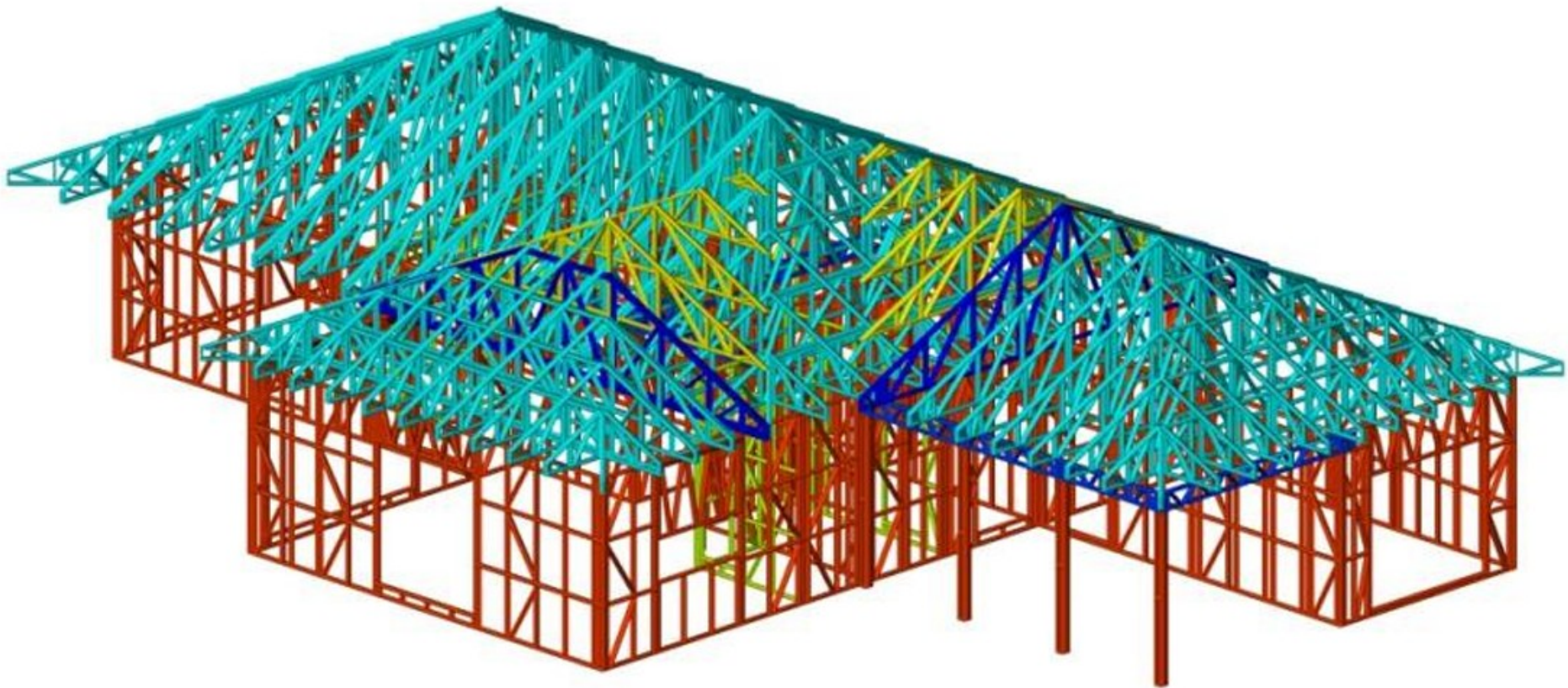


Código para el diseño de construcciones de sistemas estructurales de acero:



Contenido del código de diseño de construcciones de sistemas estructurales de acero:

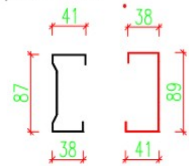
- | | |
|---|-----------|
| 1. ¿Qué es un sistema de construcción de acero? | página 3 |
| 2. Motivo de la elaboración del código para el diseño de estructuras de edificios y sistemas de acero | página 8 |
| 3. Diseño de estructuras de acero en el contexto de la ingeniería térmica | página 9 |
| 4. Principios generales del diseño de estructuras de acero y contexto relacionado | página 15 |
| 5. Anexos - detalles estructurales (críticos) del sistema de acero | página 19 |

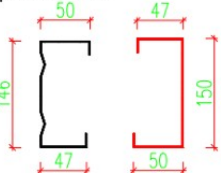
1. ¿Qué es un sistema de construcción en acero?

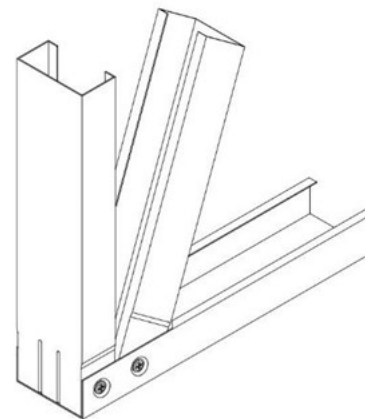
El sistema de construcción de acero es un sistema estructural completo para la fabricación y construcción de edificios residenciales, industriales y agrícolas. Se trata de un sistema de marcos (paredes) cuyos perfiles individuales de chapa de acero galvanizado, al unirse entre sí, dan lugar a una estructura relativamente rígida. La estructura de bastidor así formada se rellena con aislamiento térmico de fibra mineral en el siguiente paso, seguido de un revestimiento de doble cara con fibra de yeso o aglomerado de madera, formando así un núcleo rígido al que se aplican el revestimiento de aislamiento térmico exterior y las estructuras de revestimiento interior en la siguiente fase de ejecución. El procedimiento de revestimiento es idéntico al de los edificios de madera; la única diferencia es el material utilizado para el armazón: la chapa de acero antes mencionada.

Los perfiles (con una sección transversal en forma de C) se crean extruyendo gradualmente la bobina de acero original con una máquina conformadora. En la tabla siguiente se especifican las características básicas de la gama fabricada.

Detalle del contacto entre la columna, el puntal y la brida inferior

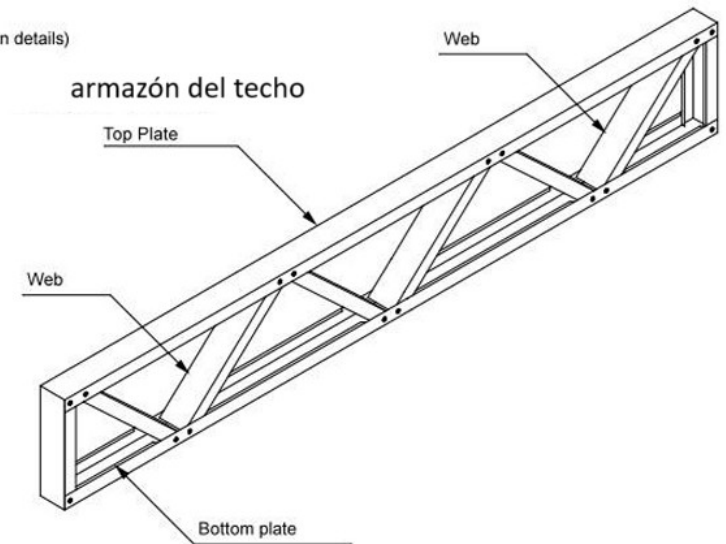
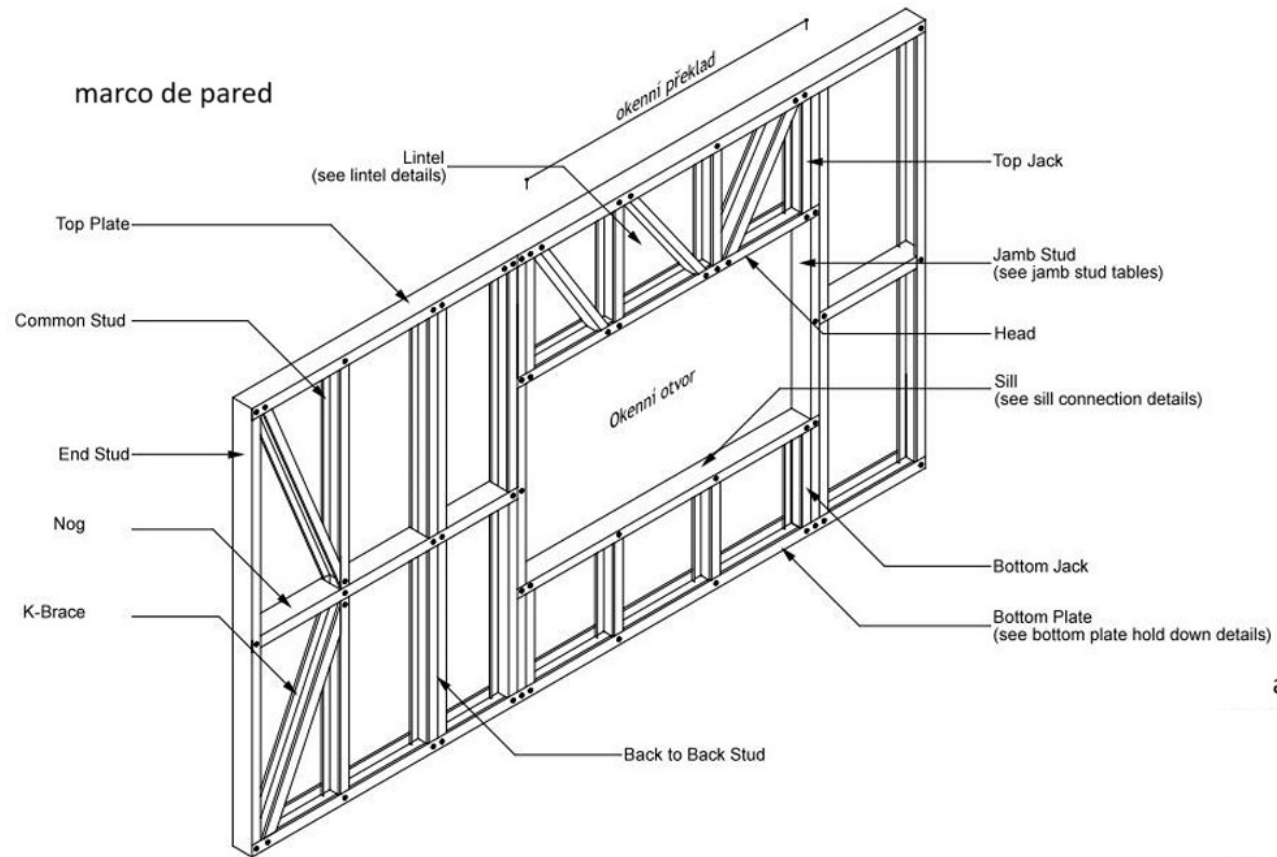
perfil C 89: 	espesor de la chapa	calidad del acero	peso/lbm	tratamiento superficial
	0.75 mm	S 550	1.107	Z 275
	0.95 mm	S 550	1.402	Z 275
	1.15 mm	S 550 / 350	1.697	Z 275
	1.55 mm	S 350	2.287	Z 275
	1.95 mm	S 350	2.878	Z 275

perfil C 150: 	espesor de la chapa	calidad del acero	peso/lbm	tratamiento superficial
	1.15 mm	S 350	2.390	Z 275
	1.95 mm	S 350	4.005	Z 275

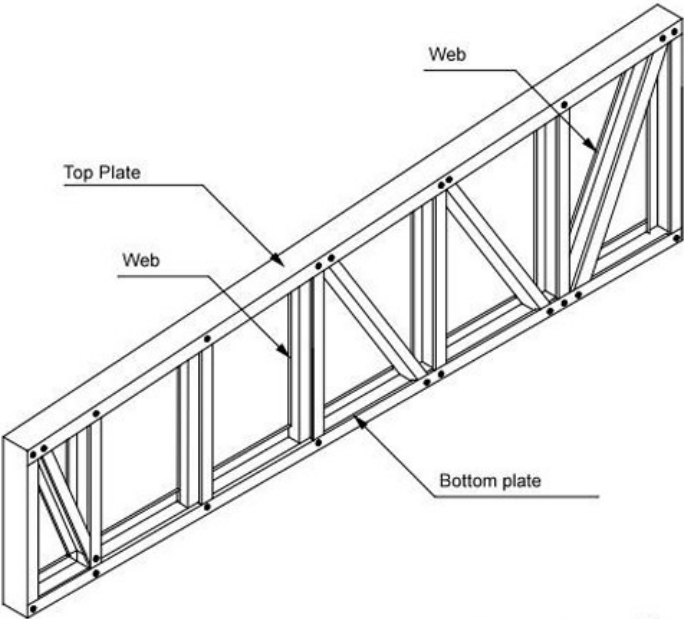


Los perfiles C 89 y C 150 se declaran perfiles portantes, es decir, forman elementos portantes estáticos del armazón de la pared y de la cercha de techos y tejados. Por supuesto, también pueden utilizarse como elementos de estructuras-cerchas no portantes. Cada serie de perfiles se fabrica siempre en dos formas y dimensiones ligeramente diferentes, debido a la posibilidad de conexión perfecta de un perfil con el otro - véase la imagen de detalle.

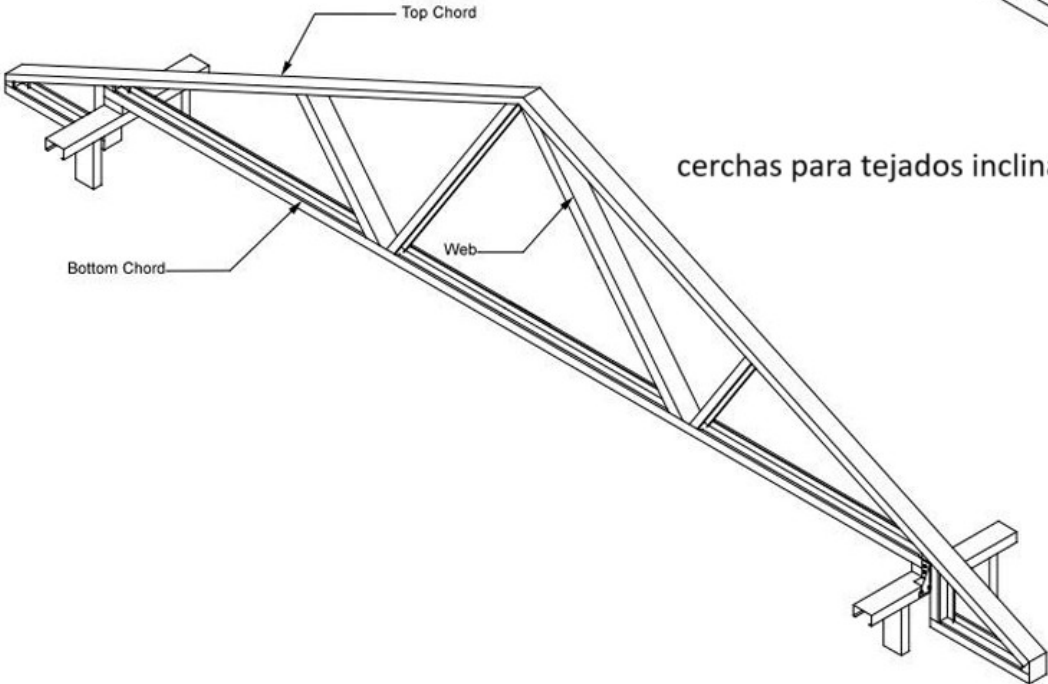
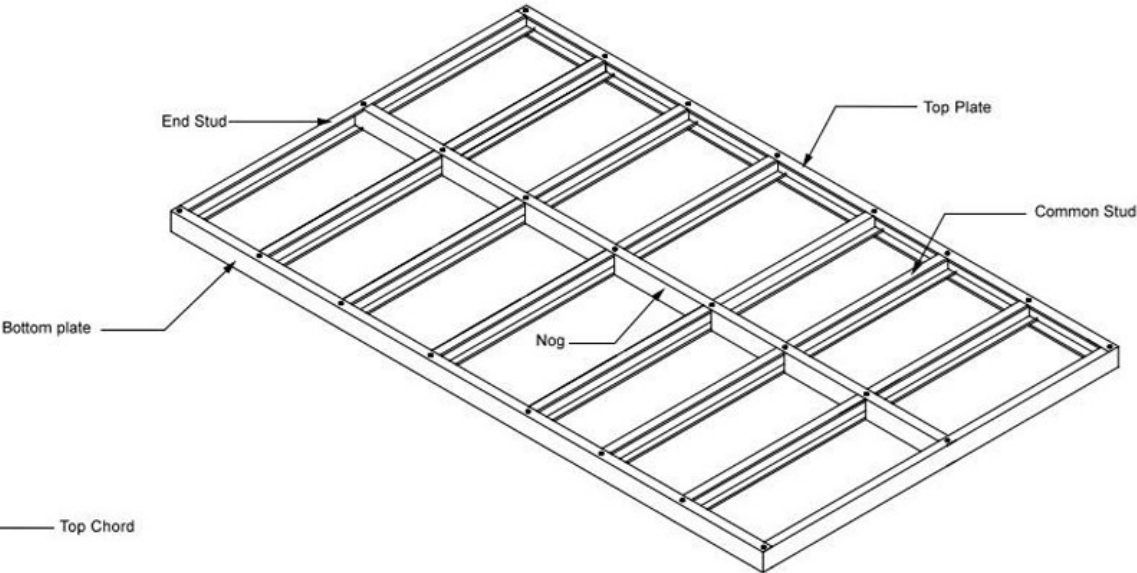
1.1 Nomenclatura de los elementos individuales del sistema de construcción de armazón



cercha del techo de un tejado inclinado



rigidizador adicional (superior) de la cercha « smartpanel»



cerchas para tejados inclinados

1.2 Requisitos de planeidad del sustrato para estructuras de pared

REQUISITOS PARA LA ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN

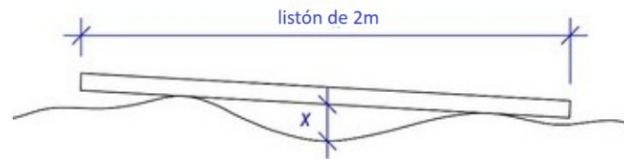
REQUISITOS PARA LA PRECISIÓN DE DISEÑO, RESISTENCIA Y DIMENSIÓN DE LA CIMENTACIÓN DE HORMIGÓN:

TODOS LOS REQUISITOS DE PLANEIDAD ESPECIFICADOS EN ESTE DOCUMENTO SE FIJAN EN UN VALOR MÁXIMO, LOS REQUISITOS DE DIMENSIÓN Y RESISTENCIA DEL SUSTRATO SE FIJAN EN UN VALOR MÍNIMO. LOS VALORES INDICADOS PARA LA BASE DE HORMIGÓN DEBERÁN CUMPLIRSE ANTES DE LLEVAR A CABO LA INSTALACIÓN.

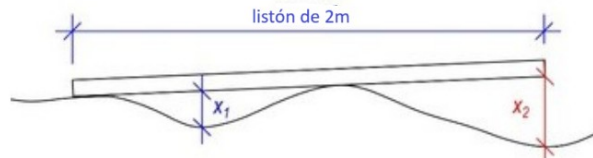
1.2.1: REQUISITOS DE PLANEIDAD DE LA SUPERFICIE PARA LA BASE DE HORMIGÓN

LA NIVELACIÓN DE LA SUPERFICIE SUPERIOR DE LA CIMENTACIÓN SE MEDIRÁ EN UN MÍNIMO DE 5 LUGARES POR CADA 100 m² DE CIMENTACIÓN, Y EN LUGARES POR DEBAJO DE LAS FUTURAS PAREDES DE LA CONSTRUCCIÓN SUPERFICIAL QUE SE MONTARÁN CON PERFILES FINOS DE ACERO.

LA RIGIDEZ DE LA CIMENTACIÓN SE MEDIRÁ MEDIANTE UNA PLANCHA DE 2,0 m DE LARGO SEGÚN LOS ESQUEMAS SIGUIENTES:



La desviación medida es la dimensión x



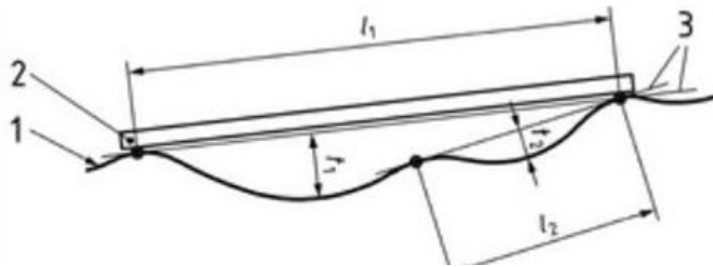
La desviación medida es la dimensión x_1 , la desviación x_2 no se tiene en cuenta

LOS VALORES MÁXIMOS DE LAS DESVIACIONES DE EQUILIBRIO SE ESTABLECEN PARA EL EQUILIBRIO DEL SUELO SUPERIOR GRANDE A 2,0 m DE LONGITUD:

- $X = 3,0$ mm CUANDO EL PERFIL DE CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA MONTADA SE ANCLA SIN BASE

- $X = 5,0$ mm CUANDO EL PERFIL DE CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA MONTADA SE ANCLA SIN BASE (LA BASE ELIMINA LAS DIFERENCIAS)

SE ESTABLECE UNA DESVIACIÓN MÁXIMA DE LA MEDIDA DE LA RELACIÓN DEL FINAL DE LA CUERDA DEL PISO PARA LA EQUIVALENCIA DE LA CUERDA DEL PISO SUPERIOR A 10,0 m DE LONGITUD:



1 superficie medida

2 listón de medición

3 plano de la cara inferior del listón de medición

l_1, l_2 longitud del listón de medición

t_1, t_2 magnitud de la desviación entre la superficie medida y la cara inferior del listón

- $t = 20$ mm SEPARACIÓN DE LONGITUD $l_1 = 10,0$ m

1.2.2: REQUISITOS PARA LA RESISTENCIA DE LA SUPERFICIE DE BASE DE HORMIGÓN:

SE REQUIERE UNA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN DE LA SUPERFICIE BASE DE MÍNIMO 25 MPa.

1.2.3: REQUISITOS DE RESISTENCIA DE LA SUPERFICIE DE LA BASE DE HORMIGÓN:

MIN. 180 mm es REQUERIDO.

LA RESISTENCIA DE LA BASE DE LA ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN SE REQUIERE PARA EL ANCLAJE DE LA ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN MONTADA MEDIANTE ANCLAJES MECÁNICOS O PEGADOS DE 10 mm o 12 mm DE DIÁMETRO. LA DIMENSIÓN Y LONGITUD DE LOS ANCLAJES SERÁN DISEÑADAS POR EL INGENIERO ESTRUCTURAL. EL ESPESOR DE LA CIMENTACIÓN SERÁ DISEÑADO POR EL INGENIERO ESTRUCTURAL EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE REQUERIDA, ESPESOR MÍNIMO DE LOS ANCLAJES. SIN EMBARGO, EL ESPESOR MÍNIMO DE LOS ANCLAJES DEBE SER DE 180 mm

PARA OPTIMIZAR EL ANCLAJE Y UNA MAYOR CAPACIDAD DE CARGA DE LOS ANCLAJES (O UNA MENOR LONGITUD DE LOS ANCLAJES), SE RECOMIENDA REFORZAR AMBOS LADOS DE LA ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN (TANTO EN LA SUPERFICIE INFERIOR COMO EN LA SUPERIOR) CON ARMADURA DE HORMIGÓN.

2. Motivo del desarrollo del código de diseño de sistemas estructurales de acero

Este código se desarrolló principalmente como una ayuda para los diseñadores-ingenieros con el fin de facilitar su conversión de las estructuras de los edificios propuestos en un sistema de acero. En general, el código debe contribuir así a la simplificación y unificación de su trabajo. El objetivo de este código no es abordar la estática como tal, sino proporcionar información sobre los resultados del diseño térmico y de humedad del sistema de acero que entra en el diseño de la estructura. En última instancia, incluso el mejor concepto estructural de una estructura de perfil portante de pared delgada tiene sus trampas en forma de la posibilidad de efectos negativos - puentes térmicos y también condensación indeseable en el sistema de envolvente del edificio. Estos efectos negativos interdependientes de la física del edificio son los que a menudo se pasan por alto en los montajes con estructuras portantes de acero. Se trata de un fenómeno lógico derivado de una propiedad física fundamental del acero, a saber, la elevadísima conductividad térmica del material (W/m.K). Por este motivo, las estructuras portantes de acero deben diseñarse de tal forma que estos puentes térmicos (uniones térmicas) en la estructura se eliminen siempre por completo y, de este modo, no sólo no supongan un mayor riesgo para el usuario, sino que, al mismo tiempo, no contribuyan a aumentar el consumo energético del edificio.

Por este motivo, el sistema se sometió a una evaluación estructural y física, mediante la cual se realizaron simulaciones para las temperaturas y humedades interiores de diseño correspondientes al espacio de la vivienda. Los resultados de estos análisis se presentan a continuación y en capítulos posteriores de este código.

La figura 1a muestra la solución óptima: la estructura de acero, aplicada de forma adecuada a un edificio sencillo, se «envuelve» completamente por el lado exterior con un aislamiento térmico eficaz* para evitar la transferencia de calor del espacio interior al exterior, haciendo hincapié en la supresión del acoplamiento térmico (inhomogeneidades) en la estructura envuelta.

Por otra parte, la figura 1b muestra una posible solución para evitar la transferencia de calor, pero esta compleja forma de edificio contiene muchos detalles constructivos difíciles que deben tenerse en cuenta antes de diseñar la estructura de acero y, por lo general, la estructura portante real debe adaptarse a ello; véanse las secciones siguientes.

Entre los aislantes térmicos eficaces (en relación con el acero) se encuentran también la madera y los perfiles compuestos, que no sólo se utilizan como barrera adecuada para evitar la transferencia de calor, sino que también, y sobre todo, permiten sustituir estructuralmente al acero allí donde podría producirse un puente térmico de la estructura de acero original.

Figura 1a: DISEÑO ÓPTIMO DE LA CONSTRUCCIÓN

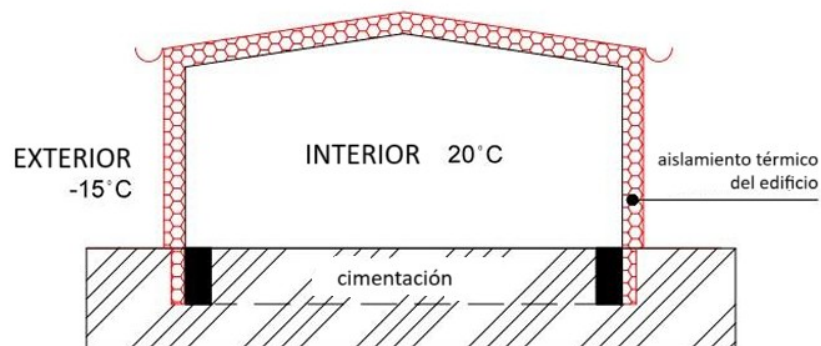
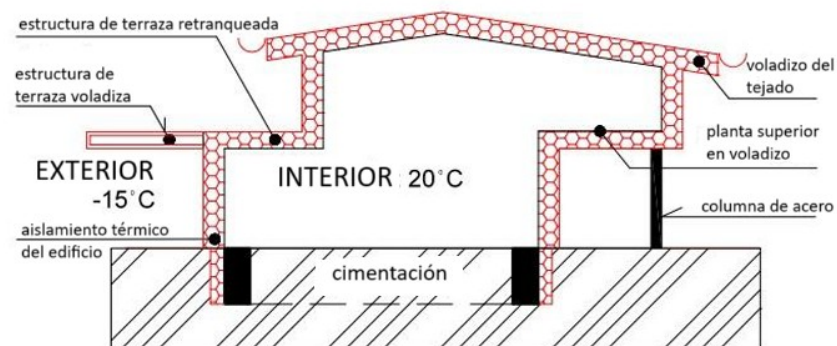


Figura 1b: CONSTRUCCIÓN ATÍPICA



*Se pueden considerar aislantes térmicos eficaces los materiales de construcción que tienen un valor de coeficiente de conductividad térmica (λ) igual o inferior a 0,04. Algunos de los más utilizados son: poliestireno expandido (EPS) y poliestireno extruido (XPS), basalto y lana de vidrio (MW), poliuretanos (PUR) y poliisocianuratos (PIR), tableros de fibras (DVD)....

3. Diseño de la estructura de acero frente a la ingeniería térmica

Como ya se ha mencionado en el capítulo anterior, el diseño de la estructura de acero está influido en gran medida por la tecnología térmica del edificio - en gran medida, el diseño considerado sólo está condicionado por el contexto obtenido a partir de los resultados de la simulación de los campos de temperatura en detalles (críticos) seleccionados de un edificio concreto.

En invierno, las temperaturas interior y exterior alcanzan el mayor gradiente de temperatura, lo que se traduce en los mayores flujos de calor a través de la envolvente del edificio (paredes, techos, tejado, suelo, rellenos de aberturas). Además, el flujo de calor a través de cada estructura está estrechamente relacionado con el flujo de humedad, que depende del gradiente de presión, es decir, de lo alta que sea la presión del aire, incluido el vapor de agua (parcial), en el interior del edificio en comparación con el exterior. El flujo de humedad no deseado a través de estructuras individuales puede controlarse o eliminarse eficazmente mediante el uso de barreras de vapor o el «apilamiento» correcto de materiales de alta resistencia a la difusión en la envolvente del edificio. De este modo, se puede evitar la condensación no sólo en la propia composición, sino especialmente en las zonas críticas en las que cabe esperar puentes térmicos. Con tales composiciones diseñadas de la envolvente del sistema de acero y, por supuesto, con los detalles esenciales del sistema, estamos seguros de que no hemos descuidado los requisitos energéticos del futuro edificio y, además, están bajo control las condensaciones indeseables en las composiciones y detalles, que provocarían la corrosión de los elementos metálicos, acortando así la vida útil de la estructura, pero también conducirían a la degradación especialmente de los materiales de aislamiento térmico en las composiciones y, por lo tanto, a un aumento del consumo energético del edificio.

Por lo tanto, para evitar los efectos anteriores, es necesario seleccionar y utilizar correctamente una capa SIEMPRE CONECTADA de barrera de vapor o retardador de vapor (véanse las figuras 2a + 2b) en las estructuras, que se inserta lo más cerca posible de la superficie interior (interior) de la estructura y, de este modo, retiene o elimina significativamente la cantidad de flujo de humedad hacia el interior de la estructura. Por el contrario, el aislamiento térmico se coloca lo más cerca posible de la superficie externa (exterior) de la estructura, con lo que se evita la pérdida de calor hacia la superficie interior calentada y también se aísla eficazmente la estructura de acero de los efectos de las bajas temperaturas exteriores, con lo que se minimiza el efecto de los puentes térmicos y las uniones.

Figura 2a INSTALACIÓN DEL TECHO PARASÓLIDO Y AISLAMIENTO TÉRMICO EN LA CONSTRUCCIÓN AUCLÁNICA DE UN SOLO EDIFICIO (REAL)

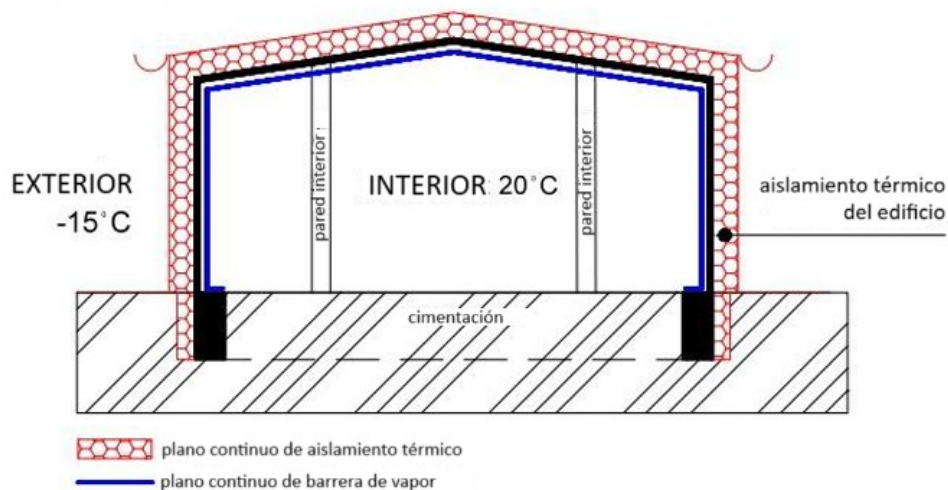
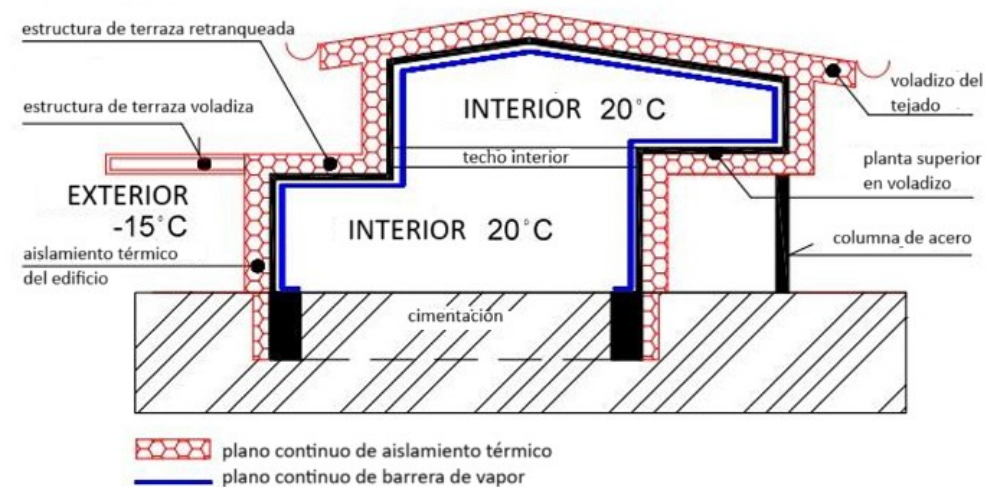


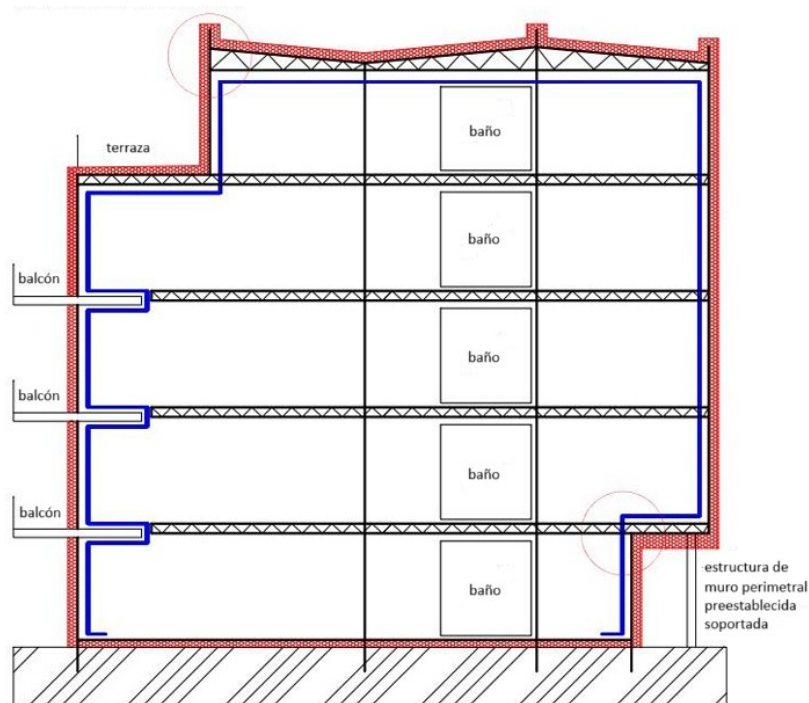
Figura 2B INSTALACIÓN DE UNA CUBIERTA PARASÓLIDA Y AISLAMIENTO TÉRMICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO ATÍPICO



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 lugares de condensación de vapor de agua en la superficie y el interior de la estructura- sólo si está perfectamente «sellado» con capas de barrera de vapor y una capa de aislamiento térmico funcional. Mientras que el aislamiento térmico del edificio sigue la forma exterior de la envolvente, el plano de la barrera de vapor (barrera de vapor) debe realizarse en algunos casos, especialmente en el caso de estructuras en voladizo o empotradas, como una capa plegada para que, no obstante, sea perfectamente continua y se elimine el riesgo de una zona de condensación en la estructura.

Ejemplos típicos (críticos) de ello son, por ejemplo, las estructuras en voladizo (balcones, miradores) o empotradas (plantas bajas retranqueadas). Esto se ilustra en la figura 3. Además, para la conexión de estructuras internas (paredes y tabiques) con estructuras externas (tejados) que separan el interior del exterior, EN LA INTERSECCIÓN DEL ESPACIO EXTERIOR CON EL EXTERIOR, debe garantizarse que la capa de barrera de vapor (barrera de vapor) de las estructuras externas esté siempre conectada. Esto se consigue insertando una tira de barrera de vapor (barrera de vapor) en el punto de conexión. Esto hace que el punto de conexión sea hermético y evita la entrada de vapor de agua en la estructura en el punto de conexión. Precisamente estos detalles de la conexión de los elementos individuales pueden tener una gran influencia en el diseño estructural de toda la estructura de acero. La figura 4 muestra, aunque sólo esquemáticamente, un detalle de la posible conexión de dos unidades estructurales separadas de este tipo con una tira de barrera de vapor incrustada (barrera de vapor) con la posterior conexión estructural de los dos componentes (por ejemplo, mediante ángulos y pernos).

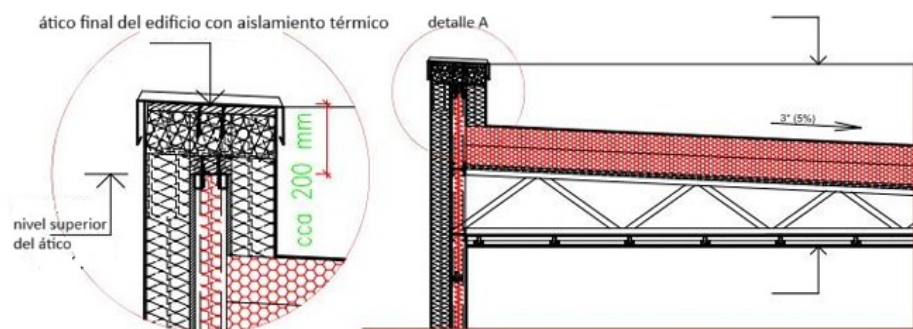
Figura 3 UBICACIÓN DE LA CUBIERTA PARASÓLIDA Y DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO DE ESCALA MÚLTIPLE



La figura 3 muestra esquemáticamente la continuidad de las capas de barrera de vapor y aislamiento térmico en un edificio de varias plantas construido con el sistema de acero. Como ya se ha mencionado anteriormente, toda la estructura de soporte debe estar suficientemente «envuelta» con aislamiento térmico por el exterior, incluidas las estructuras verticales y horizontales que sobresalen (por ejemplo, áticos, ampliación de plantas). La excepción en este caso son las vigas de los balcones, que, debido al material utilizado (madera), no suponen un riesgo de aumento de la transferencia de calor desde el punto de vista de la ingeniería térmica. Sin embargo, para minimizar la difusión de vapor de agua en el detalle entre la estructura de acero del techo y las vigas de madera del balcón, también es necesario separar estas estructuras entre sí y utilizar una barrera de vapor adecuada en este punto (barrera de vapor).

En los edificios residenciales en los que se suponen condiciones de humedad similares (ambiente entre apartamentos), podemos suponer que los espacios con un aumento repentino pero a corto plazo de la humedad relativa (funcionamiento de baños y cocinas) estarán suficientemente ventilados de forma natural (ventanas) o forzada (extracción) y el aumento de humedad a corto plazo no contribuirá de forma significativa a la acumulación de vapor de agua en la estructura. Basándonos en este hecho, no solemos diseñar una barrera de vapor en estas estancias. Si aún así es un requisito del proyectista del edificio instalar una barrera de vapor (barrera de vapor) en los cuartos de baño, recomendamos que el revestimiento de las paredes y techos de estas habitaciones con placas Rigips Hsd, que realizan tanto la función de soporte de carga como la de barrera de vapor (A pesar de lo anterior, recomendamos la evaluación térmica y de humedad de la composición y detalle en estos casos).

Figura 5 REALIZACIÓN DE ÁTICOS CON AISLAMIENTO TÉRMICO "ENVOLVENTE"



La figura 5 señala que al diseñar la estructura del ático, es necesario distinguir la altura de la estructura del ático de la altura final (requerida) del edificio por diseño

Figura 4 VARIACIÓN DE LA CONEXIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DEL GRADO EN EL ACCESO A LA BARRERA DE VAPORES PUNTO DE ACCESO

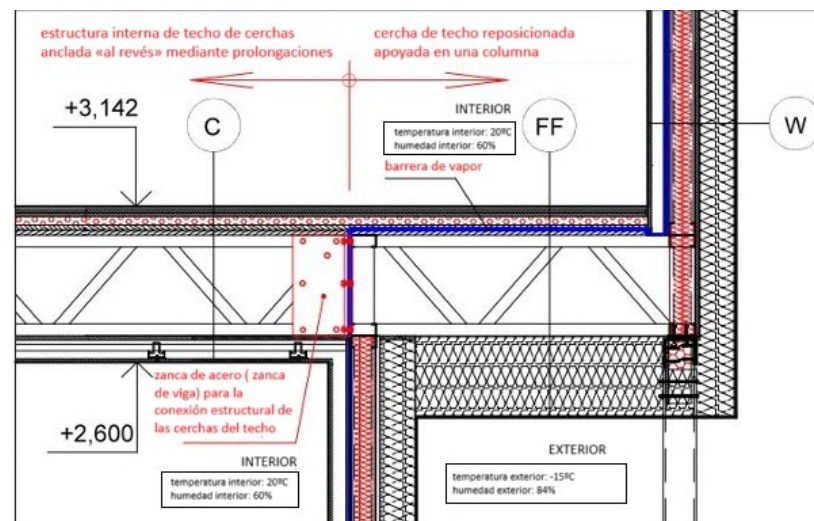
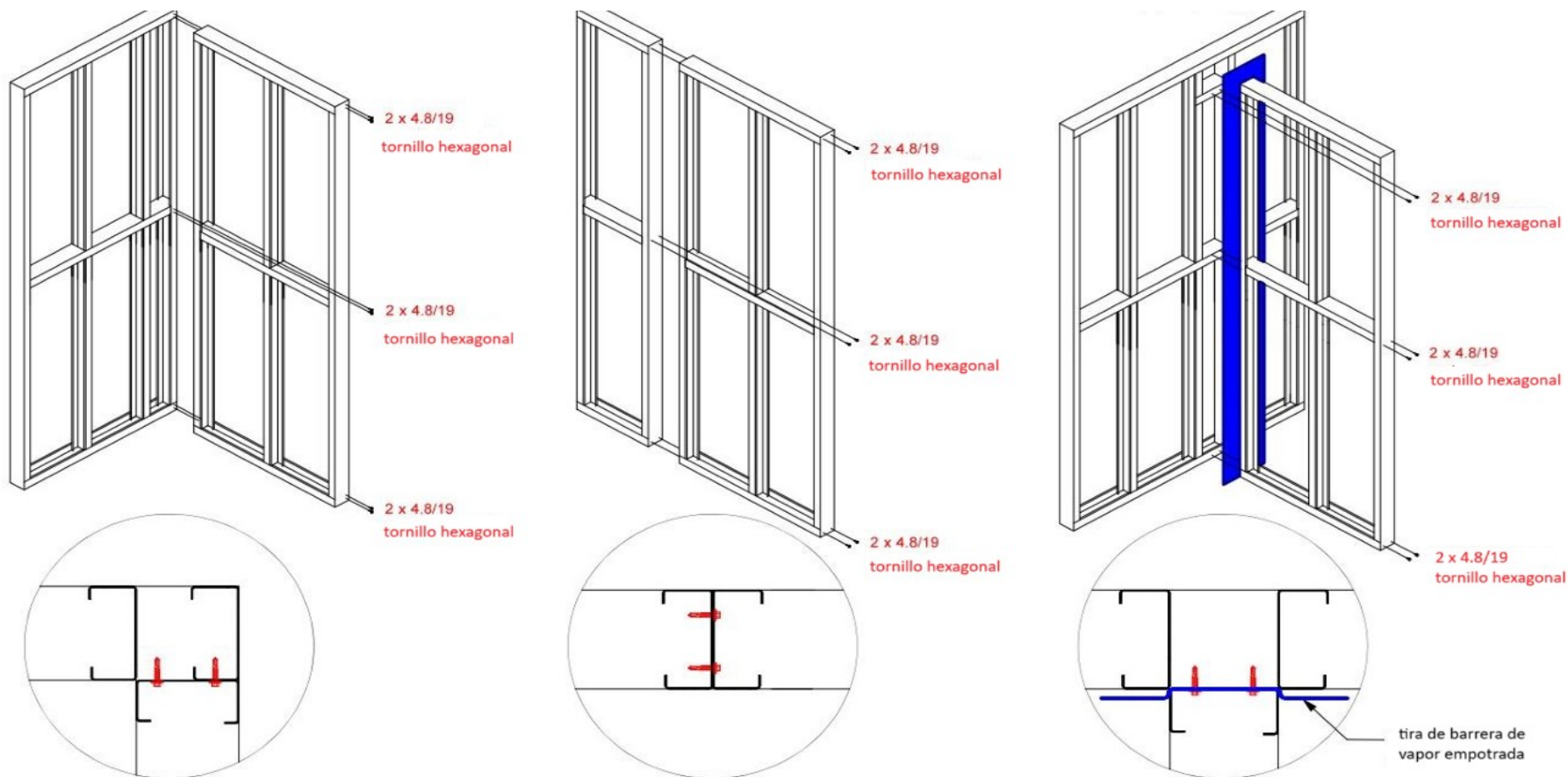


Fig. 6 MUESTRA DE LA UNIÓN DEL MARCO DE PARED ÚNICO, INCLUIDA LA INSERCIÓN DEL PÁRRAFO

MUROS PERIMETRALES - CONEXIÓN DE ESQUINA

MUROS PERIMETRALES/DE CARGA - CONEXIÓN TRANSVERSAL

CONEXIÓN MURO/LOSA - CON MURO PERIMETRAL
- conexión perpendicular (unión en T)



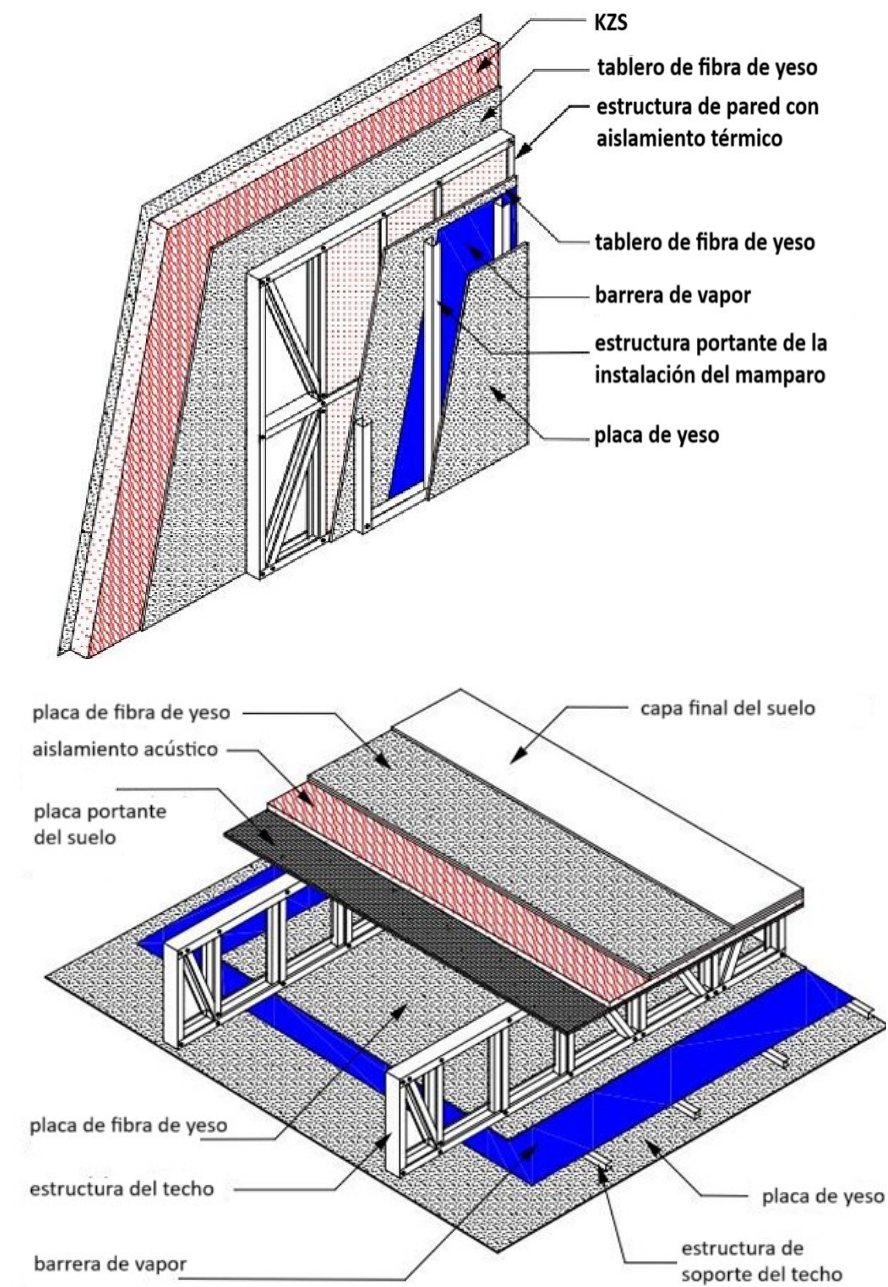
- en todas las variantes que se muestran a continuación, los marcos de pared individuales se unen mediante un mínimo de 6 tornillos

AVISO IMPORTANTE DURANTE LA EJECUCIÓN

- Al conectar paredes y tabiques interiores a las paredes perimetrales (así como al conectar paredes y tabiques a las cerchas del tejado), es necesario insertar una tira de barrera de vapor en este contacto durante la instalación antes del atornillado propiamente dicho. Si no se hace así, aumenta el riesgo de condensación en la estructura, como se ha mencionado anteriormente.

- Cuando los marcos de pared se colocan en posición vertical, deben estabilizarse (fijarse) inmediatamente con abrazaderas de carpintero o en combinación con puntales espaciadores provisionales. Las abrazaderas sólo pueden retirarse después de la aplicación final de los dispositivos de anclaje y fijación o de las placas de contacto. Si los marcos de pared no están fijados entre sí, existe riesgo de lesiones para los trabajadores en caso de caída.

Figura 7 UBICACIÓN GENERAL DE LAS LÍNEAS INDIVIDUALES Y SUS FUNCIONES EN LOS CONJUNTOS ESTRUCTURALES



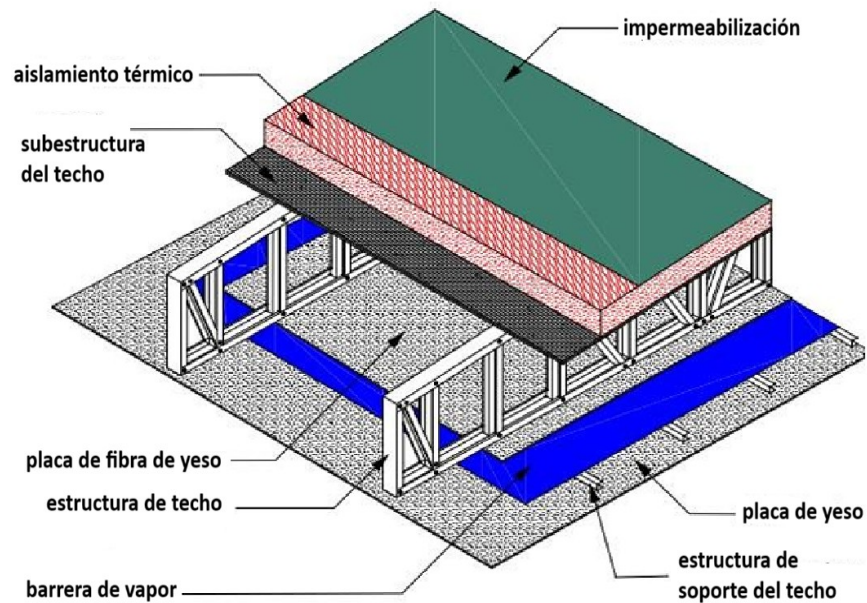
Composición de la pared perimetral (desde el exterior)

Capa	Funciones en la composición estructural	Espesor habitual de los paneles / elementos
KZS - sistema de aislamiento térmico por contacto (enlucido de capa fina, lana adhesiva, aislante térmico, lana adhesiva, elementos de anclaje)	- protección (contra la exposición a la intemperie) - aislamiento térmico - protección contra incendios (si se utiliza aislamiento MVV)	a partir de 120 mm
placa de fibra de yeso	- parcialmente estática - soporte para la instalación de la KZS - resistente al fuego	15 mm
estructura portante, incluido el aislamiento ISOVER empotrado	- estática - aislamiento térmico	89 mm
placa de fibra de yeso	- parcialmente estática - soporte para instalación de barrera de vapor - resistente al fuego	12.5 mm
barrera de vapor	- barrera continua contra la penetración de vapor de agua en la estructura	hasta 1 mm
rejilla de soporte del mamparo de instalación	- estática - espacio para las instalaciones de cableado (agua, calefacción, electricidad) - base para el montaje de placas de yeso interior	a partir de 50 mm
placa de yeso	- visual funcional - resistente al fuego (en caso de utilizar cartón RED)	12.5 mm

Composición habitual del suelo entre los espacios con calefacción (desde arriba)

Capa	Funciones en la composición estructural	Espesor habitual de los paneles / elementos
capa final del suelo - PVC, laminado, vinilo, corcho, moqueta	- footing («walking») - aislamiento térmico parcial	normalmente hasta 12 mm
placa de fibra de yeso	- distribución - subsuelo para la instalación del revestimiento final del suelo - resistente al fuego	2x 12.5mm
aislamiento acústico	- atenuación del ruido de pasos - base para la instalación de la capa de distribución - aislamiento térmico	30mm
placa portante del subsuelo de la estructura del suelo	- estática - resistente al fuego (si se utilizan tableros OSB Firestop o Cetris)	2x 18mm
estructura de soporte de carga	- estática	a partir de 350mm
placa de fibra de yeso	- parcialmente estática - base para la instalación de la barrera de vapor - resistente al fuego	12.5mm
barrera de vapor	- barrera continua contra la penetración de vapor de agua en la estructura (en el caso de un espacio con una suposición de ambientes aproximadamente iguales (entre interiores) y baja humedad del aire, se suele prescindir de su colocación en la estructura del techo - la idoneidad de la colocación la decide el arquitecto del proyecto)	hasta 1 mm
rejilla de soporte de la estructura del subsuelo	- estática - espacio para las instalaciones de cableado (agua, calefacción, electricidad) - una base para la instalación de placas de yeso interior	a partir de 50mm
placa de yeso	- visualmente funcional - resistente al fuego (en caso de utilizar placa R)	12.5mm

Composición de un techo plano con una disposición clásica de capas (desde el exterior)

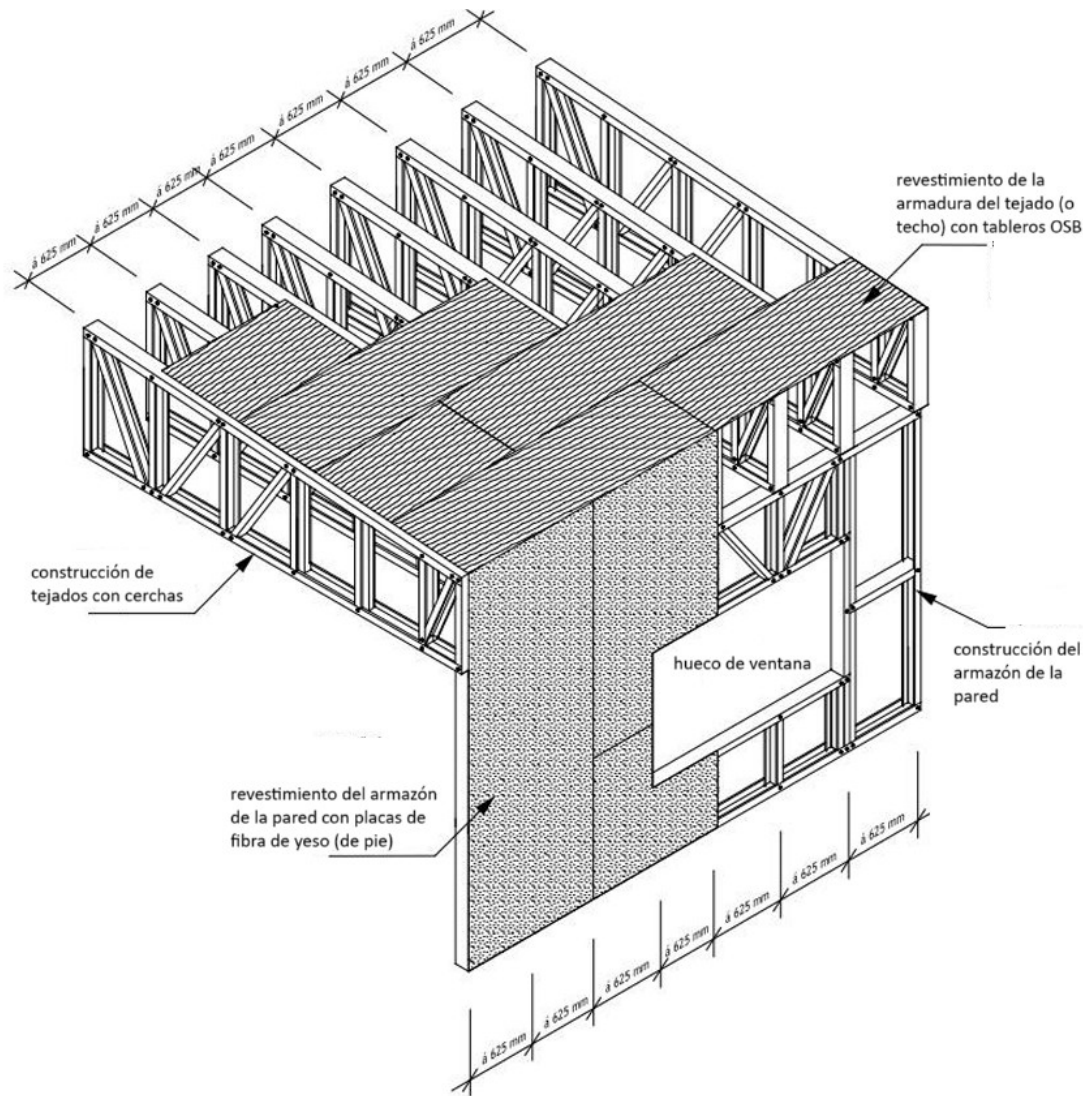


Capa	Funciones en la composición estructural	Espesor habitual de los paneles / elementos
tiras impermeabilizantes asfálticas o de lámina	- protectora (contra la intemperie, especialmente contra los efectos del agua de lluvia)	hasta 4 mm
aislamiento térmico	- aislamiento térmico - protección contra incendios (si se utiliza aislamiento MVV)	a partir de 260 mm
placa base de soporte de carga	- estática - resistente al fuego (si se utilizan placas OSB Firestop o Cetrís)	desde 36 mm (napf. 2 x 18 mm)
estructura de cerchas	- estática - gradiente	a partir de 350 mm
placa de fibra de yeso	- parcialmente estática - soporte para instalación de barrera de vapor - resistente al fuego	12.5 mm
barrera de vapor	- barrera continua contra la penetración de vapor de agua en la estructura	hasta 1 mm
rejilla de soporte para la estructura del techo	- estática - espacio para instalaciones de cableado (agua, calefacción, electricidad) - soporte para la instalación de la placa de yeso interior	a partir de 50 mm
placa de yeso	- visualmente funcional - resistente al fuego (en caso de utilizar placas RED)	12.5 mm

Tabla 1: DIMENSIONES DE PRODUCCIÓN APLICABLES GENERALMENTE DE LOS MATERIALES DE TABLERO PARA REVESTIMIENTOS

Tablero / fabricante	Revestimiento	Gama dimensional (grosor/longitud/anchura)
Placa de yeso RB (A) / Rigips	- sólo para el revestimiento de tabiques interiores y sofitos	12.5 / 2000 / 1250
Tablero de fibra de yesoDFRIEH2 Rigistabil (tablero estructural / Rigips)	- para el revestimiento de doble cara de la pared de armazón	12.5 / 1800 / 1250 12.5 / 2000 / 1250 12.5 / 2200 / 1250 12.5 / 2650 / 1250 12.5 / 2750 / 1250 15 / 2750 / 1250
Tablero OSB (OSB) / EGGER	- para el revestimiento superior de cerchas de techo y tejado	15 / 2500 / 1250 18 / 2500 / 1250 22 / 2500 / 1250 25 / 2500 / 1250
Firestop (OSB) / KRONOSPAN (resistencia al fuego ampliada)	- para el revestimiento superior de cerchas de techo y tejado	16 / 2500 / 625

4. Principios generales del diseño de estructuras de acero y contexto relacionado



La distancia axial (modular) de las secciones C en los marcos de las paredes corresponde a 625 mm. Esta distancia viene determinada por las dimensiones de fabricación de los materiales de panel que utilizamos para el revestimiento de paredes, techos y tejados de las estructuras de acero.

La misma distancia, o múltiplos de ella, se encuentra también entre los ejes de las cerchas de techo y tejado - véase la figura 8.

Los armazones de acero se revisten con dos materiales en particular: tableros de fibra de yeso (SDV) o de yeso laminado (SDK) y tableros de virutas de madera (OSB), cuyas dimensiones de fabricación más habituales se especifican en la tabla 1 - véase más arriba.

Utilizamos placas de fibra de yeso o cartón yeso sólo para el revestimiento de construcciones verticales, es decir, paredes y tabiques, donde la placa se coloca en todo su perímetro y en la mitad de su longitud anclada a la estructura de acero. Si se utiliza para revestir estructuras de techo horizontales o inclinadas, debe garantizarse que no haya otras cargas sobre la placa debido a su relativa fragilidad.

Los tableros de aglomerado de madera se utilizan allí donde no se pueden utilizar los tableros de fibra de yeso (placas de yeso laminado), por lo que su dominio es el revestimiento de construcciones de techos y cubiertas, donde es posible anclar estos tableros en soportes (cerchas) y al mismo tiempo exigir la transferencia de cargas adicionales fuera de los soportes. Por lo general, los tableros OSB se colocan en 2 capas superpuestas (mín. 2x15 mm) y se anclan entre sí con tornillos, mientras que la colocación de la segunda capa de tableros se realiza doblando «por la mitad un tablero» - de forma similar a la rebocadura de la mampostería. Si la estructura del techo separa dos pisos, se recomienda separar los tableros OSB con una capa completa de, por ejemplo, Miralon.

La instalación de los tableros se basa siempre en las normas de montaje (tecnológicas) del fabricante específico. En general, las placas de fibra de yeso (para el revestimiento de paredes) se instalan «verticalmente», es decir, con su eje longitudinal paralelo a los montantes verticales, mientras que los tableros de aglomerado (para el revestimiento de tejados y techos) se instalan con su eje longitudinal perpendicular a los ejes de las estructuras de celosía. Por este motivo, es necesario tener en cuenta las distancias axiales (modulares) de las estructuras individuales a la hora de diseñar la estructura de acero, de modo que el corte de las placas se reduzca al mínimo y las juntas entre las placas estén siempre sobre el perfil.

Figura 8 Revestimiento de paredes de armazón y estructura de cubierta de chapa con los materiales de tablero necesarios

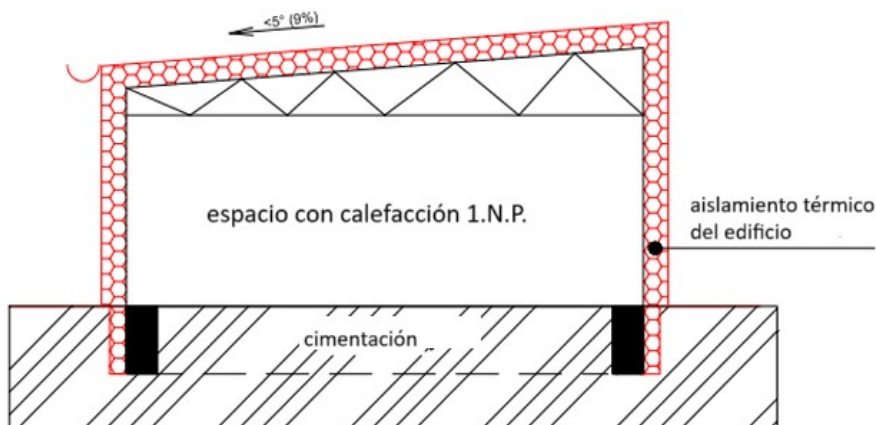
4.1 Construcción de tejados

El factor principal en la distribución de cubiertas a efectos de diseño estructural es su inclinación, distinguiendo entre:

- cubiertas planas (inclinaciones del 2% al 8,5%, es decir, hasta 5°), la inclinación óptima para el diseño de cubiertas es a partir del 4%
- para evitar la formación de charcos - tejados inclinados (por encima de 5°)

A la hora de diseñar un tejado con estructuras de acero, es necesario tener en cuenta los pros y los contras del tipo de tejado específico - véanse las Fig. 9a + 9b, que se enumeran claramente a continuación:

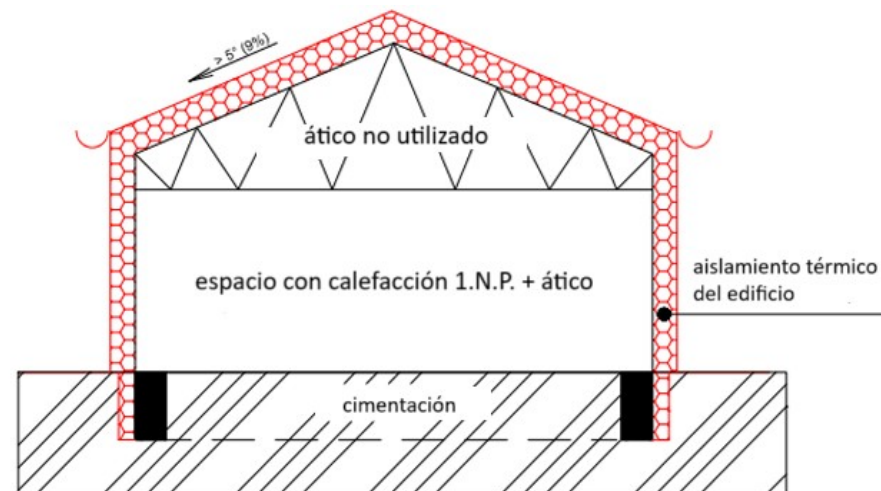
Figura 9a DISEÑO ESQUEMÁTICO DE LA CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTA PLANA



Pros:

- poca inclinación del tejado (cerchas bajas) = ahorro de costes durante la construcción
- cerchas bajas = menor volumen de espacio calentado
- la viga del tejado también actúa como techo

Figura 9b ESQUEMA DE LA CONSTRUCCIÓN CON CUBIERTA INCLINADA



Contras:

- mayor inclinación del tejado (cercha más alta) = mayores costes de construcción
- mayor volumen de espacio calefactado
- la construcción de la cercha impide el uso funcional del ático

De lo anterior se deduce que la variante de la Fig. 9a, es decir, un tejado plano con una cercha baja, parece ser la óptima para el diseño del tejado. Rara vez proponemos la construcción de tejado inclinado con cerchas de la Fig. 9b de construcción de acero, en caso de que se exija cumplir la normativa pertinente en la obra (requisito de tejado inclinado) o en caso de que el inversor exija utilizar un tejado de tejas plegadas, en el que se exigen inclinaciones de aprox. 30°. El cuadro 2 muestra los distintos tipos de cubiertas de tejado utilizados en función de la inclinación del tejado.

Del diagrama mostrado en la figura 10c, podría deducirse fácilmente que el diseño es incorrecto, que aislando las paredes de la 1ª planta. y el techo bajo el ático sin calefacción, se eliminaría la necesidad de calentar este espacio - sin embargo, esta solución es completamente errónea, ya que en la zona marcada (señalada como punto crítico en la figura = el límite entre la parte calefactada y no calefactada del edificio), los perfiles de acero de pared delgada en la interfaz entre la pared y la cercha del tejado experimentarán una enorme transferencia de calor desde el interior y la subsiguiente condensación de vapor de agua. La consecuencia de ambos fenómenos será, por un lado, el enfriamiento de los muros en invierno, la acumulación de condensado en su composición y la consiguiente formación de moho. En base a lo anterior, evitamos en principio esta propuesta y procedemos como sigue al diseño de la Figura 10d.

Figura 10c CONCEPTO FALSO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL TEJADO INCLINADO

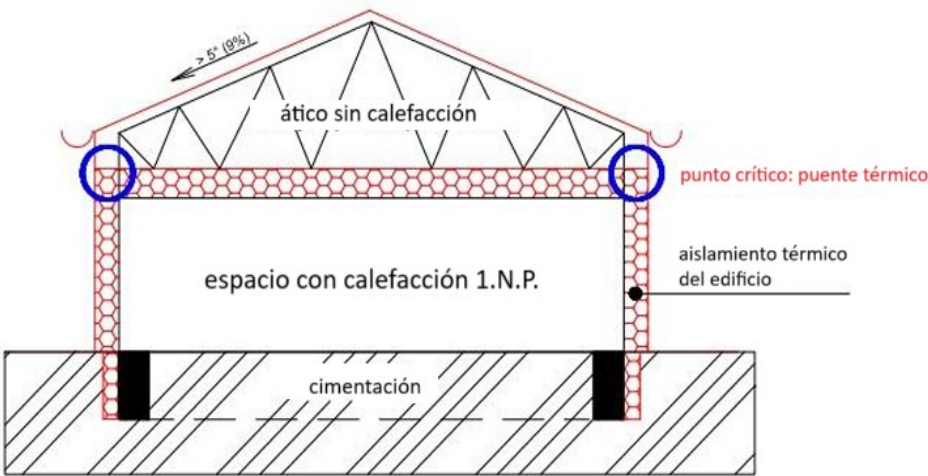
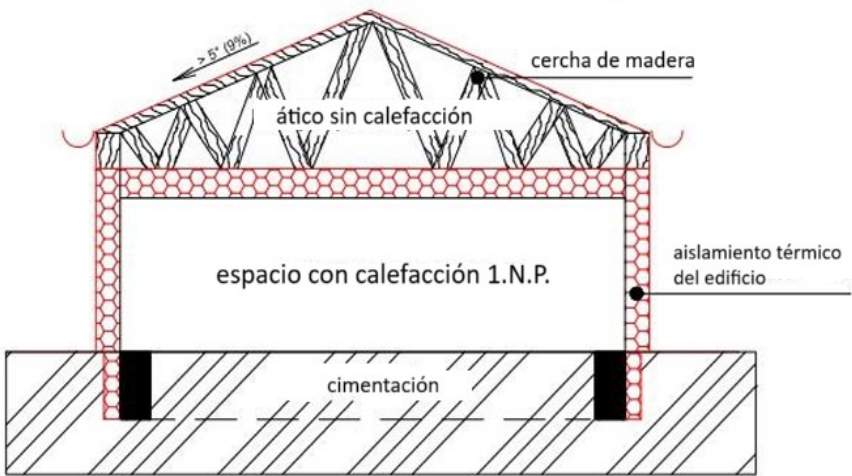


Figura 10d CONSTRUCCIÓN CORRECTA DE UNA CUBIERTA DE MADERA
CONSTRUCCIÓN DE UNA CUBIERTA DE VIDRIO (UTILIZANDO CONSTRUCCIÓN HÍBRIDA)



Por lo general, se deduce que si una estructura de paredes finas está inadecuadamente protegida - «envuelta» con un aislamiento térmico de grosor insuficiente- o si hay contacto directo entre la estructura aislada y la refrigerada sin que este puente térmico se interrumpa adecuadamente, llegamos a sus límites de diseño al proyectar estos elementos. La forma de salir de esta situación es sustituir el acero por otro material menos conductor: madera o material compuesto. La estructura de la cercha del tejado puede ser preferiblemente de madera y conectarse a la estructura de acero de pared delgada de la planta baja mediante herrajes de carpintería adecuados, lo que da lugar a las denominadas estructuras «híbridas» en el diseño (véase la figura 10d).

Tabla 2 MATERIALES MÁS UTILIZADOS EN CUBIERTAS DE TEJADOS Y SU RELACIÓN CON LA VIGENCIA MÍNIMA DEL TEJADO

Tipo de techo	Material de cubierta	Inclinación mínima
- techo plano	- PVC, tejado de asfalto	3% (= 1.7°)
- techo inclinado	- chapa con junta alzada (rollo continuo desde la cumbrera hasta el alero)	7° (= 12.3%)
	- chapa trapezoidal (elemento continuo desde la cumbrera hasta el alero)	10° (= 17.7%)
	- cubierta de tejas (cerámicas y de hormigón) (con bajo cubierta impermeable)	30° (= 58%) /20° (= 36.5%)/

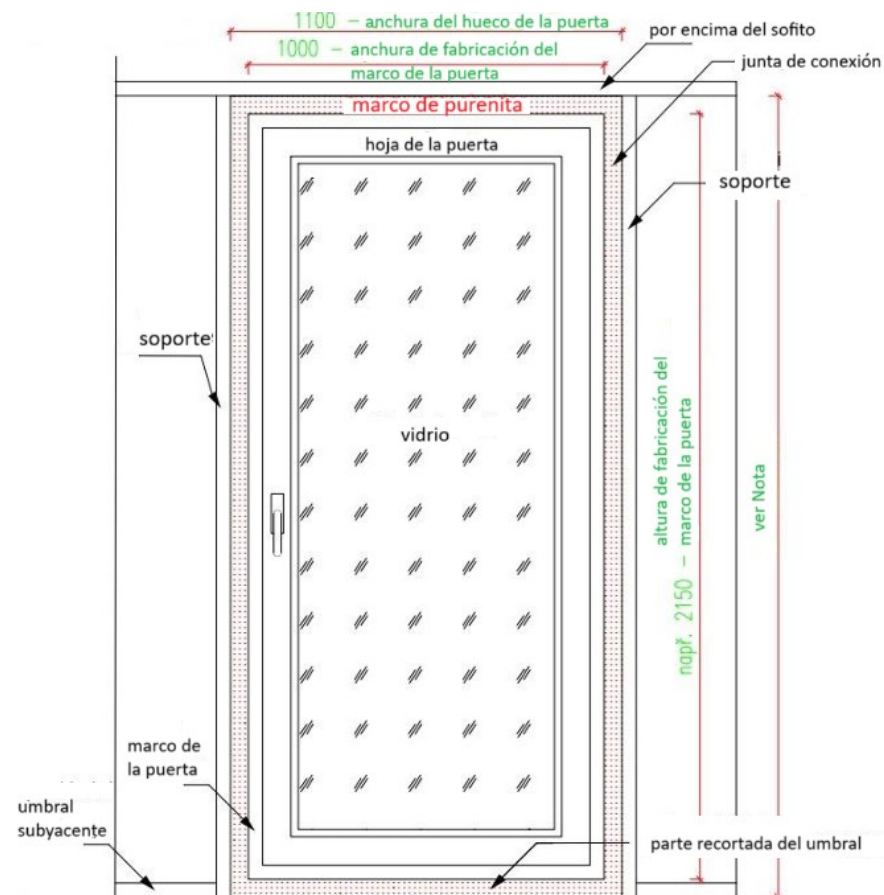
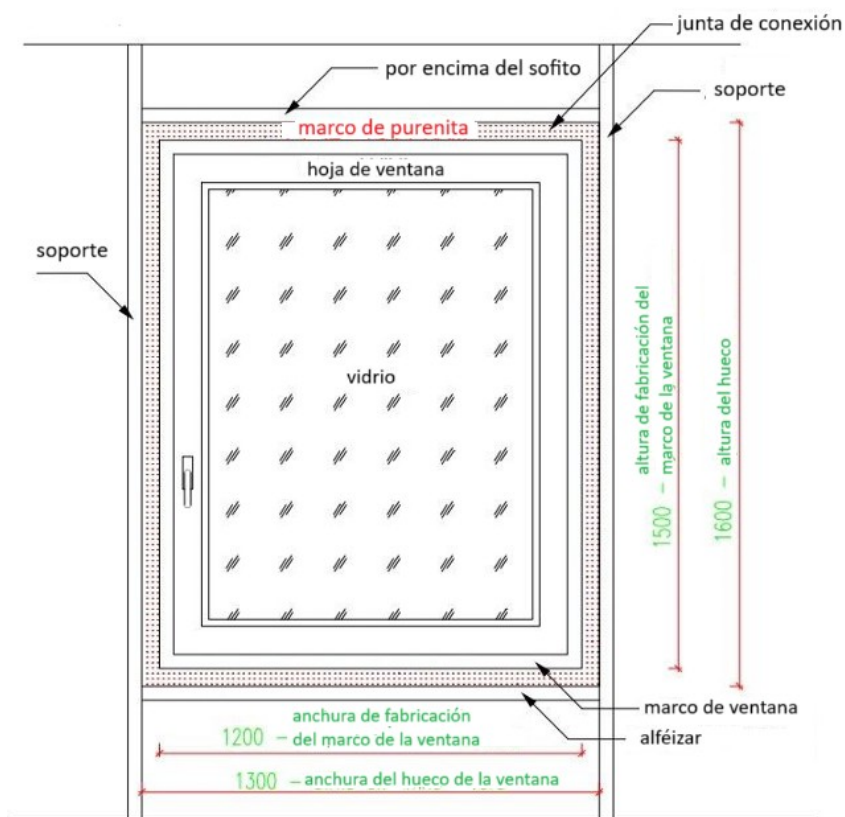
4.2 Relleno de huecos en la construcción de acero

Este capítulo trata del diseño de huecos en muros exteriores, es decir, huecos para ventanas, puertas y marcos de ventanas. La junta de unión (entre el elemento y el hueco en la pared) formada por perfiles de acero de pared delgada implica que existe de nuevo la posibilidad de que se produzca un puente térmico y, al mismo tiempo, es necesario proteger el hueco en la pared de los efectos dinámicos, por ejemplo, al cerrar bruscamente una ventana o una puerta. Ambos efectos negativos se eliminan creando un marco rígido perimetral de material PURENIT, que se inserta en la junta de conexión. Este marco perimetral, anclado al hueco del muro, formará al mismo tiempo una «almohadilla» portante e incompresible para el anclaje de la ventana, puerta o escarapate.

En base a las evaluaciones técnico térmicas y a lo anteriormente mencionado, cuando introducimos relleno de purenita en el revestimiento del hueco, proponemos por tanto aberturas en los muros perimetrales alrededor del perímetro del elemento (ventana o puerta) siempre 50 mm mayores que su dimensión de producción - ver Figura 11.

Nota: la dimensión de la altura del hueco de la puerta debe determinarse individualmente, tanto a partir del requisito de altura de la puerta como de la resistencia de la composición del suelo. El umbral del subsuelo se corta en el umbral de la puerta para impedir la instalación del marco de purenita.

Figura 11: SOLUCIÓN DE LA CONTINUIDAD VENTANA/PUERTA EN EL MARCO

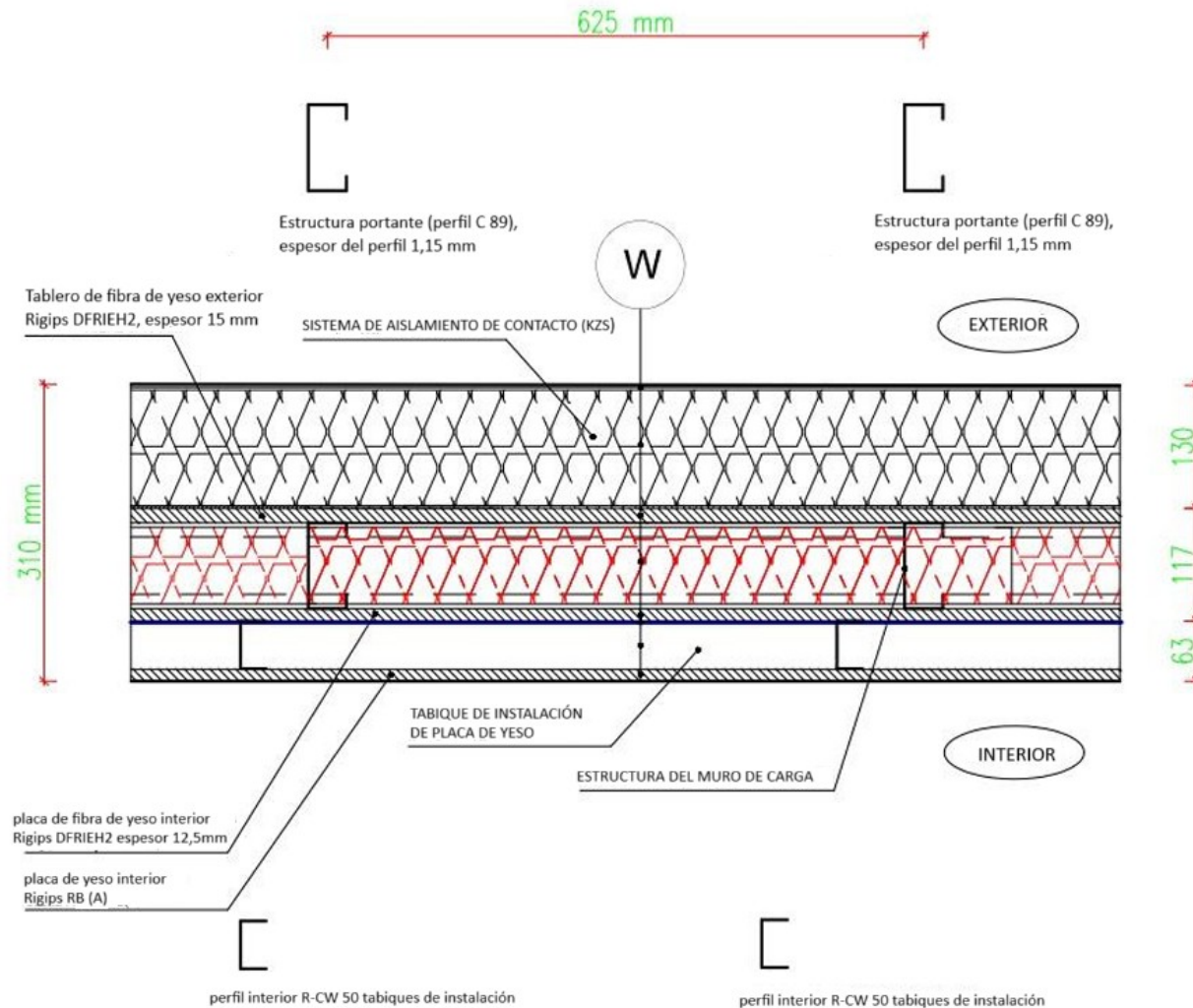


5. Anexos - Detalles (críticos) de construcción del sistema de acero

- 5.1: Composición general de la pared exterior con sistema de aislamiento térmico por contacto (KZS)
- 5.2: Detalle de la conexión del muro perimetral a la estructura de cimentación, incluyendo la composición del suelo 1.N.P.
- 5.3: Detalle de la instalación del relleno de huecos (ventana) en el muro perimetral
- 5.4: Detalle de la conexión de la estructura en voladizo (balcón) al muro perimetral
- 5.5: Detalle de la conexión de la estructura de la terraza al muro perimetral
- 5.6: Detalle de la conexión del muro perimetral con el tejado a dos aguas (alero)
- 5.7: Detalle de la conexión del muro perimetral con el tejado plano (incluido el ático)
- 5.8: Detalle de la conexión del muro frontal del piso superior con el muro perimetral del piso inferior con soporte de columna de acero

5.1 Composición general del muro perimetral (abierto a la difusión) con sistema de aislamiento térmico por contacto (KZS)

- Diseño del muro perimetral



W

Composición del muro perimetral (desde el exterior)

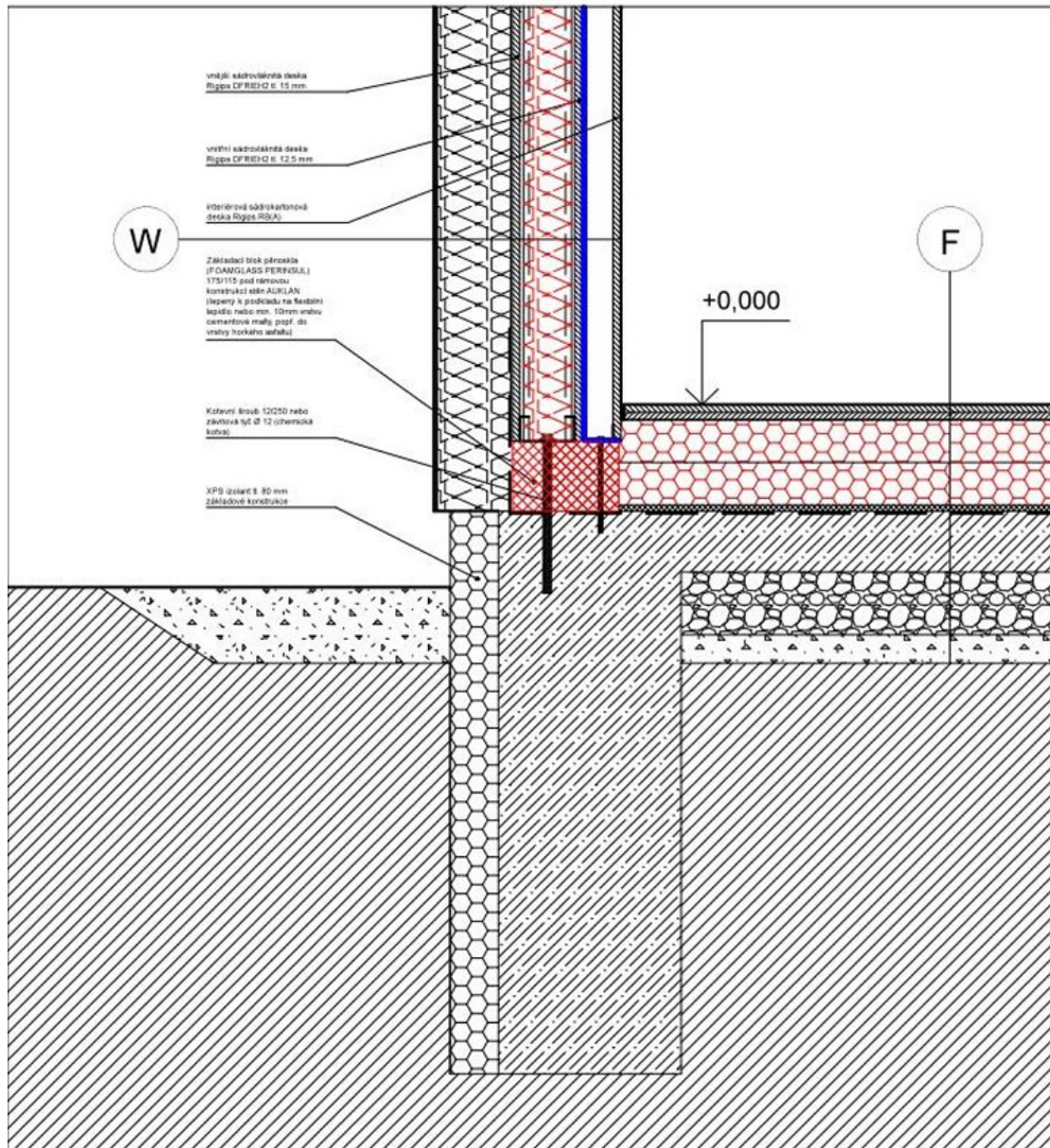
- KZS (sistema de aislamiento de contacto - enlucido de capa fina, capa de lana con malla de refuerzo, aislante térmico adherido ORSIL TF grosor 120mm, grosor total 130mm)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 15mm
- 89mm construcción (aislante térmico ORSIL AKU espesor 80mm intercalado entre los perfiles)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 12,5mm
- Barrera de vapor ISOVER XtraSafe
- tabique de instalación de perfiles SDK galvanizados R-CW (50mm)

Total: 310mm

Composición del material

- Placa rígida de lana de basalto ISOVER TF ($\lambda < 0,137 \text{ W/mK}$; f.d.o. [mi]=1)
- Placa de lana de basalto ISOVER AKU o UNI ($\lambda < 0,137 \text{ W/mK}$; f.d.o. [mi]=1)
- Placa de fibra de yeso Rigips DFRIEH2 de 15 mm y 12,5 mm de espesor ($\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$; f.d.o. [mi]=13 o placa de yeso Rigips RB (A) $\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$; f.d.o. [mi]=9)
- Barrera de vapor ISOVER XtraSafe ($S_d = \text{aprox. } 20\text{m}$)
- Perfil en «C» de acero de pared delgada 89mm/40mm/tl. 1,15mm ($\lambda = 58 \text{ W/mK}$)

5.2 Detalle de la conexión del muro perimetral a la estructura de cimentación, incluida la composición del suelo 1.N.P



W Composición del muro perimetral (desde el exterior):

- KZS (sistema de aislamiento por contacto - enlucido de capa fina, capa de lana con malla de refuerzo, aislante térmico adherido ORSIL TF espesor 120mm, espesor total 130mm)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 15mm
- 89mm construcción (aislante térmico ORSIL AKU espesor 80mm intercalado entre los perfiles)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 12,5mm
- Barrera de vapor ISOVER XtraSafe
- tabique de instalación de perfiles SDK galvanizados R-CW (50mm)
- Placa de yeso Rigips RB (A) con pintura (12,5mm)

Total: 310 mm

F Composición del suelo (desde el interior)

- 2x RigiStabil placa de yeso (2x 12,5mm)
- Aislamiento térmico EPS 150S (140mm)
- Adhesivo para suelos EPS (10mm)

Total: approx. 180mm

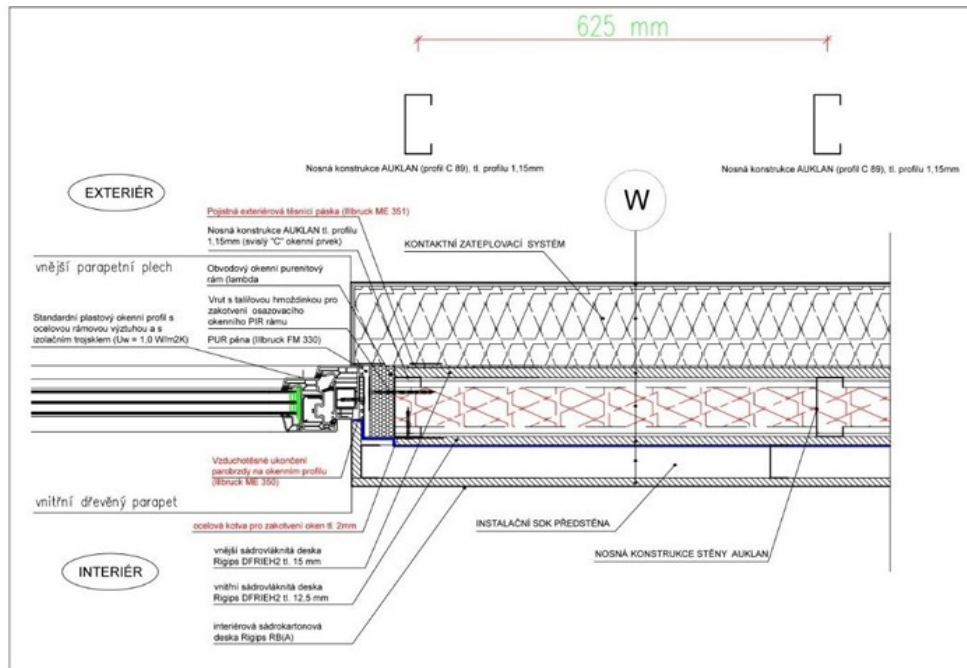
- capa impermeabilizante - banda de asfalto modificado (4mm)
- solera de hormigón reforzado o capa inferior de solera de hormigón
- sustrato de aislamiento térmico compactado (espuma de vidrio triturado fr. 0-63mm)
- sustrato compactado (p. ej. arena de grava)

- placa rígida de lana de basalto ISOVER TF ($\lambda < 0,137 \text{ W/mK}$; f.d.o. [mi]=1)
- placa de lana de basalto ISOVER AKU o UNI ($\lambda < 0,137 \text{ W/mK}$; f.d.o. [mi]=1)
- placa XPS ($\lambda < 0,137 \text{ W/mK}$; f.d.o. [mi]=50)
- bloque de espuma de vidrio FOAMGLASS PERINSUL ($\lambda < 0,06 \text{ W/mK}$; f.d.o. [mi]=incalculablemente alto)
- perfil en «C» de acero de pared delgada 89mm/40mm/tl. 1,15mm ($\lambda = 58 \text{ W/mK}$)
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe ($S_d = \text{aprox. } 20 \text{ m}$) / impermeabilización asfáltica en el suelo ($S_d = 1500 \text{ m}$)
- placa de fibra de yeso RigiStabil DFRIEH2 de 15 mm y 12,5 mm de espesor ($\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$; f.d.o. [mi]=13 o placa de yeso Rigips RB (A) $\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$; f.d.o. [mi]=9)
- impermeabilización - banda asfáltica modificada 4mm (f.d.o. [mi] = 30.000)
- estructura de hormigón reforzado ($\lambda = 1,5 \text{ W/mK}$)
- sub-base de espuma de vidrio
- sub-base de grava
- suelo existente

5.3 Detalle de la instalación del relleno del hueco (ventana) en el muro perimetral

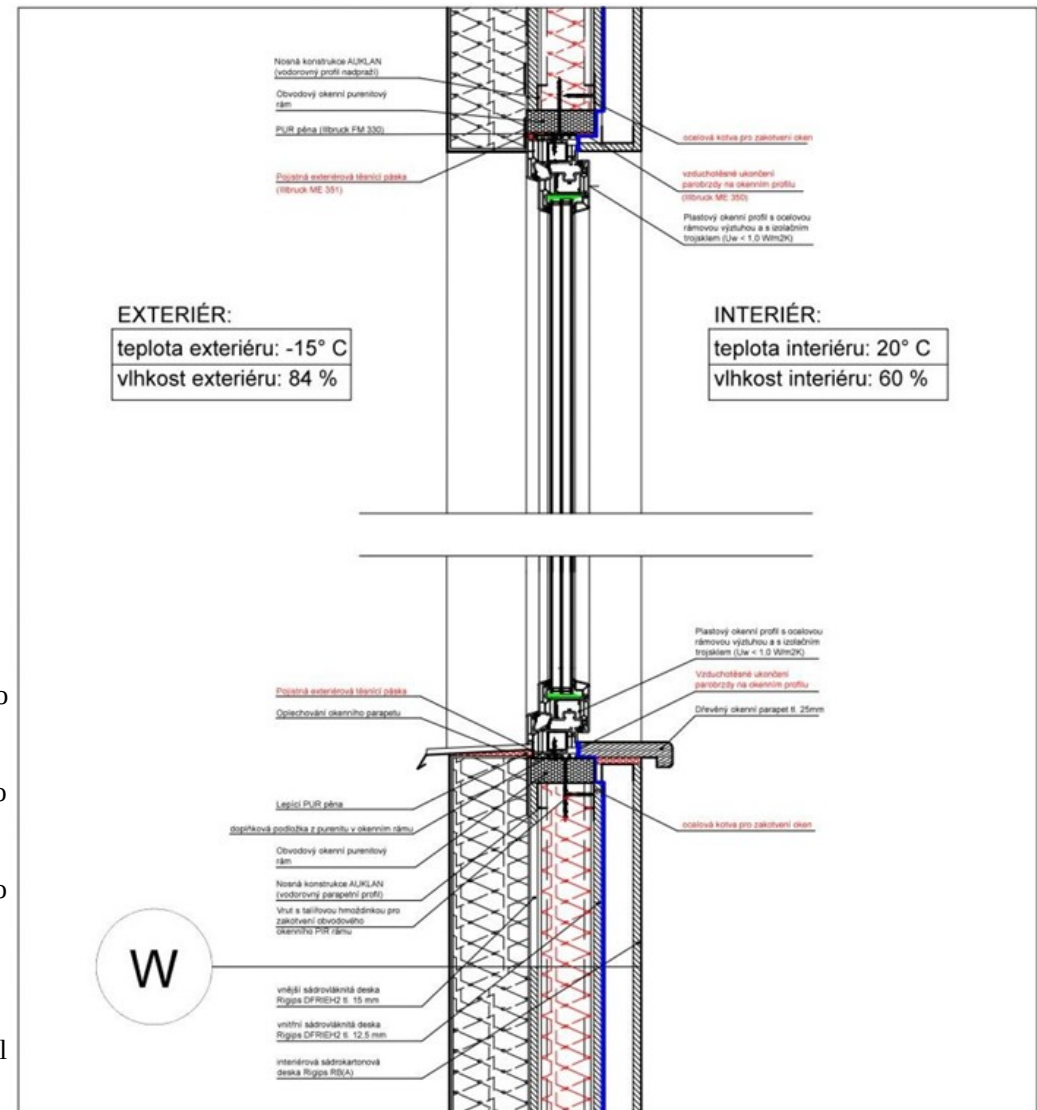
PLANO PAREDES PERIMETRALES CON VENTANA REVESTIMIENTO

CORTE VERTICAL A TRAVÉS DE LA PARED PERIMETRAL CON VENTANA



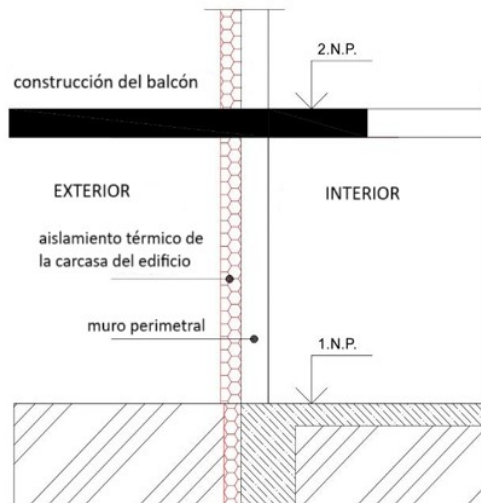
Procedimiento de instalación de los rellenos de huecos en la construcción de acero (siempre realizado por el proveedor del relleno de huecos):

- el marco de purenita se instala en el hueco preparado (revestimiento) a lo largo de todo el perímetro del hueco - véase el capítulo 4.2.
- el marco de purenita se ancla con tornillos y arandelas al revestimiento del marco (rompiendo el puente térmico entre la futura ventana y el marco de la pared)
- instalación de los anclajes de banda en L en el reverso del marco de la ventana/puerta
- adhesión del sistema de estanqueidad (cinta antiviento y antivapor) alrededor del perímetro del marco de la ventana/puerta
- alineación y posterior anclaje del marco de la ventana/puerta mediante el anclaje de cinta en L al marco de la pared (revestimiento, alféizar, dintel) mediante tornillos
- sellado de la junta de unión con espuma de poliuretano adecuada
- conexión del sistema de estanqueidad (cinta cortavientos y barrera de vapor) del marco de la ventana/puerta a la barrera de vapor/barrera de vapor de pared



5.4: Detalle de la conexión de la estructura en voladizo (balcón) al muro perimetral

Figura 4 CONSTRUCCIÓN PREJUNTA DEL BALCÓN (sección vertical)



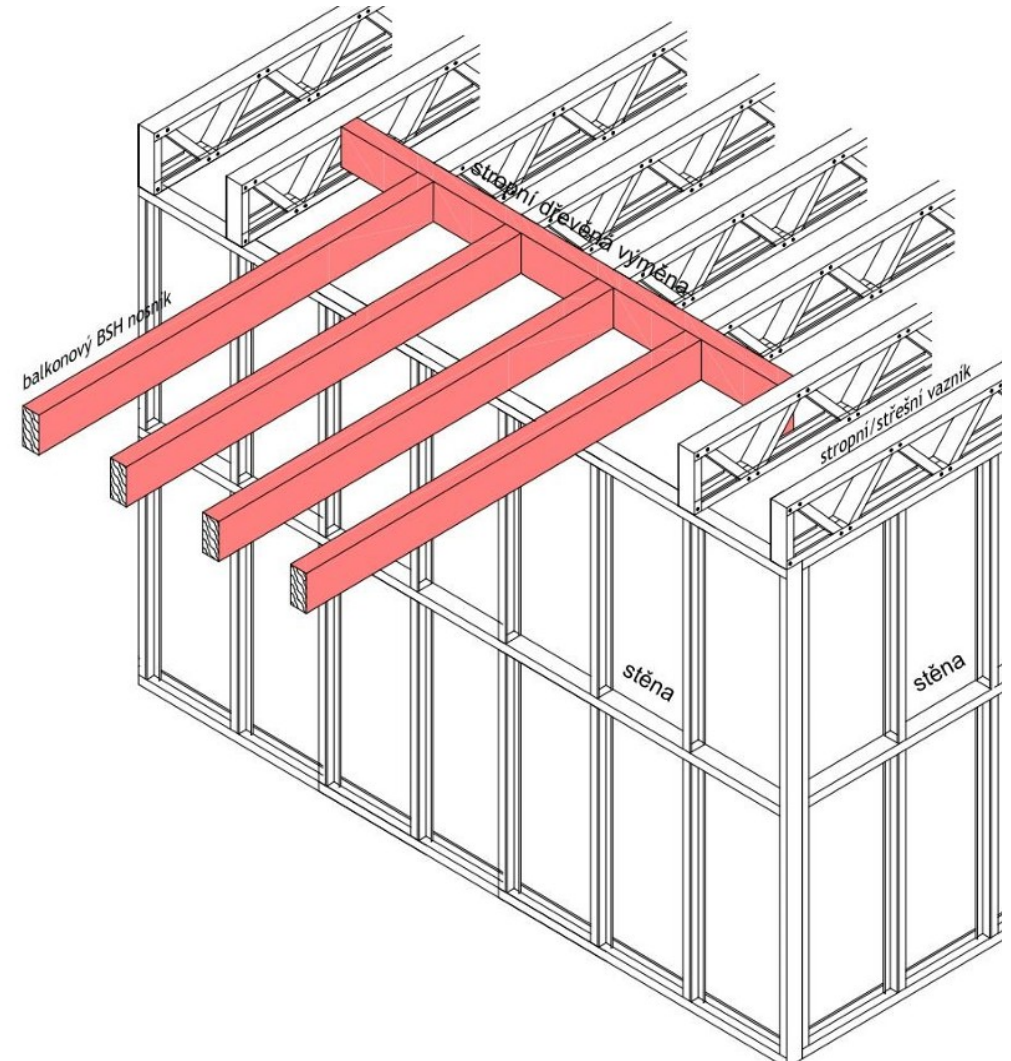
No diseñamos las estructuras de revestimiento (en voladizo) prefabricadas - balcones, cornisas, etc., a partir de la estructura portante, sino que las sustituimos preferentemente por una estructura portante de madera más sutil para eliminar los puentes térmicos, como puede verse en el diagrama a la derecha del texto.

La estructura de techo de cerchas se termina delante del soporte del balcón con una sustitución de madera o acero, a partir de la cual se colocan verticalmente las vigas BSH de madera para formar la estructura portante (prefabricada) propiamente dicha del balcón. De este modo, combinamos la estructura de techo de acero en el interior del edificio con la estructura de balcón prefabricada de madera.

La imagen de la página siguiente muestra con más detalle esta modificación del diseño. No obstante, los parámetros proporcionales básicos de las estructuras pretensadas se determinan siempre a partir de un cálculo estático. Sin embargo, empíricamente se puede determinar que la luz máxima de una estructura de vigas de madera a través de la cara de un muro perimetral es de hasta 1,5 m, con un perfil de sección de viga de, por ejemplo, 100 mm/200 mm y una distancia axial entre vigas de hasta 1.000 mm. El revestimiento de las estructuras en voladizo suele ser de tableros incombustibles, por ejemplo, tableros de fibrocemento.

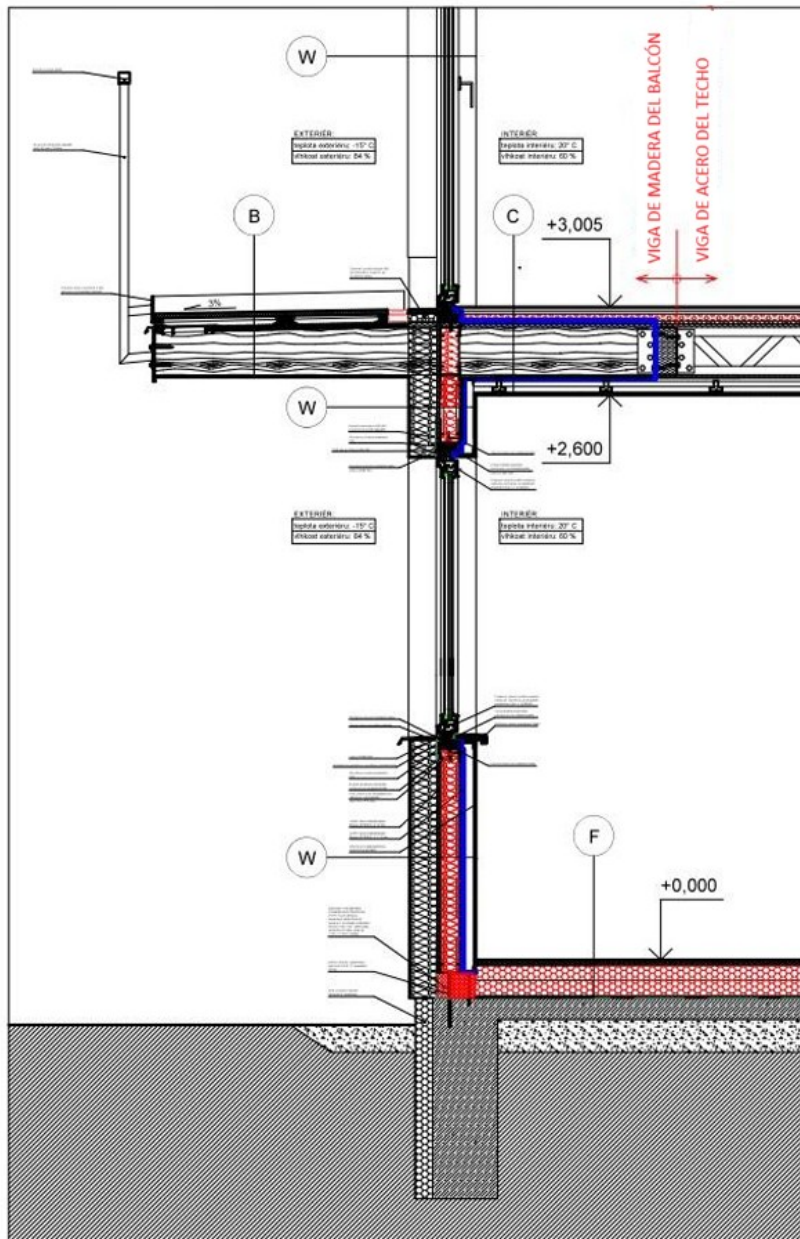
Además de las vigas de madera, para crear la estructura del balcón también se utilizan materiales compuestos, que tienen una conductividad térmica similar (baja) a la de la madera y se fabrican en una gama de formas similar a la del acero laminado. Los materiales compuestos son productos formados por dos o más componentes con propiedades físicas y químicas significativamente diferentes, que combinan precisamente mayor resistencia que el acero y menor peso. Entre sus desventajas figuran su bajo módulo de elasticidad y su escasa resistencia al fuego, por lo que deben protegerse con tableros incombustibles (por ejemplo, tableros de fibrocemento).

Figura 5 AXONOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA EN VOLADIZO DEL BALCÓN



DETALLE DE LA ESTRUCTURA DEL BALCÓN

CORTE VERTICAL



C Composición del techo entre apartamentos (desde el apartamento superior)

- capa de suelo (por ejemplo, suelo de PVC, laminado o vinilo, grosor hasta 10 mm)
- tablero de fibra de yeso Rigip 2x 12,5 mm
- tablero de fibra (insonorización), p. ej. PAVATEX de 30 mm de grosor
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe
- subsuelo OSB 2x 18mm
- techo de madera pegado prisma BSH (p. ej. 80/220)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 (1x 15mm)
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe
- subestructura de rejilla de techo
- Rigips RB (A) placa de yeso con pintura (1x 12,5mm)

total máx. aprox: 520mm

B Composición de la estructura del balcón (desde arriba)

- capa de suelo (baldosas cerámicas colocadas sueltas en un blanco, grosor 20mm)
- blancos de plástico (altura aprox. 40mm)
- capa impermeabilizante de PVC-P (p.ej. Fatrafol 807)
- encofrado de ancho completo de tablas Cetris (grosor mín. 25 mm) o tablas OSB (grosor 2x 18 mm)
- techo de madera encolada prisma BSH, p. ej. 220 mm de altura (borde superior inclinado para la evacuación del agua de lluvia)
- techo de tablas Cetris (grosor mín. 12 mm)

total aprox.: 320 mm

W Composición del muro perimetral (desde el exterior):

- KZS (sistema de aislamiento por contacto - enlucido de capa fina, capa de lana con malla de refuerzo, aislante térmico adherido ORSIL TF espesor 120mm, espesor total 130mm)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 15mm
- 89mm construcción (aislante térmico ORSIL AKU espesor 80mm intercalado entre los perfiles)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 12,5mm
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe
- tabique de instalación de perfiles SDK galvanizados R-CW (50mm)
- placa de yeso Rigips RB (A) con pintura (12,5mm)

total: 310 mm

F Composición del suelo (desde el interior)

- 2x placas de yeso RigiStabil (2x 12,5mm)
- aislamiento térmico EPS 150S (140mm)
- adhesivo para suelos EPS (10mm)
- capa impermeabilizante - banda de asfalto modificado (4mm)
- losa de suelo de hormigón reforzado o capa inferior de solado de hormigón
- base compactada (por ejemplo, grava y arena)

placa rígida de lana de basalto ISOVER TF ($\lambda < 0,137 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m]=1)

placa de lana de basalto ISOVER AKU o UNI ($\lambda < 0,137 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m]=1)

placa TOPDEK 022 PIR ($\lambda < 0,025 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m]=34)

placa de EPS ($\lambda < 0,038 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m]=60)

placa 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]=incalculablemente alto)

aislante de purenita ($\lambda < 0,036 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m]=8)

tablero OSB Firestop PD

C

perfil en «C» de acero de pared delgada 89mm/40mm/tl. 1.15mm ($\lambda = 58 \text{ W/mK}$)

barrera de vapor ISOVER XtraSafe ($S_d = \text{aprox. } 20 \text{ m}$) / impermeabilización asfáltica en el suelo ($S_d = 1500 \text{ m}$)

placa de fibra de yeso Rigips DFRIEH2 de 15 mm y 12,5 mm de espesor ($\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m]=13)

o placa de yeso Rigips RB (A) $\lambda = 0,21 \text{ W/mK}$; f.d.o. [m]=9

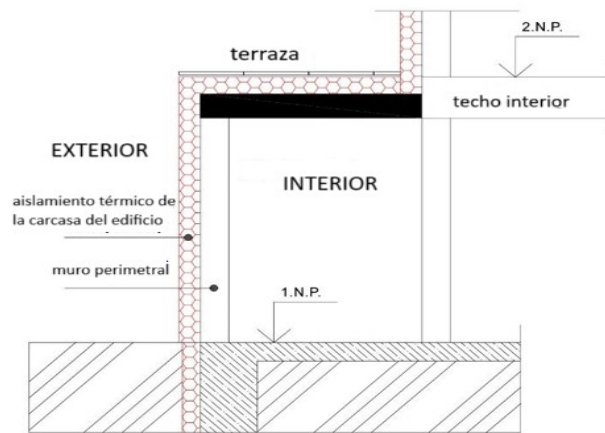
estructura de hormigón reforzado ($\lambda = 1,5 \text{ W/mK}$)

subbase de grava

suelo existente

5.5: Detalle de la conexión de la estructura de la terraza al muro perimetral

CONSTRUCCIÓN SELLADA - TERRAZA (corte vertical)



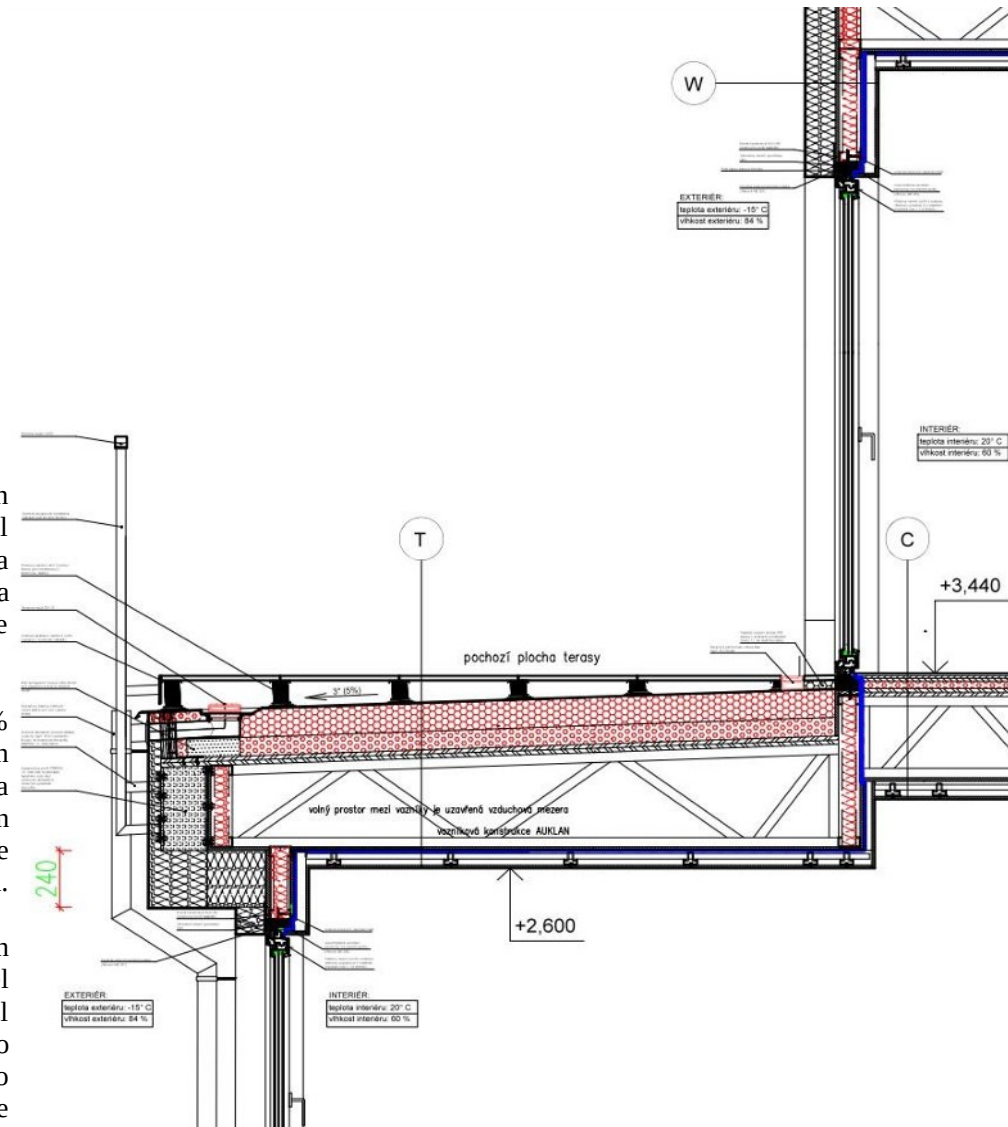
Entre las estructuras que también deben protegerse de los puentes térmicos y la condensación asociada figuran las estructuras retranqueadas, en particular las terrazas, como puede verse en el detalle de la derecha del texto. Hay que tener en cuenta que la terraza no sólo constituye una zona de descanso perteneciente al piso superior, sino que, en particular, forma la estructura de cubierta del piso inferior, por lo que su diseño debe plantearse como tal. Por lo tanto, la terraza debe cumplir todos los requisitos para la construcción de un tejado.

La estructura portante de la terraza es una cercha con un ala superior inclinada (al menos un 5% debido al rápido drenaje del agua), a la que posteriormente se fijan 2 capas de tableros OSB con aislamiento térmico adherido (o anclado), mientras que esta capa se cierra por arriba con una impermeabilización de láminas. Sobre esta impermeabilización se colocan a continuación terrazas rectificables con cabezal basculante en retícula para la instalación de pavimento cerámico o de hormigón como capa de rodadura final de toda la estructura de la terraza.

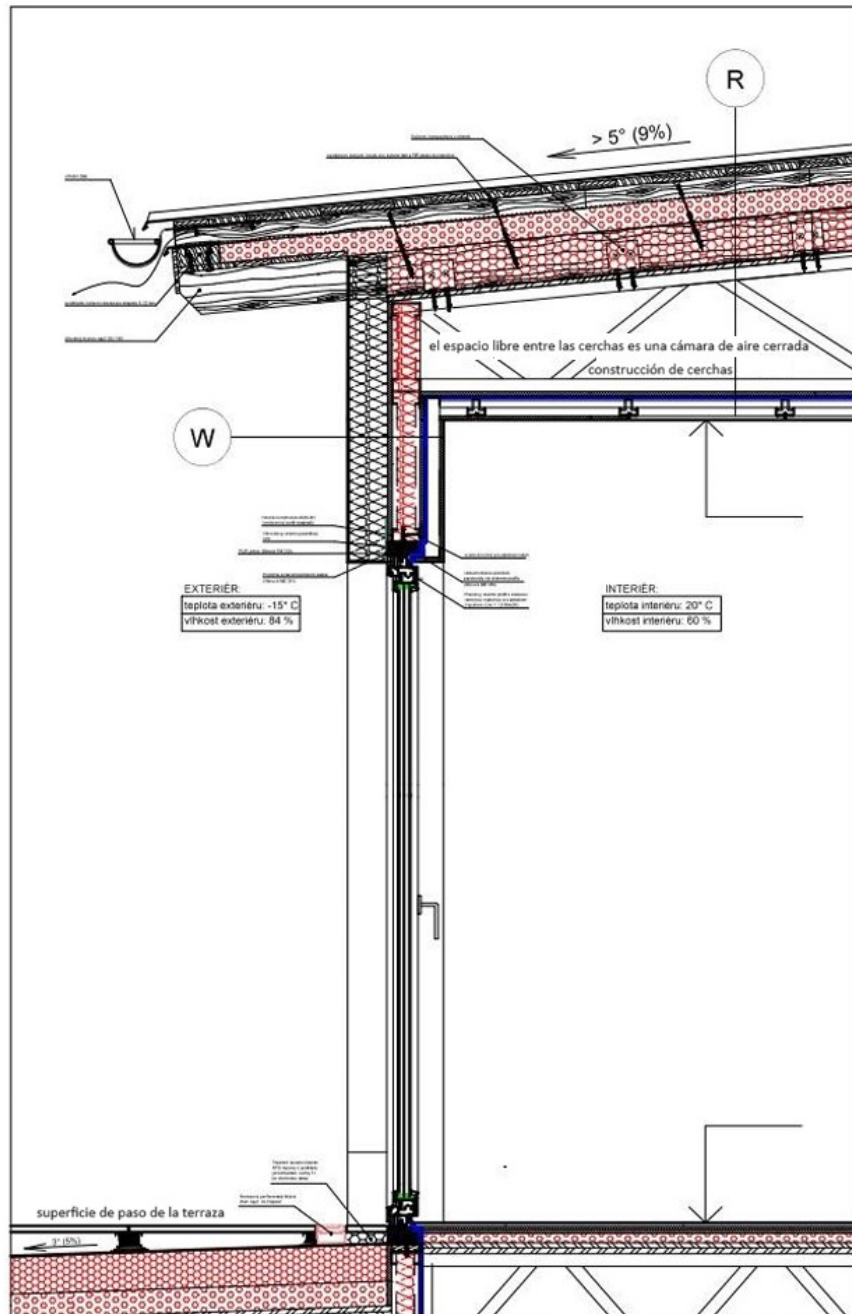
El agua de lluvia que escurre por la superficie inclinada de la terraza y a través del canalón perforado de la puerta de la terraza sobre la lámina impermeabilizante, drena después hacia el canalón empotrado de la terraza con desagüe de tubería a través de la cara de la terraza hacia el bajante vertical de la fachada. Debido a la necesaria reducción de la altura del aislamiento térmico bajo el desagüe de aguas pluviales, el aislamiento térmico convencional se sustituye en este punto por un aislamiento de aerogel, que tiene unos valores de conductividad térmica aproximadamente 2,5 veces mejores que los aislantes estándar utilizados. Por lo tanto, este tipo de aislante se utiliza siempre que se desea alcanzar valores de resistencia térmica elevados con un espesor reducido.

Para eliminar completamente los puentes térmicos, también se utiliza en este detalle un material compuesto (nº 200/100/10 - siempre basado en el diseño del ingeniero estructural), que cumple principalmente una función estática - anclar la barandilla al edificio y al mismo tiempo evitar la transferencia de calor entre la estructura y la barandilla de acero.

DETALLE DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA TERRAZA CON RESPECTO A LAS PUERTAS DE LA TERRAZA Y AL PISO INFERIOR (corte vertical)



5.6 Detalle de la conexión del muro perimetral con la cubierta inclinada (alero)



R

Composición del revestimiento del tejado (desde el exterior)

- espesor de la chapa de cubierta 0,5mm
- capa de separación y dilatación (estera de PE espacial de 4mm de espesor)
- encofrado de ancho completo de tableros impregnados (25mm de grosor) o tableros OSB (22mm de grosor)
- capa de aire ventilada (grosor mínimo de 60 mm)
- impermeabilización de contacto de seguridad (con juntas térmicas)
- tablero PIR KOOLTHERM K3 (espesor 80mm) anclado con tornillos del sistema SDI a los cabrios subyacentes
- cabrio base (tablero perpendicular al alero con una altura de 120mm) con aislamiento térmico embebido de placas EPS 1505 (espesor 120mm)
- subsuelo OSB Firestop (23mm)
- construcción de cerchas (ala superior siempre con pendiente mínima)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 12,5mm
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe
- rejilla transversal de perfiles galvanizados para anclaje de placas de yeso laminado (60mm)
- techo suspendido - placa de yeso RB (A) con pintura (12,5mm)

total máx. aprox.: 520mm

W

Composición del muro perimetral (desde el exterior):

- KZS (sistema de aislamiento por contacto - enlucido de capa fina, capa de lana con malla de refuerzo, aislante térmico adherido ORSIL TF espesor 120mm, espesor total 130mm)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 15mm
- 89mm construcción (aislante térmico ORSIL AKU espesor 80mm intercalado entre los perfiles)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 12,5mm
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe
- tabique de instalación de perfiles SDK galvanizados R-CW (50mm)
- placa de yeso Rigips RB (A) con pintura (12,5mm)

total: 310mm



placa rígida de lana de basalto ISOVER TF (λ $< 0,137$ W/mK; f.d.o. [m]=1)



placa de lana de basalto ISOVER AKU o UNI (λ $< 0,137$ W/mK; f.d.o. [m]=1)



placa TOPDEK 022 PIR (λ $< 0,025$ W/mK; f.d.o. [m]=34)



placa EPS (λ $< 0,038$ W/mK; f.d.o. [m]=60)



aislante purenita (λ $< 0,08$ W/mK; f.d.o. [m]=8)

tablero OSB Firestop PD



perfil en «C» de acero de pared fina 89mm/40mm/tl. 1,15mm (λ $= 58$ W/mK)



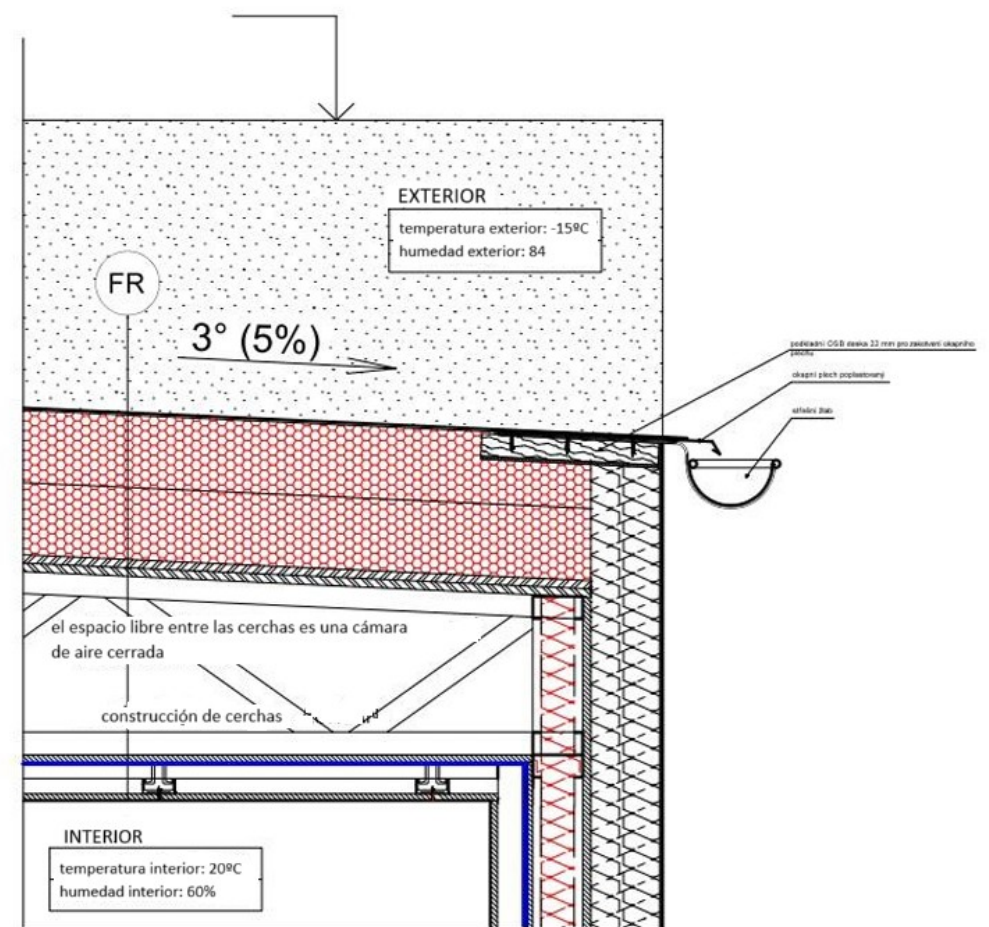
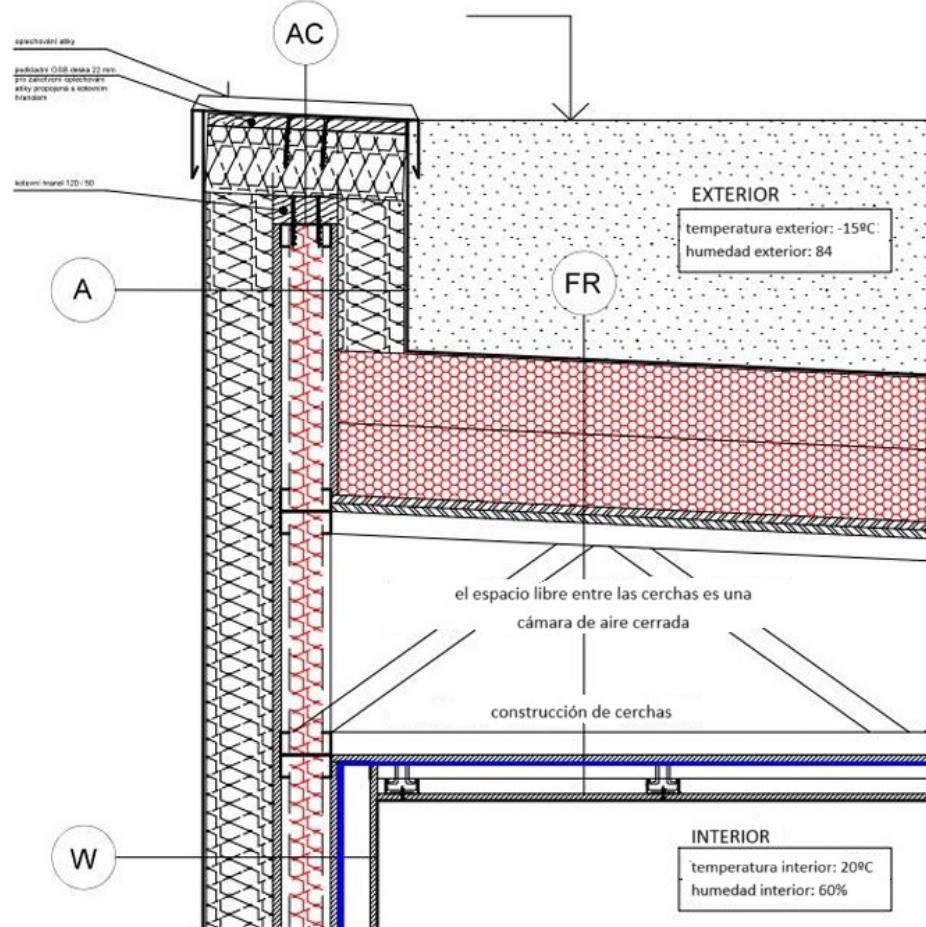
barrera de vapor ISOVER XtraSafe (S_d $\approx$ aprox. 20 m) / impermeabilización asfáltica en el suelo (S_d $= 1500$ m)



placa de fibra de yeso Rigips DFRIEH2 de 15 mm y 12,5 mm de espesor (λ $= 0,15$ W/mK; f.d.o. [m]=13) o placa de yeso Rigips RB (A) λ $= 0,21$ W/mK; f.d.o. [m]=9)

5.7 Detalle de la conexión del muro perimetral con la cubierta plana (incluido el ático)

CORTE VERTICAL A TRAVÉS DE TEJADO PLANO CON ÁTICO A TRES LADOS



FR Composición del revestimiento del techo plano (desde el exterior)

- lámina impermeabilizante de PVC-P con soporte de tela no tejida, grosor total 1,8 mm
- aislamiento térmico 2x EPS 150S 140mm (pegado a la base y entre sí), grosor total 290mm
- subsuelo 2x OSB Firestop (2x 16mm)
- construcción de cerchas (placa superior siempre en pendiente mínima)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 12,5mm
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe
- rejilla transversal de perfiles galvanizados para anclaje de placas de yeso laminado (60mm)
- placa de yeso laminado RB (A) con pintura (12,5 mm)

A Composición del ático (desde el exterior)

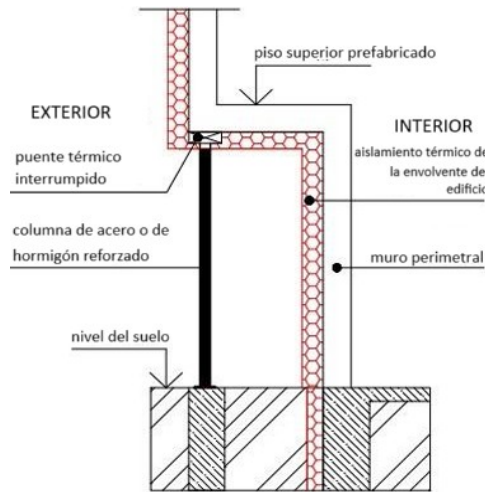
- KZS (sistema de aislamiento por contacto - capa fina de yeso, capa de lana con malla de refuerzo, aislante térmico adherido ISOVER TF espesor 120mm, espesor total 130mm)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 15mm
- 89mm construcción (aislante térmico ISOVER AKU espesor 80mm intercalado entre los perfiles)
- placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 15mm
- KZS (sistema de aislamiento por contacto - capa fina de yeso, capa de lana con malla de refuerzo, aislante térmico adherido ORSIL TF espesor 120mm, espesor total 130mm)

AC Composición de la estructura del ático (composición vertical)

- revestimiento del ático con chapa galvanizada o pintada, espesor 0,6mm
- encofrado de madera (tablero OSB de 22mm de espesor) para el anclaje del revestimiento
- aislante térmico adherido ISOVER TF de 120mm de grosor
- subsuelo de madera 120mm / 40mm
- construcción del ático 89mm (aislante térmico ISOVER AKU de 80mm de grosor insertado entre los perfiles)

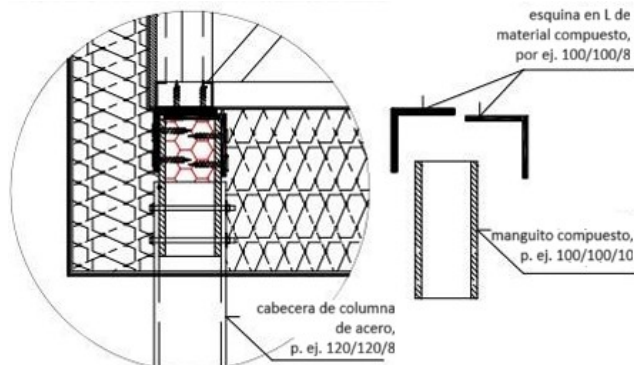
5.8 Planta superior prefabricada sobre la cara del muro superior apoyada en una columna de acero

ESQUEMA DEL PISO SUPERIOR SUSPENDIDO (corte vertical)

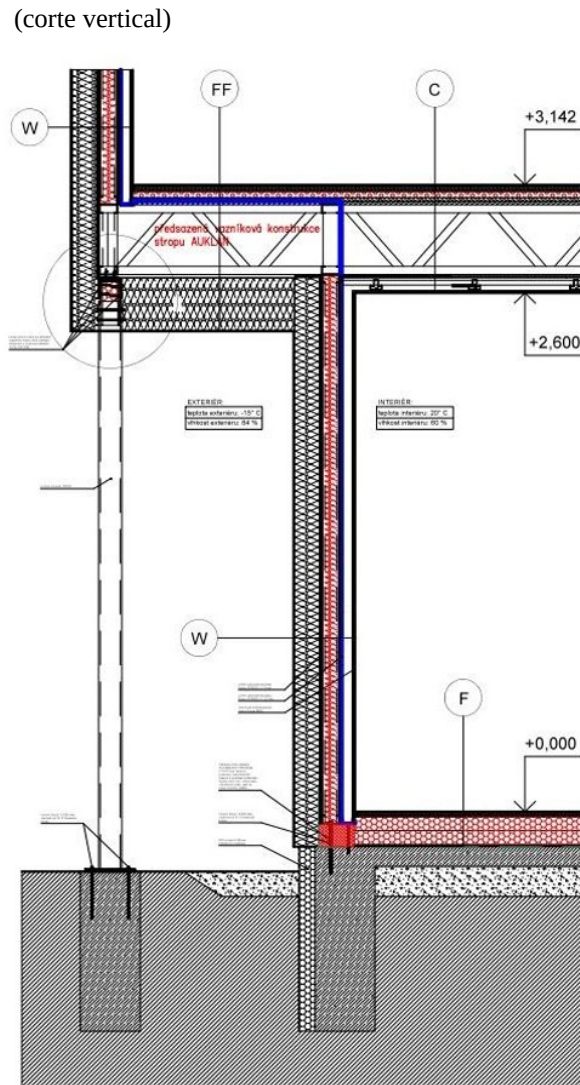


El detalle de la derecha muestra la instalación de la estructura de techo de celosía prefabricada sobre una columna de acero. Debido a que la columna de acero es muy buena conductora del calor, es necesario romper esta unión térmica con un material portante pero térmicamente no conductor: un elemento compuesto, siempre en el plano del aislamiento térmico. En el ejemplo anterior, el elemento compuesto está formado por un manguito en cuya parte inferior se monta y ancla un pilar de acero; el extremo superior del manguito se ancla a continuación a la estructura de celosía mediante ángulos en L compuestos (véase el detalle a continuación).

Detalle de la rotura del puente térmico entre la estructura de pilares de acero y la estructura del techo



DETALLE DE LA COLUMNA DE ACERO QUE SOPORTA EL PISO SUPERIOR ADJUNTO (corte vertical)



- C Composición del techo entre los apartamentos (del apartamento superior):**
- capa de suelo (por ejemplo, suelo de PVC, laminado o vinilo, grosor de hasta 10 mm)
 - tablero de fibra de yeso Rigidur 2x 12,5 mm
 - tablero de fibras (insonorización), p. ej. PAVATEX, grosor 30 mm
 - subsuelo OSB 2x 18mm
 - entramado de techo
 - placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 (1x 15mm)
 - subestructura de rejilla de techo (de perfiles SDK galvanizados R-CD 50mm)
 - placa de yeso Rigips RB (A) con pintura (1 x 12,5mm)

- FF Composición del techo entre los apartamentos (del apartamento superior):**
- capa de suelo (por ejemplo, suelo de PVC, laminado o vinilo, grosor de hasta 10 mm)
 - tablero de fibra de yeso Rigidur 2x 12,5 mm
 - tablero de fibras (insonorización), p. ej. PAVATEX, grosor 30 mm
 - barrera de vapor ISOVER XtraSafe
 - subsuelo OSB 2x 18mm
 - entramado de techo
 - placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 (1x 15mm)
 - subestructura de rejilla de techo (de perfiles SDK galvanizados R-CD 50mm)
 - placa de yeso Rigips RB (A) con pintura (1 x 12,5mm)
- total máx. aprox: 520mm

- W Composición de la pared perimetral (desde el exterior):**
- KZS (sistema de aislamiento de contacto - capa fina de yeso, capa de lana con malla de refuerzo, aislante térmico adherido ORSIL TF grosor 120mm, grosor total 130mm)
 - placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 15mm
 - construcción 89mm (aislante térmico ORSIL AKU 80mm entre perfiles)
 - placa de yeso RigiStabil DFRIEH2 1x 12,5mm
 - barrera de vapor ISOVER XtraSafe
 - tabique de intallación de perfiles SDK galvanizados R-CW (50mm)
 - Rigips RB (A) cartón yeso con pintura (12,5mm)
- total: 310 mm

- F La composición del suelo (desde el interior):**
- 2x placas de yeso RigiStabil (2x 12,5mm)
 - aislamiento térmico EPS 150S (140mm)
 - adhesivo para suelos EPS (10mm)

- capa impermeabilizante - banda de asfalto modificado (4mm)
- forjado de hormigón reforzado o solera de hormigón
- subbase compactada (por ejemplo, grava-arena)
- placa rígida de lana de basalto ISOVER TF ($\lambda < 0,037$ W/mk, f.d.o. [m]=1)
- placa de lana de basalto ISOVER AKU o UNI ($\lambda < 0,037$ W/mk, f.d.o. [m]=1)
- panel TOPDEK 022 PIR ($\lambda < 0,025$ W/mk, f.d.o. [m]=34)
- placa EPS ($\lambda < 0,038$ W/mk, f.d.o. [m]=50)
- placa XPS ($\lambda < 0,037$ W/mk, f.d.o. [m]=50)
- bloque de espuma de vidrio FOAMGLASS PERINSUL ($\lambda < 0,06$ W/mk, f.d.o. [m]=incalculablemente alto)
- aislante purenite ($\lambda < 0,08$ W/mk, f.d.o. [m]=8)

- OSB Firestop PD
- perfil en «C» de acero de pared delgada 89mm/40mm/tl. 1,15mm ($\lambda = 58$ W/mk)
- barrera de vapor ISOVER XtraSafe ($S_d = 20$ m)/impermeabilización asfáltica en el suelo ($S_d = 1500$ m)/
- placa de fibra de yeso Rigips DFRIEH2 de 15 mm y 12,5 mm de espesor ($\lambda = 0,15$ W/mk, f.d.o. [m]=13), o placa de yeso Rigips RB (A) ($\lambda = 0,21$ W/mk, f.d.o. [m]=9)
- estructura de hormigón reforzado ($\lambda = 1,5$ W/mk)
- sustrato de grava
- suelo existente