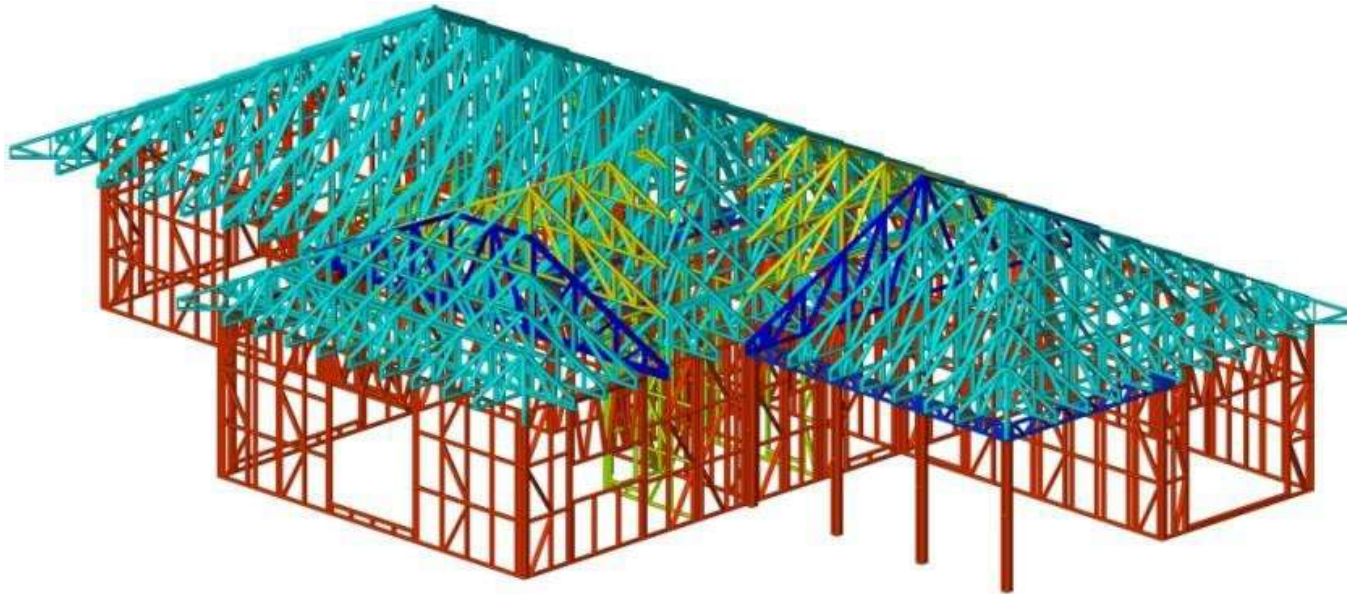


Especificaciones para el diseño de estructuras con un sistema constructivo de acero



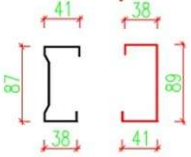
Índice de las especificaciones de diseño de estructuras con un sistema constructivo de acero:

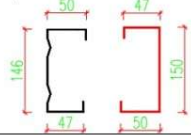
- | | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | ¿Qué es un sistema estructural de acero? | página 3 |
| 2. | Justificación de las especificaciones para el diseño de estructuras de edificación con el sistema de acero | página 8 |
| 3. | Diseño de estructuras de acero en el contexto de la física de la edificación y el comportamiento térmico | página 9 |
| 4. | Principios generales para el diseño de estructuras de acero y aspectos relacionados | página 15 |
| 5. | Anexos: detalles estructurales (críticos) del sistema de acero | página 19 |

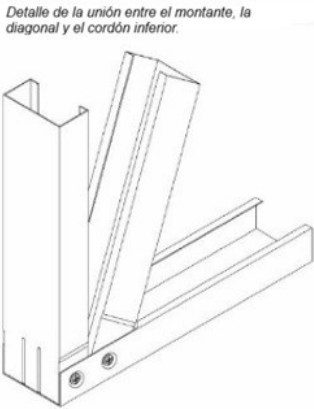
1. ¿Qué es un sistema estructural de acero?

Un sistema estructural de acero es un sistema constructivo integral diseñado para la fabricación y ejecución de edificios residenciales, industriales y agrícolas. Se trata de un sistema de bastidores (de pared) en el que los distintos perfiles, fabricados a partir de chapa de acero galvanizado portante, se conectan entre sí para formar una estructura relativamente rígida. A continuación, la estructura de bastidores se rellena con aislamiento térmico de lana mineral y se reviste por ambas caras con placas de fibra de yeso o tableros de virutas de madera. De este modo se crea un núcleo rígido sobre el que, en una fase posterior de la obra, se instala el sistema de aislamiento térmico exterior y se ejecutan los acabados interiores. El proceso de revestimiento es idéntico al utilizado en la construcción con estructura de madera; la única diferencia es el material empleado para la estructura portante: la chapa de acero mencionada anteriormente.

Los perfiles, de sección en forma de C, se fabrican mediante el conformado progresivo de una bobina de acero en una máquina perfiladora. La tabla siguiente especifica las propiedades básicas de la gama de perfiles fabricados.

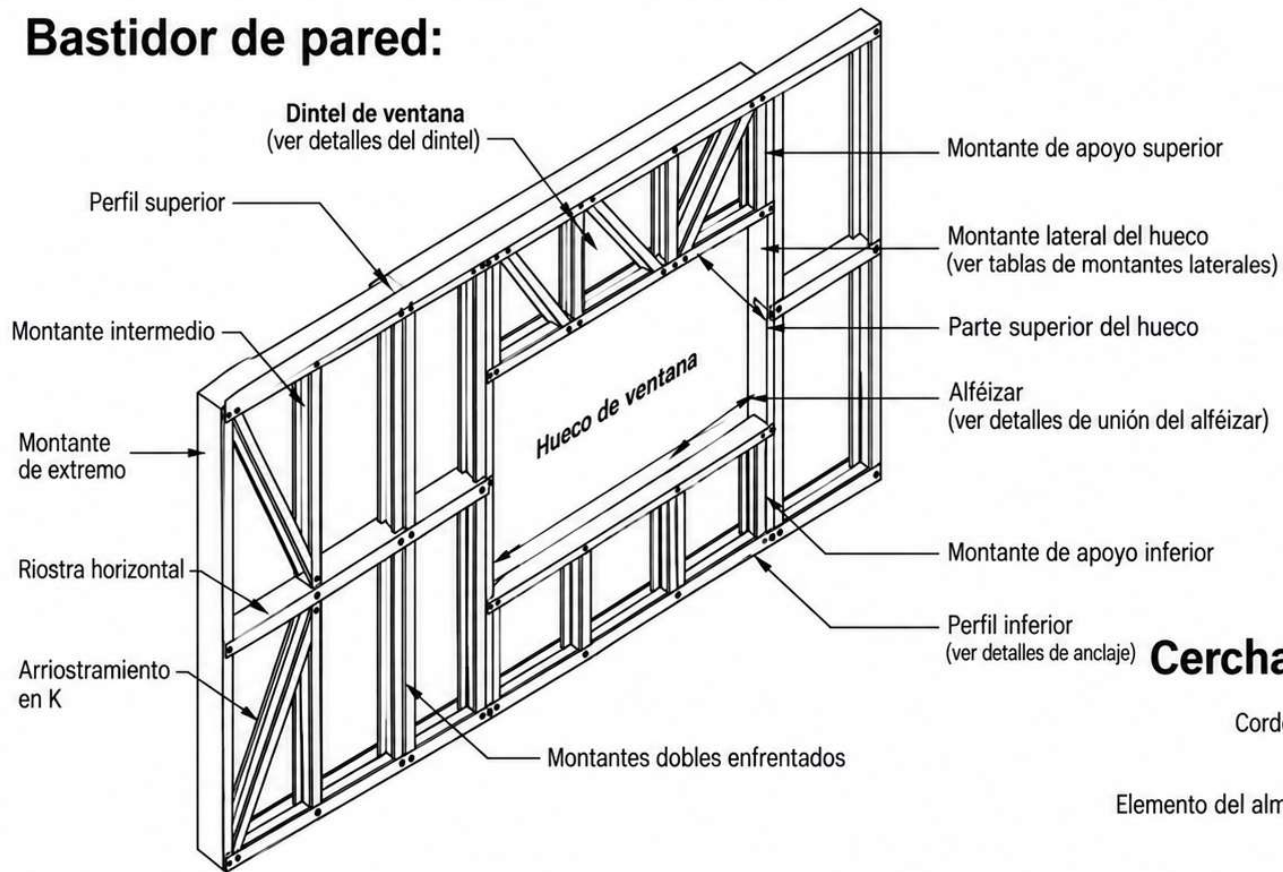
Perfil C 89	Espesor de chapa	Calidad del acero	Peso por metro lineal (kg/m)	Recubrimiento superficial
	0,75 mm	S 550	1,107	Z 275
	0,95 mm	S 550	1,402	Z 275
	1,15 mm	S 550 / 350	1,697	Z 275
	1,55 mm	S 350	2,287	Z 275
	1,95 mm	S 350	2,878	Z 275

Perfil C 150	Espesor de chapa	Calidad del acero	Peso por metro lineal (kg/m)	Recubrimiento superficial
	1,15 mm	S 350	2,390	Z 275
	1,95 mm	S 350	4,005	Z 275

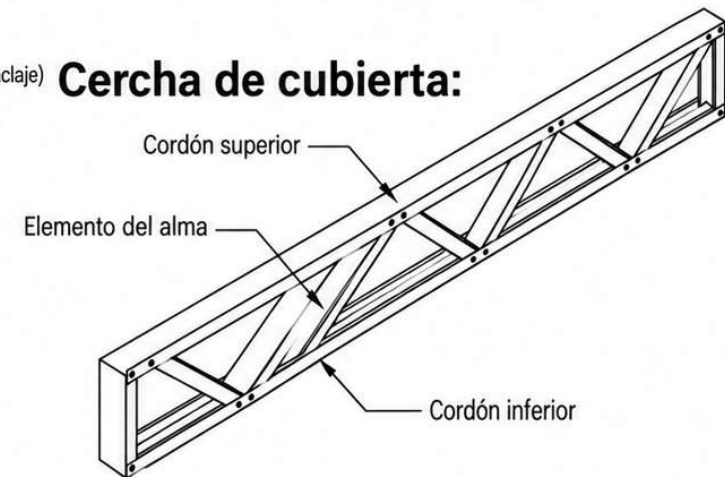


Los perfiles C 89 y C 150 mencionados anteriormente están clasificados como perfiles portantes, es decir, forman los elementos estructurales resistentes de los bastidores de pared y de las cerchas de forjados y cubiertas. Por supuesto, también pueden utilizarse en estructuras no portantes, como tabiques divisorios. Cada serie de perfiles se fabrica en dos variantes con ligeras diferencias de forma y dimensiones, con el fin de garantizar un encaje perfecto entre ambos perfiles; véase el detalle en la ilustración.

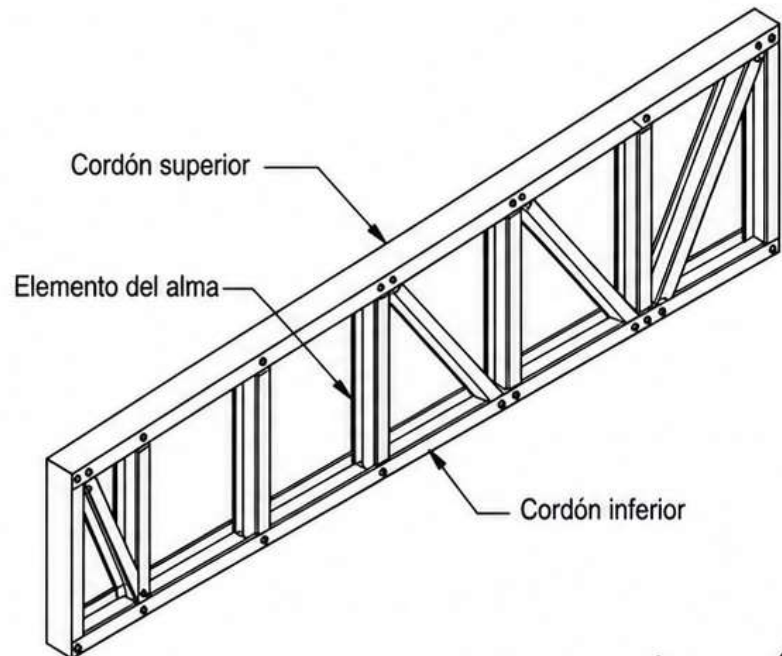
Bastidor de pared:



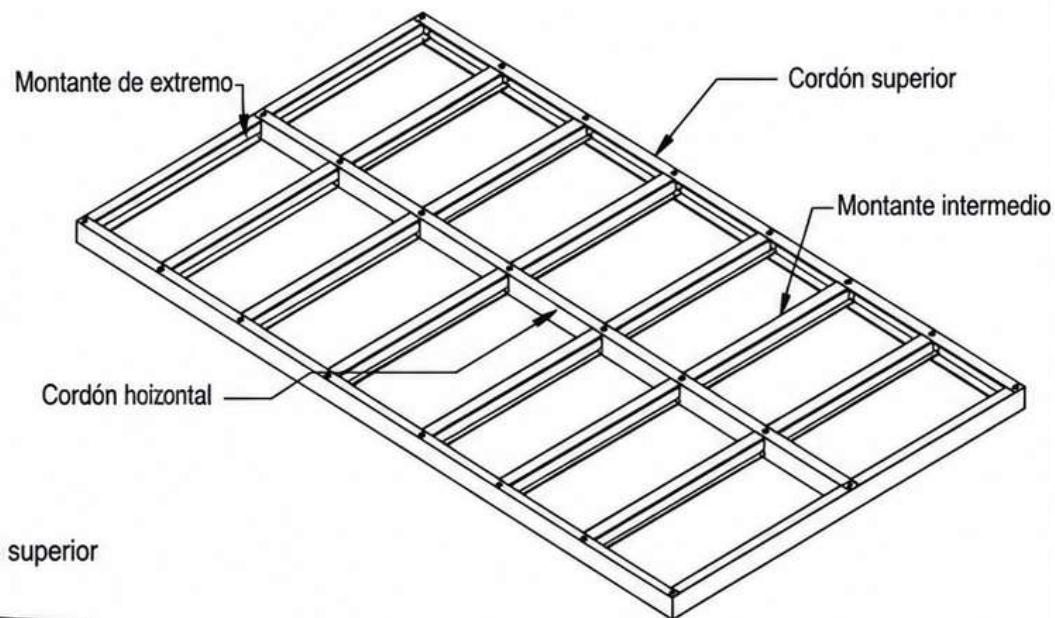
Cercha de cubierta:



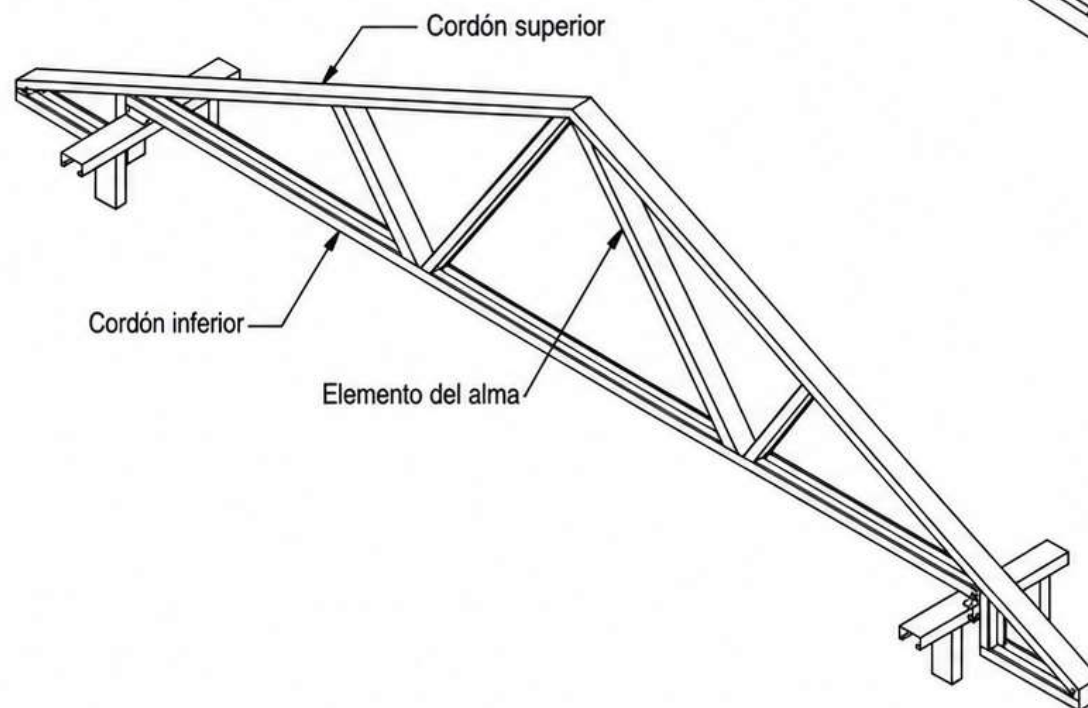
Cercha de cubierta de un solo faldón:



Arriostramiento adicional (superior) de la cercha de cubierta "smartpanel":



Cercha de cubierta inclinada:



1.1. Requisitos de planeidad del soporte para las estructuras de pared

REQUISITOS DE LA ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN

REQUISITOS DE PRECISIÓN DE EJECUCIÓN, RESISTENCIA Y DIMENSIONES DE LA BASE DE HORMIGÓN:

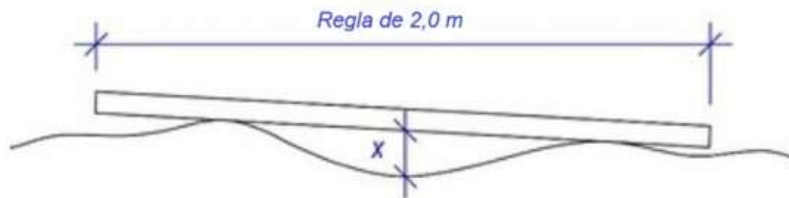
TODOS LOS REQUISITOS DE PLANEIDAD INDICADOS EN ESTE DOCUMENTO SE ESTABLECEN COMO VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS, MIENTRAS QUE LOS REQUISITOS RELATIVOS A LAS DIMENSIONES Y LA RESISTENCIA DEL SOPORTE SE ESTABLECEN COMO VALORES MÍNIMOS.

LOS VALORES ESPECIFICADOS PARA LA BASE DE HORMIGÓN DEBEN CUMPLIRSE ANTES DE COMENZAR LOS TRABAJOS DE MONTAJE.

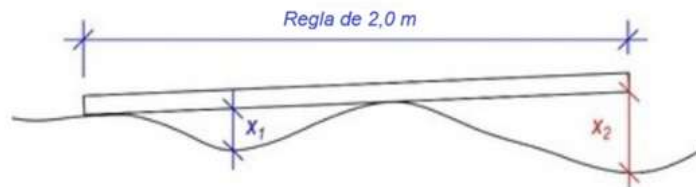
1.1.1 REQUISITOS DE PLANEIDAD DE LA SUPERFICIE DE LA BASE DE HORMIGÓN

LA PLANEIDAD DE LA SUPERFICIE SUPERIOR DE LA CIMENTACIÓN DEBERÁ MEDIRSE EN UN MÍNIMO DE CINCO PUNTOS POR CADA 100 M² DE SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN, SITUADOS BAJO LAS FUTURAS PAREDES DE LA ESTRUCTURA SOBRE RASANTE MONTADA CON PERFILES DE ACERO DE PAREDES DELGADAS.

LA PLANEIDAD DEL SOPORTE SE COMPROBARÁ MEDIANTE UNA REGLA DE 2,0 M DE LONGITUD, DE ACUERDO CON LOS SIGUIENTES ESQUEMAS:



LA DESVIACIÓN MEDIDA CORRESPONDE A LA DIMENSIÓN X

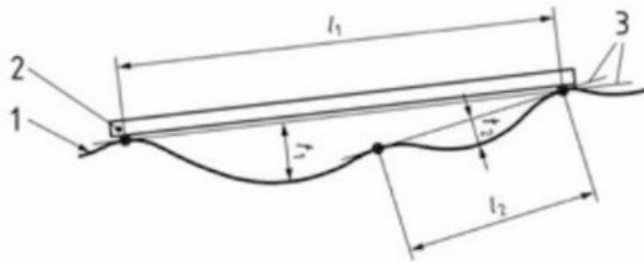


LA DESVIACIÓN MEDIDA CORRESPONDE A LA DIMENSIÓN X1; LA DESVIACIÓN X2 NO SE TIENE EN CUENTA

SE ESTABLECEN LOS SIGUIENTES VALORES MÁXIMOS DE DESVIACIÓN DE LA PLANEIDAD DEL BORDE SUPERIOR DE LA CIMENTACIÓN EN UNA LONGITUD DE 2,0 M:

- **X = 3,0 mm** CUANDO EL PERFIL DE ARRANQUE DE LA ESTRUCTURA MONTADA SE ANCLA DIRECTAMENTE, SIN CAPA DE APOYO
- **X = 5,0 mm** CUANDO EL PERFIL DE ARRANQUE DE LA ESTRUCTURA MONTADA SE ANCLA SOBRE UNA CAPA DE APOYO DE LÁMINA BITUMINOSA MODIFICADA (ESTA CAPA COMPENSA LAS PEQUEÑAS IRREGULARIDADES DE LA SUPERFICIE)

PARA LA PLANEIDAD DEL BORDE SUPERIOR DE LA CIMENTACIÓN EN UNA LONGITUD DE 10,0 M, SE ESTABLECE LA SIGUIENTE DESVIACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE ENTRE LOS EXTREMOS DE LA REGLA:



Leyenda

1 Superficie de la zona medida

2 Regla de medición

3 Plano de la cara inferior de la regla de medición

l_1, l_2 Longitud de la regla de medición

t_1, t_2 Magnitud de la desviación entre la superficie medida y la cara inferior de la regla de medición

- **t = 20 mm** DESVIACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE EN UNA LONGITUD $l_1 = 10,0$ m

1.1.2 REQUISITOS DE RESISTENCIA SUPERFICIAL DE LA BASE DE HORMIGÓN

SE REQUIERE UNA RESISTENCIA MÍNIMA DEL HORMIGÓN DE 25 MPa EN LA SUPERFICIE DE LA CIMENTACIÓN.

1.1.3 REQUISITOS DIMENSIONALES DE LA BASE DE HORMIGÓN

LA DIMENSIÓN MÍNIMA REQUERIDA DE LA ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN ES DE 180 mm.

EL ESPESOR DE LA ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN ES NECESARIO PARA PERMITIR EL ANCLAJE DE LA ESTRUCTURA SOBRE RASANTE MEDIANTE ANCLAJES MECÁNICOS O QUÍMICOS, DE 10 mm O 12 mm DE DIÁMETRO. EL TÉCNICO CALCULISTA DEBERÁ DEFINIR LAS DIMENSIONES Y LA LONGITUD DE LOS ANCLAJES. EL ESPESOR DE LA CIMENTACIÓN SERÁ CALCULADO POR EL TÉCNICO CALCULISTA EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE REQUERIDA; NO OBSTANTE, EL ESPESOR MÍNIMO DEBERÁ SER DE 180 mm.

PARA OPTIMIZAR EL ANCLAJE Y AUMENTAR LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS ANCLAJES (O, EN SU CASO, REDUCIR LA LONGITUD NECESARIA DE ESTOS), SE RECOMIENDA DISPONER ARMADURA EN AMBAS CARAS DE LA ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN (TANTO EN LA CARA INFERIOR COMO EN LA SUPERIOR).

2. Justificación de las especificaciones para el diseño de estructuras de edificación con el sistema constructivo de acero

Estas especificaciones se elaboraron principalmente como una guía para los proyectistas y calculistas, con el fin de facilitar la adaptación de las estructuras de edificación proyectadas al sistema constructivo de acero. En términos generales, su objetivo es simplificar y unificar los criterios de trabajo.

El objetivo de estas especificaciones no es abordar el cálculo estructural propiamente dicho, sino proporcionar información sobre los resultados de la evaluación higrotérmica del sistema de acero, que debe tenerse en cuenta en el diseño de las estructuras. En definitiva, incluso el mejor concepto estructural para una construcción realizada con perfiles portantes de paredes delgadas presenta posibles inconvenientes, como la aparición de puentes térmicos y la condensación no deseada del vapor de agua en la envolvente del edificio. Estos efectos adversos de la física de la edificación, interrelacionados entre sí, aparecen con frecuencia en sistemas con estructuras portantes de acero y a menudo se pasan por alto. Sin embargo, son una consecuencia lógica de una propiedad física fundamental del acero: su elevada conductividad térmica ($W/m \cdot K$). Por este motivo, las estructuras portantes de acero deben diseñarse de manera que se eliminen por completo los puentes térmicos (las vías de transmisión térmica a través de la estructura), evitando así no solo un mayor riesgo para los usuarios, sino también un incremento de la demanda energética del edificio. Por esta razón, el sistema se ha sometido a una evaluación de la física de la edificación, mediante simulaciones realizadas con temperaturas y niveles de humedad interiores de cálculo representativos de espacios residenciales. Los resultados de estos análisis se presentan a continuación y en los capítulos posteriores de estas especificaciones.

La figura 1a muestra la solución óptima: una estructura de acero utilizada adecuadamente en un edificio de geometría sencilla, completamente «envuelta» por el exterior con un aislamiento térmico eficaz. De este modo se impide la transferencia de calor desde el interior hacia el exterior, prestando especial atención a la reducción de los puentes térmicos (heterogeneidades térmicas) de la estructura aislada.

Por el contrario, la figura 1b muestra una posible solución para evitar la transferencia de calor. Sin embargo, la geometría compleja del edificio incluye numerosos detalles constructivos exigentes que deben tenerse en cuenta antes de diseñar la estructura de acero. Por lo general, la propia estructura portante debe adaptarse a estas condiciones; véanse los capítulos siguientes.

Entre los materiales que ofrecen un aislamiento térmico eficaz en comparación con el acero también se encuentran la madera y los perfiles compuestos. Estos materiales pueden utilizarse no solo como barreras adecuadas para impedir la transferencia de calor, sino, sobre todo, para sustituir al acero como material portante en aquellos puntos donde la estructura original de acero podría generar puentes térmicos.

Figura 1a: DISEÑO ESTRUCTURAL ÓPTIMO

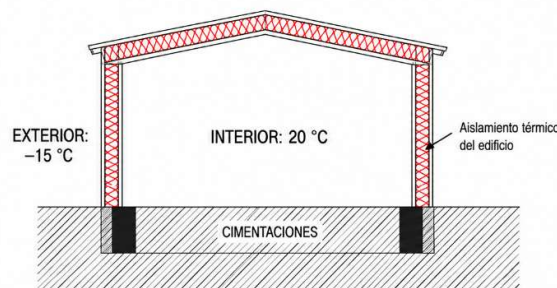
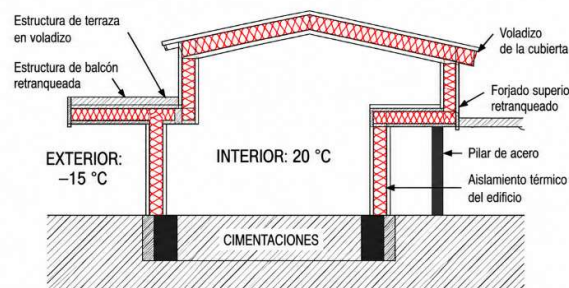


Figura 1b: DISEÑO ESTRUCTURAL ATÍPICO



* se considera que un material de construcción proporciona un aislamiento térmico eficaz cuando su coeficiente de conductividad térmica (λ) es igual o inferior a 0,04. Entre los materiales más utilizados se encuentran el poliestireno expandido (EPS) y extruido (XPS), la lana de roca y la lana de vidrio (MW), los poliuretanos (PUR), los poliisocianuratos (PIR) y los paneles de fibra de madera

3. Diseño de estructuras de acero frente a la física de la edificación y el comportamiento térmico

Como se ha indicado en el capítulo anterior, el diseño de las estructuras de acero está condicionado en gran medida por la física de la edificación y el comportamiento térmico. La solución de diseño prevista depende en gran medida de las conclusiones obtenidas mediante simulaciones de los campos de temperatura en determinados detalles (críticos) de cada edificio.

Durante el invierno, la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior alcanza su mayor gradiente, lo que provoca los flujos de calor más elevados a través de la envolvente del edificio (paredes, techos, cubierta, suelo y huecos). El flujo de calor a través de los distintos elementos constructivos está estrechamente relacionado con el flujo de humedad, que depende del gradiente de presión; es decir, de la diferencia entre la presión del aire, incluida la presión parcial del vapor de agua, en el interior del edificio y en el exterior. El flujo de humedad no deseado a través de los elementos constructivos puede regularse eficazmente o incluso eliminarse mediante el uso de barreras de vapor o mediante una disposición correcta de materiales con una elevada resistencia a la difusión del vapor de agua en la composición de la envolvente del edificio. De este modo, se puede evitar la condensación no solo dentro de la propia composición constructiva, sino especialmente en los puntos críticos donde cabe esperar la aparición de puentes térmicos.

En las soluciones constructivas de la envolvente diseñadas de este modo para el sistema de acero, así como en los detalles esenciales del sistema, podemos tener la seguridad de que se han tenido en cuenta los requisitos de eficiencia energética del futuro edificio. Además, se mantiene bajo control la condensación no deseada en las composiciones constructivas y en los detalles. Esta condensación podría provocar la corrosión de los elementos metálicos y, por tanto, reducir la vida útil de la estructura. También podría deteriorar los materiales de aislamiento térmico de las distintas capas y, en consecuencia, aumentar la demanda energética del edificio.

Para evitar los efectos descritos anteriormente, es imprescindible seleccionar e instalar correctamente una capa **CONTINUA** de barrera de vapor o de control de vapor en los elementos constructivos (véanse las figuras 2a y 2b). Esta capa debe situarse lo más cerca posible de la superficie interior de la estructura, limitando o reduciendo considerablemente el flujo de humedad hacia el interior de la composición constructiva. Por el contrario, el aislamiento térmico debe colocarse lo más cerca posible de la superficie exterior de la estructura, para evitar las pérdidas de calor desde el interior calefactado y aislar eficazmente la estructura portante de acero de las bajas temperaturas exteriores. De este modo, se minimiza el efecto de los puentes térmicos y de las vías de transmisión térmica.

Figura 2a: UBICACIÓN DE LA BARRERA DE VAPOR Y EL AISLAMIENTO TÉRMICO EN UNA CONSTRUCCIÓN SENCILLA (DE UNA PLANTA)

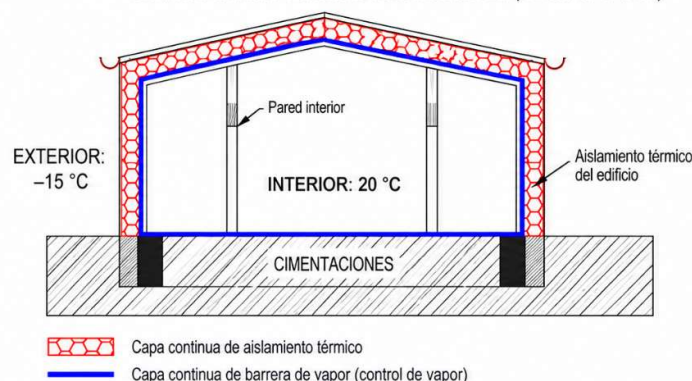
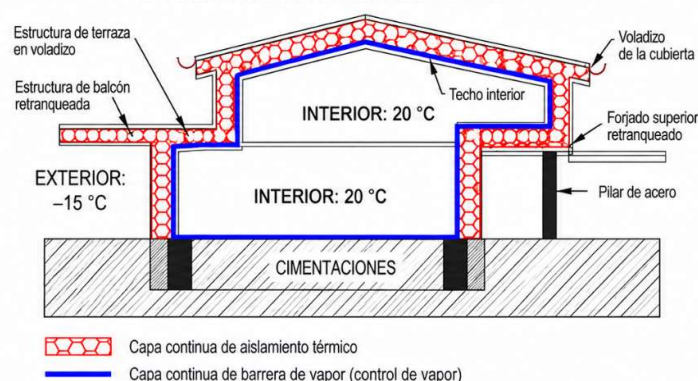


Figura 2b: UBICACIÓN DE LA BARRERA DE VAPOR Y EL AISLAMIENTO TÉRMICO EN UNA CONSTRUCCIÓN ATÍPICA



Los ejemplos anteriores (y las simulaciones de cálculo) demuestran que el edificio en su conjunto funcionará de forma fiable —es decir, sin puentes térmicos ni zonas de condensación del vapor de agua en la superficie o en el interior de las soluciones constructivas— únicamente si se garantiza un sellado perfecto y la continuidad de las capas de control de vapor (barreras de vapor) y de la capa funcional de aislamiento térmico.

Mientras que el aislamiento térmico sigue la forma exterior de la envolvente del edificio, en determinados casos, especialmente en estructuras en voladizo o retranqueadas, es necesario disponer la barrera de vapor (capa de control de vapor) siguiendo un trazado escalonado o con cambios de dirección. Aun así, esta capa debe mantener una continuidad perfecta para eliminar el riesgo de que se formen zonas de condensación en el interior de la estructura.

Entre los ejemplos típicos de estos detalles críticos se encuentran las estructuras salientes (balcones, miradores) y las estructuras retranqueadas (una planta inferior retranqueada). La figura 3 muestra claramente este tipo de situaciones.

También es necesario garantizar que, en las uniones de las estructuras interiores (paredes y tabiques) con las estructuras exteriores (cubiertas) que separan el interior del exterior —**ES DECIR, EN EL LÍMITE ENTRE LOS ESPACIOS CALEFACTADOS Y NO CALEFACTADOS**—, la barrera de vapor (capa de control de vapor) de los elementos exteriores esté siempre conectada de forma continua. Para ello, se coloca una banda de barrera de vapor (capa de control de vapor) en la zona de unión. De este modo, la unión queda estanca al aire y se impide la entrada de vapor de agua en la composición constructiva a través de ese punto.

Estos detalles de unión entre los distintos elementos constructivos pueden influir de manera decisiva en el diseño estructural de toda la estructura portante de acero. La figura 4 muestra, de forma esquemática, una posible unión entre dos conjuntos estructurales independientes de este tipo, mediante la colocación de una banda de barrera de vapor (capa de control de vapor), seguida de la conexión estructural de ambos elementos (por ejemplo, mediante escuadras y pernos).

Figura 3: UBICACIÓN DE LA BARRERA DE VAPOR Y EL AISLAMIENTO TÉRMICO EN UNA EDIFICACIÓN DE VARIAS PLANTAS

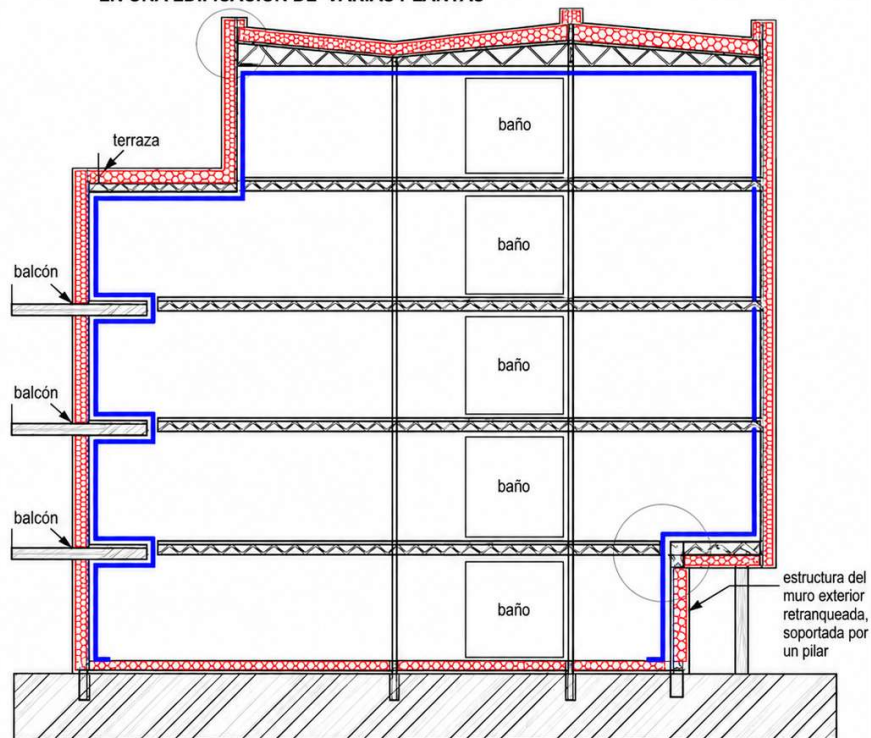
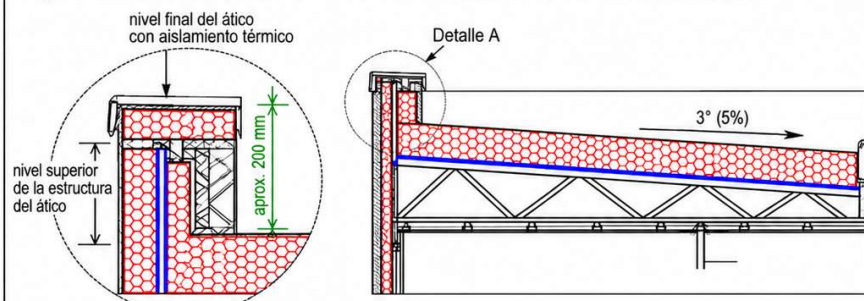


Figura 5: EJECUCIÓN DE UN ÁTICO CON AISLAMIENTO TÉRMICO “ENVUELTO”



La Figura 5 muestra que, al diseñar este tipo de estructura de ático, se debe distinguir la altura de la estructura del ático de la altura final (requerida) del edificio.

La figura 3 muestra esquemáticamente la continuidad de las capas de barrera de vapor (capa de control de vapor) y de aislamiento térmico en un edificio de varias plantas. Como se ha indicado anteriormente, toda la estructura portante de acero debe quedar suficientemente «envuelta» por el exterior con aislamiento térmico, incluidas las estructuras salientes tanto verticales como horizontales (por ejemplo, los petos y las plantas en voladizo). En este caso, la excepción la constituyen las vigas de los balcones en voladizo que, debido al material utilizado —la madera—, no representan un riesgo significativo de aumento de la transmisión térmica. No obstante, para minimizar la difusión del vapor de agua en el detalle de unión entre la estructura de acero del forjado y las vigas de madera de los balcones, también es necesario separar ambas estructuras en este punto e instalar una barrera de vapor (capa de control de vapor) adecuada.

En los edificios residenciales en los que se prevén condiciones de humedad similares (en los espacios entre las distintas viviendas), puede suponerse que los espacios sometidos a aumentos puntuales pero de corta duración de la humedad relativa del aire, como los baños y las cocinas, estarán suficientemente ventilados, ya sea de forma natural (mediante ventanas) o mecánica (mediante extracción). Por tanto, estos aumentos temporales de la humedad del aire no contribuirán de forma significativa a la acumulación de vapor de agua en la estructura constructiva. Por este motivo, generalmente no se prevé instalar una barrera de vapor (capa de control de vapor) en estas estancias. No obstante, si el proyectista exige instalar una barrera de vapor (capa de control de vapor) en los baños, recomendamos revestir las paredes y los techos de estas estancias con placas Rigips Hsd, que cumplen simultáneamente una función portante y de control de vapor gracias a su mayor resistencia a la difusión del vapor de agua. A pesar de la recomendación anterior, aconsejamos realizar en estos casos una evaluación higrotérmica de la solución constructiva y de sus detalles.

Figura 4: VARIANTE DE EJECUCIÓN DEL ENCUENTRO EN LA ESTRUCTURA DEL FORJADO EN LA ZONA DE PASO DE LA BARRERA DE VAPOR

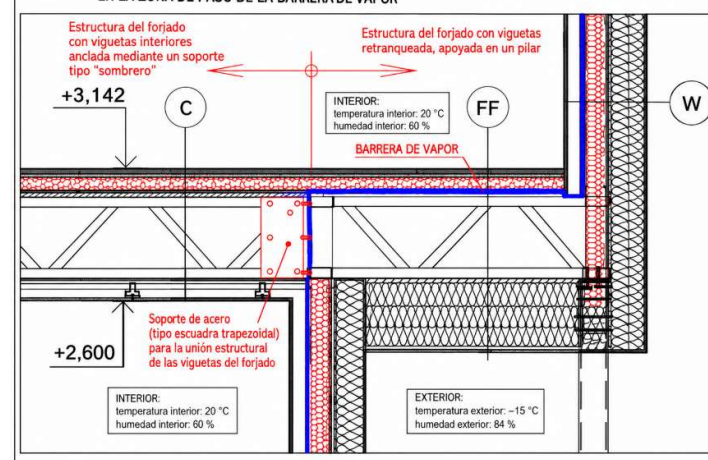
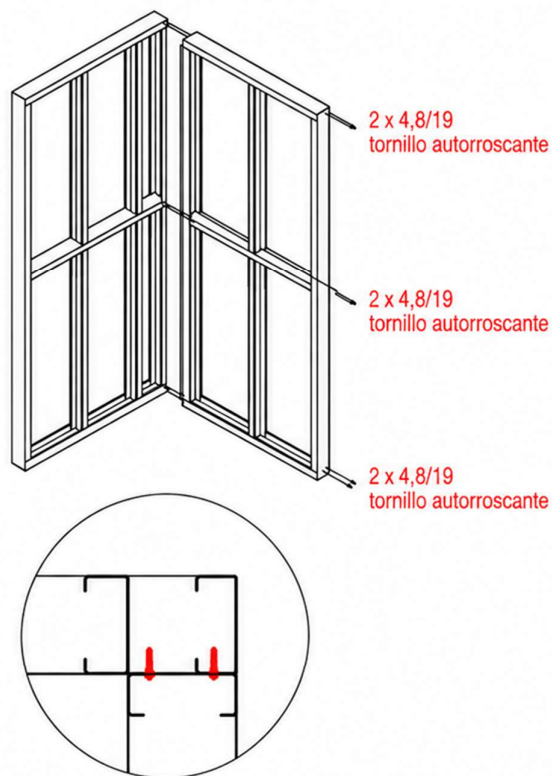
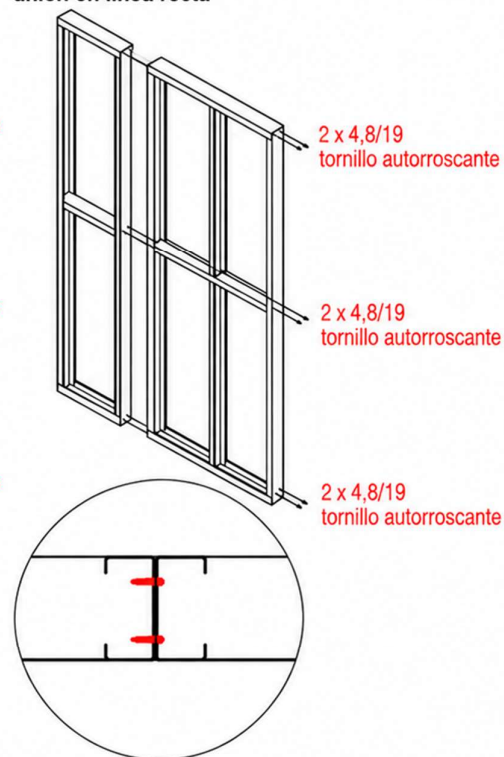


Figura 6: EJEMPLOS DE UNIÓN DE MARCOS DE PARED INDIVIDUALES, INCLUYENDO LA COLOCACIÓN DE LA BARRERA DE VAPOR

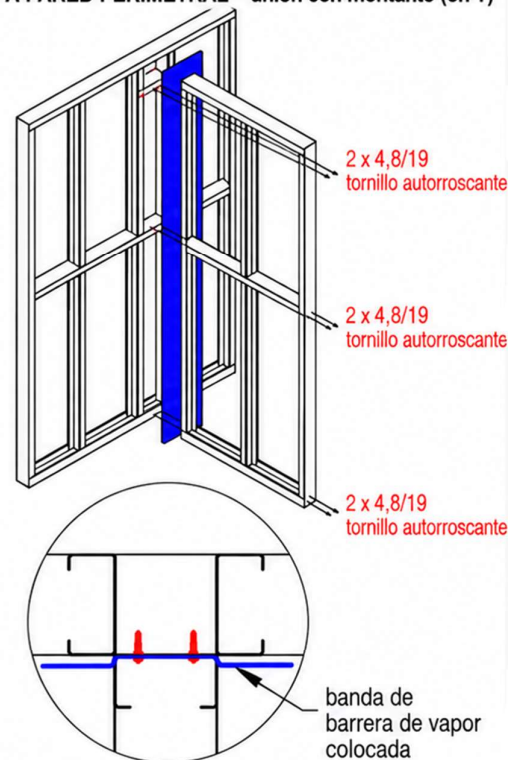
PAREDES PERIMETRALES – unión en esquina



PAREDES PERIMETRALES/PORTANTES – unión en línea recta



UNIÓN DE PARED PORTANTE/TABIQUE A PARED PERIMETRAL – unión con montante (en T)

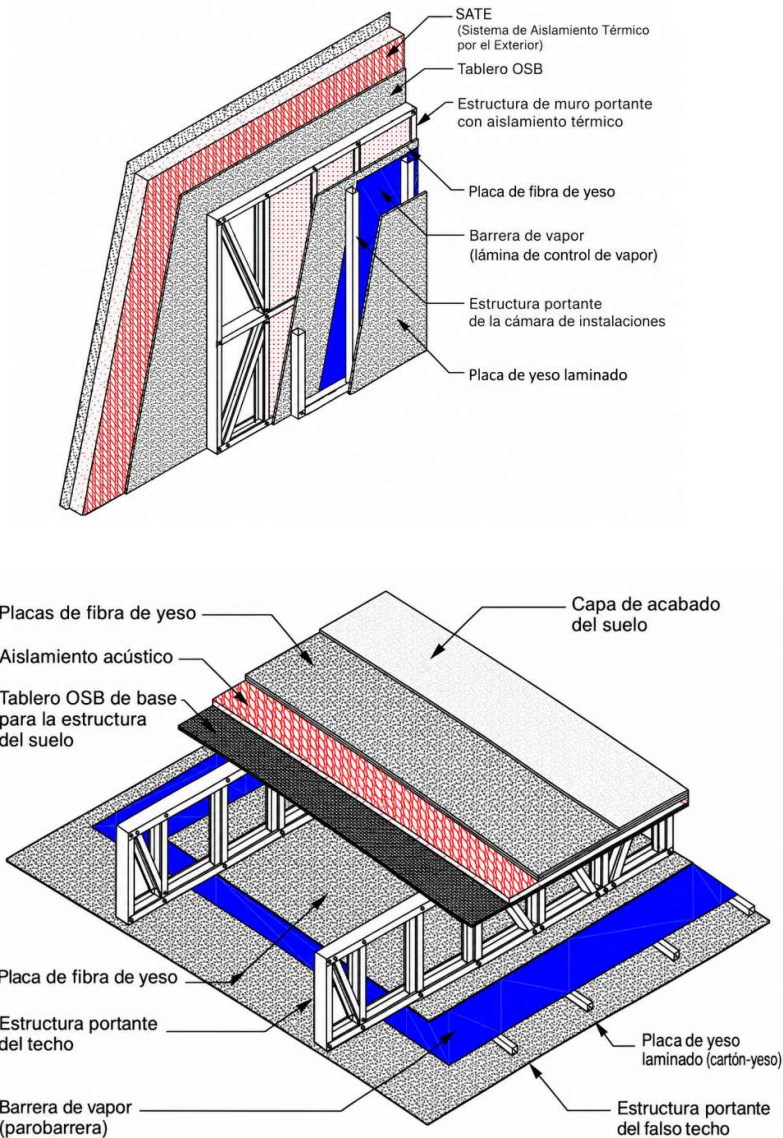


En todas las variantes mostradas a continuación, los marcos de pared individuales se unen utilizando un mínimo de 6 tornillos.

AVISO IMPORTANTE DURANTE EL MONTAJE:

- Al conectar las paredes interiores y los tabiques con las paredes exteriores (así como al conectar las paredes y los tabiques con las cerchas de cubierta), ¡ES OBLIGATORIO insertar una banda de barrera de vapor en la unión durante el montaje, antes de atornillar los elementos entre sí! Si no se lleva a cabo esta medida, existe el riesgo de que se produzca la condensación de vapor de agua en el interior de las soluciones constructivas, tal como se ha indicado anteriormente.
- Al colocar los bastidores de pared en posición vertical, ¡ES NECESARIO estabilizarlos (fijarlos) inmediatamente mediante sargentos de carpintero, opcionalmente combinados con arriostramientos provisionales! Los sargentos solo podrán retirarse una vez instalados definitivamente los elementos de anclaje y unión o las placas de unión. Si los bastidores de pared no están fijados entre sí, ¡su caída puede provocar lesiones a los trabajadores!

Figura n.º 7: DISPOSICIÓN GENERAL DE LAS DISTINTAS CAPAS Y SU FUNCIÓN EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO

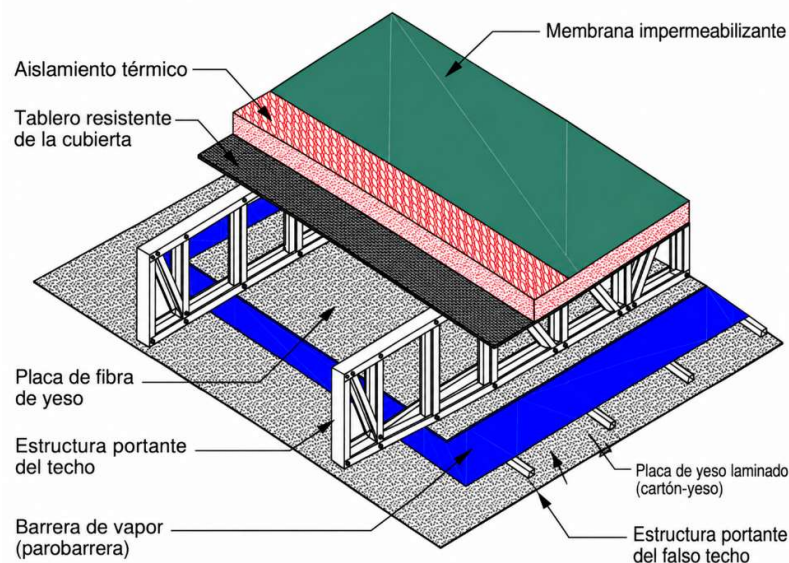


Composición del muro exterior (desde el exterior):

Capa:	Función en el conjunto constructivo:	Espesor habitual de las placas / componentes:
SATE (sistema de aislamiento térmico por el exterior) (revestimiento fino, mortero adhesivo, aislamiento térmico, malla de refuerzo, elementos de fijación)	- protección (frente a las inclemencias climáticas) - aislamiento térmico - protección contra el fuego (en caso de utilizar aislamiento de lana mineral)	desde 120 mm en adelante
Placa de fibra de yeso	- parcialmente estructural - base para la instalación del SATE - protección contra el fuego	15 mm
Estructura portante del muro, con aislamiento ISOVER incorporado	- estructural - aislamiento térmico	89 mm
Placa de fibra de yeso	- parcialmente estructural - base para la instalación de la barrera de vapor (parobarrera) - protección contra el fuego	12,5 mm
Barrera de vapor (parobarrera)	- barrera continua que evita la entrada de vapor de agua en la estructura	hasta 1 mm
Estructura portante de la cámara de instalaciones	- estructural - espacio para el paso de instalaciones (agua, calefacción, electricidad) - base para la fijación de la placa de yeso interior	desde 50 mm
Placa de yeso laminado (cartón-yeso)	- acabado visible interior - protección contra el fuego (en caso de utilizar placa tipo RED)	12,5 mm

Composición habitual del suelo entre espacios calefactados (desde arriba):

Capa:	Función en el conjunto constructivo:	Espesor habitual de las placas / componentes:
Capa de acabado del suelo – PVC, laminado, vinilo, corcho, moqueta, etc.	- capa de uso (superficie transitable) - parcialmente aislante térmico	habitualmente hasta 12 mm
Placas de fibra de yeso	- distribución de cargas - base para la instalación del acabado del suelo - protección contra el fuego	2 x 12,5 mm
Aislamiento acústico	- reducción del ruido de impacto - base para la instalación de la capa separadora - aislamiento térmico	30 mm
Tablero OSB de base para la estructura del suelo	- estructural - protección contra el fuego (en caso de utilizar tableros OSB Firestop o Cetris)	2 x 18 mm
Estructura portante del suelo	- estructural	desde 350 mm
Placa de fibra de yeso	- parcialmente estructural - base para la instalación de la barrera de vapor (parobarrera) - protección contra el fuego	12,5 mm
Barrera de vapor (parobarrera)	- barrera continua que evita la entrada de vapor de agua en la estructura (en caso de espacios con mayor humedad, p. ej. entre interiores, y con baja humedad relativa interior, la mayor parte de su ubicación en la estructura del suelo se deja a criterio del proyectista)	hasta 1 mm
Estructura portante del falso techo	- estructural - espacio para el paso de instalaciones (agua, calefacción, electricidad) - base para la fijación de la placa de yeso interior	desde 50 mm
Placa de yeso laminado (cartón-yeso)	- acabado visible interior - protección contra el fuego (en caso de utilizar placa tipo RED)	12,5 mm



Composición de la cubierta plana con orden de capas convencional (desde el exterior):

Capa:	Función en el conjunto constructivo:	Espesor habitual de las placas / componentes:
Impermeabilización asfáltica, p. ej. láminas bituminosas o de PVC	- capa de protección (contra la intemperie, especialmente frente al viento y la penetración de la lluvia)	hasta 4 mm
Aislamiento térmico	- aislamiento térmico - protección contra el fuego (en caso de utilizar aislamiento de lana mineral)	desde 260 mm
Tablero estructural de base	- estructural - protección contra el fuego (en caso de utilizar tableros OSB Firestop o tableros Cetris)	desde 36 mm (p. ej. 2 × 18 mm)
Estructura portante de la cubierta	- estructural - con pendiente (hacia el desagüe)	desde 350 mm
Placa de fibra de yeso	- parcialmente estructural - base para la instalación de la barrera de vapor (parobarrera) - protección contra el fuego	12,5 mm
Barrera de vapor (parobarrera)	- barrera continua que evita la entrada de vapor de agua en la estructura	hasta 1 mm
Estructura portante del falso techo	- estructural - espacio para el paso de instalaciones (agua, calefacción, electricidad) - base para la fijación de la placa de yeso laminado interior	desde 50 mm
Placa de yeso laminado (cartón-yeso)	- acabado visible interior - protección contra el fuego (en caso de utilizar placa tipo RED)	12,5 mm

Tabla n.º 1: DIMENSIONES GENERALES DE FABRICACIÓN DE LOS MATERIALES EN FORMA DE TABLEROS PARA EL REVESTIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

Tablero / fabricante:	Aplicación del revestimiento:	Gama de dimensiones (espesor / longitud / anchura):
Placa de yeso laminado RB (A) / Rigips	- solo para revestimiento de tabiques interiores y techos	12,5 / 2000 / 1250
Placa de fibra de yeso DFRIEH2 RigiStabil (tablero estructural) / Rigips	- para revestimiento de paredes de estructura de entramado por ambas caras	12,5 / 1800 / 1250 12,5 / 2000 / 1250 12,5 / 2200 / 1250 12,5 / 2650 / 1250 12,5 / 2750 / 1250 15 / 2750 / 1250
Tablero de virutas de madera (OSB) / EGGER	- para revestimiento superior de vigas de forjado y cerchas de cubierta	15 / 2500 / 1250 18 / 2500 / 1250 22 / 2500 / 1250 25 / 2500 / 1250
Tablero de virutas de madera (OSB) Firestop / KRONOSPAN (mayor resistencia al fuego)	- para revestimiento superior de vigas de forjado y cerchas de cubierta	16 / 2500 / 625

4. Principios generales para el diseño de estructuras de acero y aspectos relacionados

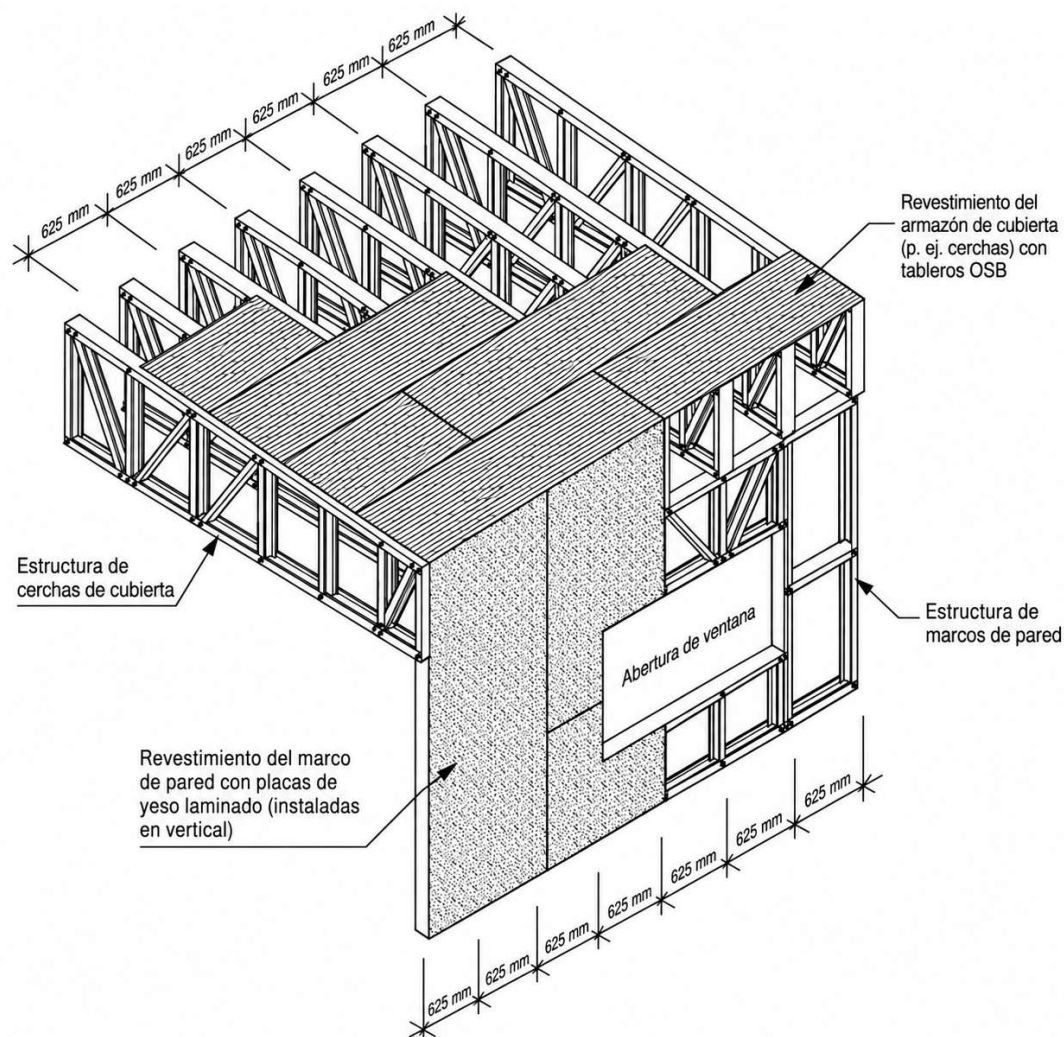


Figura 8: REVESTIMIENTO DE LOS MARCOS DE PARED Y DE LA ESTRUCTURA DE CERCHAS DE CUBIERTA CON LOS MATERIALES DE TABLERO ESPECIFICADOS

La separación entre ejes (modular) de los perfiles C portantes en los bastidores de pared es de 625 mm. Esta distancia viene determinada por las dimensiones de fabricación de los materiales en placas utilizados para revestir las paredes, los techos y las cubiertas de las estructuras de acero.

La misma separación, o sus múltiplos, se aplica también entre los ejes de las cerchas de forjado y de cubierta; véase la figura 8.

Las estructuras de acero se revisten principalmente con dos tipos de materiales: placas de fibra de yeso (SDV) o placas de yeso laminado (SDK), y tableros de virutas orientadas (OSB). Las dimensiones comerciales más habituales de estos materiales se indican en la tabla 1 anterior.

Las placas de fibra de yeso y las placas de yeso laminado se utilizan únicamente para revestir estructuras verticales, es decir, paredes y tabiques. Cada placa se fija a la estructura a lo largo de su perímetro y en el punto medio de su longitud. Si se utilizan para revestir estructuras horizontales o inclinadas de techos, es necesario garantizar que no estén sometidas a ninguna carga adicional, debido a su relativa fragilidad.

Los tableros OSB se utilizan en todos aquellos casos en los que no pueden emplearse placas de fibra de yeso o de yeso laminado. Por tanto, su principal aplicación es el revestimiento de estructuras de forjado y cubierta, donde pueden fijarse sobre los apoyos (cerchas) y, al mismo tiempo, transmitir cargas adicionales aplicadas entre dichos apoyos. Habitualmente, los tableros OSB se colocan en dos capas superpuestas (con un espesor mínimo de 2×15 mm) y se atornillan entre sí. La segunda capa se coloca desplazando las juntas media placa, de forma similar al aparejo de un muro de fábrica de ladrillo. Cuando un forjado separa dos viviendas, se recomienda colocar una capa separadora en toda la superficie entre los tableros OSB para evitar posibles crujidos entre ellos; por ejemplo, una capa de Miralon.

El montaje de las placas y los tableros debe realizarse siempre de acuerdo con las instrucciones de montaje (técnicas) del fabricante correspondiente. Como norma general, las placas de fibra de yeso utilizadas para revestir paredes se montan en vertical, con su eje longitudinal paralelo a los montantes verticales. Los tableros OSB utilizados para revestir cubiertas y forjados se colocan con su eje longitudinal perpendicular a los ejes de las cerchas. Por este motivo, desde la fase de diseño de la estructura portante deben respetarse las separaciones entre ejes (modulares) de los distintos elementos, con el fin de minimizar los recortes durante la instalación y garantizar que todas las juntas entre placas o tableros coincidan con un perfil.

4.1 Estructuras de cubierta

El criterio principal para clasificar las cubiertas a efectos del diseño estructural es su pendiente. Se distinguen las siguientes categorías:

- **Cubiertas planas** (pendiente del 2 % al 8,5 %, es decir, hasta 5°). Para el diseño de cubiertas, se considera óptima una pendiente mínima del 4 % con el fin de evitar la formación de charcos
- **Cubiertas inclinadas** (pendiente superior a 5°)

Al diseñar una cubierta con estructura de acero, es necesario valorar las ventajas y desventajas de cada tipo de cubierta concreto; véanse las figuras 9a y 9b. Estas se resumen a continuación:

Figura 9a: DISEÑO ESQUEMÁTICO DE LA ESTRUCTURA DE CERCHAS PARA UNA CUBIERTA PLANA

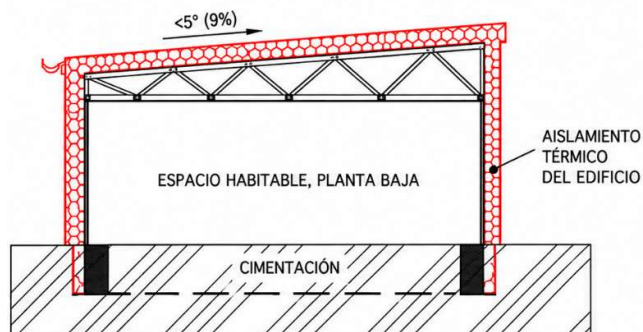
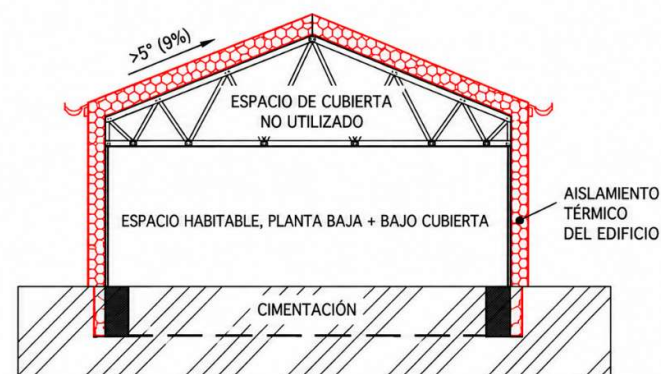


Figura 9b: DISEÑO ESQUEMÁTICO DE LA ESTRUCTURA DE CERCHAS PARA UNA CUBIERTA INCLINADA



Ventajas:

- Pendiente reducida de la cubierta (cercha de poca altura) = menores costes de construcción
- Cercha de poca altura = menor volumen interior calefactado
- La cercha de cubierta también cumple la función de estructura de techo

Desventajas:

- Mayor pendiente de la cubierta (cercha de mayor altura) = mayores costes de construcción
- Mayor volumen interior calefactado
- La estructura de las cerchas de cubierta dificulta el aprovechamiento funcional del espacio bajo cubierta

De lo anterior se desprende que la solución óptima para el diseño de la cubierta parece ser la mostrada en la figura 9a, es decir, una cubierta plana con una cercha de poca altura. Las estructuras con cerchas para cubiertas inclinadas, como la mostrada en la figura 9b, se proyectan con poca frecuencia, únicamente cuando es necesario cumplir la normativa urbanística aplicable en el lugar de construcción (que puede exigir una cubierta inclinada) o cuando el promotor solicita una cubierta de tejas tradicionales, que generalmente requiere pendientes de aproximadamente 30° o superiores.

La tabla 2 recoge los distintos tipos de revestimientos de cubierta utilizados en función de la pendiente.

El esquema de la figura 10c podría llevar fácilmente a la conclusión errónea de que, al aislar las paredes de la primera planta y el techo situado bajo un ático no calefactado, ya no sería necesario calentar también ese espacio. Sin embargo, esta solución es completamente incorrecta, ya que en el punto señalado (identificado en la figura como punto crítico, es decir, el límite entre la zona calefactada y la zona no calefactada del edificio) se produciría una transmisión térmica muy elevada a través de los perfiles de acero de paredes delgadas en la unión entre la pared y la cercha de cubierta, seguida de condensación del vapor de agua. Durante el invierno, ambos fenómenos provocarían el enfriamiento de las paredes, la acumulación de condensación en el interior de las soluciones constructivas y, posteriormente, la aparición de moho. Por todo lo anterior, descartamos categóricamente esta solución de diseño y optamos por la solución mostrada en la figura 10d.

Figura 10c: CONCEPCIÓN INCORRECTA DE LA ESTRUCTURA DE CERCHAS PARA UNA CUBIERTA INCLINADA

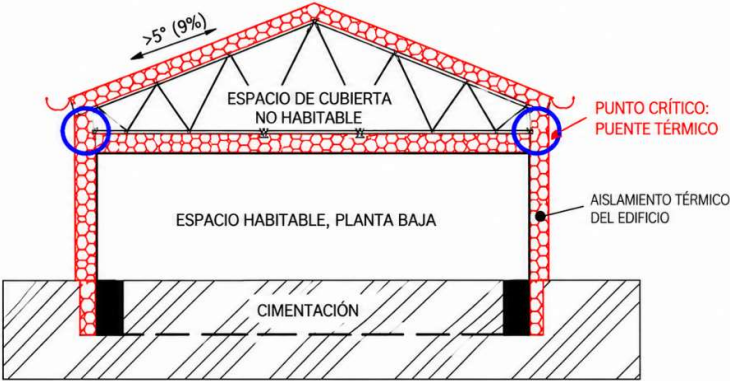
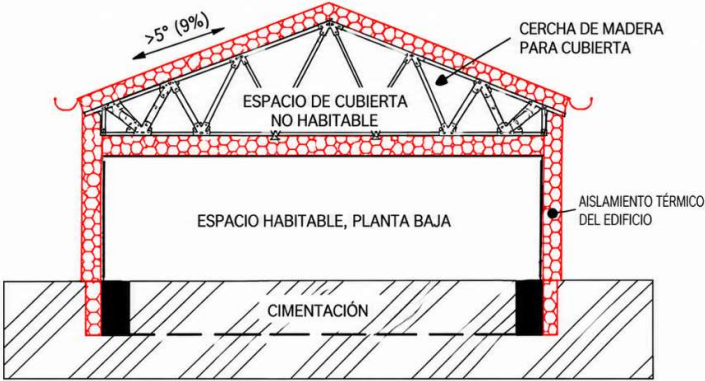


Figura 10d: CONCEPCIÓN CORRECTA DE LA ESTRUCTURA DE CERCHAS DE MADERA PARA UNA CUBIERTA INCLINADA (UTILIZANDO CONSTRUCCIÓN HÍBRIDA)



En términos generales, se deduce que, cuando una estructura de paredes delgadas está insuficientemente protegida —es decir, «envuelta» con una capa de aislamiento térmico de espesor insuficiente— o cuando una estructura aislada entra en contacto directo con otra estructura enfriada sin que se interrumpa adecuadamente el puente térmico, el diseño de estos elementos alcanza sus límites estructurales. Una solución consiste en sustituir el acero por otro material menos conductor del calor, como la madera o un material compuesto. De este modo, la cercha de cubierta puede fabricarse en madera y conectarse posteriormente a la estructura de acero de paredes delgadas de la planta baja mediante herrajes de carpintería adecuados. Así se obtienen las denominadas estructuras «híbridas»; véase la figura 10d.

Tabla 2: MATERIALES DE CUBIERTA MÁS COMÚNMENTE UTILIZADOS Y SU DEPENDENCIA DE LA PENDIENTE MÍNIMA DE LA CUBIERTA:

Tipo de cubierta:	Material de cubierta:	Pendiente mínima de la cubierta:
Cubierta plana	PVC, lámina asfáltica	3% (= 1,7°)
Cubierta inclinada	Chapa metálica de junta alzada (junta continua de cumbrera a alero)	7° (= 12,3%)
	Chapa metálica trapezoidal (elemento continuo de cumbrera a alero)	10° (= 17,7%)
	Teja cerámica y de hormigón (con lámina impermeable bajo teja)	30° (= 58%) / 20° (= 36,5%)

4.2 Huecos

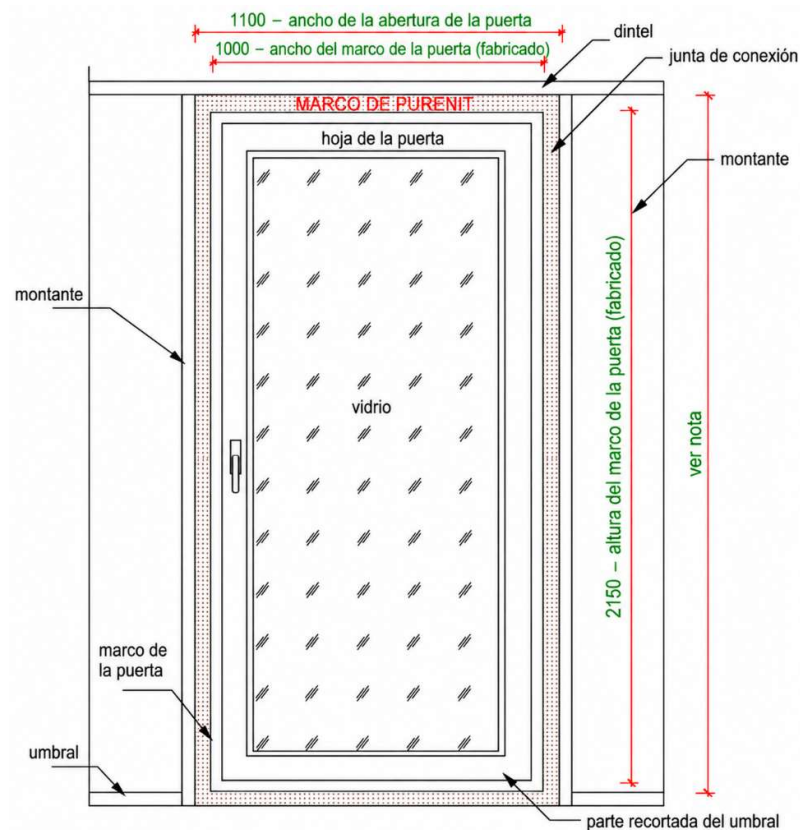
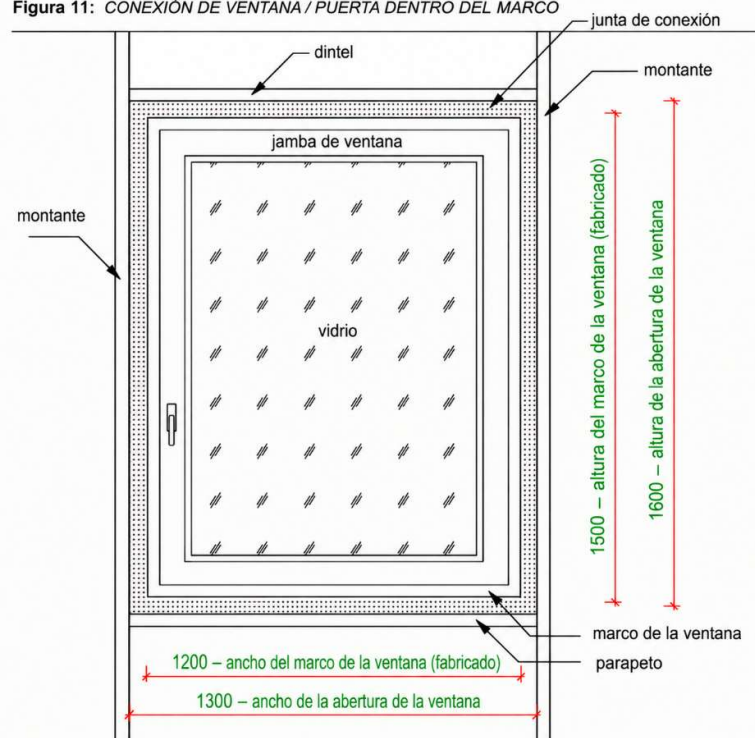
Este capítulo trata del diseño de huecos en las paredes exteriores, incluidos los huecos para ventanas, puertas y escaparates acristalados. La junta de conexión entre el elemento y el hueco de la pared, formada por perfiles de paredes delgadas, puede dar lugar nuevamente a un puente térmico. Al mismo tiempo, es necesario proteger el hueco frente a acciones dinámicas, por ejemplo, las producidas al cerrar bruscamente una ventana o una puerta.

Ambos efectos negativos se evitan mediante la instalación de un marco perimetral rígido de material PURENIT en la junta de conexión. Este marco, anclado en todo su perímetro al hueco de la pared, sirve también como apoyo resistente e indeformable para fijar la ventana, la puerta o el marco del escaparate.

A partir de las evaluaciones higrotérmicas y de las consideraciones anteriores, y teniendo en cuenta el relleno de PURENIT que se instala en las jambas del hueco, se diseñan los huecos de las paredes exteriores con unas dimensiones **50 mm mayores que las dimensiones de fabricación del marco de la ventana o de la puerta en cada lado**; véase la figura 11.

Nota: La altura del hueco de la puerta debe determinarse individualmente, teniendo en cuenta tanto la altura requerida de la puerta como el espesor total de las capas del suelo. En la zona del umbral de la puerta, se recorta el perfil inferior de arranque para que no obstaculice el montaje del marco de PURENIT.

Figura 11: CONEXIÓN DE VENTANA / PUERTA DENTRO DEL MARCO



5. Anexos: detalles estructurales (críticos) del sistema

5.1 Composición general de la pared exterior con sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE)

5.2 Detalle de la unión de la pared exterior con la estructura de cimentación, incluida la composición del suelo de la planta baja

5.3 Detalle de instalación de una ventana en la pared exterior

5.4 Detalle de la unión de una estructura en voladizo (balcón) con la pared exterior

5.5 Detalle de la unión de la estructura de la terraza con la pared exterior

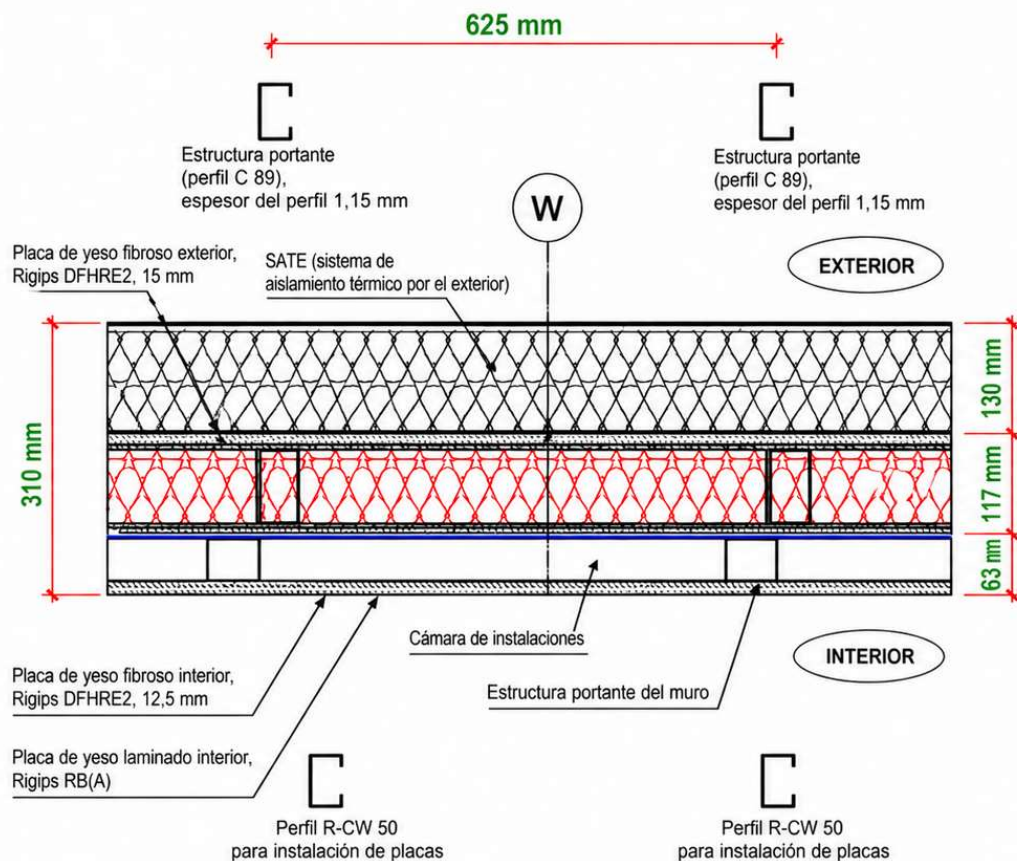
5.6 Detalle de la unión de la pared exterior con una cubierta inclinada (alero)

5.7 Detalle de la unión de la pared exterior con una cubierta plana (incluido el peto)

5.8 Detalle de la unión de una planta superior en voladizo con la pared exterior de la planta inferior, con apoyo mediante un pilar de acero

5.1 Composición general de la pared exterior con sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE)

MURO EXTERIOR – PLANTA / SECCIÓN



W Composición del muro exterior (de fuera hacia dentro):

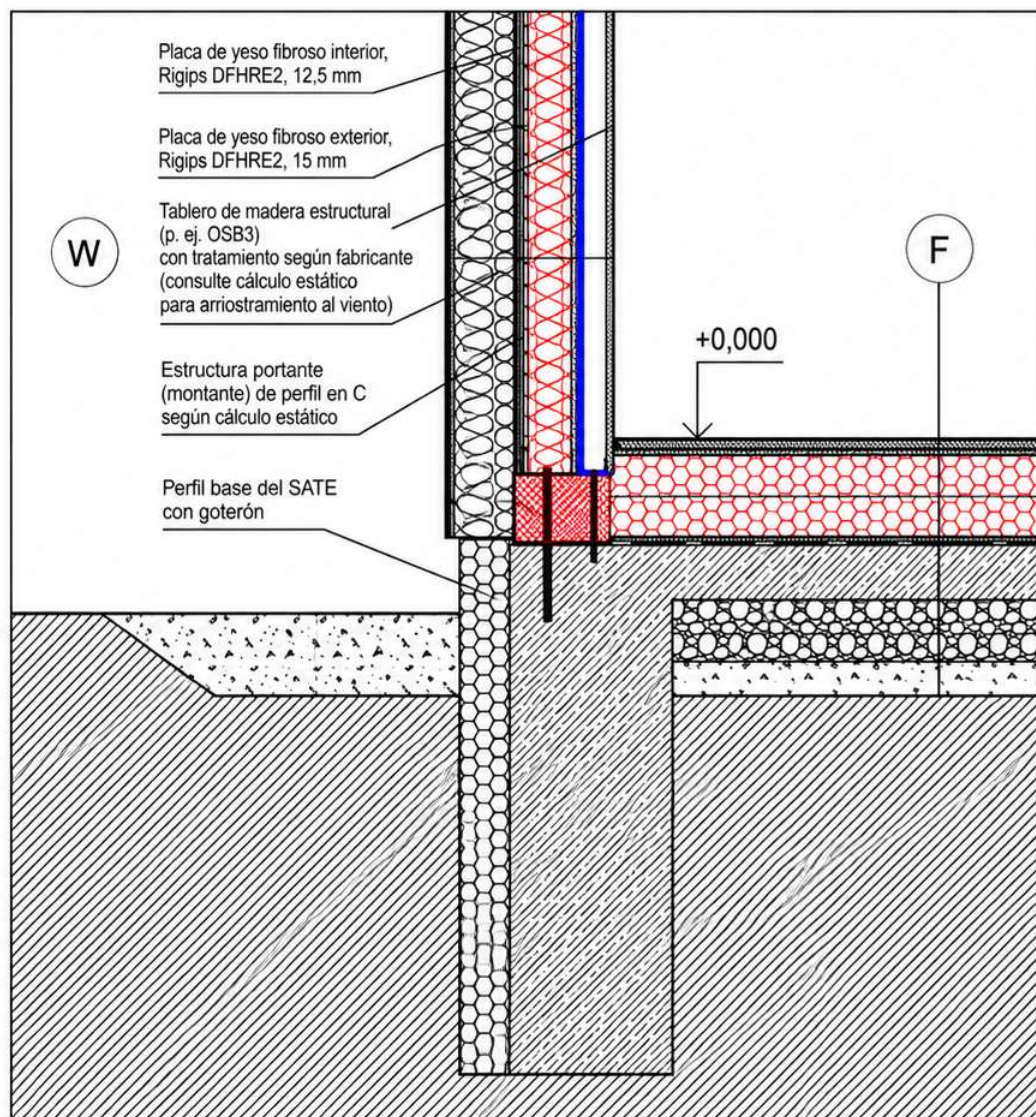
- SATE (sistema de aislamiento térmico por el exterior):
revoco fino, capa base reforzada con malla, panel rígido de lana de roca ORSIL TF, espesor 120 mm, espesor total 130 mm
- Placa de yeso fibroso, Rigips Rigidur DFHRE2, 1 × 15 mm
- Estructura 89 (aislamiento térmico ORSILAKU, 80 mm, colocado entre perfiles)
- Placa de yeso fibroso, Rigips Rigidur DFHRE2, 1 × 12,5 mm
- Placa de yeso laminado, ISOVER XtraSafe
- Cámara de instalaciones formada por perfiles galvanizados R-CW 50
- Placa de yeso laminado, Rigips RB (A) con capa de acabado, 12,5 mm

Total: 310 mm

Composición de materiales:

-  Panel rígido de lana de roca ISOVER TF
($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; factor $\mu = 1$)
-  Panel de lana de roca ISOVER AKU o UNI
($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; factor $\mu = 1$)
-  Placas de yeso fibroso Rigips DFHRE2, 15 mm y 12,5 mm
($\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$; factor $\mu = 13$),
o placa de yeso laminado Rigips RB (A)
($\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$; factor $\mu = 9$)
-  Barrera de vapor ISOVER XtraSafe ($S_d \approx 20 \text{ m}$)
-  Perfil de acero galvanizado tipo C de pared delgada
89 mm/40 mm, espesor 1,15 mm
($\lambda = 58 \text{ W/mK}$)

5.2 Detalle de la unión de la pared exterior con la estructura de cimentación, incluida la composición del suelo de la planta baja



W Composición del muro exterior (de fuera hacia dentro):

- SATE (sistema de aislamiento térmico por el exterior): revoco fino, capa base reforzada con malla, panel rígido de lana de roca ORSIL TF espesor total 130 mm (revoco 10 mm, capa base 3 mm, aislamiento 120 mm)
- Placa de yeso fibroso, Rigips DFHRE2, 1 × 15 mm
- Estructura 89 (aislamiento térmico ORSIL AKU, 80 mm, colocado entre perfiles)
- Placa de yeso fibroso, Rigips DFHRE2, 1 × 12,5 mm
- Barrera de vapor ISOVER XtraSafe
- Cámara de instalaciones con perfiles galvanizados R-CW 50 mm
- Placa de yeso laminado, Rigips RB (A) con capa de acabado, 12,5 mm

Total: 310 mm

F Composición del suelo (de dentro hacia fuera):

- 2 × placa de yeso laminado, Rigips Stabil (2 × 12,5 mm)
- Aislamiento térmico de EPS 150S (140 mm)
- Adhesivo para el aislamiento de EPS en el suelo (10 mm)

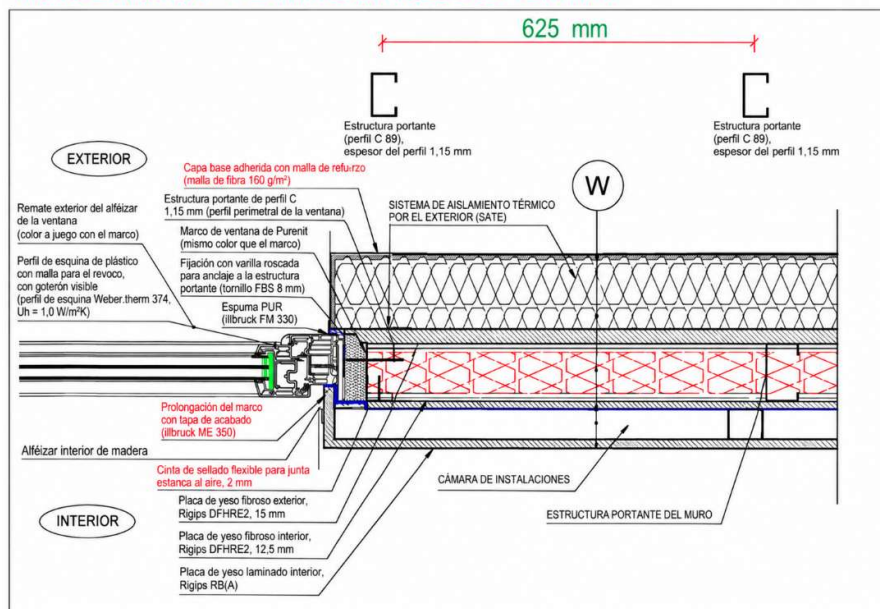
Total: aprox. 180 mm

- Capa impermeabilizante – lámina asfáltica modificada (4 mm)
- Losa de hormigón armado o capa de hormigón de nivelación
- Subbase de aislamiento térmico compactado (árido de arcilla expandida triturada, fracción 0-63 mm)
- Subbase compactada (p. ej. grava)

- Panel rígido de lana de roca ISOVER TF ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 1)
- Panel de lana de roca ISOVER AKU o UNI ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 1)
- Panel de XPS ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 50)
- Bloque de espuma de vidrio FOAMGLASS PERINSUL ($\lambda < 0,06 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = prácticamente ilimitado)
- Perfil de acero de pared delgada tipo C, 89 mm/40 mm, espesor 1,15 mm ($\lambda = 58 \text{ W/mK}$)
- Barrera de vapor ISOVER XtraSafe ($S_d \approx 20 \text{ m}$) / en la impermeabilización asfáltica del suelo ($S_d \approx 1.500 \text{ m}$)
- Placa de yeso fibroso, Rigips DFHRE2, 15 mm y 12,5 mm ($\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 13), o placa de yeso laminado, Rigips RB (A) ($\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 9)
- Capa impermeabilizante – lámina asfáltica modificada (4 mm) (f.d.o. [m] = 30.000)
- Losa de hormigón armado ($\lambda = 1,5 \text{ W/mK}$)
- Subbase de aislamiento térmico (árido de arcilla expandida)
- Subbase de grava
- Terreno existente

5.3 Detalle de instalación de una ventana en la pared exterior

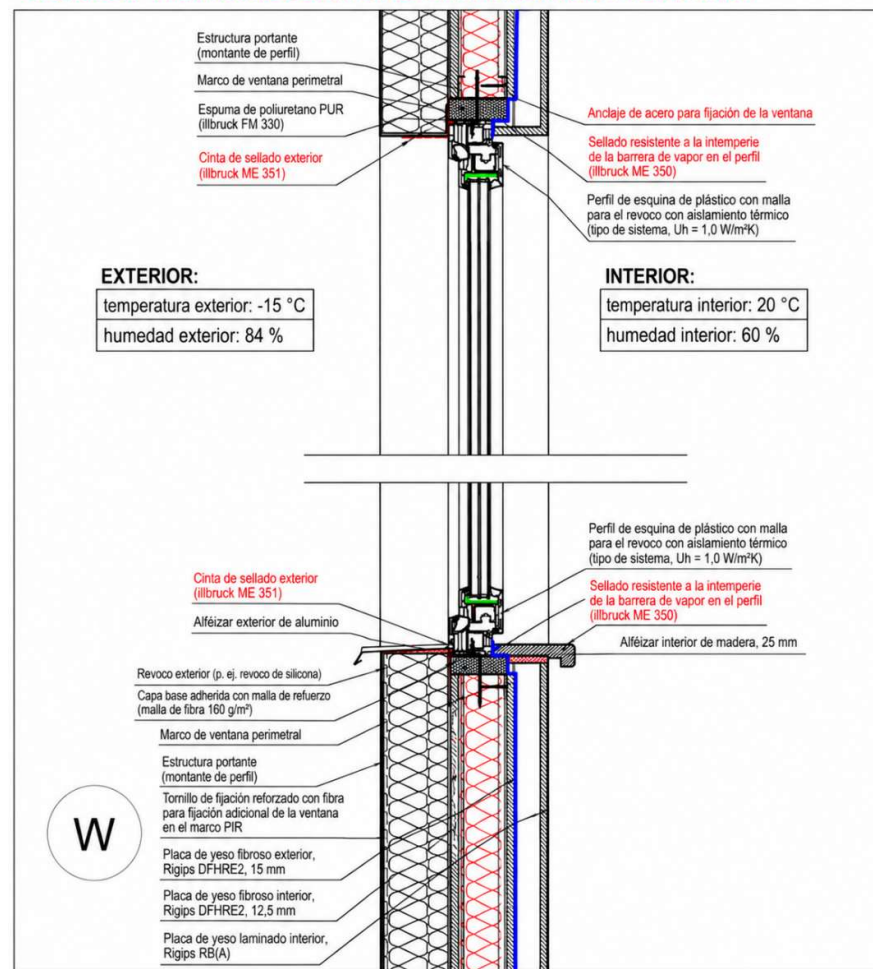
MURO EXTERIOR – PLANTA CON HUECO DE VENTANA



Procedimiento de montaje de ventanas y puertas en la estructura de acero (a cargo siempre del proveedor de las ventanas y puertas):

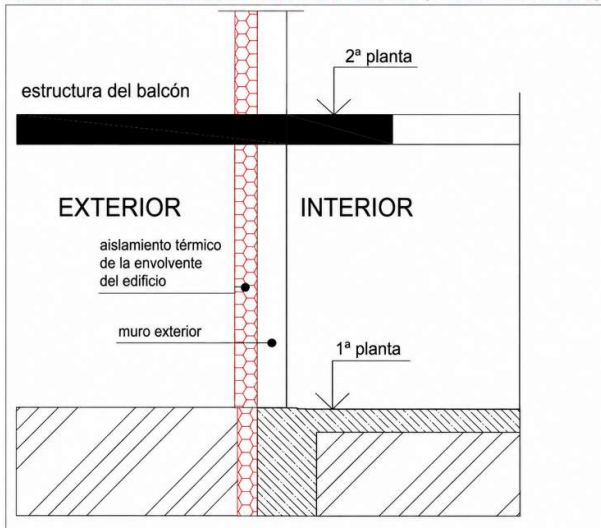
- Instalar el marco de PURENIT en todo el perímetro del hueco preparado (jambas); véase el apartado 4.2
- Fijar el marco de PURENIT al marco del hueco mediante tornillos con arandela, para interrumpir el puente térmico entre la futura ventana y el bastidor de pared
- Instalar escuadras de anclaje en forma de L con pletina en la cara interior del marco de la ventana o puerta
- Colocar el sistema de sellado (cintas estancas al viento y al vapor) en todo el perímetro del marco de la ventana o puerta
- Nivelar el marco de la ventana o puerta y fijarlo después al bastidor de pared (jambas, alféizar y dintel) mediante tornillos a través de las escuadras de anclaje en forma de L
- Sellar la junta de instalación con espuma de poliuretano (PUR) adecuada
- Conectar el sistema de sellado (cintas estancas al viento y al vapor) del marco de la ventana o puerta con la barrera de vapor/capa de control de vapor de la pared

SECCIÓN VERTICAL DEL MURO EXTERIOR CON VENTANA



5.4 Detalle de la unión de una estructura en voladizo (balcón) con la pared exterior

FIGURA 4: ESTRUCTURA DE BALCÓN EN VOLADIZO (SECCIÓN VERTICAL)



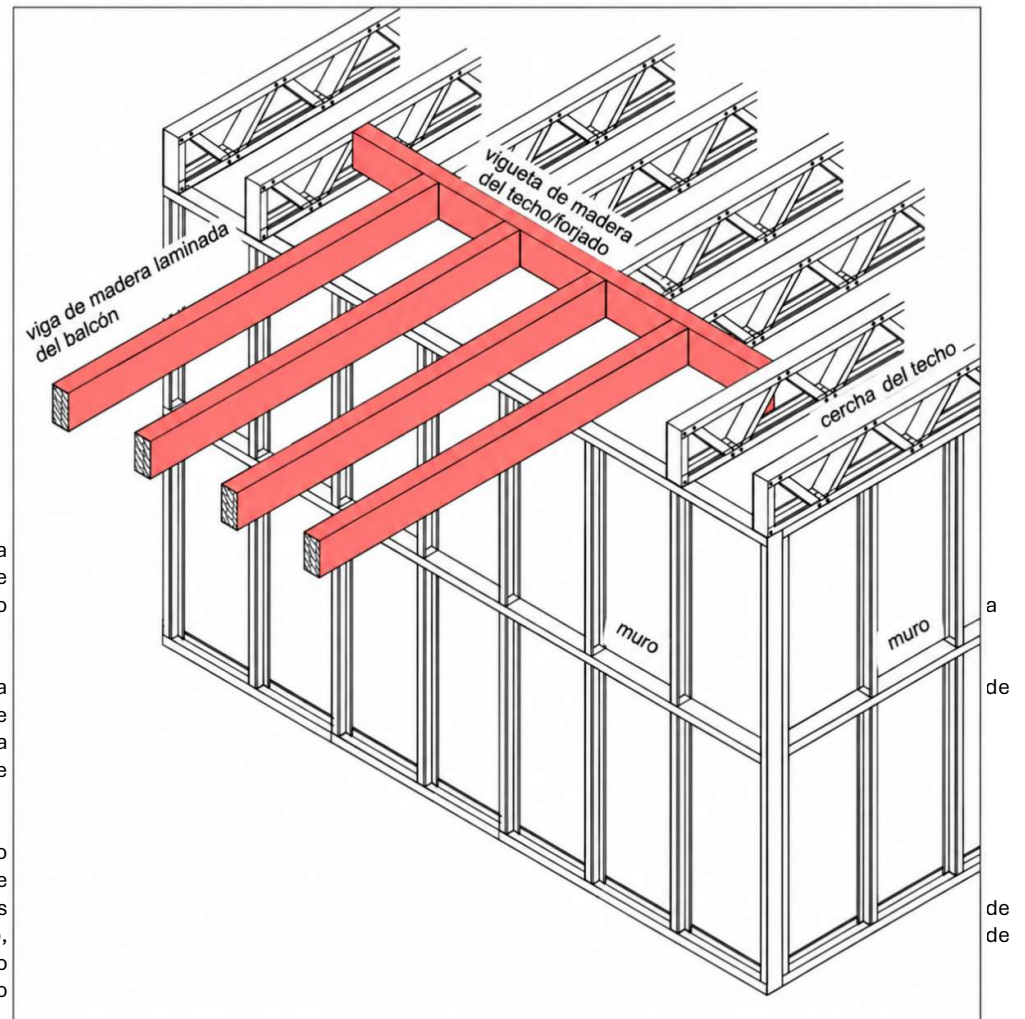
Las estructuras salientes en voladizo, como balcones, cornisas, etc., no se diseñan con la estructura portante de acero. Para eliminar los puentes térmicos, se sustituyen ventajosamente por una estructura portante de madera más esbelta, tal como se muestra en el esquema situado a la derecha del texto.

La estructura de forjado formada por cerchas termina, antes del voladizo del balcón, en una viga borde de madera o de acero. A partir de esta viga se disponen perpendicularmente vigas de madera BSH (madera laminada encolada), que forman la estructura portante propiamente dicha del balcón en voladizo. De este modo, se combina ventajosamente la estructura de forjado de acero del interior del edificio con una estructura saliente de balcón de madera.

La ilustración de la página siguiente muestra con más detalle esta solución constructiva. No obstante, las proporciones básicas de las estructuras salientes deben determinarse siempre mediante cálculo estructural. Como criterio orientativo, el vuelo máximo de la estructura de vigas de madera más allá de la cara exterior de la pared es de 1,5 m, con secciones de viga, por ejemplo, 100 × 200 mm y una separación máxima entre ejes de 1.000 mm. Las estructuras en voladizo suelen revestirse con materiales en placas no combustibles, como placas de cemento reforzado con fibras.

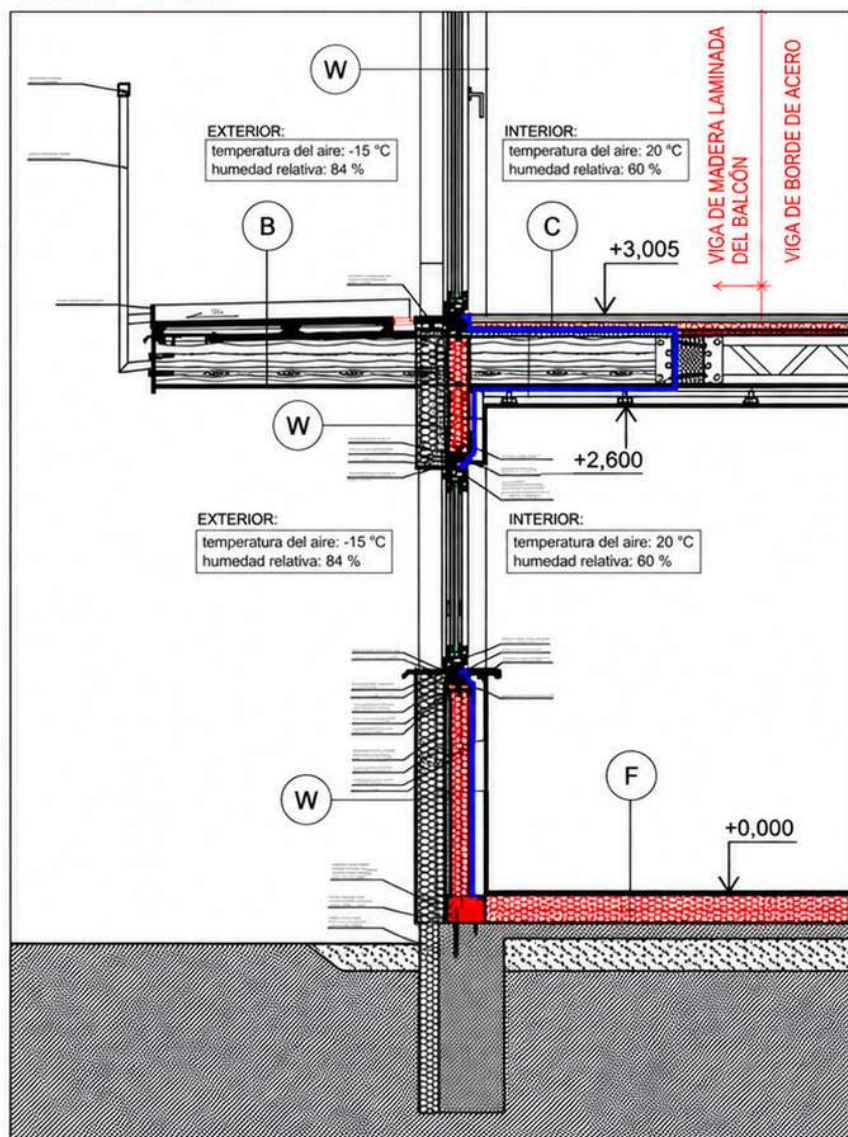
Además de las vigas de madera, también se utilizan materiales compuestos para construir balcones en voladizo. Estos materiales presentan una conductividad térmica igualmente baja, similar a la de la madera, y se fabrican en una variedad de perfiles de formas similares a las de los perfiles de acero laminado. Los materiales compuestos están formados por dos o más componentes con propiedades físicas y químicas significativamente diferentes y combinan una resistencia superior a la del acero con un peso menor. Entre sus desventajas se encuentran un módulo de elasticidad bajo y una resistencia reducida al fuego. Por ello, deben protegerse con materiales en placas no combustibles, como placas de cemento reforzado con fibras.

FIGURA 5: AXONOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA DEL BALCÓN EN VOLADIZO



DETALLE DE LA ESTRUCTURA DEL BALCÓN EN VOLADIZO

COMPOSICIÓN DEL SISTEMA SECCIÓN VERTICAL



C Composición del forjado entre viviendas (desde la vivienda superior):

- capa de acabado (por ejemplo, PVC, laminado o suelo vinílico, hasta 10 mm)
 - placa de yeso laminado Rigips 2 x 12,5 mm
 - tablero de aislamiento acústico de fibras de madera (por ejemplo, PAVATEX II, 30 mm)
 - barrera de vapor ISOVER XtraSafe**
 - tablero OSB 2 x 18 mm
 - vigueta de techo de madera laminada BSH (por ejemplo, 80/220)
 - placa de yeso laminado RigipsStabil DFIREH2 (1 x 15 mm)
 - barrera de vapor ISOVER XtraSafe**
 - subestructura suspendida con perfiles de acero galvanizado SDK R-CD (50 mm)
 - placa de yeso laminado Rigips RB (A) con pintura (1 x 12,5 mm)
- espesor total: aprox. 520 mm

B Composición de la estructura del balcón (desde arriba):

- capa de acabado (baldosas cerámicas colocadas en seco sobre soportes, 20 mm)
 - soportes de plástico (altura aprox. 40 mm)
 - capa de impermeabilización PVC-P (por ejemplo, Fatrafol 807)
 - encofrado completo con tableros de Cetrís (min. 25 mm) o tableros OSB (2 x 18 mm)
 - viga de suelo de madera laminada BSH (altura aprox. 220 mm, canto superior biselado para desagüe)
 - soporte con tableros de Cetrís (min. 12 mm)
- espesor total: aprox. 320 mm

W Composición del muro exterior (desde el exterior):

- SATE (sistema de aislamiento térmico por el exterior) – revoco fino, capa de malla de fibra de vidrio con refuerzo, incluyendo adhesivo, aislamiento térmico ORSIL TF t. 120 mm, total 130 mm
 - placa de yeso laminado RigipsStabil DFIREH2 1 x 15 mm
 - estructura metálica de 89 mm (con aislamiento térmico en los perfiles ORSIL AKU t. 80 mm)
 - placa de yeso laminado RigipsStabil DFIREH2 1 x 12,5 mm
 - barrera de vapor ISOVER XtraSafe**
 - capa de instalación con perfiles de acero galvanizado SDK R-CW (50 mm)
 - placa de yeso laminado Rigips RB (A) con pintura (12,5 mm)
- espesor total: aprox. 310 mm

F Composición del suelo (desde el interior):

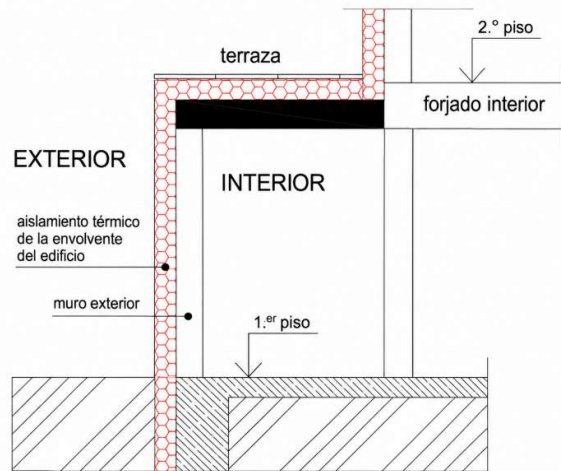
- 2 x placa de yeso laminado RigipsStabil (2 x 12,5 mm)
- aislamiento térmico EPS 150S (140 mm)
- adhesivo para EPS (10 mm)
- capa de impermeabilización – membrana asfáltica modificada (4 mm)
- losa de hormigón armado o tablero de construcción para suelo/forjado
- base compactada (por ejemplo, grava triturada)

- tablero de fibra de madera ISOVER TF ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 1)
- tablero de fibra de madera ISOVER AKU o UNI ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 1)
- tablero TOPDEK 022 PIR ($\lambda < 0,025 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 34)
- tablero EPS ($\lambda < 0,038 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 60)
- tablero XPS ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 50)
- bloque de espuma de vidrio FOAMGLAS PERINSUL ($\lambda < 0,08 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = prácticamente ilimitado)
- aislamiento de poliuretano ($\lambda < 0,08 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 8)
- tablero OSB Firestop PD

- C** perfil de acero de pared delgada tipo "C" AUKLAN 89 mm/40 mm t. 1,15 mm ($\lambda = 58 \text{ W/mK}$)
- b** barrera de vapor ISOVER XtraSafe ($S_d = 20 \text{ m}$) colocada sobre la impermeabilización asfáltica ($S_d = 1500 \text{ m}$)
- placa de yeso laminado Rigips DFIREH2 t. 15 mm y 12,5 mm ($\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 13), incl. placa de yeso laminado Rigips RB (A) ($\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 9)
- estructura de hormigón armado ($\lambda = 1,5 \text{ W/mK}$)
- base de grava triturada
- terreno compactado

5.5 Detalle de la unión de la estructura de la terraza con la pared exterior

ESTRUCTURA RETRANQUEADA – TERRAZA (SECCIÓN VERTICAL)



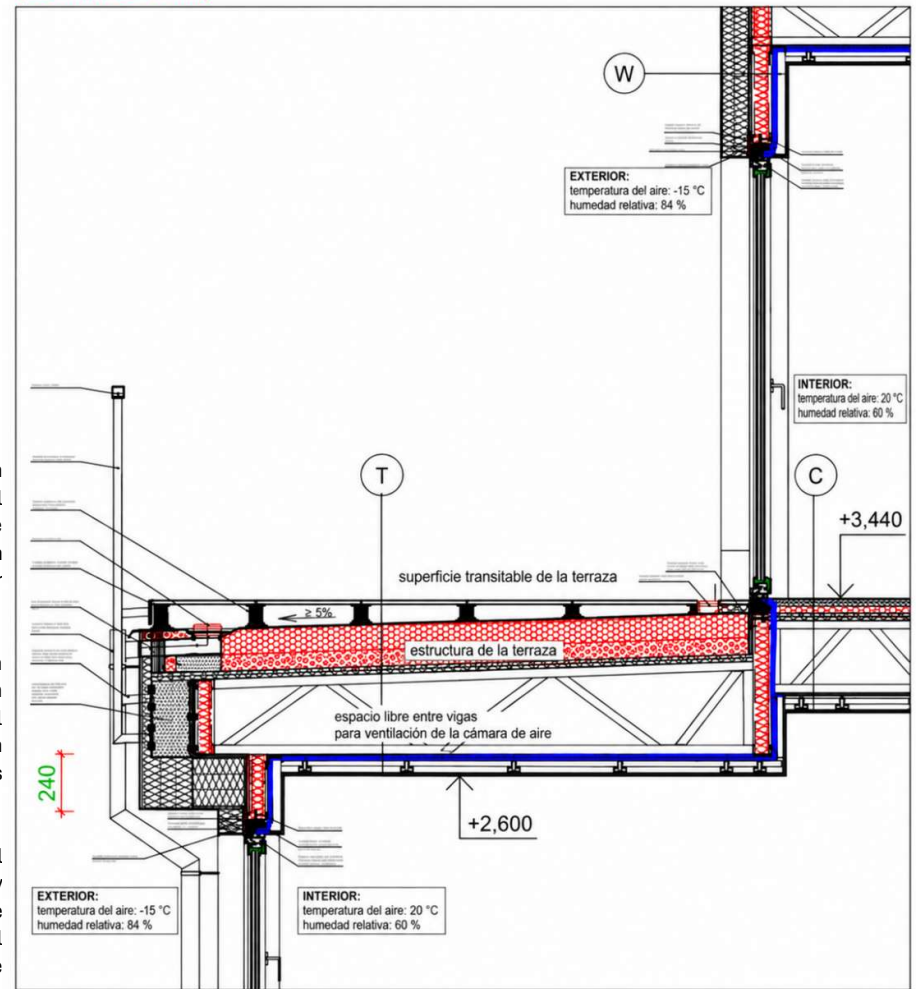
Las estructuras retranqueadas, especialmente las terrazas, también deben protegerse frente a la aparición de puentes térmicos y la consiguiente acumulación de condensación, tal como muestra el detalle situado a la derecha del texto. Es importante tener en cuenta que una terraza no solo constituye una zona de descanso para la vivienda de la planta superior, sino que también forma la cubierta de la vivienda situada debajo. Por ello, su diseño debe contemplar ambas funciones. La terraza debe cumplir todos los requisitos aplicables a las cubiertas transitables.

La estructura portante de la terraza está formada por una cercha con el cordón superior inclinado (con una pendiente mínima del 5 % para garantizar una evacuación rápida del agua). Sobre esta estructura se fijan dos capas de tableros OSB, con el aislamiento térmico adherido o fijado mecánicamente por encima. El conjunto se impermeabiliza por la parte superior mediante una lámina impermeabilizante. Sobre esta lámina se colocan apoyos regulables de cabeza basculante, distribuidos en una retícula, para sostener las baldosas cerámicas o de hormigón que constituyen la superficie transitable final de la terraza.

El agua de lluvia que escurre desde la superficie transitable de la terraza, así como la que pasa a través del canal de drenaje perforado situado junto a las puertas de la terraza, llega a la lámina impermeabilizante y se conduce posteriormente a un sumidero empotrado. La tubería de desagüe atraviesa el canto frontal de la terraza y conecta con una bajante vertical situada en la fachada. Debido a la necesidad de reducir el espesor del aislamiento térmico bajo el sumidero, en ese punto el aislamiento convencional se sustituye por aislamiento de aerogel, cuyo coeficiente de conductividad térmica es aproximadamente 2,5 veces menor que el de los materiales aislantes utilizados habitualmente. Por ello, este tipo de aislamiento se emplea cuando se necesita obtener una elevada resistencia térmica con un espesor reducido.

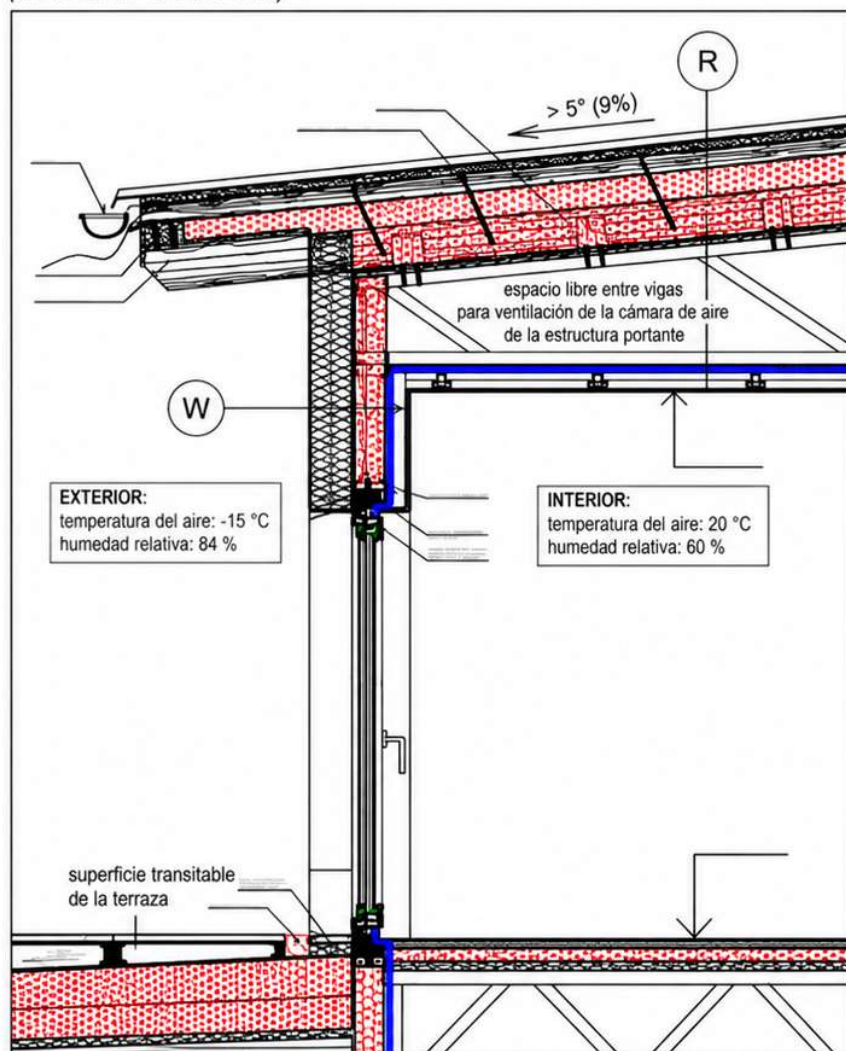
Para eliminar por completo los puentes térmicos, el detalle incorpora también un elemento de material compuesto (perfil angular de 200/100/10, cuyas dimensiones se determinan mediante cálculo estructural). Su función principal es estructural: anclar la barandilla al edificio y, al mismo tiempo, impedir la transmisión de calor entre la estructura del edificio y la barandilla de acero.

DETALLE DE LA ESTRUCTURA DE LA TERRAZA EN EL ENCUENTRO CON LA PUERTA DE LA TERRAZA Y EL FORJADO INFERIOR (SECCIÓN VERTICAL)



5.6 Detalle de la unión de la pared exterior con una cubierta inclinada (alero)

DETALLE DE LA ESTRUCTURA DE LA TERRAZA EN EL ENCUENTRO CON LA PUERTA DE LA TERRAZA Y EL FORJADO INFERIOR (SECCIÓN VERTICAL)



R Composición de la cubierta (desde el exterior):

- cubierta de chapa metálica (p. ej. 0,6 mm)
- capa separadora y de dilatación (malla espaciadora PE 1,4 mm)
- tablero de encofrado continuo de madera tratada en autoclave (p. ej. 25 mm) o tablero OSB de 22 mm
- capa transpirable y ventilada (p. ej. 0,6 mm)
- cámara de aire ventilada con estructura de celosía (p. ej. en el espacio de la estructura)
- tablero aislante PIR KOOLTHERM K3 (mín. 80 mm) fijado con tornillos SDC de sistema a los rastreles
- forjado suspendido superior con perfiles CD RIGIPS (paso máx. 1.200 mm) con aislamiento térmico de lana mineral 2 x 12,5 mm
- forjado suspendido inferior con perfiles CD RIGIPS (p. ej. siguiendo la pendiente de la cubierta)
- tablero OSB RIGIPS Firestop de 2 x 18 mm
- tablero de yeso laminado RIGIPS DFRIEH2 de 1 x 12,5 mm con machihembrado
- subestructura suspendida con perfiles de acero galvanizado SDK R-CD (50 mm)
- tablero de yeso laminado RIGIPS RB (A) con pintura (12,5 mm)

espesor total aprox.: 520 mm

W Composición del muro exterior (desde el exterior):

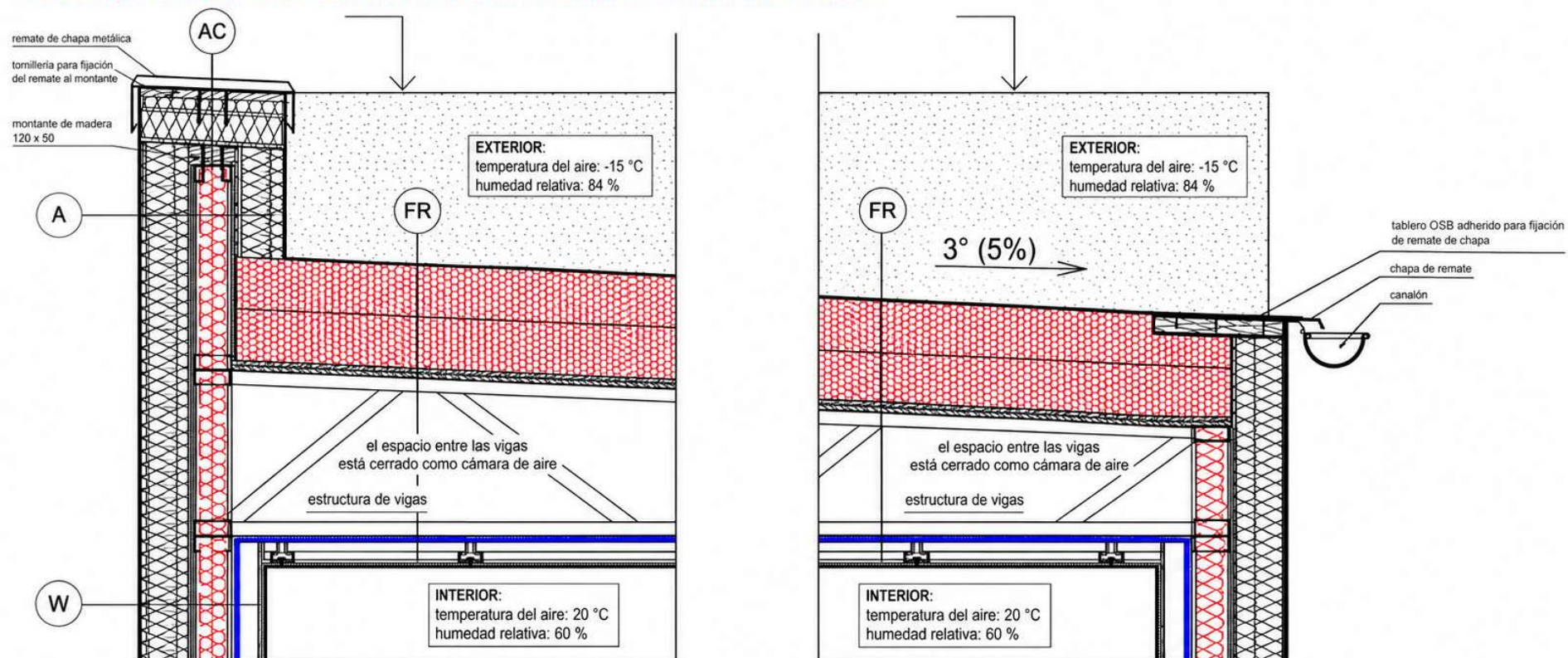
- SATE (sistema de aislamiento térmico por el exterior) – revoco fino, malla de refuerzo con fibra de vidrio, incluyendo adhesivo, aislamiento térmico ORSIL TF de 120 mm, espesor total 130 mm
- tablero de yeso laminado RigiStabil DFRIEH2 de 1 x 15 mm
- estructura de montantes metálicos de 89 mm (con aislamiento térmico en montantes ORSIL AKU de 80 mm)
- tablero de yeso laminado RigiStabil DFRIEH2 de 1 x 12,5 mm
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe
- capa de instalaciones con perfiles de acero galvanizado SDK R-CW (50 mm)
- tablero de yeso laminado RIGIPS RB (A) con pintura (12,5 mm)

espesor total: 310 mm

- tablero de fibra de madera ISOVER TF ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 1)
- tablero de fibra de madera ISOVER AKU o UNI ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 1)
- tablero PIR TOPDEK 022 PIR ($\lambda < 0,025 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 34)
- tablero EPS ($\lambda < 0,038 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 60)
- aislamiento Purenit ($\lambda < 0,08 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 8)
- tablero OSB Firestop PD
- perfil de acero en "C" de pared delgada 89 mm/40 mm, esp. 1,15 mm ($\lambda = 58 \text{ W/mK}$)
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe ($S_d = 20 \text{ m}$) colocada sobre la lámina impermeabilizante asfáltica ($S_d = 1500 \text{ m}$)
- tablero de yeso laminado RIGIPS DFRIEH2 de 1 x 15 mm y 12,5 mm ($\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 13), incl. tablero de yeso laminado RIGIPS RB (A) ($\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 9)

5.7 Detalle de la unión de la pared exterior con una cubierta plana (incluido el peto)

SECCIÓN VERTICAL DE CUBIERTA PLANA CON PETO EN TRES LADOS



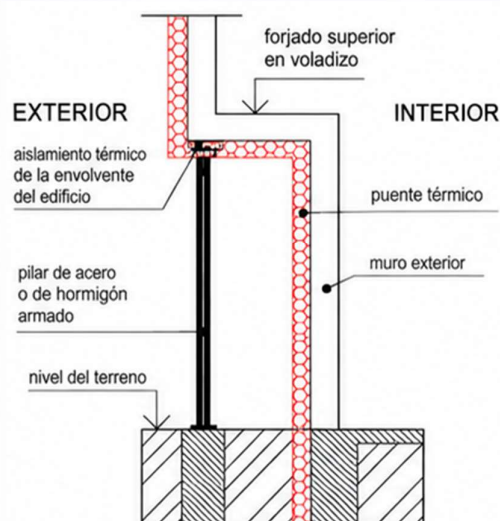
- FR** Composición de la cubierta plana (desde el exterior):
- lámina impermeabilizante de PVC-P con capa de refuerzo de tejido, espesor total 1,8 mm
 - capa separadora de 2 x EPS 150 S (100 mm cada una) con capa superior con bisel mecanizado 290 mm
 - tablero de madera RIGIPS DFRIEH2 (superior) de 12,5 mm
 - cámara de aire ventilada con rastreles cruzados (parte superior de las vigas, siempre mín. 60 mm)
 - tablero de yeso laminado RIGISTabil DFRIEH2 de 1 x 12,5 mm
 - barrera de vapor ISOVER XtraSafe
 - capa de instalaciones con perfiles de acero galvanizado SDK para fijación de tableros SDK (60 mm)
 - techo interior - tablero de yeso laminado SDK RB(A) con pintura (12,5 mm)
- espesor total aprox.: 380 mm

- A** Composición del peto (desde el exterior):
- SATE (sistema de aislamiento térmico por el exterior) – revoco fino, malla de refuerzo con fibra de vidrio, incluyendo adhesivo
 - aislamiento térmico ORSIL TF de 120 mm, espesor total 130 mm
 - tablero de yeso laminado RigiStabil DFRIEH2 de 1 x 15 mm
 - estructura de montantes metálicos de 89 mm (con aislamiento térmico en montantes ORSIL AKU de 80 mm)
 - tablero de yeso laminado RigiStabil DFRIEH2 de 1 x 12,5 mm
 - barrera de vapor ISOVER XtraSafe
 - capa de instalaciones con perfiles de acero galvanizado SDK (50 mm)
 - tablero de yeso laminado RIGIPS RB (A) con pintura (12,5 mm)
- espesor total aprox.: 380 mm

- AC** Composición de la estructura del peto (montaje vertical):
- remate de chapa metálica del peto con juntas solapadas, esp. 0,6 mm
 - rastreles de madera (tableros OSB) 2 uds. de 8 mm para fijación del remate de chapa
 - montante de madera 120 mm x 70 mm
 - relleno de aislamiento térmico 120 mm x 40 mm
 - estructura del peto con montantes de 89 mm (con aislamiento térmico en perfiles ORSIL AKU de 80 mm)

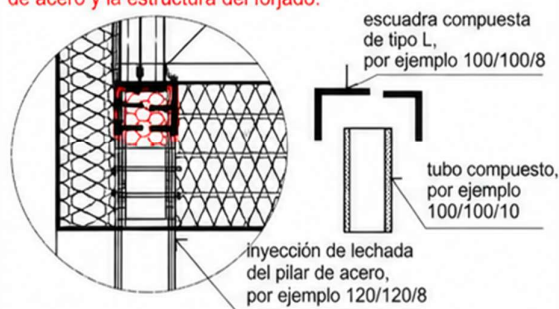
5.8 Detalle de la unión de una planta superior en voladizo con la pared exterior de la planta inferior, con apoyo mediante un pilar de acero

ESQUEMA DEL FORJADO SUPERIOR EN VOLADIZO (SECCIÓN VERTICAL)

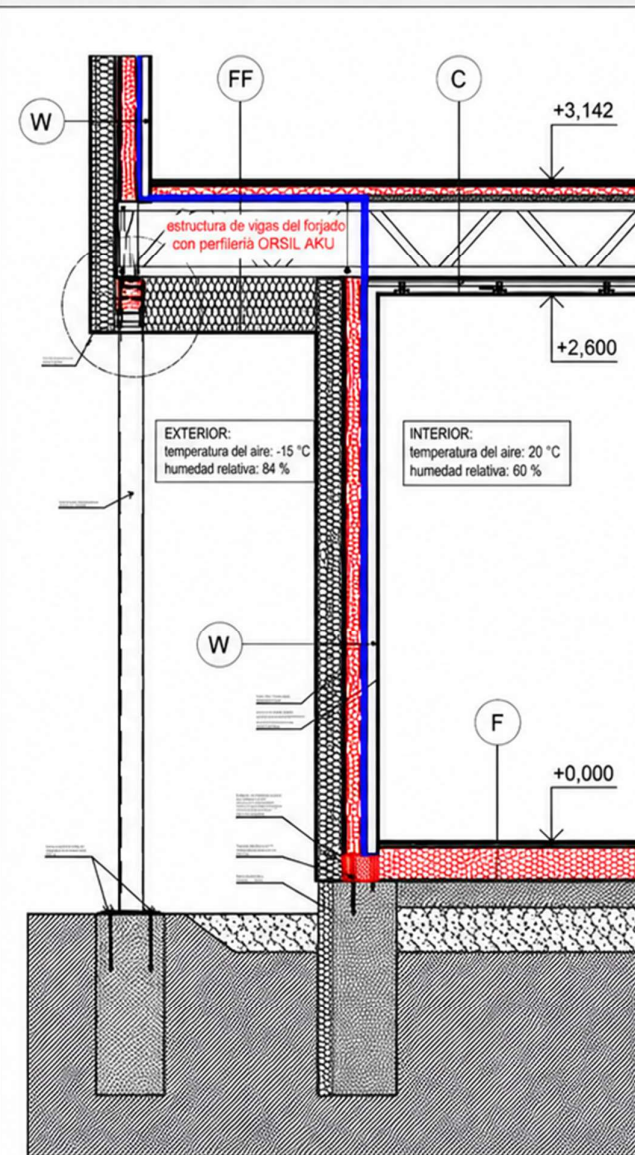


El detalle de la derecha muestra la estructura del forjado en voladizo apoyada en un pilar de acero. Dado que el pilar de acero es un muy buen conductor del calor, es necesario interrumpir este puente térmico con un material no conductor, utilizando un elemento compuesto situado en el plano del aislamiento térmico. En el ejemplo se muestra un soporte compuesto en forma de escuadra, con el pilar de acero anclado a su parte inferior; el extremo superior de la escuadra se fija después al forjado mediante escuadras compuestas. Ver detalle inferior.

Detalle de la interrupción del puente térmico entre el pilar de acero y la estructura del forjado.



DETALLE DEL PILAR DE ACERO QUE SOPORTA EL FORJADO SUPERIOR EN VOLADIZO (SECCIÓN VERTICAL)



- C** Composición del forjado entre viviendas (desde la vivienda superior):
- capa de acabado (p. ej. PVC, laminado o vinílico, esp. hasta 10 mm)
 - tablero de yeso laminado Rigidur 2 x 12,5 mm
 - tablero de fibra de madera (aislamiento acústico al impacto), p. ej. PAVATEX, 30 mm
 - tablero OSB de 2 x 18 mm
 - vigas del forjado
 - tablero de yeso laminado RigiStabil DFRIEH2 (1 x 15 mm)
 - subestructura suspendida del techo con perfiles de acero galvanizado SDK R-CD (50 mm)
 - tablero de yeso laminado Rigips RB (A) con pintura (1 x 12,5 mm)

espesor total máx.: aprox. 520 mm

- FF** Composición del forjado entre viviendas (desde la vivienda superior):
- capa de acabado (p. ej. PVC, laminado o vinílico, esp. hasta 10 mm)
 - tablero de yeso laminado Rigidur 2 x 12,5 mm
 - tablero de fibra de madera (aislamiento acústico al impacto), p. ej. PAVATEX, 30 mm
 - barrera de vapor ISOVER XtraSafe
 - tablero OSB de 2 x 18 mm
 - vigas del forjado
 - tablero de yeso laminado RigiStabil DFRIEH2 (1 x 15 mm)
 - subestructura suspendida del techo con perfiles de acero galvanizado SDK R-CD (50 mm)
 - tablero de yeso laminado Rigips RB (A) con pintura (1 x 12,5 mm)

espesor total máx.: aprox. 520 mm

- W** Composición del muro exterior (desde el exterior):
- SATE (sistema de aislamiento térmico por el exterior) – revoco fino, malla de refuerzo con fibra de vidrio, incluyendo adhesivo, aislamiento térmico ORSIL TF de 120 mm, espesor total 130 mm
 - tablero de yeso laminado RigiStabil DFRIEH2 de 1 x 15 mm
 - montantes metálicos de 89 mm (con aislamiento térmico en montantes ORSIL AKU de 80 mm)
 - tablero de yeso laminado RigiStabil DFRIEH2 de 1 x 12,5 mm
 - barrera de vapor ISOVER XtraSafe
 - capa de instalaciones con perfiles de acero galvanizado SDK R-CW (50 mm)
 - tablero de yeso laminado Rigips RB (A) con pintura (12,5 mm)

espesor total: 310 mm

- F** Composición del suelo (desde el interior):
- dos tableros de yeso laminado RigiStabil (2 x 12,5 mm)
 - aislamiento EPS 150 S (140 mm)
 - adhesivo para el suelo (10 mm)
 - capa de impermeabilización asfáltica modificada (4 mm)
 - losa de hormigón armado o solera de hormigón con capa de nivelación
 - subbase compactada (p. ej. grava triturada)

- tablero rígido de fibra de madera ISOVER TF ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 1)
- tablero de fibra de madera ISOVER AKU o UNI ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 1)
- tablero PIR TOPDEK 022 PIR ($\lambda < 0,025 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 34)
- tablero EPS ($\lambda < 0,038 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 60)
- tablero XPS ($\lambda < 0,037 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 50)
- bloque de espuma de vidrio FOAMGLASS PERINSUL ($\lambda < 0,08 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = muy alto)
- aislamiento de poliuretano ($\lambda < 0,08 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 8)
- tablero OSB Firestop PD
- perfil de acero en "C" de pared delgada 89 mm / 40 mm, esp. 1,15 mm ($\lambda = 58 \text{ W/mK}$)
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe ($S_d = 20 \text{ m}$) colocada bajo la lámina impermeabilizante asfáltica ($S_d = 1500 \text{ m}$)
- tablero de yeso laminado RIGIPS DFRIEH2 de 1 x 15 mm y 12,5 mm ($\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 13), incl. tablero de yeso laminado RIGIPS RB (A) ($\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m] = 9)
- hormigón armado
- subbase de grava
- terreno existente