con una sierra de calar o un serrucho. Recomendamos emplear mascarillas de protección con filtro FFP1.

Precorte y tronzado

El precorte y tronzado solo es posible con paneles de fibra yeso fermacell® para la técnica de junta emplastecida (no para junta pegada), los paneles cementosos fermacell® Powerpanel deben cortarse.

El marcado y corte de los paneles de fibra yeso fermacell® se debe realizar a una altura de trabajo cómoda (sobre una plataforma). El corte a medida no presenta ninguna dificultad. Con un metro y un lápiz se marcan las líneas de corte. Se debe dejar un ancho de juntas de entre 5 y 7 mm (o bien la mitad del espesor del panel) para las juntas emplastecidas. A lo largo de la línea marcada se coloca un listón de metal, un perfil, una regla o similar.

A continuación se pasa a lo largo del listón un cutter o, preferiblemente, la cuchilla para paneles fermacell™ para marcar el panel. Mover el panel con la línea marcada hasta el borde del banco de trabajo o plataforma y tronzar la parte sobrante por el canto. No es necesario marcar o cortar los paneles de fibra yeso fermacell® por el otro lado.

Al contrario que en los paneles de fibra yeso, los paneles fermacell® Vapor se precortan y tronzan desde el lado posterior, en la cara con el revestimiento que funciona como barrera de vapor.



Cortar



Precorte con cuchilla fermacell™



Tronzar

Perforar, cepillar, lijar, fresar

El cepillado de los cantos de los paneles de fibra yeso fermacell® solo es necesario si los cantos tronzados quedan en la arista de esquinas salientes. En estos casos por lo habitual se utilizan placas cortadas.

Los paneles de fibra yeso fermacell® pueden trabajarse con las herramientas habituales en la construcción con madera.

Las perforaciones necesarias para el paso de instalaciones pueden realizarse con brocas de corona.

Panelado

En función de los requerimientos acústicos y de resistencia al fuego los paneles fermacell® se instalan en una o varias capas sobre la subestructura de madera. La fijación de los paneles se realiza mediante tornillos fermacell™, grapas o clavos a la subestructura de madera (capítulo Fijaciones).

La disposición de los paneles fermacell® en ambas caras de la pared es simétrica en el caso de panelado simple (los ejes verticales coinciden). No se admiten juntas verticales sin soporte trasero (montante o tira de placas).

Por lo general, los paneles de fibra yeso fermacell® se montan en vertical sobre la estructura. La longitud de los paneles corresponde a la altura entre forjados menos las juntas de unión superior e inferior. Se debe evitar la formación de juntas horizontales. No obstante, si fuera necesario, éstas deben realizarse con un desplazamiento mínimo de 200mm. No puede haber juntas en cruz.

Panelado simple

Por cada cara se instala un panel fermacell®. El encuentro entre paneles se debe ejecutar en función del tipo de placa, teniendo en cuenta diferentes variantes de junta. Ver tabla inferior.

Los paneles fermacell® Powerpanel HD se instalan únicamente en capa simple en la cara exterior de cerramientos exteriores.

Panelado múltiple

En el panelado múltiple el primer paso consiste en instalar la primera capa en un lado de la pared, realizando una unión entre placas a testa. No se requiere un enmasillado de las juntas, incluso en el caso de requerimientos al fuego. Sobre el primer panelado se instala el segundo panelado de placas de fibra yeso fermacell®.

Debe respetarse un desplazamiento de juntas de ≥ 200 mm respecto al primer panelado cuando la fijación del segundo panelado se realiza al primero (fijación placa a placa). Cuando el segundo panelado se fija a la subestructura, las juntas verticales del segundo panelado deben estar desplazadas al siguiente montante de forma que no coincidan con las juntas verticales del primer panelado. El tratamiento de juntas del segundo panelado equivale al del panelado simple.

Si los paneles fermacell® Vapor se emplean como primera capa en el lado interior de un cerramiento exterior, el encuentro entre paneles también puede realizarse a testa en seco. Si se coloca una segunda capa de paneles sobre paneles fermacell® Vapor, la fijación debe realizarse exclusivamente a la subestructura para no dañar a la barrera de vapor.

| Opciones de realizar las juntas | | | |
|---|--------------|---------------------|----------------|
| | Junta pegada | Junta emplas-tecida | Paneles a tope |
| Panel de fibra yeso fermacell® | ● | ● | ●* |
| Panel de fibra yeso fermacell® canto rebajado | – | ● | – |
| fermacell® Vapor | ● | ● | ●* |
| fermacell® Powerpanel HD | – | – | ● |

* Solamente posible en el primer panelado en panelados múltiples. Ver capítulo 2.5 Técnica de juntas a partir de página 80



Esquemas de panelado en ventanas, acristalamientos o puertas

Existen 3 variantes de ejecución en puertas y ventanas. Para evitar posibles fisuras generadas por tensiones en el encuentro de paneles en los huecos de paredes, debe prestarse especial atención a los detalles siguientes:

- En panelado doble, deben separarse las juntas del primer y segundo panelado ≥ 200 mm.
- Deben realizarse juntas pegadas en la zona de la puerta en el caso de puertas pesadas o de gran tamaño).
- Debe elegirse una subestructura suficientemente dimensionada.

- 1 Corte en bandera con junta pegada o junta emplastecida
- Colocar placas con un desfase de juntas ≥ 200 mm.
- Se requiere un montante adicional en el dintel para la fijación de los paneles en el encuentro

- 2 Junta sobre el montante de madera con junta pegada

Variante A:

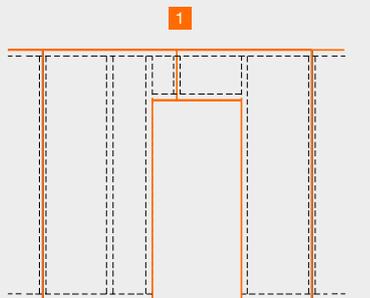
Unión de los 2 paneles sobre el montante. Para ello es necesario realizar un recorte en el panel hasta la mitad del montante.

Variante B:

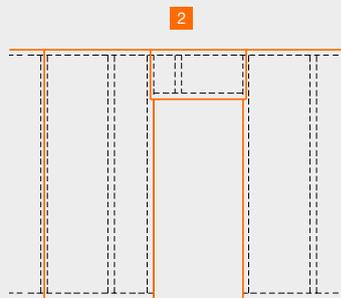
Fijar un listón de madera adicional contra el montante mediante cola blanca de carpintero y tornillos. La unión de los paneles se garantiza a través de la unión de la subestructura mediante cola blanca.

Los esquemas de panelado son válidos para todos los tipos de placa fermacell®. Según la tabla "Opciones de ejecución de juntas" de la página anterior los paneles fermacell® Powerpanel HD en la cara exterior de cerramientos siempre deben unirse a testa.

Esquema de panelado con huecos en pared



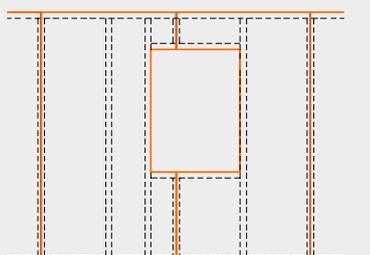
Hueco de puerta con junta vertical desplazada



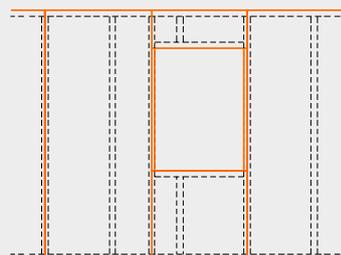
Hueco de puerta con junta coincidente con jamba



Variante A de 2



Hueco de ventana con junta vertical desplazada



Hueco de ventana con junta coincidente con jamba



Variante B de 2

2.3 Subestructura

- Entramado de madera arriostrante/estructural
- Paredes no portantes Tabiquería
- Techos y revestimiento de techos
- Separación de subestructura paredes/techos/falsos techos/cubiertas

Las subestructuras deben estar ancladas a soportes resistentes mediante elementos de fijación. Deben tenerse en cuenta tolerancias e irregularidades en la fijación manual. También debe tenerse en cuenta una suficiente superficie de apoyo de los paneles en función del tipo de junta que se vaya a ejecutar.

Posibles subestructuras

- Madera maciza (coníferas) según EN 14081-1, clase de resistencia mínima C24
- Madera laminada
- Perfiles doble T con una ETE que permita el tipo de aplicación
- Elementos adecuados de madera conformada

Los elementos de fijación de la subestructura deben estar dimensionados de forma que permitan una transmisión segura de las cargas a los elementos estructurales. En caso necesario se debe realizar una comprobación estructural. La humedad media de la madera deberá estar adecuada a las condiciones climáticas de uso posterior y no deberá exceder una humedad de equilibrio higroscópico de 18 %.

Entramado de madera arriostrante/estructural

Los entramados de madera estructural transmiten cargas verticales (adicionales a su peso propio) hacia abajo. Los cálculos estructurales requeridos para los muros se realizan de acuerdo al CTE o EC5.

Las uniones verticales entre paneles pueden ejecutarse como junta pegada o emplastecida. Entramados de madera arriostrante/estructural se utilizan para el arriostramiento de edificios frente a cargas de viento, por lo que reciben adicionalmente una carga horizontal. El panelado fermacell® debe crear un diafragma estructural, por ello solo se permite una junta horizontal. Ésta debería ejecutarse como junta pegada, reforzándola además con una madera fijada en la parte posterior. Más detalles en el capítulo 2.4 Fijaciones.

Debe informarse al estructurista sobre la ejecución de juntas horizontales en la fase inicial de proyecto.

Más información:

online en www.fermacell.es

- Catálogo integral fermacell: Orangebook



Paredes no portantes

Los paredes no portantes únicamente transmiten su peso propio así como cargas en ménsula colgadas de ellas (estanterías, etc.). La fijación de cargas está explicada en el capítulo 2.10. En el caso de transmisión de otras cargas a la subestructura es necesaria una comprobación estructural.

Ejecución en obra

En el caso de elementos de flanco irregulares y elevados requerimientos acústicos, se debe reducir la distancia entre fijaciones. Los montantes se ajustan para poder insertarlos entre el testero superior y el inferior, se aploman y colocan a la distancia exacta entre ejes y finalmente se fijan a los testeros mediante medios mecánicos compatibles. En las soluciones de subestructura doble con reducida distancia entre montantes se coloca una banda elástica entre los montantes para reducir la transmisión acústica. En el caso de requerir una distancia más elevada entre los montantes, por ejemplo para el paso de instalaciones, en caso de necesidad podrá mejorarse la estabilidad a través de medidas arriostrantes (cartelas, escuadrías mayores, etc.).

Pasos:

- Replanteo de los ejes de pared
- Fijación de testeros horizontales
- Fijación de montantes laterales a elementos constructivos contiguos
- Distancias de fijación horizontal ≤ 700 mm, vertical ≤ 1000 mm
- Colocación de montantes entre los testeros

Tabiques ligeros

Los tabiques y su unión a los elementos constructivos contiguos debe realizarse de forma que sean capaces de absorber cargas permanentes y de impactos según su categoría de uso.

Las distancias de fijaciones se pueden consultar en la tabla de la página 75.

Los montantes se fijan mediante clavos o angulares. En los tabiques la ejecución de las juntas verticales con la junta pegada son una alternativa económica, sobre todo en superficies grandes. La ejecución está descrita en el capítulo 2.5. Para el panelado se pueden emplear placas hombre o placas de altura completa.

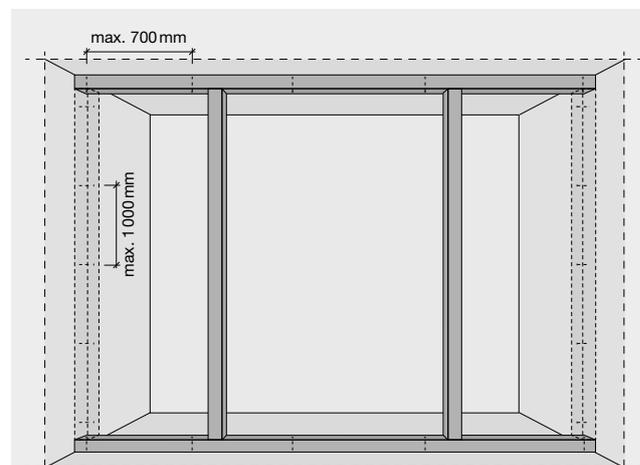
Falsos techos o revestimiento de techos

Para los paneles de fibra yeso fermacell® la resistencia a flexión no suele ser determinante en techos/bajo cubiertas, a no ser que haya otra cargas estructurales.

Cálculos diferenciados deberán ser realizados individualmente por el proyectista para cada proyecto. Ello permite poder respetar parámetros de proyecto adicionales.

Falsos techos

Para los falsos techos suspendidos se utilizan dispositivos de cuelgue comunes, como elementos de cuelgue nonius, varillas de cuelgue, etc. Para fijar estas construcciones a los forjados se deben emplear tacos compatibles y con resistencia suficiente para soportar las cargas.



Distancia entre las fijaciones de la subestructura a la estructura principal en tabiques

Distancia entre ejes de subestructura en los diferentes elementos constructivos

Distancia máxima entre ejes de la subestructura en paneles de fibra yeso fermacell® en mm

| Aplicación/Elemento constructivo | Ámbito de empleo: humedad relativa | Espesor de placas de fibra yeso fermacell® | | | |
|---|--|--|---------|-------|-------|
| | | 10 mm | 12,5 mm | 15 mm | 18 mm |
| Paramentos verticales (tabiques, trasdosados) | - | 500 | 625 | 750 | 900 |
| Revestimiento de techos y cubiertas, techos suspendidos (distancia de la subestructura secundaria, ver esquema abajo) | Espacios domésticos habituales ¹⁾ | 420 | 500 | 550 | 625 |
| | Instalación y uso en ámbito con exposición temporal a humedad superior ²⁾ | 335 | 420 | 500 | 550 |

Condiciones:

- Las distancias máximas son válidas independientemente de la dirección de instalación.
- Los aislantes no deben instalarse generando una presión sobre los paneles.
- Cargas puntuales hasta 0,06 kN por vano y por metro están respetadas.
- Los sistemas con resistencia al fuego deben ejecutarse según el informe de clasificación correspondiente.

¹⁾ Incluye zonas húmedas en ámbito doméstico con exposición temporal a humedades más elevadas. Por ejemplo baños o cocinas

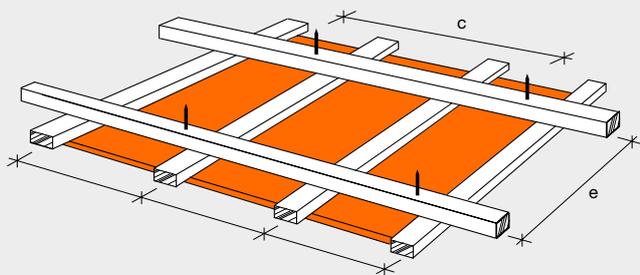
²⁾ Por ejemplo: exposición a humedad superior a la humedad habitual en uso doméstico por ejecución de un plastón o revocos, pero no en espacios con exposición continua a elevada humedad

Luces máximas en mm en función de la carga total

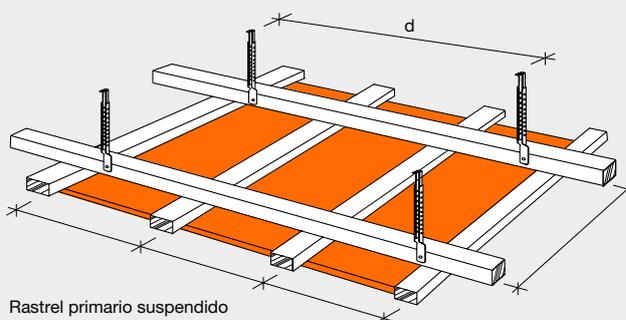
| Subestructura en mm | | luces máximas en mm con carga total ¹⁾ | | | Cota en esquema |
|--|-----------------------|---|----------------------------|----------------------------|-----------------|
| Rastreles de madera (Ancho x Alto) mm x mm | | hasta 15 kg/m ² | hasta 30 kg/m ² | hasta 50 kg/m ² | |
| Rastrel primario, fijación directa | 48 x 24 | 750 | 650 | 600 | c |
| | 50 x 30 | 850 | 750 | 600 | |
| | 60 x 40 | 1 000 | 850 | 700 | |
| Rastrel primario, suspendido | 30 x 50 ²⁾ | 1 000 | 850 | 700 | d |
| | 40 x 60 | 1 200 | 1 000 | 850 | |
| Rastrel secundario | 48 x 24 | 700 | 600 | 500 | e |
| | 50 x 30 | 850 | 750 | 600 | |
| | 60 x 40 | 1 100 | 1 000 | 900 | |

¹⁾ La carga total incluye cargas adicionales como por ejemplo de elementos de alumbrado

²⁾ Solo en combinación con rastreles de 50 mm de ancho y 30 mm de alto



Rastrel primario fijado directamente



Rastrel primario suspendido

- Rastreles secundarios perpendiculares a las vigas/rastreles primarios
- La distancia entre ejes de los rastreles secundarios según las distancias máximas de la tabla superior

2.4 Fijaciones

- Elementos de fijación
 - Entramado de madera con fibra yeso (estructural)
 - Tabiquería
 - Fijación panel sobre panel
 - Forjados de madera y cubiertas
- Fijación de placas fermacell® sobre otros elementos de madera
 - Borde rebajado
 - Entramado de madera con Powerpanel HD (estructural)

Los paneles de fibra yeso fermacell® se fijan a la madera mediante grapas, clavos o tornillos. Todos los elementos de fijación deben hundirse en los paneles de fibra yeso 1–2 mm y deben tratarse con pasta de juntas fermacell™ o enlucido fino fermacell™. Los elementos de fijación deben tener una protección a la corrosión suficiente.

Elementos de fijación

Grapas y clavos

La fijación económica de los paneles de fibra yeso fermacell® se realiza con grapas o clavos, tanto para tabiques como para entramados de madera. Este tipo de fijaciones también puede realizarse en techos y cubiertas. Es recomendable el empleo de pistolas neumáticas. La presión debe regularse de forma que los elementos de fijación se hundan 1–2 mm en la placa. Para rentabilizar la ejecución, la pistola y el compresor deben estar sintonizados. Para la prefabricación automatizada se emplean puentes multifunción que realizan la fijación con clavos o grapas de forma automática. Con ello se garantiza una separación entre fijaciones y entre fijaciones y borde exacta.

Tornillos

La fijación de paneles a entramados de madera mediante tornillos no es rentable. En tabiques con subestructura metálica o de madera los paneles de fibra yeso fermacell® se pueden fijar directamente (sin pretaladro) con tornillos fermacell™. No se deben utilizar otros tornillos al causar problemas en la instalación. Para el atornillado se recomienda el empleo de atornilladoras eléctricas (350 W, hasta 4000 revoluciones/minuto) o atornilladoras taladro habituales.

Entramado de madera arriostrante/estructural

Los entramados de madera estructural transmiten cargas verticales (adicionales a su peso propio) hacia abajo. Los cálculos estructurales requeridos para los muros se realizan de acuerdo al CTE o EC5.

En elementos estructurales los elementos de fijación no tienen únicamente la funcionalidad de fijar el panelado a la subestructura, sino que además son responsables de la transmisión de cargas del panel a la subestructura o viceversa. Por ello los requerimientos a los elementos de fijación son especialmente elevados y deben cumplir lo establecido en el CTE/EC5.

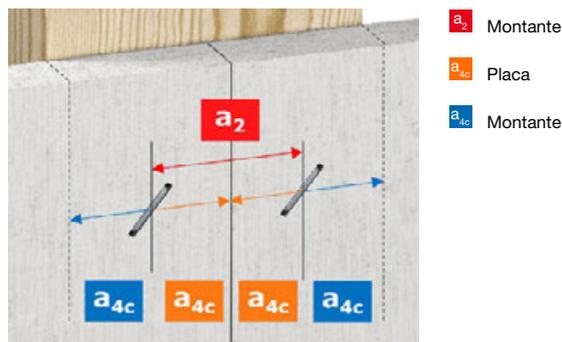
La distancia máxima entre las fijaciones a lo largo de los montantes es:

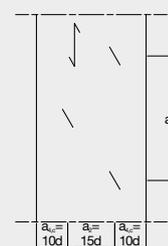
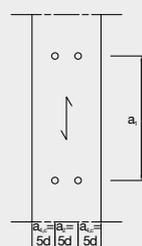
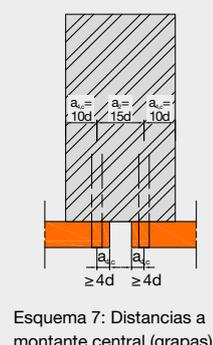
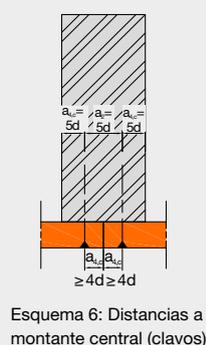
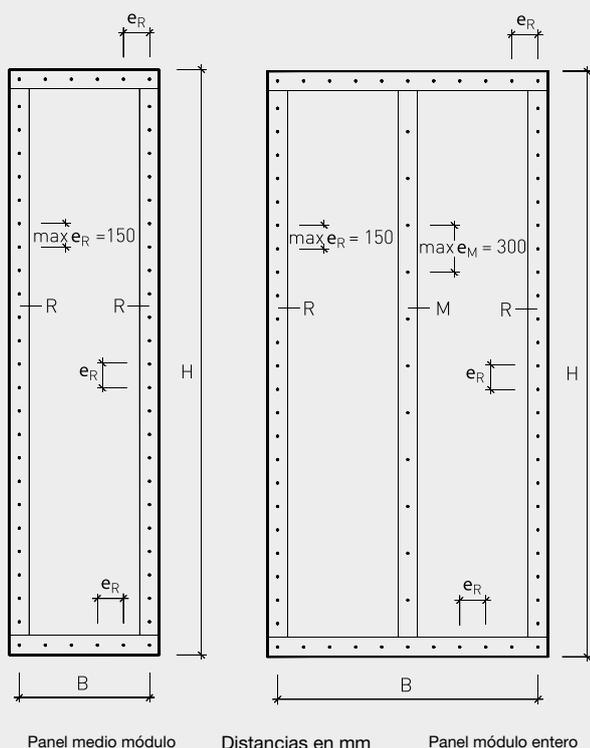
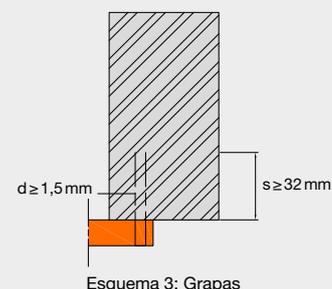
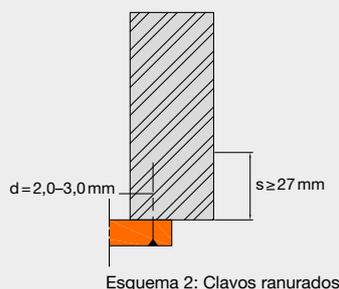
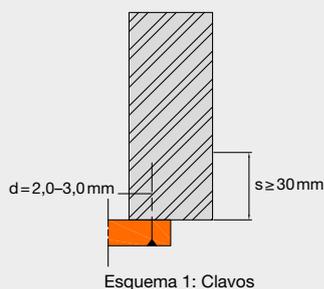
- $e_R = 150$ mm (montantes perimetrales y testeros)
- $e_M = 300$ mm (montante central).

(ver imágenes 4 y 5 en la siguiente página)

Estas distancias máximas están definidas en el CTE para muros diafragma. Para otras aplicaciones (por ejemplo en sistemas SATE) deben ajustarse a lo requerido en cada caso.

La distancia de las fijaciones (clavos/grapas) al borde cargado/no cargado de los paneles debe ser como mínimo $7d/4d$ (placas de canto recto) según definido en la ETE 03/0050. Aparte deben respetarse los valores indicados en el CTE SE-M (tabla 8.2 para clavos y tabla 8.3 para grapas) para las distancias al borde de la madera, con valores de $5d$ (clavos) y $10d$ (grapadas) para la distancia al borde no cargado y madera de densidad inferior a 420 kg/m^3 (ver esquemas 6–9 en la página siguiente).





Esquemas 4 + 5: Distancias máximas de las fijaciones con paneles de fibra yeso fermacell®

Esquema 8: Distancia mínima de clavos

Esquema 9: Distancia mínima de grapas

Elementos de fijación

Los siguientes elementos de fijación galvanizados o de acero inoxidable pueden ser utilizados:

- Clavos
 - diámetro nominal $d_n = 2,0-3,0$ mm,
 - cabeza $\geq 1,8 d_n$,
 - penetración mínima $s = 30$ mm (ver esquema 1)
- Clavos ranurados
 - diámetro nominal $d_n = 2,0-3,0$ mm,
 - penetración mínima $s = 27$ mm (ver esquema 2)
- Grapas
 - diámetro $> 1,5$ mm
 - penetración mínima $s = 32$ mm (ver esquema 3)

Para evitar daños en el transporte de elementos prefabricados, recomendamos utilizar elementos de fijación de mayor longitud para una mayor penetración.

Juntas horizontales

Si los paneles de fibra yeso fermacell® se emplean como elementos arriostrantes, solamente se admite una junta horizontal.

La junta horizontal debe reforzarse con una madera fijada mecánicamente de manera que garantice la resistencia al cizallamiento. La distancia de los elementos de fijación a lo largo de la junta deben corresponder a la distancia de las fijaciones en el perímetro del panelado. La junta debe realizarse como junta pegada.

Se debe informar a tiempo al estructurista sobre la ejecución de juntas horizontales.

Grapas a 30°

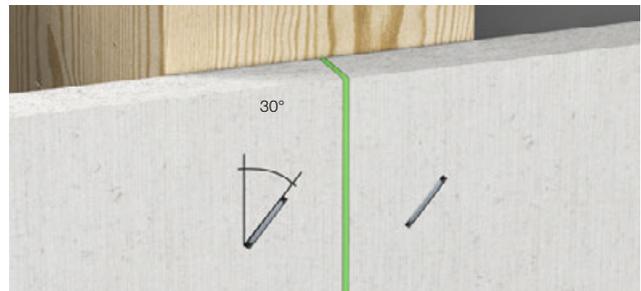
Las grapas deben fijarse con un ángulo mínimo de 30° (ángulo entre el puente de la grapa y la dirección de las fibras de la madera), según la imagen. En el caso de colocarse a un ángulo inferior, la capacidad de cálculo de la carga lateral debe multiplicarse por un factor igual a 0,7 (CTE DB SE-M).

Borde rebajado

Para los paneles de borde rebajado empleados como paneles arriostrantes, deben respetarse otras distancias mínimas a los bordes según la ETE 03/0050.

La distancia de clavos al borde cargado (del panel) debe ser $\geq 10d$ y la distancia al borde del montante $\geq 7d$ (d = espesor del elemento de fijación), ver imagen a la derecha.

Ver también capítulo 2.5 Técnica de juntas.



Ángulo de fijación de grapas

Elementos de fijación tipo clavija en muros diafragma con paneles de fibra yeso fermacell® (uso estructural)

| Espesor de paneles/composición | Grapas según EC5 | | Clavos según EN 14592 | | Clavos ranurados según EN 14592 | |
|--------------------------------|------------------|------------|-----------------------|---------|---------------------------------|---------|
| | Largo mm | d mm | Largo mm | d mm | Largo mm | d mm |
| 10 mm sobre madera | ≥ 42 | $\geq 1,5$ | ≥ 40 | 2,0-3,0 | ≥ 37 | 2,0-3,0 |
| 12,5 mm sobre madera | $\geq 44,5$ | $\geq 1,5$ | $\geq 42,5$ | 2,0-3,0 | $\geq 39,5$ | 2,0-3,0 |
| 15 mm sobre madera | ≥ 47 | $\geq 1,5$ | ≥ 45 | 2,0-3,0 | ≥ 42 | 2,0-3,0 |
| 18 mm sobre madera | ≥ 50 | $\geq 1,5$ | ≥ 48 | 2,0-3,0 | ≥ 45 | 2,0-3,0 |



Tabiques (no portantes)

Tabiques no portantes son elementos constructivos en el interior de edificios que solo tienen función de separación de espacios y que no se utilizan para el arriostramiento estructural.

La estabilidad de los tabiques solo se consigue mediante una fijación a elementos constructivos adyacentes. Los tabiques pueden instalarse de forma fija o móvil. Pueden ejecutarse con panelado simple o múltiple y pueden asumir funciones de sectorización de incendios, aislamiento térmico o acústico y protección frente a humedades.

Distancia y elementos de fijación en tabiques con paneles de fibra yeso fermacell® (no portantes) por m²

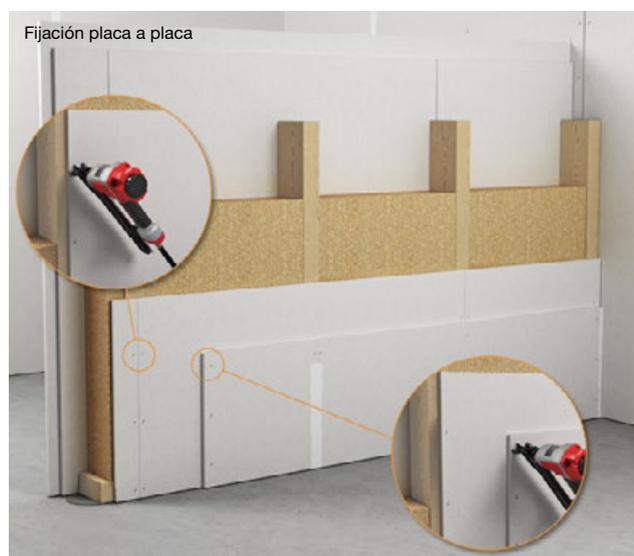
| Espesor de panel/estructura | Grapas (galvanizadas y tratadas con resina) d ≥ 1,5 mm, ancho ≥ 10 mm | | | Tornillos fermacell™ d = 3,9 mm | | |
|--|--|--------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| | Largo mm | Distancia mm | Consumo Uds./m ² | Largo mm | Distancia mm | Consumo Uds./m ² |
| Madera 1 capa | | | | | | |
| 10 mm | ≥ 30 | 200 | 32 | 30 | 250 | 26 |
| 12,5 mm | ≥ 35 | 200 | 24 | 30 | 250 | 20 |
| 15 mm | ≥ 44 | 200 | 24 | 40 | 250 | 20 |
| 18 mm | ≥ 50 | 200 | 24 | 40 | 250 | 20 |
| Madera 2 capas, 2ª capa a subestructura | | | | | | |
| 1. Capa: 10 mm | ≥ 30 | 400 | 12 | 30 | 400 | 16 |
| 2. Capa: 10 mm | ≥ 44 | 200 | 24 | 40 | 250 | 26 |
| 1. Capa: 12,5 mm | ≥ 35 | 400 | 12 | 30 | 400 | 12 |
| 2. Capa: 12,5 mm | ≥ 50 | 200 | 24 | 40 | 250 | 20 |
| 1. Capa: 15 mm | ≥ 44 | 400 | 12 | 40 | 400 | 12 |
| 2. Capa: 12,5 mm oder 15 mm | ≥ 60 | 200 | 24 | 40 | 250 | 20 |
| Madera 3 capas, todas las capas a subestructura | | | | | | |
| 1. Capa: 12,5 mm | - | - | - | 30 | 400 | 12 |
| 2. Capa: 10 mm o 12,5 mm | - | - | - | 40 | 400 | 12 |
| 3. Capa: 10 mm o 12,5 mm | - | - | - | 55 | 250 | 20 |

Nota:

- En construcciones con requerimientos al fuego es posible que las distancias de los tornillos difieran, consultar informes de ensayo correspondientes.

Fijación de placa a placa

En construcciones de panelado múltiple en paredes o techos existe la opción de fijar la capa exterior a la primera capa mediante grapas o tornillos, sin tener que respetar la subestructura. Esta es una forma económica de realizar las fijaciones. Las juntas deben estar desplazadas al menos 200 mm. La distancia de las filas de los elementos de fijación debe ser ≤ 400 mm en paredes y ≤ 300 mm en techos.



En los elementos prefabricados que emplean grapas de 25 mm en doble panelado de placas de fibra yeso fermacell® de 15 mm o grapas de 32 mm en doble panelado de placas de fibra yeso fermacell® de 18 mm se requiere una fijación adicional (por ejemplo mediante una cordón de cola cada 400 mm).

La fijación de la placa de fibra yeso fermacell® (segunda capa) a la capa inferior se pueden utilizar tornillos o grapas divergentes. La longitud de las grapas debe ser 2-3 mm más corta que la suma de ambos espesores de placa. A nivel estructural solo es posible respetar un panelado simple cuando se realiza una fijación de panel a panel.

En el caso de un panelado múltiple de espesor total ≥ 30 mm, realizado en fábrica (prefabricación) y ejecutando la fijación de placa a placa, se requieren fijaciones adicionales (por ejemplo emplear cordones de cola a cada 400 mm).

En panelado triple solamente la tercera capa se puede fijar panel a panel.

Tipo, distancia y consumo de materiales de fijación en soluciones de panel sobre panel. Fijación de la primera capa a metal/madera, una capa

| Espesor de panelados | Grapas divergentes (galvanizadas y tratadas con resina) $d \geq 1,5$ mm, Ancho ≥ 10 mm | | | Tornillos fermacell™ $d = 3,9$ mm, Distancia de filas ≤ 400 mm | | |
|----------------------------|---|----------|--------------|---|----------|--------------|
| | Por m ² de tabique | Largo mm | Distancia mm | Consumo* Uds./m ² | Largo mm | Distancia mm |
| 10 mm sobre 10 o 12,5 mm | 18-19 | 150 | 43 | 30 | 250 | 26 |
| 12,5 mm sobre 12,5 o 15 mm | 21-22 | 150 | 43 | 30 | 250 | 26 |
| 15 mm sobre 15 mm | 25-28 | 150 | 43 | 30 | 250 | 26 |
| 18 mm sobre 15 mm | 30-33 | 150 | 43 | 30 | 250 | 26 |
| 18 mm sobre 18 mm | 31-35 | 150 | 43 | 30 | 250 | 26 |

| Espesor de panelados | Grapas divergentes (galvanizadas y tratadas con resina) $d \geq 1,5$ mm, Distancia de filas ≤ 300 mm | | | Tornillos fermacell™ $d = 3,9$ mm, Distancia de filas ≤ 300 mm | | |
|----------------------------|---|----------|--------------|---|----------|--------------|
| | Por m ² de techo | Largo mm | Distancia mm | Consumo Uds./m ² | Largo mm | Distancia mm |
| 10 mm sobre 10 o 12,5 mm | 18-19 | 120 | 35 | 30 | 150 | 30 |
| 12,5 mm sobre 12,5 o 15 mm | 21-22 | 120 | 35 | 30 | 150 | 30 |
| 15 mm sobre 15 mm | 25-28 | 120 | 35 | 30 | 150 | 30 |

* Consumo para las dos caras

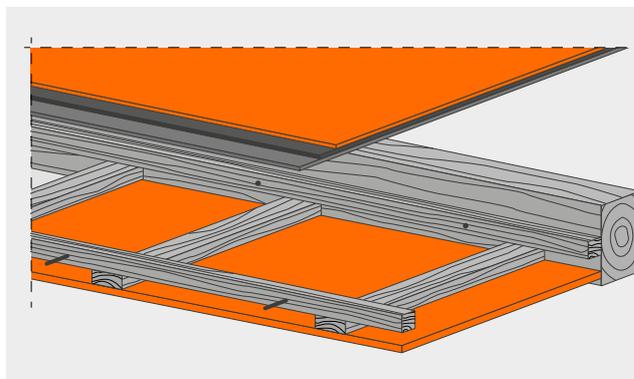
Forjados de madera y cubiertas

Forjados de madera y cubiertas con vigas o rastreles vistos

Forjados de madera con vigas o rastreles vistos por lo general tienen presencia en viviendas unifamiliares o despachos privados, en los que no se tienen que cumplir las exigencias de aislamiento acústico habituales en separación de unidades de uso. Debido a la reducida masa de los forjados brutos, mejoras acústicas notables solo son posibles con aplicación de capas pesadas que se amolden, por ejemplo mediante rellenos.

Con un revestimiento inferior mediante paneles de fibra yeso fermacell® es posible conseguir una superficie lisa que cubra las vigas, tanto en obra nueva como en reformas. Así se cubre el paso de instalaciones y se puede alcanzar una determinada protección al fuego.

La fijación se realiza sobre rastreles o perfiles que se fijan lateralmente a las vigas teniendo en cuenta el peso total del revestimiento.



Fijación a subestructura de madera

Distancia y consumo de materiales de fijación en techos por m² de superficie

| Espesor/configuración de panel | Grapas (galvanizadas y tratadas con resina) d ≥ 1,5 mm | | | Tornillos fermacell™ d = 3,9 mm | | |
|--|--|-----------|------------------------|---------------------------------|-----------|------------------------|
| | Largo | Distancia | Consumo | Largo | Distancia | Consumo |
| Madera 1 capa | [mm] | [cm] | [Uds./m ²] | [mm] | [cm] | [Uds./m ²] |
| 10 mm | ≥ 30 | 15 | 30 | 30 | 20 | 22 |
| 12,5 mm | ≥ 35 | 15 | 25 | 30 | 20 | 19 |
| 15 mm | ≥ 44 | 15 | 21 | 40 | 20 | 17 |
| 18 mm | ≥ 50 | 15 | 19 | 40 | 20 | 15 |
| Madera 2 capas, 2ª capa en estructura | | | | | | |
| 1. Capa: 10 mm | ≥ 30 | 30 | 16 | 30 | 30 | 16 |
| 2. Capa: 10 mm | ≥ 44 | 15 | 30 | 40 | 20 | 22 |
| 1. Capa: 12,5 mm | ≥ 35 | 30 | 14 | 30 | 30 | 14 |
| 2. Capa: 12,5 mm | ≥ 50 | 15 | 25 | 40 | 20 | 19 |
| 1. Capa: 15 mm | ≥ 44 | 30 | 13 | 40 | 30 | 13 |
| 2. Capa: 12,5 mm o 15 mm | ≥ 60 | 15 | 23 | 40 | 20 | 17 |
| 1. Capa: 18 mm | ≥ 44 | 30 | 11 | 40 | 30 | 11 |
| 2. Capa: 15 mm o 18 mm | ≥ 60 | 15 | 21 | 55 | 20 | 15 |
| Madera 3 capas, todas las capas a subestructura | | | | | | |
| 1. Capa: 15 mm | - | - | - | 40 | 30 | 12 |
| 2. Capa: 12,5 mm | - | - | - | 40 | 30 | 12 |
| 3. Capa: 12,5 mm | - | - | - | 55 | 20 | 16 |

Anotaciones:

- En techos de 4 paneles fermacell® de 10 mm, la última capa puede fijarse directamente a la subestructura con tornillos fermacell™ de 3,9 x 55 mm.
- En techos con requerimientos de resistencia al fuego las distancias entre fijaciones pueden diferir y estas quedan definidas en el correspondiente informe de ensayo.

Elementos de fijación tipo clavija en techos y cubiertas con paneles de fibra yeso fermacell®

| Espesor/configuración de panel | Grapas según EC5 | | Clavos ranurados según EN 14592 | |
|--------------------------------|------------------|-------|---------------------------------|---------|
| | Largo mm | d mm | Largo mm | d mm |
| 10 mm sobre madera | ≥42 | ≥ 1,5 | ≥37 | 2,0-3,0 |
| 12,5 mm sobre madera | ≥44,5 | ≥ 1,5 | ≥39,5 | 2,0-3,0 |
| 15 mm sobre madera | ≥47 | ≥ 1,5 | ≥42 | 2,0-3,0 |
| 18 mm sobre madera | ≥50 | ≥ 1,5 | ≥45 | 2,0-3,0 |

Forjado de madera, arriostrante

Elementos constructivos arriostrantes, como por ejemplo forjados de madera, tienen la función de transmitir cargas verticales y horizontales hasta la cimentación. Aparte sirven de apoyo a elementos no estructurales. Para determinar el número de fijaciones y las distancias, es necesario una justificación según el CTE/EC5.

Forjado de madera y cubiertas

La fijación de paneles de fibra yeso fermacell® debe realizarse libre de tensiones. La secuencia de atornillado debe realizarse desde el centro de los paneles hacia los extremos o desde un borde de forma lineal hasta el otro. En ningún caso deben atornillarse los paneles en las esquinas y después en el centro. En todo caso hay que asegurar que los paneles se aprieten bien contra la subestructura.

Fijación de fibra yeso sobre paneles de transformados

Debido a los diferentes comportamientos de los materiales frente a cambios higrotérmicos es importante tener en cuenta las indicaciones de este apartado para una fijación directa de paneles de fibra yeso fermacell® sobre paneles de transformados de la madera, con tal de evitar el riesgo de fisuración en las juntas con cambios de temperatura o humedad.

Las siguientes variantes se pueden recomendar cuando los paneles de transformados de la madera no están expuestos a humedades.

Variante 1: Con subestructura

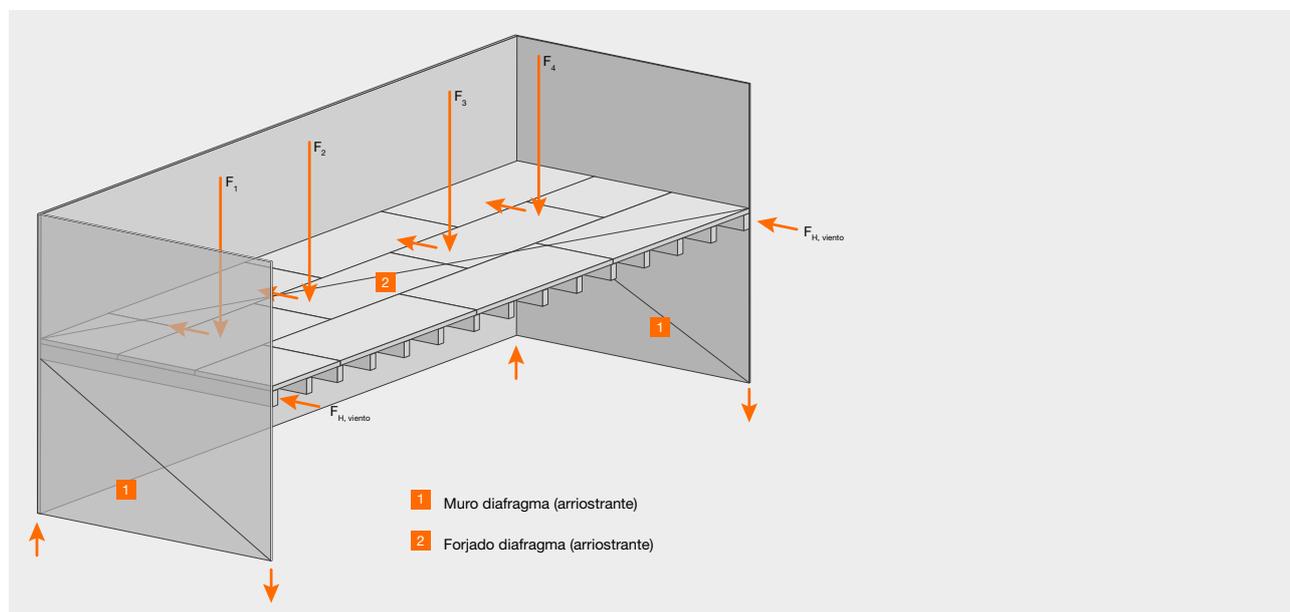
Realizando un trasdosado semidirecto con subestructura propia (por ejemplo con rastreles horizontales).

Distancia de fijaciones:

- En paredes 200 mm para grapas y 250 mm para tornillos
- En techos 150 mm para grapas y 200 mm para tornillos

Variante 2: Junta pegada con refuerzo

Cuando el panel de fibra yeso fermacell® se instala directamente sobre el panel de transformado de la madera, solamente se permite la técnica de junta pegada. Para evitar el pegado de la placa de transformado de madera con la placa de fibra yeso fermacell®, en la zona de la junta se debe fijar una tira separadora (por ejemplo papel kraft, cinta autoadhesiva de pintor o una lámina de PE). El desfase de juntas debe ser ≥ 200 mm. La fijación de la placa de fibra yeso fermacell® se realiza con grapas (diámetro 1,2-1,6 mm, ancho aprox. 10 mm, longitud 2-3 mm inferior a la suma de los espesores de las placas). Las grapas se instalan a cada 150 mm en filas separadas 400 mm (máximo).



Transmisión de la carga de viento del forjado a los muros diafragma

Instalación especial

Paneles de transformados de madera con baja deformabilidad

Los paneles de fibra yeso fermacell® pueden instalarse directamente sobre paneles de transformados de madera con baja deformabilidad, si se cumplen los siguientes criterios:

- Fabricación, transporte, montaje, obra y uso equivalen a la clase de servicio 1 según CTE (humedad relativa 30–65 %)
- Los paneles se han aclimatado a las condiciones de humedad relativa del ambiente

Los coeficientes de dilatación y retracción del transformado de madera no deben ser superiores a 0,02 % para una variación de la humedad de la madera de un 1 % (para humedades por debajo de la saturación de la fibra). Esto permite el empleo de transformados de madera como por ejemplo paneles de contrachapado o paneles OSB/4.

Los paneles de fibra yeso fermacell® deben instalarse con un desfase de juntas de ≥ 200 mm respecto a las juntas de los transformados de madera. No se requiere una lámina separadora. Puede realizarse la junta pegada, enmasillada o utilizarse los paneles de canto rebajado. La fijación puede realizarse con grapas directamente al panelado inferior o a la subestructura, desplazando las juntas verticales al siguiente montante.

A tener en cuenta:
 En caso de requerimientos de protección al fuego deben respetarse las indicaciones del informe de ensayo/ evaluación técnica correspondiente.

Variante 1

Soporte transformado de madera (por ejemplo CLT)

Distancia de fijaciones

| Espesor de placa 1 placa* | Grapas (cincadas y con resina) $d \geq 1,5$ mm, Ancho ≥ 10 mm | | Distancia Filas |
|---------------------------|--|--------------|-----------------|
| | Largo mm | Distancia mm | Distancia mm |
| 10 mm | ≥ 30 | 200 | 400 |
| 12,5 mm | ≥ 35 | 200 | 400 |
| 15 mm | ≥ 44 | 200 | 400 |
| 18 mm | ≥ 50 | 200 | 400 |

* En panelado doble la primera capa se instala con una distancia de filas de 625 mm y la segunda con una distancia de 400 mm

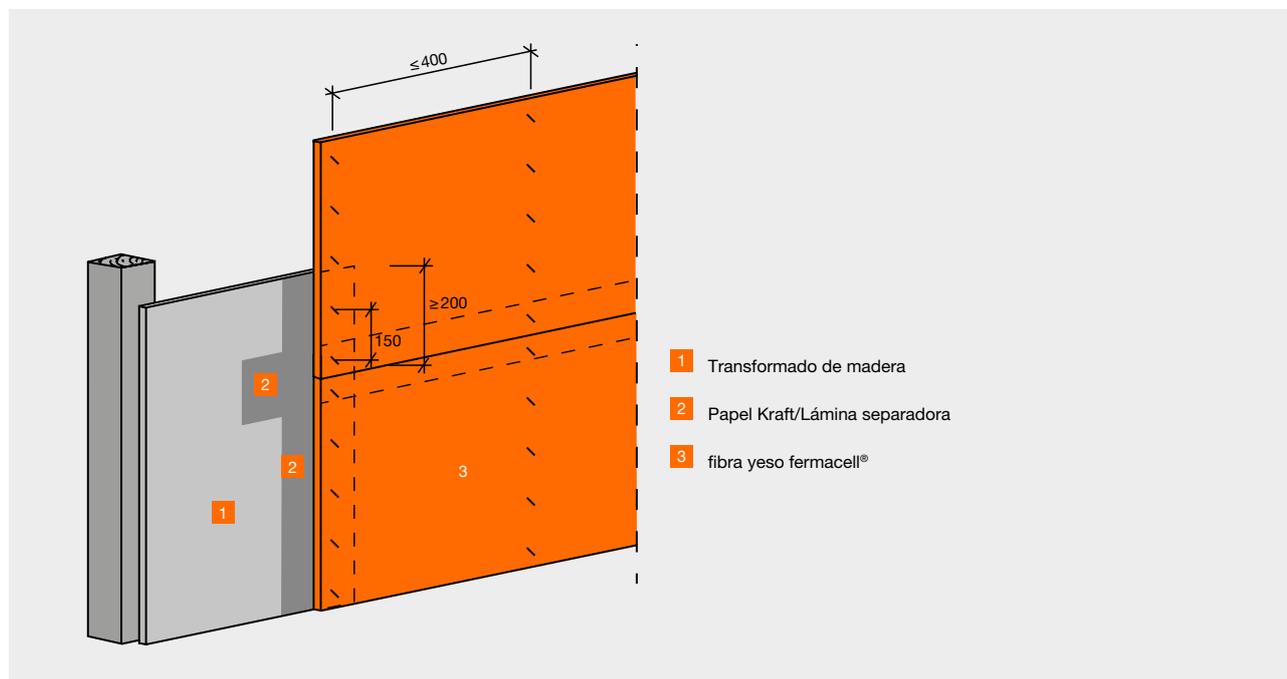
Variante 2

Soporte transformado de madera (panel, por ejemplo OSB)

Distancia de fijaciones

| Espesor de placa | Grapas (cincadas y con resina) $d \geq 1,5$ mm, Ancho ≥ 10 mm | | Distancia Filas |
|------------------|--|--------------|-----------------|
| | Largo mm | Distancia mm | Distancia mm |
| 10 mm | ≥ 18 | 150 | 400 |
| 12,5 mm | ≥ 21 | 150 | 400 |
| 15 mm | ≥ 25 | 150 | 400 |
| 18 mm | ≥ 31 | 150 | 400 |

La fijación de los paneles fermacell® al transformado de madera se debe realizar con grapas que tengan una longitud 2–3 mm inferior a la suma de los dos espesores.



Instalación directa: junta pegada con lámina separadora (no se requiere con transformados de baja deformabilidad)

2.5 Técnica de juntas

- Junta pegada
 - Junta emplastecida
 - Placas con borde rebajado
- Juntas horizontales
 - Juntas de dilatación

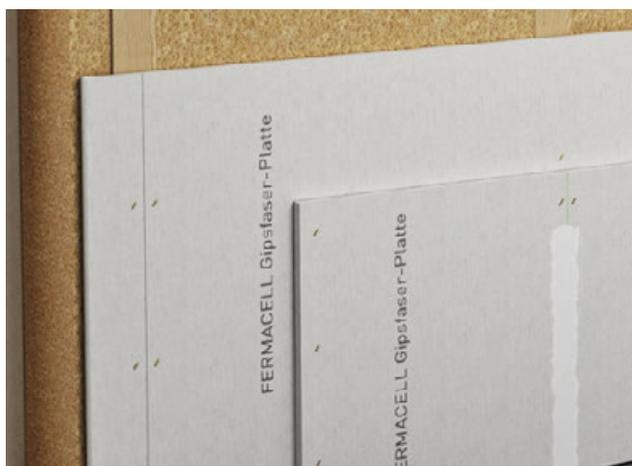
Para unir dos paneles de las capas exteriores existen tres técnicas de juntas. Por un lado la técnica de junta pegada (para placas de canto recto) y la técnica de junta emplastecida para placas de canto recto y para placas de borde afinado.

Para la construcción en madera recomendamos utilizar la técnica de junta pegada.

Para soluciones con múltiple panelado las juntas de las capas inferiores se realizarán juntando los paneles a testa, independientemente de los requerimientos técnicos de la obra.

Juntas pegadas

Para conseguir una unión adecuada de las juntas, los paneles de fibra yeso fermacell® sólo se deben pegar con el pegamento para juntas fermacell™ o el pegamento para juntas fermacell™ greenline. Al efectuar la junta, debe asegurarse de que los cantos del panel no tengan polvo y de que el cordón de pegamento esté en la mitad del canto del panel y no sobre la estructura.



Sistema de entramado de madera fermacell™. (1. capa a testa, 2. capa junta pegada).

Para la junta pegada deben utilizarse preferiblemente placas cortadas en fábrica y en caso de utilizar placas cortadas en obra, el corte debe ser preciso para obtener unos cantos afilados y completamente rectos. Es importante que al comprimir los dos cantos de panel, el pegamento llene completamente la junta (el pegamento se verá sobresalir).

En el panelado de dos capas, los paneles de fibra yeso fermacell® se deben montar con un desplazamiento de ≥ 200 mm (se deben evitar juntas en cruz). La técnica de pegado de juntas sólo se debe utilizar en la capa exterior, los paneles de la primera capa se unen a testa, sin pegamento.

Aplicación del pegamento de juntas fermacell™

El pegamento de juntas fermacell™ o el pegamento de juntas fermacell™ greenline se aplica en un cordón en el canto vertical del panel. La temperatura del pegamento no debe ser inferior a $+10^{\circ}\text{C}$. La temperatura ambiente no debe ser menor de $+5^{\circ}\text{C}$.

Durante el proceso de endurecimiento el pegamento fermacell™ espumea ligeramente, el pegamento fermacell™ greenline sin embargo no.



Aplicación del pegamento de juntas fermacell™ con la bolsa de 580 ml

El ancho de juntas no debe superar 1 mm. Para evitar problemas en la fijación y el endurecimiento, la junta no debería presionarse completamente hasta el tope.

Consumo de pegamento para juntas fermacell™ o greenline fermacell™

| Formato de panel | 1 bote de 310 ml | 1 bolsa de 580 ml |
|------------------|-------------------|-------------------|
| 1500 x 1000 mm | 11 m ² | 20 m ² |
| 2500 x 1250 mm | 22 m ² | 40 m ² |

(Hipótesis: Altura del tabique 2,50 m)

Por cada metro de junta se consumen 20 ml de pegamento para juntas fermacell™ o pegamento de juntas fermacell™ greenline (para placas de 10 o 12,5 mm de espesor).

1. Montaje de los paneles en obra (paredes)

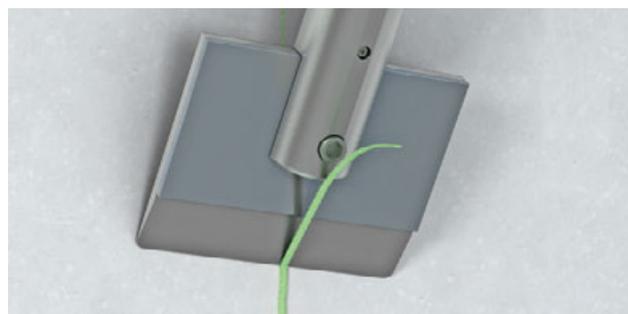
Después de la fijación del primer panel, el siguiente se junta al primero, con el panel apoyado en un calzo, de forma que los cantos queden tocándose en la coronación, dejando una junta en forma de cuña que se abre hacia abajo. Para ello, la longitud del panel debe ser unos 10 mm más corta que la altura libre entre forjados. El panel de fibra yeso fermacell® se debe fijar unos 60 mm por debajo del canto superior al montante con un tornillo fermacell™ o con grapas. Una vez retirado el calzo del panel del suelo, el segundo panel se presionará contra el primero por su propio peso, de modo que el pegamento se comprimirá. Las demás fijaciones se colocarán de forma consecutiva de arriba a abajo. También es posible colocar los paneles con el alzador. En la técnica de montaje con el alzador de paneles también debe asegurarse de que la presión de los paneles de fibra yeso fermacell® sobre el pegamento sea suficiente. En este caso se comenzará a atornillar a partir de la mitad del panel.

2. Montaje de los paneles en el proceso de prefabricación (instalación tumbada)

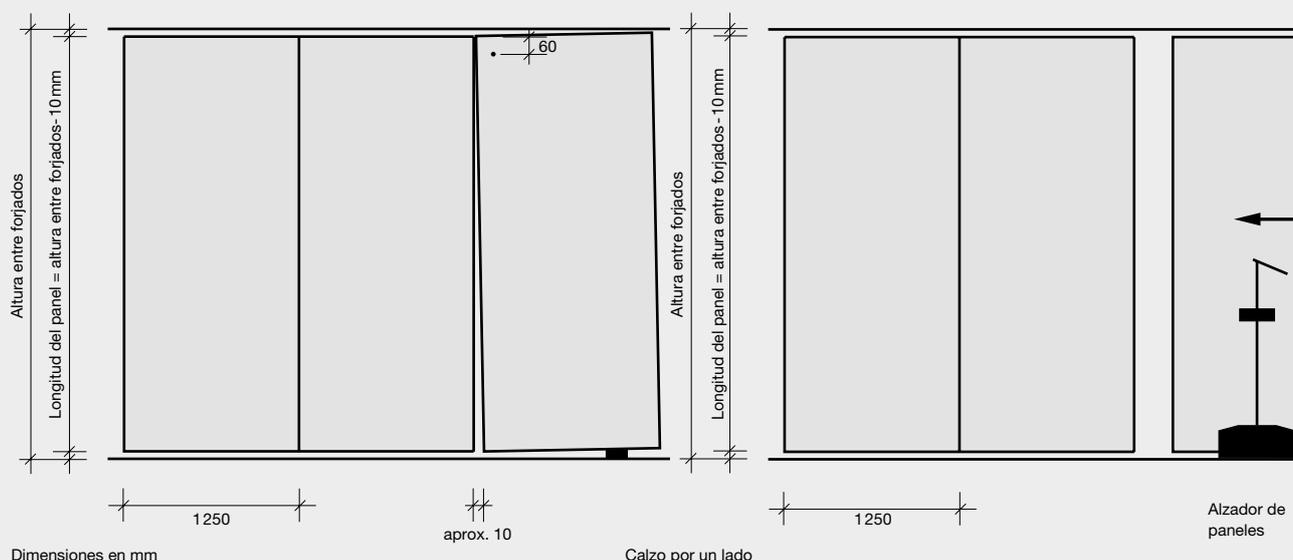
El segundo panel de fibra yeso fermacell® se arremete contra el panel ya instalado por uno de los lados, dejando un espacio de ente 10–15 mm en el otro extremo. El panel se fija mediante una grapa o tornillo en la parte que va apoyada y luego se presiona el panel contra el panel ya instalado hasta que se consiga el sellado de la junta. Después se realiza el resto de fijaciones. No se debe colocar el segundo panel desde la vertical con una maquina elevadora, ya que esto provocaría el desplazamiento del pegamento al montante sin realizarse una unión en la junta.

Pasos a seguir tras el endurecimiento del pegamento

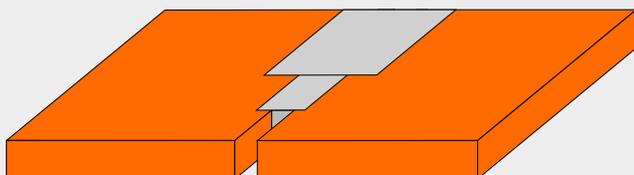
Según la temperatura ambiente y la humedad, el pegamento endurece en un plazo de 18 a 36 horas. Los elementos prefabricados no deben moverse en las primeras 4–12 horas. Posteriormente se debe retirar completamente el pegamento sobrante con una espátula. A continuación se aplica la pasta de juntas fermacell™ o el emplaste fino fermacell™ en la zona de las juntas y en las fijaciones.



Retirado del pegamento sobrante con la espátula fermacell™



Montaje en obra de paneles de fibra yeso fermacell® para paredes



Junta emplastecida: ancho de junta en función del espesor de panel



Vertido de la pasta de juntas fermacell™ en un cubo con agua limpia, dejar reposar posteriormente

Juntas emplastecidas

Para unir de forma resistente y sin problemas las juntas de paneles rectos o con cantos partidos, las juntas entre paneles de fibra yeso fermacell® se deben rellenar con la pasta de juntas fermacell™.

Independientemente de si los paneles se atornillan o grapan a la estructura, en la zona de unión se debe dejar un ancho de junta adecuado, en función del espesor de panel.

| Espesor de panel mm | Ancho de juntas mm |
|---------------------|--------------------|
| 10 | 5-8 |
| 12,5 | 6-9 |
| 15 | 7-10 |
| 18 | 7-10 |

Las juntas se rellenan con pasta de juntas fermacell™ sin cinta de refuerzo, excepto cuando se realiza un enlucido fino sobre los tabiques, donde sí es necesario reforzar las juntas mediante la cinta de refuerzo fermacell™. En este caso la cinta se aplica a posteriori sobre las juntas enmasilladas. Las cabezas de los tornillos y la parte exterior de las grapas también se enmasillan con esta pasta.

Las juntas horizontales en los tabiques se deben realizar tal y como se describe en el apartado "Juntas horizontales", ver página 84. Antes de emplastecer las juntas deben limpiarse de restos de polvo. La pasta sólo se podrá aplicar cuando los paneles montados estén secos y liberados de niveles de humedad altos debidos a la obra. Si en los espacios se van a ejecutar trabajos que generan humedad importante (por ejemplo morteros autonivelantes, enlucidos en paredes, etc.), las juntas solo podrán enmasillarse una vez hayan concluido estos trabajos y hayan secado estos elementos constructivos. Si se van a ejecutar pavimentos de asfalto, el enmasillado deberá realizarse una vez se haya enfriado el asfalto. Ver también el apartado 2.1 Condiciones de obra.

La pasta para juntas fermacell™ se mezcla con agua limpia y se deja reposar de 2 a 5 minutos. A continuación se remueve hasta conseguir una masa plástica dúctil. Para la mezcla se debe utilizar un cubo y herramientas que estén limpias. La utilización de una batidora eléctrica puede reducir el tiempo de fraguado. Para más información, consulte los datos en el envase.

La pasta de juntas fermacell™ se debe aplicar en las juntas haciendo que penetre entre los paneles. Para ello la pasta se oprime hacia un canto del panel y se va afinando hacia el canto opuesto.

En las juntas no reforzadas por detrás la pasta de juntas debe rebosar por la parte posterior del panel.

Una vez seca la pasta de la primera mano, se puede preparar el emplastecido fino. En caso necesario, tras el secado de la pasta se pueden eliminar pequeñas irregularidades con una malla de lijado o con papel de lija.

Consumo de pasta para juntas fermacell™ para paneles que cubren la altura completa entre forjados

| Espesor de panel mm | Consumo | |
|---------------------|--|-----------------|
| | kg por m ² de superficie fermacell® | Metros de junta |
| 10 | 0,1 | 0,2 |
| 12,5 | 0,2 | 0,2 |
| 15 | 0,3 | 0,3 |
| 18 | 0,4 | 0,5 |

La ejecución del emplastecido de las juntas siempre se debe realizar en obra, no antes.

Placas de borde rebajado

Los paneles de fibra yeso fermacell® también están disponibles con el borde rebajado (BR) como en las placas tradicionales de construcción seca. El canto de las placas está fresado con una doble inclinación en el borde del panel.

Usos:

- Tabiquería
- Techos
- Revestimiento interior de cubiertas inclinadas

Ventajas:

- Instalación rápida de los paneles de fibra yeso fermacell®
- Fácil creación de superficies planas
- 2/3 de las fijaciones se enmasillan directamente con el enmasillado de juntas

Emplastecido de juntas

Los dos paneles con cantos BR se unen a testa. La unión se realiza sin tensión con los materiales y las distancias de unión habituales.

Para el refuerzo de las juntas entre los paneles con el canto rebajado se debe emplear la cinta de papel fermacell™ o alguna equivalente del mercado. Son válidas las cintas de papel de la misma funcionalidad utilizadas en placas de yeso laminado.

La cinta de papel se coloca en fresco sobre la primera capa de pasta de juntas.

Una vez seca la primera capa de la pasta de juntas, se aplica una segunda capa en la zona de la junta para nivelarla.

Panelado

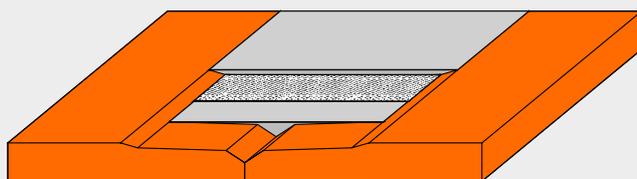
Los paneles de fibra yeso fermacell® con los cantos BR se instalan con un desfase mínimo de 200 mm entre juntas horizontales. No se permiten juntas en cruz. En grandes obras se recomienda el empleo de paneles que cubran la altura completa entre forjados.

El emplastecido de las juntas y las fijaciones se realiza únicamente con la pasta de juntas fermacell™ según las instrucciones de instalación aquí descritas. En el caso de panelado de varias capas, la primera capa puede estar formada por paneles de canto recto. La segunda capa puede fijarse a la primera capa compuesta de paneles de fibra yeso fermacell® de 12,5 mm mediante grapas, de forma independiente de la subestructura. Si la primera capa está formada por paneles fermacell® de 10 mm, ambas capas deberán atornillarse a la estructura. La distancia entre las juntas de la primera y la segunda capa debe ser como mínimo de 200 mm. En el caso de emplearse placas de borde rebajado en el panelado primero, es necesario rellenar la parte rehundida de la junta con pasta de juntas fermacell™ para cumplir los requisitos acústicos o de resistencia al fuego. Los recortes de paneles pueden realizarse con las técnicas de "corte" o "precorte y tronzado".

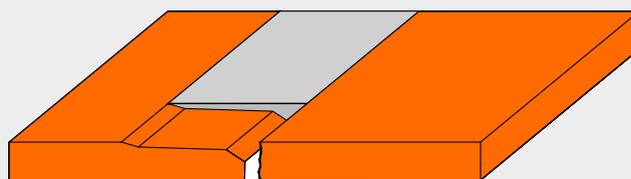
| Propiedades de los paneles | | | |
|----------------------------|-----------------------|--------|-------------------------|
| Espesor de paneles: | 10 mm o 12,5 mm | | Consumo pasta de juntas |
| Dimensiones: | 1500 x 1000 x 10 mm | 4 x BR | 0,35 kg/m ² |
| | 2000 x 1250 x 12,5 mm | 4 x BR | 0,3 kg/m ² |
| | 2540 x 1250 x 12,5 mm | 2 x BR | 0,2 kg/m ² |

Otras dimensiones disponibles bajo demanda

Variantes de juntas BR



Variante de junta 1: Dos cantos BR con tira de refuerzo de papel fermacell™ y pasta de juntas fermacell™



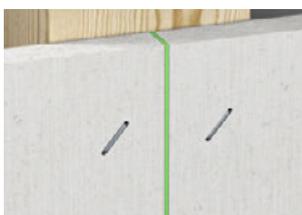
Variante de junta 2: Un canto BR y un canto recortado en el otro lado con pasta de juntas fermacell™

Ancho de junta en función de espesor de panel (ver junta emplastecida)

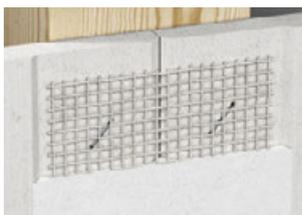
Técnicas de juntas entramado de madera



Placas a testa, ancho de juntas ≤ 1 mm



fermacell™ junta pegada, ancho de juntas ≤ 1 mm



Placa de borde rebajado, placas a testa*



Junta enmasillada con pasta de juntas. Ancho de juntas en función de espesor de placa (ver página 82)

Técnicas de juntas sobre CLT



Placas a testa, ancho de juntas ≤ 1 mm



fermacell™ junta pegada, ancho de juntas ≤ 1 mm



Placa de borde rebajado, placas a testa*

múltiple), las juntas horizontales pueden ser de tipo pegado, emplastecido o unido a tope con cantos BR. Las capas interiores en panelados múltiples pueden unirse a tope (placas de canto recto) manteniendo las prestaciones acústicas o de resistencia al fuego. Las capas exteriores se pueden ejecutar según lo indicado para panelado simple. Se debe respetar una distancia de juntas de ≥200m entre el primer y el segundo panelado.

Entramados de madera (portante, arriostrante)

Ver página 87 (juntas horizontales).

Juntas de dilatación

Como norma general, las juntas de dilatación son necesarias en las construcciones fermacell™ en los mismos puntos donde se encuentren las juntas de dilatación del edificio (obra gruesa) y deben permitir el mismo movimiento.

Separación del panelado

Aparte y debido a las deformaciones higrotérmicas diferenciales entre los paneles de fibra yeso fermacell® y la subestructura de madera, deben realizarse juntas de dilatación adicionales (junta abierta entre paneles sin pegamento ni pasta de juntas). Estas separaciones deberían preferiblemente ejecutarse en zonas ocultas, por ejemplo detrás de un encuentro en T. Las distancias máximas están indicadas en la tabla inferior. Cuando se combinan paneles de fibra yeso fermacell® y paneles conformados de madera en una misma construcción, deben preverse separaciones en el panelado fermacell® debido al diferente comportamiento frente a cambios higrotérmicos. Estas separaciones se deben realizar cada ≤6 m y aplican a:

- paredes con paneles fermacell™ directamente sobre paneles de conformados de madera
- paredes asimétricas con paneles conformados de madera (a excepción de paneles de fibra de madera flexibles) por un lado y paneles de fibra yeso fermacell® por el otro.

Estos criterios no son de aplicación para construcciones exteriores con fermacell® Powerpanel HD por un lado y paneles de fibra yeso fermacell® por el otro, ya que ambos materiales poseen coeficientes similares de dilatación.

Juntas horizontales

Como las juntas horizontales pueden debilitar la estabilidad de las construcciones en seco (como pueden ser los tabiques no portantes, trasdosados, tabiques cortafuegos o patinillos) y suelen encarecer la obra, deben evitarse o minimizarse, utilizando paneles de altura completa. En caso de ser inevitables, debe procederse según se describe a continuación:

Tabiques no portantes

En tabiques de una capa las juntas horizontales deben preferiblemente ejecutarse en la parte superior de las paredes. A cada lado de un tabique de panelado simple (o la capa exterior en panelado

Longitudes máximas de panelado entre juntas de dilatación sobre subestructura de madera

| fermacell™ tipo de juntas | Paredes, revestimiento de paredes y trasdosados | Techos, falsos techos, revestimiento de techos |
|---------------------------|---|--|
| Emplastecida | 10 m | 8 m |
| Pegada | 15 m | 10 m |

* En la imagen se representa la malla autoadhesiva para juntas de borde rebajado fermacell™. Lo más habitual sin embargo es usar la cinta de papel fermacell™.

2.6 Montaje de entramados de madera con panelado fermacell®

- Secuencia de montaje
- Muros prefabricados

- Unión entre elementos
- Mortero expansivo fermacell™

Secuencia de montaje

Secuencia de montaje con paneles de fibra yeso fermacell®

El entramado de madera o los elementos de madera se colocan sobre la mesa de trabajo y se alinean. Sobre éstos se colocan los paneles de fibra yeso fermacell® y se fijan mediante elementos de fijación.

En el caso de emplearse elementos de gran formato (máximo 2540 x 6200 mm) se recomienda la utilización de un equipo elevador con ventosas. Una vez panelada una cara el elemento puede ser volcado para poder realizar los siguientes pasos del montaje.

En función de los requerimientos físicos, aparte de las instalaciones se deben incorporar los aislantes y una barrera de vapor. Las uniones y el paso de instalaciones deben realizarse respetando la estanqueidad.

En el caso de que los paneles de fibra yeso fermacell® deban conformar una barrera estanca al viento y aire, los encuentros de paneles sobre los montantes de madera deben realizarse con junta pegada o junta enmasillada. En el caso de la junta pegada, el transporte a obra debe realizarse una vez secado el pegamento. El tiempo crítico del endurecimiento del pegamento está en torno a 4-12 horas desde la aplicación. Durante este tiempo los elementos no deben moverse.

Para juntas enmasilladas el enmasillado solo debe realizarse una vez instalados los elementos constructivos en obra.

Secuencia de montaje con fermacell® Powerpanel HD

En función del grado de prefabricación los elementos pueden estar completamente cerrados (panelado exterior e interior con su aislamiento) o solo con un panelado exterior con fermacell® Powerpanel HD. En este caso los trabajos interiores se realizan in situ.

Como norma general el entramado de madera o los elementos de madera se colocan sobre la mesa de trabajo y se alinean para seguir según se describe a continuación.

Secuencia de montaje para el panelado por ambas caras

1. Colocación de los paneles fermacell® Powerpanel HD sobre el entramado de madera y fijación mediante elementos de fijación adecuados (ver también capítulo 2.12 Panelado exterior Powerpanel HD). Los paneles deben estar apoyados por completo sobre el entramado de madera.

Según los requerimientos a la protección frente a la intemperie y a la resistencia al fuego, los paneles se juntan a testa.

La cara lisa de los paneles fermacell® Powerpanel HD representa la cara vista en la que aparece el sello con la denominación de la placa. El sello aparece en una franja estrecha en el centro del panel, por lo que sirve de orientación para realizar las fijaciones.



2. Vuelco del entramado mediante el mecanismo de volcado de la mesa de trabajo.

3. Una vez realizados los trabajos en la cámara (aislamiento, instalaciones, barrera de vapor en caso de necesidad) se realiza el panelado de la cara interior, por ejemplo mediante paneles de fibra yeso fermacell®. Esta secuencia de panelado se recomienda por un lado para que la mesa de trabajo no se ensucie por el rebosado normal del pegamento en las juntas de los paneles de fibra yeso fermacell®. Por otro lado se protege la superficie de los paneles de fibra yeso fermacell®, que en caso contrario obligaría a un emplastecido posterior.

4. Puesta en pie del entramado de madera y ejecución de la técnica de juntas sobre los paneles fermacell® Powerpanel HD.

Secuencia de montaje para el panelado por una cara

1. Colocación de los paneles fermacell® Powerpanel HD sobre el entramado de madera y fijación mediante elementos de fijación adecuados.

2. Puesta en pie del entramado de madera y ejecución de la técnica de juntas sobre los paneles fermacell® Powerpanel HD.

En función de los requerimientos físicos, aparte de las instalaciones se deben incorporar los aislantes y una barrera de vapor. Ésta debe instalarse en la cara interior por delante del aislamiento térmico. Las uniones y el paso de instalaciones deben realizarse respetando la estanqueidad.

En el caso de que los paneles de fibra yeso fermacell® deban conformar una barrera estanca al viento y aire, todos los encuentros de paneles deben realizarse sobre montantes de madera o sobre un elemento de refuerzo.

Paredes prefabricadas

Las paredes prefabricadas deben estar dimensionadas para poder soportar las cargas de transporte y montaje. La elevación de los muros debe realizarse en los puntos de fijación respetados en el cálculo, por lo que éstos deben estar previstos en el elemento constructivo. Aparte se deben respetar las indicaciones relativas a las fijaciones dadas en el capítulo 2.4 Fijaciones.

Encuentros de elementos

Encuentros con paneles de fibra yeso fermacell®

Como norma general los elementos deben juntarse de forma rígida y resistente garantizando que los paneles no reciban cargas adicionales. Una unión solamente a través de los paneles fermacell® no es suficiente. La junta fermacell™ no debe coincidir con la junta entre elementos. La junta enmasillada en el encuentro de elementos debe reforzarse con cinta de tela fermacell™. En panelado múltiple las juntas deben desplazarse ≥ 200 mm respecto a la junta de elementos.

Montaje de paneles Powerpanel:

Los paneles fermacell® Powerpanel HD instalados sobre el entramado de madera solamente pueden pisarse en las zonas con apoyo trasero ya que sinó se podrían generar microfisuras poniendo en riesgo la estanqueidad exigida a la fachada posteriormente.



Mesa de trabajo que permite el vuelco del elemento constructivo



Transporte en obra mediante grúa



Montaje en obra

Encuentros de elementos de pared

Los elementos de pared deben fabricarse preferiblemente en una pieza para evitar juntas verticales entre elementos en la superficie de la pared. En el caso de que las juntas entre elementos no se puedan ocultar (posible por ejemplo detrás de un encuentro en T), debe respetarse lo anteriormente indicado.

Encuentros de elementos de techo y cubierta

En los encuentros de elementos de techo y cubierta se recomienda adicionalmente interrumpir el panelado fermacell® dejando por ejemplo la junta vista. Un panelado simple continuo es posible sobre rastreles si los elementos están unidos de forma rígida y resistente.

En panelado simple los rastreles se deberían fijar en obra pasando por encima de las juntas entre elementos.

Encuentros horizontales

Encuentros horizontales son inevitables entre forjados en la zona de escaleras. En estas zonas se deben tener en cuenta mayores deformaciones por retracción debido a la mayor cantidad de madera tumbada. Por ello se recomienda ejecutar una junta de dilatación, por ejemplo dejando una junta abierta (vista) o sellando la junta mediante un sellador elástico (masilla acrílica). Juntas horizontales entre elementos, por ejemplo los hastiales en la planta bajo cubierta, deben realizarse según las indicaciones iniciales.

Encuentros con fermacell® Powerpanel HD

Como norma general los elementos deben juntarse de forma rígida y resistente garantizando que los paneles no reciben cargas adicionales. Una unión solamente a través de los paneles fermacell® no es suficiente.

La junta fermacell™ no debe coincidir con la junta entre elementos. Esto significa que el panelado de un elemento debe llegar hasta el montante extremo del siguiente elemento.

Junta en el canto de los forjados

En los cantos de forjado de vigas de madera debe preverse una junta horizontal continua de aprox. 10 mm, necesaria por la posible dilatación/retracción de la madera. La junta se debe sellar durante el montaje con un cordón de sellado precomprimido.

Mediante medidas constructivas es posible minimizar los efectos de la dilatación/retracción de la madera. El empleo de determinados sistemas de forjado y materiales conformados de madera para los forjados permite eliminar estas deformaciones prácticamente por completo.

Solamente puede prescindirse de una junta de dilatación en el canto del forjado si se garantiza que la junta a testa (≤ 1 mm) entre paneles fermacell® Powerpanel HD esté libre de tensiones de forma duradera.

Mortero expansivo fermacell™

Para la unión de edificios de entramados de madera al sótano y cimentación se emplea el mortero expansivo fermacell™.

El mortero expansivo fermacell™ es un mortero cementoso expansivo para el relleno del espacio hueco entre la solera y el entramado de madera (grado de expansión aprox. 5 %). No se retrae y una vez endurecido transmite completamente la carga del muro a la cimentación. El espesor máximo de aplicación es de 40 mm y el mínimo de 5 mm por razones prácticas. La unión resistente de los muros de entramado de madera a la solera en todo su desarrollo es imprescindible para poder ejercer su funcionalidad estructural.

Funciones

El arranque o la interfaz debe asumir una serie de funciones:

- Transmisión de las cargas verticales a los muros del sótano o la solera/cimentación
- Regularización de tolerancias del forjado del sótano o la solera/cimentación
- Montaje fácil y funcional
- Transmisión de cargas de balconeras y puertas
- Cumplimiento de aislamiento térmico (evitar puentes térmicos)
- Protección frente al paso de insectos y otras plagas
- Cumplimiento de requisitos estéticos en la transición de la estructura de madera a la obra maciza



Colocación del elemento prefabricado



Mezcla del mortero expansivo fermacell™



Aplicación del mortero

Empleo

Una solera de hormigón esta sujeta a tolerancias de planeidad. En los muros de fábrica se regulan mediante adaptación del espesor del mortero en las juntas de tendel. En las construcciones de entramado de madera esto no es posible. Por ello la regulación entre la solera y el entramado se debe realizar posteriormente. Dos variantes son posibles:

1. Mortero debajo del testero inferior. Bajo los testeros inferiores se deja una junta de ≥ 20 mm. Si el espesor es inferior no es posible una aplicación limpia y completa. En esta variante se colocan tacos o placas bajo los elementos para su alineación y nivelación. Solamente tienen una función temporal durante la fase de obra. A continuación e incluso antes de cubrir la cubierta se rellena la junta. Esto se realiza preferiblemente con el mortero expansivo fermacell™. Con él se asegura una junta sellada con capacidad resistente para transmitir las cargas.

Debido a su composición especial, el mortero expansivo fermacell™ es extremadamente estable, tiene una resistencia elevada (> 10 N/mm²) y una capacidad de expansión especial. Esta capacidad de expansión igualiza la habitual retracción de materiales cementosos y asegura una transmisión de cargas completa en todo el desarrollo de los elementos portantes. Se debe evitar un golpe de calor repentino.

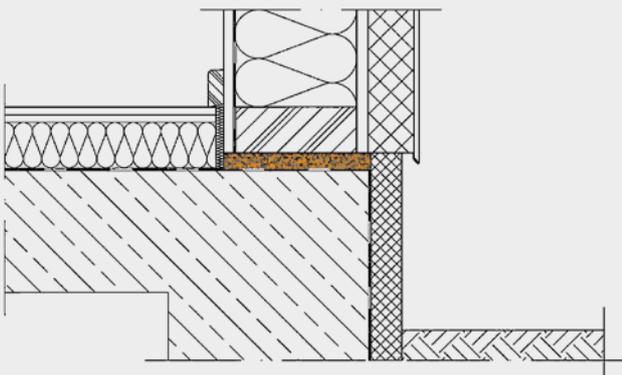
2. Apoyo puntual

Aparte de emplear el mortero expansivo como elemento estructural para la transmisión de cargas también es posible apoyar los elementos en determinados puntos de forma estructural y duradera. Para ello el estructurista en estos casos debe haber calculado los elementos con los apoyos puntuales a determinadas distancias (600 mm o 1200 mm), teniendo en cuenta también la resistencia a compresión de los tacos empleados.

Los tacos pueden ser de madera (con suficiente resistencia) o mejor de acero, material sintético o un panel cementoso. Los tacos permanecen bajo los entramados de madera.

A continuación se rellena el espacio entre el entramado y la solera con el mortero expansivo fermacell™.

Para ello el soporte debe estar duro, resistente y libre de polvo o suciedades. Soportes muy absorbentes deben humedecerse previo a la aplicación del mortero.



Los elementos se colocan sobre tacos de madera o de plástico para su alineación. Posteriormente los huecos se rellenan con mortero expansivo fermacell™.



Bomba de mortero para la aplicación bajo el testero inferior

2.7 Detalles en encuentros

- Encuentro de elementos/ejecución de las juntas
- Variantes de ejecución de las juntas
- Detalles de encuentros fermacell® Vapor

Encuentro de elementos/ejecución de las juntas

En todos los edificios existen encuentros de diferentes elementos constructivos, por ejemplo pared con pared o pared con techo. Si todos los elementos se realizan con paneles de fibra yeso fermacell® existen diferentes opciones de como ejecutar las juntas en los encuentros.

Como norma general es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- respetar los requerimientos de resistencia al fuego, aislamiento térmico y acústico de los elementos separadores así como en los encuentros de elementos
- prestar especial atención en la capa que aporta la estanqueidad al aire y en la estanqueridad de la barrera de vapor, sobre todo en elementos que limitan con el exterior
- realizar las uniones con materiales adecuados (selladores autoadhesivos o bandas aislantes perimetrales) de forma estanca para cumplir los requerimientos acústicos o de resistencia al fuego
- en construcciones con resistencia al fuego emplear materiales selladores/de unión no combustibles

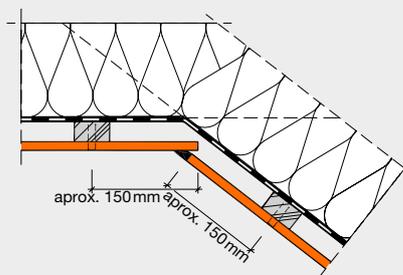
Los encuentros de paneles de fibra yeso fermacell® con sistemas de tabiquería o trasdosado con paneles fermacell® se detallan a continuación. Para los encuentros con otros materiales así como cuando se esperan movimientos de la estructura se debe prever una separación por norma general.

Como los montantes de madera panelados con paneles de fibra yeso fermacell® están sujetos a dilataciones y retracciones por cambios higrotérmicos, deben también respetarse detalles de unión específicos.

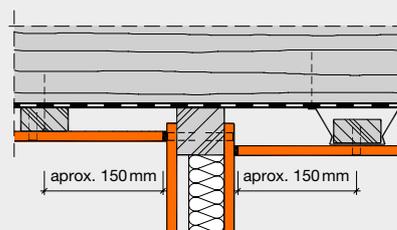
Nota:

No llevar la subestructura directamente a la esquina del encuentro, siempre con una distancia.

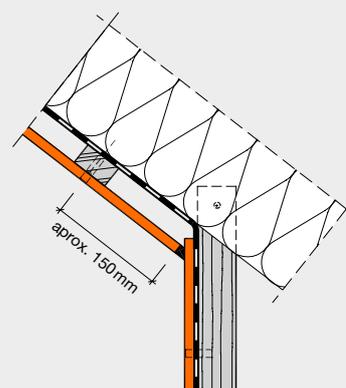
Encuentro entre elementos



Bajo cubierta inclinado con techo

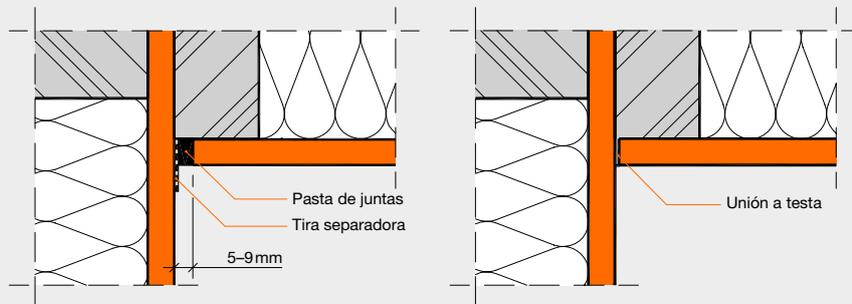


Techo con pared



Bajo cubierta inclinado con alero o trasdosado de cerramiento

Variantes de juntas



Pasta de juntas sobre tira separadora

1. Aplicar tira separadora (por ejemplo lámina de PE, cinta adhesiva, etc.)
2. Ancho de junta en función del espesor de la placa (ver capítulo 2.5 Técnica de juntas)
3. Aplicar pasta de juntas fermacell™
4. Cortar tira separadora sobrante con cúter

Unión a testa de dos paneles

1. Unión a testa de placa con aristas afiladas y perfectas. La aplicación de una masilla elástica en la junta no es adecuada en este caso.

Enmasillado contra tira separadora

El emplastecido contra tira separadora se puede emplear en los siguientes encuentros:

- Pared-pared (esquinas entrantes)
- Pared-techo
- Bajo cubierta inclinado-pared

Esta unión es compatible con los siguientes acabados:

- Empapelado
- Alicatado
- Enlucidos finos estructurales
- Acabado pintado

Nota:

En esta técnica de juntas en las esquinas interiores se genera una separación entre la pasta de juntas y la tira separadora.

Paneles fermacell® con canto recto a testa

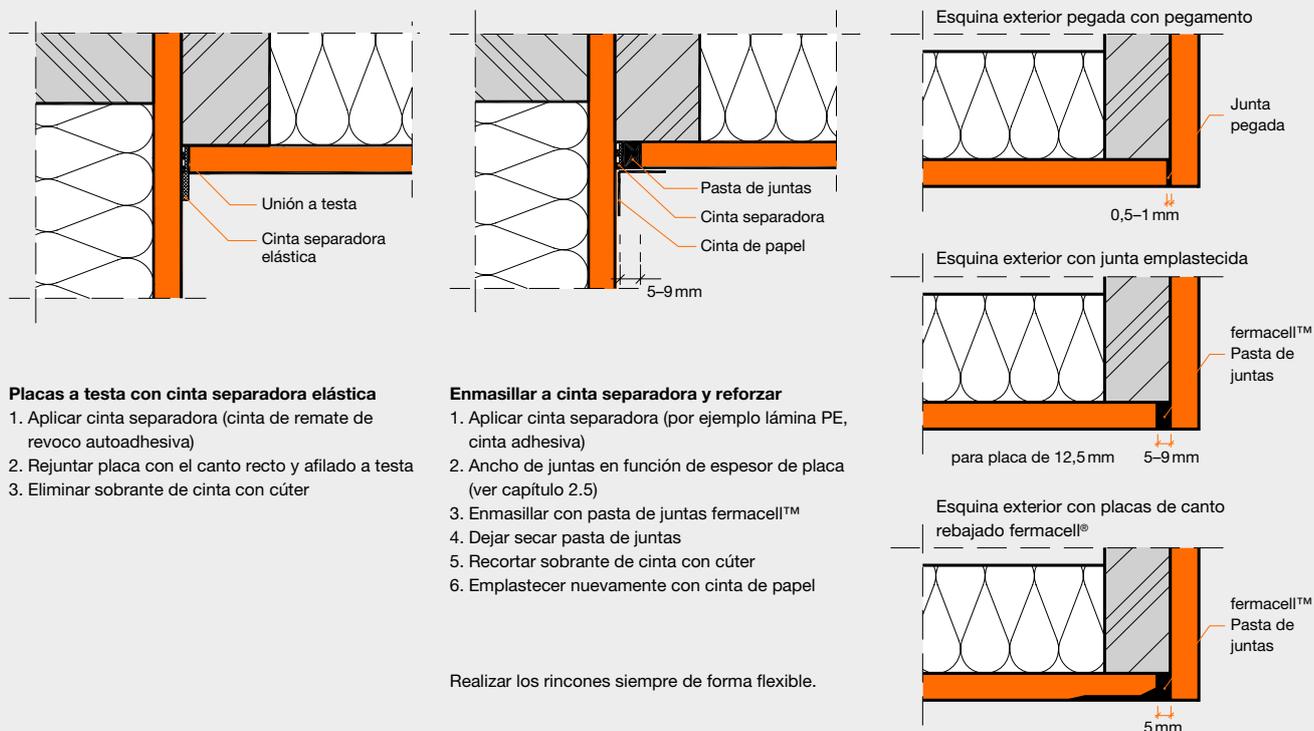
Se requiere un panel con el borde de fábrica (placa no cortada) o una placa perfectamente cortada (canto totalmente recto).

El encuentro con paneles fermacell® a testa se puede emplear en los siguientes encuentros:

- Pared-pared (esquinas entrantes)
- Pared-techo
- Bajo cubierta inclinado-pared

Esta unión es compatible con los siguientes acabados:

- Empapelado
- Alicatado
- Enlucidos finos decorativos
- Acabado pintado



Unión a testa con cinta separadora elástica

La unión a testa con cinta separadora elástica se puede emplear en los siguientes encuentros:

- Pared-pared (esquinas entrantes)
- Pared-techo
- Bajo cubierta inclinado-pared
- Con otros materiales

Esta unión es compatible con los siguientes acabados:

- Empapelado
- Alicatado
- Enlucidos decorativos

Emplastecido y refuerzo

El emplastecido y refuerzo se puede emplear en los siguientes encuentros:

- Pared-pared (esquinas entrantes)
- Pared-techo
- Bajo cubierta inclinado -pared/alero/techo

Esta unión es compatible con los siguientes acabados:

- Empapelado
- Alicatado
- Enlucidos decorativos
- Acabados pintados

Nota:

En esta técnica de juntas en las esquinas interiores se genera una separación entre la pasta de juntas y la tira separadora. Esta separación queda tapada por la cinta de papel aplicada.

Esquinas salientes

Los paneles de fibra yeso fermacell® deben fijarse a la misma subestructura en esquinas salientes así como esquinas de ventanas o puertas.

Esta unión es compatible con los siguientes acabados:

- Empapelado
- Alicatado
- Enlucidos decorativos
- Acabados pintados



Entramado de madera fermacell™ (Detalle jamba, junta pegada)

Los siguientes aspectos deberían respetarse en la planificación y ejecución de los trabajos:

- Debe definirse un plano de estanqueidad al aire y viento con sus encuentros y uniones
- Deben definirse todos los materiales utilizados para conformar este plano de estanqueidad para que los gremios tengan conocimiento de los soportes
- Si el plano de estanqueidad al aire no se plantea directamente tras el panelado interior, es necesario revisar la construcción en cuanto a la protección frente a humedades
- Debe definirse la correcta secuencia de instalación de los detalles más complejos.

Adicionalmente los siguientes aspectos tienen una relevancia importante:

- Dar preferencia a detalles sencillos y con menor susceptibilidad de problemas
- Uniones pegadas solamente sobre soportes aptos para ello (seguir las indicaciones del fabricante estrictamente)
- Minimizar solapes y penetraciones
- Realizar un trasdosado interior para el paso de instalaciones, por delante del plano de estanqueidad al aire
- Uniones pegadas solamente sobre soportes aptos para ello (seguir las indicaciones del fabricante estrictamente)
- Minimizar solapes y penetraciones
- En el caso del paso de instalaciones que no se puedan evitar deberían usarse collarines preconfeccionados
- Evitar cambio de material en cada capa
- Realizar una prueba de estanqueidad al terminar la capa que debe garantizar la estanqueidad al aire (Blower- Door test) y corregir los errores o desperfectos en caso de ser necesario. El proyectista y los instaladores deberían buscar soluciones conjuntamente in situ.

Detalles de ejemplo

Como existen infinidad de configuraciones de fachadas y cubiertas, no puede haber una solución tipo para la situación de la capa de estanqueidad al aire y viento y de las uniones correspondientes.

La capa de estanqueidad por lo general discurre por la envolvente térmica del edificio y la envuelve completamente sin interrupciones. Inevitablemente en su ejecución están implicados varios gremios y diferentes industriales.

La principal prioridad debe ser evitar patologías de obra. Por ello los encuentros y materiales deben proyectarse de forma conjunta con todos los gremios o industriales implicados.

Encuentros de elementos constructivos con placas fermacell® Vapor

Los encuentros siguientes muestran de forma ejemplar posibles encuentros, uniones y esquinas etc. de la placa fermacell® Vapor. Los requerimientos de protección frente a la humedad (condensaciones) deben comprobarse mediante cálculo. De la misma forma el cumplimiento del aislamiento acústico, resistencia al fuego, aspectos estructurales, etc. debe comprobarse al margen de estos detalles. Debido a las diferentes condiciones climáticas en el interior habitable de un edificio y el exterior (humedad y temperatura), a través de la envolvente del edificio se genera un gradiente de la presión del vapor de agua, la cual genera un transporte de la humedad (difusión del vapor de agua), lo cual puede tener efectos negativos. La difusión de vapor de agua está controlada por la capa de estanqueidad del aire (debe estar intacta), que puede regular la humedad en el elemento constructivo a través de su capacidad de actuar adicionalmente como barrera o freno de vapor.

La placa fermacell® Vapor reúne varias funciones en una sola placa:

- Panel de soporte para el acabado (por ejemplo pintado directo o alicatado)
- Panel estructural en entramados de madera
- Sectorización de incendios
- Panel para el plano de estanqueidad al aire de la fachada
- Regularización de la difusión del vapor de agua a través de la fachada (freno de vapor de agua)

La ejecución de los detalles para la envolvente estanca al aire tienen una importancia elevada, ya que una ejecución incorrecta y la falta de estanqueidad provocan una convección incontrolada, con la consecuencia que gran cantidad de humedad penetre en el cerramiento lo cual puede ser la causa de patologías. Por ello hay que poner especial atención a penetraciones como cajas de enchufe, paso de instalaciones, etc., ya que suponen una interrupción del freno de vapor, por lo que deben sellarse bien. Recomendamos comprobar la estanqueidad de la obra gruesa con el ensayo Blower Door.

La ejecución de las juntas según norma DIN, para garantizar la estanqueidad al aire, debe realizarse con la junta pegada o con la junta enmasillada. También es posible una unión de las placas a testa contra montantes de madera (ver DIN 4108-7:2011-01, 7.2.3). La ejecución de las juntas solamente se requiere para dar un soporte continuo para revestimientos posteriores.

Las placas fermacell® Vapor pueden ejecutarse en una de las dos variantes siguientes:

Variante 1: panelado directo

Variante 2: panelado directo + trasdosado para instalaciones.

Para ambas variantes a continuación se muestran diferentes detalles, que deberán revisarse según el proyecto.

Tal como se ha descrito anteriormente, existen diferentes técnicas de junta para conseguir una capa funcional de estanqueidad al aire.

En la variante 1 recomendamos la ejecución de la junta pegada, ya que la junta se puede considerar una barrera de vapor por lo que es un excelente complemento para la placa Vapor.

En la variante 2 recomendamos ejecutar la junta con los paneles rejuntados a testa (ancho de juntas ≤ 1 mm) y sellado de las mismas con cinta de sellado fermacell™ Tape AWS.

Los paneles fermacell® Vapor se suministran en palé con la barrera de vapor en la cara inferior, para facilitar la colocación rápida sobre el entramado de madera prefabricado.

La instalación (corte, juntas, fijaciones, etc.) es idéntica que en los paneles convencionales de fibra yeso fermacell®.

En cuanto a la gestión de residuos, recomendamos separar la lámina de barrera de vapor del panel de fibra yeso para un uso por separado para permitir el reciclaje correspondiente.

Difusión - convección (ejemplo)

Condiciones iniciales (24 horas)

Condiciones

- **Temperatura** → +20 °C (Int)/- 10 °C (Ext)
- **Diferencia de presión** → 20 Pa (equivale a fuerza de viento 2-3)
- **Ancho de junta** → 1 mm
- **Barrera de vapor** → 30 m (Valor sd)

Consecuencias

transporte de humedad (24 horas)

- **Junta** → 800 g/m
- **Barrera de vapor** → 80,5 g/m²

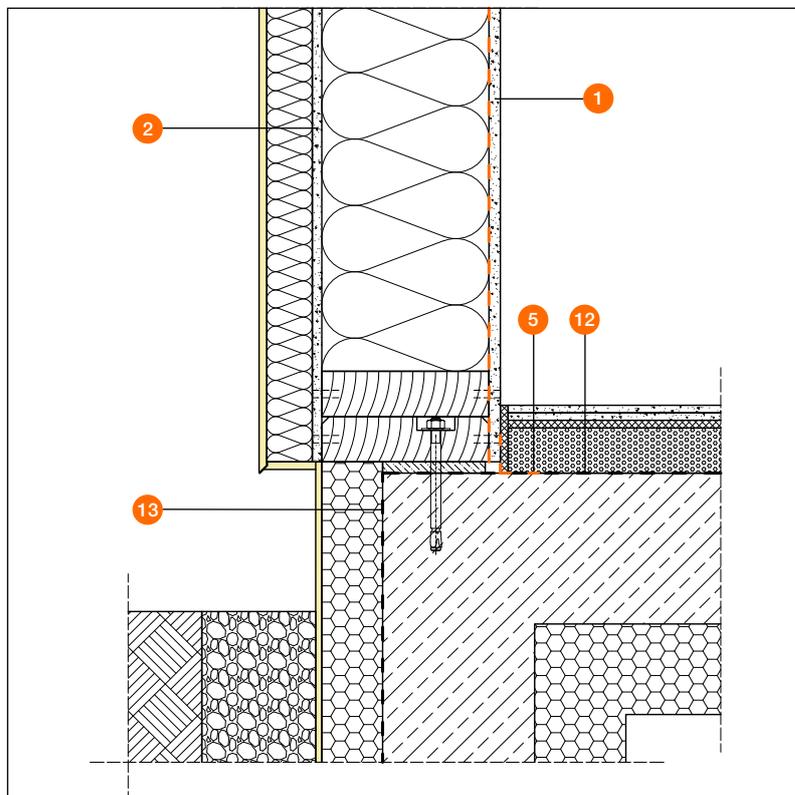
Fuente: Informationsdienst Holz: Holzschutz • bauliche Maßnahmen
 · Medición: Institut für Bauphysik, Stuttgart (IBP)

Detalles fermacell® Vapor – Panelado directo, zócalo

Instalaciones, zócalo

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
■ Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 12 Barrera contra la humedad
- 13 Lámina bituminosa

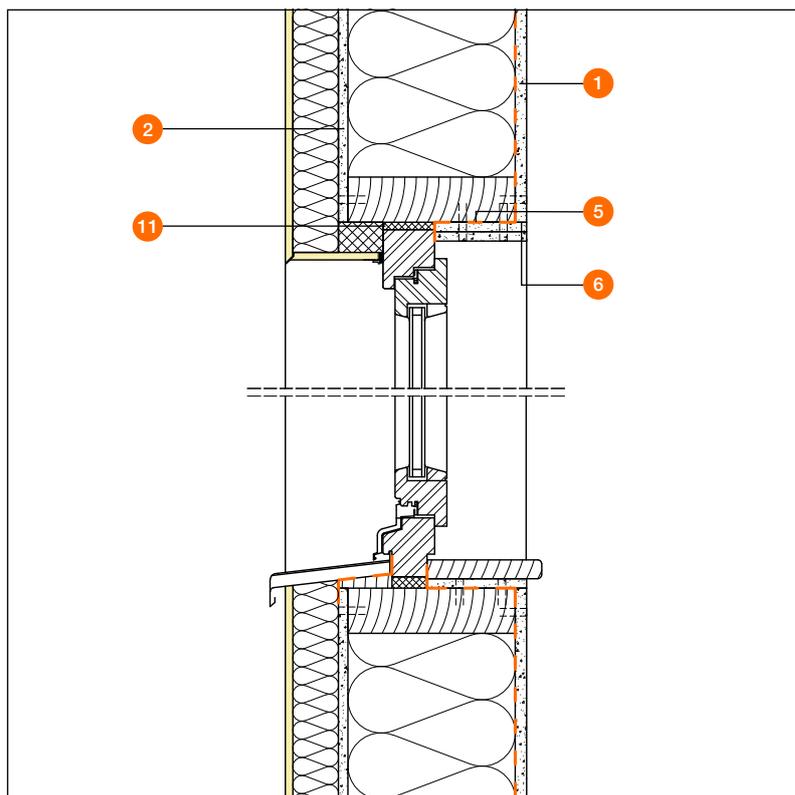
La transición de la solera o del forjado de sótano al cerramiento se sella con una cinta autoadhesiva adecuada, debajo del suelo.



Ventanas

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
■ Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 6 Junta pegada fermacell™
- 11 Cinta compresible

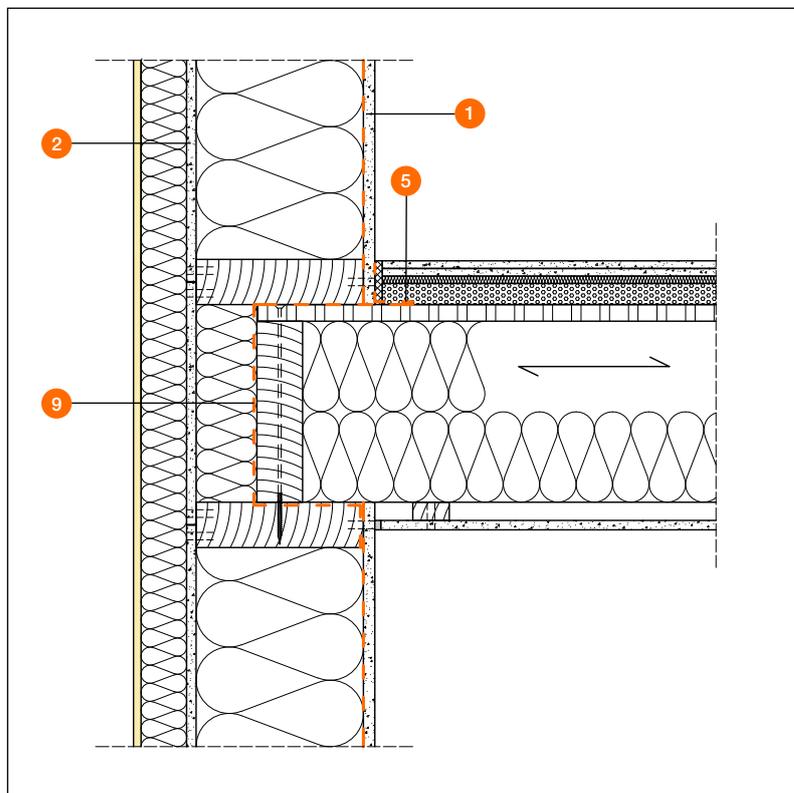
Elementos como puertas y ventanas que se insertan en cerramientos de entramado de madera se sellan contra la capa de estanqueidad mediante cintas autoadhesivas destinadas para ello, por ejemplo con la cinta fermacell™ AWS Tape.



Techo

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 9 Barrera de vapor (tira),
 - Colocada previamente

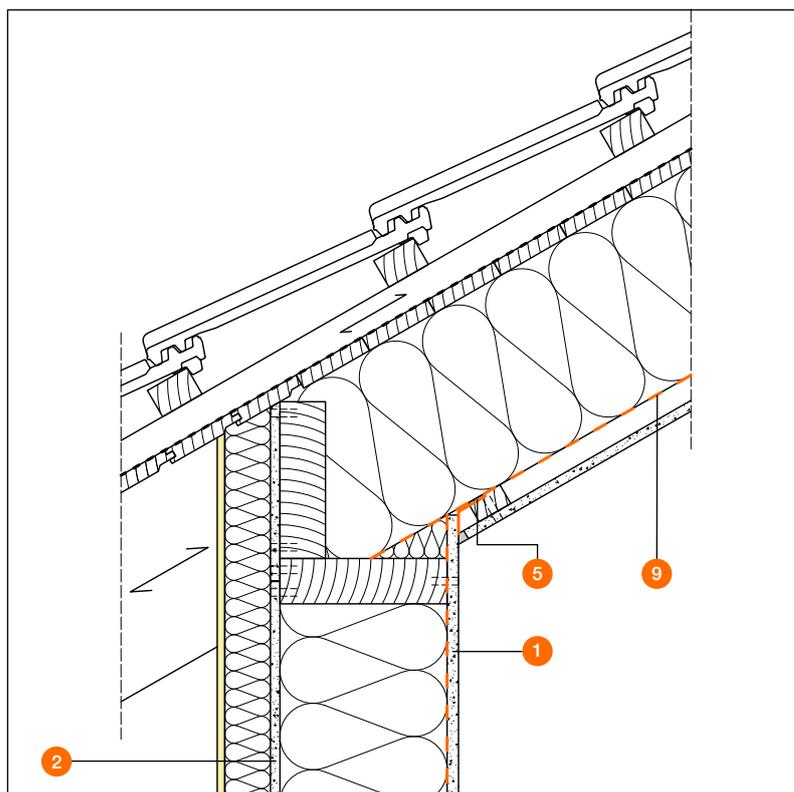
En la zona del encuentro con el forjado es necesario asegurar la continuidad de la capa de estanqueidad al aire. Eso se puede conseguir con una lámina de estanqueidad adecuada (transpirable o no transpirable).



Cubierta inclinada

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 9 Barrera de vapor

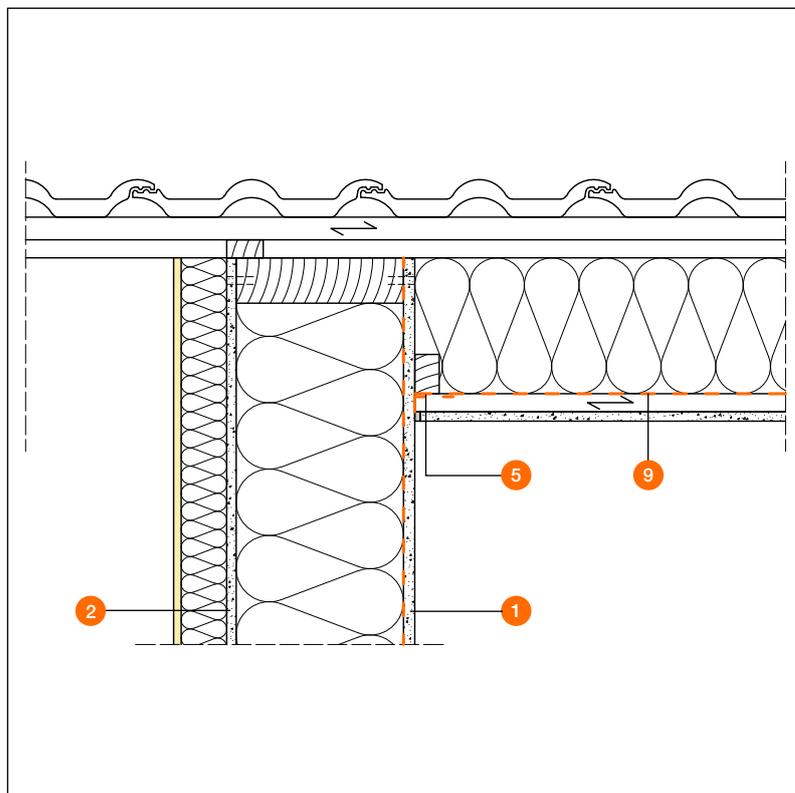
La estanqueidad al aire (barrera de vapor o freno de vapor) debe instalarse de forma muy meticulosa y generosa, dejando juego en los encuentros de las esquinas para evitar tensiones que puedan hacer que fissure, lo cual podría conllevar al daños por humedades (condensaciones y pérdida de aislamiento térmico).



Hastiales

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 9 Barrera de vapor

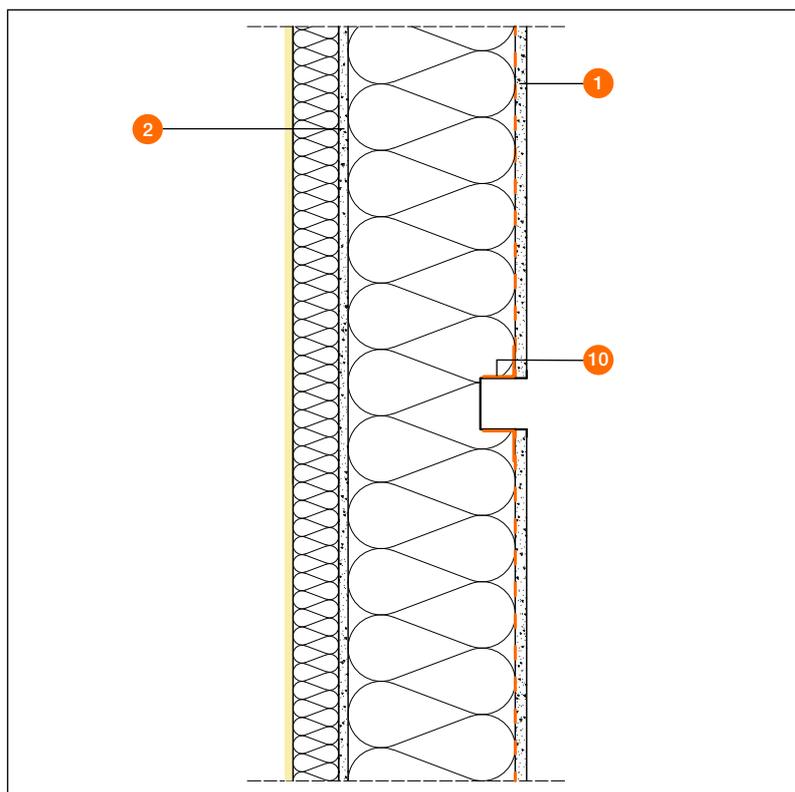
La barrera o freno de vapor asume a su vez la función de estanqueidad al aire. El encuentro con el cerramiento se realiza de forma estanca. La transición a la cubierta se debe realizar de forma estanca.



Caja de enchufes

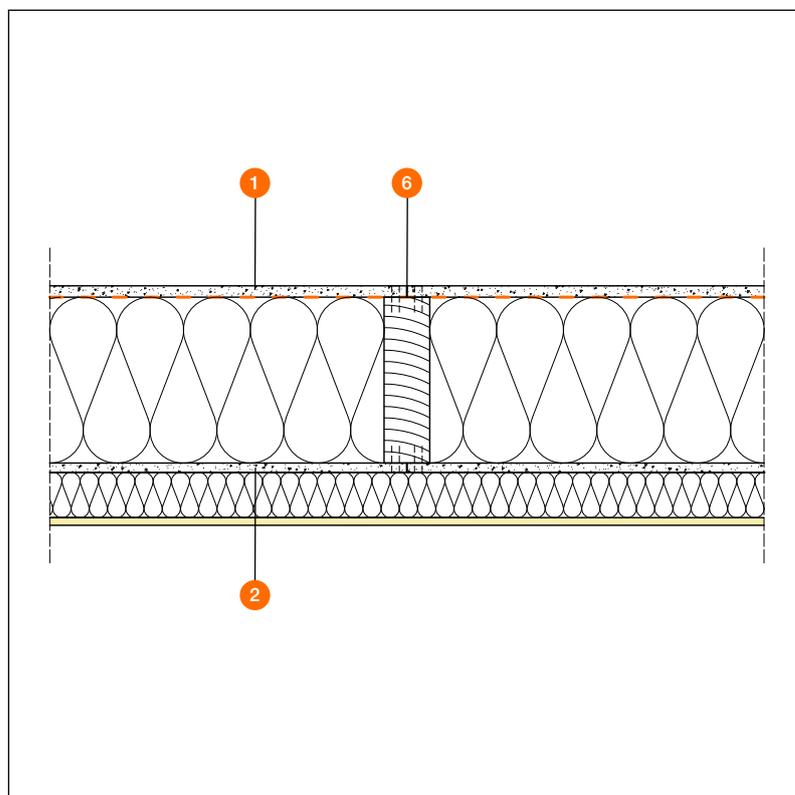
- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 10 Caja de enchufes (sellado con cinta)
Alternativa: caja de enchufes estanca.
Los cables eléctricos hay que sellarlos adecuadamente.

Las instalaciones no deben dañar la lámina de la barrera de vapor de la placa fermacell® Vapor. En la perforación con sierras de corona recomendamos por ejemplo utilizar taladros sin muelle para que la tensión del muelle no dañe la barrera de vapor.



Ejecución de juntas verticales

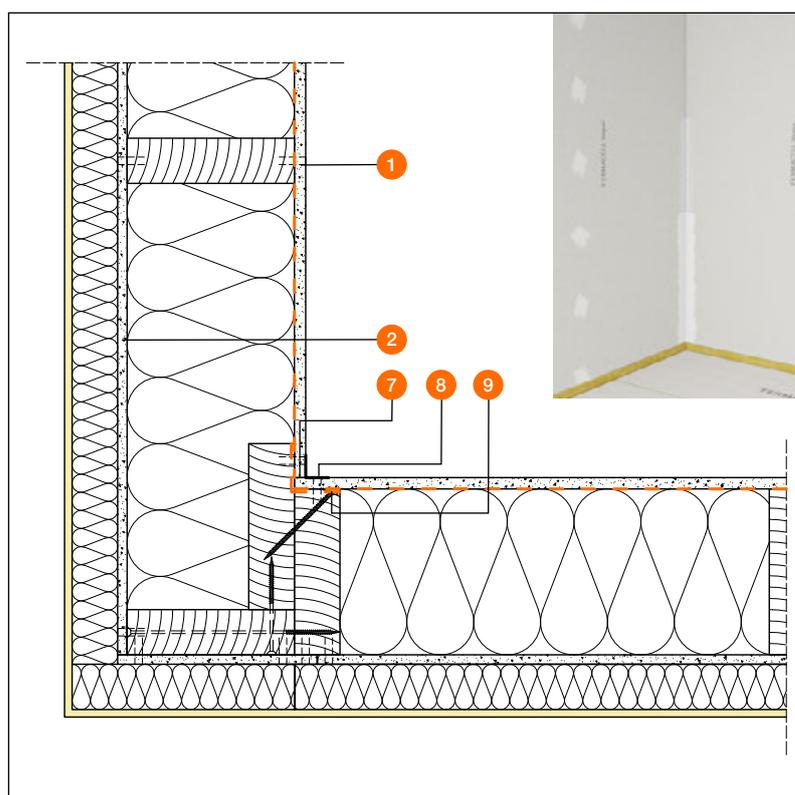
- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 6 Junta pegada fermacell™
 - Ancho de junta ≤ 1 mm



Esquina exterior

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 7 Panel de fibra yeso fermacell®,
rejuntado a testa
 - Ancho de junta ≤ 1 mm
- 8 Cinta de papel
- 9 Barrera de vapor (tira),
■ colocada previamente

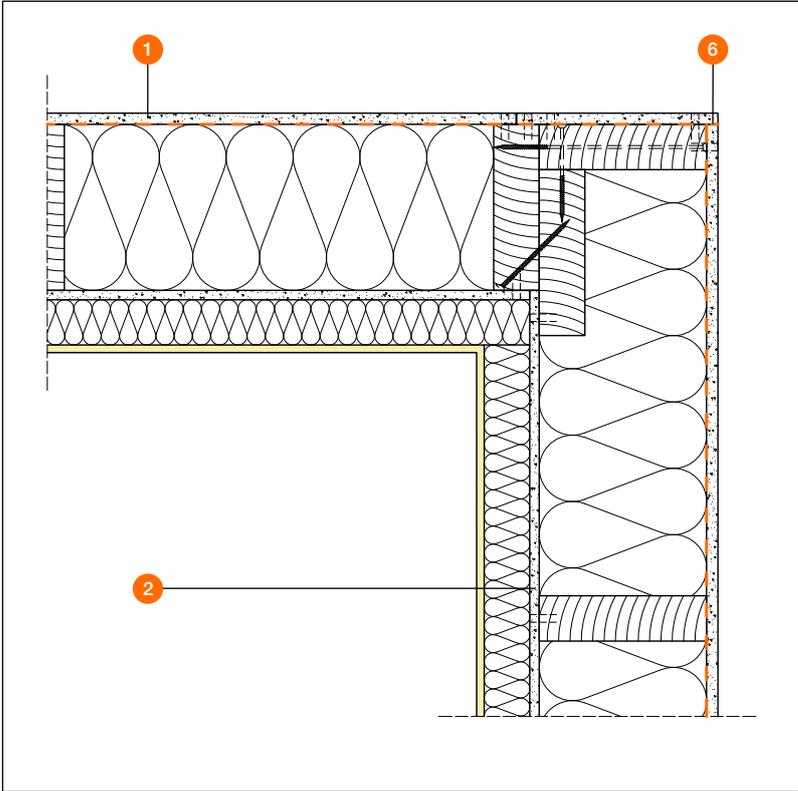
La estanqueidad al aire en esquinas exteriores de módulos prefabricados de entramado de madera puede conseguirse por ejemplo con cintas de sellado pre-comprimidas, teniendo en cuenta el grado de compresión.



Esquina interior

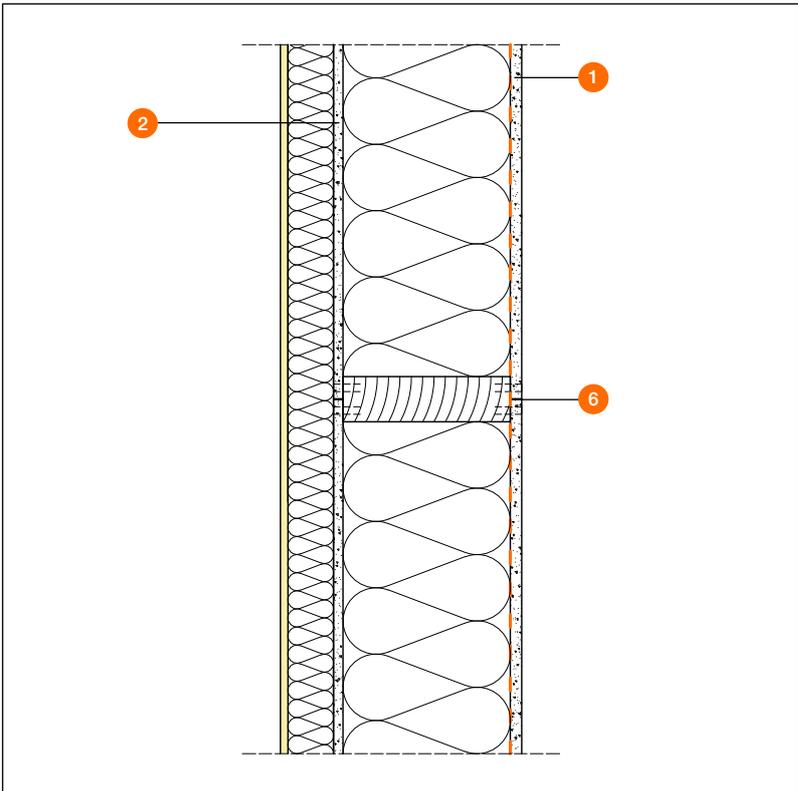
- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 6 Junta pegada fermacell™
 - Ancho de junta ≤ 1 mm

Para unir placas fermacell® Vapor en esquinas interiores (junta pegada), es necesario eliminar la barrera de vapor en la parte de la unión.



Junta horizontal

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 6 Junta pegada fermacell™
 - Ancho de junta ≤ 1 mm

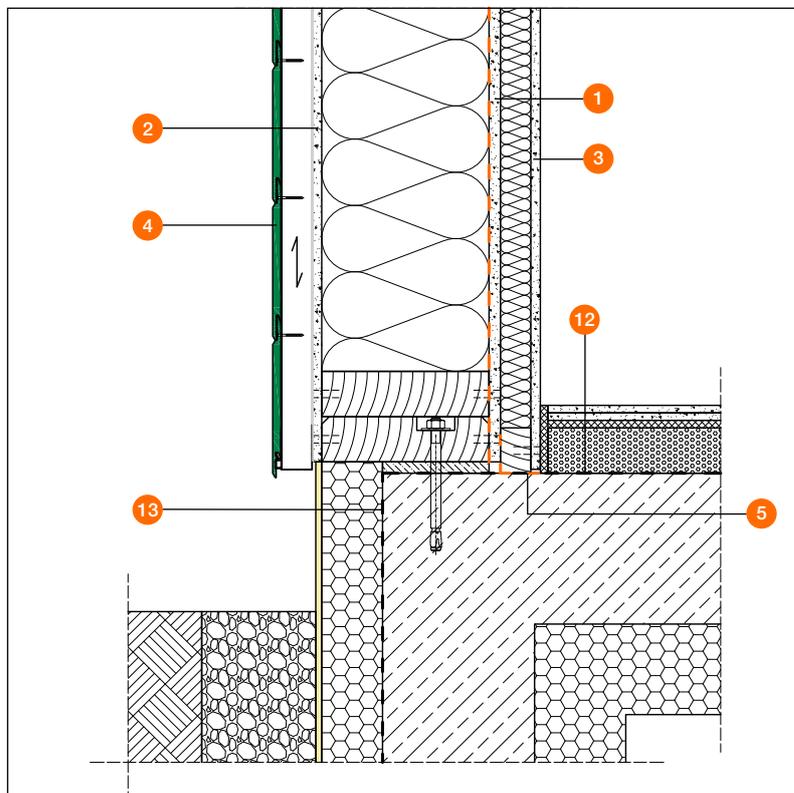


Detalles fermacell® Vapor – Panelado directo con trasdosado para instalaciones

Zócalo

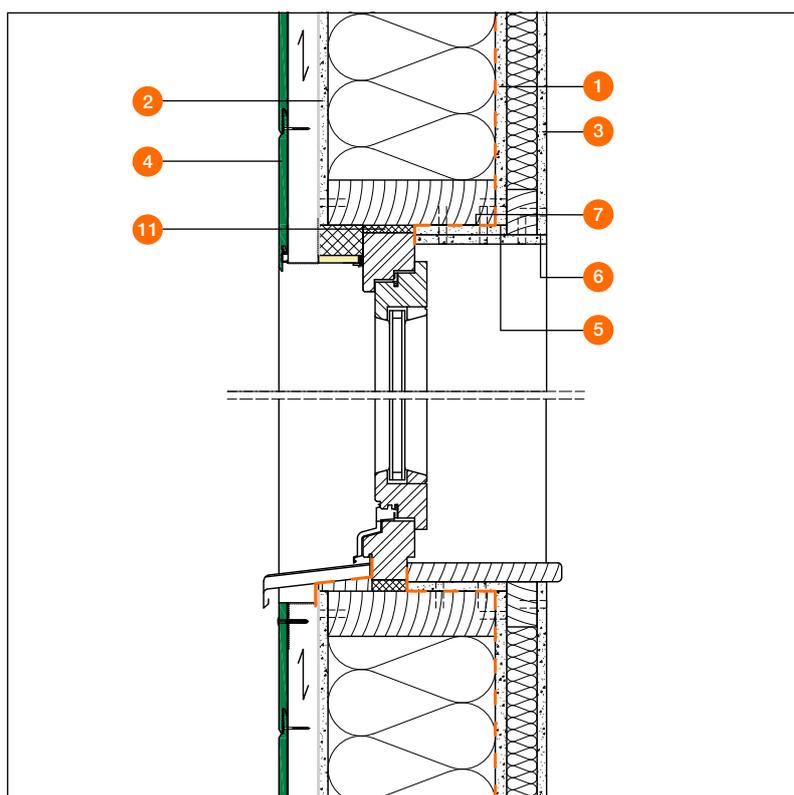
- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
■ Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 3 fibra yeso fermacell®
- 4 Hardie® VL Plank
■ Sobre rastreles de madera ventilado
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 12 Barrera contra la humedad
- 13 Lámina bituminosa

La transición de la solera o del forjado de sótano al cerramiento se sella con una cinta autoadhesiva adecuada, debajo del suelo.



Ventana

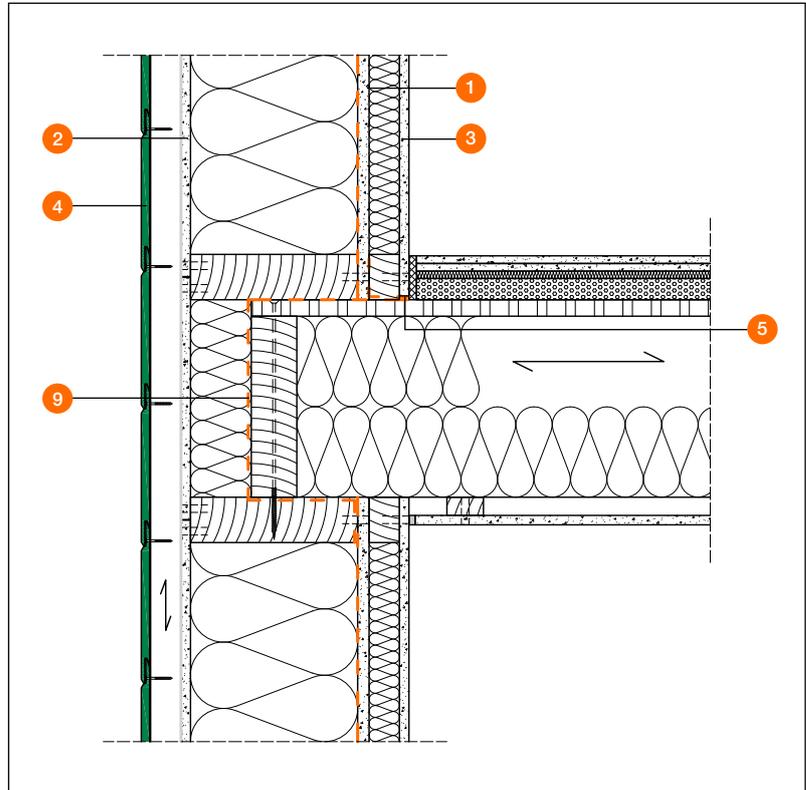
- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
■ Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 3 fibra yeso fermacell®
- 4 Hardie® VL Plank
■ Sobre rastreles de madera ventilado
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 6 Junta pegada fermacell™
■ Ancho de junta ≤ 1 mm
- 7 Panel de fibra yeso fermacell®,
rejuntado a testa
■ Ancho de junta ≤ 1 mm
- 11 Cinta compresible
Elementos como puertas y ventanas que se insertan en cerramientos de entramado de madera se sellan contra la capa de estanqueidad mediante cintas autoadhesivas destinadas para ello, por ejemplo con la cinta fermacell™ AWS Tape.



Forjado

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior
(SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 3 fibra yeso fermacell®
- 4 Hardie® VL Plank
 - Sobre rastreles de madera ventilado
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 9 Barrera de vapor (tira),
 - Colocada previamente

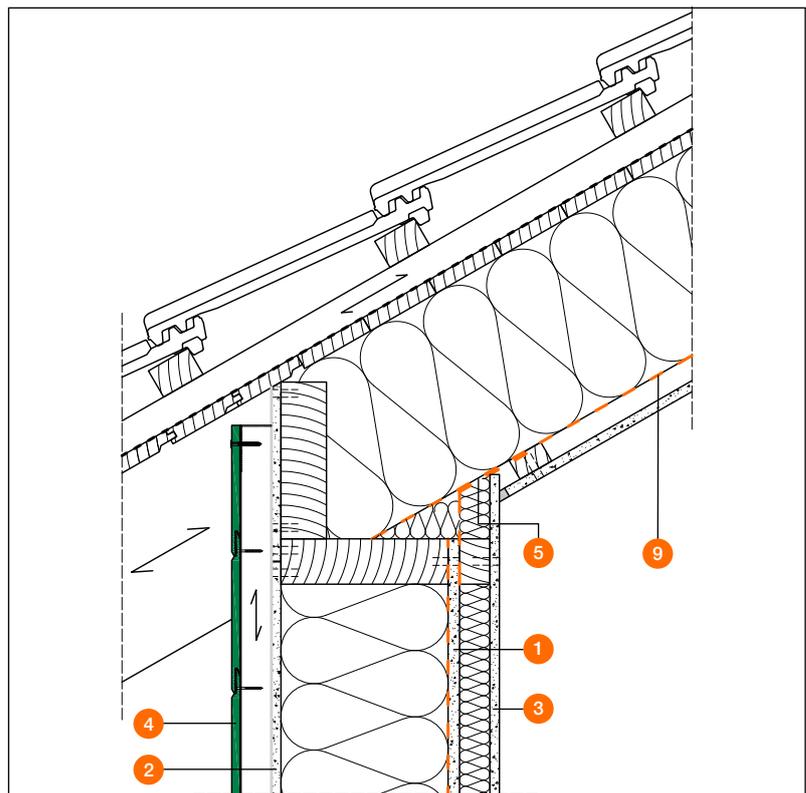
En la zona del encuentro con el forjado es necesario asegurar la continuidad de la capa de estanqueidad al aire. Eso se puede conseguir con una lámina de estanqueidad adecuada (transpirable o no transpirable).



Cubierta inclinada

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior
(SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 3 fibra yeso fermacell®
- 4 Hardie® VL Plank
 - Sobre rastreles de madera ventilado
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 9 Barrera de vapor

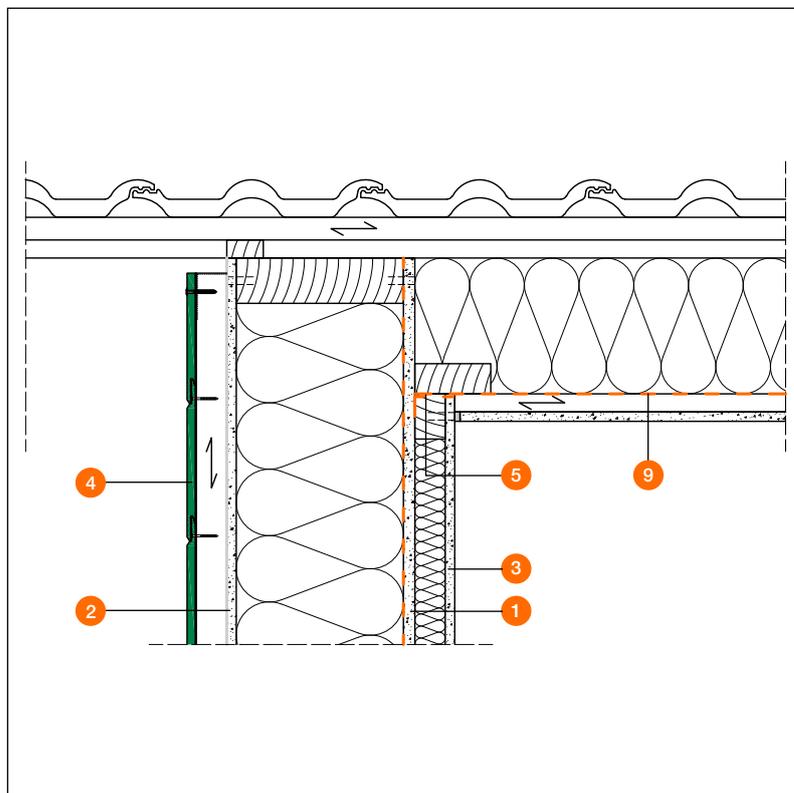
La estanqueidad al aire (barrera de vapor o freno de vapor) debe instalarse de forma muy meticulosa y generosa, dejando juego en los encuentros de las esquinas para evitar tensiones que puedan hacer que fissure, lo cual podría conllevar al daños por humedades (condensaciones y pérdida de aislamiento térmico).



Hastiales

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
■ Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 3 fibra yeso fermacell®
- 4 Hardie® VL Plank
■ Sobre rastreles de madera ventilado
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 9 Barrera de vapor

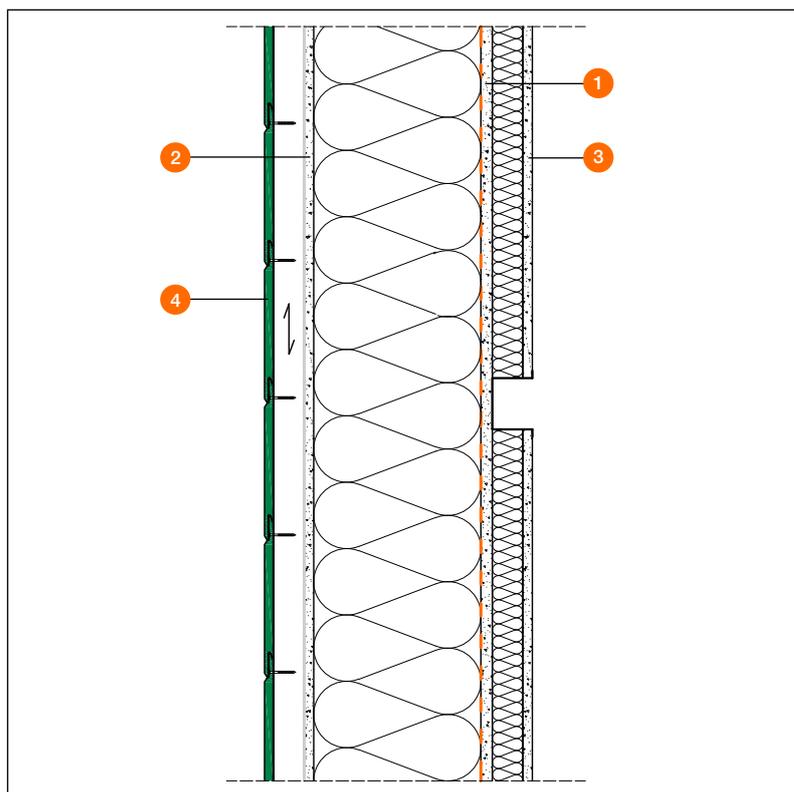
La barrera o freno de vapor asume a su vez la función de estanqueidad al aire. El encuentro con el cerramiento se realiza de forma estanca. La transición a la cubierta se debe realizar de forma estanca.



Caja de enchufes

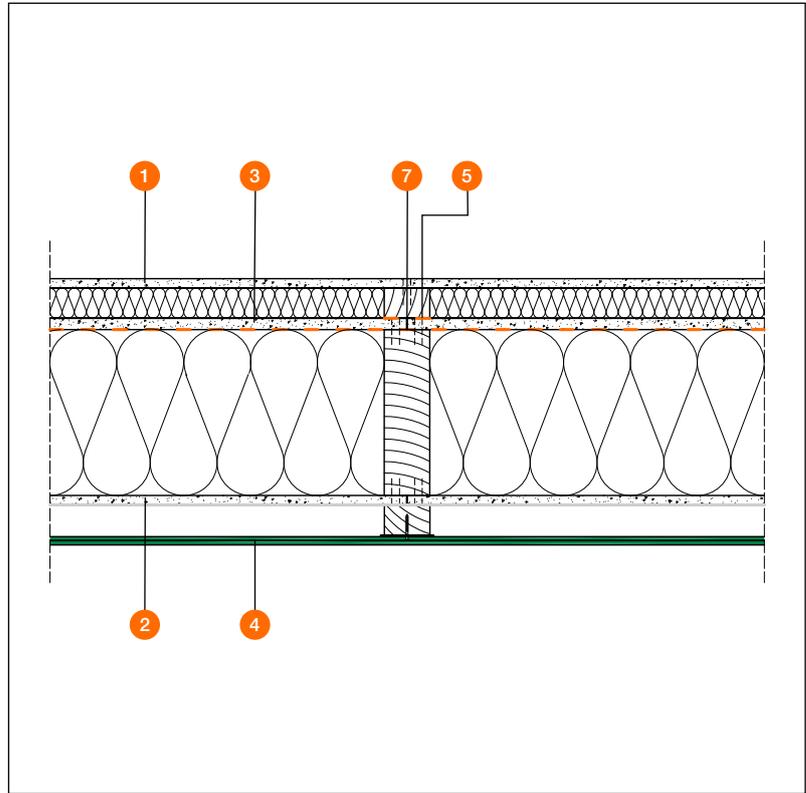
- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
■ Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 3 fibra yeso fermacell®
- 4 Hardie® VL Plank
■ Sobre rastreles de madera ventilado

Las instalaciones no deben dañar la lámina de la barrera de vapor de la placa fermacell® Vapor. En la perforación con sierras de corona recomendamos por ejemplo utilizar taladros sin muelle para que la tensión del muelle no dañe la barrera de vapor.



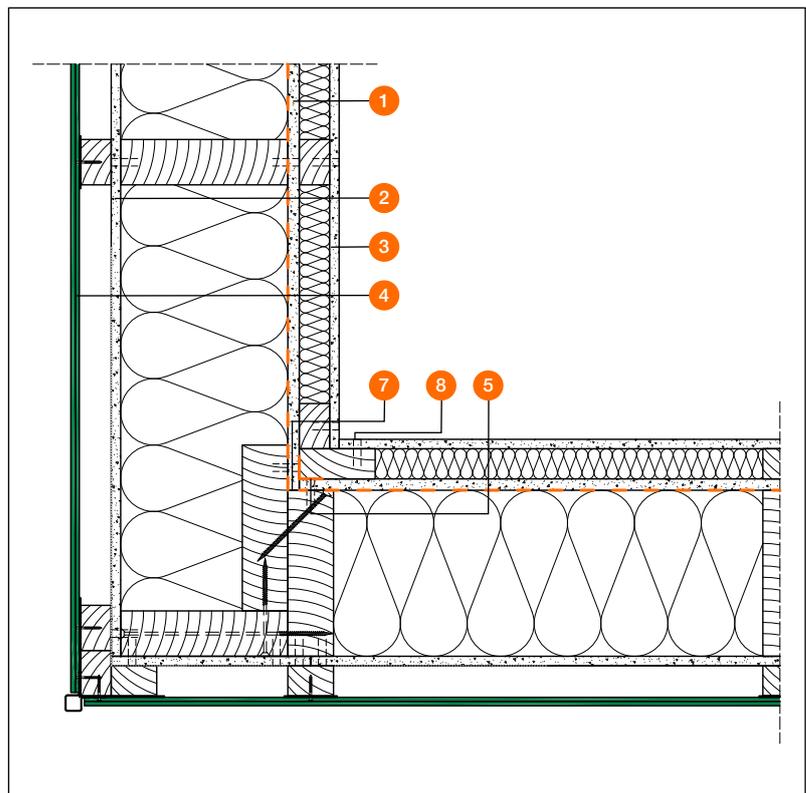
Juntas verticales

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior
(SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 3 fibra yeso fermacell®
- 4 Hardie® VL Plank
 - Sobre rastreles de madera ventilado
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 7 Panel de fibra yeso fermacell®,
rejuntado a testa
 - Ancho de junta ≤ 1 mm

**Esquina exterior**

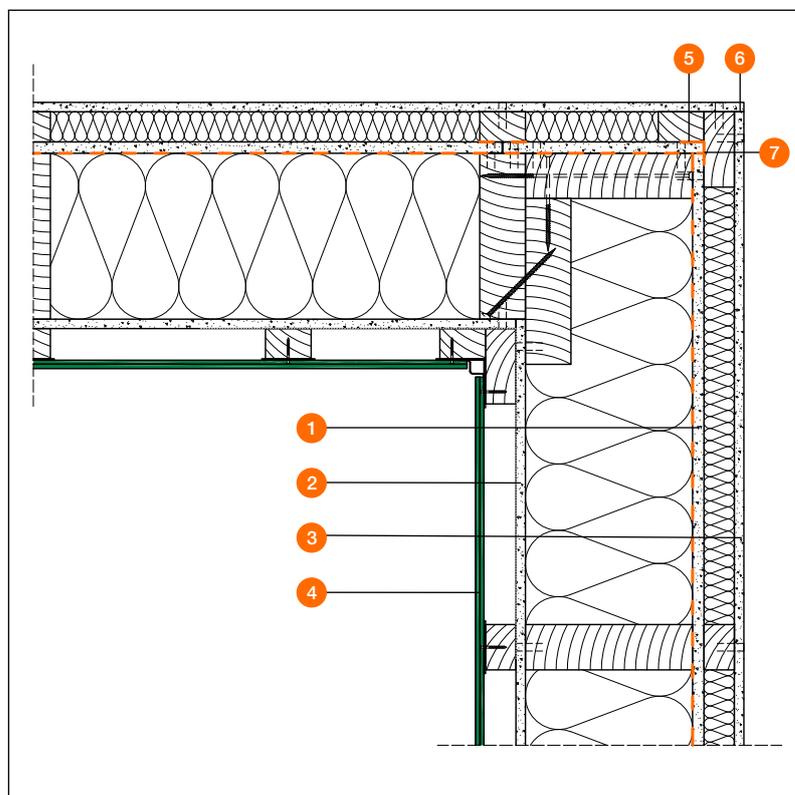
- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior
(SATE)
 - Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 3 fibra yeso fermacell®
- 4 Hardie® VL Plank
 - Sobre rastreles de madera ventilado
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 7 Panel de fibra yeso fermacell®,
rejuntado a testa
 - Ancho de junta ≤ 1 mm
- 8 Cinta de papel

La estanqueidad al aire en esquinas exteriores de módulos prefabricados de entramado de madera puede conseguirse por ejemplo con cintas de sellado precomprimidas, teniendo en cuenta el grado de compresión. Si se realiza un trasdosado para el paso de instalaciones también es posible sellar la esquina entrante.



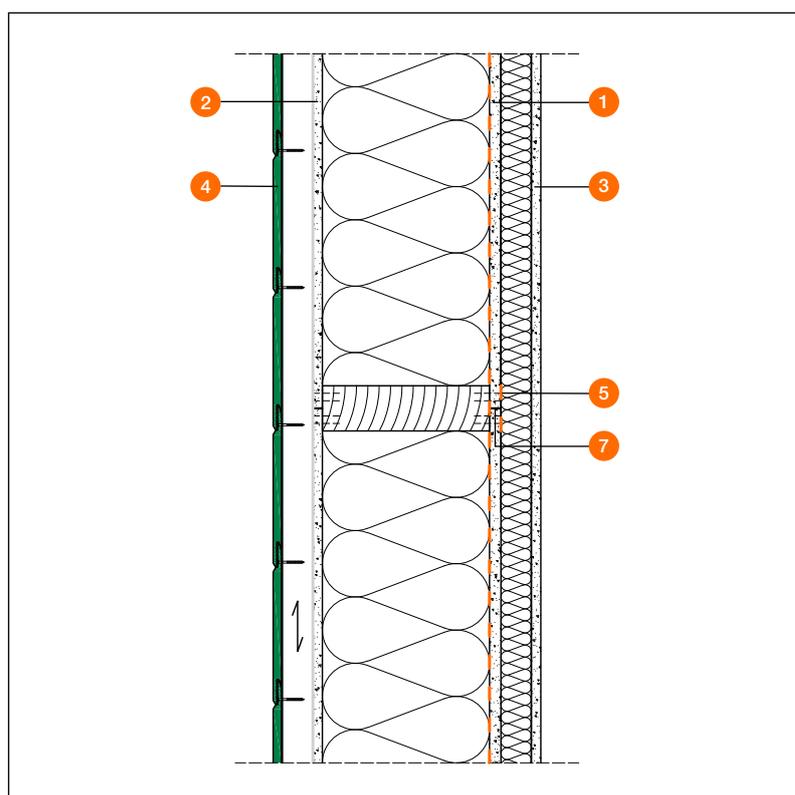
Esquina interior

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
■ Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 3 fibra yeso fermacell®
- 4 Hardie® VL Plank
■ Sobre rastreles de madera ventilado
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 6 Junta pegada fermacell™
■ Ancho de junta ≤ 1 mm
- 7 Panel de fibra yeso fermacell®,
rejuntado a testa
■ Ancho de junta ≤ 1 mm



Junta horizontal

- 1 fermacell® Vapor
- 2 fibra yeso fermacell®
Sistema de aislamiento exterior (SATE)
■ Empleo exterior/CLS2
(ver clases de servicio, página 38)
- 3 fibra yeso fermacell®
- 4 Hardie® VL Plank
■ Sobre rastreles de madera ventilado
- 5 fermacell™ Tape AWS
- 7 Panel de fibra yeso fermacell®,
rejuntado a testa
■ Ancho de junta ≤ 1 mm



2.8 Acabados

2.8.1 Niveles de acabado

■ En el ámbito de la construcción seca se han establecido unas reglas de cómo se deben clasificar los niveles de acabado de las superficies (UNE 102043, Anexo A Apartado A.1.)

- Hay que resaltar, al igual que viene definido en la normativa referenciada, que las condiciones de luminosidad no suelen ser constantes, por lo que una evaluación clara e inequívoca de los trabajos en seco solo se puede hacer si la situación de luminosidad ha sido definida antes de realizar los trabajos de emplastecido. En consecuencia, las condiciones de luminosidad deben ser objeto de acuerdo en el contrato.
- Si en el proyecto no existe ninguna descripción y especificación del nivel de calidad exigido, se considera por defecto que se acuerda el nivel de calidad Q2 para paramentos pintados y Q1 para paramentos alicatados.

Niveles de calidad Q1-Q4 (según UNE 102043)*

Niveles de acabado sobre tabiquería seca

| Cat. | Nivel de acabado | Indicado para | Comentario |
|------|------------------|---|--|
| Q1 | Básico | Requisitos decorativos bajos | El material de juntas que sobresalga debe ser eliminado. Se admiten marcados, estrías y rebabas condicionados por las herramientas. |
| Q2 | Estándar | Recubrimientos de textura media o gruesa, pinturas y revestimientos de relleno (pinturas de dispersión o gotelé). Acabados con granulometría > 1 mm | No deben quedar marcas visibles de trabajo ni rebabas. Si hace falta, se lijan las zonas emplastecidas. No pueden descartarse contrastes, especialmente bajo los efectos de la luz rasante |
| Q3 | Alta | Revestimientos de textura fina, pinturas o revestimientos lisos. Acabados con granulometría < 1 mm | No deben quedar marcas visibles de trabajo ni rebabas. Si hace falta, se lijan las zonas emplastecidas. No pueden descartarse del todo los contrastes, especialmente bajo luz rasante. Los contrastes en todo caso serán menores comparados con el nivel de calidad estándar (Q2). |
| Q4 | Máxima | Paramentos lisos brillantes, papeles pintados, vinílicos, metalizados, barnices. | El tratamiento debe cumplir los requisitos más exigentes, minimizando la posibilidad de contrastes en superficie y juntas, aunque no se descartan del todo. Deben tenerse en cuenta los límites de las posibilidades de trabajo. |

* La tabla resume los conceptos de los niveles de calidad de la normativa. Para información más detallada, rogamos consultar la normativa.



2.8.2 Preparación del soporte

Antes de que el pintor, empapelador o alicatador comience su trabajo, debe comprobar la superficie del tabique. La superficie y las juntas deben estar secas y estables y no deben tener manchas ni polvo. Los siguientes puntos se deben tener en cuenta:

- Eliminar cualquier resto de yeso, mortero o similares;
- Emplastecer cualquier fisura, junta o similares con masilla o pasta para juntas fermacell™;
- Alisar las zonas donde se ha aplicado masilla y, dado el caso, lijar;
- Dejar secar de forma uniforme todos los paneles, juntas y zonas con masilla;
- Retirar cualquier rastro de polvo.

Sólo habrá que hacer otros tratamientos cuando el tipo de acabado lo requiera, por ejemplo, en el caso de enlucidos finos o estructurales, aplicación de pinturas o de azulejos. Se deben utilizar imprimaciones de bajo contenido en agua. En el caso de sistemas de varias capas se deberán respetar los tiempos de curado de los fabricantes.

2.8.3 Condiciones en la obra

Asegúrese de que la humedad de los paneles de fibra yeso fermacell® no supere el 1,3 %. Esta humedad se puede alcanzar en 48 horas si durante ese tiempo hay una humedad menor del 70 % y una temperatura de más de 15 °C.

Todos los solados y enlucidos realizados deben estar secos. La superficie debe estar libre de polvo.

2.8.4 Pintura

Los paneles de fibra yeso fermacell® se pueden pintar con todas las pinturas comunes, como pinturas al látex, de dispersión o esmaltes. Las pinturas minerales, como las pinturas a la cal o al silicio, sólo se pueden utilizar sobre paneles fermacell® cuando el fabricante de estas pinturas haya autorizado su uso para paneles de yeso. En el caso de las pinturas al látex se debe tener en cuenta su capacidad de cubrición. Se utilizarán rodillos de piel de cordero o de espuma según el tipo de pintura.

Para conseguir superficies de gran calidad, como acabados brillantes o pulimentados sin estructura, se deberá elegir un nivel de calidad de acabado superior y seguir los pasos indicados en la página anterior.

La pintura se debe aplicar por lo menos a dos manos. En todo caso se recomienda hacer una aplicación de prueba y seguir las instrucciones del fabricante.

2.8.5 Empapelado

Todos los productos de empapelado (incluso los de fibra gruesa) se pueden aplicar con cola para empapelar común. En reformas la retirada del empapelado antiguo no genera daños en la superficie de los paneles.

Solo se requiere una imprimación de los paneles de fibra yeso fermacell®:

- Cuando lo recomiende el fabricante (independientemente del tipo de material de empapelar);
- Cuando se van a empapelar materiales impermeables, como el vinilo.



Empapelado

2.8.6 Enlucidos finos

Si las superficies se revisten con enlucidos finos (máx. 4 mm de espesor) y se han realizado juntas enmasilladas (tanto las juntas abiertas como las juntas de placas de borde rebajado) se deberá realizar previamente un armado de la junta con la cinta de armado fermacell™. Se adhiere con cola blanca (cola PVAC) sin empastado posterior. Las juntas pegadas no necesitan de armado adicional.

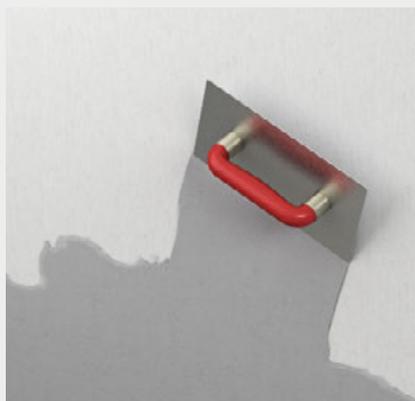
En el área de las uniones de esquinas y paredes, el enlucido estructural delgado se debe separar con un corte de llana.

Enlucidos finos aptos para placas de yeso/fibra yeso con aglutinantes minerales así como revocos en base a resinas sintéticas, se pueden utilizar según las instrucciones de uso del fabricante. Se recomienda utilizar las imprimaciones correspondientes y exclusivas de cada tipo de enlucido.

2.8.7 Alicatado

Sobre los paneles fermacell® es posible colocar sin problemas todo tipo de baldosas cerámicas y sintéticas con un mortero cola flexible apto para soportes tipo PYL (hasta un peso máximo de 50 kg/m² incluyendo el peso del mortero cola). Otros adhesivos pueden ser válidos según las indicaciones del fabricante.

Será necesario realizar una imprimación cuando así lo indiquen las instrucciones del fabricante. Dicha imprimación debe secarse (normalmente tras 24 horas) antes de colocar las baldosas. Se deben utilizar adhesivos para baldosas de bajo contenido de agua, por ejemplo, el cemento cola para alicatado fermacell™. Las baldosas no deben humedecerse previamente.



Enlucidos finos



Pintado



Alicatado

2.9 Paneles de fibra yeso en zonas húmedas

Resistencia a la humedad

El carácter de panel macizo, siendo una mezcla de yeso y celulosa reciclada altamente comprimida, hace que los paneles de fibra yeso tengan una resistencia muy elevada, tanto a nivel estructural como a las humedades.

Por su estructura y composición las placas fermacell® no son propensas a la aparición de moho superficial bajo condiciones de alta humedad y no se ven afectadas de forma irreversible al estar expuestas a la intemperie (los paneles recuperan su resistencia al secarse).

Estas características las diferencian claramente de los paneles de cartón yeso, sean del tipo A o H1 y permiten el uso tanto en zonas húmedas interiores como en fachadas (panelado exterior con exposición directa a la intemperie en fase de obra, posteriormente protegido - ver capítulo 2.11).

Ventajas de los paneles de fibra yeso fermacell®

De igual forma y con las medidas oportunas, con los paneles de fibra yeso fermacell® se puede iniciar la instalación de tabiquería antes de la finalización de las fachadas, Esto supone una gran ventaja en cuanto a plazo y ahorro económico en la ejecución de muchos proyectos.

Por todo lo anterior se puede confirmar que los paneles de fibra yeso fermacell® tienen un mejor comportamiento frente a la humedad y frente al agua que los paneles convencionales de yeso laminado (tipo A o H1).

Tratamientos adicionales en zonas húmedas

En consecuencia y como conclusión no se requiere ningún tratamiento adicional en las zonas expuestas al agua que el necesario para los paneles impregnados (tipo H1) de yeso laminado en función del grado de exposición a la humedad.

2.10 Fijación de cargas en los tabiques y falsos techos fermacell™

2.10.1 Fijación de cargas ligeras a tabiques

Las cargas puntuales ligeras a rasante del tabique, por ejemplo, cuadros u objetos decorativos, pueden fijarse directamente al panelado de fibra yeso fermacell® con elementos de fijación convencionales sin necesidad de refuerzos.

Se pueden utilizar piezas metálicas en forma de gancho fijadas mediante clavos. Las cargas máximas admisibles están reflejadas en la tabla, respetando un factor de seguridad de 2 (carga permanente con una humedad relativa de 85 %).

Ligeras cargas puntuales a rasante en paneles de fibra yeso fermacell®

| Ganchos metálicos fijados mediante clavos ¹⁾ | Carga máxima admisible en kg por gancho metálico para diferentes espesores de placa ²⁾ | | | | |
|---|---|---------|-------|-------|------------|
| | 10 mm | 12,5 mm | 15 mm | 18 mm | 10+12,5 mm |
|  | 15 | 17 | 18 | 20 | 20 |
|  | 25 | 27 | 28 | 30 | 30 |
|  | 35 | 37 | 38 | 40 | 40 |

¹⁾ Resistencia a rotura del gancho según el fabricante. Fijación del gancho a panel (no a subestructura).

²⁾ Factor de seguridad 2 (carga permanente, humedad relativa hasta 85 %).

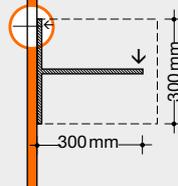
Los valores de carga indicados se pueden sumar cuando las distancias entre los tacos sean superiores o iguales a 50 cm.

En caso de distancias menores, se asigna a cada taco un 50 % de la carga máxima admisible.

En tabiques con panelado simple, si las cargas superan los 0,4 kN/m, las juntas horizontales deberán ser del tipo junta pegada o en caso contrario se deberá reforzar con una tira de placa que cubra la junta en el interior de la cámara.

Cargas mayores deberán justificarse individualmente.

Carga excéntrica, ménsula instalada de forma centrada entre los montantes de la subestructura



Cargas excéntricas (excentricidad 30 cm) ligeras y medianas en paneles de fibra yeso fermacell®

| Espesor de paneles | | Carga excéntrica máxima admisible de cada fijación en kg ¹⁾ en función del espesor del panel de fibra yeso fermacell® ^{1) 3)} | | | | | |
|---|---|---|---------|-------|-------|----------|------------|
| | | 10 mm | 12,5 mm | 15 mm | 18 mm | 10+10 mm | 12,5+10 mm |
| Taco para pared hueca ²⁾ |  | 40 | 50 | 55 | 55 | 50 | 60 |
| Tornillo con rosca continua, diám. 5 mm |  | 20 | 30 | 30 | 35 | 30 | 35 |

¹⁾ Factor de seguridad 2

²⁾ Consulte las indicaciones del fabricante de los tacos

³⁾ Distancia entre montantes $\leq 50 \times$ espesor de panel. Las cargas se pueden ir sumando si se respeta una distancia mínima de 50 cm entre tacos.

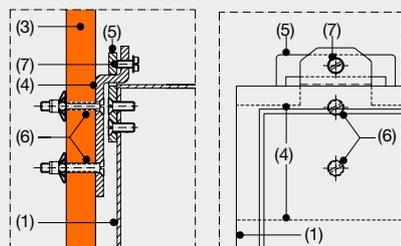
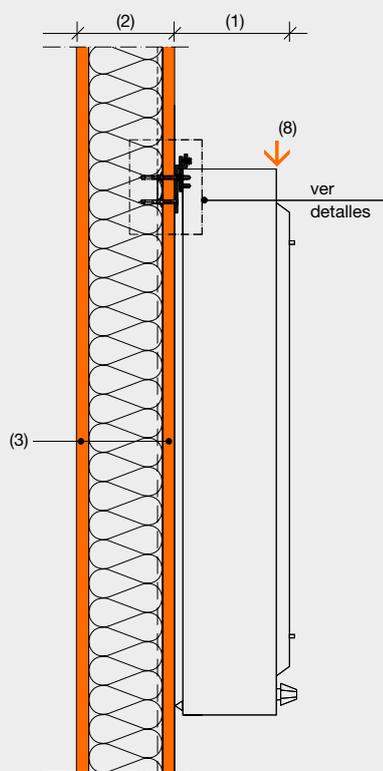
2.10.2 Fijación de cargas excéntricas ligeras y medianas a tabiques

Las cargas excéntricas ligeras y medianas, como estanterías, armarios colgantes, vitrinas, tableros, etc. pueden ser transmitidas a los tabiques a través de fijaciones directas a los paneles de fibra yeso fermacell®, empleando tornillos o tacos para soportes de materiales huecos habituales en el mercado, sin tener que recurrir a subestructuras auxiliares como perfiles horizontales. Estos tacos suelen ser productos que se colocan en el hueco

taladrado y se abren en la parte trasera del panel al apretar el tornillo. Deben respetarse las indicaciones del fabricante respecto al diámetro del taladro y las dimensiones del tornillo.

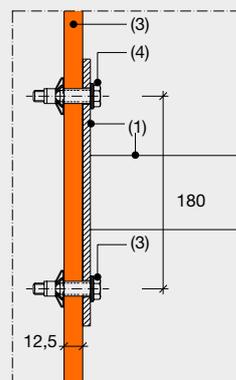
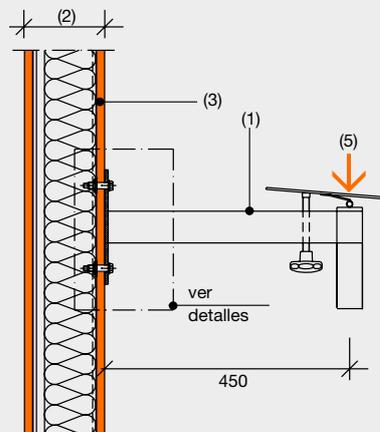
Alternativamente es posible fijar las cargas excéntricas ligeras y medianas a través del panelado directamente a los montantes o a otras estructuras adecuadas o refuerzos adicionales colocados en la cámara del tabique (consulte para ello el apartado „Montaje de soportes para sanitarios” en este mismo capítulo).

Ejemplos de fijación de objetos suspendidos con tacos para materiales huecos



Ejemplo: equipo de rayos X

- (1) Equipo de rayos X
- (2) Tabique fermacell™
- (3) Paneles de fibra yeso fermacell® de 12,5mm
- (4) Carril de sujeción
- (5) Gancho de fijación del equipo
- (6) Taco para pared hueca con tornillos M 4
- (7) Tornillo de fijación
- (8) Carga admisible según la tabla (cargas en ménsula ligeras y medianas)



Ejemplo: ménsula de monitor o televisión

- (1) Ménsula, fijación a la pared con 4 tacos
- (2) Tabique fermacell™
- (3) Paneles de fibra yeso fermacell® de 12,5mm
- (4) Taco metálico para pared hueca con tornillos M 8
- (5) Carga límite para la fijación:
 - en mitad del panel 140 kg
 - junto a los perfiles CW 180 kg

(Dimensiones en mm)

2.10.3 Fijación de cargas a falsos techos

La fijación de cargas a los techos suspendidos o falsos techos con paneles de fibra yeso fermacell® no representa ningún problema. Para ello se recomienda utilizar los tacos de vuelco o tacos autoexpansibles con resorte de metal. Ligeras cargas permanentes también se pueden fijar directamente con tornillos de 5mm de diámetro con rosca continua. La subestructura del falso techo debe ser capaz de soportar estas cargas.

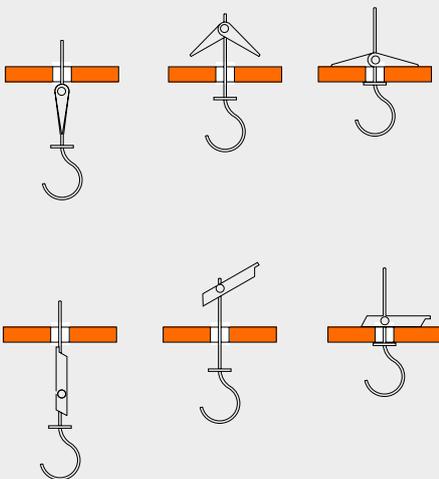
La siguiente tabla muestra las cargas admisibles por material de fijación para cargas de tracción axial.

| Cargas en el techo fijadas con tacos o tornillos ¹⁾ | Carga máxima admisible para suspensiones puntuales en kg ¹⁾ según el espesor del panel fermacell® en mm ^{1) 2)} | | | | |
|--|---|--------|------|---------|-------------|
| | 10mm | 12,5mm | 15mm | 10+10mm | 12,5+12,5mm |
| Taco de vuelco por gravedad ³⁾ | | | | | |
| Taco de vuelco autoexpansible ³⁾ | 20 | 22 | 23 | 24 | 25 |

¹⁾ Factor de seguridad 2.

²⁾ Distancia entre soportes de la estructura ≤ 35 veces el espesor de panel. Fijación de los paneles a la estructura con tornillos.

³⁾ Respetar las instrucciones del fabricante de los tacos.

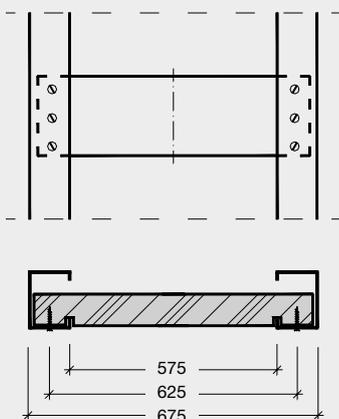


Tacos para cargas de tracción axial (tacos de vuelco o autoexpansibles con resorte)

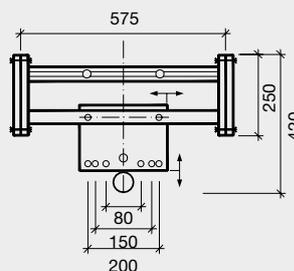
2.10.4 Estructuras auxiliares para la fijación de sanitarios

Para la fijación de cargas en ménsula pesadas y dinámicas, como por ejemplo equipos sanitarios (lavabos, retretes suspendidos en pared, cisternas empotradas, bidés o urinarios), es necesario colocar estructuras auxiliares suficientemente dimensionadas en los tabiques o trasdosados correspondientes.

Los equipos sanitarios ligeros se pueden fijar a carriles metálicos o listones de madera de mín. 40 mm de espesor, instalados en horizontal. En tal caso se debe realizar una unión rígida y resistente de estos elementos a los montantes CW verticales. Para ello, los perfiles se deberán colocar con la parte abierta hacia el elemento portante y atornillarse al elemento portante por el alma o las alas del perfil según el tipo y modelo de perfil. Los elementos portantes se deben colocar de forma que queden en contacto directo con la cara interna del panelado fermacell®. Para ello los elementos portantes deberán tener unas muescas debido a las pestañas entrantes del extremo de alas de los montantes de la tabiquería.



Tablón o placa de sujeción para lavabos ligeros (dimensiones en mm)



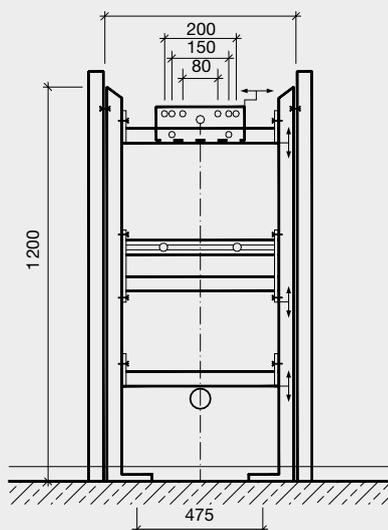
Travesaño para lavabos ligeros (dimensiones en mm)

Elementos sanitarios muy pesados se deben fijar a travesaños o a bastidores prefabricados. Existe una gran variedad de sistemas en el mercado que, por lo general se suministran como bastidores metálicos de acero galvanizado de una pieza o de varias piezas que se pueden ajustar en sus medidas. Los bastidores se insertan entre los montantes CW del tabique y se fijan a éstos y al suelo según las instrucciones del fabricante.

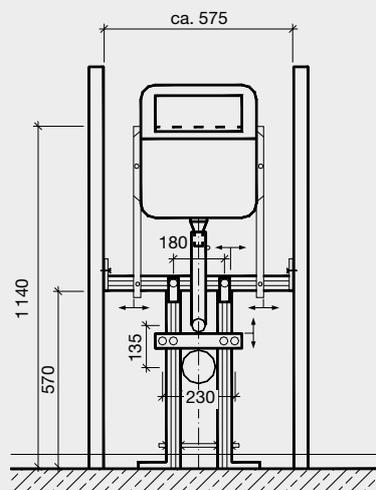
La fijación al suelo debe hacerse al forjado y en ningún caso al suelo flotante. Aparte el elemento de soporte debe fijarse de forma que quede pegado al borde delantero de los montantes.

En el caso de cargas excéntricas muy elevadas, sanitarios de uso frecuente o tabiques de gran altura, es recomendable emplear montantes de 2 mm de espesor fijados a los forjados mediante angulares metálicos (únicamente los montantes que limitan con el elemento sanitario).

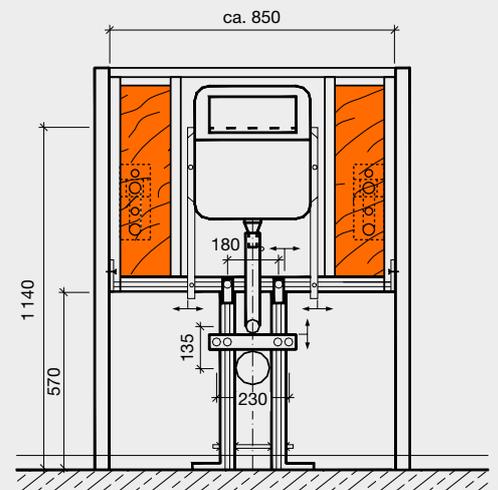
Si se fijan cargas excéntricas especialmente elevadas a tabiques fermacell™ de subestructura doble, tabiques dobles fermacell™, los perfiles CW verticales se deberán unir entre sí a cada tercio de su altura con cartelas (tiras de panel fermacell®).



Elemento portante para lavabos, urinarios o sumideros (dimensiones en mm)



Elemento portante para WC con cisterna externa (dimensiones en mm)



Elemento portante para WC con cisterna externa y la posibilidad de fijar asas abatibles (dimensiones en mm)

2.11 Panelado exterior fibra yeso fermacell®

■ Protección contra la intemperie

Protección frente a la intemperie

Si los paneles de fibra yeso fermacell® se emplean como panelado exterior en cerramientos, es necesario instalar un sistema que dé protección de la intemperie. En esta aplicación se usan exclusivamente paneles fermacell® con el canto recto.

Esto pueden ser fachadas ventiladas, sistemas de aislamiento térmico exterior (SATE) o una segunda hoja de ladrillo cara vista. Los paneles de fibra yeso fermacell® se pueden emplear en las clases de servicio 1 y 2 según indicado en la ETE 03/0050. Estas clases de servicio están definidas en el CTE y en el EC5 y cubren el ámbito interior (clase 1) y el ámbito exterior protegido (clase 2).

En cualquier caso debe evitarse una penetración de agua a la construcción. Mientras que los sistemas SATE ya aportan la estanqueidad al aire y agua, al ofrecer un revestimiento continuo en toda la superficie, en las fachadas ventiladas es necesario disponer una lámina impermeable y transpirable sobre el panel de fibra yeso fermacell®. Para eliminar el riesgo de filtraciones puntuales también es importante sellar bien las fijaciones de las escuadras de la fachada ventilada a través del panel de fibra yeso.

Técnica de juntas

Los paneles de canto recto fermacell® se juntan a testa sin empleo de pegamento ni pasta de juntas. Las juntas verticales siempre deben coincidir con un montante. Para garantizar la estanqueidad al aire y agua (y aunque las capas posteriores puedan aportar esta funcionalidad), las juntas se sellan con la cinta autoadhesiva para el sellado de juntas fermacell™ AWS Tape.



- 1 Placa fibra yeso fermacell® o placa fermacell® Vapor
- 2 Montantes
- 3 Aislante
- 4 fibra yeso fermacell® 12,5 mm
- 5 Sistema SATE
- 6 Revoco (parte del sistema SATE)

| Categoría según EN 13986 | Clase de servicio según CTE | Humedad máxima de elementos de madera, u % |
|--------------------------|-----------------------------|--|
| Ámbito seco | 1 | 15 |
| Ámbito húmedo | 2 | 18 |
| Ámbito exterior | 3 | 21 |

Elementos de fijación

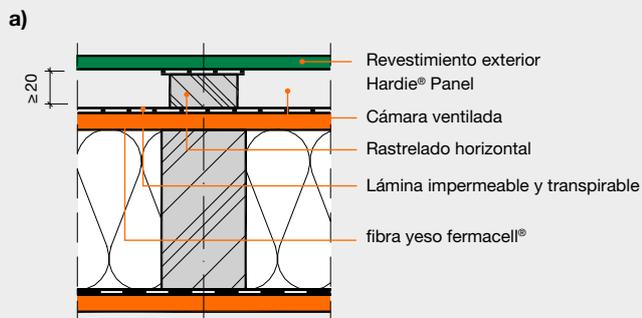
Los elementos de fijación deben cumplir los requerimientos mínimos para fijaciones de acero del tipo clavija definidos en el CTE teniendo en cuenta la clase de servicio (ver tabla 3.2 DB SE-M).

Sistemas de protección de la intemperie

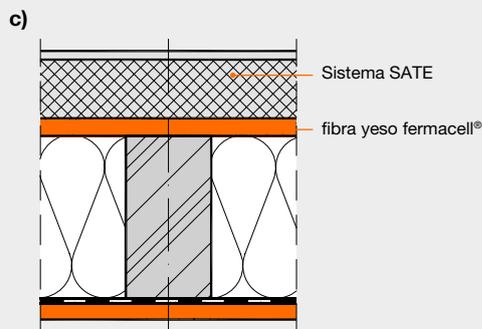
a) Fachada ventilada sobre subestructura de madera, de aluminio o de acero galvanizado. La cámara ventilada debe tener un espesor mínimo de 30mm según el CTE. Respetar el resto de indicaciones del CTE respecto a las fachadas ventiladas (DB HS).

b) Elementos de revestimiento de pequeño formato (por ejemplo listones, pizarra, cerámica, etc.) fijados a subestructura de madera, aluminio o acero galvanizado, con lámina impermeable en la cara interior, cámara entre pared y revestimiento de ≥ 20 mm no ventilada.

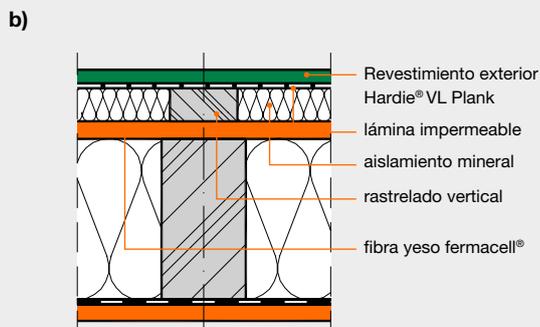
c) Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE) compatible



Protección frente a la intemperie: fachada ventilada



Protección frente a la intemperie: SATE



Protección frente a la intemperie: revestimiento discontinuo y cámara no ventilada

2.12 Panelado exterior fermacell® Powerpanel HD

- Aspectos técnicos
- Sistemas constructivos
- Protección de la intemperie
- Instalación
- Ejecución revestimiento
- Accesorios de sistemas de revoco
- Detalles de conexión
- Checklist visita de obra

Los cerramientos exteriores de entramados de madera tienen dos funciones principales (al margen de otros aspectos físicos constructivos):

- Resistencia estructural frente a cargas verticales y horizontales
- Protección frente a la intemperie (agua, aire y viento)

La aplicación de un sistema que da protección frente a la intemperie en muchos casos ya no es realizado por el carpintero/constructor de la estructura de madera. Por ello se genera un solape de trabajos de diferentes gremios que puede ser causa de problemas (entrega del elemento constructivo al siguiente gremio y plazos de entrega), que pueden perjudicar al elemento constructivo.

Con el desarrollo de los paneles fermacell® Powerpanel HD se generó un producto que cubre simultáneamente las siguientes funcionalidades exigibles a entramados exteriores:

- Resistencia estructural como panel arriostrante
- Resistencia a la intemperie sin revestimiento durante 6 meses (fase de obra)
- Resistencia a la intemperie duradera con un revestimiento de mortero directo

Los paneles fermacell® Powerpanel HD ofrecen una ventaja importante: con la técnica de juntas correspondiente se puede conseguir una protección de la intemperie de hasta 6 meses sin necesidad de protecciones adicionales, antes de aplicar el revestimiento de mortero final.

Con ello el constructor de la estructura de madera puede entregar a los siguientes gremios un edificio que tiene una protección de la intemperie temporal. Este es un aspecto interesante sobre todo en proyectos grandes que se ejecutan por partes de forma temporalmente desfasada.

Propiedades de paneles

Los paneles fermacell® Powerpanel HD son paneles sándwich en base a cemento y áridos aligerados (arcilla expandida en el núcleo y vidrio reciclado expandido en las capas superficiales) con fibras de vidrio de refuerzo, que se emplean como soporte para un acabado directo de mortero.

Los paneles tienen un color gris cementoso. En los bordes se aprecia claramente su estructura tipo sandwich con el árido aligerado de color marrón en el centro. La superficie frontal es lisa mientras que la trasera es ligeramente ondulada o presenta marcas del lijado para cumplir la tolerancia de espesor.

Gracias a la densidad baja del árido los paneles fermacell® Powerpanel HD tienen un peso relativamente reducido.

Más información:

en internet en www.fermacell.es en el documento

- [fermacell® Powerpanel HD Evaluación Técnica Europea ETA-13/0609](#)

Datos técnicos
ver página 13

| Formatos de placa Largo x Ancho x Espesor | nº de artículo | Peso superficial | Peso por placa | Peso por palet |
|---|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|
| en mm | | en kg/m ² | en kg | en kg |
| 1 000 x 1 250 x 15 | 75023 | ≈ 14,5 | ≈ 18 | ≈ 745 (40 Uds./Palet) |
| 2 600 x 1 250 x 15 | 75030 | ≈ 14,5 | ≈ 47 | ≈ 1 460 (30 Uds./Palet) |
| 3 000 x 1 250 x 15 | 75031 | ≈ 14,5 | ≈ 54,5 | ≈ 1 685 (30 Uds./Palet) |

Aún así presenta una elevada resistencia a la compresión y flexotracción, que se debe al árido (granulado de vidrio celular) y a la fibra de vidrio en sus dos capas superficiales.

Para evitar la absorción de agua por capilaridad, manteniendo la transpirabilidad al vapor de agua, a los paneles se les aplica una fina capa hidrófoba capa durante el proceso de fabricación. Con ello se obtiene un efecto repelente al agua con efecto duradero.

Los componentes de las placas fermacell® Powerpanel HD son minerales, por lo que no contienen elementos combustibles.

Salubridad, ecología

Trabajar los paneles fermacell® Powerpanel HD - cortar, taladrar, etc. - no genera ningún riesgo a la salud, ya que las fibras de vidrio con un diámetro de aprox. 15 µm superan ampliamente el diámetro considerado crítico (3 µm).



Cerramiento con panel exterior Powerpanel HD y tratamiento de juntas, antes de aplicar el acabado de mortero ligero fermacell™ HD.

El granulado de vidrio celular se obtiene íntegramente de vidrio reciclado. Los paneles se pueden reciclar completamente. A través de equipos de reciclaje específico pueden volver a integrarse al ciclo de materiales como un componente de árido.

En caso de no estar a disposición estos equipos deben llevarse al vertedero como escombros normal.

El instituto de biología para la construcción Rosenheim (IBR) ha comprobado el panel fermacell® Powerpanel HD y su el proceso de fabricación respecto a aspectos de salubridad y la protección del medio ambiente.

Gracias a los excelentes resultados de ensayo los paneles recibieron el sello de producto recomendado por el IBR.

Certificación europea

En la Evaluación Técnica Europea (ETE-13/0609) se regula el empleo de los paneles fermacell® Powerpanel HD como panelado estructural arriostrante de entramados de madera y su uso como revestimiento de protección contra incendios.

Asimismo el panel Powerpanel HD está homologado para su uso exterior en combinación con una protección duradera frente a la intemperie.

Con ello el empleo estructural de fermacell® Powerpanel HD en entramados de madera es posible. Los entramados deben dimensionarse con los parámetros indicados en la ETE siguiendo la normativa nacional CTE DB SE-M o el Eurocódigo 5. Ver capítulo 1.2.

Control de calidad y marcado CE

La calidad de los paneles fermacell® Powerpanel HD se monitorea continuamente a través de un control interno y externo (a través de entidades de control acreditadas). Los paneles fermacell® Powerpanel HD cuentan con el marcado CE.

Prestaciones técnicas

Aislamiento acústico

La calidad acústica de los paneles fermacell® Powerpanel HD ha sido comprobada mediante ensayos y disponemos de los informes correspondientes.

Resistencia al fuego

Los paneles fermacell® Powerpanel HD tienen una composición 100 % mineral y son de clasificación de reacción al fuego A1 según EN 13501-1.

Resistencia térmica y frente a humedades

Los parámetros necesarios para calcular la resistencia térmica y hacer comprobaciones de condensaciones con paneles fermacell® Powerpanel HD pueden consultarse en la página 13.

Estanqueidad al aire y viento

Los paneles fermacell® Powerpanel HD son estancas al aire y viento. Las juntas entre placas también se consideran estancas al aire y viento si las placas se rejuntan a tope sobre un montante (bordes rectos de fábrica o bien cortados) y se realiza el tratamiento de juntas adecuado. El encuentro con otros elementos constructivos y los huecos o pasos de instalaciones (perforaciones) deben sellarse correctamente.

Contribución estructural

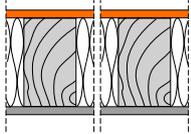
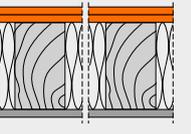
Los paneles fermacell® Powerpanel HD pueden actuar como elementos portantes y arriostrantes en cerramientos exteriores de entramado de madera. La contribución estructural de la placa Powerpanel HD se consigue con un panelado en la cara exterior del cerramiento.

Sistemas

Cerramientos exteriores portantes y arriostrantes

Entramados portantes de madera pueden transmitir cargas verticales adicionales a su peso propio y deben calcularse según el CTE DB SE-M o el Eurocódigo 5.

Entramados portantes y arriostrantes se emplean para estabilizar edificios frente a las cargas de viento y se dimensionan adicionalmente frente a cargas horizontales que actúan en el mismo plano del entramado. Los paneles fermacell® permiten que el entramado funcione como muro diafragma y por ello no debería tener ninguna junta horizontal. En el caso de que esta sea inevitable, es necesario fijarla de forma que sea resistente al cortante y la resistencia del entramado debe reducirse.

| Código de sistema | Esquema de sistema | Espesor [mm] | Subestructura | | fermacell® panelado espesor por lado [mm] | Lana mineral Densidad [mm]/[kg/m³] |
|---|---|-----------------|-----------------------|--------|--|--|
| | | | Dimensiones rastreles | | | |
| | | | [mm] | [mm] | | |
| 1 HG 32-500 1 HG 32-501 1 HG 32-502 |  | ≥ 167,5 | 60/160 | 60/160 | interior 12,5 | 160/30 |
| | | | 60/200 | 60/200 | ext. 15 Powerpanel HD | 200/30 |
| | | | 60/180 | 60/180 | | 180/40 |
| 1 HA 32-500 |  | 200 | 60/160 | 60/160 | interior 2 x 12,5 ext. 15 Powerpanel HD | 160/30 |

Montaje

Secuencia de montaje

Por lo general el montaje de los elementos de entramado de madera se realiza de forma industrializada en las naves de las empresas de carpintería especializadas.

La secuencia del montaje está descrita en el capítulo 2.6.

A continuación se detallan las distancias de las fijaciones para entramados portantes de madera con función arriostrante. Los elementos de fijación no solo sirven para la fijación de los paneles, sino que sirven además para la transmisión de cargas del panel a la subestructura o viceversa.

Elementos de fijación

La fijación de paneles fermacell® Powerpanel HD a los montantes de madera se puede realizar con los siguientes elementos de fijación, que deberán ser en todo caso de acero inoxidable:

- Grapas
 - Diámetro $1,5 \leq d_n \leq 1,8$ mm,
 - ancho $b_n \geq 11,0$ mm y penetración mínima $s = 12 \times d$
- Clavos o clavos ranurados
 - Diámetro nominal $2,0 \leq d_n \leq 3,0$ mm,
 - diámetro cabeza $d_k \geq 4,6$ mm y penetración mínima $s = 12 \times d$
- Tornillos para madera
 - Diámetro $3,8 \leq d_n \leq 4,0$ mm,
 - diámetro cabeza $d_k \geq 7,0$ mm y penetración mínima $s = 5 \times d$

Estas y demás especificaciones pueden extraerse de la ETE 13/0609.

Fijación

Para la fijación se emplean pistolas neumáticas. La presión debe regularse de forma que los elementos de fijación queden a ras de la superficie del panel.

Para la prefabricación automatizada se emplean puentes multifunción que realizan la fijación con clavos o grapas de forma automática. Con ello se garantiza una separación entre fijaciones y entre fijaciones y borde exacta.

Empleo estructural de los paneles fermacell® Powerpanel HD

La distancia máxima entre las fijaciones a lo largo de los montantes es:

- $e_R = 150$ mm (montantes perimetrales y testers)
- $e_M = 300$ mm (montante central)

(ver imagen 3 en la siguiente página)

Estas distancias máximas están definidas en el CTE y el EC5 para muros diafragma. Para otras aplicaciones (por ejemplo succión en sistemas SATE) deben ajustarse a lo requerido en cada caso.

La justificación estructural de los muros diafragma se realiza según CTE/EC5 (ver capítulo 1.2).

La distancia mínima de las grapas al borde de placa así como al borde del montante debe ser $a_{4,c} = 10 \times$ espesor del elemento de fijación (ver imagen 4).

La distancia mínima de los clavos (también clavos ranurados) al borde de las placas así como al borde de los montantes debe ser $a_{4,c} = 5 \times$ espesor del elemento de fijación (ver imagen 5).

Las grapas deben instalarse con un ángulo mínimo de 30° respecto a la orientación de las fibras. En caso contrario la resistencia debe minorarse (ver capítulo 2.4).

Grapas para la fijación de paneles fermacell® Powerpanel HD sobre construcción de madera (también apto para protección al fuego). Tipos de grapa recomendadas por el fabricante

| Fabricante de grapas | Denominación de las grapas | Largo de grapas en mm | Diámetro en mm | Protección frente a la corrosión |
|----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------------|
| BeA | 155/65 NR HZ | 65 | 1,55 | protegido |
| | 180/63 NR HZ | 63 | 1,80 | protegido |
| POPPERS-SENCO | Q 25 BGB DIN | 63 | 1,83 | protegido |
| Haubold | KG 760 Crf | 60 | 1,53 | protegido |
| | HD 7960 Crf | 60 | 1,80 | protegido |
| Prebena | Z 60 CRF HA | 60 | 1,52 | protegido |
| | Q 63 CRF HA | 63 | 1,80 | protegido |
| KMR (Reich) | G 64 A2 | 64 | 1,60 | protegido |
| | Q 63 A2 | 63 | 1,80 | protegido |



Imagen 1: Pistola para la fijación manual de grapas



Imagen 2: Puente para la fijación automatizada mediante grapas

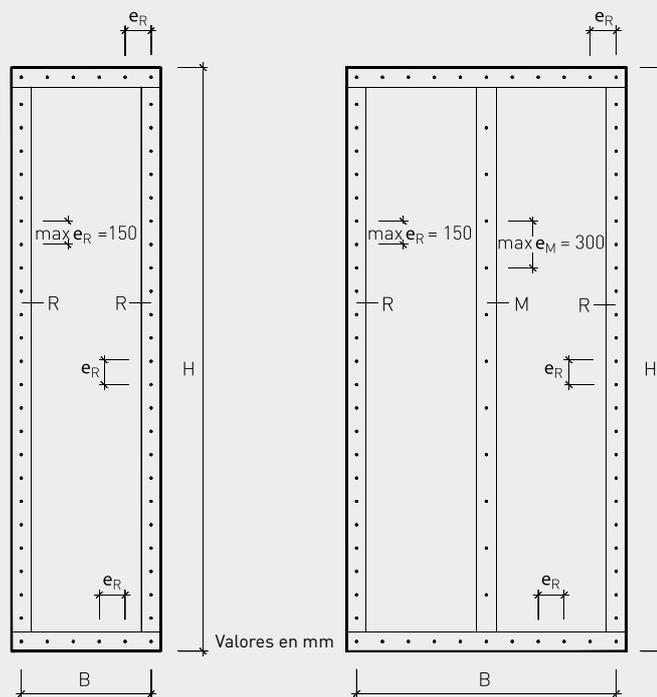


Imagen 3: Distancias máximas entre fijaciones para paneles fermacell® Powerpanel HD (función estructural)

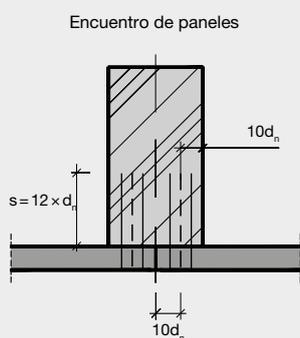


Imagen 4: Distancia a bordes mínima de grapas

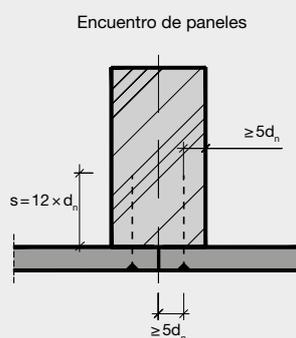
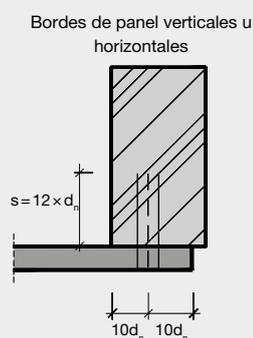
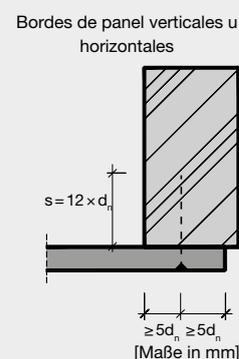


Imagen 5: Distancia a bordes mínima de clavos



Estas distancias máximas entre fijaciones valen para todos los productos de panelado que tienen la función de arriostrar entramados de madera. La optimización del dimensionado de paneles permite reducir la distancia entre fijaciones a un mínimo de $40 \times d$ con grapas o $20 \times d$ para clavos y tornillos. Con la reducción de distancias se pueden obtener resistencias mayores del módulo de entramado. El cálculo estructural se realiza según CTE DB SE-M, ver capítulo 1.2.

Las distancias a los bordes de los clavos y grapas para paneles fermacell® Powerpanel HD se especifican a continuación y en las imágenes de esta página.

La distancia mínima de grapas al borde del panel y al borde del rastrel de madera debe ser $a_{4,c} = 10 \times$ el espesor del elemento de fijación (ver imagen 4).

La distancia mínima de clavos (también para clavos ranurados) al borde del panel así como al borde del rastrel de madera debe ser $a_{4,c} = 5 \times$ el espesor del elemento de fijación (ver imagen 5).

Aviso: las grapas deben instalarse con 30 grados de inclinación respecto a la fibra de la subestructura de madera. En caso contrario es necesario reducir la resistencia (ver página 74).

Empleo no estructural de los paneles fermacell® Powerpanel HD

Cuando no se requiere una función estructural normalmente se recurre a los paneles fermacell® Powerpanel H₂O. El empleo de estos paneles en tabiquería, fachadas, soportales y falsos techos está detallado en el Orangebook (www.fermacell.es).

Protección de la intemperie

Las placas fermacell® Powerpanel HD se emplean como paneles soporte para acabados de mortero para uso exterior. La impermeabilidad y estanqueidad se consigue con el tratamiento de juntas adecuado y el revestimiento de mortero, que podrá ser el mortero ligero fermacell™ HD u otro compatible.

Protección temporal de la intemperie

Es posible que haya un desfase temporal entre el montaje de los paneles fermacell® Powerpanel HD o los módulos prefabricados que lleven estas placas en el exterior y la aplicación del mortero de acabado.

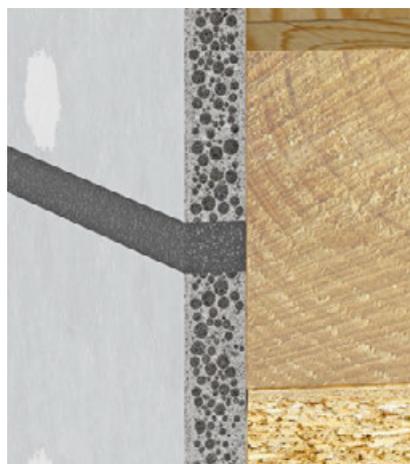
Sean las causas que sean, esto representa un problema para la constructora si la fachada interminada no garantiza una protección de la intemperie e incluso podría quedar dañada al estar expuesta durante un tiempo prolongado. Con el tratamiento de juntas que se describe a continuación la fachada podrá quedar expuesta dando protección de la intemperie hasta 6 meses .

En el caso de que se prevea una junta de movimiento en el canto de forjado que posteriormente se tape con el Perfil de remate para juntas entre forjados fermacell™, la junta debe protegerse de posibles filtraciones de agua con una cinta precomprimida (ver imagen).



- 1 15 mm fermacell® Powerpanel HD
- 2 fermacell™ Tape AWS
- 3 Sistema de revoco aplicado directamente

Composición del revestimiento de fermacell® Powerpanel HD para una protección duradera de la fachada



Junta en la zona del canto de forjado con protección de la humedad con cinta precomprimida

Sistemas de protección de la intemperie alternativos

Alternativamente se pueden realizar los siguientes revestimientos sobre fermacell® Powerpanel HD para dar un protección duradera de la intemperie (equivalentes a los requeridos para fachadas con paneles de fibra yeso fermacell®:

- Sistema de aislamiento térmico exterior homologado (SATE)
- Fachada ventilada con subestructura adecuada
- Hoja de ladrillo cara vista o similar

Aunque para la protección final no sea necesario con estos sistemas, para una protección durante la fase de obra recomendamos en estos sistemas también sellar las juntas con la cinta fermacell™ Tape AWS.

fermacell™ Tape AWS

La cinta autoadhesiva fermacell™ Tape AWS permite sellar las juntas entre paneles fermacell® Powerpanel HD de forma rápida y sencilla y aplicar posteriormente de forma directa un acabado de revoco compatible. Para ello la cinta fermacell™ Tape AWS se coloca de forma centrada sobre los encuentros de las placas Powerpanel HD y se adhiere a éstas ejerciendo presión. Hay que evitar que se generen pliegues. Los elementos de fijación que no estén en los encuentros entre placas, por ejemplo en el centro del panel, deben taparse igualmente con la cinta fermacell™ Tape AWS. Como alternativa más económica se puede aplicar el Pegamento para el sellado de juntas fermacell™ HD sobre las fijaciones mediante una brocha. En ese caso es necesario esperar al secado antes de continuar con la aplicación del mortero.

Posteriormente puede revocarse directamente sobre la cinta fermacell™ Tape AWS con el mortero ligero fermacell™ HD o con otro sistema de revoco compatible.

El sellado de juntas de las placas fermacell® Powerpanel HD con la cinta fermacell™ Tape AWS ofrece una protección a la intemperie de hasta 6 meses. Los elementos de fijación deben taparse también con la cinta fermacell™ Tape AWS o aplicando el Pegamento para el sellado de juntas fermacell™ HD.



Entramado de madera exterior con Powerpanel HD

fermacell™ Tape AWS Propiedades

fermacell™ Tape AWS es una cinta especial de polipropileno autoadhesiva por una cara, para el empleo en interior y exterior, de alta resistencia mecánica y fácil de aplicar.

Ofrece las siguientes ventajas:

- Protección frente a la intemperie y resistente a los rayos UV. Puede estar expuesta a la intemperie durante 6 meses
- Resistente, se adapta a irregularidades
- Montaje rápido, una cara autoadhesiva. Se arranca manualmente
- Pegado seguro. Adhesivo resistente al agua
- Sin interrupciones. Se puede revocar directamente.
- Sellado estanco al aire y al viento en exteriores e interiores

Instrucciones de instalación

El soporte debe ser resistente, limpio, seco y libre de sustancias que puedan afectar a la adherencia. Revestimientos sueltos deben retirarse. No se requiere una imprimación previa del soporte.

Las placas de canto recto de fibra yeso fermacell®, fermacell® Powerpanel H₂O o fermacell® Powerpanel HD se rejuntan a tope (ancho de junta máximo 1 mm).

Las juntas verticales entre placas deben coincidir con los ejes de la subestructura vertical.

En las juntas horizontales que se encuentran por encima o por debajo de encuentros de módulos de entramado y que no se ejecutan como juntas de movimiento, así como en juntas horizontales en entramados no portantes, los paneles se rejuntan a testa.

Después de retirar la cinta de protección se adhiere la cinta sobre todas las juntas entre paneles. En los encuentros entre placas (a tope) en esquinas salientes y entrantes, la cinta fermacell™ Tape AWS se pega haciendo esquina. Cinta recortada se deben solapar 50 mm como mínimo.

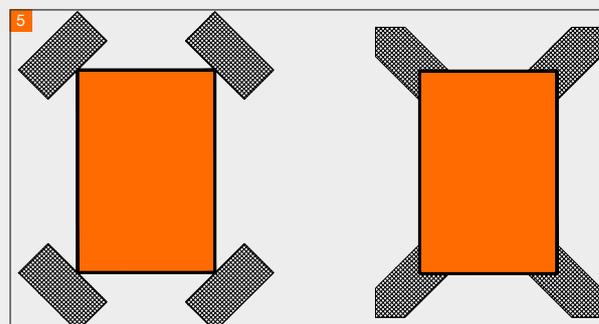


fermacell™ Tape AWS

Instalación sistema de revoco fermacell™ HD

Sistema de revoco HD

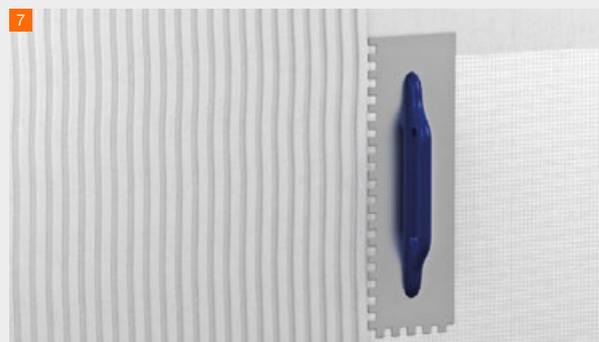
- Ejecución del sellado de juntas según página 121
- En todas las esquinas de ventanas y/o puertas de la fachada deben realizarse refuerzos en diagonal. Pueden ser tiras de aprox. 300 × 600 mm de la malla de fibra de vidrio fermacell™ (pueden ser restos de recortes) o las flechas de fibra que deben ser resistentes a los alcalis y tener suficiente resistencia a la tracción y al movimiento. Se colocan sobre el mortero ligero HD previamente aplicado **5**.
- Una vez secos estos refuerzos se extiende la primer capa del mortero ligero fermacell™ HD en un ancho correspondiente a la malla de fibra de vidrio con una llana dentada, de forma que se genere una capa de 5–6 mm de espesor **6**. La malla de fibra de vidrio fermacell™ se embebe en la primera capa de mortero con una llana lisa, hasta que esté embebida completamente y se encuentre en el tercio exterior de la capa (capa base) **7**.
- La malla se debe solapar como mínimo 100 mm. Si el trabajo se interrumpe se debe preparar el solape para la continuación de los trabajos (dejar 100 mm de malla sin mortero para el siguiente tajo) **8**.



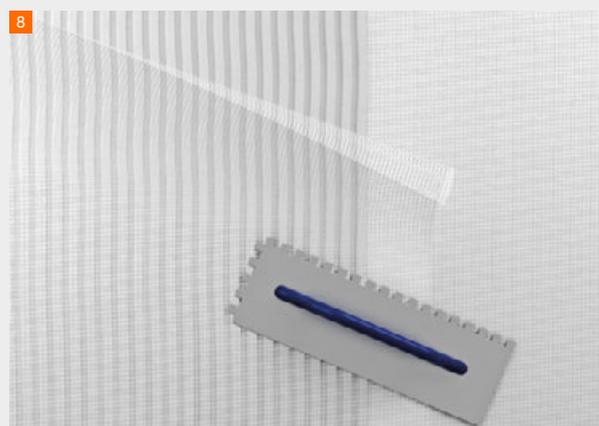
Armado diagonal en huecos de ventana y puertas mediante recortes de malla de fibra de vidrio fermacell™ (30 × 60 cm) o flechas de armado



Extensión del mortero ligero fermacell™ HD en 5–6 mm de espesor para la capa base



Embebido de la malla de fibra de vidrio fermacell™ HD en la capa base



Solape de la malla de fibra de vidrio aprox. 100 mm

Pequeñas reparaciones de los paneles fermacell® Powerpanel HD ocurridos durante la manipulación (por ejemplo desconches en bordes o en las fijaciones) o el sellado de huecos de instalación en el panel (por ejemplo para los tirafondos para la unión de esquinas) se realizan igualmente con el mortero ligero fermacell™ HD.

Variante A:**Capa de acabado con el mortero ligero HD**

Después del secado de la capa base (1 día) se aplica el mortero ligero HD en 2–3 mm y se alisa.

Variante B:**Capa de acabado con mortero con superficie texturizadas**

Después del secado de la capa base (1 día por cada mm de espesor de la capa base) se aplica el mortero texturizado con un árido máximo de 3 mm. Morteros de espesor elevado (por ejemplo mortero raspado) no se admite. El fabricante debe validar la aptitud sobre el sistema fermacell™. Cualquier mortero mineral transpirable (coeficiente de difusividad al vapor de agua bajo) puede ser válido, siempre y cuando se puede garantizar una suficiente adherencia al mortero base.



Aplicación de la capa de acabado del mortero ligero fermacell™ HD una vez secado el mortero base (variante A).



Alisado de la superficie del revoco con una talocha

Accesorios sistemas de revoco**Mortero ligero fermacell™ HD**

El mortero ligero fermacell™ HD es un mortero mineral según EN 998-1 (CSII) que se puede utilizar para la capa base y/o la capa de acabado, se puede aplicar a máquina y es hidrófugo. Es un mortero que una vez curado es resistente a las heladas y la intemperie. Se trata de un mortero transpirable.

Aplicación

Preparación de la mezcla con máquinas de mortero habituales o a mano con una batidora

- Proteger superficies frescas de lluvia, secado aceleardo por exposición al viento y radiación solar
- Temperatura de aplicación > 5°
(temperatura ambiente y temperatura de los paneles)
- Tiempo de aplicación aprox. 1,5 horas (en función de la cantidad de agua en la mezcla y de las condiciones climatológicas). Remover mezcla sin añadir agua de vez en cuando.
- El mortero ligero fermacell™ HD se aplica en toda la superficie en un espesor de 5–6 mm (por ejemplo con llana dentada, dientes rectangulares de 10 mm) sobre paneles fermacell® Power-panel HD (capa base armada)
- La malla de fibra de vidrio fermacell™ HD con un ancho de malla de 4 x 4 mm se embebe completamente en el mortero ligero fermacell™ HD.

Recomedamos utilizar un color de acabado sobre el mortero con un valor de claridad superior a 40. Valores más bajos deberán consensuarse con el fabricante.

Malla de refuerzo fermacell™ Características

La malla de refuerzo fermacell™ es una malla de fibra de vidrio (ancho de malla 4 mm) con una protección frente a los álcalis.

Aplicación

- Instalación vertical u horizontal
- En el encuentro con otros elementos constructivos o penetraciones realizar cortes para evitar el desgarre

- En caso de interrumpir el trabajo, dejar 10 cm de malla sin aplicar mortero para el solape.

Perfil de de remate con goterón fermacell™ y perfil de remate para juntas entre forjados

Ambos perfiles son de acero inoxidable. El empleo de los perfiles se puede apreciar en los detalles de las siguientes páginas.

Accesorios del sistema de protección frente a la intemperie fermacell® Powerpanel HD

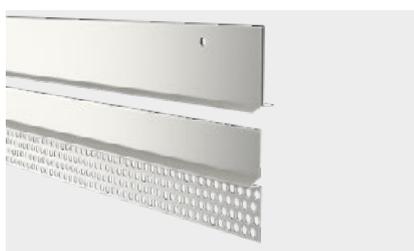
| Accesorio | Presentación, peso y almacenaje | Consumo | Nº de artículo |
|--|--|--|----------------|
| fermacell™ Tape AWS | <ul style="list-style-type: none"> ■ Suministro en rollos (10 cm de ancho x 30 m de largo) ■ Paquetes de 2 rollos ■ Peso por paquete: 2,2 kg aprox. | Aprox. 2 ml por m² en función del formato de placas y de huecos | 79250 |
| Malla de refuerzo para mortero ligero HD | <ul style="list-style-type: none"> ■ Rollos de 1 m de ancho x 50 m de largo ■ Peso por rollo 8 kg ■ Paquete de 30 rollos | Superficie de pared + 10% por solapes | 79065 |
| Mortero ligero HD | <ul style="list-style-type: none"> ■ Sacos de 20 kg ■ Suministro en palés de 35 sacos ■ Peso por palé 720 kg ■ Almacenaje: en ambiente seco sobre palés, embalaje sin abrir ■ Caduca a los 12 meses (sacos no abiertos) | Aprox. 6 m² por saco para 5 mm de espesor. Cun un saoo mezclado se obtienen 30l de mortero fresco. | 78020 |
| Perfil goterón HD | <ul style="list-style-type: none"> ■ Largo 2,50 m ■ Suministro en fardos de 20 piezas | según necesidades | 79054 |
| Perfil de remate para juntas entre forjados HD | <ul style="list-style-type: none"> ■ Largo 2,50 m ■ Suministro en fardos de 10 piezas ■ Se suministran conjuntamente la pieza superior y la inferior, no por separado | según necesidades | 79055 |



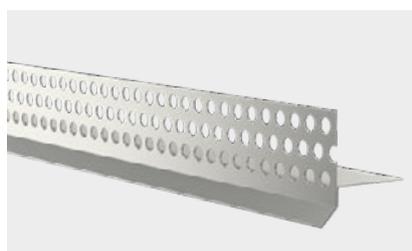
fermacell™ Tape AWS



Mortero ligero fermacell™ HD



Perfil de remate para juntas entre forjados fermacell™ HD



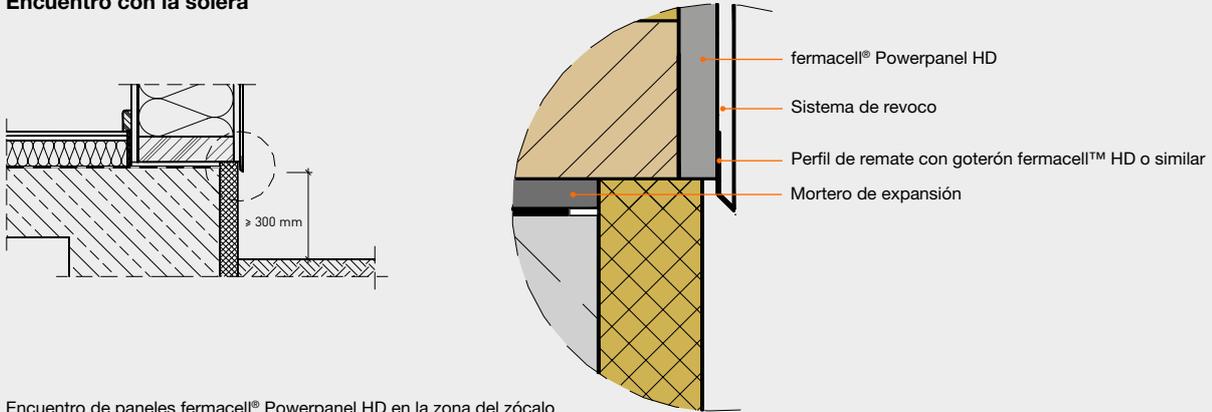
Perfil de remate con goterón fermacell™ HD



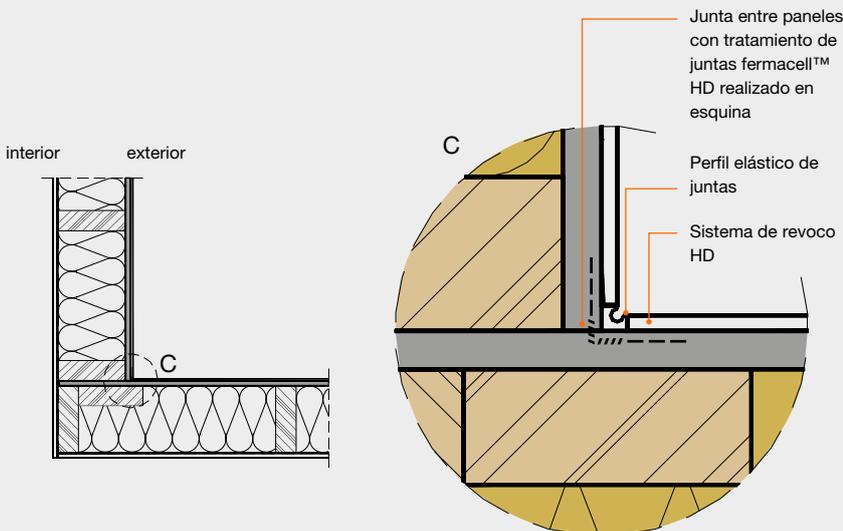
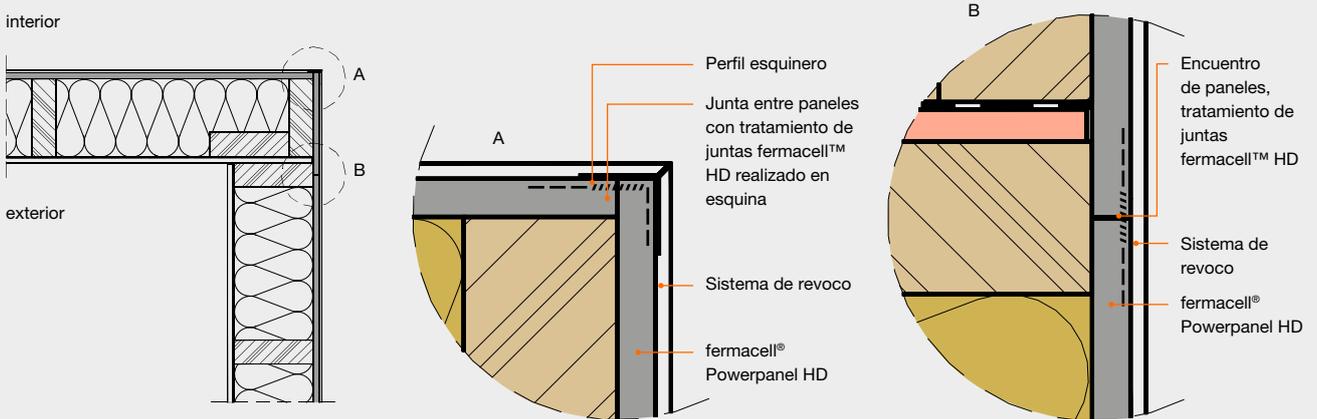
Malla de refuerzo para mortero ligero fermacell™ HD

Detalles de encuentros

Encuentro con la solera



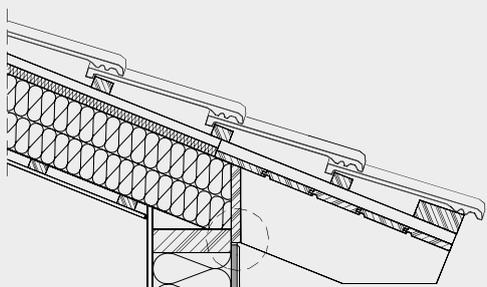
Encuentros en esquinas



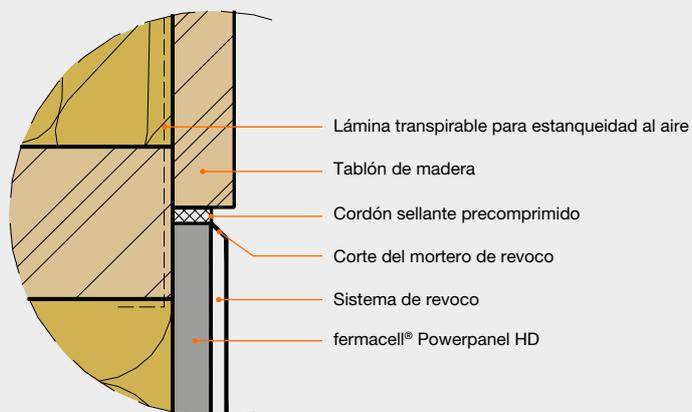
Encuentros en esquinas exteriores

Para evitar elementos con voladizos importantes de panelado susceptibles a roturas durante el transporte, en las esquinas se emplean tiras de panel que se instalan in situ para rematar el cerramiento. La junta entre paneles debe situarse contra un montante. En esquinas interiores la solución es equivalente en los paneles de fibra yeso.

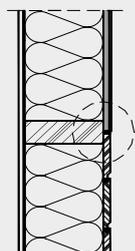
Encuentro con cubiertas u otros materiales



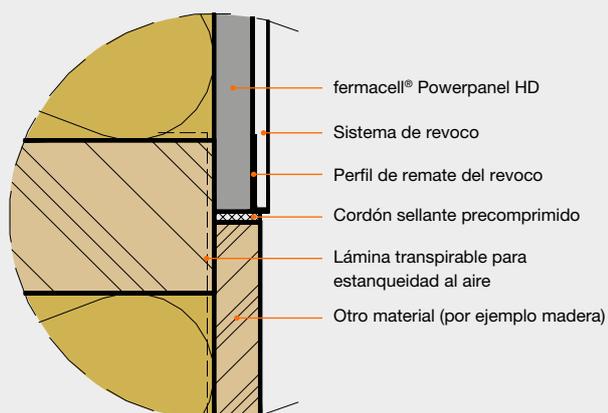
Encuentro de fermacell® Powerpanel HD con cubierta



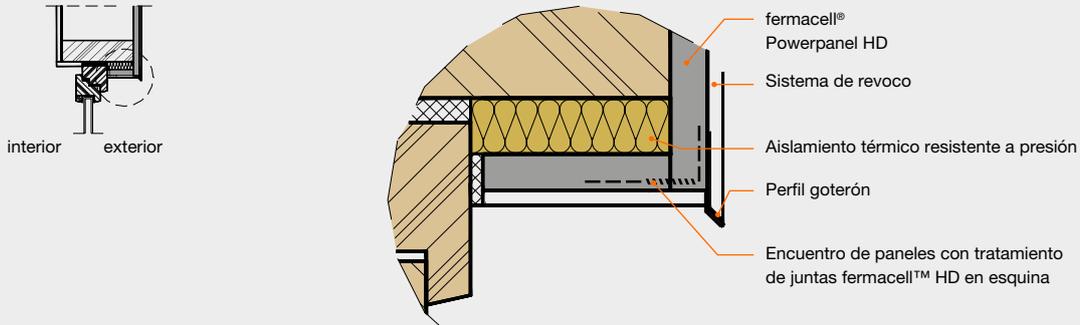
interior exterior



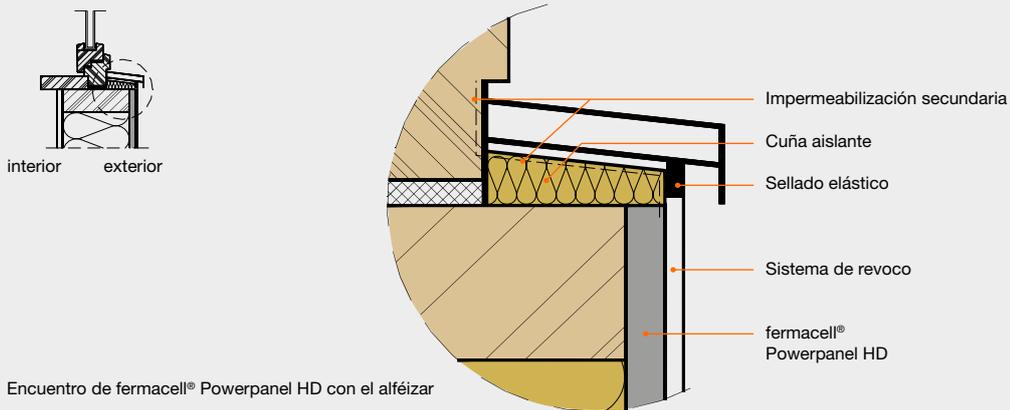
Encuentro de fermacell® Powerpanel HD con otros materiales



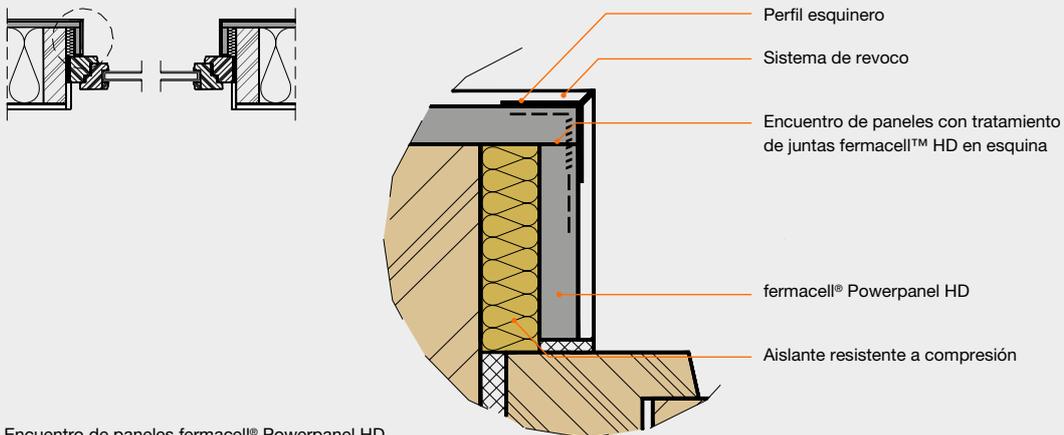
Encuentro con ventanas y puertas



Encuentro de paneles fermacell® Powerpanel HD en la zona de dinteles de ventanas y puertas



Encuentro de fermacell® Powerpanel HD con el alféizar

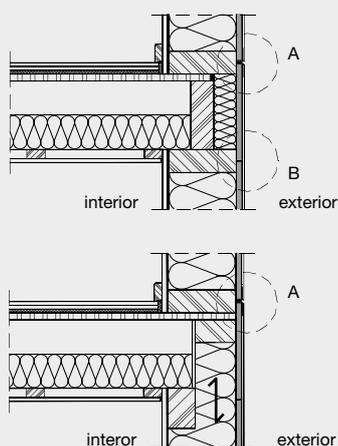


Encuentro de paneles fermacell® Powerpanel HD en las jambas de ventanas y puertas

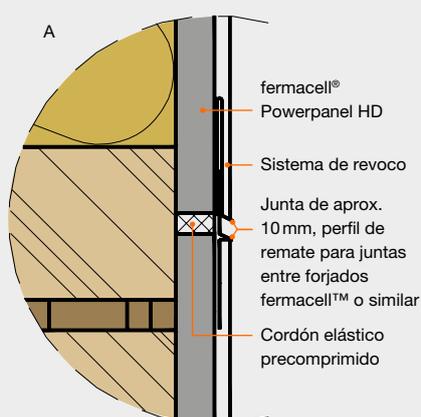
Encuentro de paneles en el canto de forjado

Variante 1 (clásica):

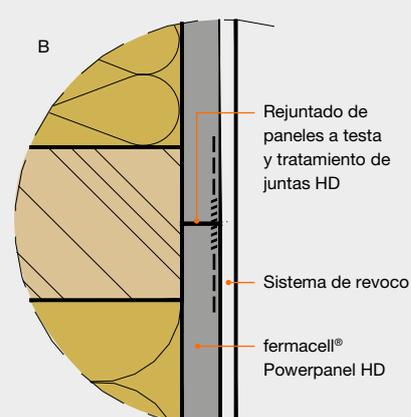
Panelado superior e inferior independiente + tira de panel (in situ)



Detalle de la junta de dilatación



Detalle del encuentro estándar de paneles (fijo)



Variante 2:

Panelado inferior solapado con el entramado superior

Secuencia de montaje de la variante 1 (clásica)



Imagen 1: Aplomado y alineación de los elementos de muro



Imagen 2: Montaje de la tira de paneles (sin fijación a testero superior), dejando junta superior.



Imagen 3: Tratamiento de juntas HD (ver detalle B) en junta y fijaciones

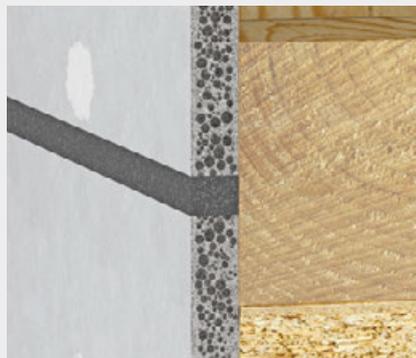


Imagen 4: Sellado de la junta con cordón de sellado precomprimido (ver detalle A)



Imagen 5: Fijación del perfil de remate (pieza superior) al elemento de muro superior mediante tornillos de acero inox.



Imagen 6: Inserción de la pieza inferior del perfil de remate respetando la distancia al perfil superior prevista (equivala al ancho de juntas). La fijación de la pieza inferior se realiza únicamente mediante el mortero ligero fermacell™ HD. La pieza superior se trata con el pegamento para sellado de juntas fermacell™ HD como puente de unión para el mortero ligero fermacell™ HD.

03 La construcción híbrida

3.1 Elección del tipo de construcción

- Elección del tipo de construcción
- Construcción con madera
- James Hardie en la construcción con madera
- Principios generales de la construcción híbrida
- Aspectos de la física de los edificios
- Detalles tipo de la construcción híbrida con fachadas de entramado de madera

La elección del tipo de construcción es clave en cualquier proyecto de construcción y determina el consecuente desarrollo del proyecto.

Es habitual que los diferentes agentes que intervienen en el proyecto - arquitecto, promotor y constructora- tengan diferentes preferencias en el tipo de construcción a utilizar, con ideas preconcebidas a veces incluso "ideológicas" que pueden generar conflictos durante el desarrollo del proyecto. Los defensores de la construcción maciza y los de la construcción en madera suelen defender su forma de construir creando barreras que casi resultan infranqueables al solo ver las ventajas del sistema que ellos defienden y las desventajas del sistema que defiende la parte contraria.

Siendo objetivos, lo cierto es que ambos tipos de construcción tienen tanto ventajas como desventajas y requieren resolver dificultades especiales en cada caso durante el desarrollo del proyecto.

Las construcciones híbridas tienen el objetivo de reunir las ventajas de la construcción maciza y la construcción ligera a través de sinergias. Por lo general la construcción maciza se utiliza para realizar la estructura portante interior del edificio, mientras que los elementos de la envolvente (fachadas y cubierta) se realizan en construcción de madera no portante.

En la construcción maciza ya es habitual (depende de la forma de construir en cada país) que se incorporen elementos ligeros de madera (por ejemplo la cubierta) o que partes de las construcciones de madera se complementen con obra maciza (sótanos, solera, garajes). El tema es que el reparto de elementos constructivos macizos y elementos constructivos ligeros de madera hasta ahora ha seguido unos patrones establecidos por convenciones y tradiciones de construcción.

En España tradicionalmente (por lo menos en las últimas décadas) ha predominado la construcción maciza dando poca o nula cabida a la integración de elementos ligeros de madera.



3.2 Construcción con madera

Como podremos ver en este capítulo, realizar ciertos elementos constructivos (nos centramos en las fachadas) de madera e integrarlos en una estructura maciza, diferenciando claramente la funcionalidad de cada uno, ofrece posibilidades excelentes para una construcción rápida, semi industrializada y con avanzadas prestaciones técnicas. La ejecución de los encuentros entre estas dos tipologías de obra tan diferente, respetando los requerimientos estructurales y físicos, es la clave para una aplicación exitosa de la construcción híbrida.

La combinación de la construcción de madera en elementos de fachada no portantes con una estructura de hormigón u otros tipos de obra maciza junto a paredes interiores no portantes y por tanto flexibles en su posicionamiento ofrece facilidades en el diseño.

- Frente a una construcción puramente maciza se puede mejorar el aislamiento acústico si la estructura se concibe como un esqueleto. Los elementos que transmiten el ruido directamente se reducen al introducir elementos constructivos más flexibles, siendo esto sistemas ligeros con trasdosados independientes.
- La combinación de obra gruesa maciza (esqueleto) con paredes interiores y exteriores ligeras de madera permiten una gran flexibilidad de distribución. No solo en fase de proyecto, también en fase posterior de adecuaciones o cambios de uso y en el cambio de disposición de huecos.

La construcción con madera está experimentando un interés creciente y una nueva dinámica. Las razones para ello son múltiples:

- El empleo de la madera ayuda a proteger el clima. A través de la madera los edificios almacenan CO₂ y el consumo energético en la ejecución es menor.
- La extensa investigación en el ámbito de la construcción con madera ha resuelto muchas dudas constructivas, estructurales y físicas. Esto se refleja en las normativas vigentes.
- Partiendo de un diseño cuidadoso y correcto, la vida útil de construcciones de madera es equiparable a construcciones con materiales minerales.
- Métodos de fabricación modernos y avanzados permiten a la industria fabricar productos de madera con altas prestaciones. Con ello es posible pasar de una construcción tradicional de madera a una construcción de ingeniería.
- La racionalización y economización de los métodos de construcción son aspectos que van ganando relevancia, con una tendencia a la prefabricación que permiten una gestión de obra muy organizada.
- La madera como material de construcción es un material muy apreciado por los promotores y usuarios finales. Sistemas de construcción inteligentes y de altas prestaciones ofrecen posibilidades amplias en el sector de las viviendas o el sector terciario.
- Muchos edificios de madera tienen una alta calidad arquitectónica con un diseño muy atractivo. Prueba de esto son los numerosos proyectos de madera que aparecen en publicaciones y los premios otorgados a obras urbanas.



3.3 James Hardie en la construcción con madera

Sobre todo en la construcción en altura se está imponiendo en muchos países la construcción híbrida, combinando las ventajas de la construcción maciza con las de la construcción con madera. Así una construcción maciza con una estructura de esqueleto de hormigón ofrece ventajas en temas estructurales y de acústica. Los entramados de madera sin embargo aportan un aislamiento térmico excelente y permiten su prefabricación. Así consiguen el mismo nivel de resistencia térmica que paredes macizas en un espesor mucho más reducido. Los paneles de fibra yeso fermacell® aportan sus ventajas técnicas sobre todo en el empleo en entramados de madera.

Prefabricación

Los módulos prefabricados de entramado de madera son un elemento esencial en la construcción híbrida y ofrecen muchas ventajas. La producción en taller de los módulos bajo condiciones climáticas idóneas permite planificar de forma segura, cumpliendo plazos y asegurando una alta calidad de ejecución. Los elementos prefabricados se ensamblan en obra con gran rapidez y permiten reducir considerablemente los plazos frente a una construcción maciza tradicional. El panelado con fibra yeso fermacell® refuerza las ventajas de calidad y rapidez.

Ventajas en los plazos

Los paneles de fibra yeso fermacell® se instalan rápido y de forma sencilla. No es necesario respetar varios días de aclimatación como con otros materiales. La construcción seca también elimina largos tiempos de secado. Trabajos posteriores pueden seguir inmediatamente a continuación. Paredes de reducido espesor amplían la superficie útil y aportan un elevado aislamiento térmico y acústico con un aislamiento adecuado en la cámara.

Estabilidad

Los entramados de madera pueden conseguir su estabilidad con el empleo de los paneles de fibra yeso fermacell® o fermacell® Vapor.

Fachada

Un complemento ideal a los paneles de fibra yeso fermacell® y a la vez una alternativa muy interesante a revestimientos exteriores tradicionales son los paneles de fibro cemento Hardie® Plank y Hardie® Panel. Estos paneles se fabrican de forma sostenible y con un consumo energético reducido con cemento Portland, arena y celulosa. Ofrecen protección frente a la intemperie, al fuego, humedad, hongos e insectos. Se trata de un producto muy robusto capaz de soportar climas extremos. Los instaladores aprecian aspectos como la alta resistencia y su bajo peso, que facilitan la instalación rápida y sin complicaciones.



3.4 Principios generales de la construcción híbrida

3.4.1 Separación de la estructura de las fachadas no portantes y elementos constructivos interiores no portantes

La separación de la estructura, por lo general realizada en obra maciza, y elementos de fachada y de elementos interiores no portantes, es una característica típica de la construcción híbrida. Esta filosofía ya fue promulgada en la arquitectura moderna clásica (por ejemplo con el sistema dominó de Le Corbusier), ya que permite una disposición libre de la planta y de las fachadas. La participación de los usuarios finales en el diseño cobra una elevada importancia en la arquitectura moderna y esto requiere una flexibilidad en el proyecto, facilitando a la vez futuras opciones de reforma y adecuación no previsibles en el momento del proyecto inicial.

En la construcción híbrida con madera según mostramos en este capítulo, la estructura (forjados, pilares, muros y eventualmente la cubierta) se realiza en obra maciza, mientras que las fachadas y eventualmente la cubierta se realizan con elementos constructivos de madera. La ventaja de estas construcciones se puede resumir en los siguientes puntos:

En la construcción híbrida la interacción entre elementos constructivos y materiales, los encuentros y las juntas entre elementos macizos y los elementos de madera, requieren una atención especial. Para estos encuentros hay que destacar, a modo de ejemplo, los siguientes puntos:

- Respetar las tolerancias de obra gruesa. Hay que evitar juntas inferiores a 3cm. Realizar un replanteo de obra antes de la prefabricación de los elementos de madera es sumamente recomendable.
- Cumplimiento de la resistencia al fuego de las juntas en todos los aspectos (integridad y aislamiento).
- Realización de juntas estancas al aire, viento y agua. Esto también es relevante de cara al aislamiento acústico. El plano de estanqueidad al aire (por ejemplo con placas fermacell® Vapor) debe sellarse en sus encuentros con la obra maciza (forjados, muros o pilares) con cintas especiales (por ejemplo la cinta fermacell™ Tape AWS).

- Paredes/cerramientos verticales de reducido espesor (=ganancia de superficie útil)
- Optimización de la envolvente térmica
- Plazos de ejecución reducidos (elevado grado de prefabricación)
- Procesos constructivos optimizados, con una reducción del impacto ambiental, del ruido y de las obstrucciones de la vida urbana



3.4.2 Estructura del edificio

La estructura del edificio normalmente se plantea de esqueleto de hormigón o de forjados y muros arriostrantes de hormigón armado. Estos sistemas permiten aplicar el concepto híbrido. El arriostramiento de la estructura se realiza a través de las escaleras o muros arriostrantes macizos. Los cerramientos verticales entre viviendas o las sectorizaciones de incendios se puede realizar en construcción seca (construcción ligera) o de hormigón, ladrillo, etc. Las divisiones interiores se suelen realizar en construcción seca, aunque también es posible utilizar sistemas macizos.

Los sistemas de construcción seca ofrecen grandes ventajas. En muchos casos ya garantizan un excelente aislamiento acústico en espesores reducidos, a su vez cumpliendo los requisitos de protección contra incendios. El reducido espesor permite aprovechar los espacios ganando superficie útil. La tabiquería seca también da flexibilidad en la distribución interior, facilitando futuras adecuaciones de los espacios.

3.4.3 Fachadas no portantes (en construcción de madera)

Las fachadas prefabricadas de madera se pueden clasificar en 3 categorías según diferentes formas de acople a la estructura del edificio.

- Fachada antepuesta a la estructura. Los entramados de madera de fachada pasan por delante de los cantos de forjado a una distancia reducida. Los módulos de entramado se apilan unos sobre otros y la carga propia se transmite a través del entramado hacia abajo o se transmite a los forjados mediante fijaciones.
- Fachada colgada de la estructura, tipo muro cortina. Los módulos de entramado de madera se cuelgan independientemente de los cantos de forjado.
- Fachada insertada entre los cantos de forjado. Los módulos de entramado de madera se colocan entre los cantos de forjado y se apoyan en éste.

En las 3 variantes hay que determinar el ancho de las juntas o la dimensión de encaje según aspectos estructurales y físicos (protección contra incendios, acústica, estanqueidad, etc.) teniendo en cuenta las tolerancias de obra. Las cargas de viento en todo caso se transmiten a la estructura del edificio por cada planta. En la siguiente tabla se muestran las ventajas y desventajas de las 3 variantes.

| Tipo de construcción | Antepuesta 1 | Colgada (tipo muro cortina) 2 | Interpuesta 3 |
|--|---|---|--|
| Propiedades del sistema | Sistema independiente externo a la estructura, que se apila directamente | Elementos colgados (tipo muro cortina) | Interpuesto. Elementos insertados entre los forjados. |
| Posible prefabricación | Muy alto | Alto | Alto |
| Dificultad de montaje | Reducido | Alto | Medio |
| Tolerancia | Fácil | Complejo | Fácil |
| Evitar puentes térmicos | Favorable | Favorable | Desfavorable |
| Plano de estanqueidad y barrera de vapor | Fácil | Fácil | Complicado |
| Dificultad en las juntas | Bajo | Muy alto | Alto |
| Otras ventajas | Variante más económica | Más resistencia al pandeo | Posible de integrar los pilares de fachada en estructuras de esqueleto de hormigón |
| Otras desventajas | Cumplimiento de resistencia al fuego y acústica difícil sin trasdosado interior | Cumplimiento de resistencia al fuego y acústica difícil sin trasdosado interior | La filtración de agua en fase de obra supone un riesgo |
| Aislamiento acústico sin trasdosado | Medio (requiere trabajo adicional) | Medio (requiere trabajo adicional) | Bueno |
| Aislamiento acústico con trasdosado | Muy bueno | Muy bueno | Muy bueno |

En este catálogo se muestran algunos detalles tipo de las variantes **1** y **3** (antepuesta e insertada). La variante antepuesta es la variante más sencilla de ejecutar y por ello es la más económica. Sobre todo al pasar por delante de los cantos de forjado y poder alinearse y fijarse al forjado. Los elementos se alinean antes del comienzo del montaje (por ejemplo con ayuda de un rastrel de apoyo) y posteriormente se colocan unos sobre otros y se fijan al forjado. En todo caso esta alternativa por lo general requiere realizar un trasdosado interior (entre forjados) para el paso de instalaciones y el cumplimiento de los requisitos de acústica y resistencia al fuego de forma sencilla. En la variante insertada (variante **3**), cada módulo se tiene que instalar de forma independiente y para cada uno es necesario realizar la alineación y fijación a la estructura. Si el edificio cuenta con una sectorización de incendios horizontal, con esta variante resulta más fácil el cumplimiento de la protección contra incendios gracias al forjado que interrumpe los elementos de fachada. A nivel acústico esta variante también cuenta con esta ventaja, aunque es posible que sea necesario un trasdosado interior para alcanzar niveles de aislamiento elevados y permitir el paso de instalaciones sin tener que perjudicar el plano de estanqueidad de la fachada. La fachada colgada (variante **2**) no se profundiza más en este catálogo. A nivel constructivo es similar a la variante antepuesta, sin embargo resulta más costosa y tiene otras desventajas (por ejemplo la dificultad de las fijaciones a través de escuadras, alineación difícil, tratamiento de juntas in situ laborioso).

3.4.4 Métodos de construcción maciza

Hoy en día todavía predominan los sistemas de construcción maciza, donde los elementos sometidos a esfuerzos elevados o a tracción se realizan de hormigón armado (sótanos, muros de contención, forjados, pilares, etc.). Los muros sin embargo se suelen ejecutar con ladrillo, bloques de hormigón o similar. Se trata de sistemas que se pueden ejecutar de forma económica y han dado buenos resultados. A consecuencia de ello el sector de la construcción está muy habituado a esta forma tradicional de construir.

3.4.5 Construcción seca

Una variante de la construcción ligera es la construcción seca. Se utiliza predominantemente en las divisorias no portantes (tabiquería) y también en soleras secas o falsos techos, por aspectos económicos y de flexibilidad. En la construcción con madera se utiliza la construcción seca entre otros para cumplir requisitos de resistencia al fuego. Por ello resulta beneficioso su empleo en la construcción híbrida donde se puedan utilizar sistemas estandarizados.



3.4.6 Construcción híbrida mínima

Un caso especial son las construcciones de madera en las que solamente las cajas de escalera, de ascensor o las rampas al garaje se ejecutan en construcción maciza (la denominada construcción híbrida mínima), asumiendo la función de vía de evacuación y de arriostamiento del edificio. El encuentro con los elementos constructivos de madera puede suponer un reto. Al realizarse menos volumen de obra en construcción maciza, esta parte de la obra no resulta tan rentable como en obras con esqueleto de hormigón. El esqueleto de hormigón suele ser la metodología más eficiente en edificios en altura.

3.4.7 Prefabricación

La prefabricación de módulos de construcción permite una fabricación no afectada por la meteorología en naves especialmente preparadas para un método de construcción racionalizado. Algunos condicionantes limitan la dimensión máxima de los módulos prefabricados, tales como la dimensión máxima de paneles y el transporte a la obra. Por ello se ha estandarizado que los elementos prefabricados tienen una altura que corresponde a una planta del edificio. El grado de prefabricación es variable. El grado mínimo es de obra gruesa (entramado de madera con panelado), pero también es posible prefabricar elementos que incluyan ventanas, revestimiento de fachadas y las instalaciones.

El proyecto debe prever el grado de prefabricación y los requisitos de proyecto asociados así como los acabados deseados. La planificación y las aprobaciones para la prefabricación son cruciales para que las ventajas de la prefabricación (sobre todo de cara a reducir el plazo de obra) realmente surtan efecto. Recientemente está creciendo el interés por integrar las instalaciones en la prefabricación, a través de paredes prefabricadas que incorporen las instalaciones o a través de baños prefabricados que se van integrando en la estructura del edificio a medida que avanza la obra. Por lógica el resto de divisorias interiores se suele realizar en construcción seca, reduciendo la humedad aportada a la obra, siendo otra ventaja de cara al plazo de ejecución.



Prefabricación de elementos de madera con paneles de fibra yeso fermacell®

3.5 Aspectos de la física de los edificios

En capítulos previos ya se han comentado los aspectos importantes de la física de construcción en construcciones de madera, como el aislamiento acústico, la protección contra incendios, así como los aspectos de aislamiento térmico, humedades y estanqueidad al aire. En todo caso la construcción híbrida se enfrenta a requisitos especiales al combinarse dos materiales muy diferentes por lo que es necesario respetar a cada uno de ellos.

Los requisitos físicos de la construcción con madera están relacionados sobre todo con la combustibilidad y la susceptibilidad de la madera frente a las humedades. Hoy en día sin embargo es posible realizar construcciones de madera seguras y duraderas, gracias a los avances científicos y la intensiva experiencia de construcción.

En la construcción maciza los aspectos importantes a estudiar para el empleo en una construcción híbrida son las condiciones de ejecución (tolerancias de obra) y los aspectos estructurales (limitación de flechas). Las uniones entre la construcción de madera y la obra maciza son los puntos donde ambas formas de construir limitan directamente. Aquí los requisitos físicos no están definidos tan claramente como en obras puramente macizas o puramente de madera. Hemos incluido una serie de detalles tipo en el 3.6, habiendo sido optimizados de cara a los aspectos físicos.

3.5.1 Resistencia al fuego de fachadas y medianeras

En una construcción híbrida con madera las fachadas o medianeras se realizan con módulos prefabricados de madera, por ello las exigencias para limitar el riesgo de propagación exterior de incendios cobra una importancia especial. A nivel normativo, este aspecto está cubierto en la Sección SI 2 del Documento Básico SI del Código Técnico de la Edificación. Las fachadas o medianeras deben cumplir una resistencia al fuego en los casos expuestos en la siguiente tabla.

| Situación | Exigencia |
|--|-----------|
| Limitación con otro edificio (medianera) | EI 120 |
| Limitación del riesgo de propagación exterior horizontal o vertical entre | |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Dos sectores de incendio | EI 60 |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Zona de riesgo especial | EI 60 |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Escalera o pasillo protegido | EI 60 |

La clase de reacción al fuego exigida a los sistemas constructivos de fachada que ocupen más de un 10% de la superficie, según la altura de la fachada es la siguiente:

| Clase de reacción al fuego de sistemas constructivos de fachada que ocupen más de un 10% de la superficie | |
|---|----------|
| ■ Hasta 10 m de altura | D-s3, d0 |
| ■ Hasta 18 m de altura | C-s3, d0 |
| ■ A partir de 18 m de altura | B-s3, d0 |

3.5.2 Aislamiento acústico

El requerimiento de aislamiento acústico en fachadas varía en función del nivel de ruido aéreo exterior, que hay que obtener de mapas de ruido o valores tabulados. Adicionalmente hay que tener en cuenta la influencia del aislamiento acústico de otros elementos constructivos que forman parte de la fachada, como ventanas, balconeras o cajas de persiana. En fachadas con trasdosado interior el aislamiento de la parte opaca es tan elevado que el aislamiento acústico efectivo viene determinado por las ventanas. Ensayos de laboratorio realizados por James Hardie Europe GmbH han obtenido mejoras acústicas de hasta $\Delta R_w \approx 25$ dB de la pared base al emplearse un trasdosado. Las mejoras acústicas se reducen algo en obra en función de la configuración y la unión del trasdosado. También se han realizado ensayos comparativos para valorar la transmisión de ruido por flancos en fachadas de entramado de madera sobre forjados de hormigón. Sin trasdosado interior las fachadas interpuestas entre forjados obtienen un resultado mejor que las fachadas antepuestas, ya que la separación de cada elemento de fachada y el forjado de hormigón dificultan mucho la transmisión de ruido entre plantas. Con un trasdosado interior autoportante, ambas disposiciones obtienen resultados muy buenos y bastante similares. En todo caso es recomendable separar los elementos de fachada incluyendo los revestimientos exteriores en la zona de separación entre viviendas/zonas de uso para minimizar la transmisión de ruido a través de los flancos.

| | Construcción antepuesta | | Construcción intercalada | |
|--|-------------------------|----------|--------------------------|----------|
| | horizontal | vertical | horizontal | vertical |
| Sin trasdosado, junta rellena con lana mineral, sellado con cinta en ambos lados | 64 dB | 51 dB | 67 dB | 64 dB |
| Con trasdosado directo (placa de 12,5 mm) | 71 dB | 66 dB | sin dato | sin dato |
| Con trasdosado directo (placa de 12,5 mm), SATE pasa por encima de la junta | 66 dB | sin dato | sin dato | sin dato |
| Con trasdosado autoportante (2 placas de 12,5 mm) | sin dato | 69 dB | sin dato | sin dato |

Tabla: Análisis acústico de la transmisión por flancos de ruido aéreo en entramados de madera en esqueleto de hormigón

3.5.3 Aislamiento térmico en invierno y verano

La protección frente al calor cobra cada vez mayor importancia. En las construcciones con madera hay que tener en cuenta que los elementos constructivos poseen una inercia térmica algo inferior a los elementos macizos. Por ello el aislamiento térmico es importante en estos elementos. Es posible aumentar la inercia térmica usando un panelado doble. Los paneles de fibra yeso fermacell® en todo caso son de alta densidad ($1\,200\text{ kg/m}^3$), muy superior a la de paneles OSB o paneles de yeso laminado u otros de la competencia. Los edificios de construcción híbrida combinan el elevado aislamiento térmico de las fachadas con la inercia térmica de los forjados. Frente a la obra maciza la fachada de madera puntúa con una resistencia térmica superior en espesores reducidos, todo esto con una solución mucho más ligera. Estas son ventajas sustanciales de este método constructivo. El aislamiento térmico mayor se debe a que los elementos estructurales de la fachada (de madera) también aportan resistencia térmica, lo cual ayuda a reducir o eliminar los puentes térmicos. Los elementos estructurales en obra maciza raras veces aportan aislamiento.

3.5.4 Protección de la madera

La protección de la madera es esencial para la funcionalidad correcta de los elementos constructivos de madera. Podemos resumir los siguientes criterios de construcción y proyecto:

- Instalación de madera seca
- Elección de madera apta con durabilidad suficiente
- Protección de la madera (protección activa y pasiva)
- Diseñar construcciones transpirables
- Construcciones estancas al aire y viento
- Evitar a toda costa construcciones con riesgo de generar tensiones (falta de grados de libertad)
- Evitar protección química de la madera. En caso de requerirse, realizar según normativas
- Gestión de la humedad desde la salida de fábrica, transporte, montaje y durante la ejecución de la obra hasta el inicio de uso del edificio, evitando la absorción inapropiada de humedades

Protección frente a salpicaduras de agua y lluvia torrencial

Las construcciones de madera y revestimientos de madera deben protegerse de salpicaduras de agua. La testa de la madera es una zona especialmente susceptible (por ejemplo el arranque de listones verticales). Por ello se debería guardar una distancia de 30 cm entre la cota del terreno y el arranque de listones o pilares de madera aunque también es posible reducir esta distancia a través de otras medidas (por ejemplo usar gravilla, etc.). Por lo general todas las uniones en las fachadas de madera deben estar protegidas frente a las lluvias torrenciales ya que sino es posible que haya filtraciones de agua a la estructura principal del edificio. Los revestimientos discontinuos de fachada (panelados decorativos montados sobre rastreles o similar) no suelen ser impermeables frente a lluvias torrenciales, ya que se ejecutan con juntas abiertas que permiten el paso de agua. Por ello se requiere siempre un plano de impermeabilidad colocado en la hoja principal de la fachada, realizado con una lámina impermeable de fachada que por su colocación en la cara exterior de la fachada debe ser transpirable para permitir la difusión de vapor de agua hacia el exterior. Esta lámina también soluciona el riesgo de filtraciones en zonas muy susceptibles a este tipo de problemas, por ejemplo en el perímetro de ventanas. Al margen de estas láminas, que deben ser instaladas acorde a las indicaciones del fabricante, todos los encuentros y juntas en el panelado exterior se deben sellar con cintas adhesivas para garantizar la estanqueidad al aire y al viento ya que las láminas transpirables no aportan del todo esta funcionalidad. Las láminas de fachadas deberán tener una protección a los rayos UV en el caso de que las juntas sean abiertas para garantizar una durabilidad suficiente.



3.5.5 Estanqueidad al aire y al viento

La falta de estanqueidad al aire y viento genera una serie de problemas: pérdidas energéticas en invierno y verano, pérdida de confort climático (corrientes de aire) y el riesgo de condensaciones por filtración de humedad. Realizar una construcción estanca al aire hoy en día resulta mucho más fácil ya que existen numerosas soluciones y productos en el mercado que permiten solventar este tema. La clave para el éxito es la definición de un concepto de estanqueidad que contempla una serie de puntos:

- Definición de la ubicación y del desarrollo del plano de estanqueidad. Este debe seguir el perímetro de la envolvente térmica sin interrupciones
- Elección de los materiales que forman parte del plano de estanqueidad (por ejemplo paneles de fibra yeso fermacell®)
- Repasar compatibilidad de materiales y posibles tratamientos previos (imprimaciones, etc.)
- Desarrollar soluciones y dibujar detalles para el encuentro de elementos constructivos y los componentes de sellado
- Sellar las penetraciones a través del plano de estanqueidad (paso de instalaciones)

En fachadas el uso de paneles de fibra yeso fermacell® o fermacell® Vapor (con barrera de vapor integrada) han resultado ser muy eficientes. En estos paneles solamente es necesario tapar las juntas entre paneles y con otros elementos constructi-

vos con una cinta autoadhesiva, como por ejemplo con la cinta de sellado de fachadas fermacell™ Tape AWS. La ventaja en el uso de paneles es que son un soporte rígido y resistente para la realización de penetraciones y fijación de otros elementos, lo cual facilita el sellado de estos puntos singulares. El uso de láminas o similares para la creación del plano de estanqueidad no es recomendable al no tener estas características, siendo muy difícil de identificar daños en el plano de estanqueidad que fácilmente puede generarse durante la ejecución. Para garantizar la estanqueidad al viento, el plano de estanqueidad se debería disponer en la cara exterior de la fachada, para que no haya penetración de aire que podría pasar hacia detrás del aislamiento (restando propiedad aislante). Por ello el empleo de paneles transpirables en el exterior, como la placa de fibra yeso fermacell®, con el sellado de juntas correspondiente, es la mejor opción. En combinación con una lámina de impermeabilidad transpirable, se obtiene un sistema que reúne todas las funcionalidades. La elección del aislante en la cámara deberá realizarse en primer lugar siguiendo las necesidades de cumplimiento de resistencia al fuego, que puede requerir una lana de roca o de vidrio. En caso contrario podemos recomendar aislantes absorbentes sostenibles (por ejemplo aislante insuflado de celulosa) ya que absorben la humedad de forma homogénea en toda la superficie, siendo por ello más tolerantes a desperfectos en la instalación.

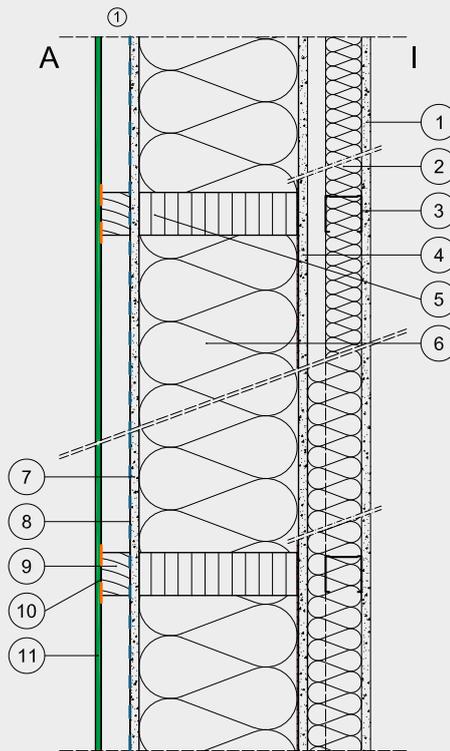
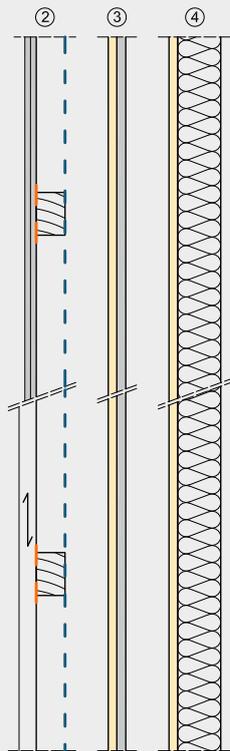


3.5.6 Sistema de fachada/Elementos de fachada
Elemento de fachada

Variantes de revestimiento:

1. Fachada ventilada con revestimiento de paneles Hardie® Panel
2. Fachada ventilada con revestimiento de paneles Hardie® Plank
3. Panelado directo Powerpanel HD
4. SATE

Sección de módulo de fachada
 (a modo ejemplar con fachada ventilada
 Hardie® Panel)



- 1 Panel de fibra yeso fermacell®
- 2 Trasdoso interior
- 3 Montante metálico
- 4 fermacell® Vapor/fibra yeso fermacell® según requerimientos de barrera de vapor
- 5 Montante
- 6 Aislante
- 7 Panel de fibra yeso fermacell®
- 8 Lámina impermeable transpirable de fachada
- 9 Subestructura (aquí rastreles)
- 10 Cinta EPDM
- 11 Panel de fachada Hardie® Panel

3.5.6.1 Componentes de la fachada

La subestructura de los elementos de fachada se compone de un entramado de madera con montantes y travesaños en base y coronación y panelado interior y exterior con paneles de fibra yeso fermacell®. Como panelado interior también es posible utilizar los paneles de fibra yeso fermacell® Vapor, en caso de requerirse una barrera de vapor (mejor dicho: freno de vapor). El aislamiento de las cámaras se realiza con lana de roca (si existen requerimientos de resistencia al fuego) o aislantes en base a celulosa o fibra de madera. El panelado exterior se debe proteger mediante una lámina de fachada impermeable y transpirable. De esta forma el plano del panelado exterior impermeabiliza y aporta estanqueidad al aire y viento.

Para el panelado exterior se han elegido paneles de fibro cemento Hardie® Panel, fijados a rastreles de madera de 30 x 60mm con tornillos adecuados. Entre el panelado y los rastreles se coloca una cinta EPDM que vuela 1 cm por encima del rastrel a cada lado y que evita filtraciones de agua a través de la junta y las fijaciones.



El revestimiento de fachada se puede realizar alternativamente con

- Paneles Powerpanel HD
- Sistema de aislamiento exterior (SATE) fijado directamente sobre los paneles de fibra yeso fermacell®
- Panelado de pequeño formato Hardie® Plank u otros panelados de madera

Por el interior se prevé un trasdosado para el paso de instalaciones, evitando así tener que penetrar el plano de estanqueidad al aire. Esto permite la prefabricación del elemento de fachada. El trasdosado se realiza en obra y se instala entre forjados. Esto aporta grandes ventajas a nivel de aislamiento acústico.

Para fachadas no portantes pueden diferenciarse 3 tipos de construcción, en función de como se unen a la estructura de hormigón armado del edificio (ver gráfico).

■ Fachada antepuesta

Los elementos de fachada se apilan unos sobre otros y solo se fijan al borde superior del forjado en la parte inferior de cada elemento. La fachada es autoportante. Los elementos de fachada se alinean a través de las fijaciones con angulares. Estas se realizan de forma que eviten un derrumbamiento en caso de incendio.

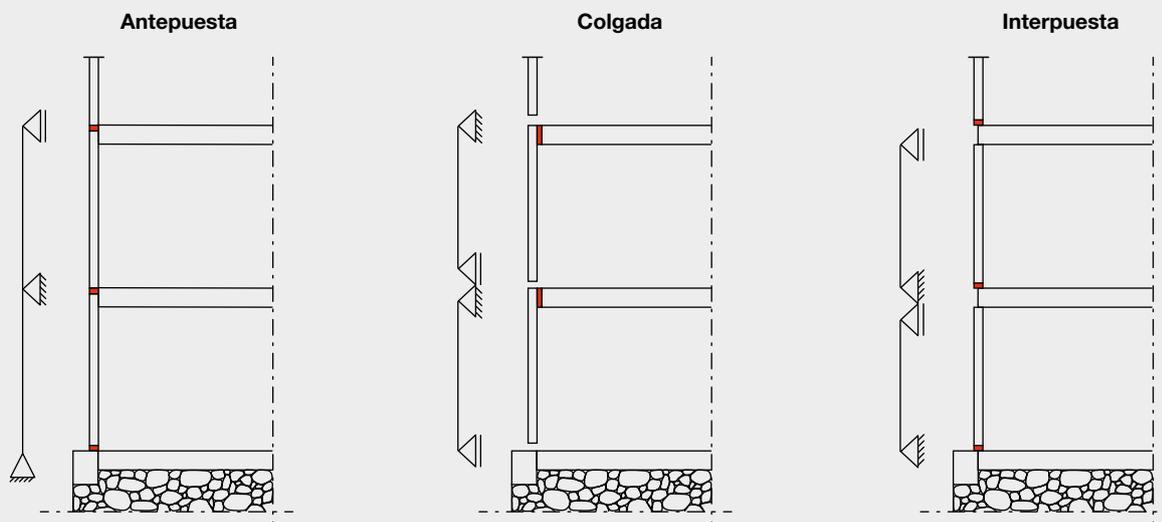
■ Fachada colgada

Los elementos de fachada se cuelgan de los forjados tanto en la parte superior como en la parte inferior. Cada elemento debe alinearse individualmente y las fijaciones deben complementarse en obra (por ejemplo con aislante, con un revestimiento para proteger frente a incendios, el revestimiento de fachada). Por ello el montaje y el tratamiento de las fijaciones son complejas.

■ Fachada interpuesta

Los elementos de fachada se instalan entre los forjados en el canto de forjado. Para minimizar los puentes térmicos de la estructura maciza, los elementos de fachada se instalan con el máximo voladizo respecto al canto de forjado. Los cantos de forjados se cierran con el elemento inferior o se cierran en obra (tal como se realiza en la fachada colgada). En algunos casos se puede prescindir de un trasdosado interior.

Lo más habitual es que las fachadas no portantes se instalen antepuestas a la estructura del edificio. Una variante es la instalación interpuesta, que puede permitir prescindir del trasdosado interior. En muy raras ocasiones los elementos de fachada se ejecutan de madera maciza (CLT) ya que los costes de material se incrementan y aparte requieren sistemas de aislamiento adicionales importantes. También se incrementa el espesor en estos sistemas frente a los sistemas de entramado de madera. A continuación, se muestran ejemplos de soluciones para diferentes detalles tipo de las variantes de fachada antepuesta y fachada interpuesta.



Variantes del montaje de elementos prefabricados de fachada en estructuras de esqueleto de hormigón

3.5.6.2 Determinación de las diferentes capas de las fachadas

Al margen de la definición de la secuencia de capas debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- El entramado de madera puede realizarse con montantes diferentes, por ejemplo con madera maciza, madera microlaminada, perfiles en I de madera, etc. En los dibujos de detalle en los travesaños inferiores se ha empleado madera microlaminada, debido a su elevada robustez y flexibilidad en los ajustes de detalles (por ejemplo en las protecciones solares o en los petos de cubierta).
- El aislamiento de la cámara deberá cumplir el requerimiento de resistencia al fuego y podrá ser un aislante mineral (lana de vidrio o de roca), celulosa o fibra de madera, en todo caso con capacidad de absorción de humedades.
- La elección de la lámina impermeable requiere una atención especial. La lámina debe tener una resistencia a la tracción elevada, debe ser resistente a los rayos UV y debe incluir los componentes necesarios para garantizar la impermeabilidad en los encuentros y solapes (cintas adhesivas para las juntas, cintas de butilo, etc.). La intención es poder generar un plano impermeable que proteja los paneles de fibra yeso fermacell® y evitar penetraciones de agua y humedades en fase de obra. Esta lámina, al colocarse en la parte fría de la fachada, deberá ser transpirable.
- En el interior se puede usar el panelado fermacell® Vapor como freno de vapor de agua.
- Para los paneles de fibra yeso fermacell® es necesario definir las juntas y los puntos de fijación.
- Es necesario aclarar los soportes y las geometrías en los puntos de sellado, por ejemplo en zócalos, puertas y ventanas, encuentros con balcones y cubiertas, respetando los requerimientos de los diferentes sistemas de sellado. En muchos proyectos no se presta atención a estos puntos lo que conlleva a complicaciones de ejecución o en el uso posterior.
- Determinar el grado de prefabricación es de gran importancia y las exigencias deben ajustarse a ello. Así surge la gran pregunta, si las ventanas y los revestimientos exteriores se deben incorporar a la prefabricación o si estos trabajos se realizan in situ. Hay que tener en cuenta que el estudio detallado de las tolerancias de obra y la viabilidad de ejecución cobra mayor importancia cuanto mayor sea el grado de prefabricación. Muchas veces estos puntos solo pueden completarse con un montaje en obra.

3.6 Índice de detalles tipo

Para ver la ubicación de los detalles, se pueden consultar la planta y la sección de las páginas siguientes.

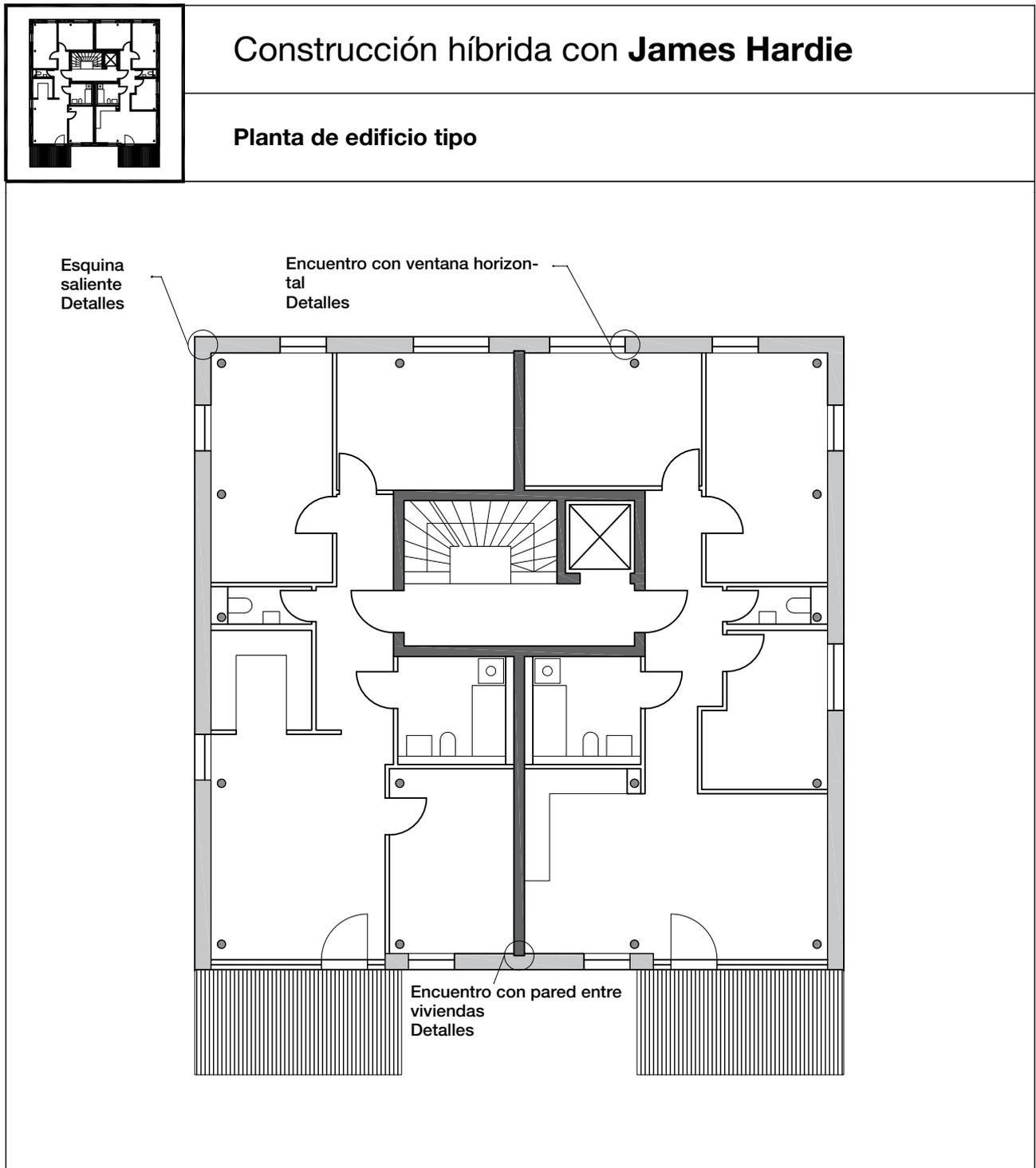
Los detalles que comienzan con el código 1 son de la tipología de fachada antepuesta.

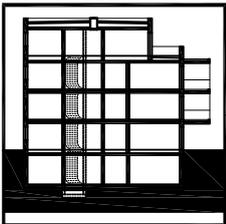
Los detalles que comienzan con el código 2 son de la tipología de fachada interpuesta.

| Relación de códigos de detalle y páginas | | | | |
|--|---------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Detalle | Revestimiento1 exterior | | | |
| | Fachada ventilada con paneles Hardie® | | Acabados de mortero | |
| | Hardie® Panel | Hardie® Plank | Powerpanel + revoco | SATE |
| Arranque de fachada | 1.1.1 / p. 152 | 1.1.2 / p. 153 | 1.1.3 / p. 154 | 1.1.4 / p. 155 |
| | 2.1.1 / p. 156 | 2.1.2 / p. 157 | 2.1.3 / p. 158 | 2.1.4 / p. 159 |
| Forjado | 1.2.1 / p. 160 | 1.2.2 / p. 161 | 1.2.3 / p. 162 | 1.2.4 / p. 163 |
| | 2.2.1 / p. 164 | 2.2.2 / p. 165 | 2.2.3 / p. 166 | 2.2.4 / p. 167 |
| Ventana (sección vertical) | 1.3.1 / p. 168 | 1.3.2 / p. 169 | 1.3.3 / p. 170 | 1.3.4 / p. 171 |
| | 2.3.1 / p. 172 | 2.3.2 / p. 173 | 2.3.3 / p. 174 | 2.3.4 / p. 175 |
| Ventana (sección horizontal) | 1.4.1 / p. 176 | 1.4.2 / p. 177 | 1.4.3 / p. 178 | 1.4.4 / p. 179 |
| | 2.4.1 / p. 180 | 2.4.2 / p. 181 | 2.4.3 / p. 182 | 2.4.4 / p. 183 |
| Ventana con caja de persiana | 1.5.1 / p. 184 | 1.5.2 / p. 185 | 1.5.3 / p. 186 | 1.5.4 / p. 187 |
| | 2.5.1 / p. 188 | 2.5.2 / p. 189 | 2.5.3 / p. 190 | 2.5.4 / p. 191 |
| Peto de cubierta | 1.6.1 / p. 192 | 1.6.2 / p. 193 | 1.6.3 / p. 194 | 1.6.4 / p. 195 |
| | 2.6.1 / p. 196 | 2.6.2 / p. 197 | 2.6.3 / p. 198 | 2.6.4 / p. 199 |
| Esquina saliente | 1.7.1 / p. 200 | 1.7.2 / p. 201 | 1.7.3 / p. 202 | 1.7.4 / p. 203 |
| | 2.7.1 / p. 204 | 2.7.2 / p. 205 | 2.7.3 / p. 206 | 2.7.4 / p. 207 |
| Separación de viviendas | 1.8.1 / p. 208 | 1.8.2 / p. 209 | 1.8.3 / p. 210 | 1.8.4 / p. 211 |
| | 2.8.1 / p. 212 | 2.8.2 / p. 213 | 2.8.3 / p. 214 | 2.8.4 / p. 215 |

Detalles tipo de la construcción híbrida con fachadas de entramado de madera

Planta y sección del edificio





Construcción híbrida con **James Hardie**

Sección de edificio tipo

Detalle encuentro con cubierta plana
Detalles

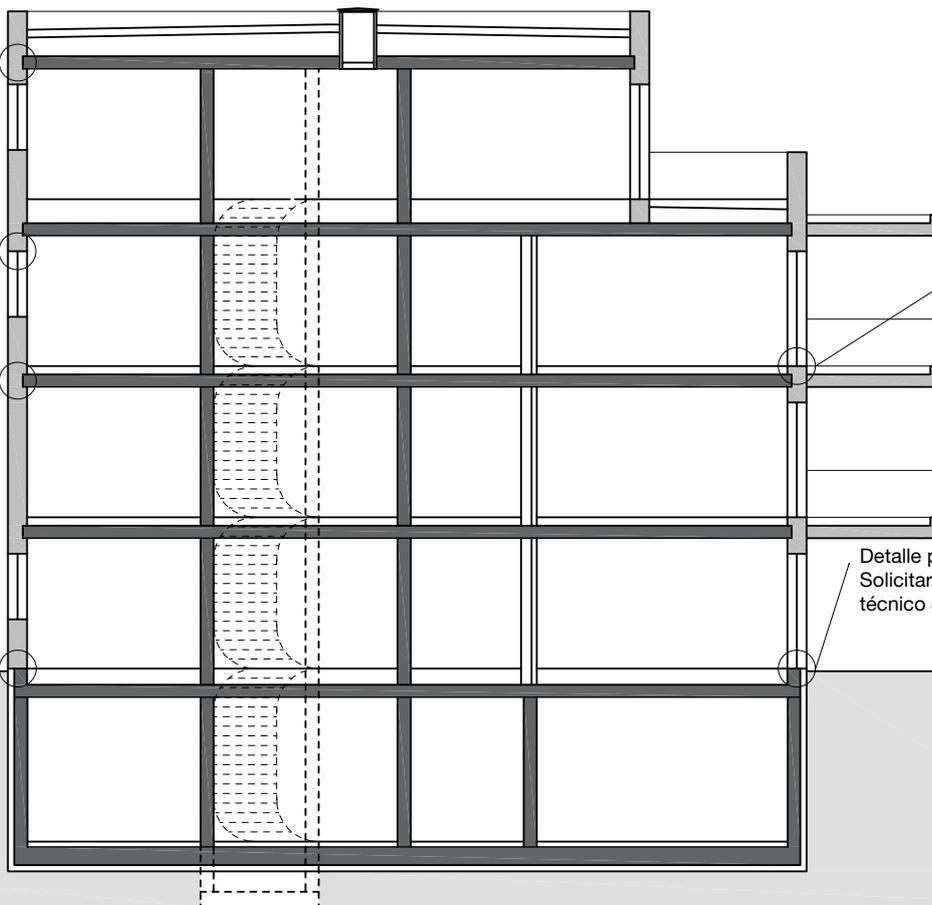
Detalle encuentro con ventana (vertical) Detalles

Detalle encuentro con forjado Detalles

Arranque de fachada Detalles

Detalle encuentro con balcón Solicitar a departamento técnico James Hardie

Detalle puerta balconera Solicitar a departamento técnico James Hardie



3.6.1 Arranque de fachada

Fachada antepuesta/interpuesta

El arranque de la fachada es un detalle clave ya que los aspectos de robustez y tolerancia a los errores son especialmente importantes. Se trata en especial de asegurar la durabilidad de la madera en el umbral de la fachada a lo largo de toda la vida útil. El detalle que mostramos aquí es especialmente exigente, ya que muestra una solución sin barreras arquitectónicas, ya que la cota inferior de la madera de arranque está por debajo del nivel del terreno.

Una opción es realizar una zanja delante de esta madera de arranque. La zanja debería tener un ancho de por lo menos 30 cm y una profundidad lo suficiente para que haya una distancia de entre 15–30 cm entre la madera y el relleno de grava. La grava se debe ejecutar sobre una capa de mortero u hormigón de limpieza. Para tapar el hueco de la zanja se puede instalar una rejilla tipo tramex. La traviesa de arranque de madera se realiza con una anchura inferior a la madera del entramado del elemento de fachada, para que termine a ras del canto de forjado del sótano o de la solera. Se instala antes de colocar los elementos de fachada y es importante alinear y nivelarla correctamente y fijarla mediante pernos de anclaje aptos para soportar cargas elevadas. La impermeabilización de la traviesa de arranque se puede realizar conjuntamente y sin escalones con la impermeabilización del muro del sótano o del canto de la solera. El hueco entre el forjado del sótano o la solera y la traviesa de arranque posteriormente se sella con el mortero expansivo fermacell™, que asegura una transmisión homogénea y repartida de las cargas. El elemento de fachada termina abajo con una traviesa que debe tener capacidad estructural (por ejemplo madera microlaminada) a la que se aplica un sellador en la parte inferior. A este se adhiere o fija la lámina impermeable de fachada. En fachadas con revoco la impermeabilización debe subirse hasta 5 cm por encima de la cota superior de la rejilla tramex. El aislamiento perimetral del muro de sótano o de la solera arremete desde el inferior contra el voladizo de la madera de arranque del elemento de fachada. El aislamiento perimetral hay que cubrirlo, con un revoco o con una chapa de zócalo.

En la ejecución con fermacell® Powerpanel HD o con sistemas SATE hay que prestar atención especial al remate inferior del revestimiento, ya que hay que contar con una exposición a humedades superior. Hay que disponer un perfil goterón en el remate inferior del revoco (por ejemplo el perfil goterón HD del sistema fermacell® Powerpanel HD).

También es de gran importancia la unión interior estanca al aire. Esta unión se realiza desde la placa fermacell® Vapor al canto superior de la solera con cintas de sellado adecuadas o una lámina sellada en ambas caras. El trasdosado para las instalaciones se realiza hasta abajo del todo para permitir que las capas del pavimento puedan ejecutarse de forma limpia sin generación de un puente térmico.

Alternativas

En el caso de querer evitar la zanja perimetral es posible montar la traviesa de arranque sobre un reducido peto de hormigón, lo suficientemente alto para que la cota inferior de la traviesa está al menos 5–15 cm sobre la cota del terreno. En este caso también se requiere un relleno de grava de al menos 30 cm de ancho delante de la fachada, cuya altura deberá asegurarse con un bordillo o similar. La impermeabilización exterior de la traviesa deberá subirse al menos 15 cm sobre el nivel de terreno. En la zona de balconeras el peto de hormigón deberá interrumpirse, lo que genera una geometría compleja de la impermeabilización entre la traviesa y la puerta de la balconera, que deberá diseñarse cuidadosamente.

Si el terreno está al menos 15 cm por debajo de la cota superior de la solera, los requerimientos de impermeabilización de la traviesa de arranque son inferiores. Solo debe asegurarse la cota de terreno con una pieza de zócalo y una capa de grava repartida. Si esto no es posible (por ejemplo por inclinación o discontinuidad del terreno), la distancia entre el terreno y la cota inferior de la traviesa deberá aumentarse a por lo menos 30 cm.

3.6.2 Unión al forjado

3.6.2.1 Fachada antepuesta

El encuentro con el forjado es uno de los detalles que requieren una toma de decisión fundamental en la construcción híbrida. La cuestión es decidir la posición de la construcción de madera en relación a la estructura maciza del edificio. En la opción antepuesta la fachada pasa por delante del canto de forjado, por lo que se puede colocar un elemento sobre el siguiente, lo cual facilita mucho el montaje. Otra ventaja es poder realizar el plano de estanqueidad al aire (por ejemplo con paneles fermacell® Vapor) sin retranqueos, pasando por delante del canto de forjado. La junta entre elementos prefabricados de fachada se realiza por encima del canto superior del forjado, para poder realizar los sellados estancos al aire y las fijaciones con facilidad de acceso.

La fijación a los forjados apenas supone un déficit en el aislamiento térmico de la fachada, al contrario de lo que ocurre en la variante de módulos de fachada interpuestos.

Al tener que respetar las tolerancias de obra el ancho de la junta en los forjados es una decisión muy importante. En todo caso no debería ser inferior a 3 cm y en edificios de mayor altura mejor de entre 4-5 cm e incluso mayores en casos singulares. El trasdosado interior deberá adaptarse fijándose a la estructura del edificio mediante uniones deslizantes. Hay que respetar las distancias mínimas de las fijaciones al canto del forjado.

Los elementos prefabricados de madera se fijan (el superior a través del travesaño inferior y el inferior a través del travesaño superior) a angulares fijados al forjado mediante pernos. La fijación de los elementos prefabricados se realiza con puntos deslizantes (colisos) para permitir deformaciones de la estructura. Los angulares deben estar dimensionados estructuralmente. Para asegurar la estanqueidad al aire, antes de fijar el angular se coloca una lámina en la zona del angular.

La junta entre la fachada de madera y el canto de forjado se debe rellenar completamente con lana de roca y sellar el remate de forma estanca para evitar filtraciones de aire y el paso de humos en caso de incendios con una cinta adecuada (por ejemplo cinta de sellado fermacell™ Tape AWS). En la construcción híbrida este sellado se debe realizar arriba y abajo para evitar transmisiones laterales acústicas.

Para evitar la caída del aislante en la junta entre el entramado de madera y el canto de forjado, debe asegurarse mediante una placa de fibra yeso fermacell® o como dibujado aquí mediante un paquete de tiras fermacell® (para un encuentro deslizante) que también da protección frente a la propagación de incendios. En el lado superior la junta está sellada contra al fuego a través de la solera y el panelado del trasdosado.

El revestimiento exterior con paneles Hardie® Panel o Hardie® Plank se debe realizar según el manual de instalación. Entre los paneles y el rastrelado debe colocarse una cinta EPDM para evitar la filtración de agua a través de la junta.

El rastrelado puede ser de madera o de aluminio. La fachada debe realizarse como fachada ventilada. En el caso de que los forjados separen sectores de incendio, el CTE DB SI exige la instalación de barreras E30 para evitar el desarrollo vertical en la cámara ventilada, no representada en estos detalles.

El panelado exterior del entramado de madera con paneles de fibra yeso fermacell® debe realizarse sin interrupciones pasando por delante de los forjados. Por ello estas juntas en los encuentros se deben realizar o corregir in situ. Aquí hay que respetar las indicaciones relativas a las fijaciones y el tratamiento de juntas y comunicarlas a los instaladores en obra (elevado potencial de cometer errores). La lámina impermeable de fachada también debe ejecutarse sin interrupciones.

El trasdosado interior se representa en estos detalles con un apoyo deslizante en coronación, que se requiere si la flecha del forjado supera las deformaciones admisibles para el trasdosado. Por lo general un panelado interior simple es suficiente, ya que los paneles de fibra yeso fermacell® son de alta densidad y aportan un excelente aislamiento acústico y de resistencia mecánica. Si no se requiere un apoyo deslizante, recomendamos en todo caso colocar una tira de placas fermacell® debajo de la junta para evitar la caída del aislante, mejorar el aislamiento acústico y aumentar la protección contra incendios.

3.6.2.2 Fachada interpuesta

El encuentro con el forjado es uno de los detalles que requieren una toma de decisión fundamental en la construcción híbrida. La cuestión es decidir la posición de la construcción de madera en relación a la estructura maciza del edificio. En la variante de fachada interpuesta, la fachada no pasa por delante de los forjados sino que los forjados penetran en la fachada o la interrumpen.

En todo caso el encuentro con los forjados en la variante de fachadas interpuestas supone un debilitamiento importante de la envolvente térmica y deberá comprobarse la repercusión de los puentes térmicos en el cómputo energético del edificio.

En el ejemplo que se muestra en los detalles, los elementos de fachada se instalan de forma independiente por cada planta y se fijan mediante angulares a la estructura. De ello resulta una alta exigencia para el montaje de cara al aplomado, nivelación y escuadría de los módulos de fachada. A esto hay que sumar la dificultad de que el cierre de la envolvente térmica en el canto de los forjados y probablemente también en los pilares exteriores, solamente puede ejecutarse in situ. Durante el montaje por ello es necesario aplicar protecciones que impidan la penetración de humedades en la construcción antes de aplicar la lámina de impermeabilización. La ventaja de esta variante de fachada está en poder realizarse edificios de gran altura, tanto por temas estructurales como por las ventajas en la protección contra incendios, al quedar los sectores de incendio interrumpidos por los forjados hasta el exterior de la fachada.

La travesía de arranque de los elementos de fachada debe comprobarse estructuralmente, al estar colocada en voladizo sobre el canto de forjado. La travesía de arranque se fija al forjado mediante un angular, a través de colisos. El travesaño superior se fija del mismo modo al forjado. El espacio entre travesía y forjado se rellena con mortero expansivo fermacell™ para asegurar una transmisión homogénea de la carga. La altura del elemento de fachada debe definirse respetando las tolerancias de obra y dejando un margen para que sea posible su instalación sin obstrucciones. La junta entre travesaño superior y forjado debe rellenarse completamente con lana de roca y posteriormente sellarse con una cinta de estanqueidad.

El revestimiento exterior con paneles Hardie® Panel o Hardie® Plank se debe realizar según el manual de instalación. Entre los paneles y el rastrelado debe colocarse una cinta EPDM para evitar la filtración de agua a través de la junta.

El rastrelado puede ser de madera o de aluminio. La fachada debe realizarse como fachada ventilada. En el caso de que los forjados separen sectores de incendio, el CTE DB SI exige la instalación de barreras E30 para evitar el desarrollo vertical en la cámara ventilada, no representada en estos detalles.

El panelado exterior del entramado de madera con paneles de fibra yeso fermacell® debe realizarse sin interrupciones pasando por delante de los forjados. Por ello estas juntas en los encuentros de deben realizar o corregir in situ. Aquí hay que respetar las indicaciones relativas a las fijaciones y el tratamiento de juntas y comunicarlas a los instaladores en obra (elevado potencial de cometer errores). La lámina impermeable de fachada también debe ejecutarse sin interrupciones.

El trasdosado interior se representa con un apoyo deslizante en coronación, que se requiere si la flecha del forjado supera las deformaciones admisibles para el trasdosado. Por lo general un panelado interior simple es suficiente, ya que los paneles de fibra yeso fermacell® son de alta densidad y aportan un excelente aislamiento acústico y de resistencia mecánica.

Variante sin trasdosado interior

En esta variante de fachada es posible que se pueda prescindir del trasdosado interior debido a las ventajas acústicas y de protección al fuego comentadas anteriormente.

Variante semi interpuesta - semi antepuesta

Es posible que los módulos de fachada apoyen unos sobre otros pero a la vez penetren entre los forjados. Para ello la fachada de madera se retranquea solamente lo mínimo (por ejemplo 5 cm), de forma que la mayor parte de fachada pase por delante del canto de forjado y solo apoye en los cantos de forjado de forma parcial. Con ello se ahorra la fijación a los cantos de forjado y el tener que ejecutar in situ el cierre completo de la envolvente térmica. La desventaja está en la complicada geometría resultante y el debilitamiento del entramado de madera a cota de los forjados.

3.6.3 Encuentro con ventana

Fachada antepuesta / interpuesta

Sección vertical

El desarrollo de las ventanas requiere plantear una serie de preguntas relacionadas a aspectos físicos de la construcción ya que se trata de un tema que repercute en la estética de la fachada.

Por ejemplo se plantea la pregunta de donde posicionar las ventanas dentro de la sección constructiva. Un posicionamiento a ras con el exterior conlleva una exposición máxima a la lluvia y la radiación solar. Un posicionamiento a ras con el interior genera problema de aislamiento térmico (puentes térmicos) y evita poder colocar objetos en el interior. Aun así en España es la forma más habitual de colocarse las ventanas ya que también facilita la incorporación de cajas de persiana u otras protecciones solares.

En el caso de huecos de gran anchura y dintel, es necesario comprobar el dintel estructuralmente. Por temas de protección al fuego se recomienda usar tapetas de fibra yeso fermacell® para revestir las partes horizontales entrantes del dintel y antepecho en el perímetro del hueco. La lámina impermeable deberá llevarse hasta la carpintería de la ventana y pegarse contra ella. En los detalles mostrados las ventanas están posicionadas bastante al exterior de la fachada. Esto permite todavía colocar un aislante duro contra la carpintería superior, que se cubre con una tira de placa de fachada fijada a través del aislante al rastrel de madera que hace de dintel.

El remate inferior con sistemas que lleven un acabado de revoco de mortero (Powerpanel HD o sistemas SATE) requieren incorporar en el revoco un perfil goterón en el borde (por ejemplo el perfil goterón fermacell™ Powerpanel HD en sistemas Powerpanel), para facilitar el goteo al ser una zona que acumula humedades. El encuentro del mortero con la carpintería se debe realizar con un perfil de conexión para asegurar la estanqueidad.

También resulta imprescindible impermeabilizar el antepecho con la lámina de fachada, como segunda capa de impermeabilidad debajo del alfeizar, ya que la instalación del alféizar solo no da garantías de impermeabilidad. Cualquier falta de estanqueidad en la unión de alféizar con la carpintería conllevaría filtraciones de agua al interior del sistema constructivo sin esta protección adicional, que además se requiere para evitar la entrada de humedades en fase de obra.

Finalmente es importante sellar todas las conexiones de la ventana con cintas adhesivas adecuadas. Alternativamente, el empleo de cordones elásticos precomprimidos requiere una elección adecuada en el espesor, y una aplicación cuidadosa en las esquinas, ya que sino los resultados de estanqueidad en ensayos in situ (por ejemplo el ensayo Blower-Door para casas pasivas) pueden dar resultados no satisfactorios.

Sección horizontal

El encuentro lateral de ventana equivale al encuentro superior e inferior comentado anteriormente y no requiere mayor explicación.

3.6.4 Ventana con cajón de persiana

Fachada antepuesta/interpuesta

En el detalle de ejemplo, el cajón de persiana ocupa justo el ancho de la construcción de madera y se forra con paneles de fibra yeso fermacell® a excepción de la zona de ventana y el espacio para el paso de la persiana.

El remate inferior con sistemas que lleven un acabado de revoco de mortero (Powerpanel HD o sistemas SATE) requieren incorporar en el revoco un perfil goterón en el borde (por ejemplo el perfil goterón fermacell™ Powerpanel HD en sistemas Powerpanel), para facilitar el goteo al ser una zona que acumula humedades. El encuentro del mortero con la carpintería se debe realizar con un perfil de conexión para asegurar la estanqueidad.

El trasdosado interior cubre completamente el cajón de persiana sin interrupciones, para minimizar el puente térmico y no obstaculizar el paso de instalaciones.

3.6.5 Encuentro con cubierta plana

Fachada antepuesta/interpuesta

Realizar el peto de cubierta en cubiertas planas requiere estudiar toda una serie de detalles, relacionados sobre todo a temas de impermeabilización.

La fachada antepuesta pasa por delante del forjado de cubierta y conforma el peto de cubierta. Hay que estudiar si los elementos de fachada de la última planta pueden tener las dimensiones para incluir el peto en una sola pieza, o si se requieren piezas especiales para el remate superior de fachada para conformar el peto. La limitación viene dada por las dimensiones máximas de transporte.

En la variante de fachada interpuesta, se utilizan elementos de fachada de reducido espesor para conformar el peto. Estos elementos pasan por delante del canto de forjado de cubierta. La travesía inferior del elemento de peto tiene encajes para dar espacio a las escuadras que fijan los últimos elementos de fachada.

En la cara interior del peto se deben usar paneles de madera contrachapada o similar para que pueda fijarse el angular y en su caso la lámina impermeabilizante de la cubierta. Este panel deberá dimensionarse por el estructurista. El remate superior del peto se realiza con un travesaño de madera inclinado hacia el interior o un travesaño en forma de cuña, que a su vez sirve para fijar la impermeabilización y el elemento de terminación (la albardilla). La impermeabilización de la cubierta (por ejemplo una lámina bituminosa) asume a su vez la función de barrera de vapor y debe continuarse hasta la coronación del peto para solapar con la impermeabilización de fachada. Los angulares de fijación se deben proteger con una segunda capa de impermeabilización. La impermeabilización principal se realiza sobre el aislante (resistente a la compresión y concebido para esta función) que conforma las pendientes. Los detalles muestran una composición “pegada”, en la que tanto el aislante como la impermeabilización se pegan mediante adhesivos de construcción al forjado. En caso de usarse una impermeabilización mediante láminas de PVC o similar, es imprescindible realizar una fijación longitudinal en el rincón del encuentro entre peto y forjado de cubierta. La impermeabilización se puede proteger mediante grava o realizarse una cubierta ajardinada.

Al igual que en el frente de forjados convencional, el espacio entre la fachada y el forjado de cubierta debe rellenarse con lana de roca. El trasdosado interior se ha dibujado a modo de ejemplo con un encuentro deslizante en coronación, aunque seguramente no se requiera.

3.6.6 Esquina saliente

Fachada antepuesta/interpuesta

El encuentro en esquina de la fachada debe concebirse de forma que sea posible una unión resistente entre ambos módulos de fachada. El rastrelado para el revestimiento de paneles exteriores debe ser lo suficientemente ancho como para poder volar en todo el ancho de la cámara ventilada del elemento de fachada vecino. En caso contrario se deben colocar 2 rastreles conformando la esquina. La cinta EPDM debe instalarse haciendo esquina para evitar filtraciones a ambas direcciones. La ubicación del pilar de la esquina puede variar en función del cálculo estructural y de la distribución de espacios interiores. En los detalles que se presentan el pilar está retranqueado respecto a las fachadas en el interior del edificio. También es posible que el trasdosado interior pueda ocultar el pilar estructural. En este caso será necesario respetar las tolerancias de obra correspondientes.

3.6.7 Encuentro con elemento separador vertical (ESV)

Fachada antepuesta/interpuesta

El encuentro entre la fachada y un elemento separador vertical (ESV), por ejemplo una separación entre viviendas, resulta más complicado con la fachada antepuesta que con la fachada interpuesta. En los siguientes detalles se muestran ESV de obra maciza (hormigón armado) y de construcción ligera.

En el caso de que el ESV deba cumplir una función de protección contra incendios (clasificación EI), para evitar la transmisión de fuegos a través de la fachada se deberán cumplir los requerimientos del CTE (ver capítulo 1.3).

ESV de obra maciza:

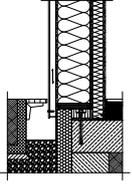
En las fachadas interpuestas el ESV penetra en el plano de la fachada, lo cual genera ventajas acústicas y en la protección frente a incendios. Sin embargo existe una pérdida de aislamiento térmico en esta zona. El puente térmico que se genera es relevante para el edificio y penaliza la demanda energética. En este aspecto la fachada antepuesta cuenta con una ventaja importante respecto a la fachada interpuesta.

En las fachadas antepuestas para respetar las tolerancias de obra el ancho de la junta entre fachada y los forjados es una decisión muy importante. En todo caso no debería ser inferior a 3 cm y en edificios de mayor altura mejor de entre 4–5 cm e incluso mayores en casos singulares. El trasdosado interior deberá adaptarse fijándose a la estructura del edificio mediante uniones deslizantes. Hay que respetar las distancias mínimas de las fijaciones al canto del forjado.

Los elementos de fachada deberán independizarse en la zona del ESV por temas acústicos y de protección al fuego. La junta debe rellenarse con lana de roca completamente. El panelado exterior con paneles de fibra yeso fermacell® y el relleno del aislante en la testa del ESV solo pueden ejecutarse en obra.

ESV de construcción seca:

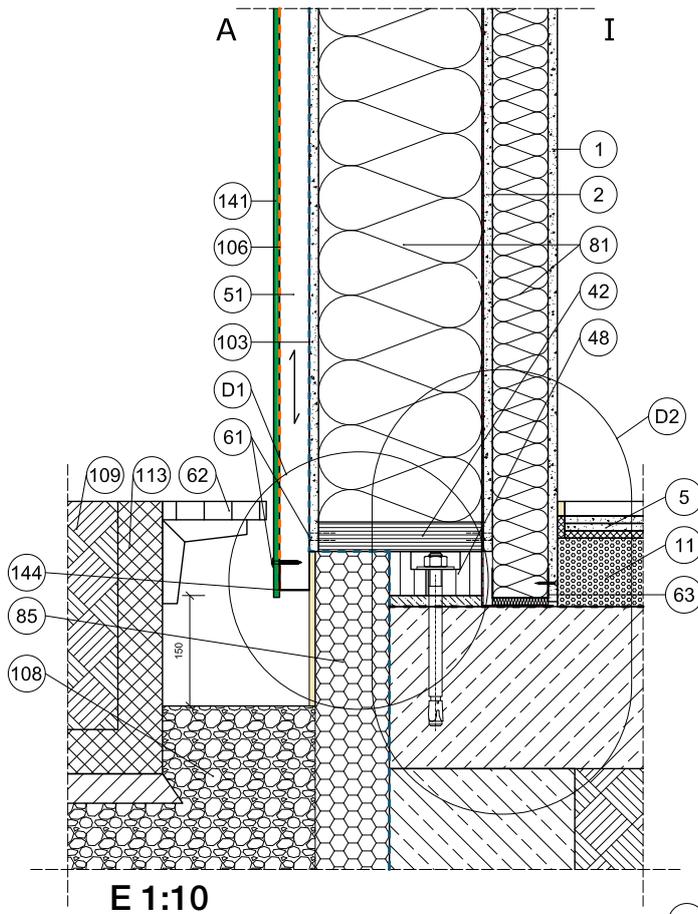
El ESV también puede ejecutarse en construcción seca. También se recomienda separar los elementos de fachada en la zona del ESV. En este caso la construcción seca se ejecuta posteriormente a la fachada y se puede instalar directamente contra la misma.



Construcción híbrida con James Hardie

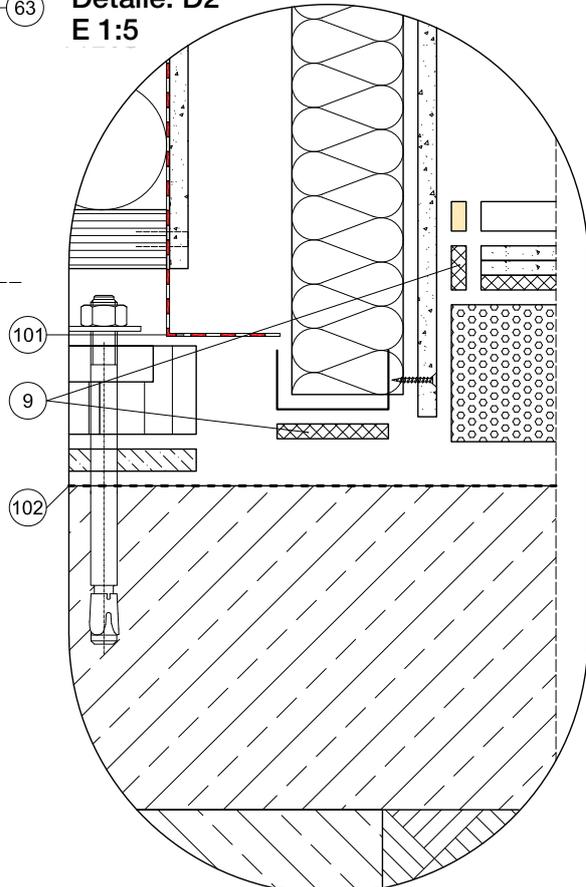
Detalle:
1.1.1

Arranque de fachada, antepuesta Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

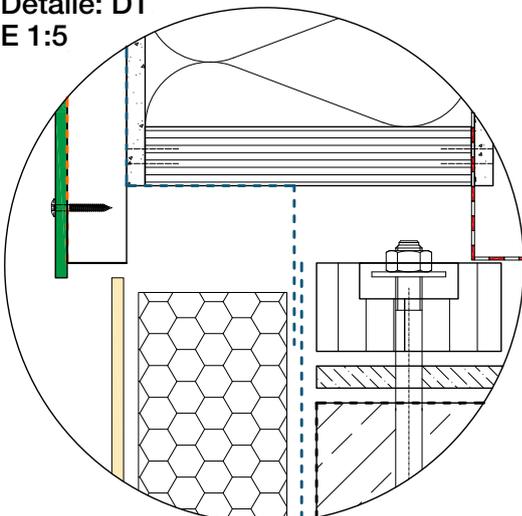


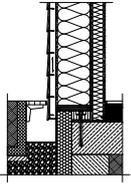
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 48 Travesía de arranque
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 62 Rejilla Tramex
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 85 Aislante perimetral
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 102 Impermeabilización del cemento
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 108 Relleno de grava
- 109 Terreno
- 113 Piedra de remate
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D2 E 1:5



Detalle: D1 E 1:5

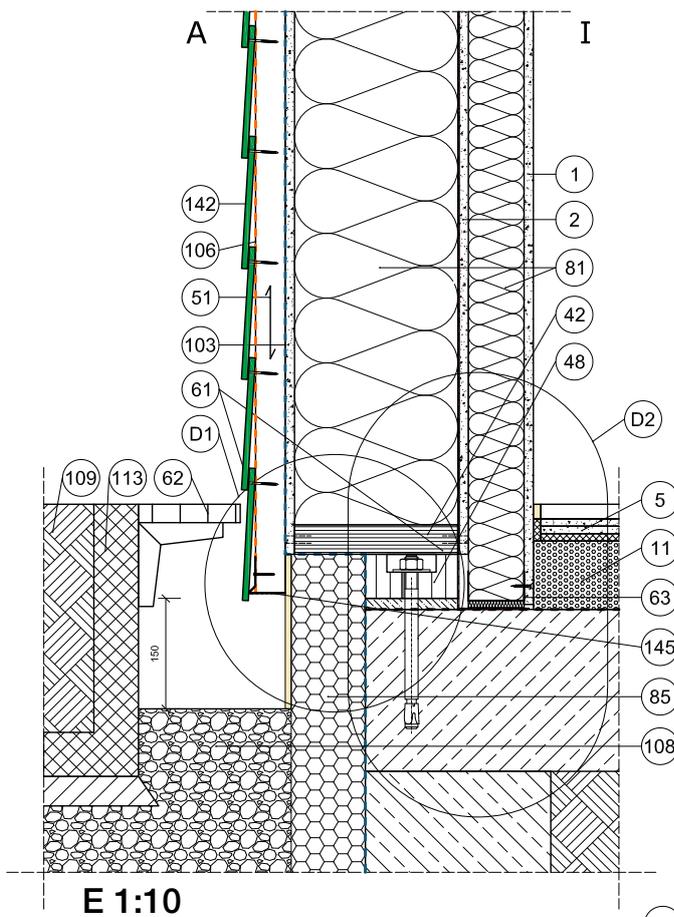




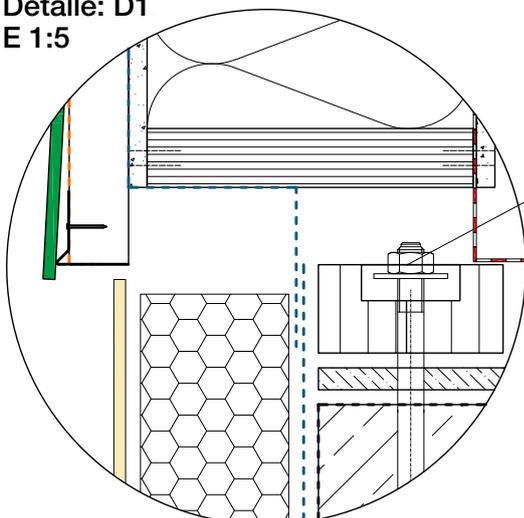
Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
1.1.2

Arranque de fachada, antepuesta Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)

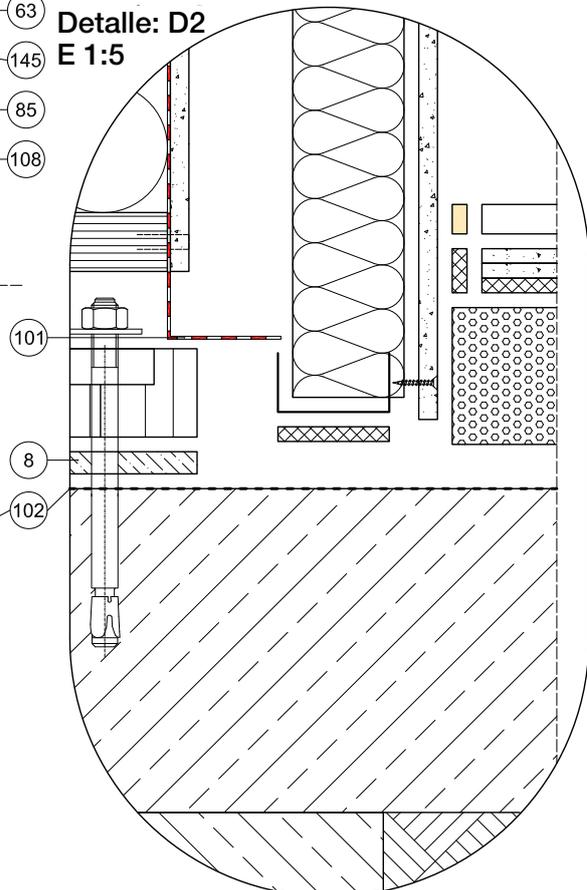


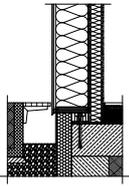
Detalle: D1
E 1:5



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 8 Mortero de expansión fermacell™
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 48 Travesía de arranque
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 62 Rejilla Tramex
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 85 Aislante perimetral
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 102 Impermeabilización del cimiento
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 108 Relleno de grava
- 109 Terreno
- 113 Piedra de remate
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank
- 145 Hardie™ Plank perfil de ventilación

Detalle: D2
E 1:5

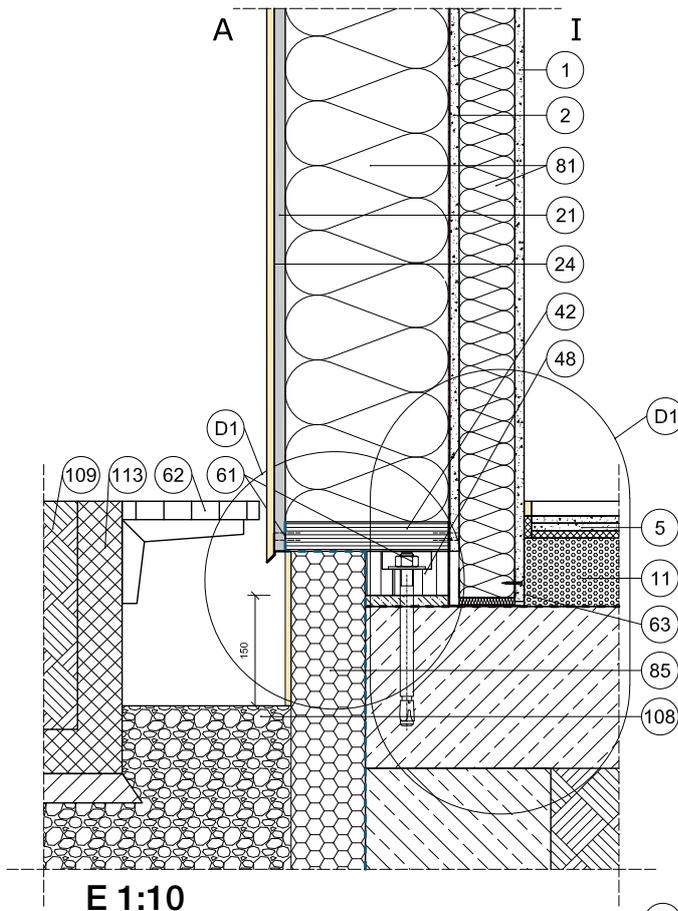




Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
1.1.3

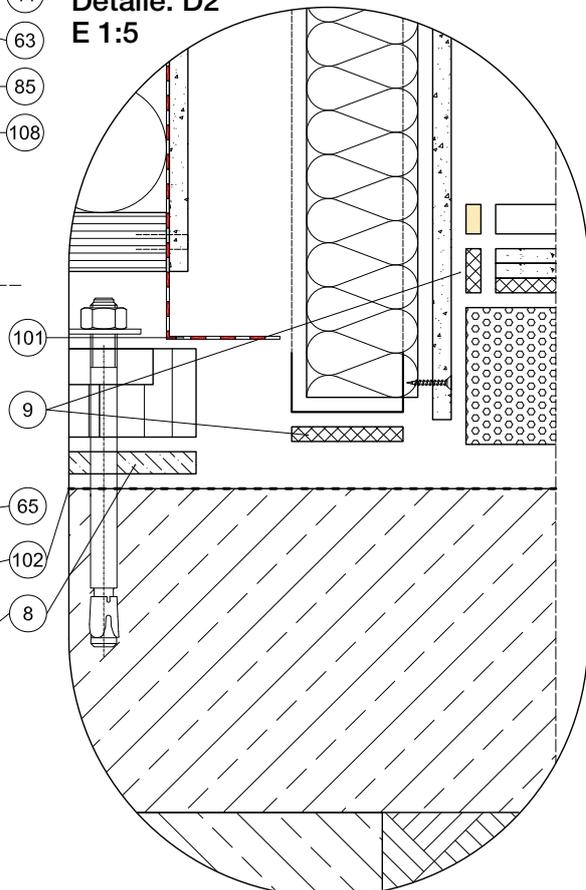
Arranque de fachada, antepuesta Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)



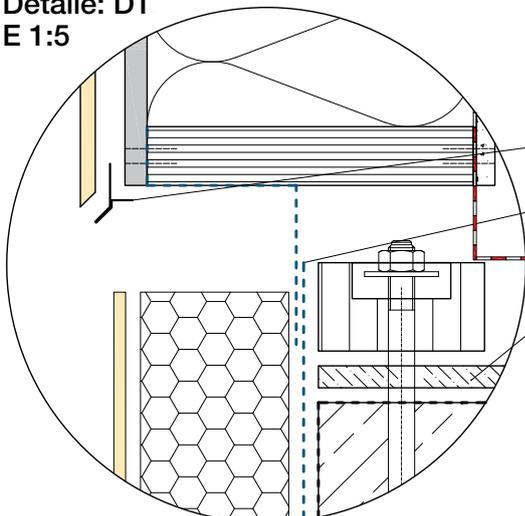
E 1:10

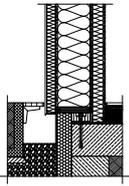
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 8 Mortero de expansión fermacell™
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 48 Travesía de arranque
- 61 Elementos de fijación
- 62 Rejilla Tramex
- 63 Perfil metálico
- 65 Perfil de remate con goterón
- 81 Aislante térmico
- 85 Aislante perimetral
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 102 Impermeabilización del cemento
- 108 Relleno de grava
- 109 Terreno
- 113 Piedra de remate

Detalle: D2 E 1:5



Detalle: D1 E 1:5

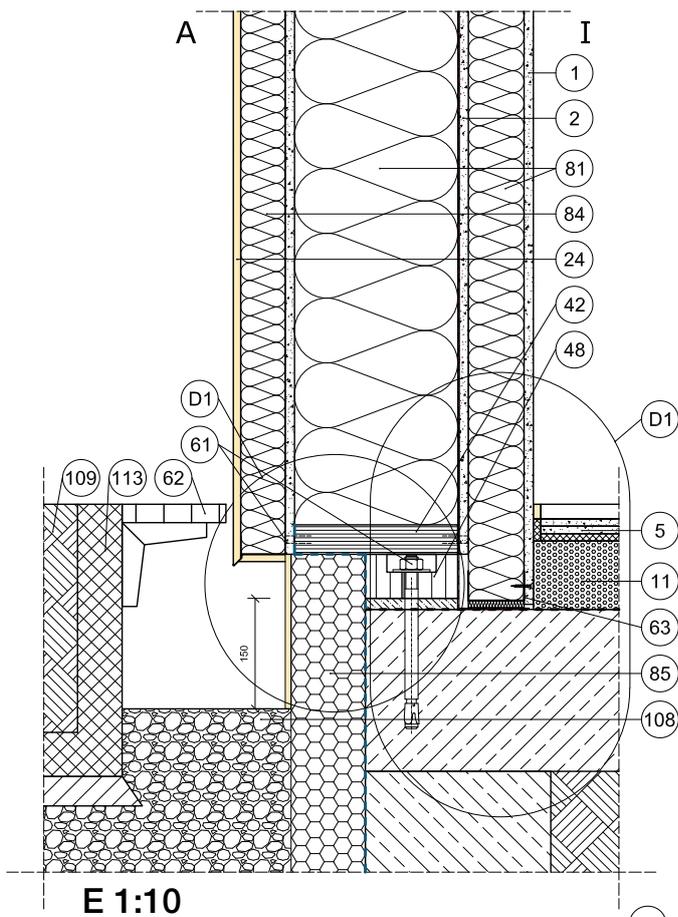




Construcción híbrida con James Hardie

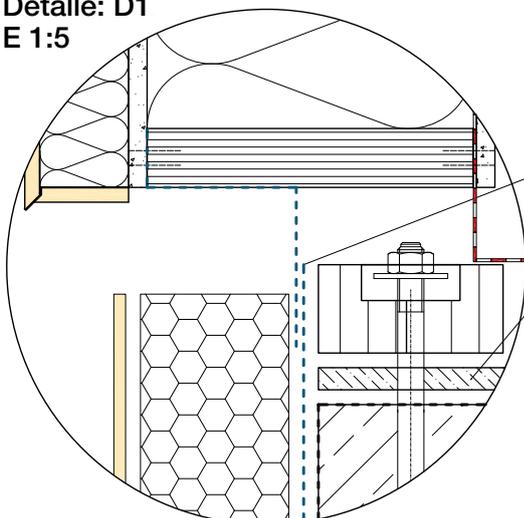
Detalle:
1.1.4

Arranque de fachada, antepuesta Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

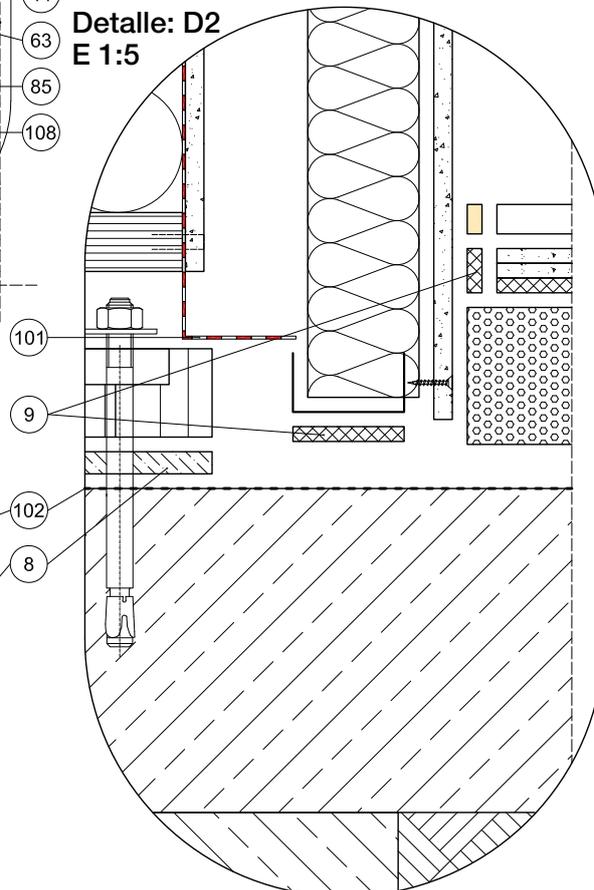


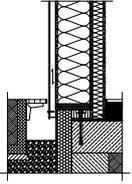
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 8 Mortero de expansión fermacell™
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 24 Revoco apto
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 48 Travesía de arranque
- 61 Elementos de fijación
- 62 Rejilla Tramex
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 84 SATE
- 85 Aislante perimetral
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 102 Impermeabilización del cimiento
- 108 Relleno de grava
- 109 Terreno
- 113 Piedra de remate

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

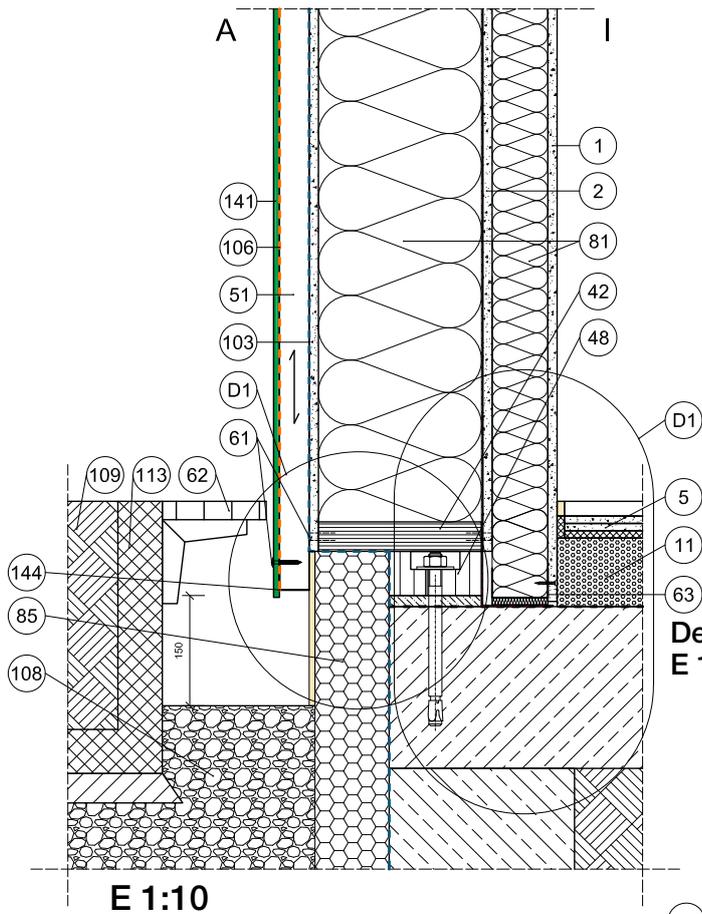




Construcción híbrida con James Hardie

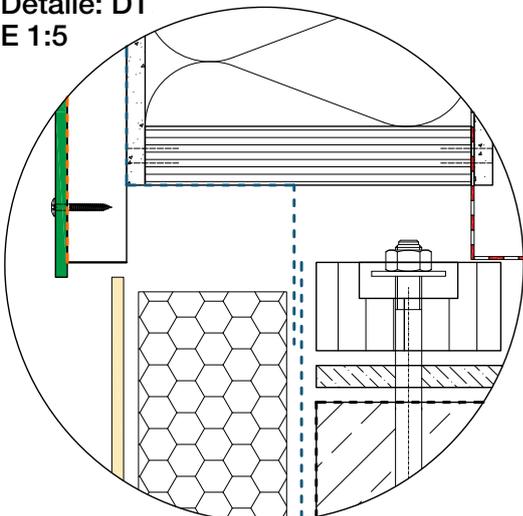
Detalle:
2.1.1

Arranque de fachada, interpuesta Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

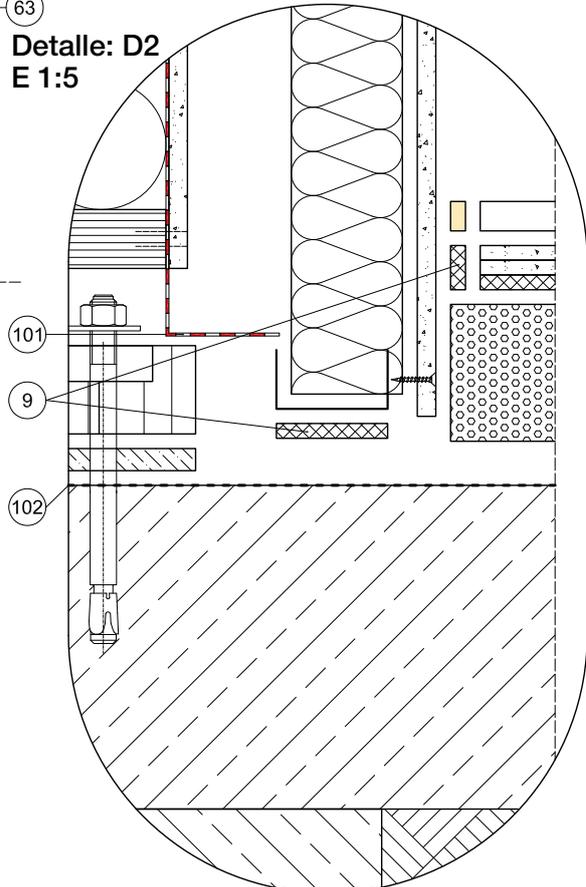


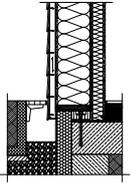
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 8 Mortero de expansión fermacell™
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 48 Travesía de arranque
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 62 Rejilla Tramex
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 85 Aislante perimetral
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 102 Impermeabilización del cimentado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 108 Relleno de grava
- 109 Terreno
- 113 Piedra de remate
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

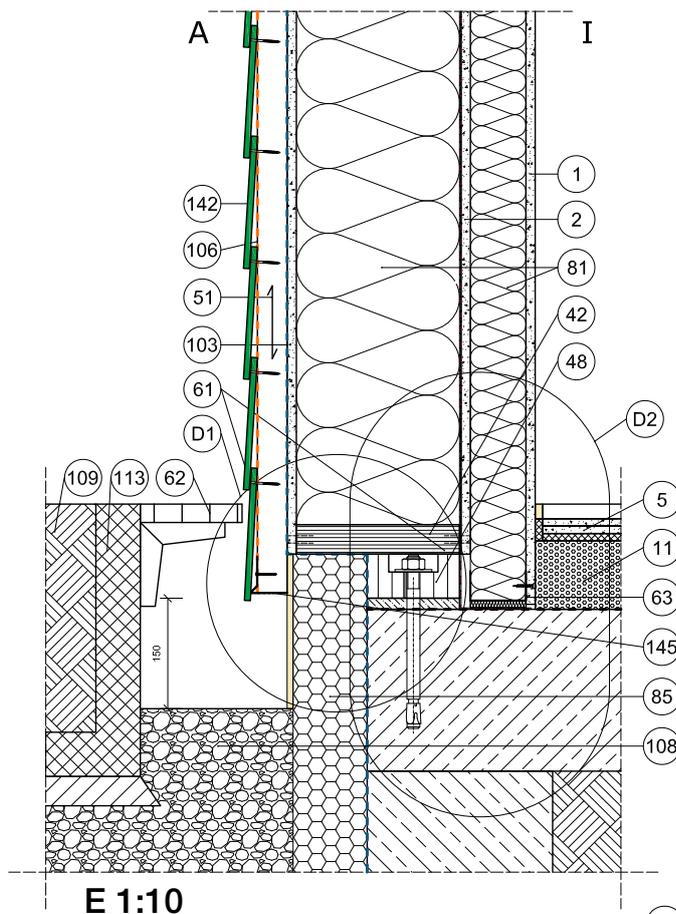




Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.1.2

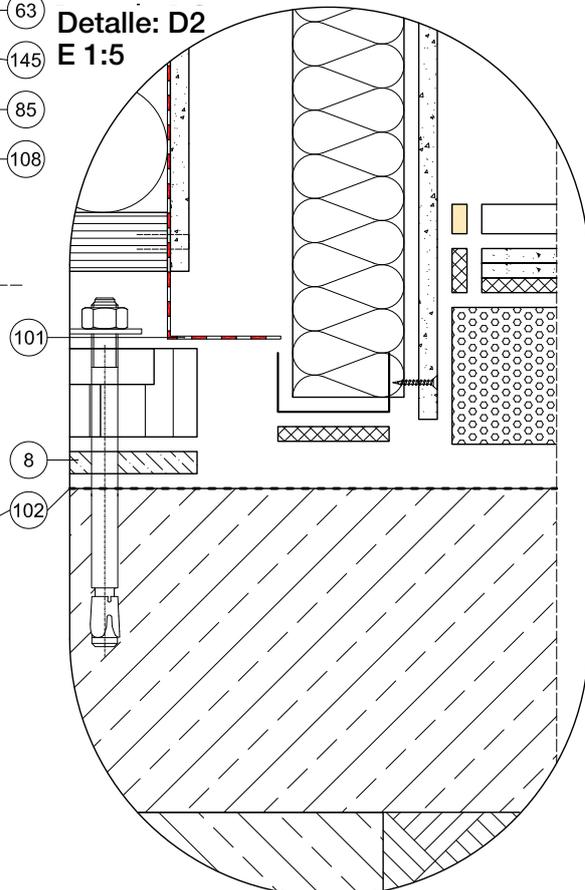
Arranque de fachada, interpuesta Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)



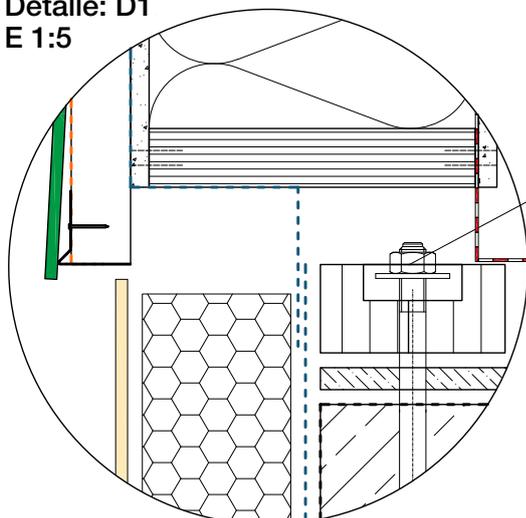
E 1:10

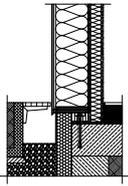
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 8 Mortero de expansión fermacell™
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 48 Travesía de arranque
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 62 Rejilla Tramex
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 85 Aislante perimetral
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 102 Impermeabilización del cimient
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 108 Relleno de grava
- 109 Terreno
- 113 Piedra de remate
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank
- 145 Hardie™ Plank perfil de ventilación

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5

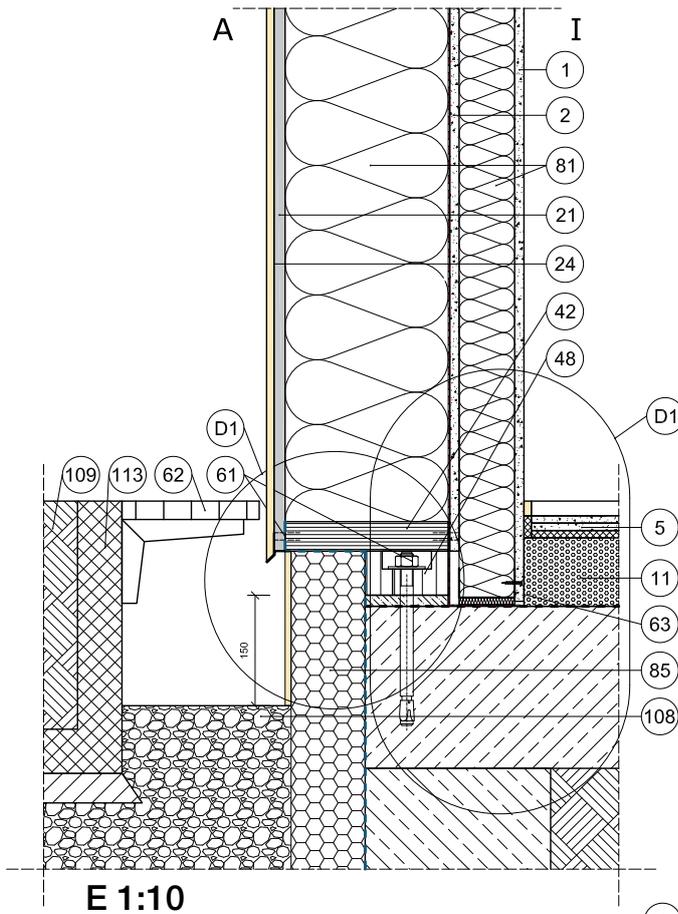




Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.1.3

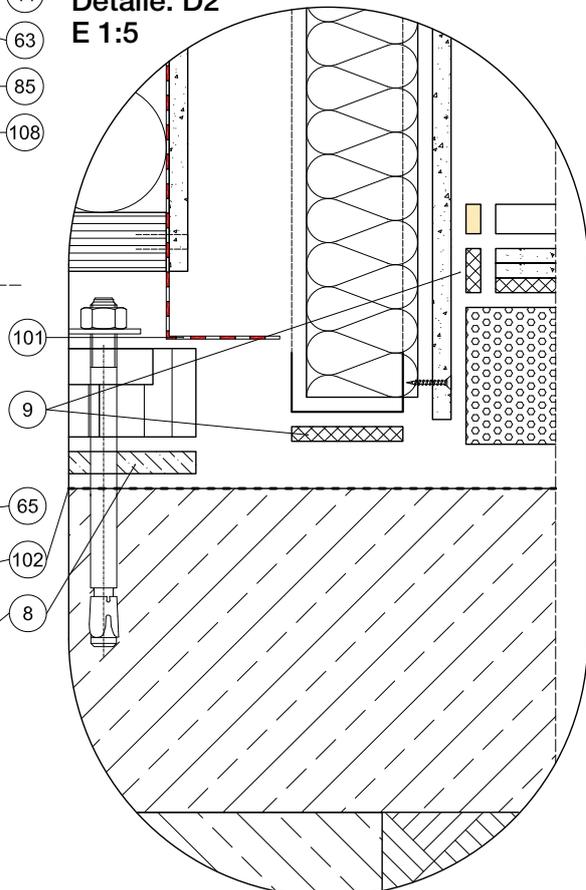
Arranque de fachada, interpuesta Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)



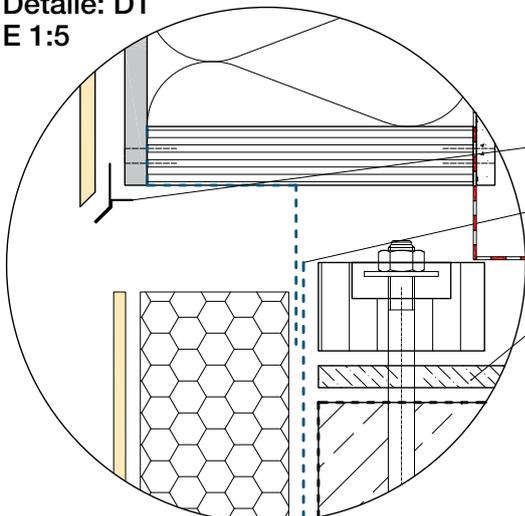
E 1:10

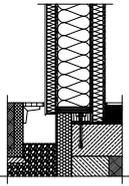
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 8 Mortero de expansión fermacell™
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 48 Travesía de arranque
- 61 Elementos de fijación
- 62 Rejilla Tramex
- 63 Perfil metálico
- 65 Perfil de remate con goterón
- 81 Aislante térmico
- 85 Aislante perimetral
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 102 Impermeabilización del cemento
- 108 Relleno de grava
- 109 Terreno
- 113 Piedra de remate

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5

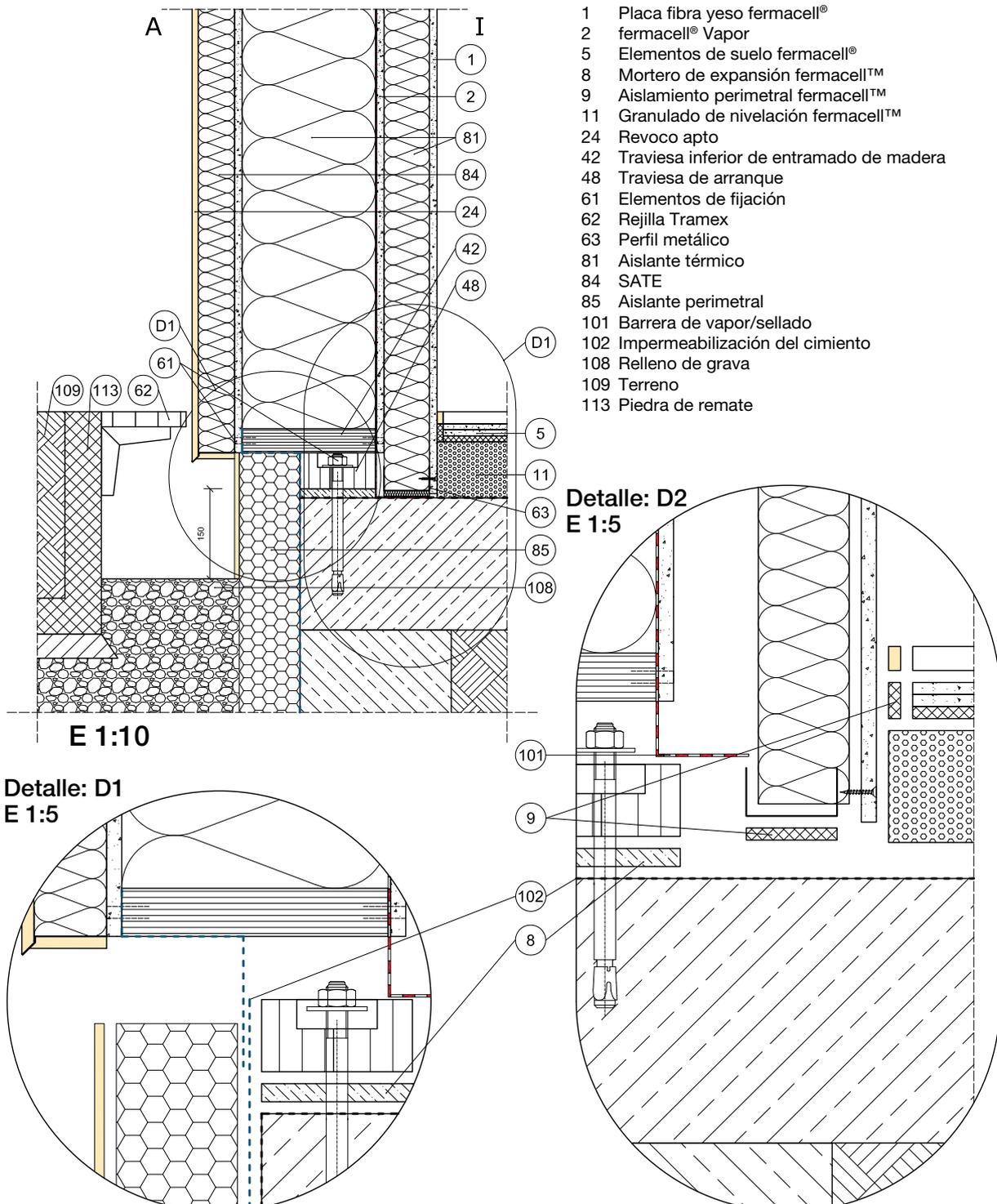


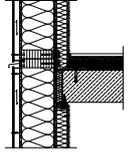


Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.1.4

Arranque de fachada, interpuesta Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

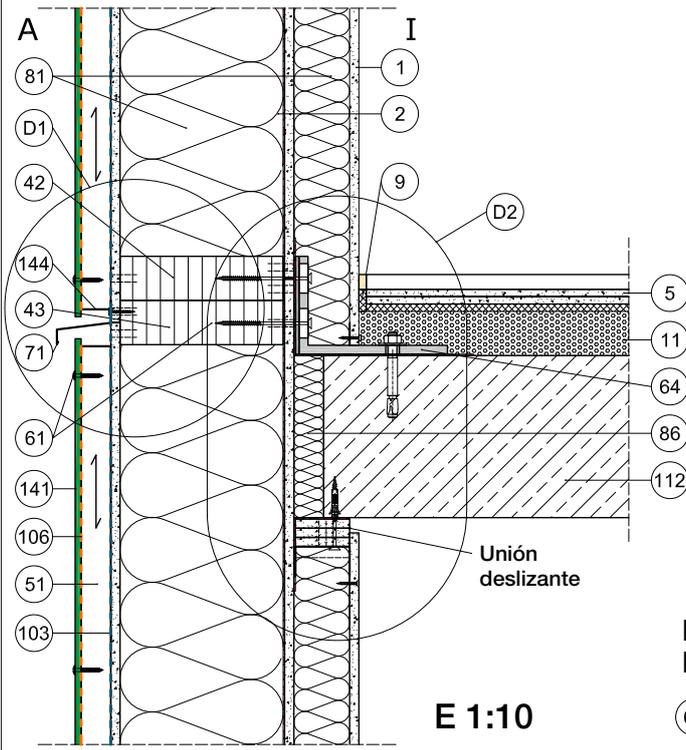




Construcción híbrida con James Hardie

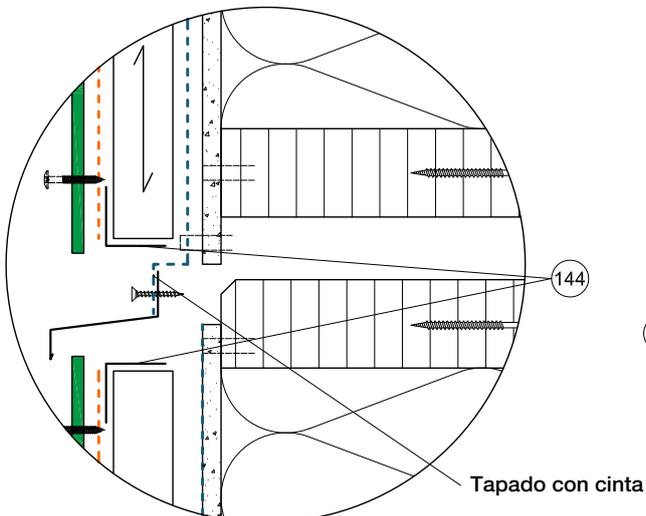
Detalle:
1.2.1

Encuentro con forjado, antepuesto
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

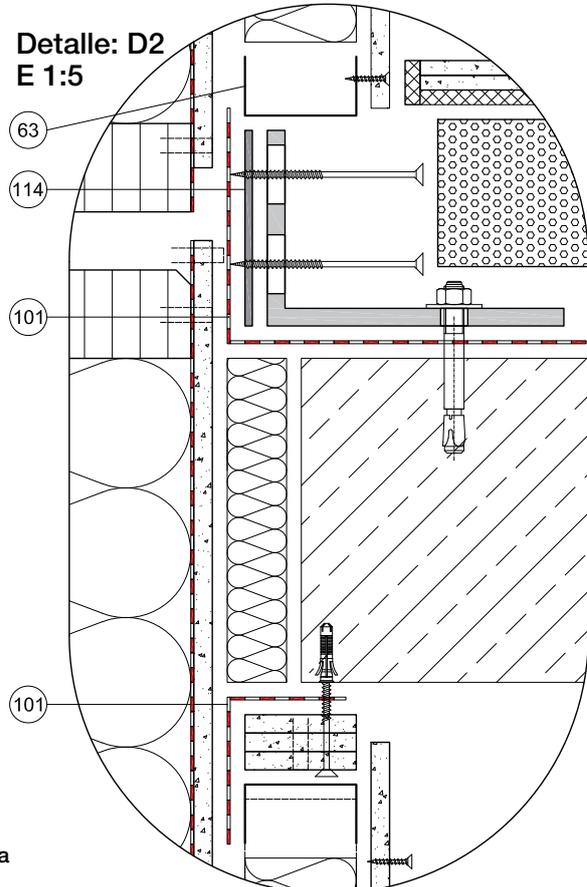


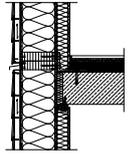
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 43 Travesías del entramado de madera
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 71 Barrera de incendios (en caso de necesidad)
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

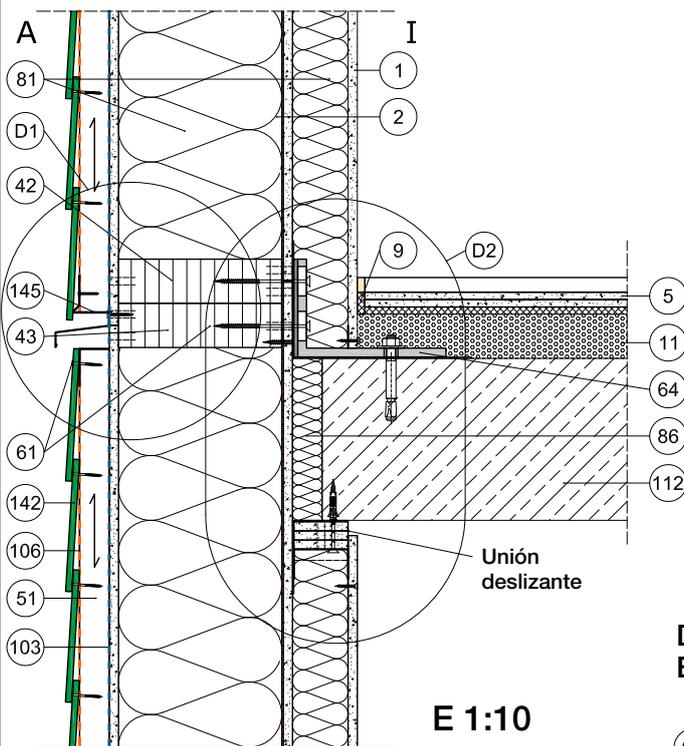




Construcción híbrida con James Hardie

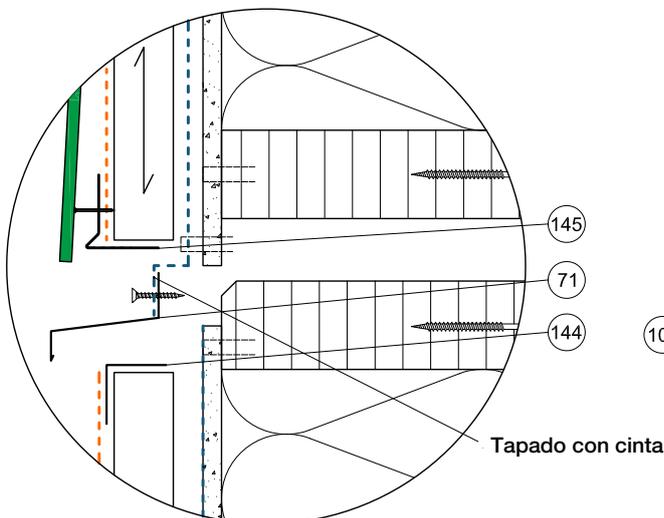
Detalle:
1.2.2

Encuentro con forjado, antepuesto
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)

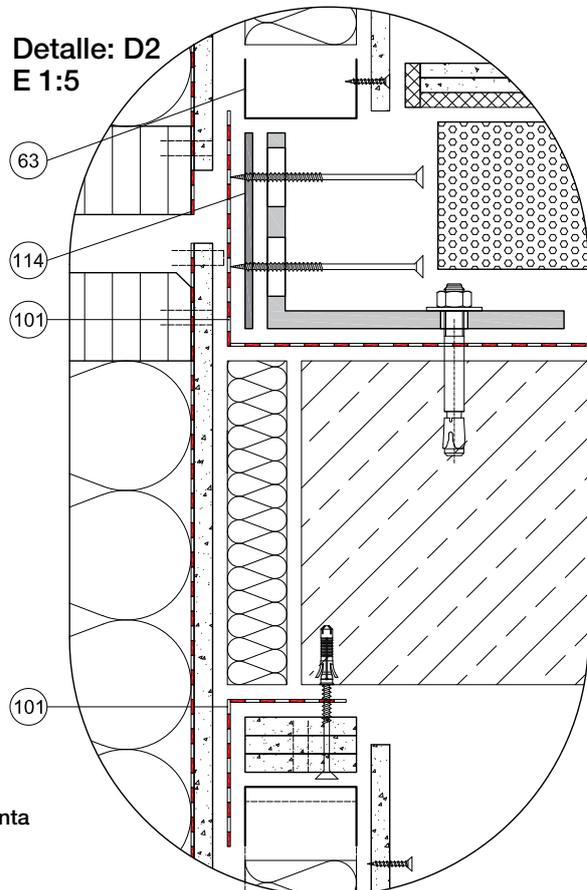


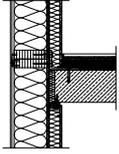
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 43 Travesías del entramado de madera
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 71 Barrera de incendios (en caso de necesidad)
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank
- 144 Perfil de ventilación
- 145 Hardie™ Plank perfil de ventilación

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

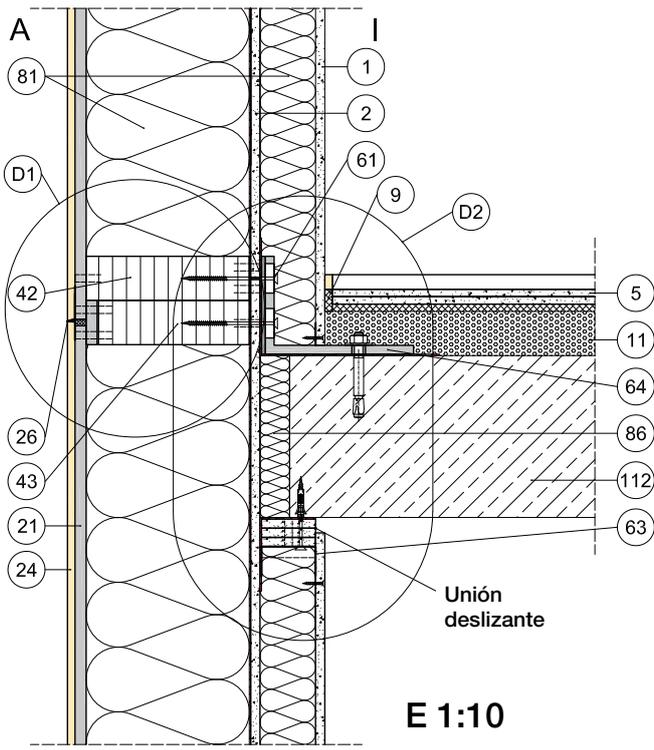




Construcción híbrida con **James Hardie**

Detalle:
1.2.3

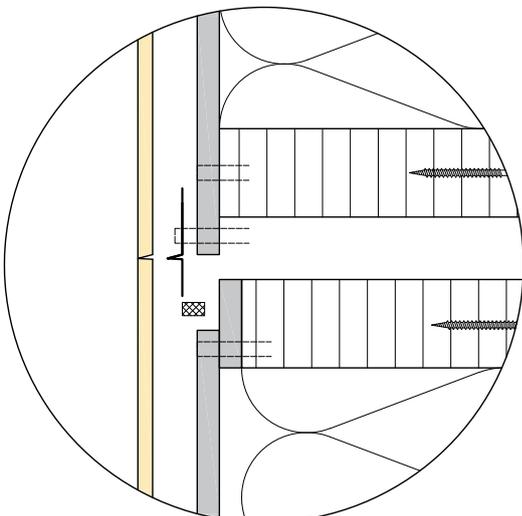
Encuentro con forjado, antepuesto
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)



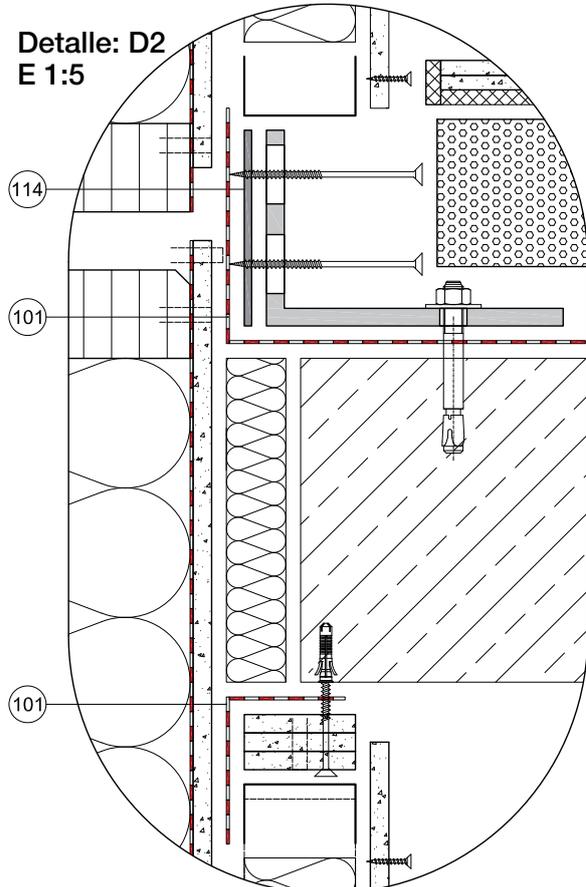
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 26 Perfil para junta entre forjados fermacell™
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 43 Travesías del entramado de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero

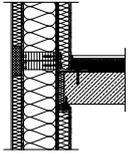
E 1:10

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

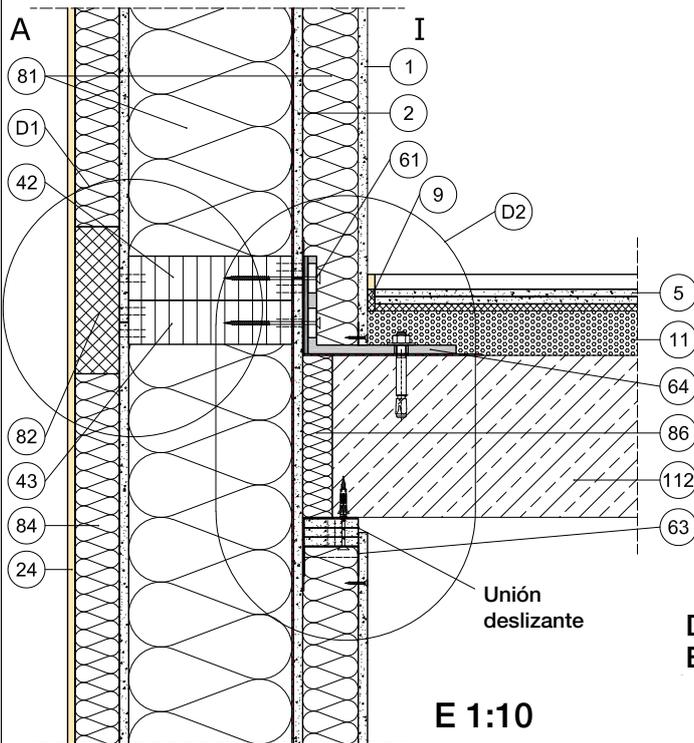




Construcción híbrida con James Hardie

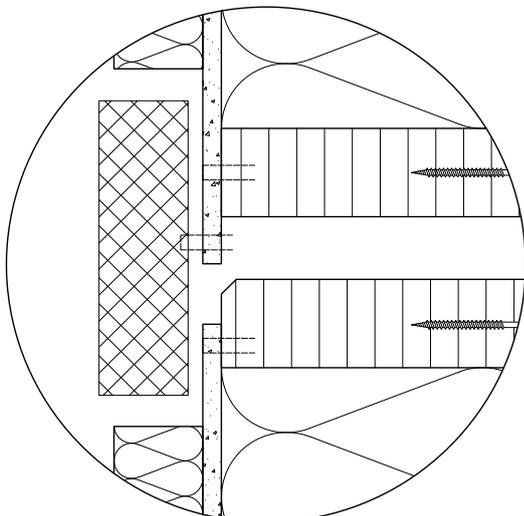
Detalle:
1.2.4

Encuentro con forjado, antepuesto
Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

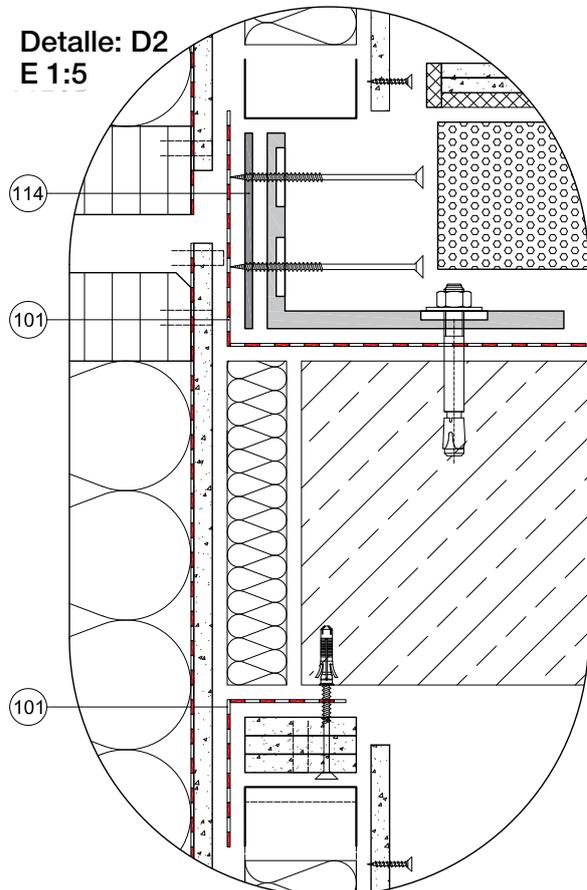


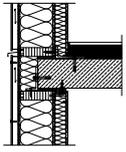
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 24 Revoco apto
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 43 Travesías del entramado de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 82 Lana de roca
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

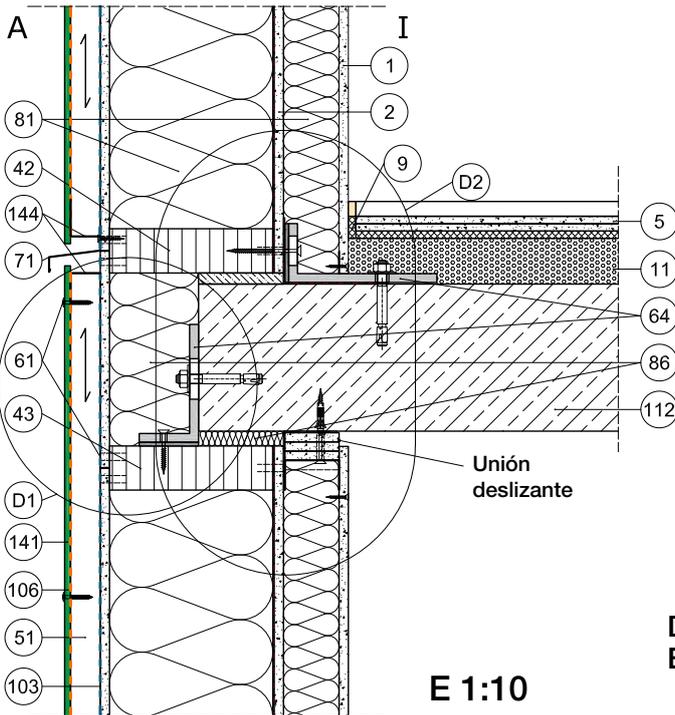




Construcción híbrida con James Hardie

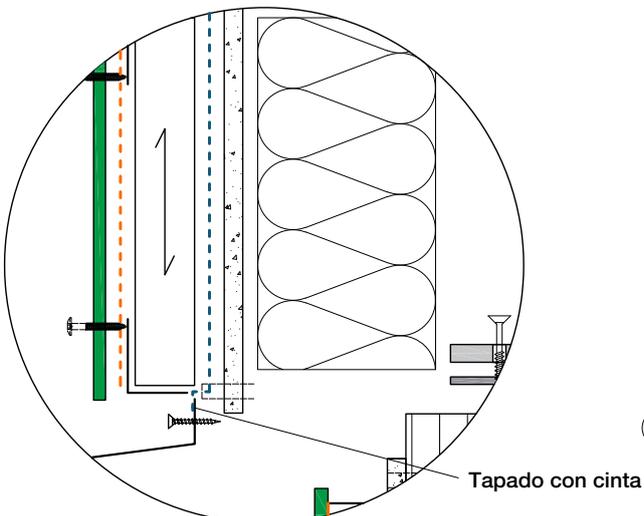
Detalle:
2.2.1

Encuentro con forjado, interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

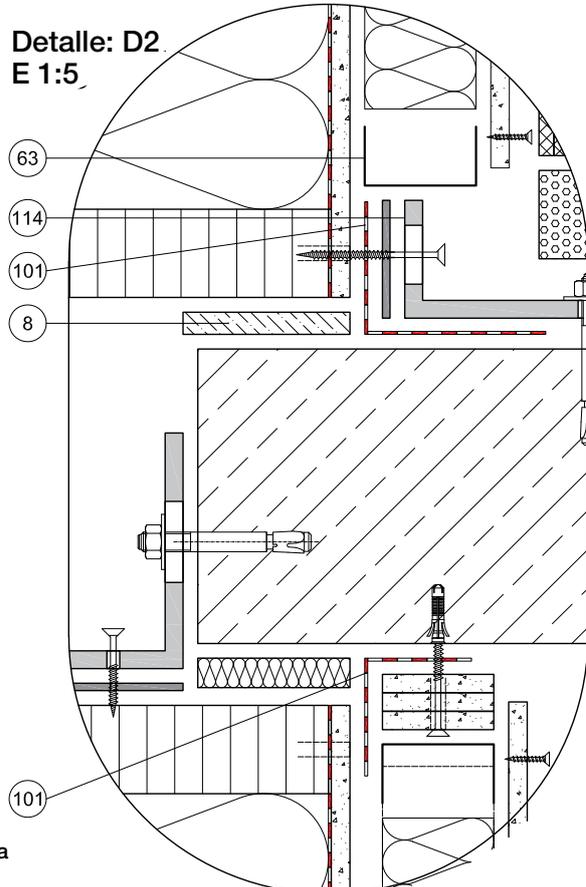


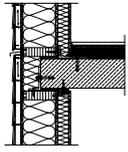
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 8 Mortero de expansión fermacell™
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 43 Traviesas del entramado de madera
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 71 Barrera de incendios (en caso de necesidad)
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

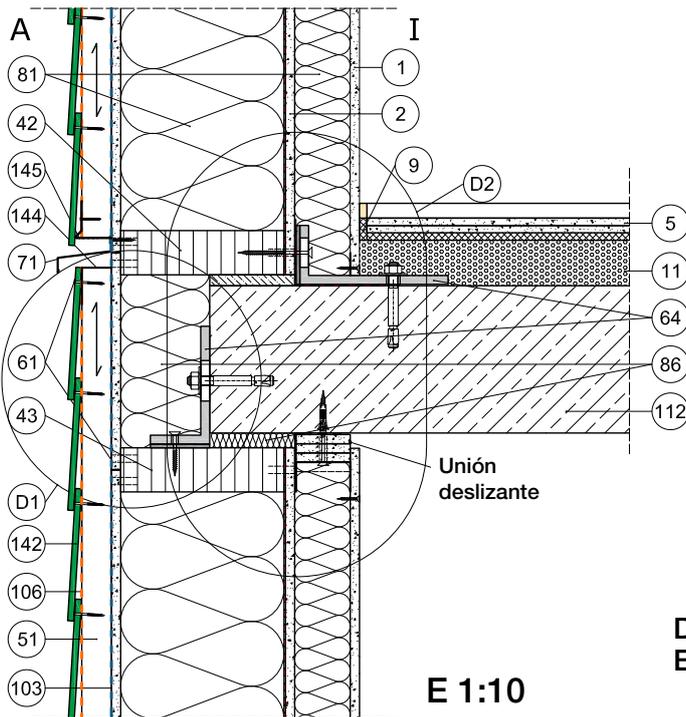




Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.2.2

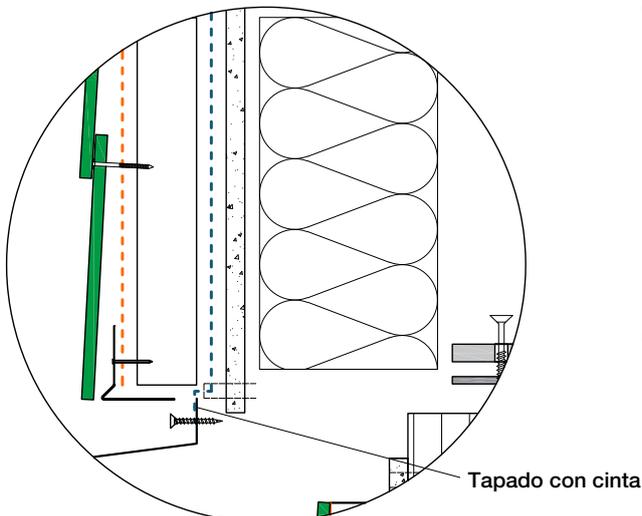
Encuentro con forjado, interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)



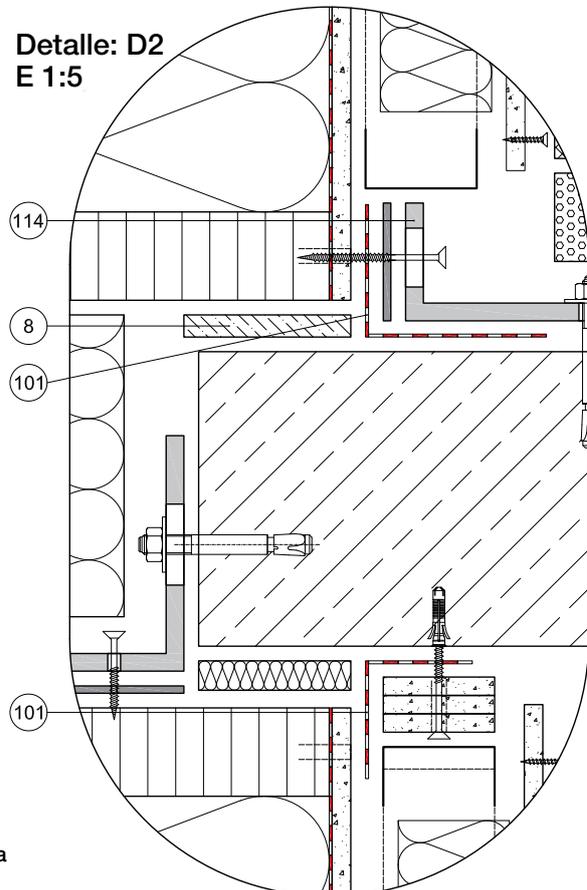
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 8 Mortero de expansión fermacell™
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 42 Travesía inferior de entramado de madera
- 43 Travesías del entramado de madera
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 71 Barrera de incendios (en caso de necesidad)
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank
- 144 Perfil de ventilación
- 145 Hardie™ Plank perfil de ventilación

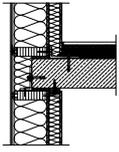
Unión deslizante

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

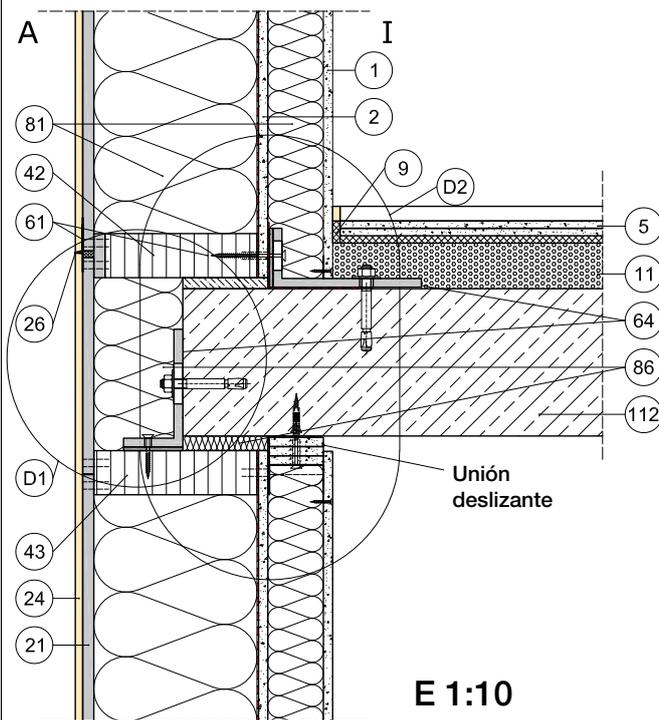




Construcción híbrida con **James Hardie**

Detalle:
2.2.3

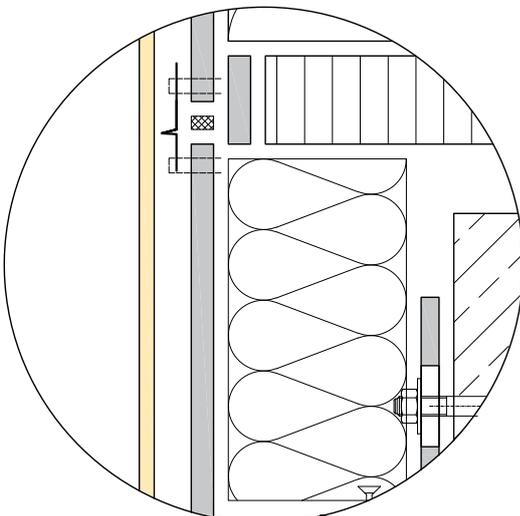
Encuentro con forjado, interpuesta Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)



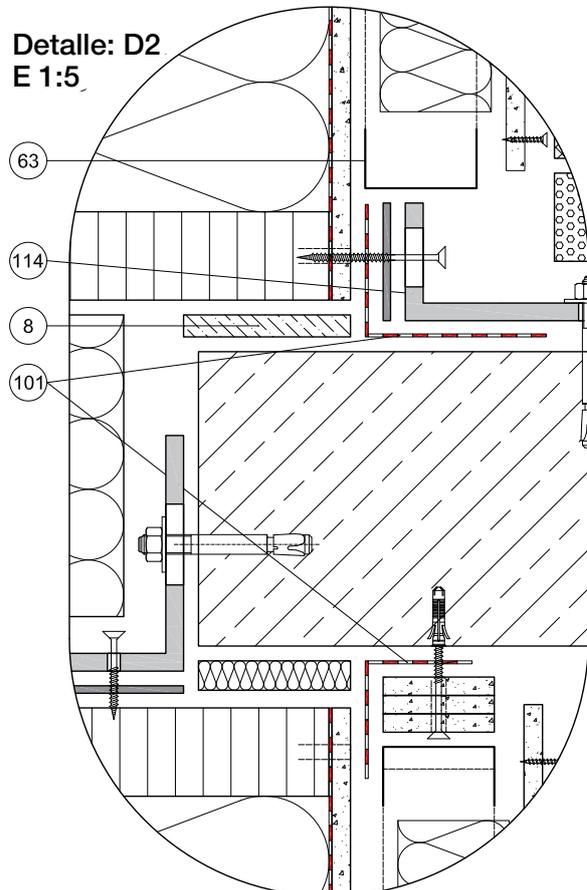
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 8 Mortero de expansión fermacell™
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 26 Perfil para junta entre forjados fermacell™
- 42 Travesa inferior de entramado de madera
- 43 Travesas del entramado de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero

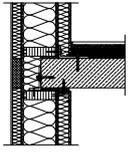
E 1:10

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

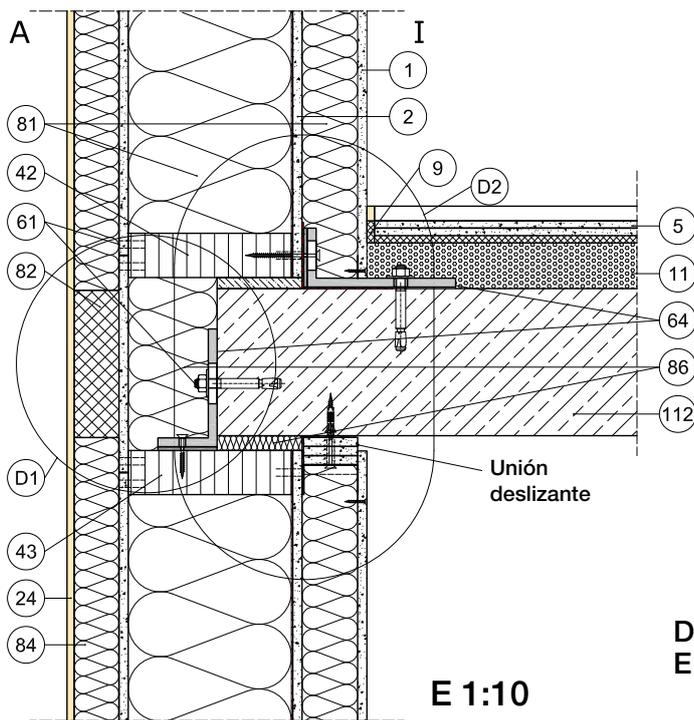




Construcción híbrida con James Hardie

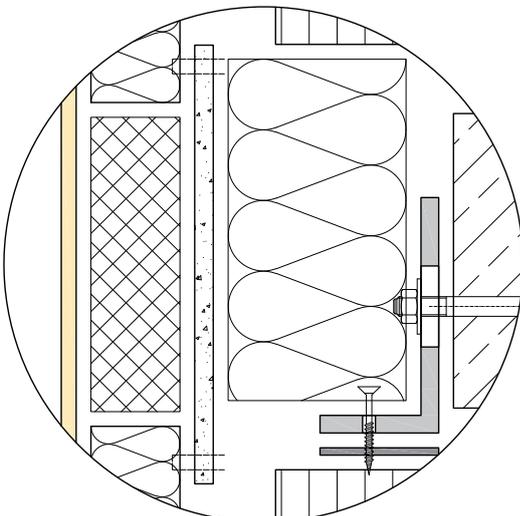
Detalle:
2.2.4

Encuentro con forjado, interpuesta Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

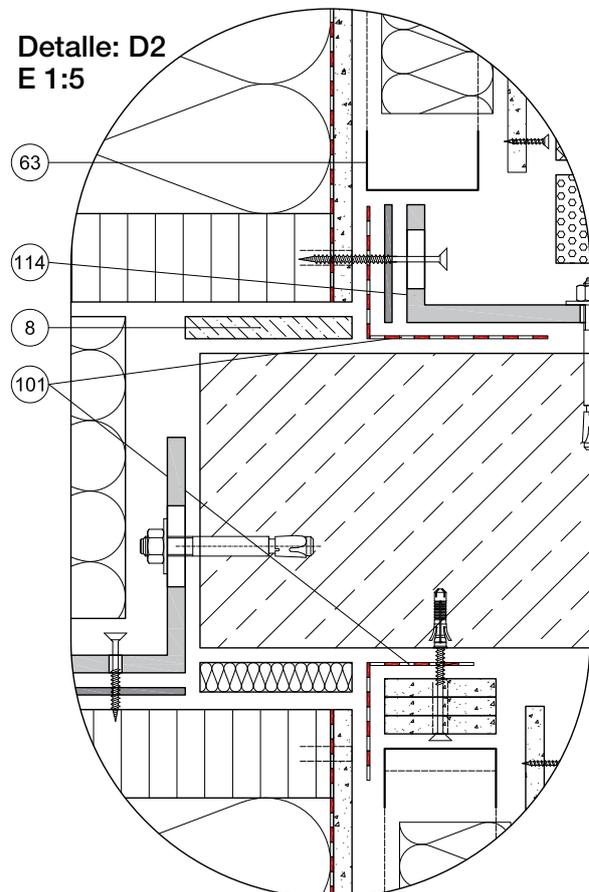


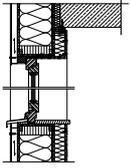
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 5 Elementos de suelo fermacell®
- 8 Mortero de expansión fermacell™
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 11 Granulado de nivelación fermacell™
- 24 Revoco apto
- 42 Travesa inferior de entramado de madera
- 43 Travesas del entramado de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 82 Lana de roca
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5



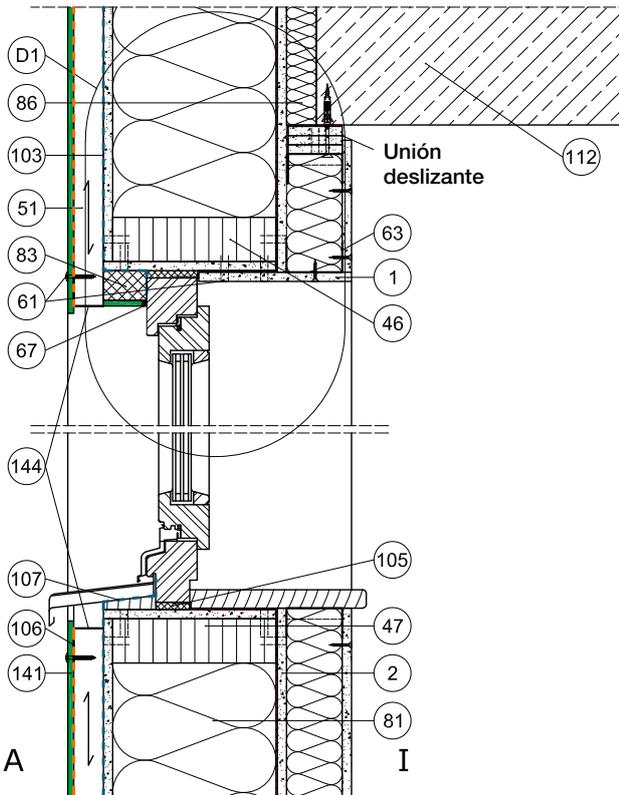


Construcción híbrida con **James Hardie**

Detalle:
1.3.1

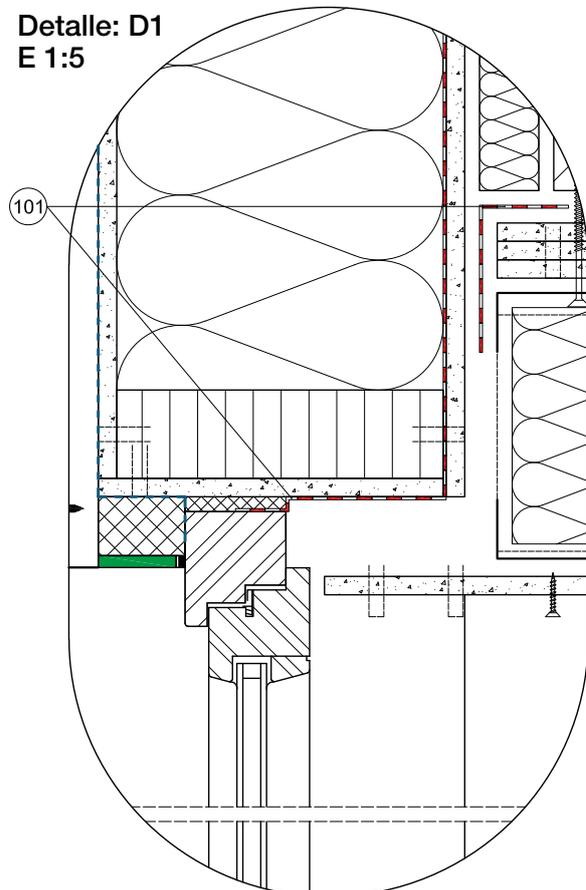
Encuentro con ventana, antepuesto
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

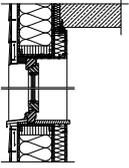
E 1:10



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 83 Aislante duro
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D1
E 1:5

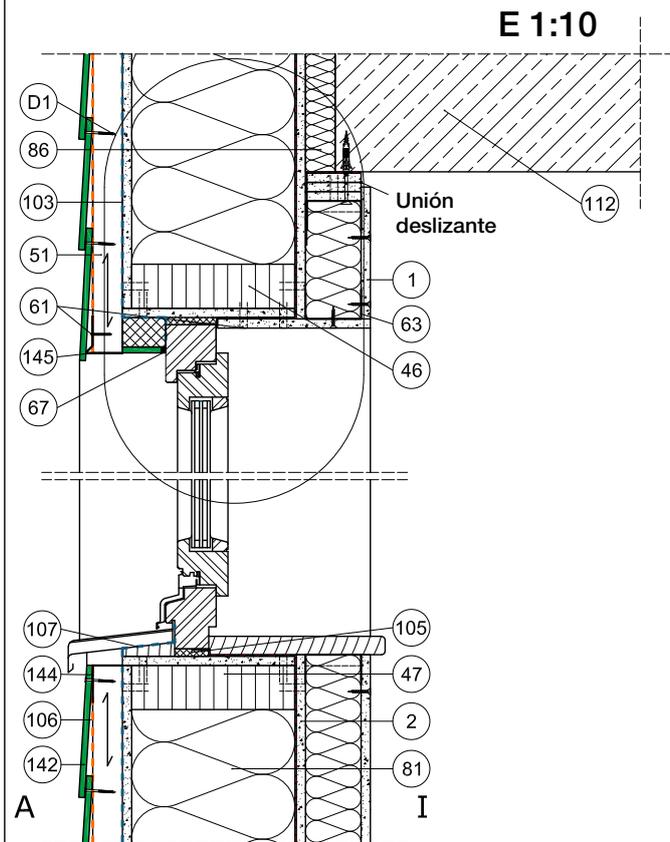




Construcción híbrida con **James Hardie**

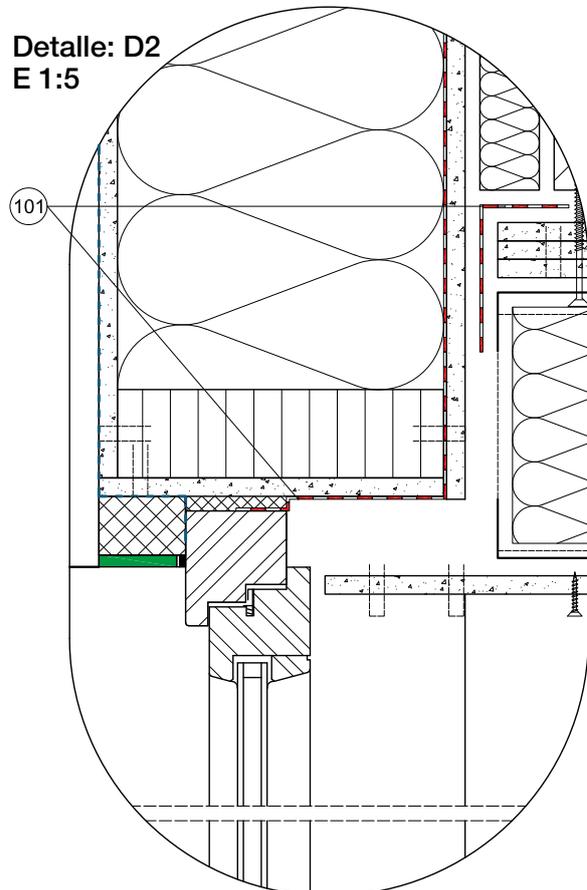
Detalle:
1.3.2

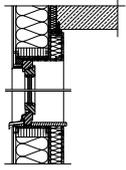
Encuentro con ventana, antepuesto
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank
- 144 Perfil de ventilación
- 145 Hardie™ Plank perfil de ventilación

Detalle: D2
E 1:5



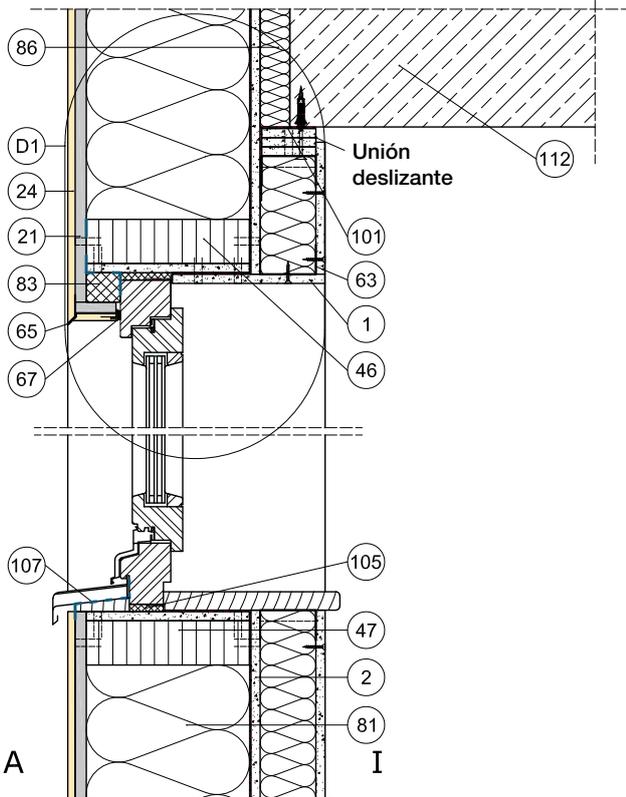


Construcción híbrida con **James Hardie**

Detalle:
1.3.3

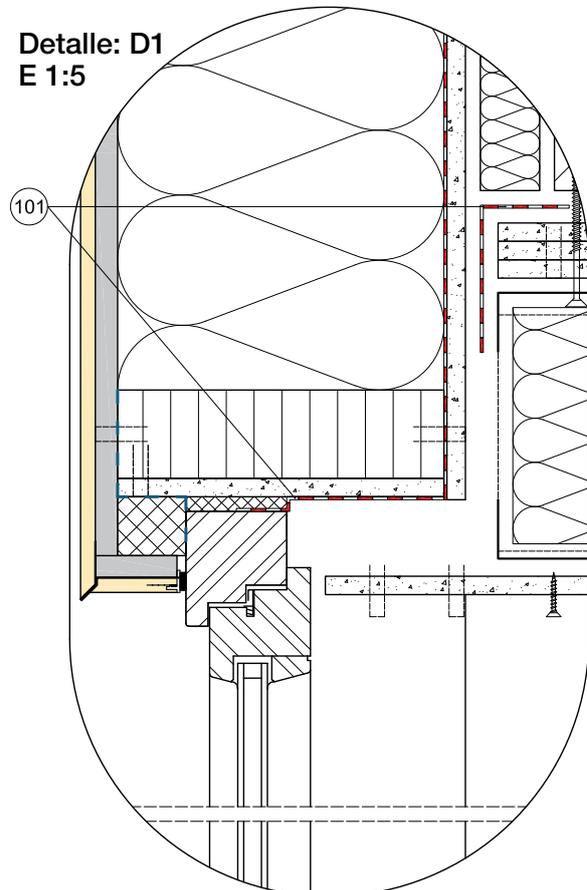
Encuentro con ventana, antepuesto
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)

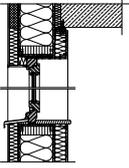
E 1:10



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 65 Perfil de remate con goterón
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 83 Aislante duro
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón

Detalle: D1
E 1:5

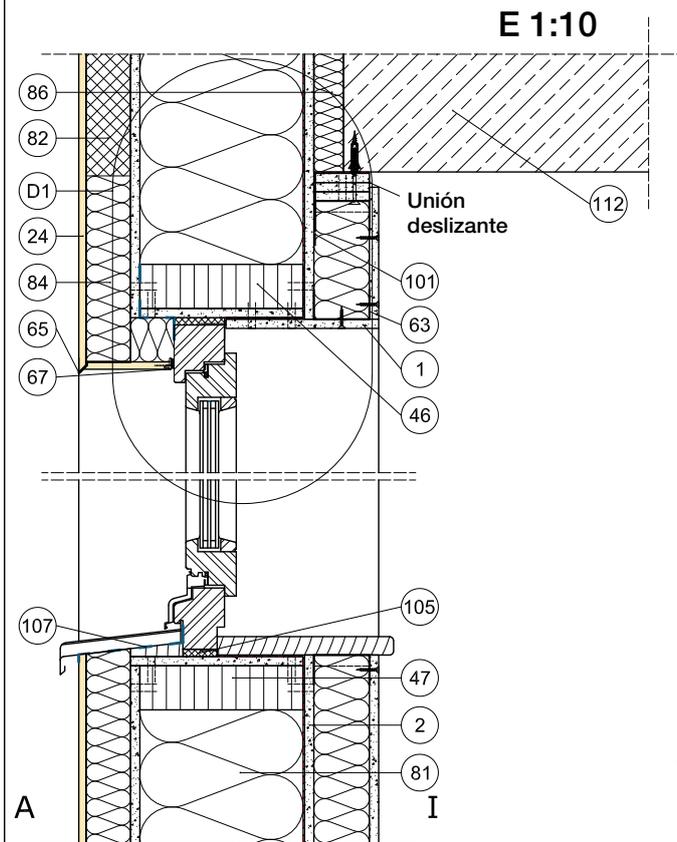




Construcción híbrida con James Hardie

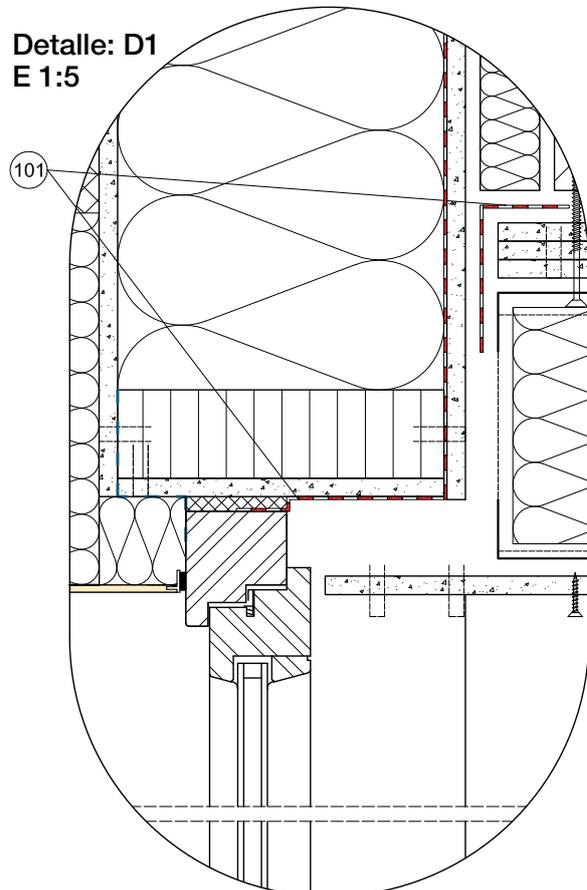
Detalle:
1.3.4

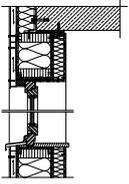
Encuentro con ventana, antepuesto
Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 24 Revoco apto
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 65 Perfil de remate con goterón
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 82 Lana de roca
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón

Detalle: D1
E 1:5



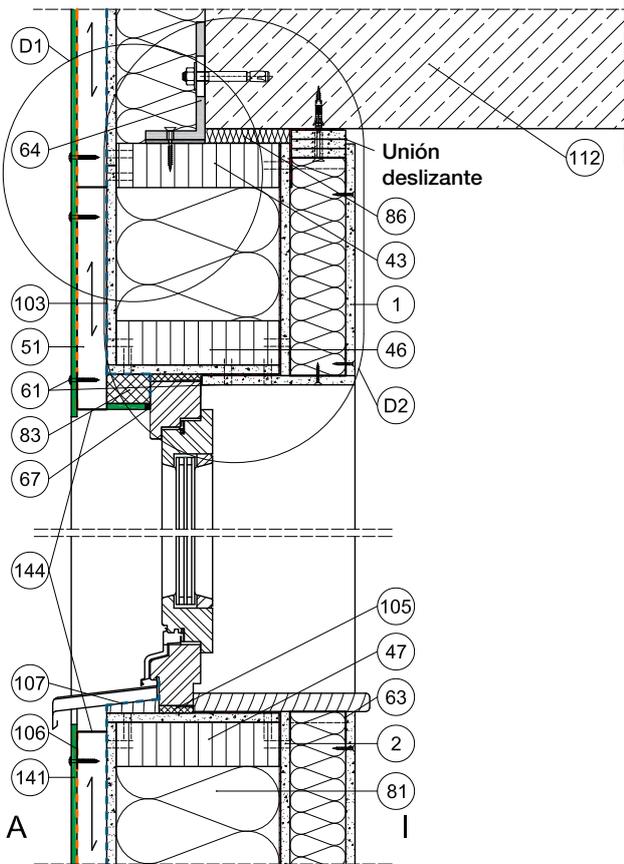


Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.3.1

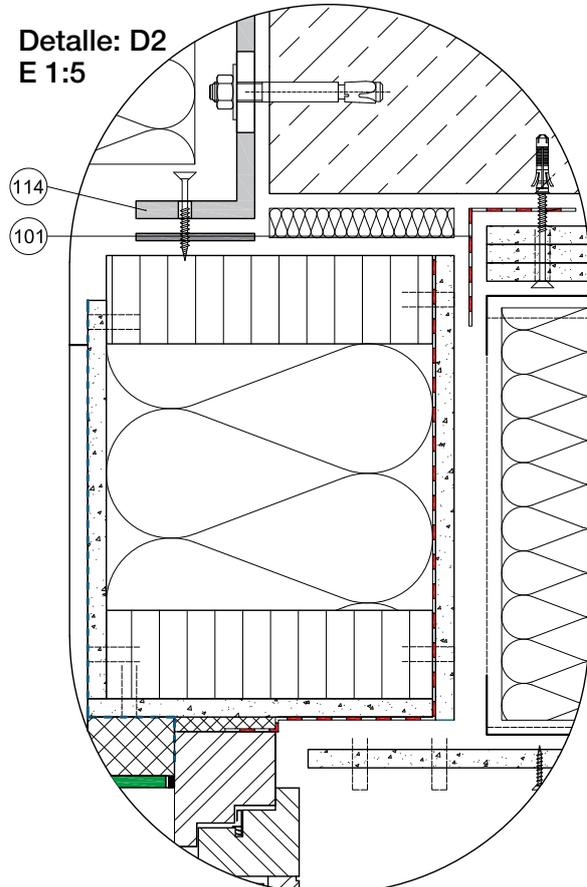
Encuentro con ventana, interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

E 1:10

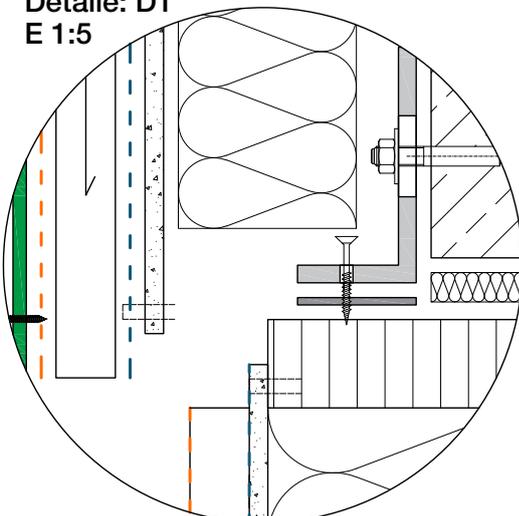


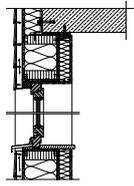
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 43 Travesas del entramado de madera
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 83 Aislante duro
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5



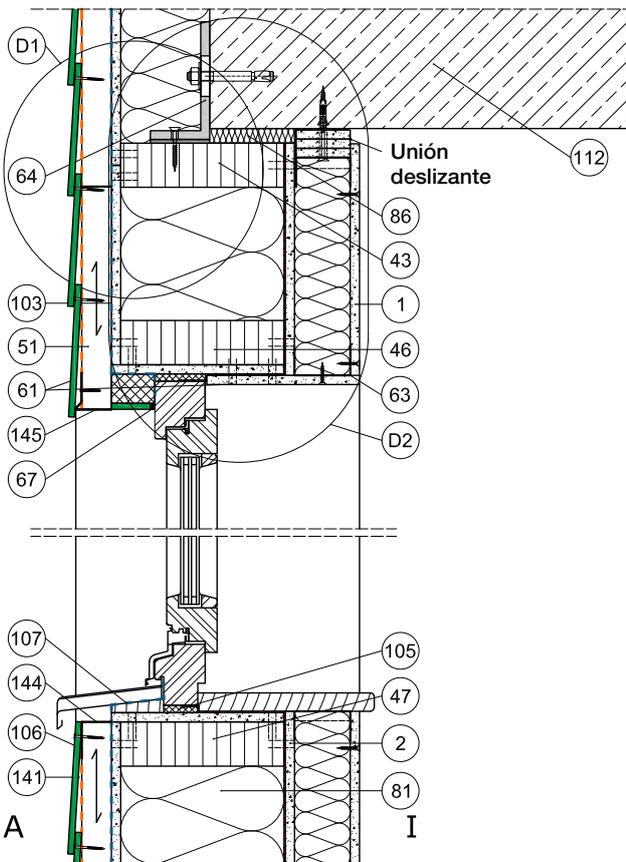


Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.3.2

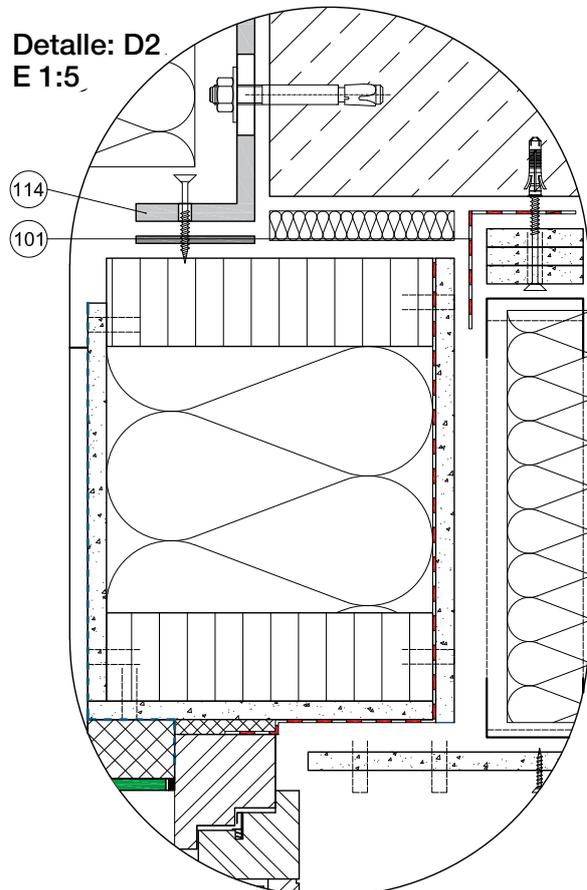
Encuentro con ventana, interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)

E 1:10

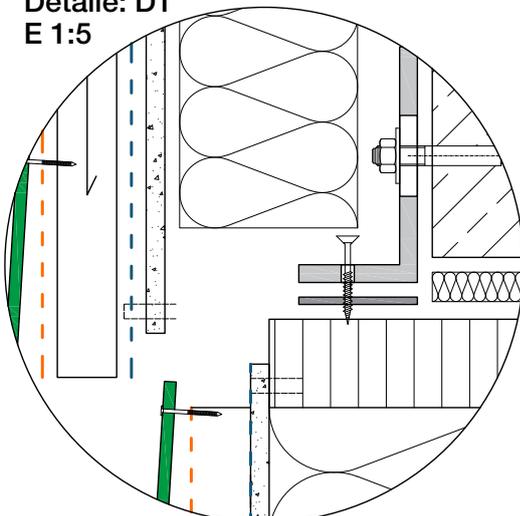


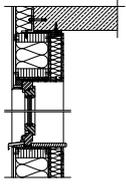
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 43 Traviesas del entramado de madera
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank
- 144 Perfil de ventilación
- 145 Hardie™ Plank perfil de ventilación

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5



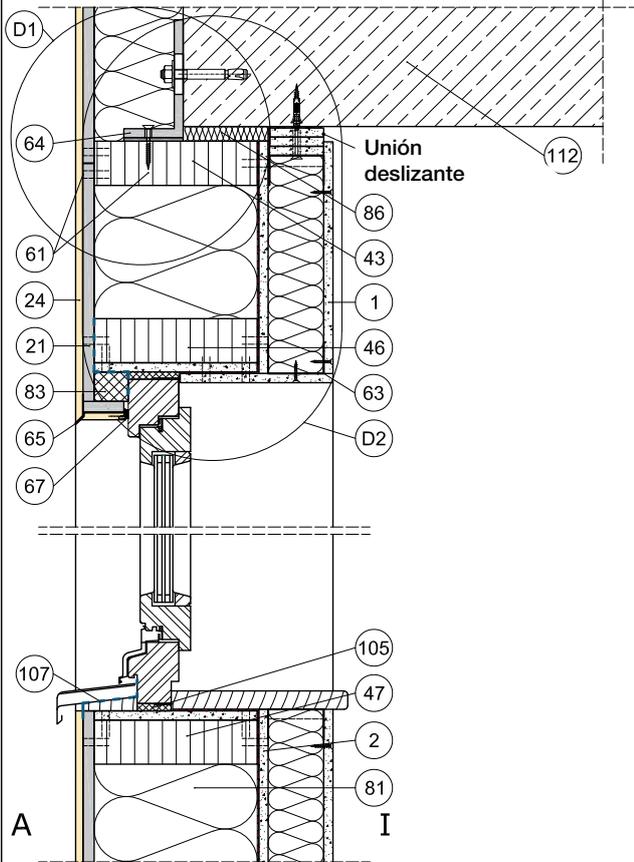


Construcción híbrida con **James Hardie**

Detalle:
2.3.3

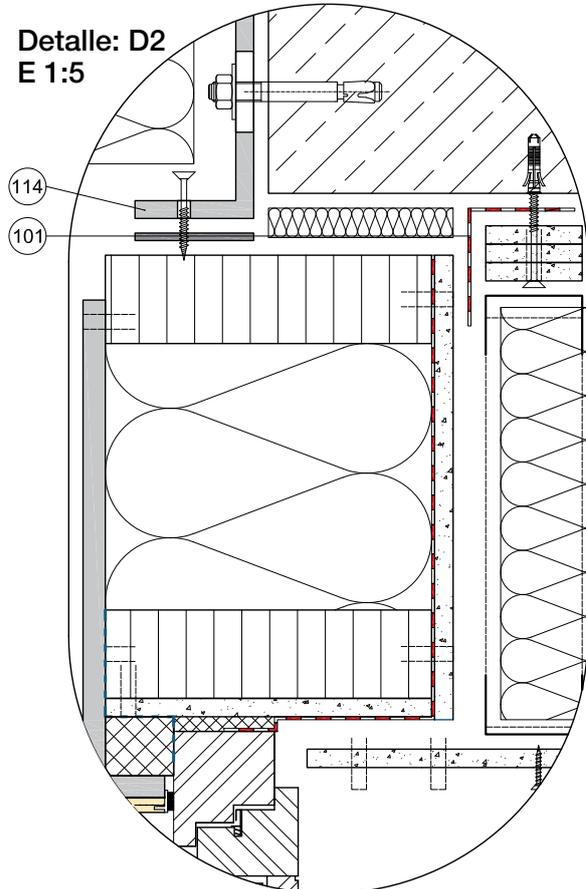
Encuentro con ventana, interpuesta
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)

E 1:10

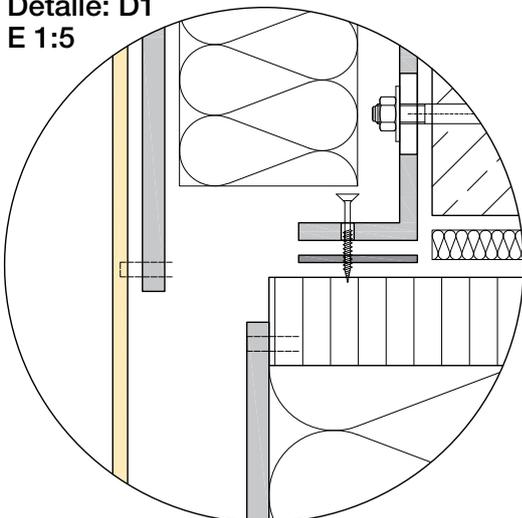


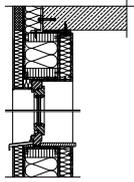
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 43 Travesaños del entramado de madera
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 65 Perfil de remate con goterón
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 83 Aislante duro
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5



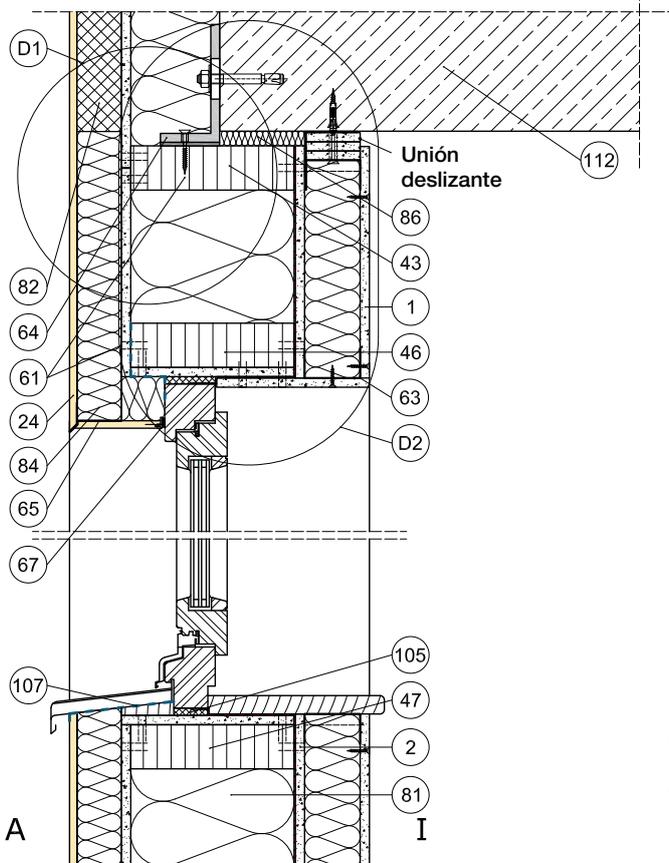


Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.3.4

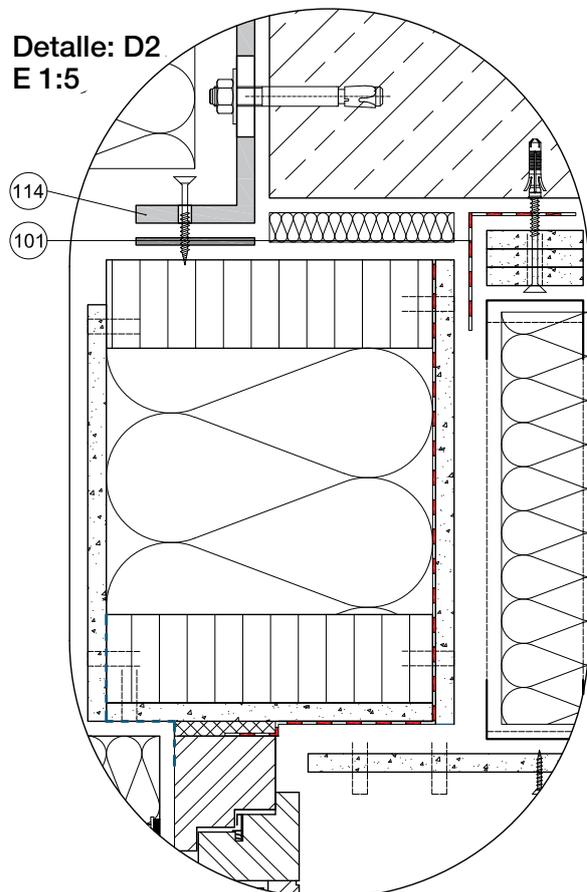
Encuentro con ventana, interpuesta
Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

E 1:10

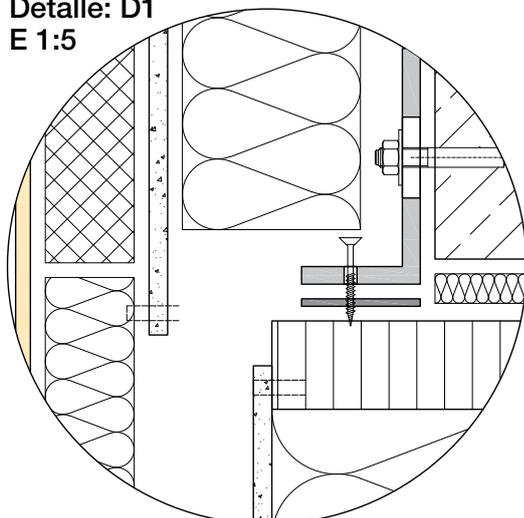


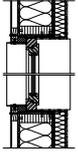
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 24 Revoco apto
- 43 Travesas del entramado de madera
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 65 Perfil de remate con goterón
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 82 Lana de roca
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5

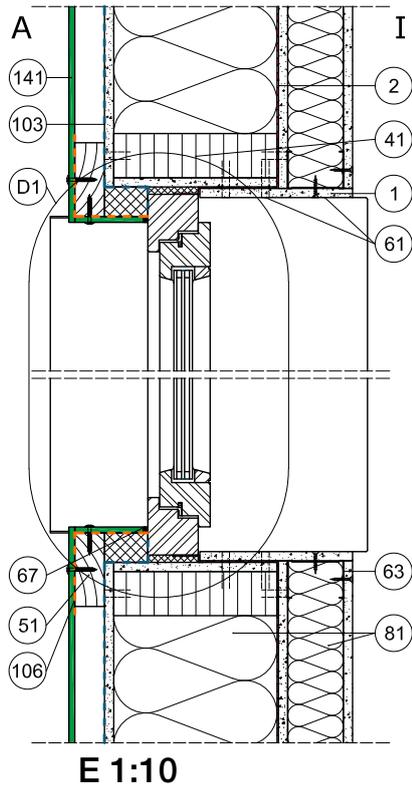




Construcción híbrida con **James Hardie**

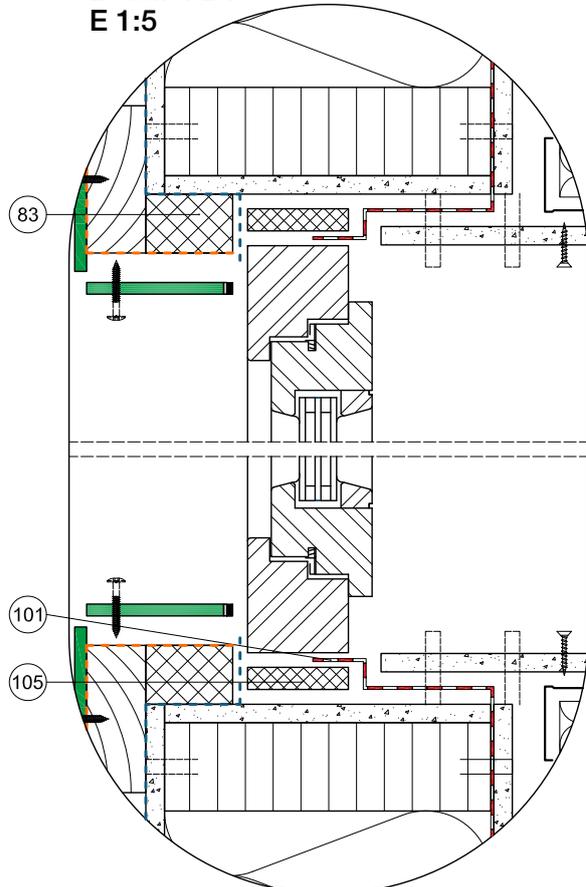
Detalle:
1.4.1

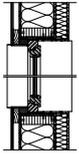
Encuentro con ventana (sección horizontal), antepuesto
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 83 Aislante duro
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel

Detalle: D1
E 1:5

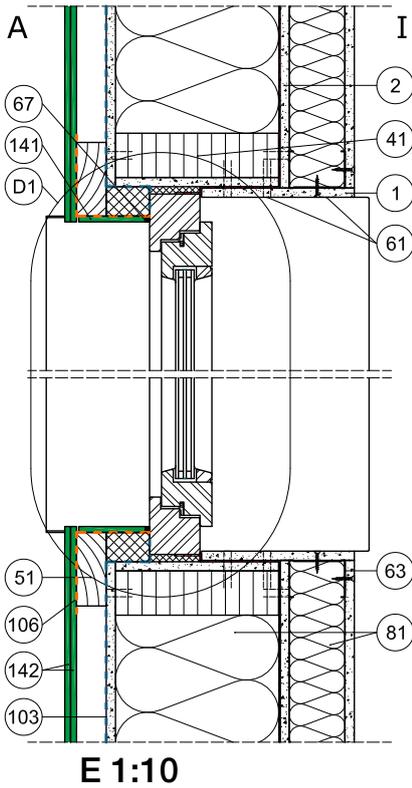




Construcción híbrida con **James Hardie**

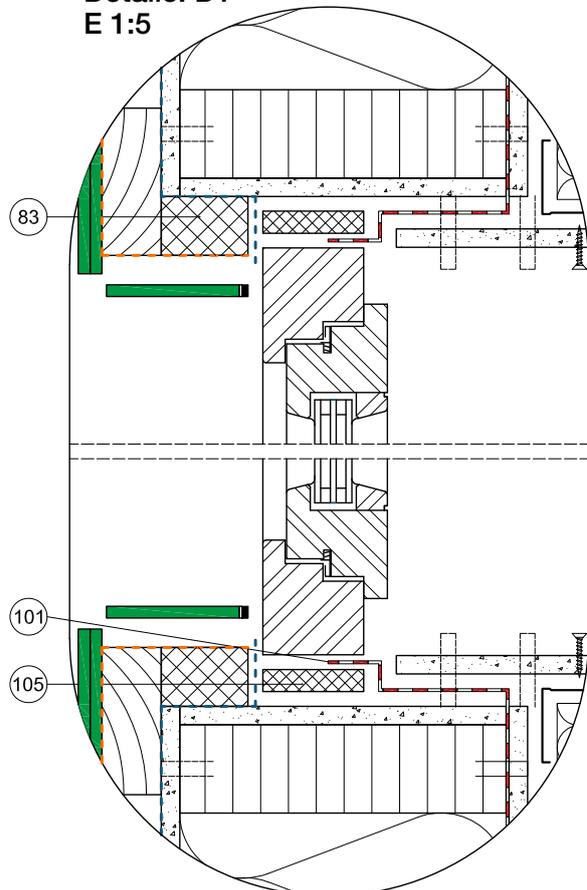
Detalle:
1.4.2

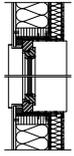
Encuentro con ventana (sección horizontal), antepuesto
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 83 Aislante duro
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank

Detalle: D1
E 1:5

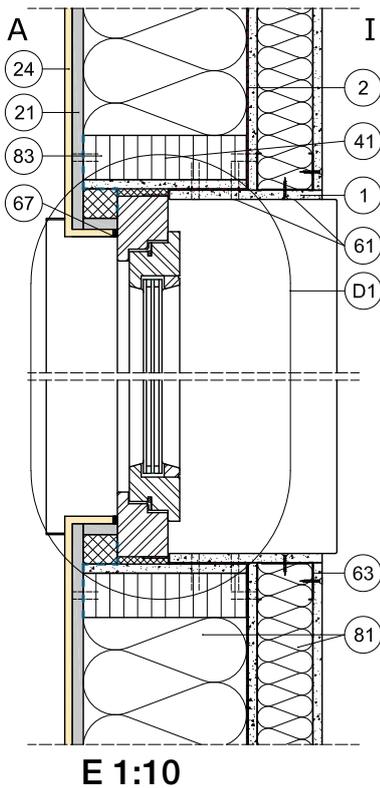




Construcción híbrida con **James Hardie**

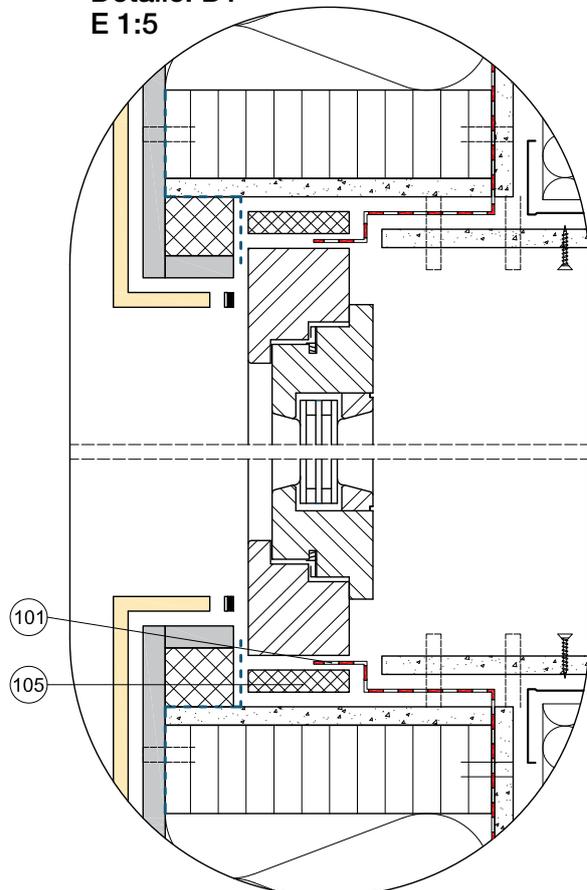
Detalle:
1.4.3

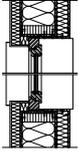
Encuentro con ventana (sección horizontal), antepuesto
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 83 Aislante duro
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido

Detalle: D1
E 1:5

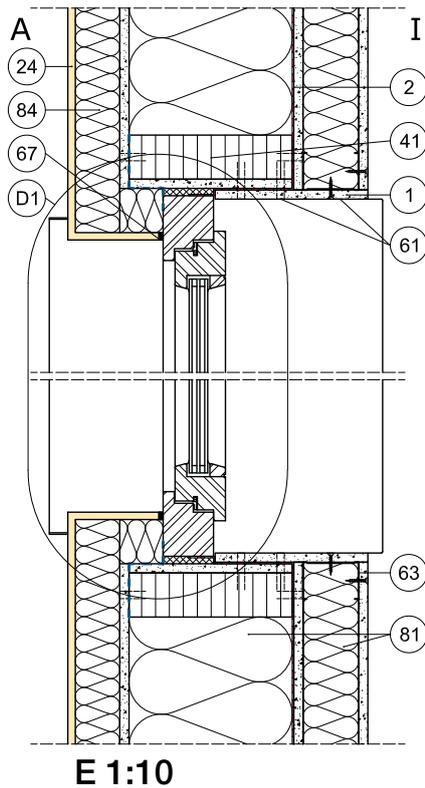




Construcción híbrida con **James Hardie**

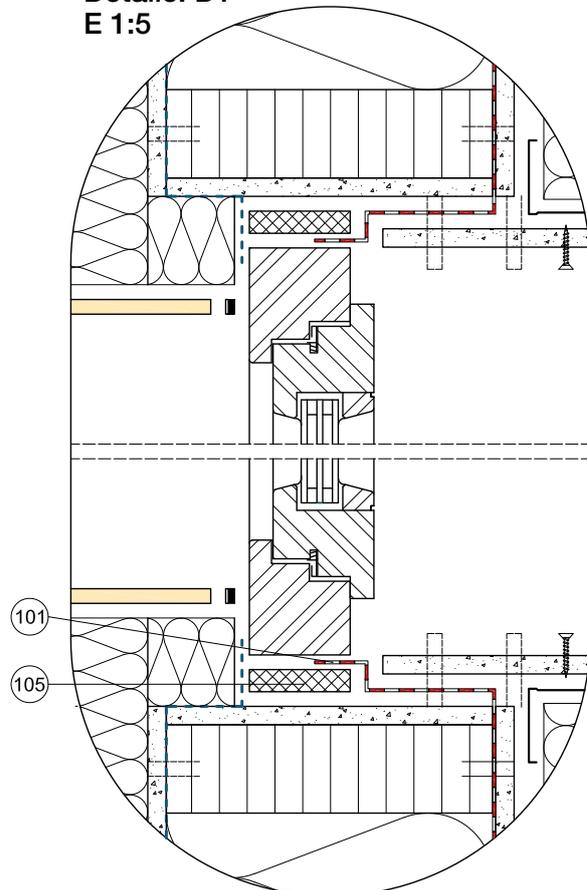
Detalle:
1.4.4

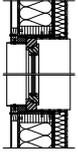
Encuentro con ventana (sección horizontal), antepuesto
Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 24 Revoco apto
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 84 SATE
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido

Detalle: D1
E 1:5

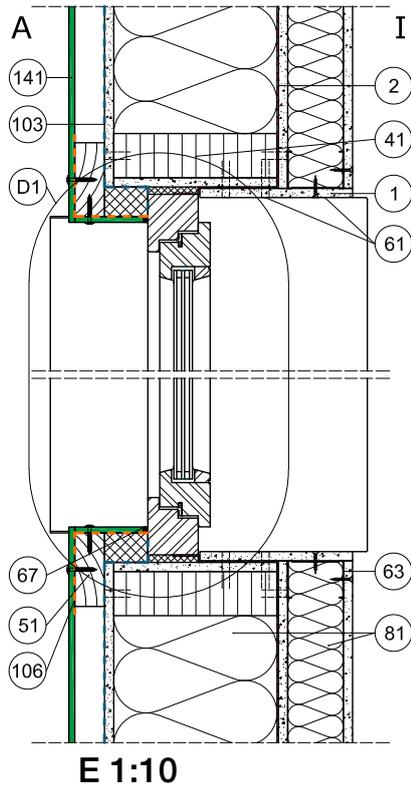




Construcción híbrida con **James Hardie**

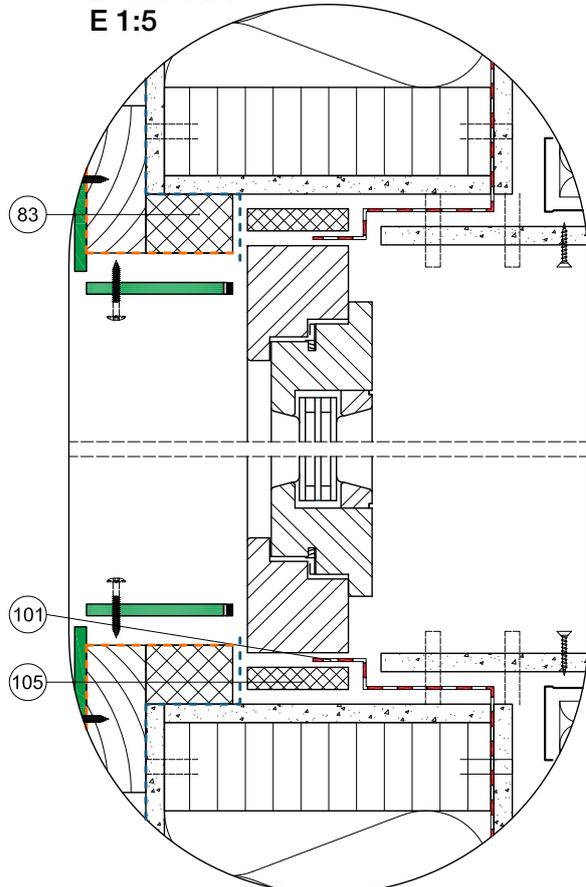
Detalle:
2.4.1

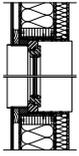
Encuentro con ventana (sección horizontal), interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 83 Aislante duro
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel

Detalle: D1
E 1:5

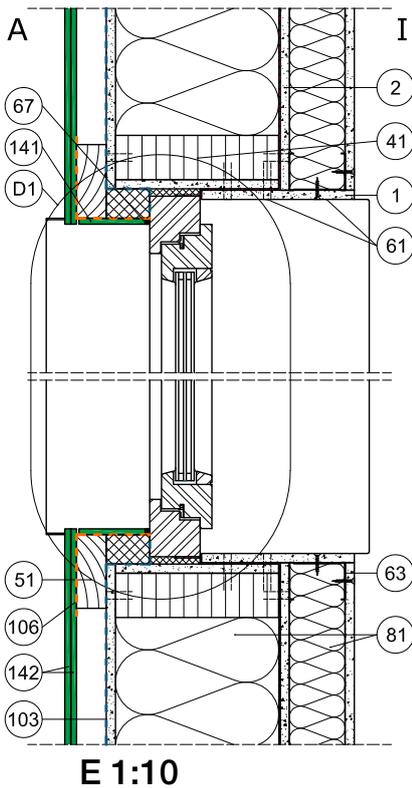




Construcción híbrida con **James Hardie**

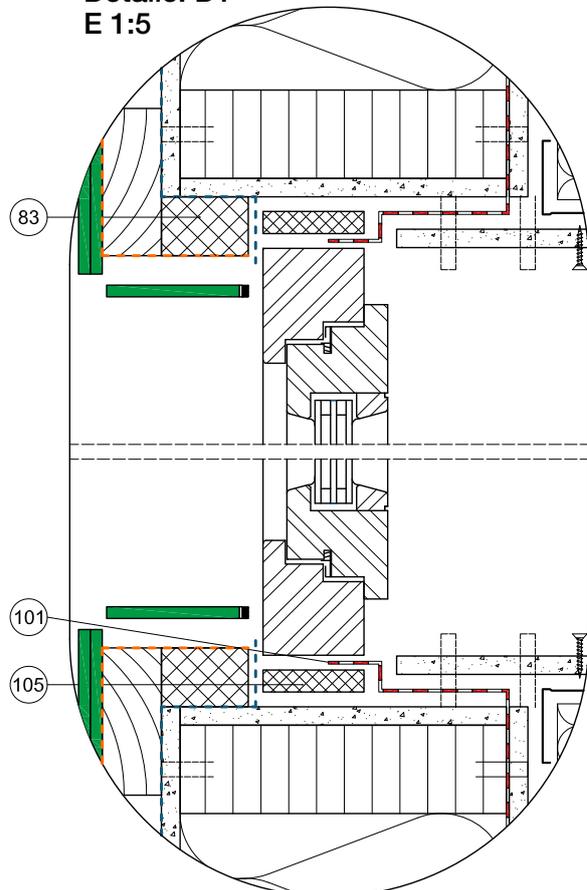
Detalle:
2.4.2

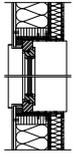
Encuentro con ventana (sección horizontal), interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 83 Aislante duro
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank

Detalle: D1
E 1:5

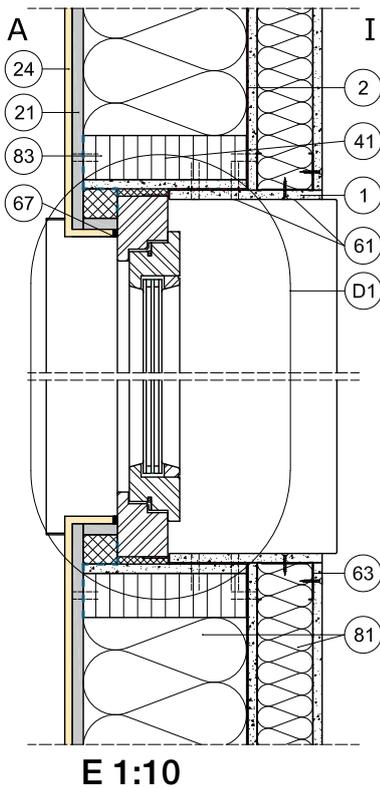




Construcción híbrida con **James Hardie**

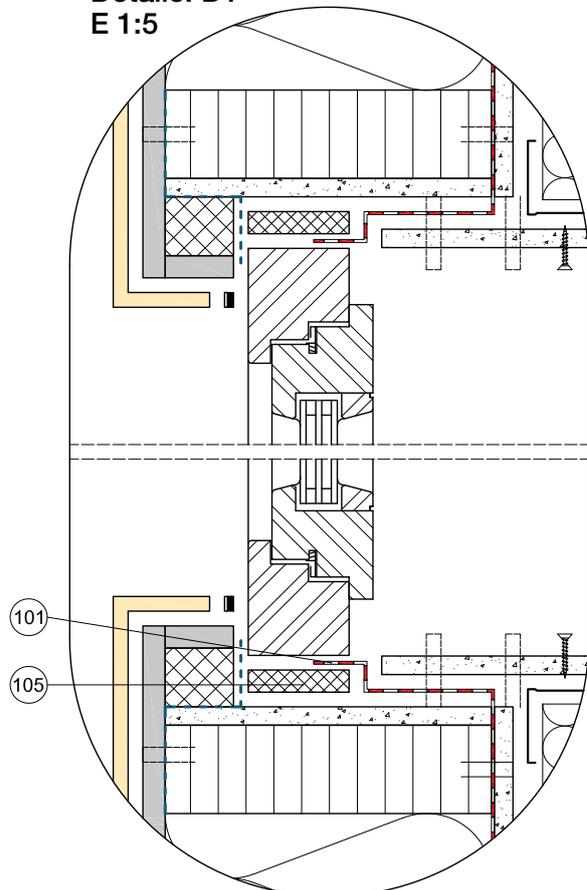
Detalle:
2.4.3

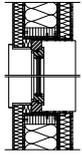
Encuentro con ventana (sección horizontal), interpuesta
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 83 Aislante duro
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido

Detalle: D1
E 1:5

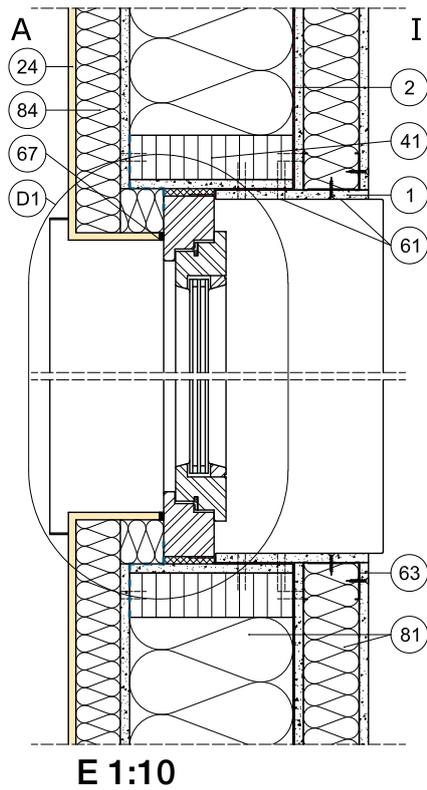




Construcción híbrida con **James Hardie**

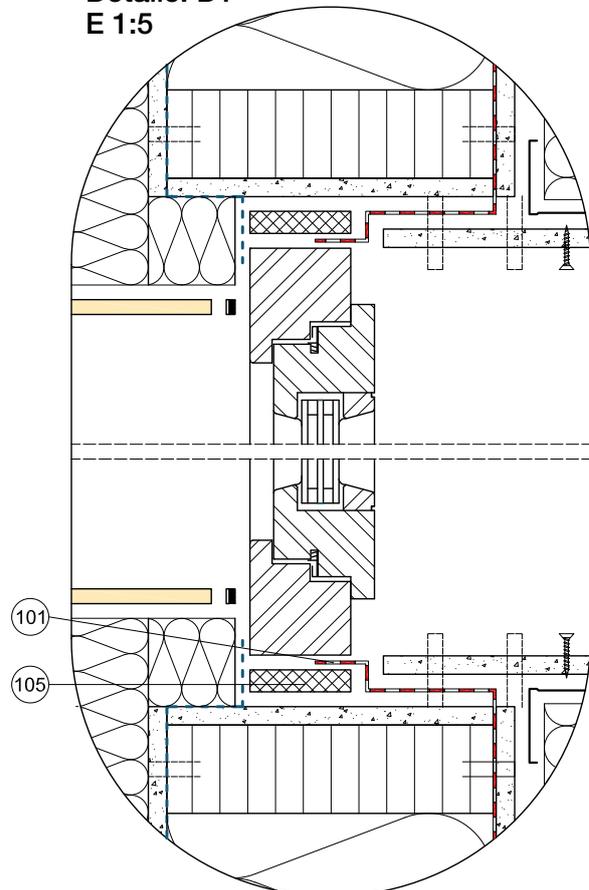
Detalle:
2.4.4

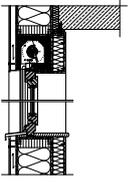
Encuentro con ventana (sección horizontal), interpuesta
Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 24 Revoco apto
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 67 Perfil de conexión
- 81 Aislante térmico
- 84 SATE
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido

Detalle: D1
E 1:5



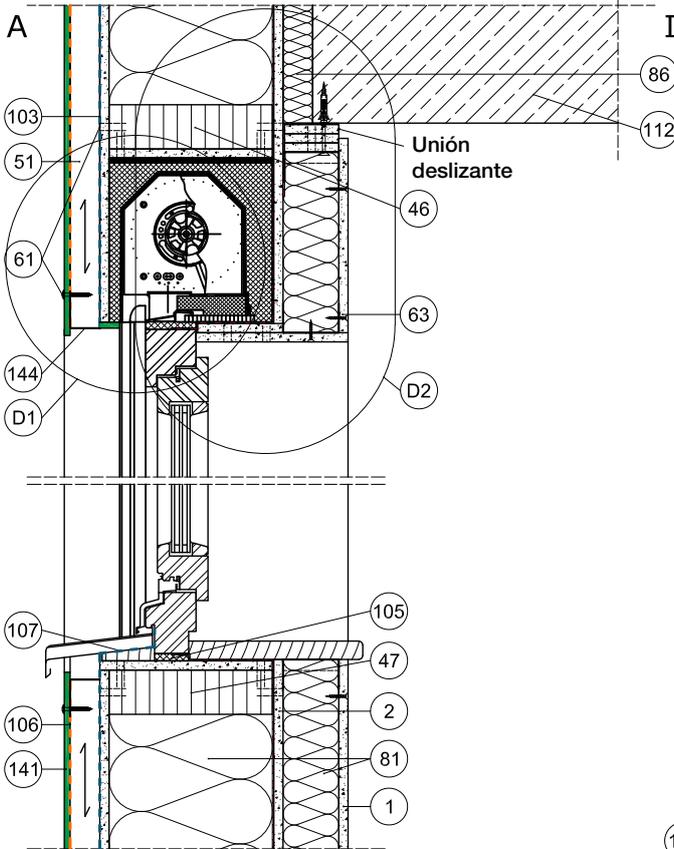


Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
1.5.1

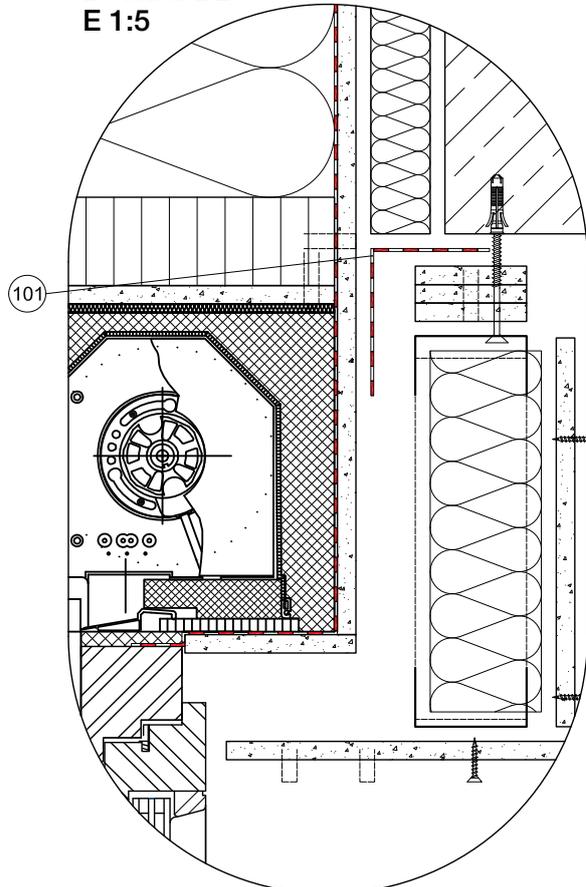
Encuentro con ventana y persiana, antepuesto
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

E 1:10

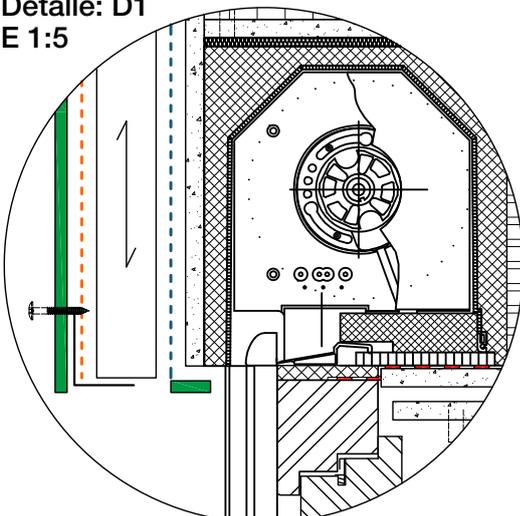


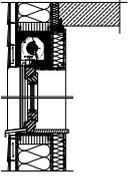
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5



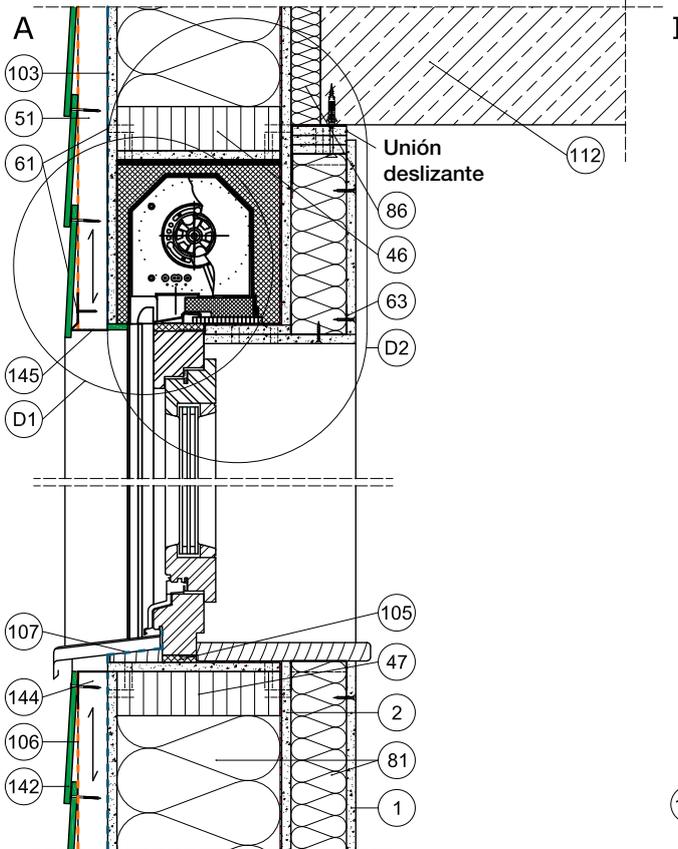


Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
1.5.2

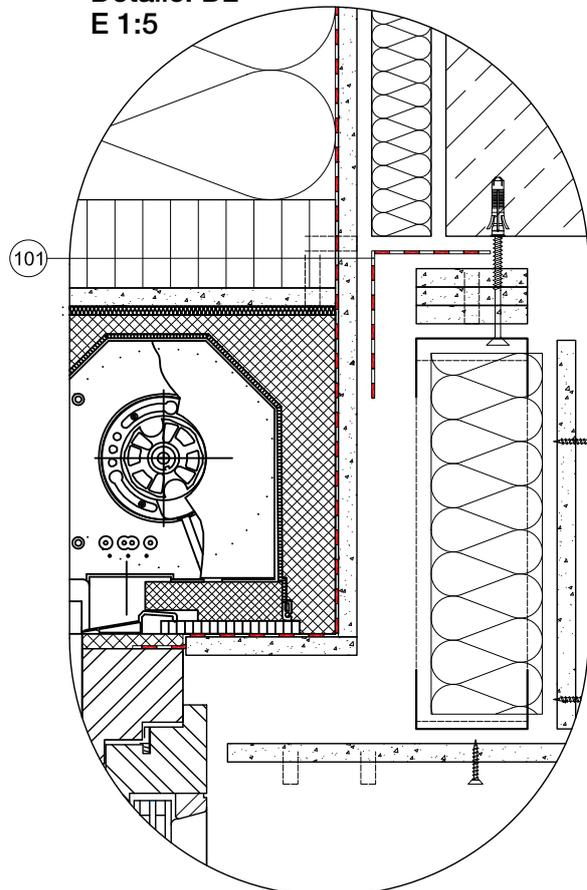
Encuentro con ventana y persiana, antepuesto Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)

E 1:10

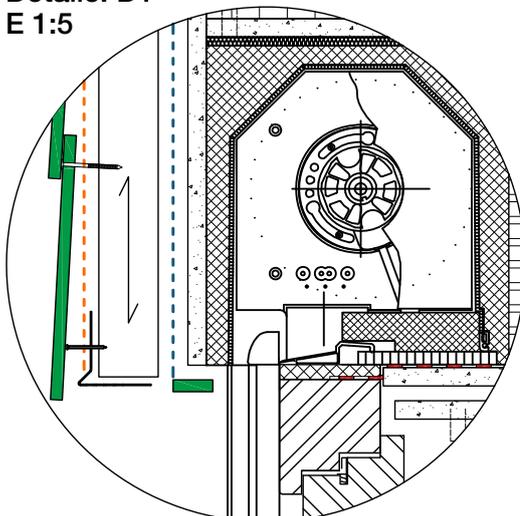


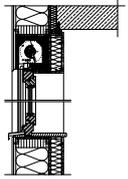
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank
- 144 Perfil de ventilación
- 145 Hardie™ Plank perfil de ventilación

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5



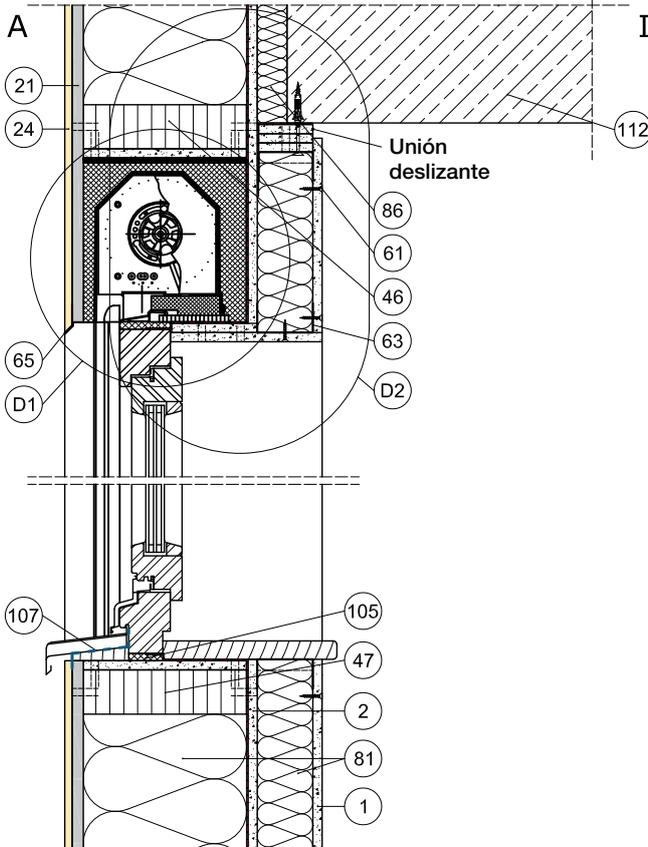


Construcción híbrida con **James Hardie**

Detalle:
1.5.3

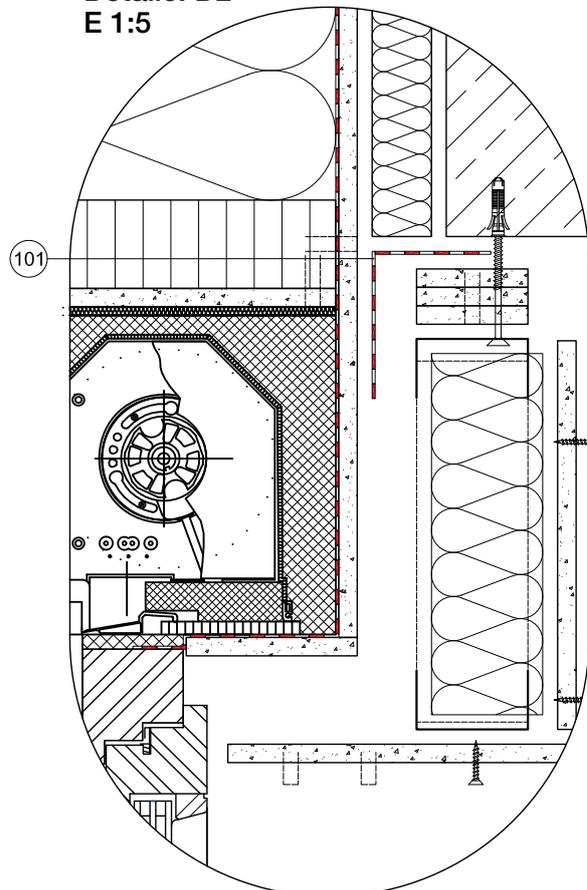
Encuentro con ventana y persiana, antepuesto
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)

E 1:10

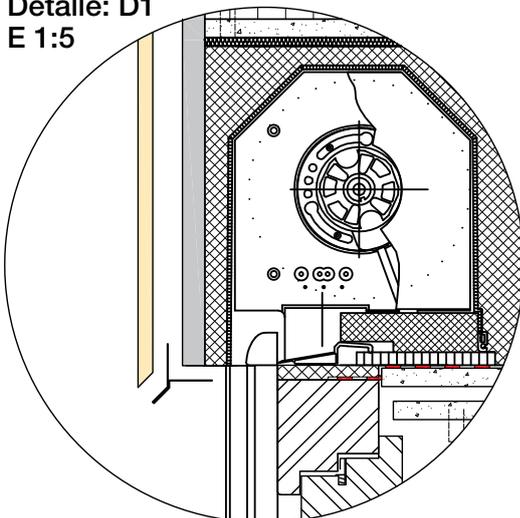


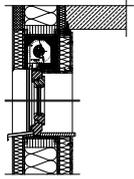
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 65 Perfil de remate con goterón
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5



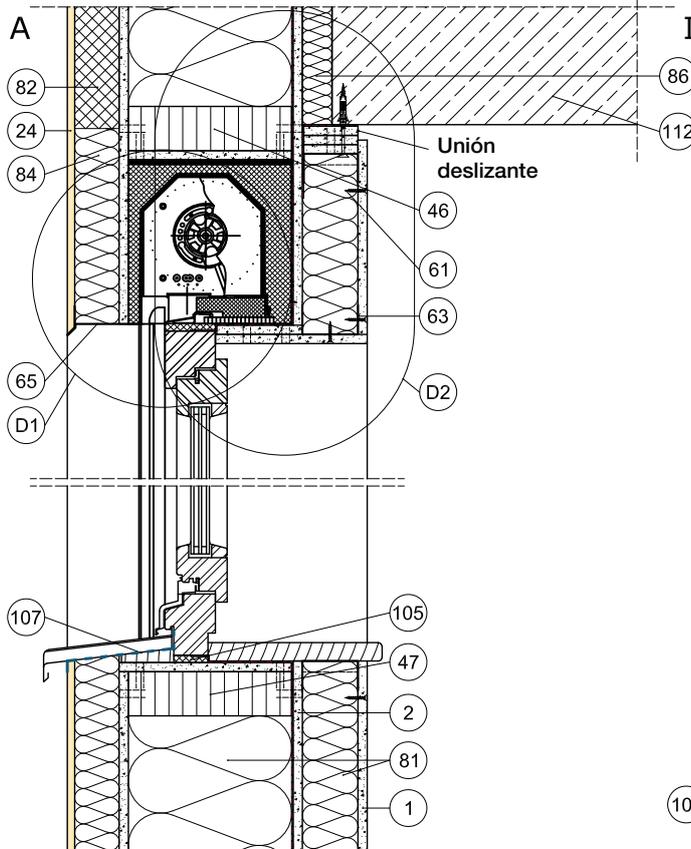


Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
1.5.4

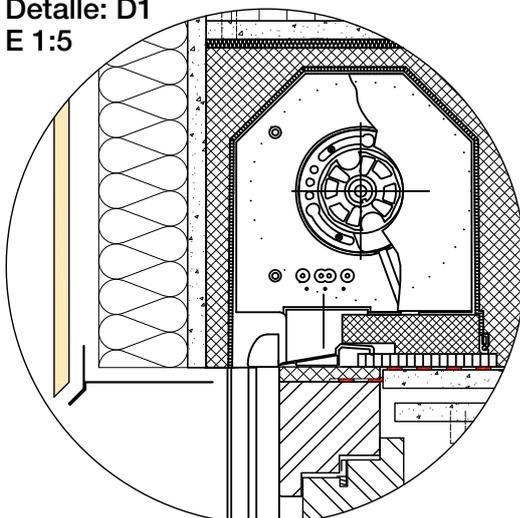
Encuentro con ventana y persiana, antepuesto Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

E 1:10

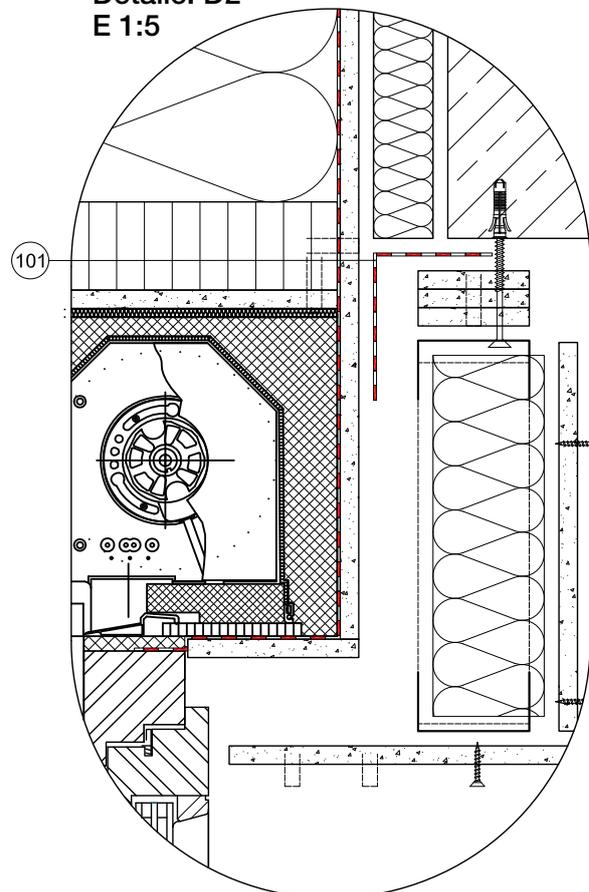


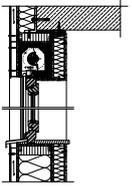
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 24 Revoco apto
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 65 Perfil de remate con goterón
- 81 Aislante térmico
- 82 Lana de roca
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5



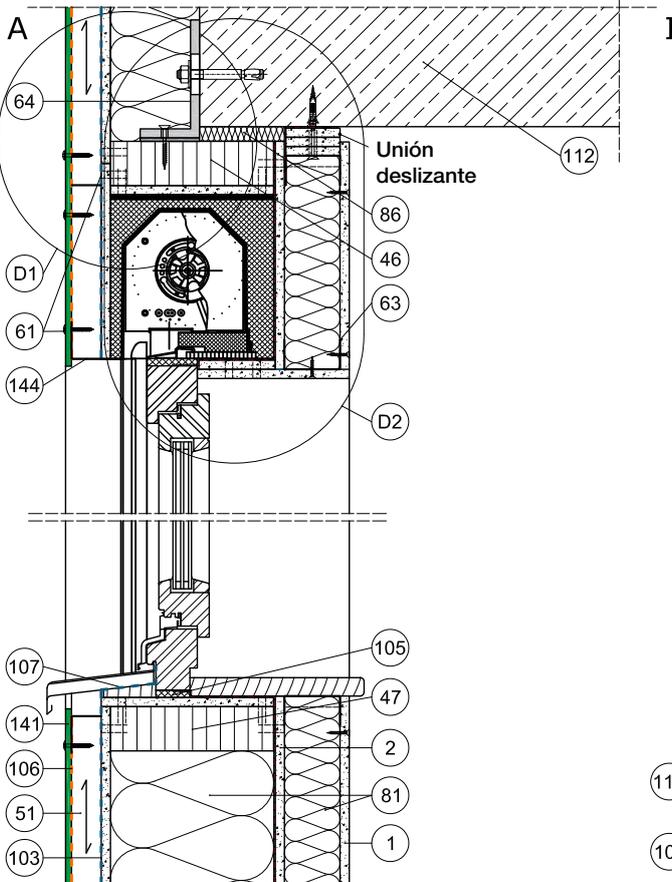


Construcción híbrida con **James Hardie**

Detalle:
2.5.1

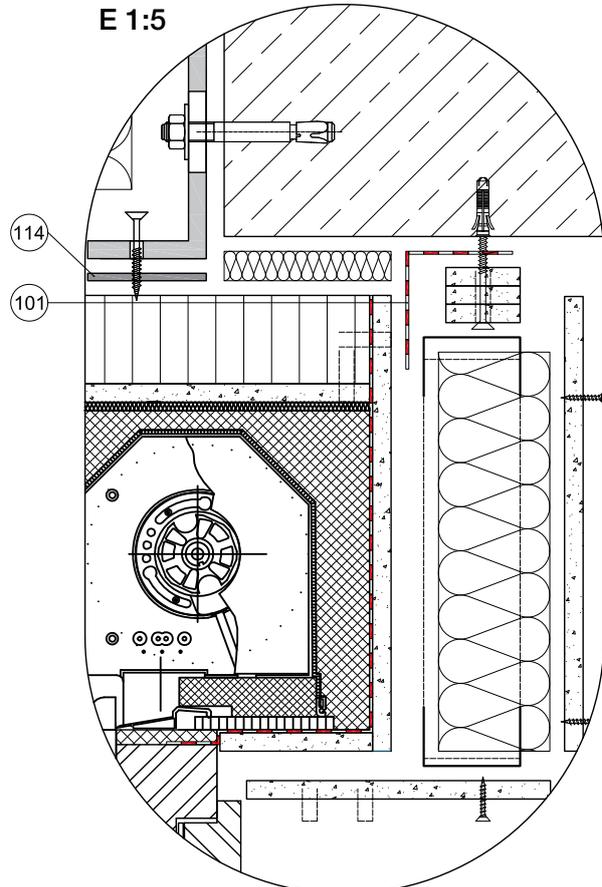
Encuentro con ventana y persiana, interpuesta Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

E 1:10

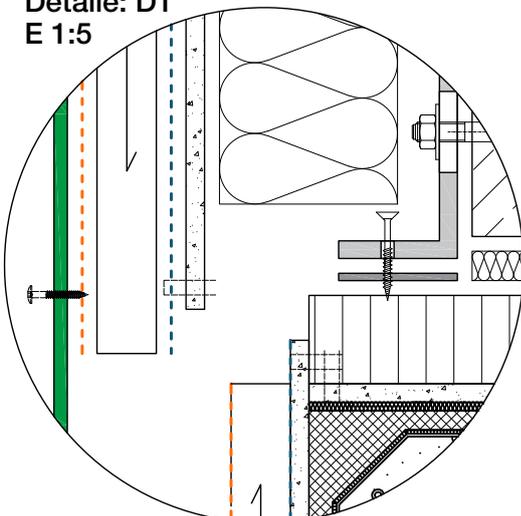


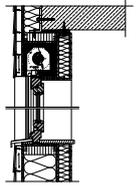
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5



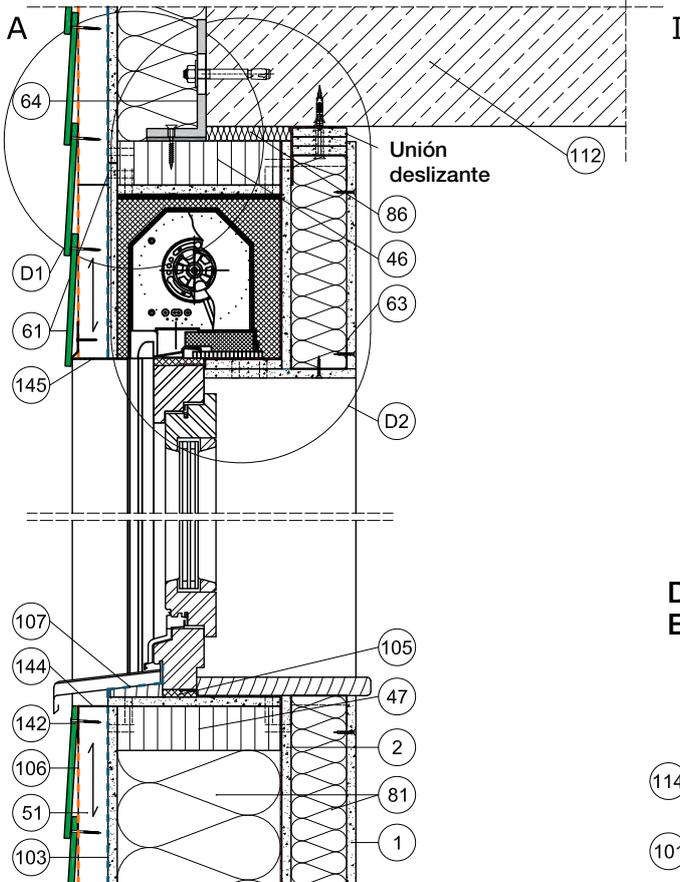


Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.5.2

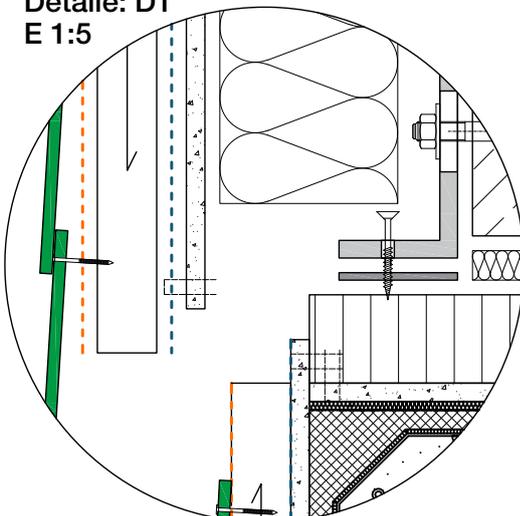
Encuentro con ventana y persiana, interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)

E 1:10

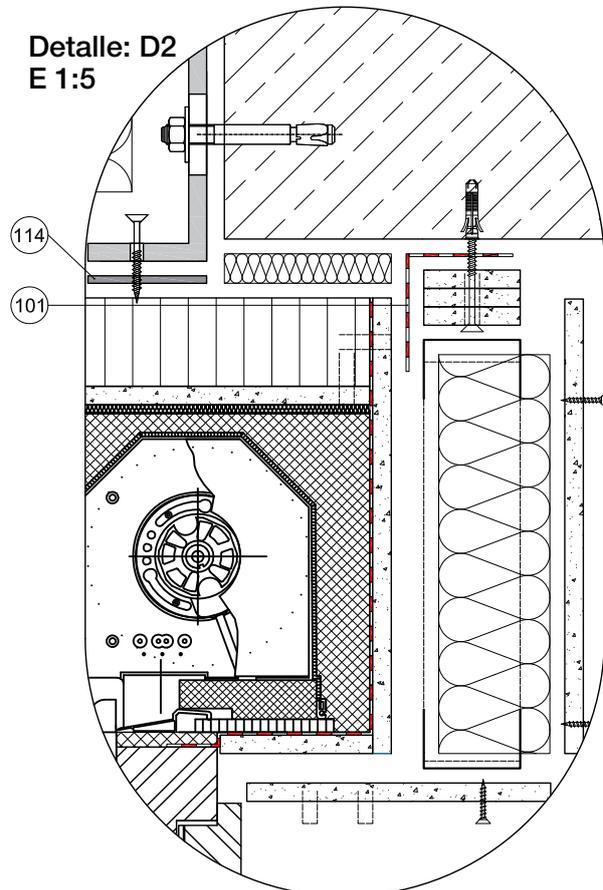


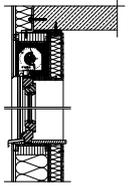
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 106 Cinta EPDM
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank
- 144 Perfil de ventilación
- 145 Hardie™ Plank perfil de ventilación

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5



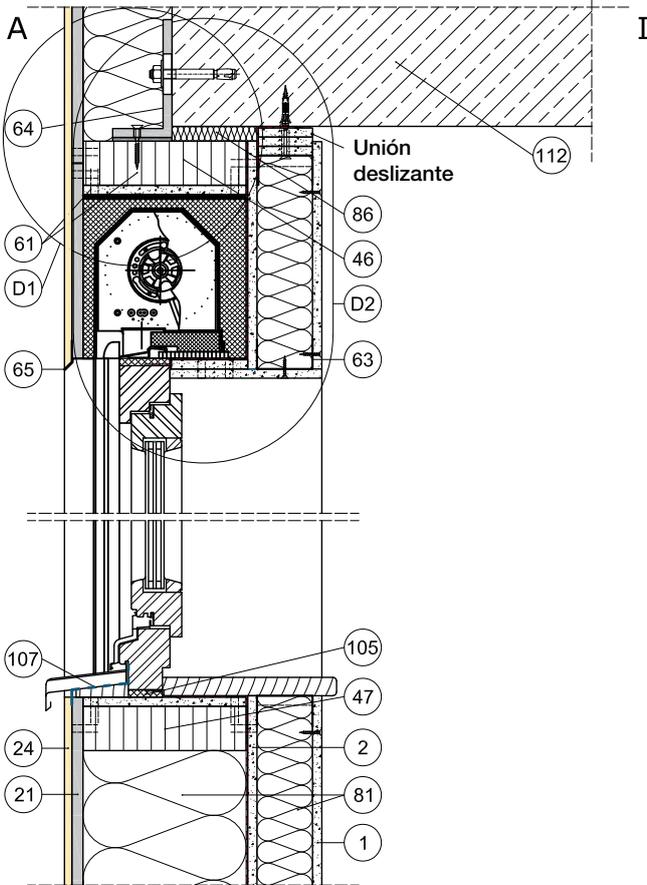


Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.5.3

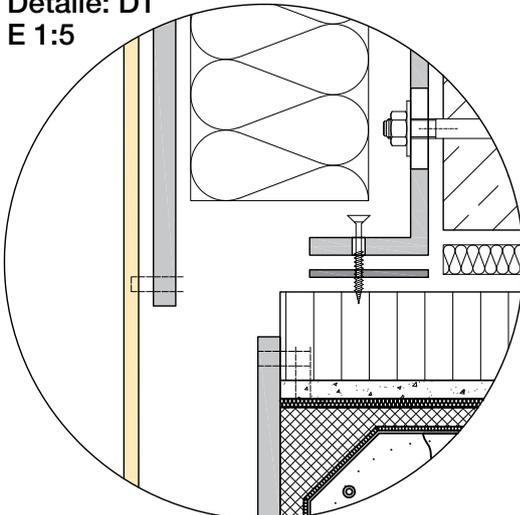
Encuentro con ventana y persiana, interpuesta
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)

E 1:10

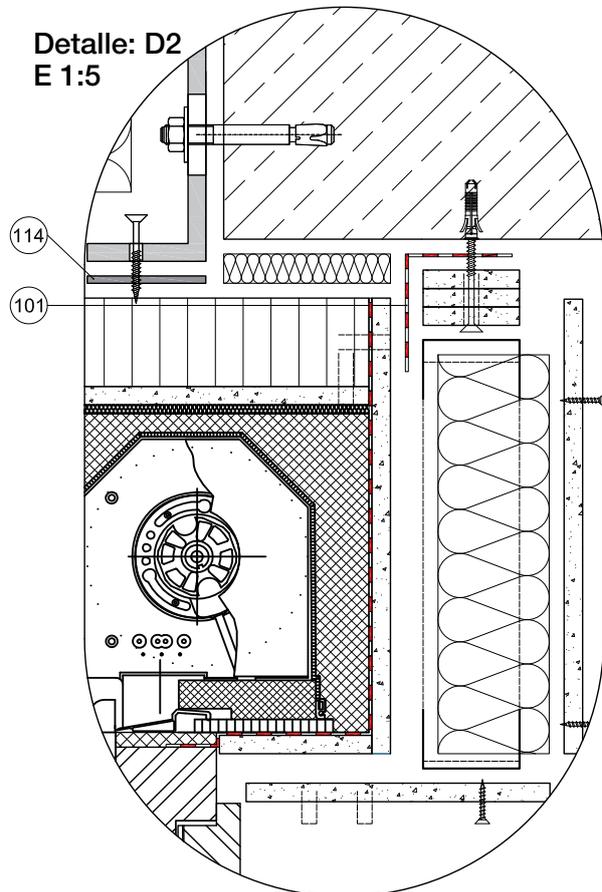


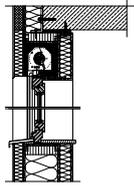
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 65 Perfil de remate con goterón
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5



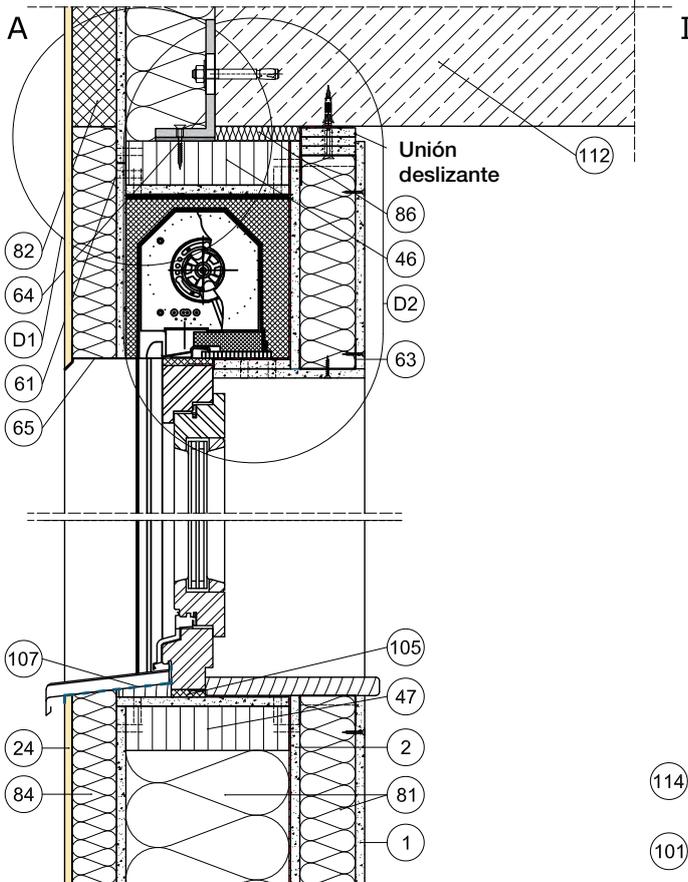


Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.5.4

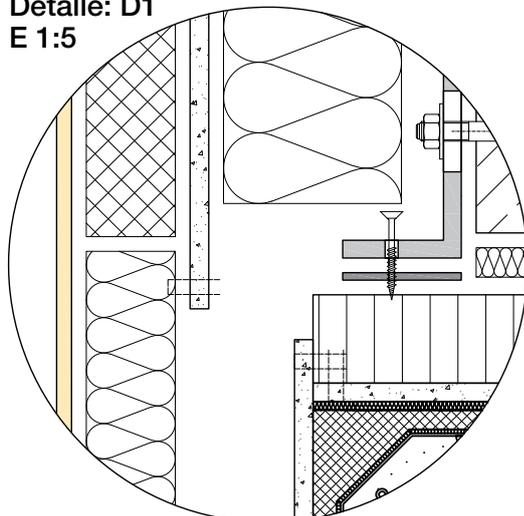
Encuentro con ventana y persiana, interpuesta
Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

E 1:10

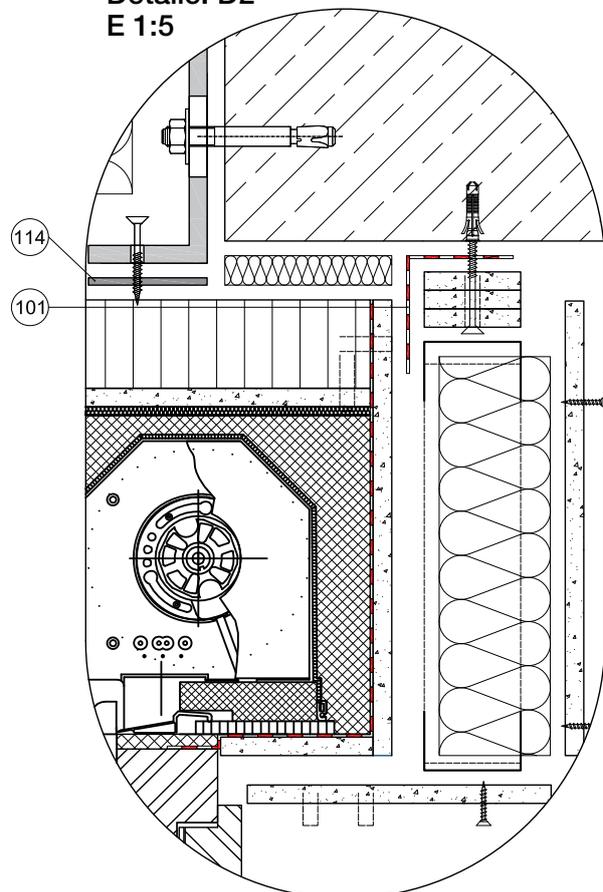


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 24 Revoco apto
- 46 Travesaño de dintel
- 47 Travesaño de antepecho
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 65 Perfil de remate con goterón
- 81 Aislante térmico
- 82 Lana de roca
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 105 Cordón de sellado precomprimido
- 107 Segundo plano de impermeabilización
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

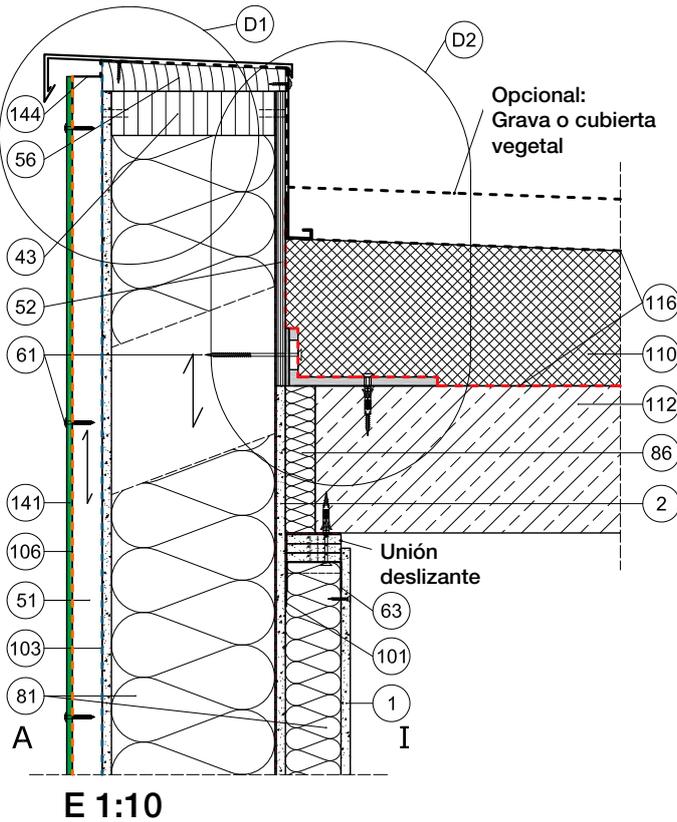




Construcción híbrida con James Hardie

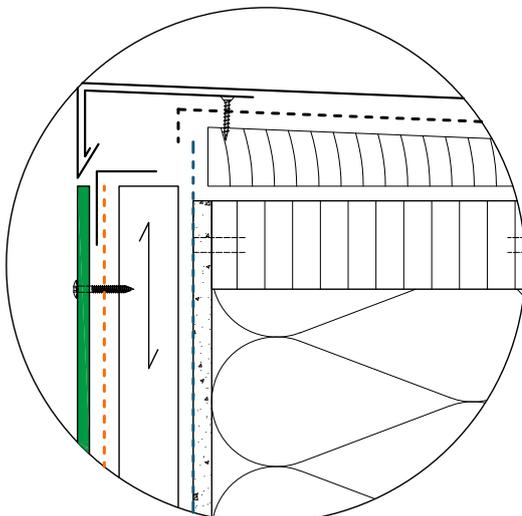
Detalle:
1.6.1

Encuentro con cubierta plana, antepuesta
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

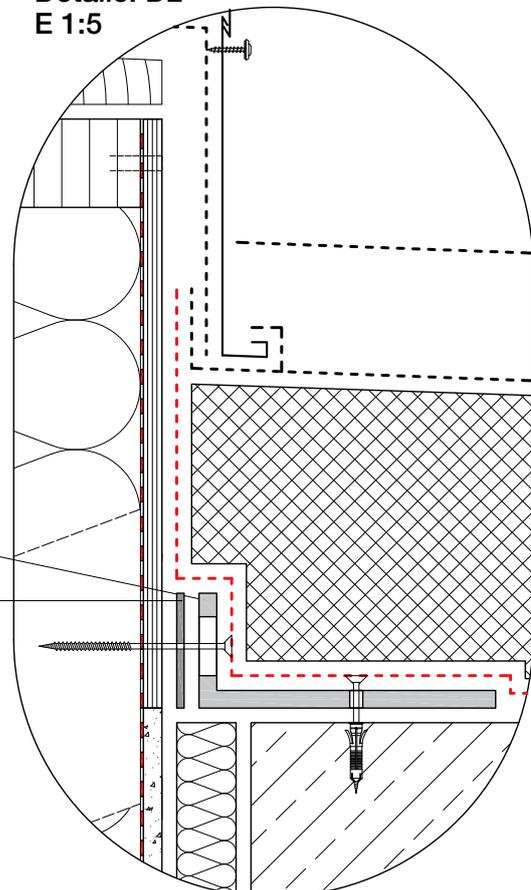


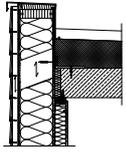
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 43 Traviesas del entramado de madera
- 51 Subestructura de madera
- 52 Panel de madera industrializada
- 56 Travesaño en forma de cuña
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 110 Sistema de aislamiento para cubierta inclinada
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 116 Impermeabilización de cubierta
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

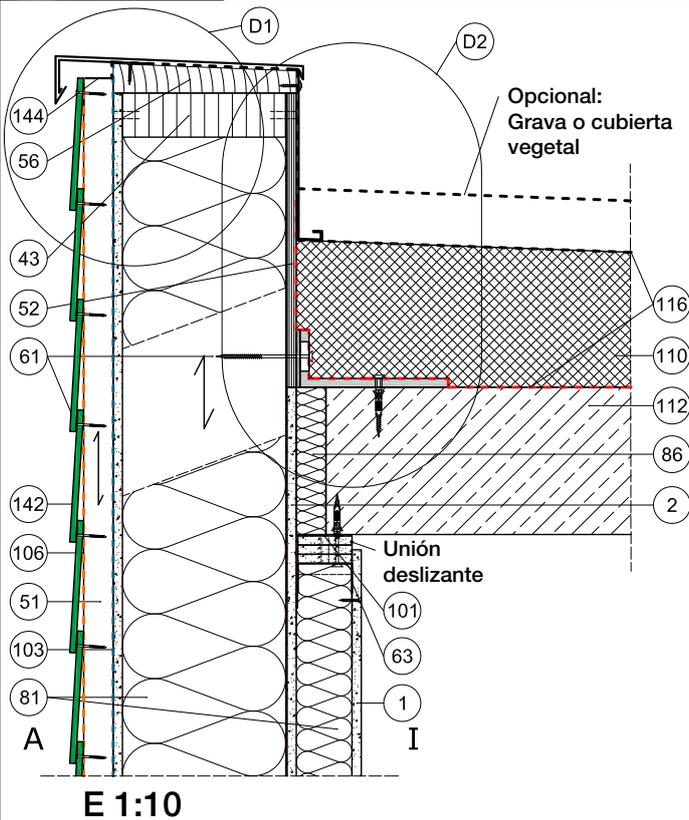




Construcción híbrida con James Hardie

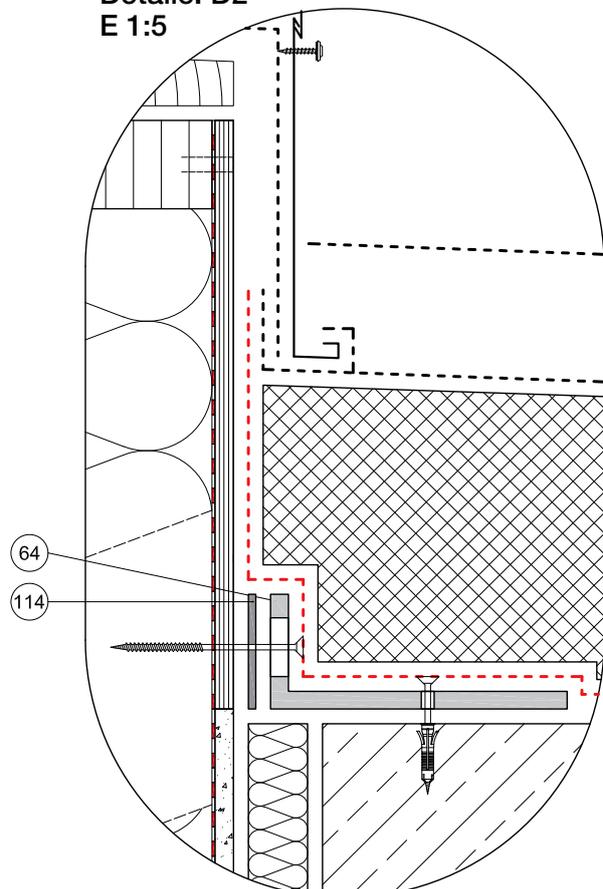
Detalle:
1.6.2

Encuentro con cubierta plana, antepuesta
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)

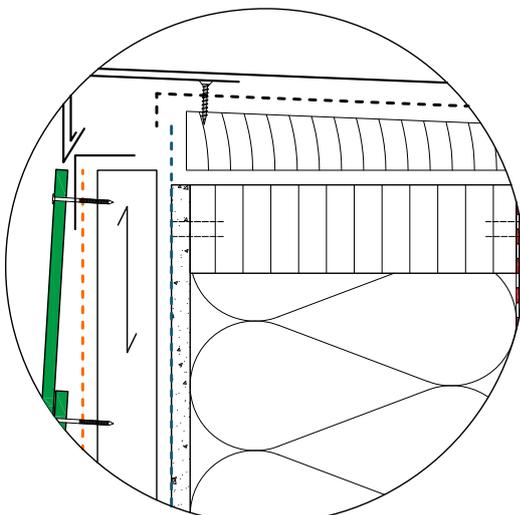


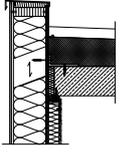
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 43 Travesas del entramado de madera
- 51 Subestructura de madera
- 52 Panel de madera industrializada
- 56 Travesaño en forma de cuña
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 110 Sistema de aislamiento para cubierta inclinada
- 112 Forjado de hormigón
- 86 Elastómero
- 116 Impermeabilización de cubierta
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5

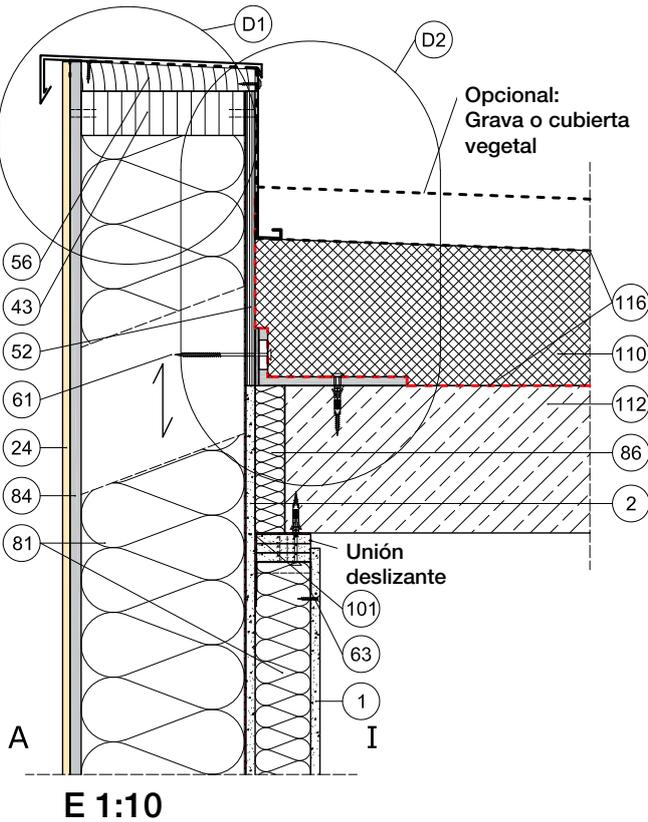




Construcción híbrida con James Hardie

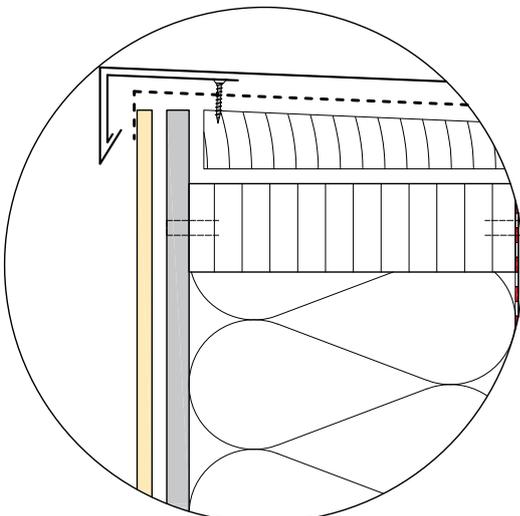
Detalle:
1.6.3

Encuentro con cubierta plana, antepuesta
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)

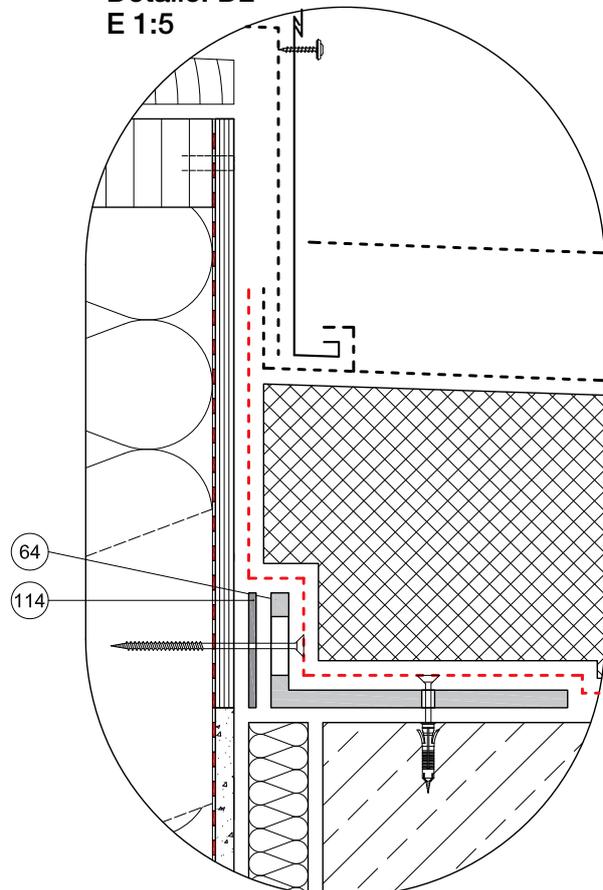


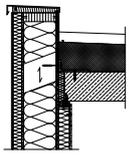
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 43 Travesías del entramado de madera
- 52 Panel de madera industrializada
- 56 Travesaño en forma de cuña
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 110 Sistema de aislamiento para cubierta inclinada
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 116 Impermeabilización de cubierta

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

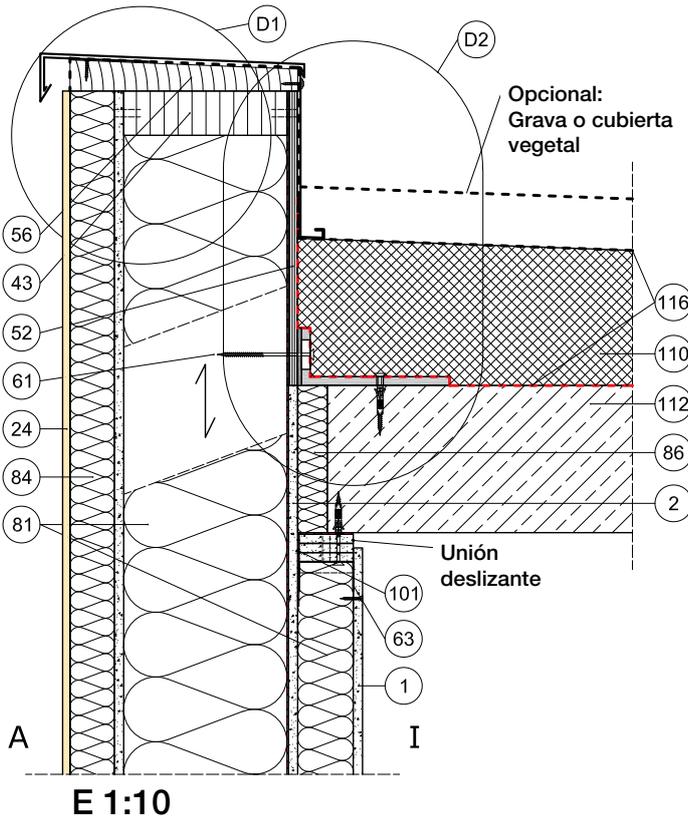




Construcción híbrida con James Hardie

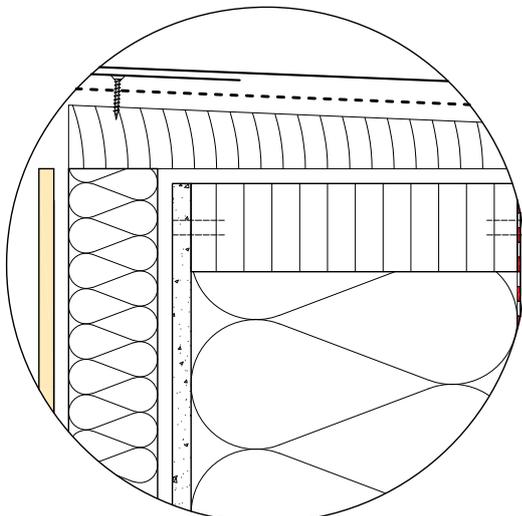
Detalle:
1.6.4

Encuentro con cubierta plana, antepuesta Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

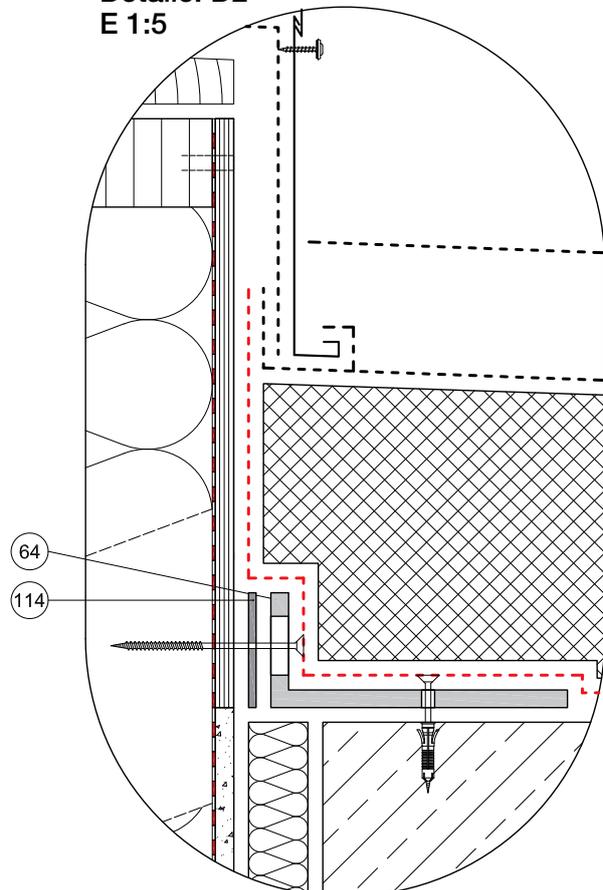


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 24 Revoco apto
- 43 Travesas del entramado de madera
- 52 Panel de madera industrializada
- 56 Travesaño en forma de cuña
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 110 Sistema de aislamiento para cubierta inclinada
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 116 Impermeabilización de cubierta

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

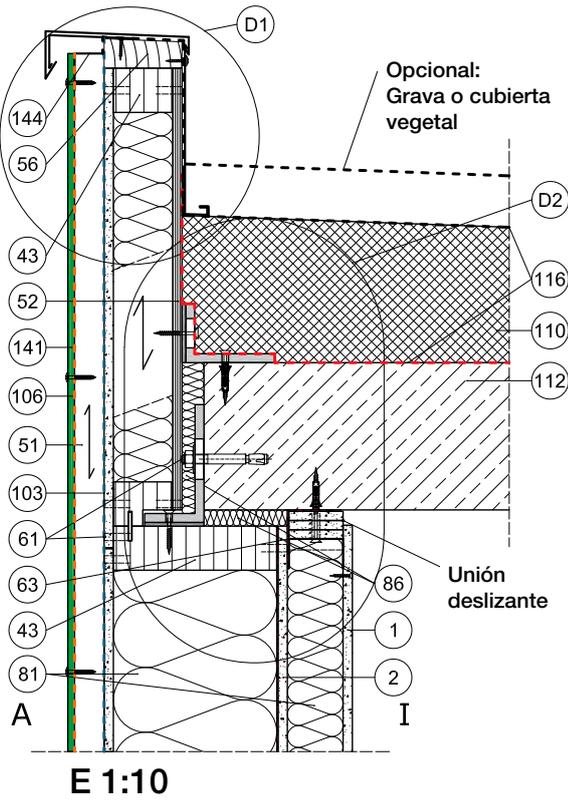




Construcción híbrida con James Hardie

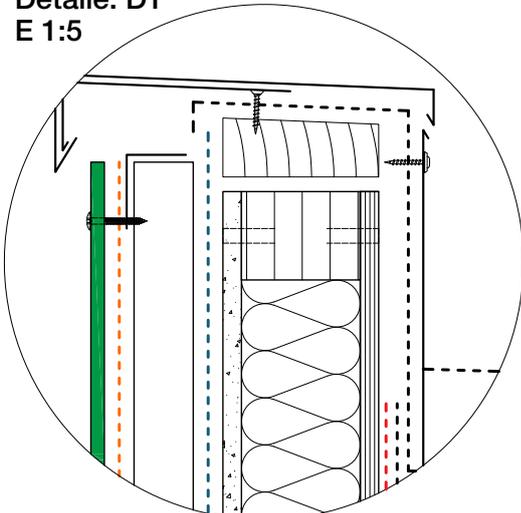
Detalle:
2.6.1

Encuentro con cubierta plana, interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

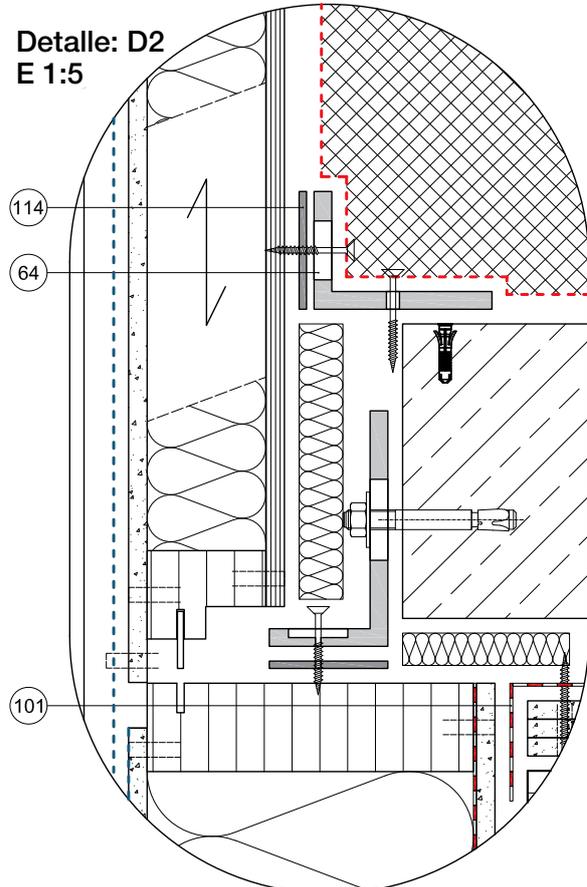


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 43 Travesas del entramado de madera
- 51 Subestructura de madera
- 52 Panel de madera industrializada
- 56 Travesaño en forma de cuña
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 110 Sistema de aislamiento para cubierta inclinada
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 116 Impermeabilización de cubierta
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

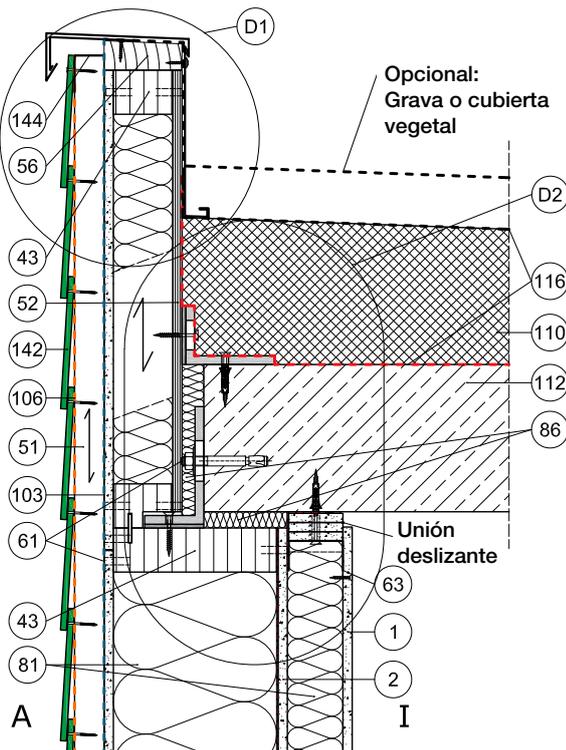




Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.6.2

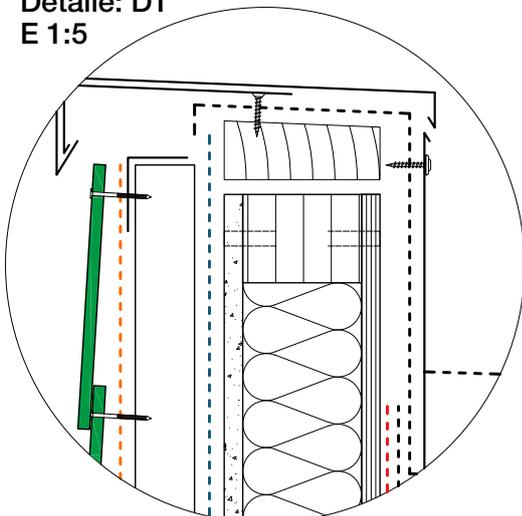
Encuentro con cubierta plana, interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)



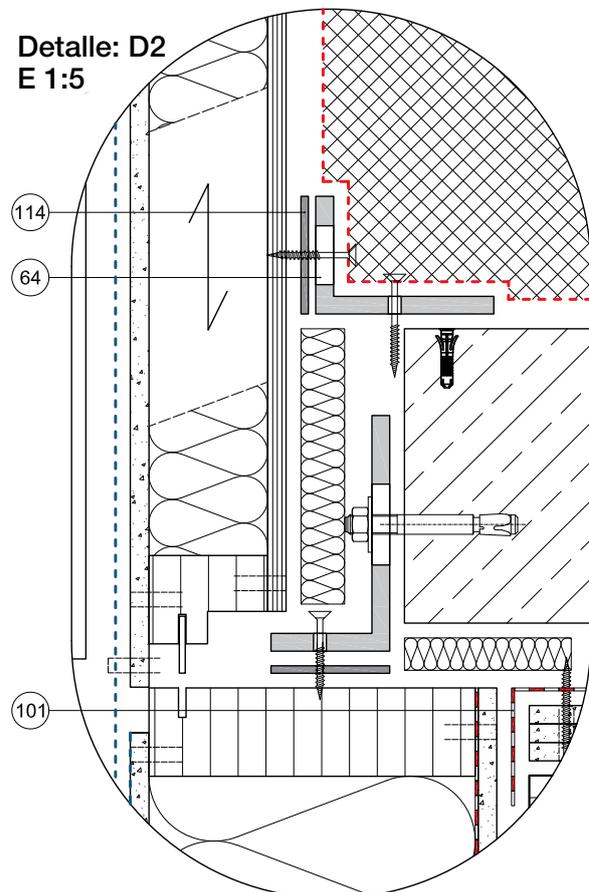
E 1:10

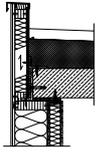
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 43 Travesas del entramado de madera
- 51 Subestructura de madera
- 52 Panel de madera industrializada
- 56 Travesaño en forma de cuña
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 110 Sistema de aislamiento para cubierta inclinada
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 116 Impermeabilización de cubierta
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank
- 144 Perfil de ventilación

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

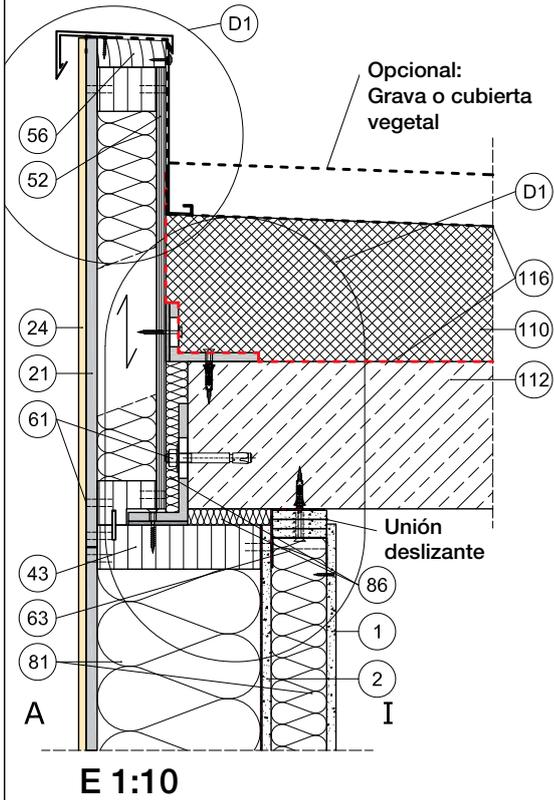




Construcción híbrida con James Hardie

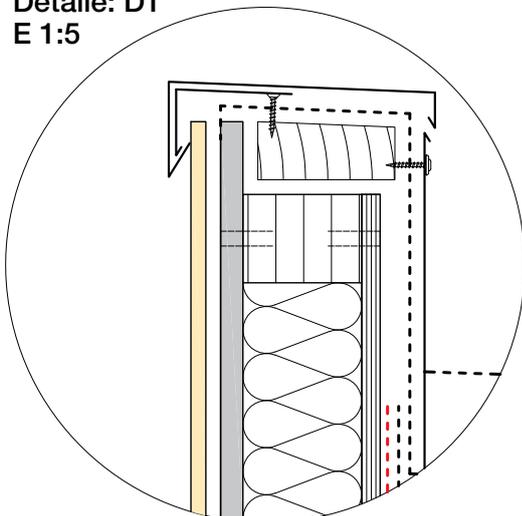
Detalle:
2.6.3

Encuentro con cubierta plana, interpuesta
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)

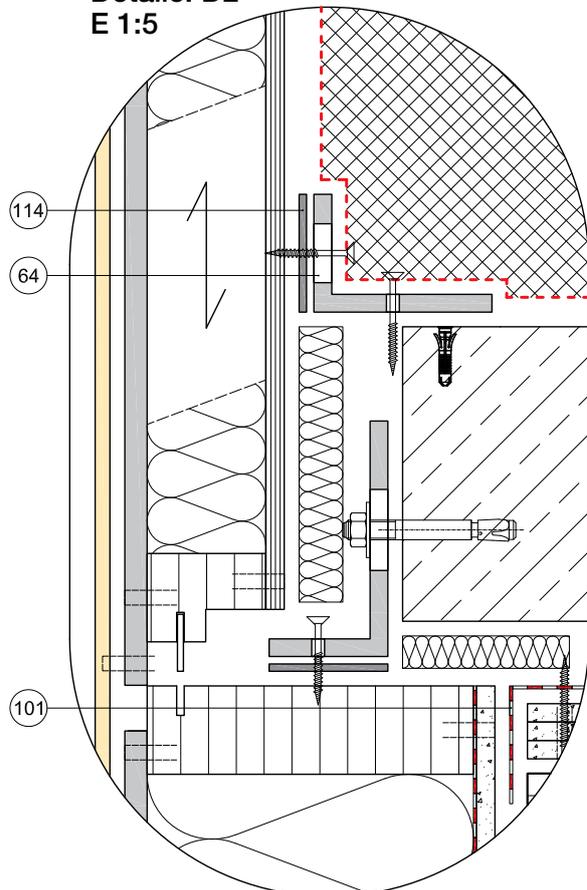


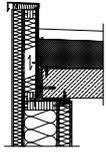
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 43 Traviesas del entramado de madera
- 52 Panel de madera industrializada
- 56 Travesaño en forma de cuña
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 110 Sistema de aislamiento para cubierta inclinada
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 116 Impermeabilización de cubierta

Detalle: D1
E 1:5



Detalle: D2
E 1:5

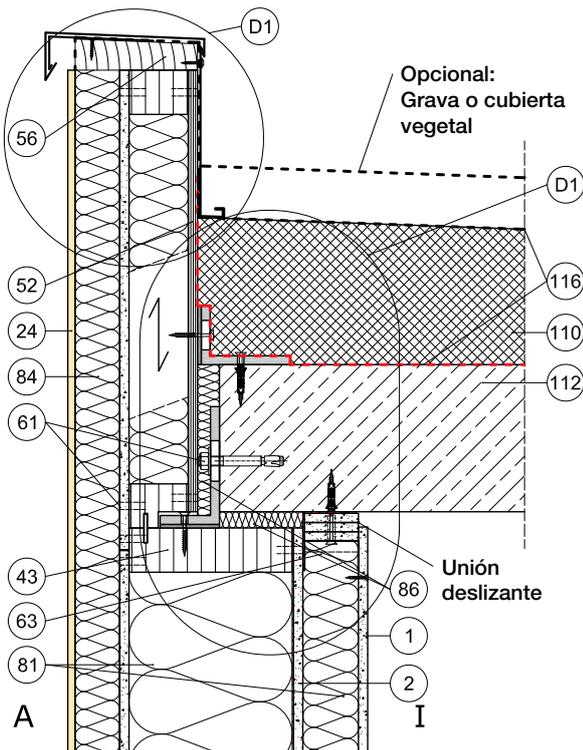




Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.6.4

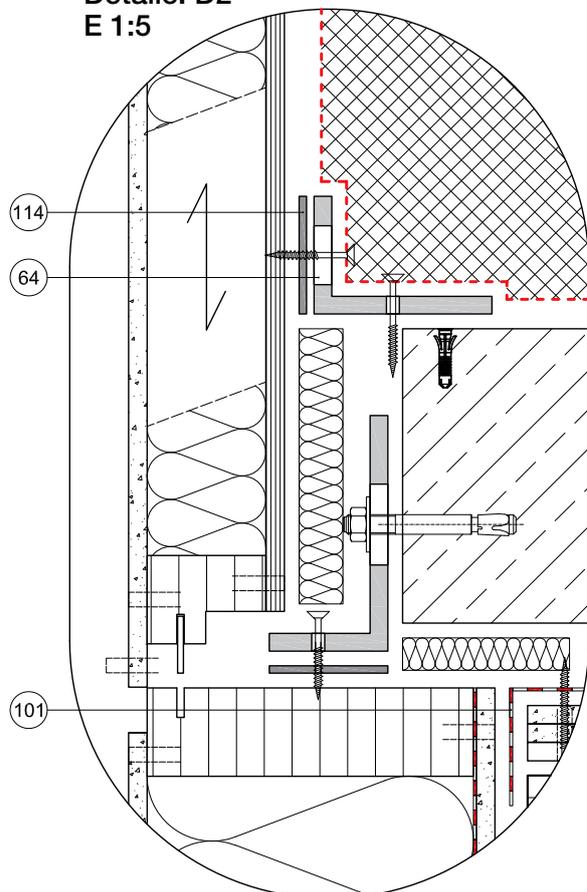
Encuentro con cubierta plana, interpuesta
Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)



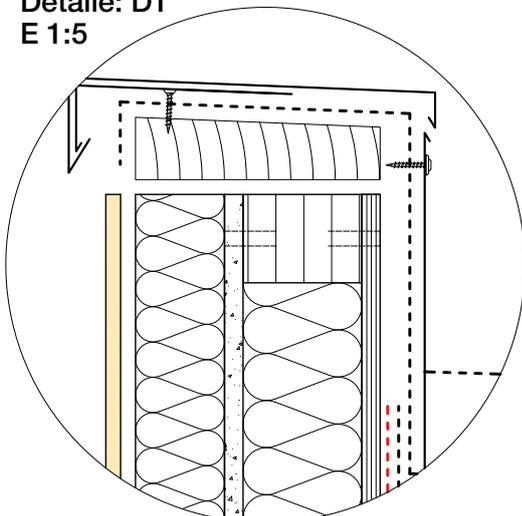
E 1:10

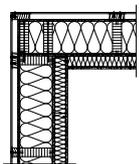
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 24 Revoco apto
- 43 Travesas del entramado de madera
- 52 Panel de madera industrializada
- 56 Travesaño en forma de cuña
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 64 Angular metálico con colisos
- 81 Aislante térmico
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 110 Sistema de aislamiento para cubierta inclinada
- 112 Forjado de hormigón
- 114 Elastómero
- 116 Impermeabilización de cubierta

Detalle: D2
E 1:5



Detalle: D1
E 1:5

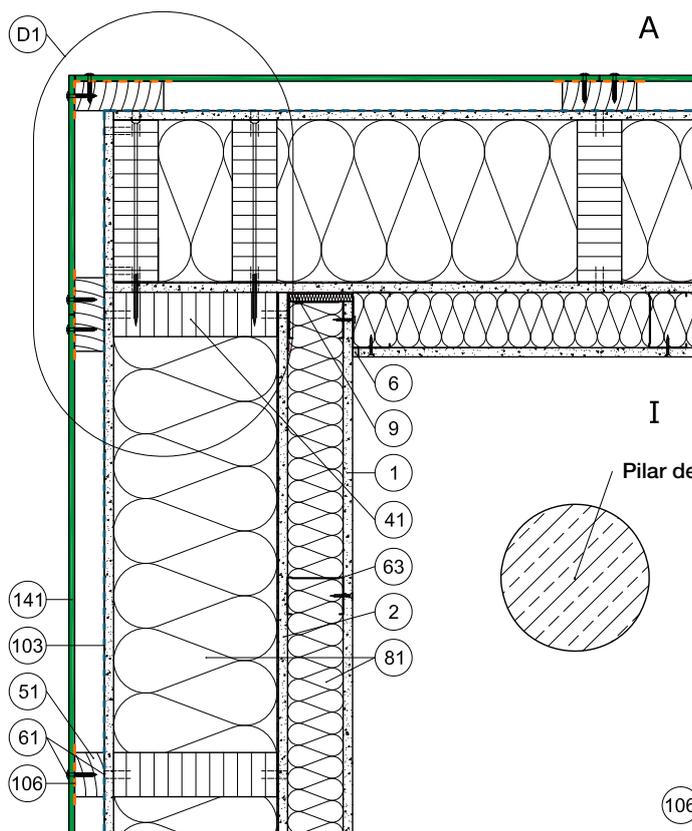




Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
1.7.1

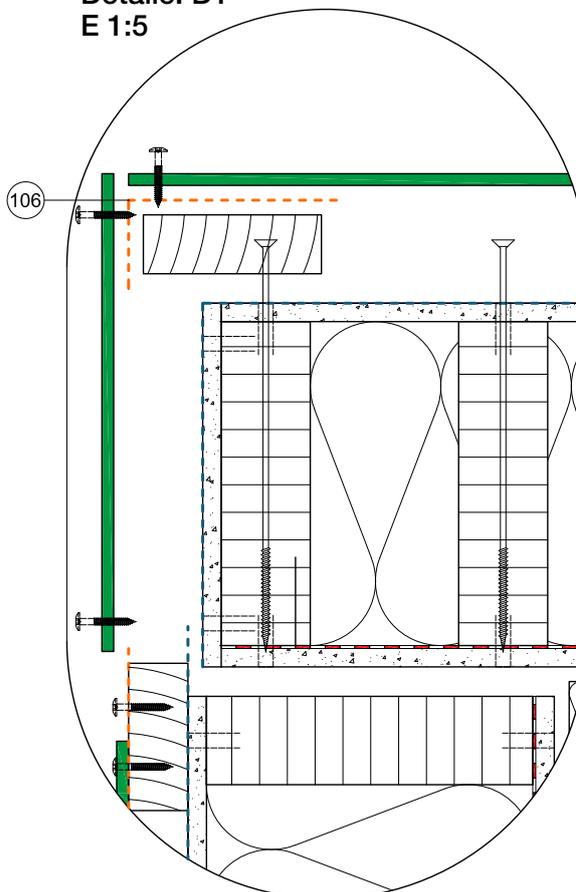
Esquina saliente, antepuesto
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)



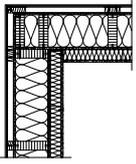
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel

Pilar de hormigón armado

Detalle: D1
E 1:5



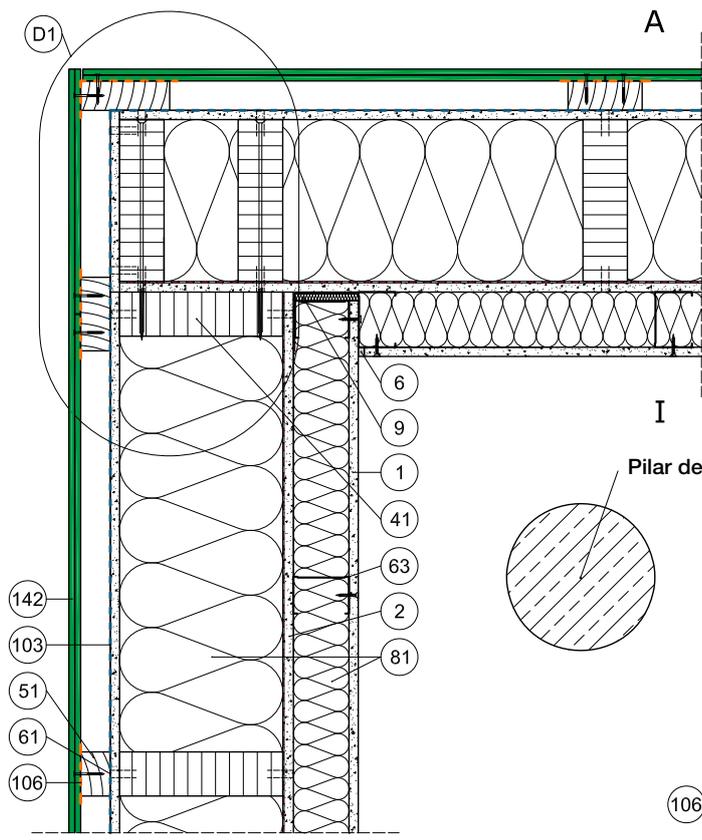
E 1:10



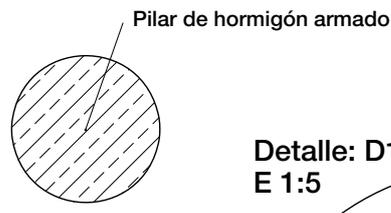
Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
1.7.2

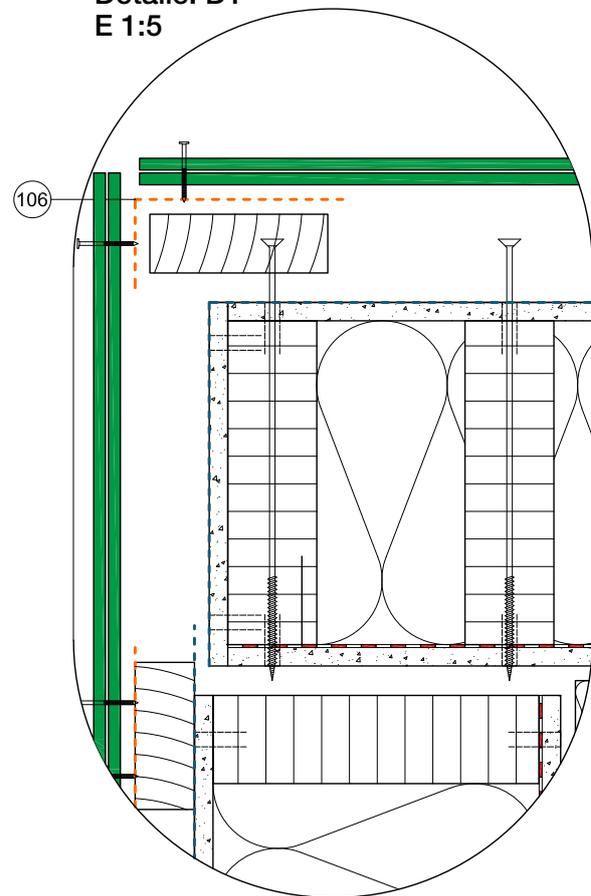
Esquina saliente, antepuesto
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)



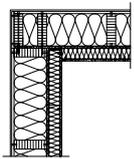
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank



Detalle: D1
E 1:5



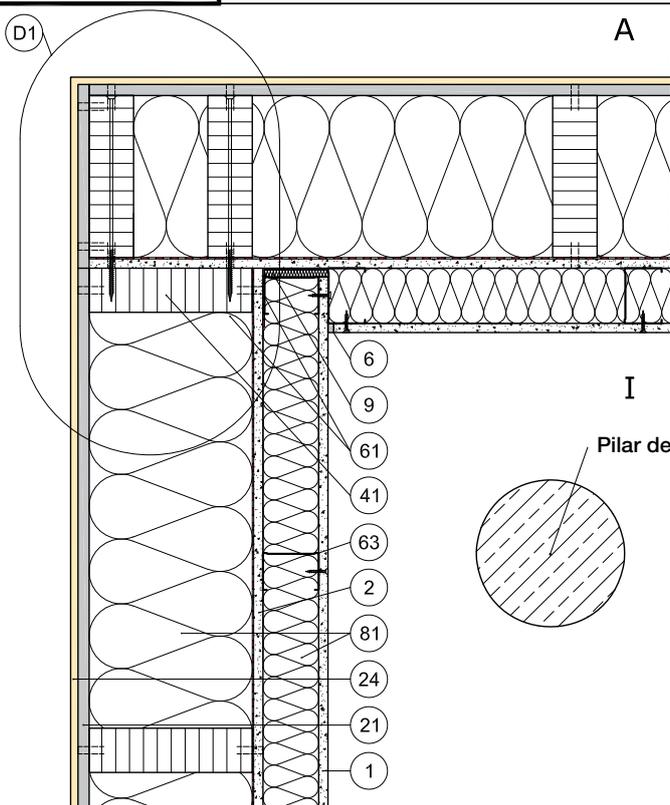
E 1:10



Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
1.7.3

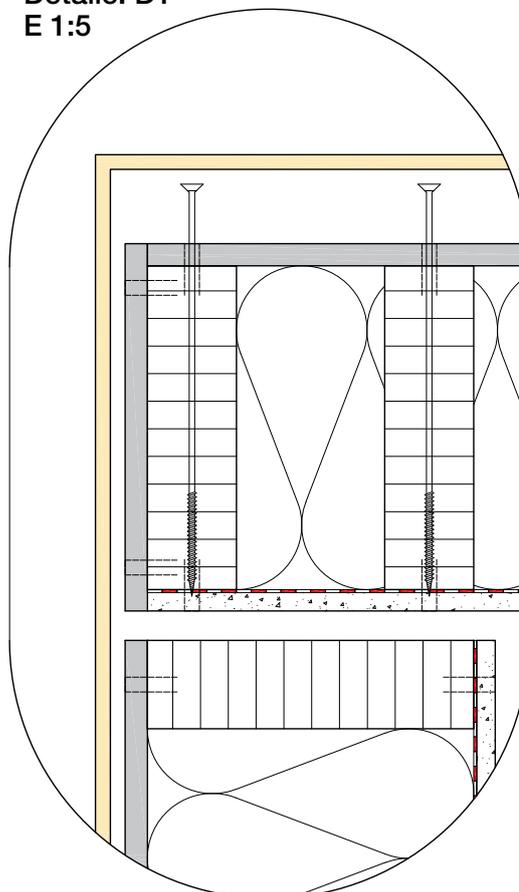
Esquina saliente, antepuesto
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico

E 1:10

Detalle: D1
E 1:5

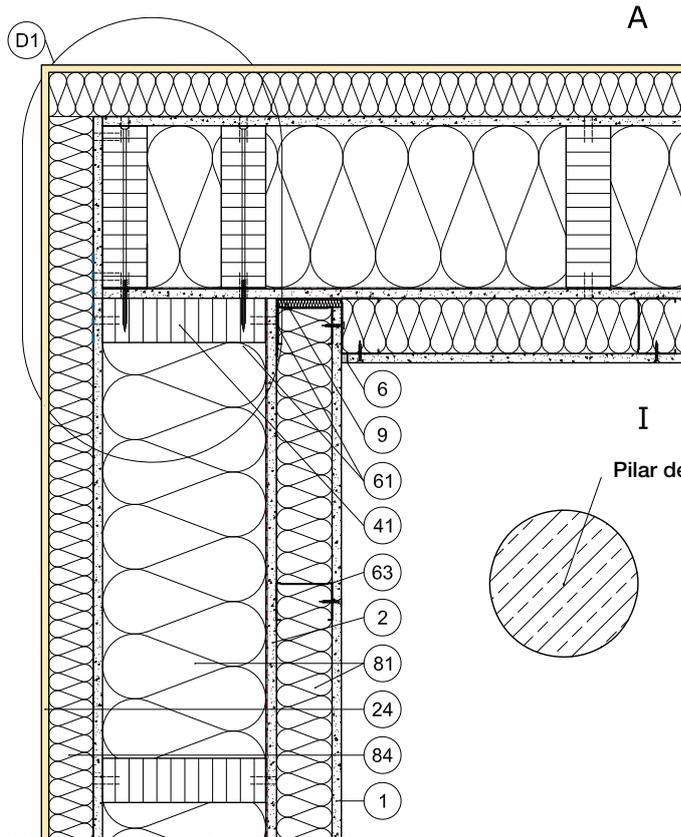




Construcción híbrida con James Hardie

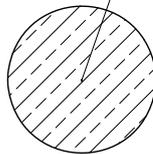
Detalle:
1.7.4

Esquina saliente, antepuesto Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

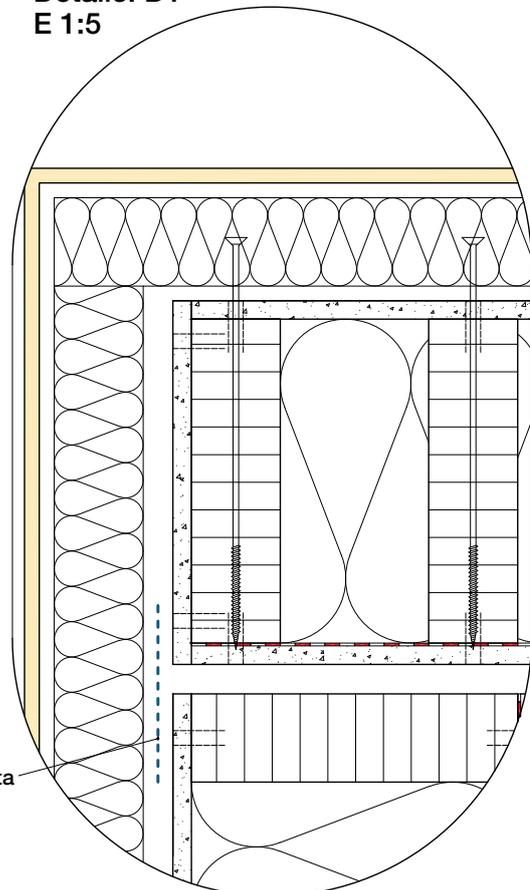


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 24 Revoco apto
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 84 SATE

Pilar de hormigón armado

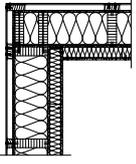


Detalle: D1
E 1:5



Sellado con cinta

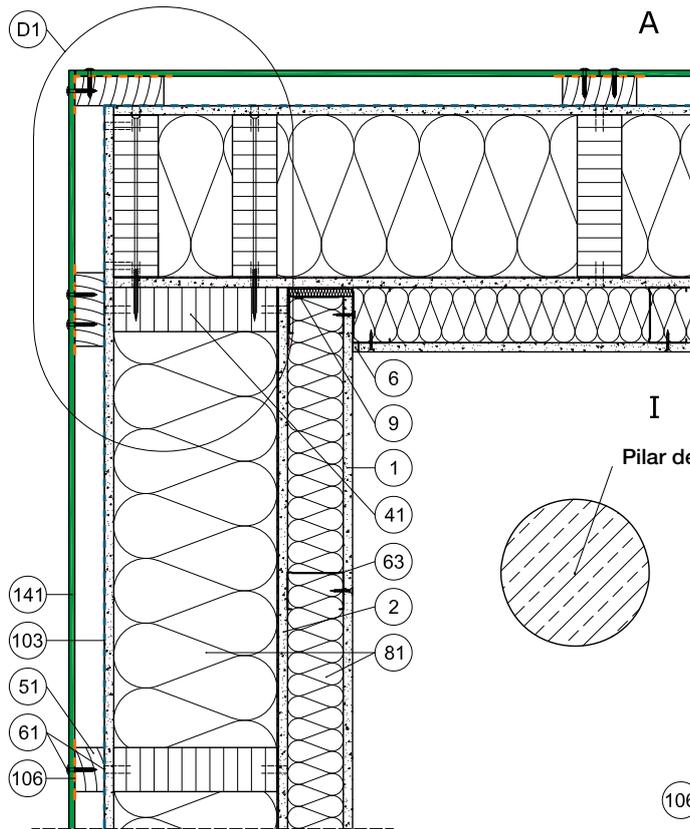
E 1:10



Construcción híbrida con James Hardie

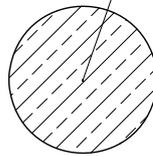
Detalle:
2.7.1

Esquina saliente, interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

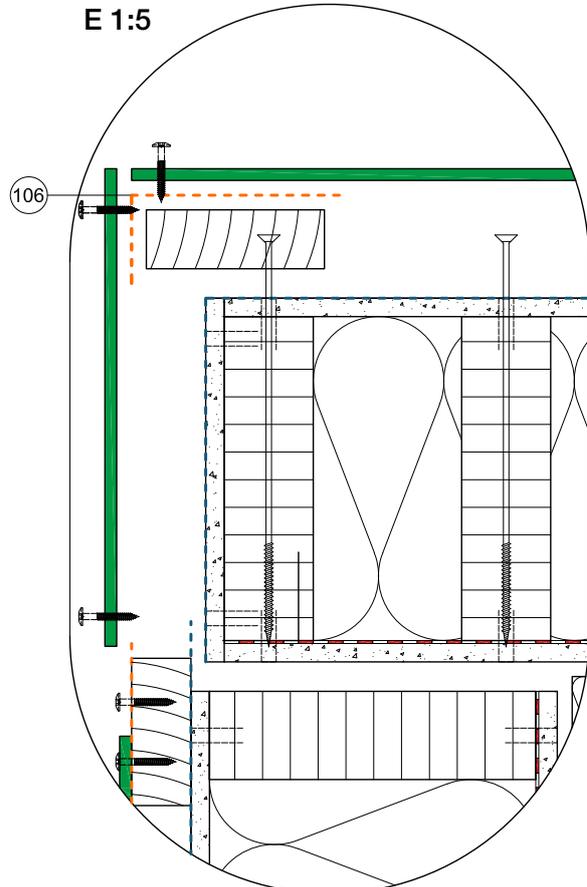


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel

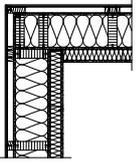
Pilar de hormigón armado



Detalle: D1
E 1:5



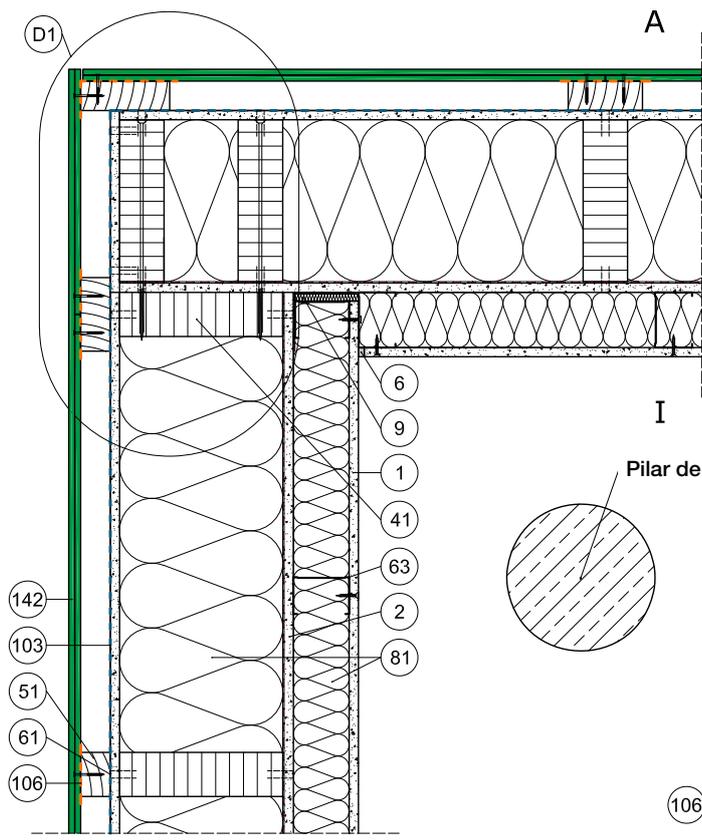
E 1:10



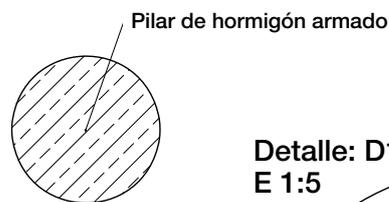
Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.7.2

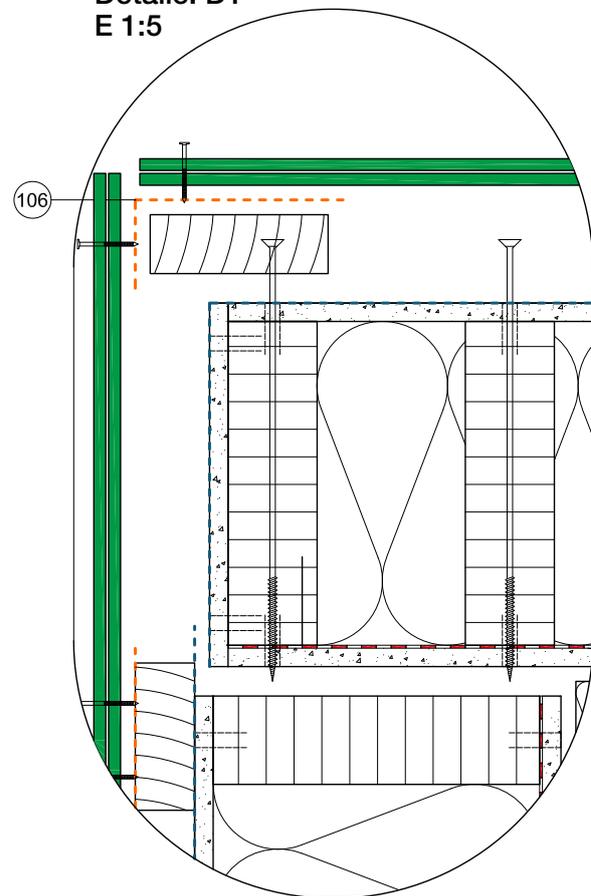
Esquina saliente, interpuesta
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)



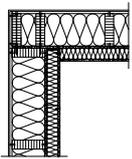
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank



Detalle: D1
E 1:5



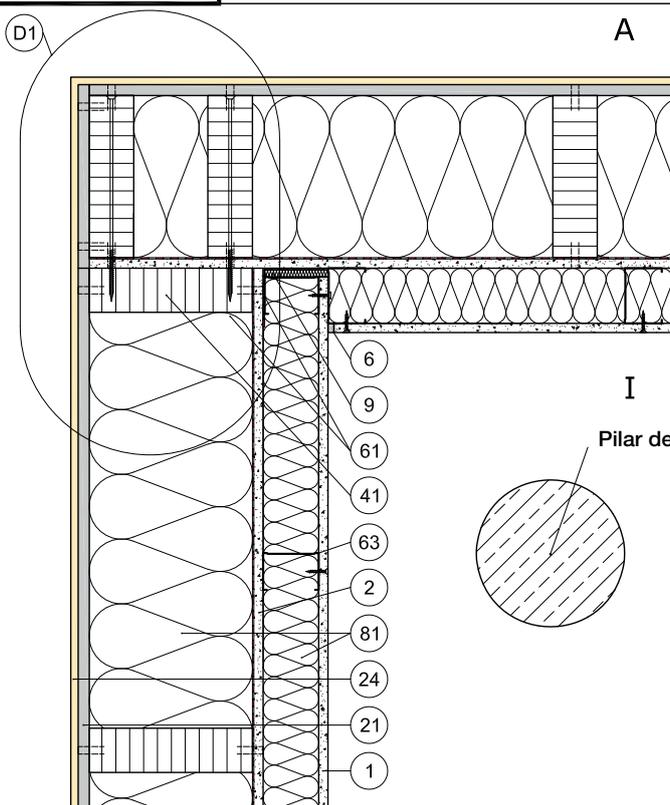
E 1:10



Construcción híbrida con **James Hardie**

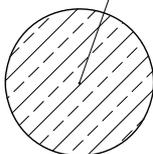
Detalle:
2.7.3

Esquina saliente, interpuesta
Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)

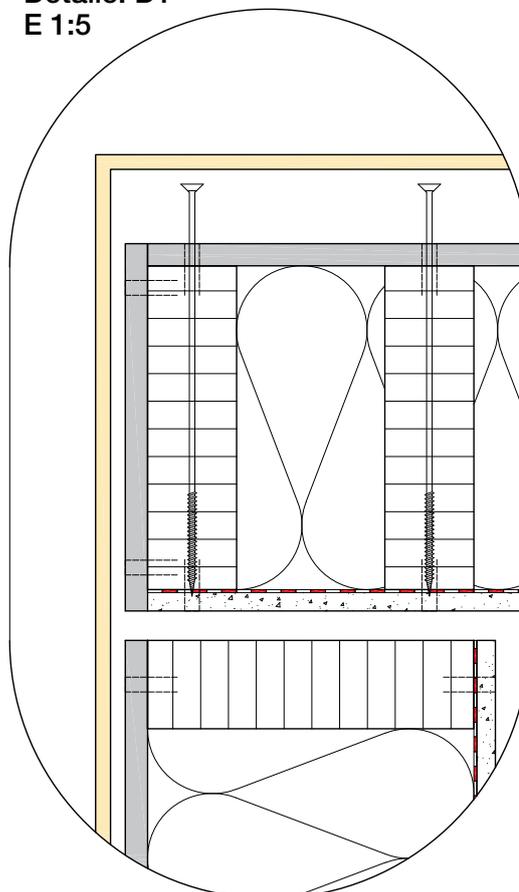


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto51 Subestructura de madera
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico

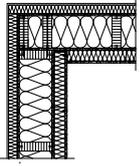
Pilar de hormigón armado



Detalle: D1
E 1:5



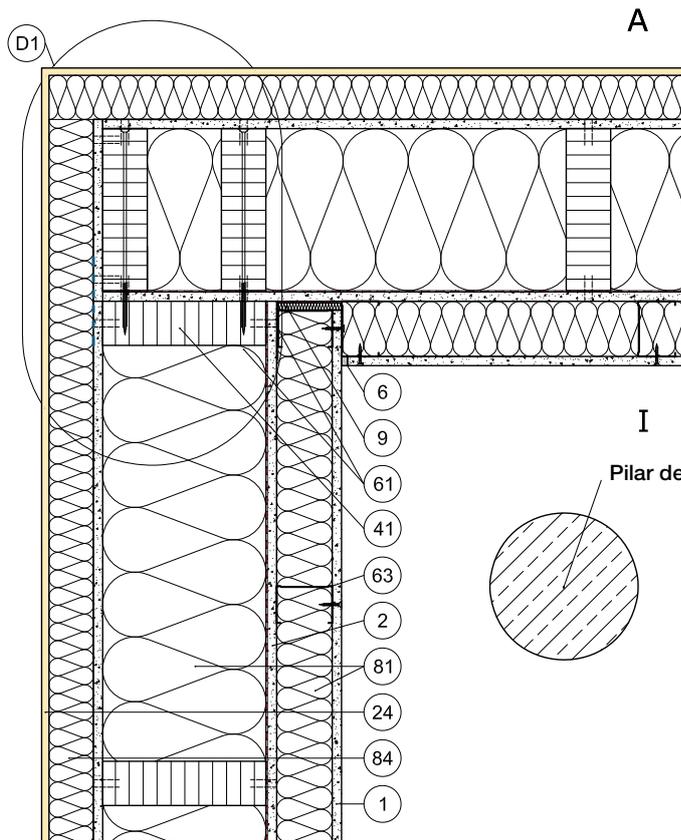
E 1:10



Construcción híbrida con James Hardie

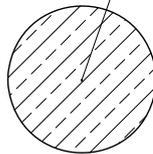
Detalle:
2.7.4

Esquina saliente, interpuesta Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

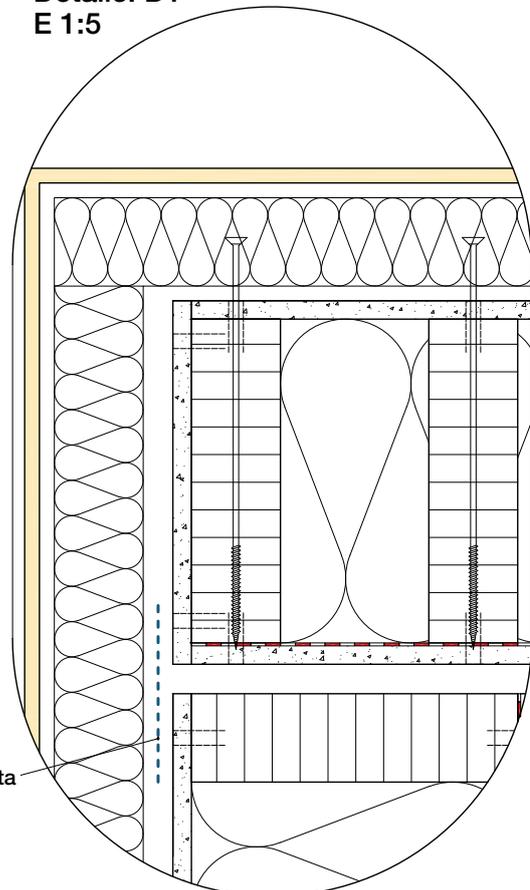


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 24 Revoco apto
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 84 SATE

Pilar de hormigón armado

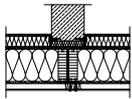


Detalle: D1
E 1:5



E 1:10

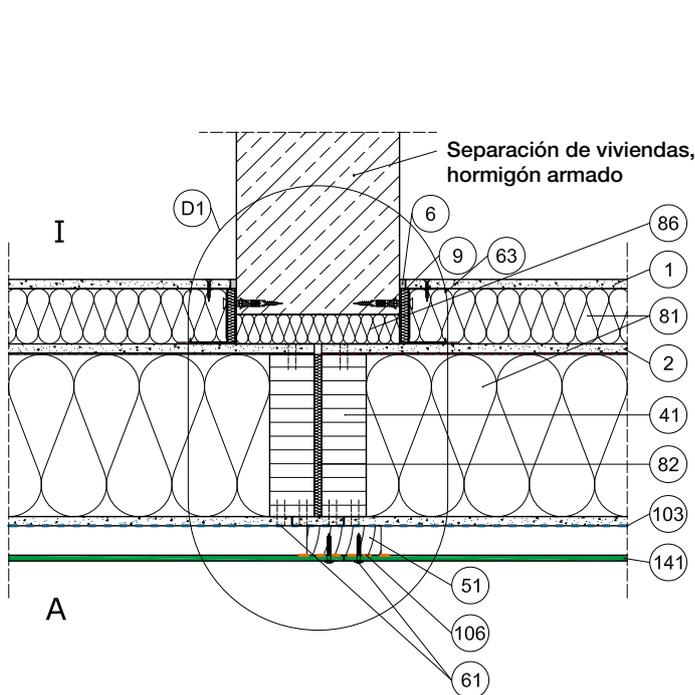
Sellado con cinta



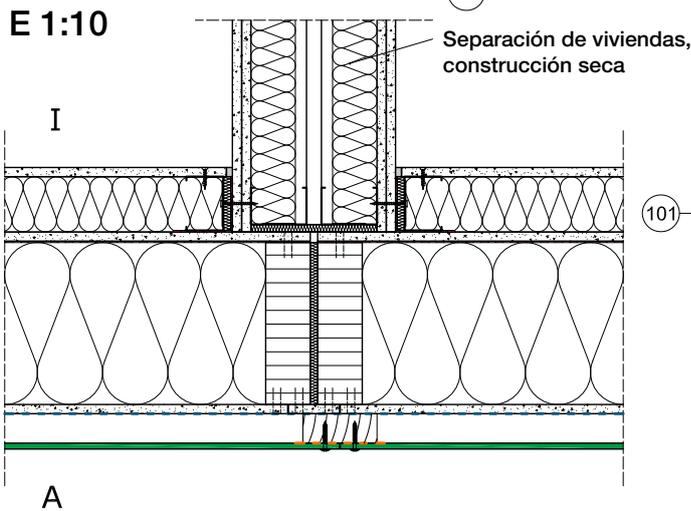
Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
1.8.1

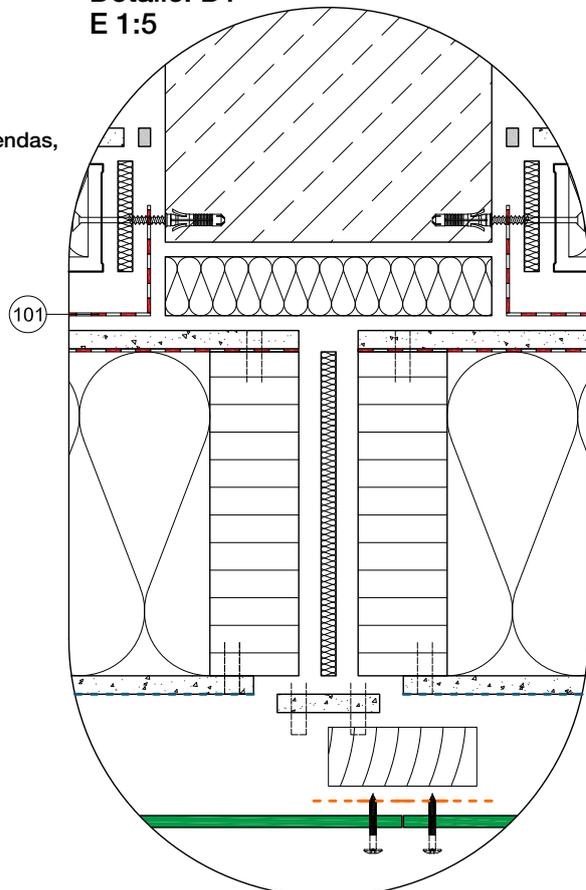
Encuentro vertical, antepuerta Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

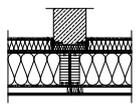


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 82 Lana de roca
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel



Detalle: D1
E 1:5

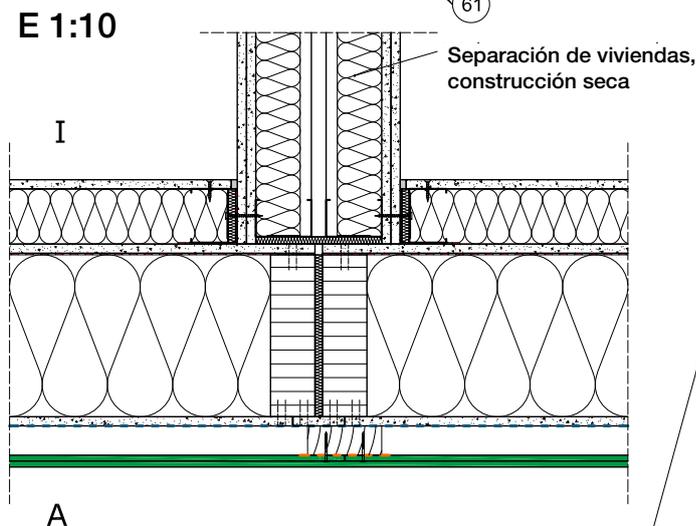
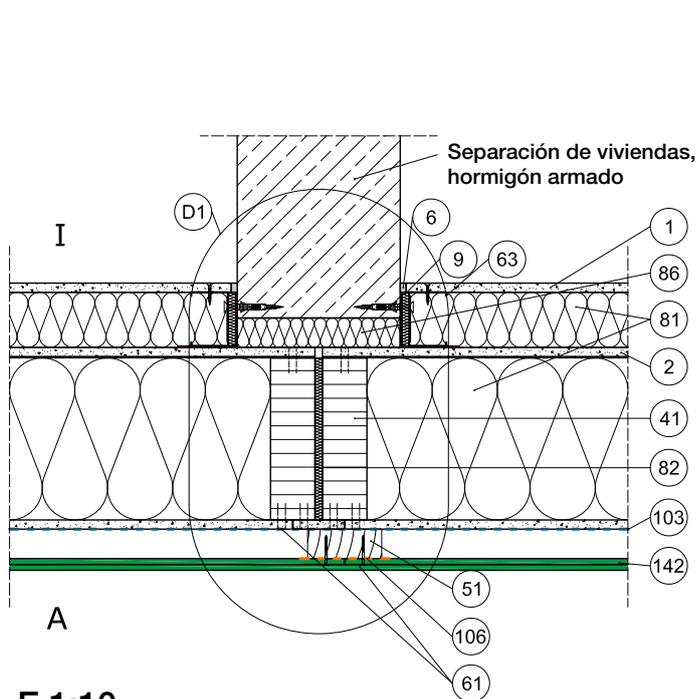




Construcción híbrida con James Hardie

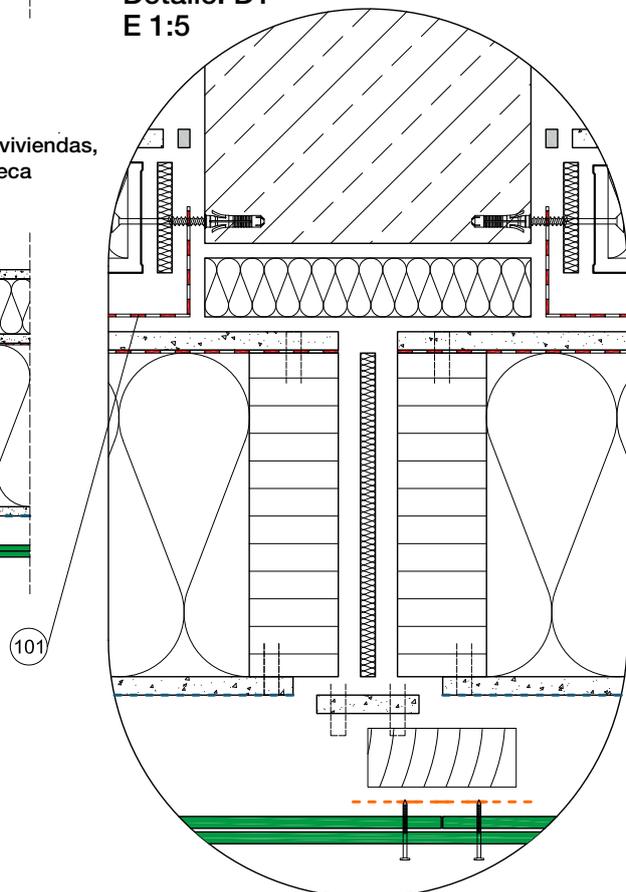
Detalle:
1.8.2

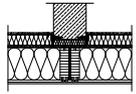
Encuentro vertical, antepuesta
Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 82 Lana de roca
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank

Detalle: D1
E 1:5

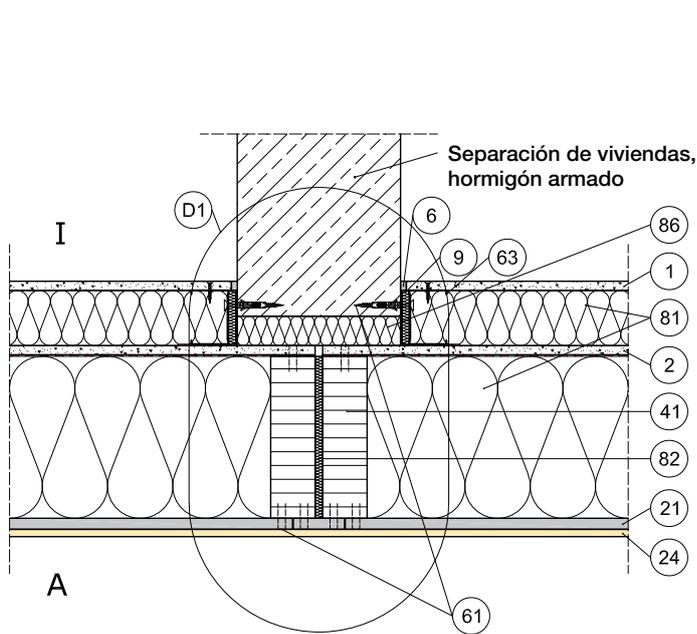




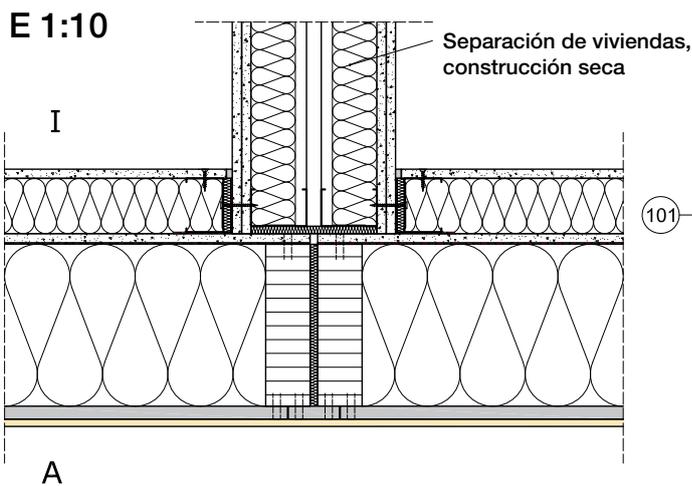
Construcción híbrida con **James Hardie**

Detalle:
1.8.3

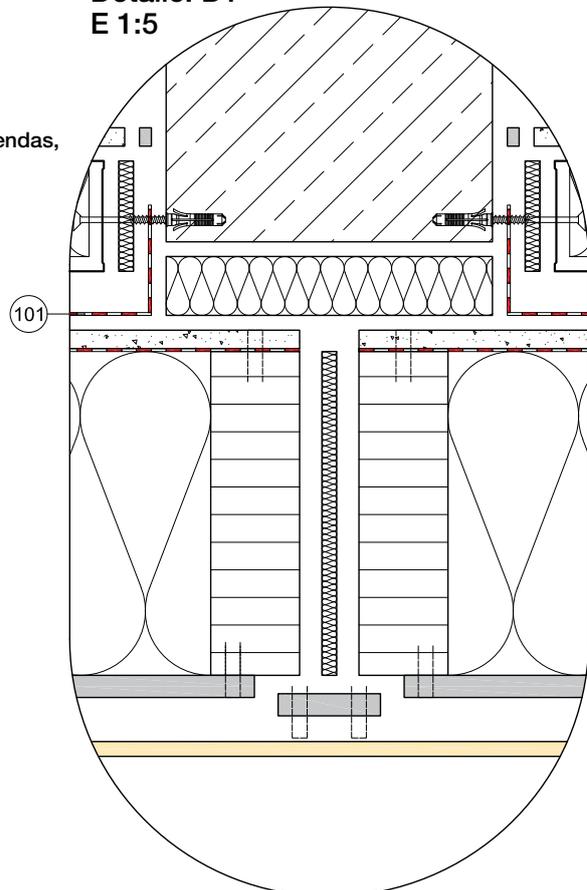
Encuentro vertical, antepuesta Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)

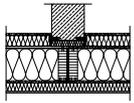


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 82 Lana de roca
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado



Detalle: D1
E 1:5

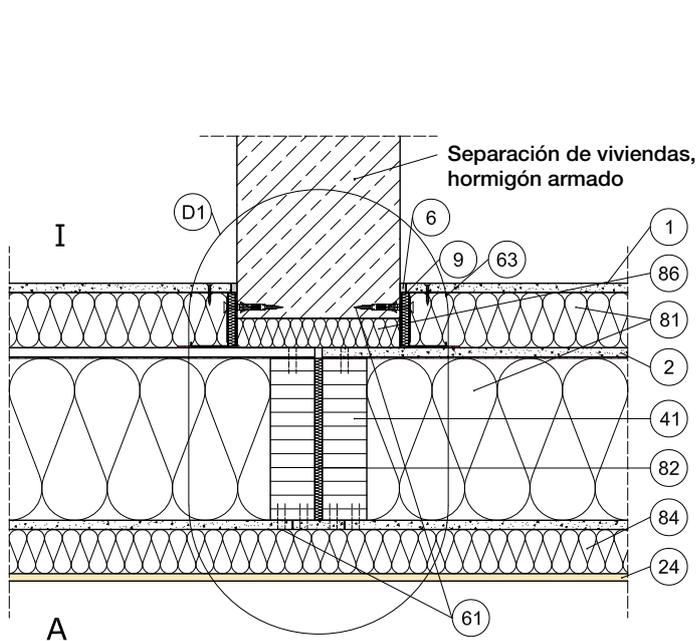




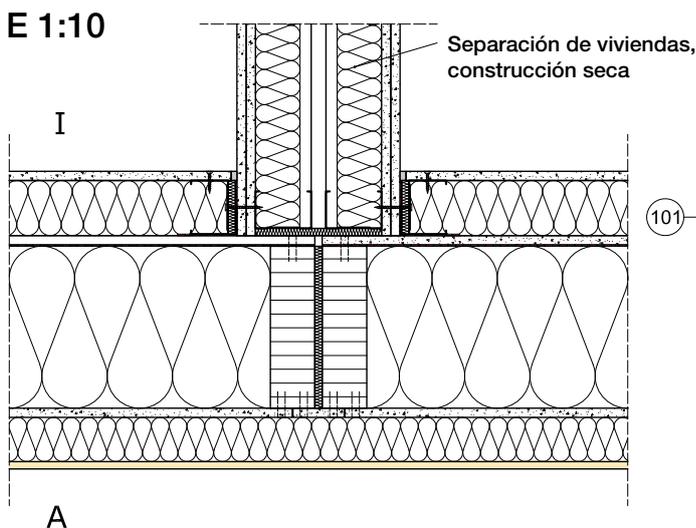
Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
1.8.4

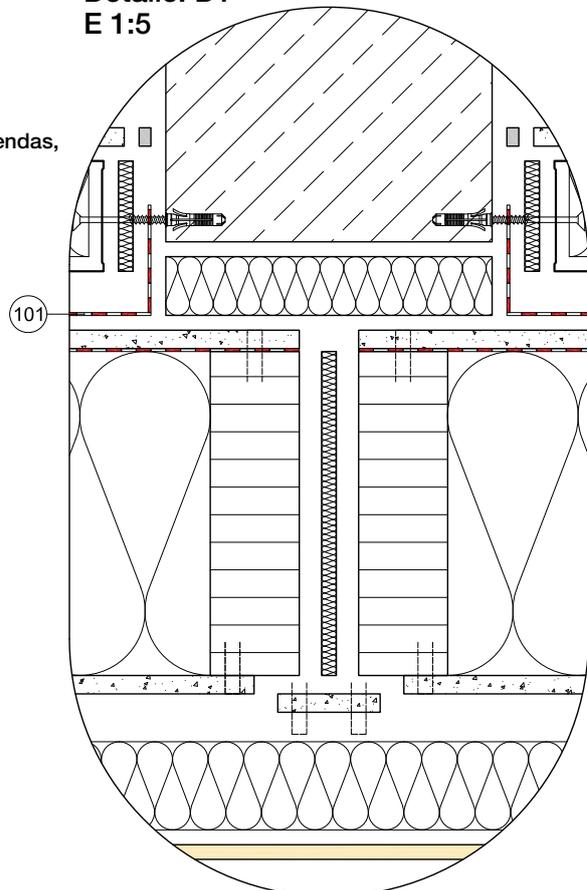
Encuentro vertical, antepuesta Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)

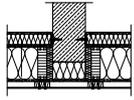


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 24 Revoco apto
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 82 Lana de roca
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado



Detalle: D1
E 1:5

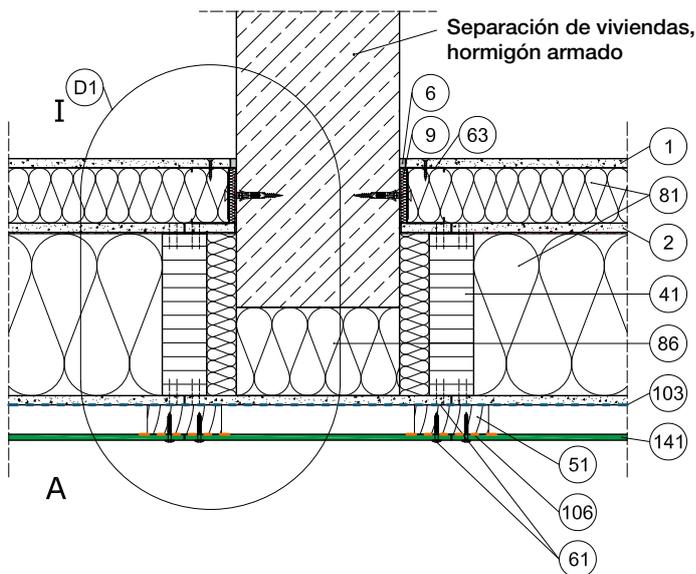




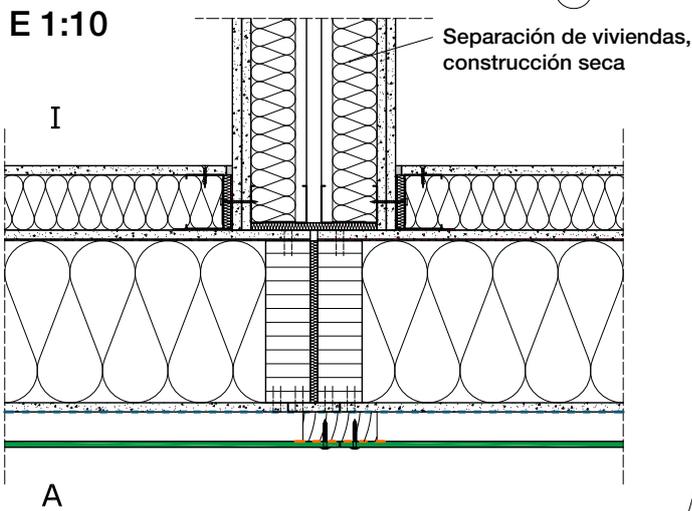
Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.8.1

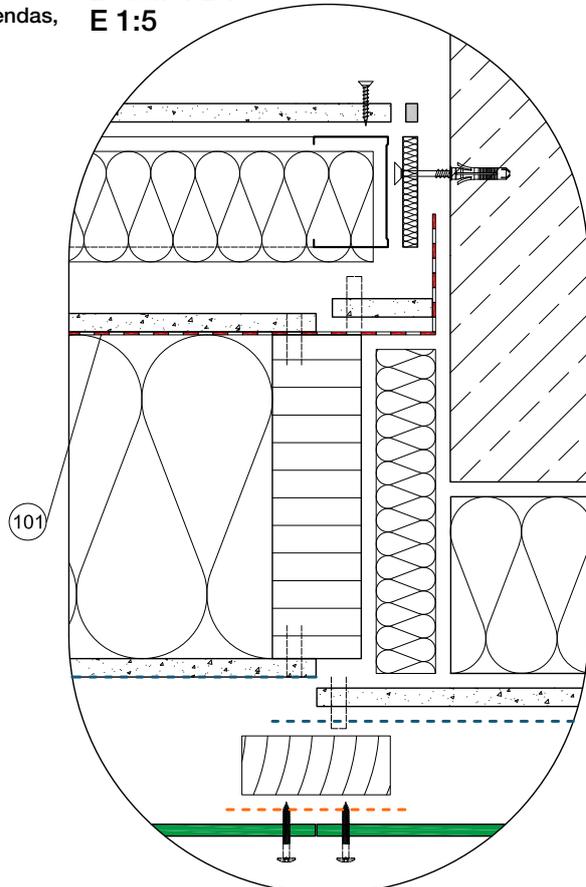
Encuentro vertical, interpuesta Fachada ventilada con Hardie® Panel (exterior)

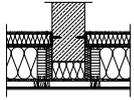


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 141 Paneles de fibro cemento Hardie® Panel



Detalle: D1 E 1:5

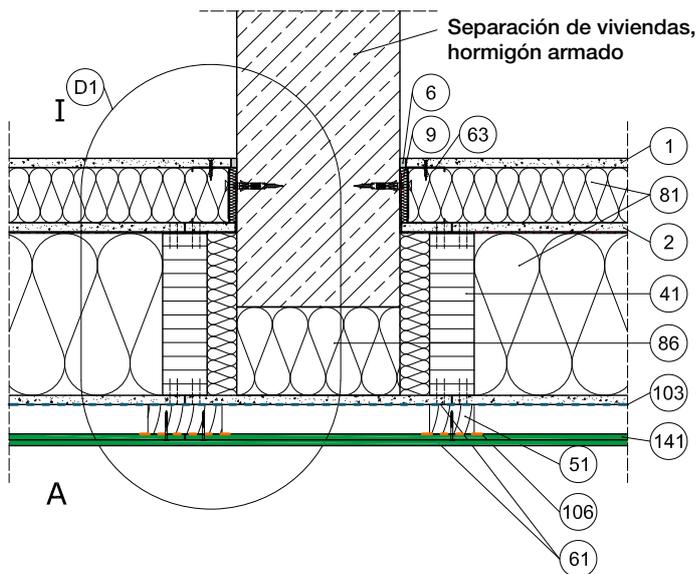




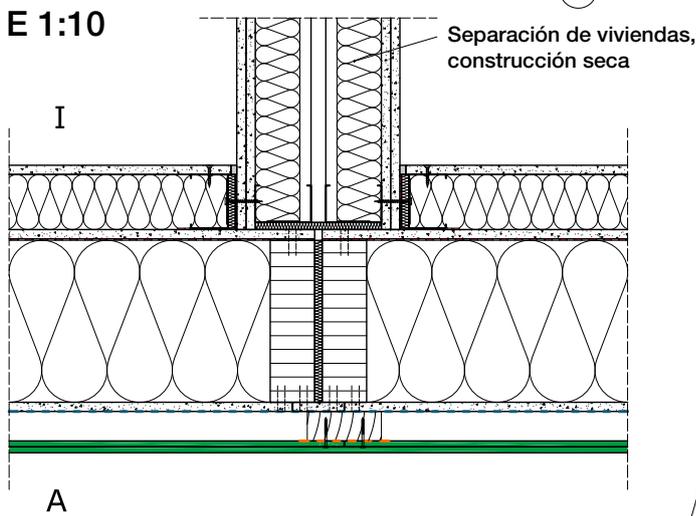
Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.8.2

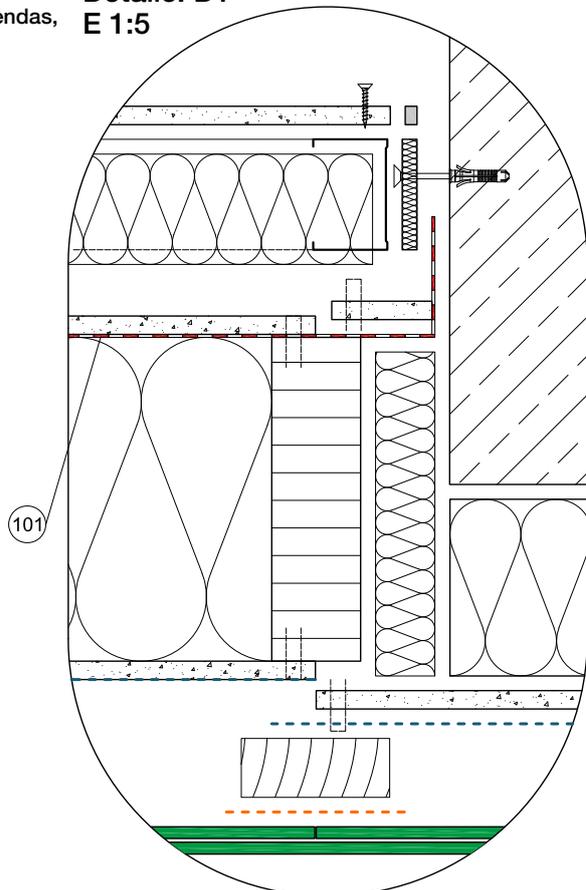
Encuentro vertical, interpuesta Fachada ventilada con Hardie® Plank (exterior)

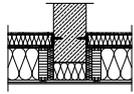


- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 41 Montante
- 51 Subestructura de madera
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado
- 103 Lámina impermeabilizante de fachada
- 106 Cinta EPDM
- 142 Revestimiento de fachada Hardie® Plank



Detalle: D1
E 1:5

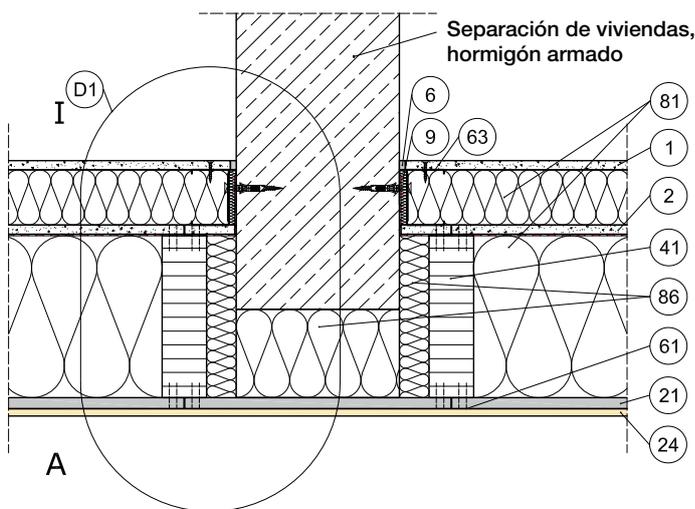




Construcción híbrida con James Hardie

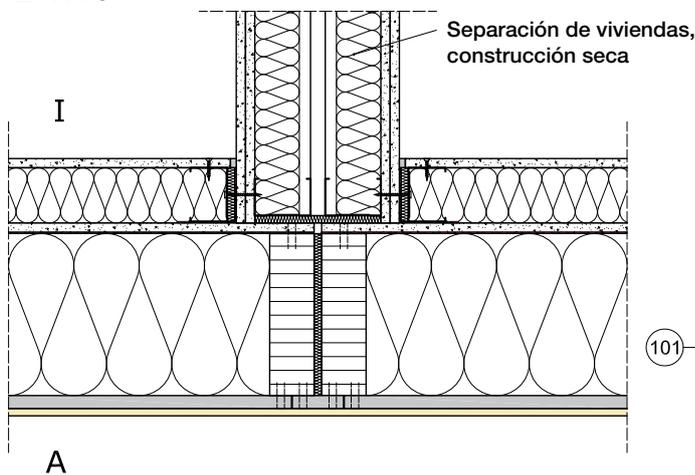
Detalle:
2.8.3

Encuentro vertical, interpuesta Panelado directo fermacell® Powerpanel HD (exterior)

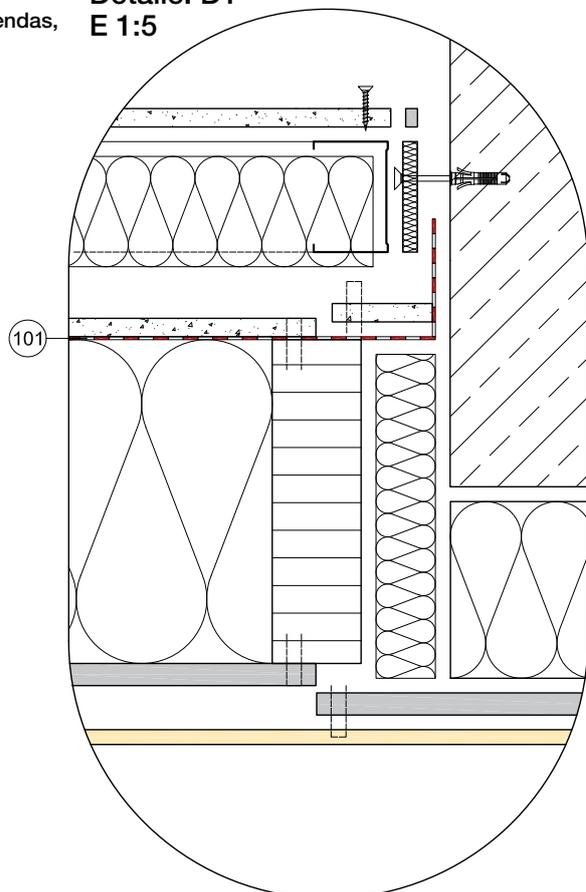


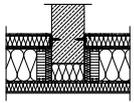
- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 21 fermacell® Powerpanel HD
- 24 Revoco apto41 Montante
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado

E 1:10



Detalle: D1
E 1:5

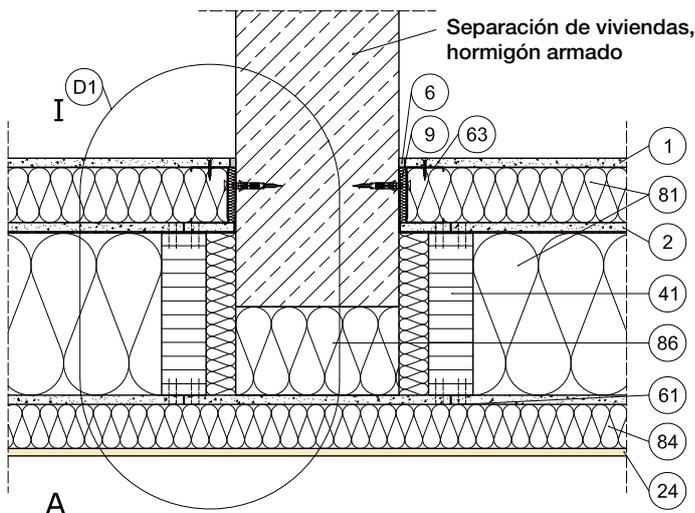




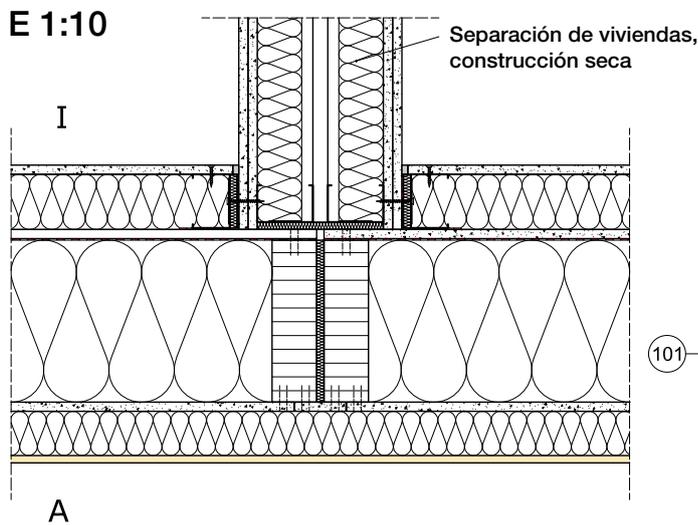
Construcción híbrida con James Hardie

Detalle:
2.8.4

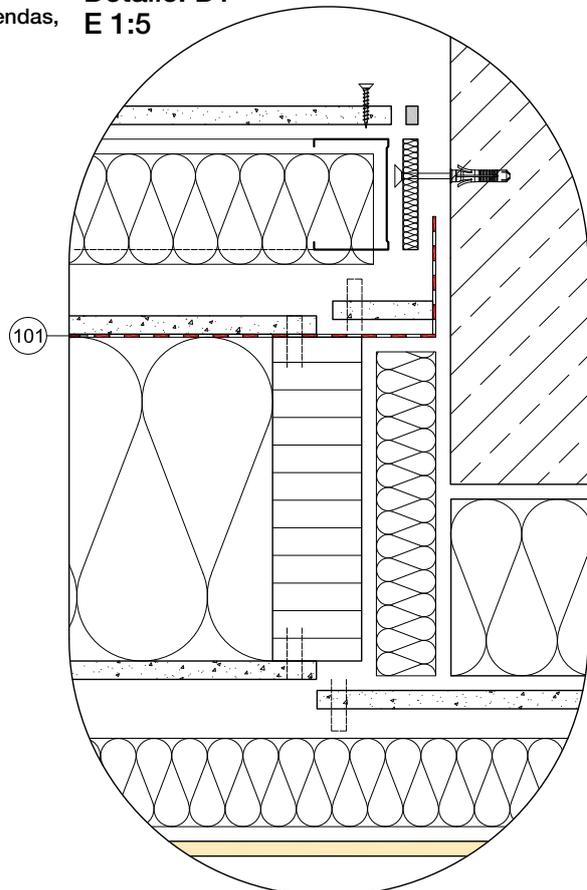
Encuentro vertical, interpuesta Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)



- 1 Placa fibra yeso fermacell®
- 2 fermacell® Vapor
- 6 Pasta de juntas fermacell™ y cinta de papel
- 9 Aislamiento perimetral fermacell™
- 24 Revoco apto41 Montante
- 41 Montante
- 61 Elementos de fijación
- 63 Perfil metálico
- 81 Aislante térmico
- 84 SATE
- 86 Lana de roca
- 101 Barrera de vapor/sellado



Detalle: D1
E 1:5



04 Selección de sistemas constructivos

4.1 Entramado de madera estructural*

| Código Sistema | Esquema | Estructura de madera ¹⁾ | | | |
|----------------|---------|------------------------------------|------------------|-----------------|------------------------|
| | | Espesor total | Montantes | Testeros | Panelado ²⁾ |
| | | [mm] | | | [mm] |
| 1 HT 11 | | 125 | 100 × 60 C24 | 100 × 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso |
| 1 HT 12 | | 125 | 100 × 60 C24 | 100 × 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso |
| 1 HT 13 | | ≥ 190 | 2 × 80 × 60 C24 | 2 × 80 × 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso |
| | | 285 | 2 × 100 × 60 C24 | 2 × 60 × 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso |
| 1 HT 21 | | ≥ 240 | 2 × 80 × 60 C24 | 2 × 80 × 60 C24 | 2 × 12,5 mm fibra yeso |
| 1 HT 22 | | 116 | 80 × 60 C24 | 80 × 60 C24 | 18 mm fibra yeso |
| 1 HT 23 | | 176 | 140 × 60 C24 | 140 × 60 C24 | 18 mm fibra yeso |
| 1 HT 25 | | 130 | 80 × 60 C24 | 80 × 60 C24 | 2 × 12,5 mm fibra yeso |
| | | 150 | 100 × 60 C24 | 100 × 60 C24 | 2 × 12,5 mm fibra yeso |
| 1 HT 26 | | 176 | 140 × 45 LVL | 140 × 45 LVL | 18 mm fibra yeso |

* Los entramados de madera pueden emplearse como cerramientos exteriores, siempre que el panelado exterior quede protegido según descrito en el capítulo 2.11

¹⁾ Distancia entre montantes por defecto ≤ 625 mm. LVL = Madera microlaminada. C24 = Clasificación de la madera maciza

²⁾ En sistemas asimétricos la indicación (exp) se refiere a la cara expuesta al fuego. En sistemas simétricos el panelado indicado es idéntico en ambas caras.

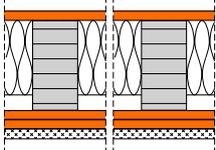
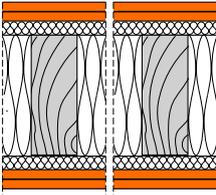
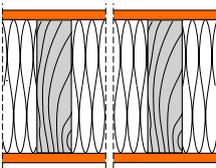
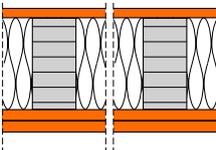
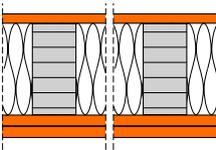
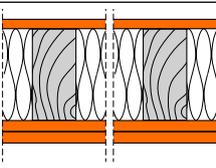
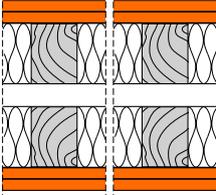
³⁾ LV = Lana de vidrio. LR = Lana de roca. FM = fibra de madera. INS = aislante de celulosa insuflado

⁴⁾ Valor calculado mediante software predictivo (Insul)

| Aislante ³⁾ | Peso por superficie | Aislamiento acústico R _a | Clasificación | Resistencia al fuego | |
|------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------|----------------------|---------------------------------------|
| | | | | Sobrecarga | Certificación de resistencia al fuego |
| [mm] | [kg/m ²] | [db] | | [KN/m] | |
| sin aislante | 35 | 37 ⁴⁾ | REI 30 | 30 | |
| LV 100mm | 41 | ≥44,8 | REI 30 | 25 | |
| 2 × LV 60mm | 50 | 55 ⁴⁾ | REI 30 | 48 | |
| 2 × LV 100mm | 50 | 65 | REI 30 | 48 | |
| LR 60mm | 76 | 69 ⁴⁾ | REI 60 | 48 | |
| LV 80mm | 52 | 40 ⁴⁾ | REI 60 | 19,2 | |
| LV 140mm | 57 | 40 ⁴⁾ | REI 60 | 42 | |
| LV 60mm | 68 | 49 ⁴⁾ | REI 60 | 24 | |
| LR 60mm | 67 | 50 | REI 60 | 24 | |
| LR 140mm | 59 | 42 ⁴⁾ | REI 60 | 94 | |



4.1 Entramado de madera estructural*

| Código Sistema | Esquema | Estructura de madera ¹ | | | |
|----------------|---|-----------------------------------|------------------|-----------------|--|
| | | Espesor total | Montantes | Testeros | Panelado ² |
| | | [mm] | | | [mm] |
| 1 HT 27 |  | 157,5 | 120 × 45 LVL | 120 × 60 LVL | 12,5 mm fibra yeso 2 × 12,5 mm fibra yeso (exp) |
| 1 HT 28 |  | 266 | 180 × 80 C24 | 180 × 80 C24 | 18 mm OSB 4 2 × 12,5 mm fibra yeso |
| 1 HT 29 |  | 220 | 195 × 45 C24 | 195 × 45 C24 | 12,5 mm fibra yeso |
| 1 HT 31 |  | 182,5 | 140 × 57 LVL | 140 × 60 LVL | 12,5 mm fibra yeso 2 × 15 mm fibra yeso (exp) |
| 1 HT 32 |  | 182,5 | 140 × 45 LVL | 140 × 60 LVL | 12,5 mm fibra yeso 2 × 15 mm fibra yeso (exp) |
| 1 HT 33 |  | 182 | 140 × 60 C24 | 140 × 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso 2 × 15 mm fibra yeso (exp) |
| 1 HT 34 |  | ≥ 250 | 2 × 80 × 60 C24 | 2 × 80 × 60 C24 | 2 × 15 mm fibra yeso |
| | | 280 | 2 × 100 × 60 C24 | 2 × 60 × 60 C24 | 2 × 12,5 mm fibra yeso |

* Los entramados de madera pueden emplearse como cerramientos exteriores, siempre que el panelado exterior quede protegido según descrito en el capítulo 2.11

¹⁾ Distancia entre montantes por defecto ≤ 625 mm. LVL = Madera microlaminada. C24 = Clasificación de la madera maciza

²⁾ En sistemas asimétricos la indicación (exp) se refiere a la cara expuesta al fuego. En sistemas simétricos el panelado indicado es idéntico en ambas caras.

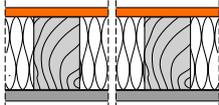
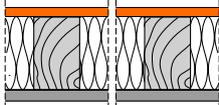
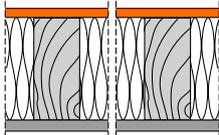
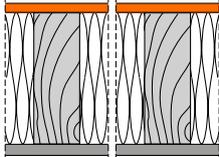
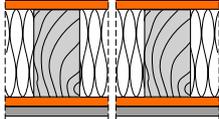
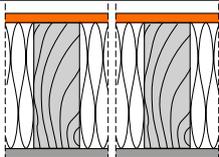
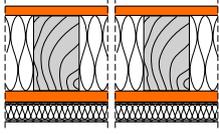
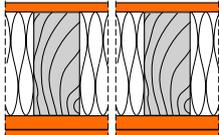
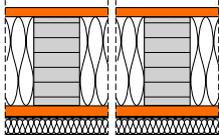
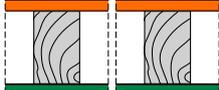
³⁾ LV = Lana de vidrio. LR = Lana de roca. FM = fibra de madera. INS = aislante de celulosa insuflado

⁴⁾ Valor calculado mediante software predictivo (Insul)

| Aislante ³ | Peso por superficie [kg/m ²] | Aislamiento acústico R _w [db] | Clasificación | Resistencia al fuego | |
|---------------------------|---|--|---------------|----------------------|--|
| | | | | Sobrecarga [KN/m] | Certificación de resistencia al fuego |
| FM 100mm | 62 | 47 ⁴⁾ | REI 60 | 81 | |
| LV 180mm | 143 | 53 ⁴⁾ | REI 60-M | 132 | |
| LR 200mm | 45 | ≥44,8 | REI 60 | 35,1 | |
| FM 140mm | 69 | 49 ⁴⁾ | REI 90 | 119,7 | |
| LR 140mm | 69 | 49 ⁴⁾ | REI 90 | 94,5 | |
| LV 140mm o FM 140mm | 65 | 49 ⁴⁾ | REI 90 | 33,6 | |
| 2 × LR 80mm | 90 | 76 ⁴⁾ | REI 90 | 38,4 | |
| 2 × LR 100mm | 77 | 69 | sin ensayo | – | – |



4.1 Entramado de madera estructural*

| Código Sistema | Esquema | De madera ¹⁾ | | | | Panelado ²⁾ |
|----------------|---|-------------------------|--------------|--------------|-----------------------|--|
| | | Espesor total | Montantes | Testeros | | |
| | | [mm] | | | | [mm] |
| 1 HA 12 |  | 125 | 100 x 60 C24 | 100 x 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso | 12,5 mm Powerpanel H 0 (exp) |
| 1 HA 13 |  | 125 | 100 x 60 C24 | 100 x 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso | 12,5 mm Powerpanel H 0 (exp) |
| 1 HA 14 |  | 167,5 | 140 x 60 C24 | 140 x 60 C24 | 15 mm fibra yeso | 15 mm Powerpanel H 0 (exp) |
| 1 HG 21 |  | 227,5 | 200 x 60 C24 | 200 x 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso | 15 mm Powerpanel HD (exp) |
| 1 HA 29 |  | 157,7 | 120 x 60 C24 | 120 x 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso | 12,5 mm fibra yeso 12,5 mm Powerpanel H 0 (exp) |
| 1 HA 31 |  | 185 | 160 x 60 C24 | 160 x 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso | 12,5 mm Powerpanel H 0 (exp) |
| 1 HA 42 |  | 193 | 100 x 60 C24 | 100 x 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso | 12,5 mm fibra yeso SATE LR 60 mm (exp) |
| 1 HG 41 |  | 188,5 | 140 x 60 C24 | 140 x 60 C24 | 12,5 mm fibra yeso | 2 x 18 mm fibra yeso (exp) |
| 1 HG 43 |  | | 120 x 45 LVL | 120 x 60 LVL | 12,5 mm fibra yeso | 12,5 mm fibra yeso LR 60 mm (exp) |
| 1 HA 17 |  | 126 | 100 x 60 C24 | 100 x 60 C24 | 15 mm fibra yeso | Hardie® Plank VL |

* Ensayo con subestructura de 160 mm de ancho.

** Ensayo con subestructura de 100 mm de ancho.

¹⁾ Distancia entre montantes por defecto ≤ 625 mm. LVL = Madera microlaminada. C24 = Clasificación de la madera maciza²⁾ En sistemas asimétricos la indicación (exp) se refiere a la cara expuesta al fuego. En sistemas simétricos el panelado indicado es idéntico en ambas caras.³⁾ LV = Lana de vidrio. LR = Lana de roca. FM = fibra de madera. INS = aislante de celulosa insuflado

| Aislante ⁹⁾ | Peso por superficie [kg/m ²] | Aislamiento acústico R _v [db] | Clasificación | Resistencia al fuego | |
|------------------------|---|--|--|----------------------|--|
| | | | | Sobrecarga [KN/m] | Certificación de resistencia al fuego |
| LV 100mm | 43 | | REI 30 | 30 | KB 3.2 18-133-3 |
| FM 100mm | 54 | | REI 30 | 30 | KB 3.2 18-133-4 |
| LV 140mm | 48 | | REI 45 | 33,6 | KB 3.214-045-13 |
| INS 200mm | 53 | | REI 60 | 48 | KB 3.2/21-020-2 |
| FM 120mm | 71 | | REI 60 | 28,8 | KB 3.2-19-263-4 |
| LR 160mm | 48 | | REI 90 | 28,8 | KB 3.2/19-263-3 |
| LV 100mm | 58 | | REI 120 | 30,2 | PB 3.2/19-263-1 |
| LV 140mm | 71 | | REI120 | 33,6 | KB 3.214-045-11 |
| LR 120mm | 58 | | REI 120 | 81 | K-2103/628/22-MPA |
| - | 40 | s/e | REI 45 (exp fibra yeso) REI 30 (exp Hardie® Plank VL) | 24,2 | KB 3.2-21-132-3 |

4.2 Paredes de carga de madera contralaminada (CLT)

| Denominación abreviada | Esquema | Espesor [mm] | Subestructura Construcción de madera | Panelado fermacell por lado [mm] | Aislamiento |
|---------------------------|---------|-----------------|--|--|-------------|
| 1 HTM 11 | | 100 | 80 mm CLT | 10 | - |
| 1 HTM 23 | | 100 | 80 mm CLT | 10 | - |
| 1 HTM 24 | | 130 | 80 mm CLT | 2 x 12,5 | - |
| 1 HTM 34 | | 130 | 80 mm CLT | 2 x 12,5 | - |
| 1 HTM 21 | | 145 | 120 mm CLT | 12,5 | - |
| 1 HTM 32 | | 145 | 120 mm CLT | 12,5 | - |
| 1 HTM 21 semi | | 199 | 120 mm CLT | 12,5 | - |
| 1 HTM 32 semi | | 199 | 120 mm CLT | 12,5 | - |
| 1 HTM 31 | | 180 | 120 mm CLT | 2 x 15 | - |
| 1 HTM 42 | | 180 | 120 mm CLT | 2 x 15 | - |
| 1 HTM 41 | | 156 | 120 mm CLT | 18 | - |

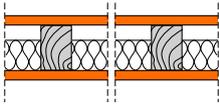
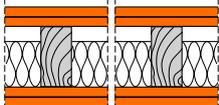
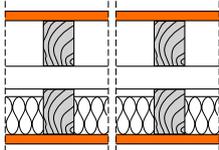
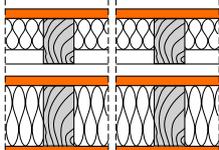
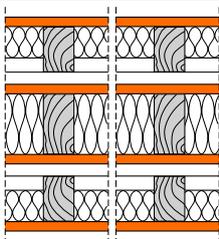
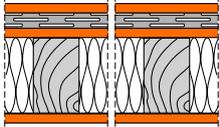
* Cálculo según la ley de masas (CTE)

** Valor superior: trasdosado autoportante a 10 mm de distancia con perfilera metálica de 50 mm y lana mineral de 50 mm en una de las caras.
Valor inferior: trasdosado por ambos lados

| Peso superficial | Aislamiento acústico R_a | Aislamiento acústico con trasdosado autoportante complementario** R_a | Clasificación | Resistencia al fuego | |
|------------------|---------------------------------|---|---------------|---|---------------------------------------|
| | | | | Carga vertical máxima según ensayo de resistencia al fuego [KN/m] | Certificación de resistencia al fuego |
| 62 | 34 | 61 67 | REI 30 | 160 | |
| 62 | 34 | 61 67 | REI 60 | 40 | |
| 98 | 35 | 62 71 | REI 60 | 160 | |
| 98 | 35 | 62 71 | REI 90 | 40 | |
| 87 | 37 | 61 70 | REI 60 | 200 | |
| 87 | 37 | 61 70 | REI 90 | 120 | |
| 87 | 37 (sin trasdosado semidirecto) | - | REI 60 | 200 | |
| 87 | 37 (sin trasdosado semidirecto) | - | REI 90 | 120 | |
| 129 | 40 | 65 73 | REI 90 | 200 | |
| 129 | 40 | 65 73 | REI 120 | 150 | |
| 100 | 38 | 62 71 | REI 120 | 120 | |



4.3 Tabiquería con entramado de madera

| Código Sistema | Esquema | Espesor total [mm] | Estructura de madera ¹⁾ | |
|----------------|---|-----------------------|------------------------------------|-------------|
| | | | Montantes | Testeros |
| 1 H 11 |  | 105 | 60×40 C24 | 60×40 C24 |
| | | | 80×40 C24 | 80×40 C24 |
| 1 H 12 |  | 125 | 80×40 C24 | 80×40 C24 |
| 1 H 15 |  | 175 | 2×60×40 C24 | 2×60×40 C24 |
| 1 H 17 |  | 193 | 60×60 C24 | 60×60 C24 |
| | | | 80×60 C24 | |
| 1 H 18 |  | 280 | 60×60 C24 | 60×60 C24 |
| | | | 80×60 C24 | |
| 60×60 C24 | | | | |
| 1 H 19 |  | 165 | 100×60 C24 y maestras 30mm | 100×60 C24 |

* Aislamiento acústico según ensayo de laboratorio según DIN 52 210, que contempla una transmisión por flancos tipo.

| Panelado ²⁾ | Aislante ³⁾ | Altura máxima | Peso por superficie | Aislamiento acústico |
|------------------------|--|---------------|----------------------|-----------------------|
| [mm] | | [m] | [kg/m ²] | [db] |
| 12,5 mm fibra yeso | LR 40 mm | 3,10 | 3,10 | 44* |
| | LV 80 mm | 4,10 | 4,10 | R _a = 44,8 |
| 2 × 12,5 mm fibra yeso | LR 60 mm | 4,10 | 4,10 | 50* |
| 12,5 mm fibra yeso | LR 40 mm | 3,10 | 3,10 | 52* |
| 3 × 12,5 mm fibra yeso | LV 40 mm LV 80 mm | 3,10 | 3,10 | R _a = 57 |
| 4 × 12,5 mm fibra yeso | LV 40 mm LV 80 mm LV 40 mm | 3,10 | 3,10 | R _a = 59 |
| 3 × 12,5 mm fibra yeso | LM 20 mm anti impactos (160 kg/m ³) LR 100 mm" | 4,10 | 4,10 | R _a = 53 |

05 Hardie® Revestimiento de fachadas

- Superficie
- Ámbito de empleo
- Control de calidad/certificación
- Resistencia al fuego
- Mantenimiento
- Dimensionado



Los revestimientos de fachada de fibro cemento Hardie® han sido desarrollados especialmente para resistir todas las inclemencias de la naturaleza sin perder su belleza natural.

Hardie® Panel y la familia de productos Hardie® Plank con Hardie® VL Plank así como Hardie® Plank reúnen las ventajas de una composición especial de fibrocemento, como la estabilidad y la robustez, con un aspecto natural de la fachada que no se deteriora a lo largo de los años.

Los paneles de gran formato Hardie® Panel, Hardie® VL Plank y Hardie® Plank requieren poco mantenimiento y están disponibles en una serie de colores y texturas.

Vida útil

Gracias a innovaciones tecnológicas los productos Hardie® tienen prestaciones mejoradas frente a otros revestimientos de fachada. Los paneles de fibro cemento Hardie® son resistentes a los golpes, frente al fuego, insectos y la intemperie.

Hardie® Panel y Hardie® VL Plank así como Hardie® Plank fueron desarrollados para resistir al clima europeo sin sufrir alteraciones dimensionales. Gracias a su formidable resistencia a los hongos y humedades, las propiedades del producto se mantienen incluso estando expuesto al agua y las humedades.

Mezcla equilibrada

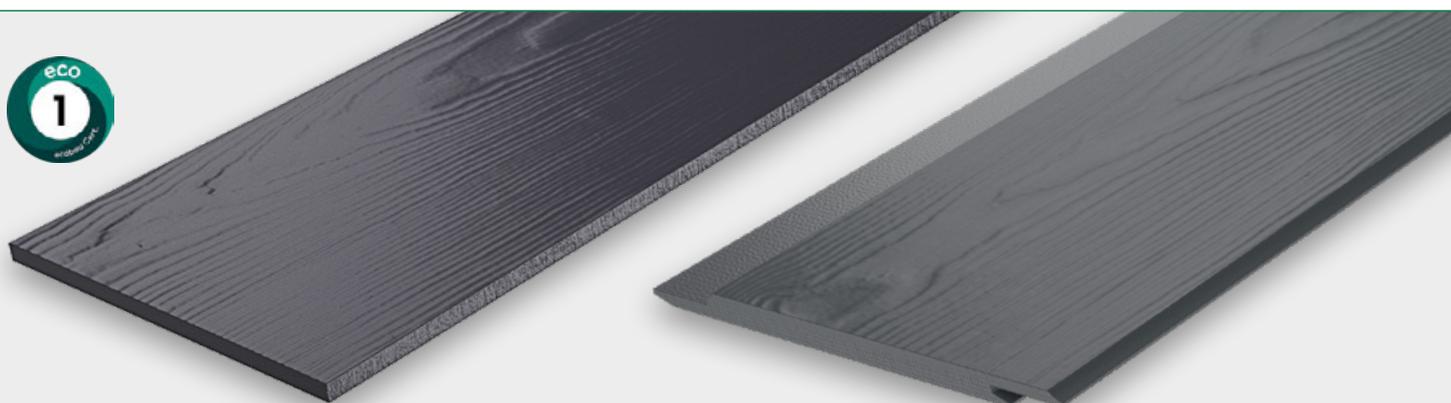
Los paneles de fibrocemento Hardie® se fabrican con fibra de celulosa, cemento reforzado, arena y agua. A esto se añade una pequeña cantidad de aditivos químicos, que le confieren a los productos Hardie® propiedades únicas y perdurables.



Debido a esta composición los paneles Hardie® Plank, Hardie® VL Plank y Hardie® Panel tienen un reducido peso y se cortan fácilmente, aún siendo muy resistentes.

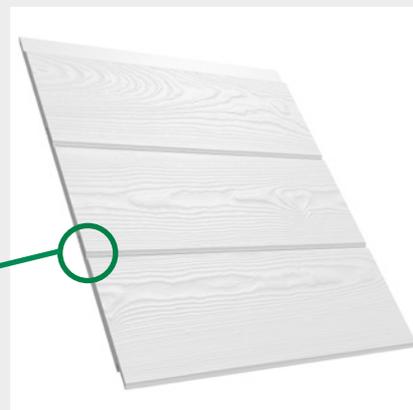
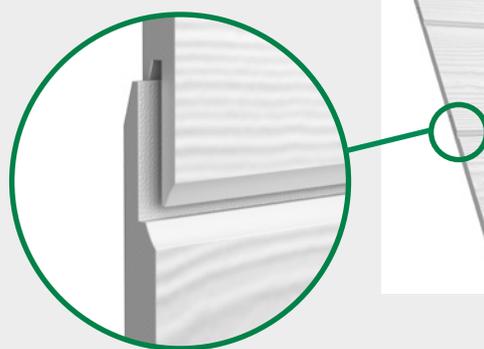
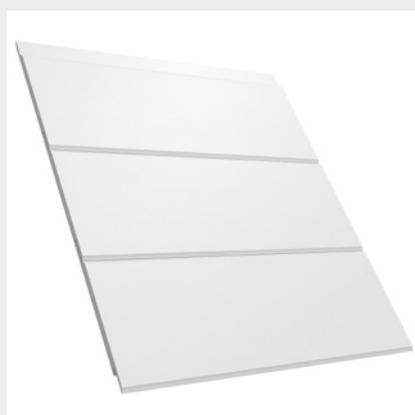
Hardie® VL Plank y Hardie® Plank

Los productos Hardie® abarcan dos tipos de panelado que se fabrican con fibrocemento de última generación.



Hardie® Plank Estructura tipo madera

Hardie® VL Plank Estructura tipo madera



Dimensiones: 3600 x 180 x 8 mm
 Peso por panel: 7,4 kg
 Cantidad por m²: 1,85
 Superficie vista: 150-180 mm
 Colores: 21
 Superficie: tipo madera o liso

Dimensiones: 3600 x 214 x 11 mm
 Peso por panel: 10,5 kg
 Cantidad por m²: 1,52
 Superficie vista: 182 mm
 Colores: 8
 Superficie: tipo madera



Hardie® Panel

Hardie® Architectural Panel Estriado / Revoco / Metallics

| | |
|---|---|
| Dimensiones: | 3 050 × 1 220 mm |
| Espesor: | 8 mm o 11 mm |
| Peso: | 10,2 kg/m ² o 14,4 kg/m ² |
| Colores en acabado listo: | 5 colores estándar y colores personalizados |
| Colores en Architectural Panel: | 6 colores estándar y colores personalizados |
| Colores en Architectural Panel Metallics: | 6 colores metalizados |
| Superficies: | Natural (en Hardie® Panel o Hardie® Architectural Panel Metallics) Tipo revoco (en Hardie® Architectural Panel Revoco), solo en 8 mm Tipo hormigón estriado (en Hardie® Architectural Panel Estriado) |



Paneles de fachada Hardie® Panel y Hardie® Architectural Panel

Los elementos de fachada Hardie® Panel son elementos de fibrocemento de gran formato. Se utilizan como revestimiento exterior de fachadas ventiladas, de techos exteriores o para la protección de aleros de cubierta. Se pueden instalar sobre subestructura de madera o de aluminio. Los paneles Hardie® Panel y Hardie® Architectural Panel se complementan con accesorios para conformar un sistema completo.

Superficies

Hardie® Panel y Hardie® Architectural Panel

Hardie® Panel con acabado natural está disponible en 5 colores (base acrílica). Los paneles Hardie® Architectural Panel están disponibles en 6 colores y en dos texturas, con un acabado estriado y con un acabado tipo revoco. Una tercera variante de Hardie® Architectural Panel, son los paneles Metallics, con una superficie de textura natural y en 6 colores metalizados. Aparte existe la opción de suministrar los paneles de fachada Hardie® en un color individualizado, según el diseño del proyecto.

Al no estar los productos coloreados en todo su volumen, no estar comprimidos o lijados, la estructura y textura natural de los elementos se aprecia sobre todo bajo radiación solar.

Por ello pueden aparecer irregularidades superficiales o en el grado de brillo. Estas irregularidades sin embargo no repercuten en las características generales de los paneles, solamente en el aspecto visual.

Hardie® VL Plank/Hardie® Plank

La tecnología ColourPlus™ en Hardie® Plank y Hardie® VL Plank. Nuestro tratamiento superficial la tecnología ColourPlus™ es un lacado aplicado en fábrica en múltiples capas, que le otorga un acabado duradero, robusto, de mantenimiento fácil y resistente a los rayos solares con colores que siguen brillando después de muchos años como el primer día.

Aviso importante:

No utilice nunca hidrolimpiadoras para la limpieza de fachadas de fibrocemento, ya que se podría dañar la superficie y la capa de acabado.

15 años de garantía

Las prestaciones y la estética de nuestros productos son de máxima importancia para nosotros: creemos en lo que desarrollamos. Por ello otorgamos una garantía de 15 años a todos nuestros productos de fibrocemento.

15 años Garantía



Ámbito de empleo

La EN 12467 regula el empleo de paneles de fibrocemento. Toda la gama de paneles Hardie® pueden emplearse en los ámbitos de empleo de la categoría A, clase 2 de esta normativa (solicitud máxima).

Durabilidad

Los revestimientos de fachada están expuestos a constantes cambios climáticos. El proyectista debe tener en cuenta este aspecto para la elección de los materiales a ser empleados y los métodos de protección correspondientes. Hay que asegurar la compatibilidad de los materiales cuando estos se combinan.

Control de calidad

Las prestaciones de calidad de Hardie® Panel & Hardie® Plank se controlan de forma continua a nivel interno y adicionalmente están bajo el control de institutos externos (terceras partes).

Dimensionado

Todos los componentes del revestimiento de fachada deben comprobarse, respetando los factores de seguridad. Los parámetros del peso propio, la resistencia a flexión, el módulo de elasticidad así como las resistencias de las fijaciones deben tomarse de la autorización de uso. Las fijaciones de la subestructura a la pared soporte debe realizarse con métodos de fijación homologados. Todos los elementos deberán justificarse frente a las cargas de viento que quedan determinadas por el Código Técnico de la Edificación DB SE AE.

Mantenimiento

Por lo general los paneles de fachada Hardie® requieren poco mantenimiento para mantener su características, estabilidad y funcionalidad. Una inspección anual (ventilación, juntas, fijaciones) y la reparación de eventuales daños en todo caso es recomendable, para aumentar aún más la vida útil.

Los paneles de fachada Hardie® se pueden limpiar con agua fría o templada, si es necesario con un limpiador doméstico suave y sin disolvente. Comience siempre desde arriba y vaya bajando. Después de la limpieza aclare con agua sin presión. Antes de limpiar toda la fachada, pruebe el método de limpieza en una parte reducida, para asegurar que el limpiador no dañe al panel. Las fachadas deberían limpiarse al menos una vez al año.

Resistencia al fuego

Gracias a los componentes en su mayoría minerales de los paneles Hardie® Plank y Hardie® Panel, se trata de un material incombustible con la clasificación A2, s1-d0 según la norma UNE EN 13501-1.

Revestimientos de fachada Hardie® en construcciones de madera

Los revestimientos de fachada Hardie® ofrecen soluciones individualizadas en cuanto a superficie, color, tamaño, tipología e instalación. La elección del revestimiento de fachada debería realizarse con mucho criterio ya que no todos los revestimientos ofrecen lo mismo. Hay que prestar especial atención a

- Protección frente a incendios
- Mantenimiento reducido
- Protección frente a la humedad
- Resistencia frente a los hongos e insectos

Más información relacionada al dimensionado de revestimientos de fachada Hardie® Panel, Hardie® Plank VL y Hardie® Plank encontrará en los manuales de instalación correspondientes o contactando con el departamento técnico de James Hardie.

Bajo reserva de modificaciones técnicas:
Edición 04/2025.

La edición válida será siempre la última actualización.
Consultar fe de erratas en la página web www.fermacell.es.
Si desea más información no incluida en el presente folleto,
no dude en ponerse en contacto con nosotros.

© 2025 James Hardie Europe GmbH. TM y [®] designan
marcas registradas de James Hardie Technology Limited y
James Hardie Europe GmbH.

James Hardie Spain S.L.U.

Barrio La Estación s/n
39719 Orejo – Cantabria
España
www.fermacell.es

fer-100-00010/04.25/m

