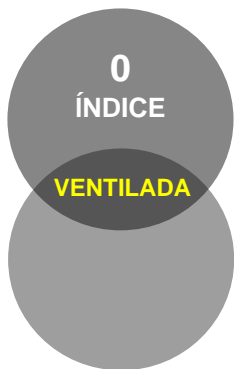


PLIEGO PARA FACHADA VENTILADA CON PANEL RÍGIDO DE LANA MINERAL



ÍNDICE

1.	Objeto del pliego.....	3
2.	Objetivos de la intervención.....	3
a.	Objetivos generales para el conjunto del edificio.....	3
b.	Objetivos particulares para cada elemento de la envolvente afectado (valores normativos).....	4
3.	Diseño y proyecto.....	4
a.	Aspectos formales y estéticos:.....	4
b.	Otra documentación que se ha de aportar en proyecto.....	5
c.	Normativa de aplicación.....	6
d.	Condiciones exigibles a los componentes de la solución adoptada.....	11
	23
4.	Procedimiento de ejecución.....	23
a.	Logística de la obra. Criterios básicos.....	23
b.	Procedimientos de ejecución. Operaciones:.....	23
c.	Control de calidad y seguimiento.....	23
d.	Gestión de residuos y criterios medioambientales.....	23
e.	Programa y criterios de mantenimiento y uso.....	24
f.	Unidades, criterios de medición y partidas de obra.....	25
5.	Cuadro resumen.....	26



PLIEGO PARA FACHADA VENTILADA CON PANEL RÍGIDO DE LANA MINERAL

1. Objeto del pliego

El objeto de este pliego es establecer las condiciones técnicas en las que se ha de desarrollar el proyecto y la obra de aislamiento térmico de fachada mediante paneles de lana mineral trasdosados con un sistema ventilado.

El sistema de fachada ventilada consiste en un tipo de cerramiento con aislamiento continuo por el exterior en el que se dispone de una cámara ventilada, entre los paneles de acabado y el aislamiento térmico que se dispondrá en la hoja interior.

2. Objetivos de la intervención

a. Objetivos generales para el conjunto del edificio

Mediante este sistema, se trata de obtener los resultados previstos en los siguientes apartados:

- Eficiencia energética:

Edificios de nueva planta: en lo que afecta a la definición de la envolvente, además del obligado cumplimiento de las exigencias recogidas en el *CTE DB HE Ahorro de energía*, *CTE DB HE1 Condiciones para el control de la demanda energética*, se pueden fijar objetivos para un cumplimiento más ambicioso en los valores de demanda energética del edificio respecto a lo que supondría un cumplimiento estricto de dicha normativa.

- De igual forma, en edificios existentes, para su rehabilitación, se pueden fijar objetivos mejorados respecto al cumplimiento estricto que la normativa establece para este tipo de intervenciones. Por ejemplo:

- Considerando las exigencias establecidas en los recientes programas de ayuda a la rehabilitación energética de edificios, se puede establecer que la reducción de la demanda conjunta (calefacción + refrigeración) alcanzará al menos el 35% sobre el estado actual para edificios existentes de las zonas climáticas D y E y del 25% para edificios de la zona C.

- Seguridad en caso de incendio

- Cada elemento de la envolvente sobre el que se interviene garantizará el cumplimiento del *CTE DB SI Seguridad en caso de incendio* tal y como se detalla más adelante en el apartado normativo. En particular se prestará especial atención al cumplimiento del DB SI 2 Propagación exterior garantizando el confinamiento de un posible incendio dentro de la sectorización interior que le sea de aplicación, y siempre y en todo caso, respecto a los edificios colindantes.

- Atendiendo a los componentes, y dado el elevado número de elementos metálicos, tanto de aluminio como de acero, para los que la pérdida de resistencia con la temperatura puede producir su colapso, se debe tener en cuenta esta circunstancia a la hora de evaluar el comportamiento de estos sistemas constructivos.

2
OBJETIVOS

VENTILADA

3
PROYECTO

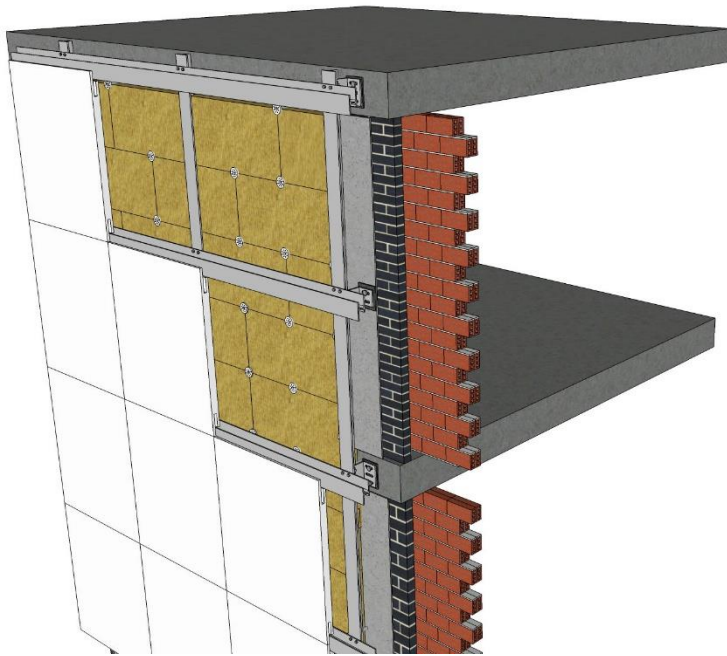


Figura 1. Esquema tipo fachada ventilada

- En cuanto al aislamiento térmico, en este caso la lana mineral, aporta una mejora considerable de la envolvente en el comportamiento en caso de incendio respecto a otras alternativas de aislamiento. Se trata de un material con muy buena clasificación (A1 ó A2), por lo tanto, cumple cualquiera de los supuestos contemplados en la normativa, incluso el supuesto de clase de reacción A2-s3, d0 establecido cuando la altura es superior a 28 metros.
- La normativa define el nivel de resistencia al fuego de cada elemento constructivo, de tal forma que, los que lo separan de otro edificio con disposición vertical debe ser EI120. Si algún punto no cumpliera con una EI60, debe garantizarse una separación de una distancia "d" de proyección horizontal en función del ángulo entre los planos de las fachadas, como figura en el artículo 1 de la DB SI2, así como la distancia entre dos sectores de incendio o entre una zona del edificio y la escalera o pasillo protegido debe ser de EI60 en una franja de un metro. Uno de los aspectos más importantes en sistemas de fachada ventilada es la limitación del desarrollo vertical que pueda tener la cámara "en continuidad con los forjados resistentes al fuego que separan sectores de incendio. La inclusión de barreras E30 se puede considerar un procedimiento válido para limitar dicho desarrollo vertical", aunque dicho valor quizá debería incrementarse según las condiciones específicas de la edificación. Del mismo modo, en el contorno de huecos debe evitarse la penetración de las llamas al interior de los espacios, siendo este uno de los puntos críticos del sistema. Para ello, se instala en el dintel y en el alféizar barreras horizontales intumescentes mientras que en las jambas se instalan barreras a compresión con una EI específica de cumplimiento de la fachada, para evitar que el fuego se propague por ellas.

- Protección frente al ruido
 - El sistema, empleando paneles de lana mineral, mejorará el aislamiento acústico a ruido aéreo de la envolvente del edificio. De todos modos, en cualquier tipo de actuación será necesario realizar un estudio global para garantizar y justificar que se alcanzan las exigencias establecidas en el CTE BD-HR Protección frente al ruido.

b. Objetivos particulares para cada elemento de la envolvente afectado (valores normativos)

Cada uno de los elementos de la envolvente a los que se les aplique esta solución constructiva cumplirán y mejorarán, si es posible, los valores límite normativos que le sean de aplicación hasta garantizar el cumplimiento de los objetivos generales propuestos en el párrafo anterior.

3. Diseño y proyecto

a. Aspectos formales y estéticos:

Se cumplirán las determinaciones urbanísticas de aplicación a este caso concreto y se aprovechará la ventaja que presentan estos sistemas de fachada ventilada que permiten una gran variedad de materiales de acabado discontinuo. Así, se podrán emplear desde un aplacado pétreo a un material cerámico, placas metálicas, de madera o derivados, etc. Se considerarán, a partir de las determinaciones urbanísticas exigibles, tanto las cualidades formales del edificio existente como su integración o distancia arquitectónica



con el entorno, la durabilidad de los materiales elegidos en función del clima del lugar y de la compatibilidad, así como la servidumbre de mantenimiento que suponen los diferentes materiales de acabado elegibles.

La solución propuesta se definirá por escrito y gráficamente de manera completa incluyendo, al menos, los siguientes aspectos:

- Definición gráfica mediante plantas, secciones y alzados, a las escalas necesarias en cada caso, identificando todos los cerramientos verticales de la envolvente (materiales que los componen el cerramiento y su estado de conservación), principalmente fachadas.
- Incorporación de los detalles necesarios tanto de la solución constructiva general, como de los elementos y encuentros singulares, así como de los casos particulares de cada tipo de cerramiento.
- Indicación gráfica en cada paño, de los elementos singulares que puedan interferir en el funcionamiento del sistema.
- La memoria escrita incluirá una descripción exhaustiva de la solución adoptada, las características (físicas, mecánicas, higrotérmicas, acústicas y de comportamiento frente al fuego) de cada uno de los componentes y del sistema de manera global. Se incluirá, además, la definición del material y color de acabado con una escala normalizada y que facilite su comparación y reproducción.

b. Otra documentación que se ha de aportar en proyecto

Además de los requeridos administrativamente de manera habitual, se incluirán al menos los siguientes:

- Justificación del cumplimiento normativo en todos los aspectos que afecten al proyecto o intervención de rehabilitación.
- En relación con el comportamiento energético del edificio:
 - Caracterización de los componentes de la envolvente térmica del edificio (cerramientos opacos, huecos y puentes térmicos) en los términos que se establecen en el *DB HE 1. Condiciones para el control de la demanda energética* apartado 4 *Justificación de la exigencia*, en los puntos 2, 3 y 4. En proyectos de rehabilitación esta información se referirá tanto al estado previo como al estado reformado.
 - Definición geométrica de la envolvente térmica del proyecto y cálculo de la compacidad resultante.
 - Certificados y memorias de cálculo y/o simulación energética: en escenarios de invierno y verano. En proyectos de rehabilitación se realizarán dos estudios, uno que defina el estado previo y otro, con el estado modificado mediante la solución propuesta. Ambos estudios definirán para los dos estados los siguientes indicadores:
 - Clasificación energética en los dos indicadores principales que establece nuestra norma: emisiones de CO₂ y energía primaria no renovable (EPNR) consumida. Se presentarán valores globales y también desglosados para cada uno de los servicios, es decir, calefacción, refrigeración y ACS en todos los casos y, además, de iluminación, en edificios de uso terciario.
 - Demanda de calefacción, de refrigeración y conjunta.
 - % de reducción y mejora prevista en cada uno de estos indicadores mediante la intervención propuesta en proyecto.



- En intervenciones de rehabilitación se realizará un Informe termográfico del estado previo a la intervención que se complementará con el correspondiente informe termográfico que se realizará una vez finalizada la obra.
- De igual manera, en edificios de nueva planta se realizará un informe termográfico, en este caso, de la obra terminada.
- Certificado de eficiencia energética (CEE). En rehabilitación estado previo y modificado. Es de suma importancia que los valores de superficies (huecos, opacos), características de las soluciones constructivas y de los sistemas de acondicionamiento y producción de ACS, etc. que se reflejan en el C.E.E. coincidan exactamente con los reflejados en el resto de la documentación proyecto.

- Libro del edificio o libro del edificio existente según el tipo de proyecto.
- Catálogos de materiales que se han utilizado.
- Manuales de mantenimiento.
- Certificados de calidad de los materiales.
- Declaración de prestaciones de los materiales que compone el sistema de aislamiento, marcado CE o ETE de todos los componentes.
- Distintivos de calidad: DIT o DAP del sistema en su conjunto, ecoetiquetas y DAP.
- Prestaciones acústicas de los productos y elementos constructivos obtenidas mediante ensayos en laboratorio según la UNE-EN ISO 717-1:2021 Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. Si éstas se han obtenido mediante métodos de cálculo, los valores obtenidos y la justificación de los cálculos deben incluirse en la memoria del proyecto.

c. Normativa de aplicación

El proyecto que desarrolla la solución de aislamiento propuesta evaluará, estudiará y justificará el cumplimiento de los siguientes requisitos normativos:

- Exigencias de resistencia estructural
En rehabilitación de edificios existentes y de manera previa a la adopción de esta solución, se realizará una inspección del estado estructural del edificio, comprobando que el soporte sea suficientemente resistente. Se harán las comprobaciones necesarias respecto al cumplimiento del CTE DB SE Seguridad Estructural. El sistema de fachada ventilada supone un incremento de las cargas permanentes en el edificio y, no sólo implica la incorporación de peso adicional sino también, el hecho de que esté descentrado respecto al eje de inercia del cerramiento. Esta situación puede provocar el giro del cerramiento existente. Para evitar esta circunstancia los puntos de anclaje principales (los puntos de anclaje resistentes) se realizarán, de forma recomendada, siempre en los cantos de los forjados, incluso aunque sea posible realizarlos al paramento cuando éste tenga capacidad portante suficiente.
- Eficiencia energética
Las soluciones adoptadas cumplirán los indicadores que le sean de aplicación del *DB HE 1 Condiciones para el control de la demanda energética*:

3
PROYECTO
VENTILADA

- Cumplimiento del *DB HE Ahorro de energía* en lo referente a la *Tabla 3.1.1.a – HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K]* de cada elemento de la envolvente que se define en proyecto o, en rehabilitación, sobre los que se interviene.
- Cumplimiento del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio, o parte de este. Cumplimiento de las tablas *Tabla 3.1.1.b* y *Tabla 3.1.1.c – HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K]* según corresponda al uso y compacidad del edificio.
- En el caso de rehabilitación, en la que sustituyan las carpinterías y vidrios de los huecos de fachada, se justificará el cumplimiento de la *Tabla 3.1.1^a de valores límite de transmitancia térmica* y de la *Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica*, de acuerdo con la zona climática de proyecto.
- Cumplimiento del apartado 3.3 *Limitación de condensaciones en la envolvente térmica* del *CTE DB HE1 Condiciones para el control de la demanda energética* para la solución de cada cerramiento modificado. Se estudiará y justificará que las posibles condensaciones intersticiales que se puedan producir en los cerramientos de la envolvente térmica sobre los que se interviene. En el caso de que el resultado indique que se producen condensaciones intersticiales en el cerramiento y que éstas provocan una merma significativa en las prestaciones térmicas del cerramiento se propondrá una solución complementaria que garantice el cumplimiento de este apartado.

■ Salubridad

Justificación del cumplimiento del *DB HE Sección HS 1 Protección frente a la humedad*:

- Cumplimiento del grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas frente a la penetración de las precipitaciones en el *DB HS 1 Protección frente a la humedad, apartado 2.3 Fachadas*. Las fachadas ventiladas se recogen en dicho apartado como R3, esto es, un revestimiento exterior que tiene una resistencia muy alta a la filtración de agua y que están conformados por revestimientos continuos o discontinuos fijados mecánicamente (en escamas, en lamas o en placas) con un aislamiento térmico. Por otra parte, en cuanto al comportamiento como barrera contra la penetración de agua, puede considerarse de tipo B3, esto es con una cámara de aire ventilada y revestimiento continuo en la cara interior de la hoja principal que sea estanco al agua, pero permeable al vapor de agua, estable frente ataques físicos, químicos y biológicos y adherido al soporte para garantizar su estabilidad. Será importante tener en cuenta la permeabilidad al vapor de agua en el cálculo de condensaciones, en este sentido, se instalarán aislamientos de lana mineral no hidrófilos y permeables al vapor de agua. El funcionamiento de las fachadas ventiladas frente al agua sucede en dos etapas, durante la primera, la cámara de aire modifica la presión, lo que hace que, comúnmente el agua escurra sobre la hoja interior del revestimiento; en una segunda etapa podría alcanzar la superficie del paramento vertical e infiltrarse.
- Son fundamentales las aberturas de ventilación que han de disponer de un área efectiva total como mínimo igual a 120 cm² por cada 10 m² de paño de fachada entre forjados repartidas al 50% entre la parte superior y la inferior. Podrán emplearse como aberturas desde rejillas a, por ejemplo, llagas desprovistas de mortero, o cualquier otra solución

Juntas abiertas horizontales
Junta abierta con espacio de ventilación de 8 mm a 60 mm

Juntas abiertas horizontales y verticales
Juntas con espacio de ventilación de 8 mm a 100 mm

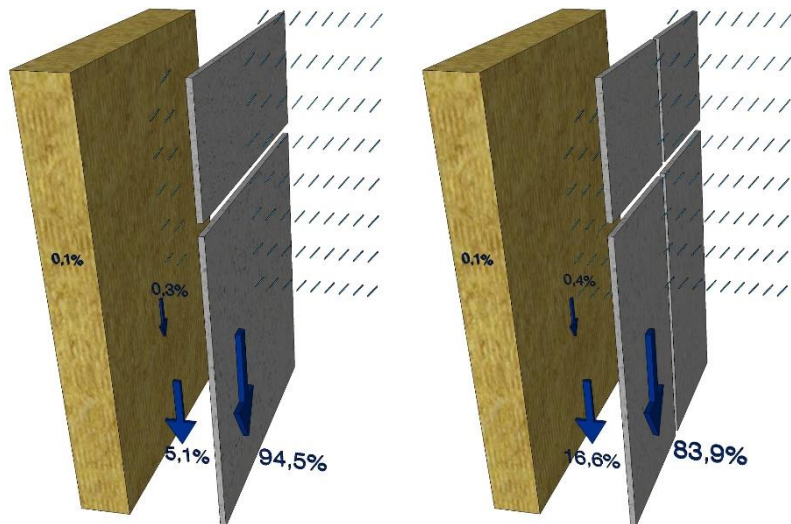


Figura 2. Esquema filtración de agua en cámara ventilada



compatible con el sistema y que garantice la superficie de ventilación necesaria, considerando éstos un punto débil en la propagación de incendios.

- La composición de la hoja principal puede ser cualquiera de las indicadas puesto que estará protegida por la capa de aislamiento térmico, lámina de impermeabilización (si procede), cámara ventilada y revestimiento exterior. Teniendo en cuenta el grado de impermeabilidad del revestimiento y su comportamiento como barrera contra la penetración del agua, las fachadas ventiladas cumplirían un grado menor o igual que 5 de impermeabilidad.

- Protección frente al ruido

Justificación del aislamiento acústico a ruido aéreo de la envolvente, $D_{2m,nT,Atr}$, entre un recinto protegido y el exterior será mayor que los valores indicados en la *tabla 2.1 del CTE DB-HR*, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día, L_d , definido en el *Anexo I del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre*, de la zona donde se ubica el edificio.

La parte ciega de las fachadas y el conjunto de elementos que conforman el hueco (ventana, caja de persiana y aireador) se caracterizan por:

- Índice global de reducción acústica, R_w , en dB;
- Índice global de reducción acústica, ponderado A, R_A , en dBA;
- Índice global de reducción acústica, ponderado A, para ruido de automóviles, $R_{A,tr}$, en dBA;
- Término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente, C , en dB;
- Término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido de automóviles y de aeronaves, C_{tr} , en dB.
- la clase de ventana, según la norma UNE EN 12207:2017 Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación.

El uso de lanas minerales permite modificar el acoplamiento acústico de las hojas del sistema, disminuyendo la frecuencia de resonancia del sistema y aumentando el índice de reducción acústica.

- Seguridad en caso de incendio

Justificación completa del cumplimiento de las medidas destinadas a la limitación del riesgo de incendios recogidas en el *Documento Básico SI Seguridad en caso de incendio*, en especial en lo que afecta a las fachadas y medianeras según el *CTE DB SI-1 Propagación interior*, *CTE-DB-SI-2 Propagación exterior* y *CTE DB-SI 5 Intervención de los bomberos*.

En el *CTE-DB-SI-2 Propagación exterior* se exige, como cuestión de especial relevancia, que, cuando un sistema constructivo ocupe más del 10% de la superficie de la fachada, su clase de reacción, incluyendo capas interiores y que no estén protegidas por una capa que sea como mínimo EI30, se determina en función de la altura total de la fachada, debiendo ser:

- D-s3,d0, en fachadas de altura hasta 10m

3 PROYECTO

VENTILADA

1. Trasdoso interior
2. Soporte resistente
3. Barrera contra incendios horizontal
4. Barrera contra incendios vertical
5. Aislamiento cámara ventilada
6. Subestructura fachada ventilada
7. Acabado de fachada ventilada



Figura 3. Esquema tipo fachada ventilada

- B-s3,d0, en fachadas de altura hasta 28m
- A2-s3,d0, en fachadas de altura superior a 28m.

En todos los casos, las lanas minerales con una clasificación de tipo A1 ó A2 cumplen dicha exigencia. Los métodos de ensayo y la clasificación de los productos a emplear seguirán las especificaciones y criterios definidos en el RD 842/2013 para las clases de reacción.

En cuanto a la resistencia al fuego, como se ha indicado anteriormente, en función del emplazamiento de la fachada se exigen distintas escalas. Los elementos separadores con otro edificio con disposición vertical deben ser EI120. (Ver Figura 3)

Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior horizontal del incendio a través de la fachada, si algún punto no cumpliera con una EI60, debe garantizarse una separación de una distancia "d" de proyección horizontal en función del ángulo entre los planos de las fachadas, como figura en el artículo 1 de la DB SI2, así como la distancia entre dos sectores de incendio o entre una zona del edificio y la escalera o pasillo protegido debe ser de EI60 en una franja de un metro.

Especial atención habrá que prestar a las rincones y esquinas donde el aire podría circular a mayor velocidad y en donde se recomienda instalar barreras verticales

- Resistencia en el contorno de huecos, para evitar la penetración de las llamas al interior de los espacios. Para ello, se instalarán en el dintel y en el alféizar barreras horizontales intumescentes mientras que en las jambas se instalarán barreras a compresión con una EI específica de cumplimiento de la fachada.
- Se limitará el desarrollo vertical "en continuidad con los forjados resistentes al fuego que separan sectores de incendio. La inclusión de barreras E30 se puede considerar un procedimiento válido para limitar dicho desarrollo vertical". Del mismo modo, para el cumplimiento de la DB-SI 2 se recomienda disponer barreras horizontales cortafuegos con reacción al fuego de material aislante de mínimo E-30 ó EI-30 (según el riesgo de la zona), en el caso de los sistemas constructivos coincidentes con los sectores de incendios.

En el caso de edificios que, en parte o en todo, alberguen actividades industriales se deberá justificar además el cumplimiento detallado del REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, así como de sus modificaciones y revisiones posteriores.

- Cualquier otra exigencia normativa que, por razón del uso del edificio, su ubicación o configuración, le resulte de aplicación.
- Otra normativa y documentos de referencia
ASTM D1781-98
Standard Test Method for Climbing Drum Peel for Adhesives



EAD 090062-00-0404

Kits de revestimientos exteriores de fachada fijados mecánicamente

ETAG 020

Plastic anchors for multiple use in concrete and masonry for non-structural applications

ETAG 029

Metal injection anchors for use in masonry

UNE-EN 13162:2013+A1:2015

Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral (MW). Especificación.

UNE 92180:2017

Características mínimas recomendables para distintas aplicaciones. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral.

UNE 41957-1:2000

Anclajes para revestimientos de fachadas de edificios. Parte 1: Subsistemas para revestimientos ligeros.

UNE-EN ISO 16283-3:2016

Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 3: Aislamiento a ruido de fachada. (ISO 16283-3:2016).

UNE 85219:2016

Ventanas. Colocación en obra.

UNE 92325:2018

Productos de aislamiento térmico en la edificación y cerramientos acristalados. Control de la instalación.

UNE EN 13501-1:2009+A1:2010

Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.

UNE EN 13501-2:2019.

Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.



Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.

Fichas DIT o DAU específicas de sistemas constructivos

ASEFAVE (2020). Manual de Fachadas Ventiladas. Este manual es una guía ilustrada y muy completa sobre las fachadas ventiladas.

- d. Condiciones exigibles a los componentes de la solución adoptada.
De forma general, todos los materiales a emplear deben ser de primera calidad y deben cumplir las disposiciones vigentes referentes a los materiales, prototipos de construcción y normativa UNE de cada material. Del mismo modo, todos los materiales deberán someterse a controles, previo ensayo, experimentación, sello de calidad, entre otros, que les sean de aplicación.

Los distintos componentes deberán almacenarse protegidos de las inclemencias climáticas, las heladas y los daños mecánicos, al mismo tiempo, , en algunos casos, el material de acabado, han de protegerse de la radiación ultravioleta.

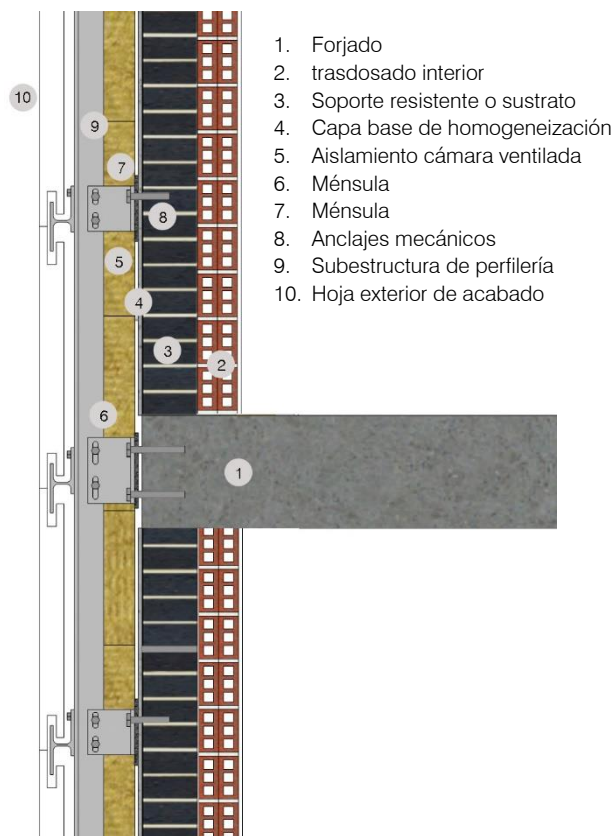
Los componentes deberán ser compatibles entre sí, y, de forma generalizada, formar parte del mismo sistema en su visión conjunta y no como la suma de componentes. Asimismo, los aplicadores deberán ser homologados por los fabricantes de los sistemas.

Los componentes que conforman el sistema son: soporte resistente, mortero de enfoscado de base, aislamiento térmico, perfiles y anclajes metálicos (incluyendo barreras cortafuegos), cámara de aire y materiales de acabado. (Ver Figura 4 y Figura 5)

- Soporte o sustrato
En todos los casos, especialmente si se trata de una rehabilitación, se evaluará el estado de conservación del soporte, para garantizar que el soporte sea continuo y suficientemente resistente, previo a la fijación del sistema.

El soporte ha de ser suficientemente estable en términos mecánicos frente a cargas estáticas y dinámicas, y tanto de resistencia como de rigidez, de tal forma que sea capaz no sólo de soportarse a sí mismo, sino también de soportar la carga adicional que se añade con la instalación del sistema y que se hace de forma descentrada respecto al eje de inercia del cerramiento. El soporte, sea o no estructural, debe ser capaz de transmitir las cargas a lo largo de la sección a la estructura portante del propio edificio. Por lo tanto, el sistema no se aplicará en muros desplomados o con riesgo de colapso estructural, con grietas o fisuras derivadas de movimientos estructurales o de dilatación. La adecuada inspección y cálculo de la resistencia del conjunto, no sólo del cerramiento sino también la de la propia estructura de la edificación, deberá realizarse antes de optar por la instalación del sistema. Adicionalmente, si los revestimientos estuvieran desprendidos, deberán ser

3
PROYECTO
VENTILADA



1. Forjado
2. trasdosado interior
3. Soporte resistente o sustrato
4. Capa base de homogeneización
5. Aislamiento cámara ventilada
6. Ménsula
7. Ménsula
8. Anclajes mecánicos
9. Subestructura de perfilera
10. Hoja exterior de acabado

eliminados previamente a la instalación del sistema, para garantizar que se disponga de un soporte con la suficiente resistencia y rigidez para la adherencia y fijación mecánica de los paneles aislantes. Del mismo modo, si el soporte fuera discontinuo, con diferencias de nivel superiores a 3 cm, se recomienda la aplicación de un revestimiento continuo de características compatibles química, física y mecánicamente con el soporte, para que, sobre él se pueda disponer sistemas de fijación puntuales o continuos con suficientes garantías de estabilidad y resistencia mecánica del soporte. De forma general, cualquier proceso patológico en el soporte debe ser eliminado antes de la instalación del sistema de fachada ventilada, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y evitar procesos de degradación y lesiones asociadas posteriores.

- Capa base de homogeneización
Una vez comprobada la planeidad, la resistencia y estabilidad del soporte, el sistema podría aplicarse sobre la propia fachada, sin embargo, de cara a garantizar la planeidad final de la superficie acabada e incrementar la resistencia mecánica del conjunto se debería aplicar un enfoscado de conglomerante, especialmente en el caso de la rehabilitación o cuando no se pueda garantizar una ausencia absoluta de infiltraciones en las capas exteriores. Este conglomerante puede componerse de cemento, cal hidráulica natural o cal aérea con adiciones puzolánicas, lo que sea más compatible química, física y mecánicamente con el soporte existente, no siendo recomendable el uso de morteros con cargas de resinas o acrílicos porque pueden provocar la aparición de condensaciones intersticiales en el sistema. Sobre la nueva superficie se anclará la subestructura metálica, y se pegará y fijará mecánicamente el panel de lana mineral. La lana mineral por sí misma y debido a su estructura filamentosa, puede absorber posibles irregularidades de la base, pero la necesaria estabilidad de la fijación de la subestructura metálica hace aconsejable esta regularización en el caso de soportes no planos.

Las recomendaciones de preparación deben seguir las instrucciones e indicaciones de los fabricantes de los productos con el fin de garantizar las prestaciones establecidas por la mezcla.

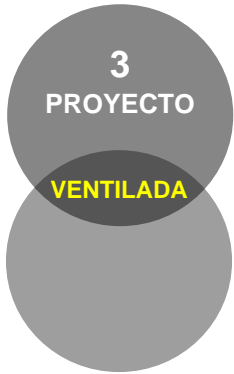
En general, la aplicación de los morteros del revestimiento no debe realizarse:

- Con temperaturas inferiores a 5°C
- Con previsión de heladas
- Con lluvia, sin medidas protectoras
- Radiación solar directa
- Vientos fuertes,

estos procesos pueden afectar negativamente el fraguado de los enfoscados. En el caso de la lluvia, la radiación y los vientos fuertes, se recomienda la disposición de una red protectora en el andamio. En todos los casos, antes de ser aplicados, los morteros deberán ser bien mezclados con un mezclador.

- Subestructura
La subestructura es la responsable de la transmisión de esfuerzos desde la hoja exterior o de acabado al soporte resistente. Se puede optar por dos tipos de sistemas: de elementos puntuales

Figura 4. Sección constructiva fachada ventilada con subestructura



y de perfilería. Existen tres componentes importantes: anclajes, ménsulas y perfilería, todos ellos de naturaleza metálica, normalmente serán de aluminio, acero galvanizado o inoxidable, aunque también se comercializan sistemas con subestructuras de aluminio o de madera. En todos los casos, las distancias entre perfiles, ménsulas y perfilería de la subestructura están definidos por el fabricante en función de sus ensayos o certificaciones específicas. Adicionalmente será también importante el sistema de fijación del revestimiento que dependerá tanto de la perfilería seleccionada como del material de acabado y del sistema específico.

- Anclajes

Los anclajes son unos de los elementos esenciales en el funcionamiento del sistema, puesto que son los que garantizan no sólo la transmisión de esfuerzos sino también la compatibilidad de movimientos, entre estructura y fachada ventilada, y entre las distintas piezas que conforman ésta. Existen dos tipos:

- Los mecánicos, que pueden ser metálicos o plásticos y funcionan por forma y por rozamiento.
- Los químicos, de naturaleza metálica con una resina química funcionan por adherencia.

Estas piezas deben seleccionarse convenientemente en función del tipo de soporte y de anclaje, siendo recomendable seguir las indicaciones del fabricante en cuanto a espesores y resistencias mínimas, la distancia entre anclajes y entre éstos y los límites del soporte, entre otros, según la ETA (European Technical Assessment) correspondiente al anclaje o de la ETAG 020 para anclajes mecánicos y ETAG 029 para los químicos, cuando aquélla no contemple valores de referencia. Estos aspectos son de especial consideración no sólo en cuanto a la resistencia del soporte, sino también porque se introducen en él cargas excéntricas para las que puede que no esté diseñado. Al respecto y cuando no se conozca el soporte, se recomienda hacer pruebas in situ para determinar la resistencia de la solución. Asimismo, en el caso de rehabilitación, en edificios con sistemas murarios, el sistema de cerramiento permitirá el distanciamiento de los anclajes. En el caso de edificios con sistemas porticados se recomienda recurrir a sistemas de fijación que permitan que el anclaje se distancie entre forjados, decidiendo, en este caso, si en la cara superior o inferior y manteniendo siempre el mismo criterio.

Los anclajes de las ménsulas a la estructura y de las ménsulas a la perfilería deben garantizar la libre dilatación de los elementos metálicos evitando la acumulación de tensiones que podrían traducirse en la rotura de la pieza o, incluso, el desgarro del soporte, además de la infiltración de agua mediante el sellado o la disposición de elementos de goma u otro material, en consonancia con el apartado 2.3.3.8 *Anclajes a la fachada*. del CTE DB HS1 *Protección frente a la humedad*.

En la selección de anclajes, en cuanto al tipo de materiales que los conforman y sus tratamientos (electro galvanizado, multicapa o los tipos de aleaciones) habrá que tener en cuenta el ambiente al que van a estar sometidos, evitando procesos de corrosión acelerados que puedan poner en riesgo la estabilidad del conjunto de fachada ventilada. En estos casos puede ser de interés el uso de aerosoles bituminosos que se aplican sobre los elementos metálicos para incrementar su durabilidad. ASEFAVE dispone en su Manual de Fachadas Ventiladas de recomendaciones al

3 PROYECTO

VENTILADA

1. Forjado
2. Trasdoso interior
3. Soporte resistente o sustrato
4. Capa base de homogeneización
5. Aislamiento cámara ventilada
6. Ménsula móvil (según proyecto)
7. Ménsula fija (según proyecto)
8. Subestructura de perfilería
9. Hoja exterior de acabado

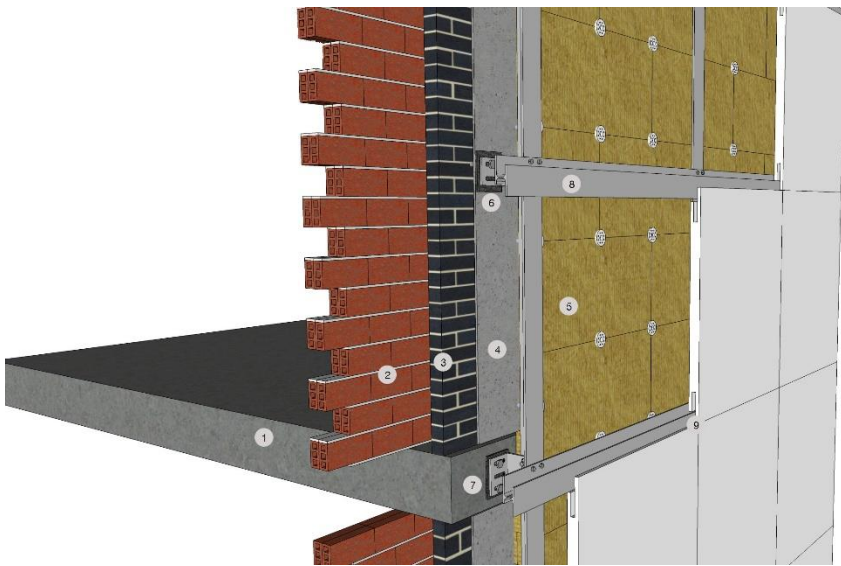


Figura 5. Imagen volumétrica de fachada ventilada con subestructura

efecto sobre la selección de anclajes. Del mismo modo, habrá que prestar especial atención cuando se combine el uso de varios tipos de metales (anclajes, ménsulas y perfilería, e incluso, material de acabado) el posible par galvánico que pueda producirse entre componentes por la diferencia de potencial electroquímico, para lo que se evitará el contacto entre ambos metales con piezas plásticas. Por último, se garantizará la durabilidad de dichos elementos metálicos frente a la posible presencia de ambientes corrosivos. Los distintos tipos de tratamientos de las fijaciones y su vida útil prevista en función de las condiciones a las que esté expuesta (referencia) también quedan recogidos en el manual anteriormente mencionado de ASEFAVE.

■ Ménsulas

Las siguientes piezas son las ménsulas, se trata de piezas esenciales en la transmisión de esfuerzos al soporte, especialmente de tipo mecánico debido al brazo de palanca entre el anclaje y el punto de solicitud, siendo recomendable que la distancia entre ambos no sea superior a 4 cm (ASEFAVE 2020). Por lo tanto, su función es conectar la estructura del edificio con la perfilería del sistema que, como se ha indicado, deberán seguir pautas de separación equidistante y del cálculo adecuado a cada circunstancia específica, de tal forma que se garantice la adecuada conexión y estabilidad del conjunto. Asimismo, la disposición de estas ménsulas permitirá corregir problemas de plomo que puedan existir en el edificio.

Sin embargo, además de la función resistente, las ménsulas han de ser capaces de compatibilizar los movimientos diferenciales de dilatación térmica de los distintos componentes del sistema, además de propiciar que el movimiento de todos los elementos sea siempre en el mismo sentido para evitar deformaciones y tensiones indeseadas.

De forma general, la longitud de los perfiles, especialmente de aluminio (que dilatan el doble que los de acero), deberá ser igual a la altura de las plantas, normalmente entre 3 y 3,5 metros. En función del tipo de sistema: vertical, horizontal o de forjado a forjado, las ménsulas pueden, además, tener funciones específicas. En el caso de los sistemas verticales será imprescindible contar con puntos fijos y deslizantes. Los fijos (perforaciones redondas) se encargan de transmitir las cargas verticales del peso propio del sistema y la carga del viento horizontal, mientras que los deslizantes (perforaciones rasgadas) soportarán las cargas horizontales del viento y los esfuerzos de dilataciones térmicas. En este tipo de sistemas, la función de cada punto de anclaje y de cada ménsula debe quedar definida en proyecto. En el caso de los sistemas horizontales, el esfuerzo horizontal es soportado por el propio perfil en función del tamaño de las juntas. Los sistemas de forjado a forjado el perfil puede deslizar sobre el conector para su dilatación, por lo que las ménsulas funcionan como puntos fijos asumiendo las cargas verticales y las horizontales. Este sistema es especialmente recomendable en rehabilitación permitiendo además acortar los tiempos de ejecución. En cualquiera de los casos, el diseño del sistema deberá supeditarse al del cálculo en el que se definirán los puntos de anclaje, la función de las ménsulas, la disposición de los puntos de fijación, su forma, geometría y su formato, entre otros. Existe una gran variedad de ménsulas que se clasifican en función de los materiales que las componen, así como de las prestaciones



térmicas y mecánicas. Los tipos de ménsulas y sus características están recogidas y se pueden consultar en el Manual de Fachadas Ventiladas de ASEFAVE (2020).

Por otra parte, dichas ménsulas supondrán un puente térmico, por lo que, comúnmente se introducen entre el aislamiento térmico (que las envuelve para minimizar las transferencias) y además, se incorpora, en la superficie de apoyo, un revestimiento aislante que rompe el puente térmico generado.

- **Perfilería**

La perfilería: vertical y/o horizontal, son los elementos que, fijados a las ménsulas permiten sujetar el material de acabado de la fachada. Dichos perfiles pueden ser listones de madera de clase II y convenientemente tratada para su exposición al exterior, o pueden ser metálicas con protección frente a la corrosión (de aluminio, de acero galvanizado o incluso de acero inoxidable). Comúnmente se utilizan sistemas de aluminio cuando el reparto de cargas es homogéneo, mientras que para fijaciones puntuales o con mayor carga de peso propio se recomienda emplear el acero. Este tipo de elementos será fundamental que estén protegidos con pinturas o morteros intumescentes, para garantizar su resistencia al fuego adecuada, evitando el colapso del sistema de fachada.

En función de los sistemas de fachada ventilada, se puede disponer de montantes sólo verticales o verticales y horizontales, no así sólo con montantes horizontales debido a que éstos exigen un riguroso replanteo del sistema. En cuanto a uno y a otro, habrá que tener en cuenta que, si en la cámara circula aire y agua, ésta podría quedarse retenida en los perfiles horizontales y acelerar la corrosión intergranular, no siendo, por lo tanto, recomendable la disposición de montantes horizontales a no ser que el material de acabado garantice la estanqueidad al agua en la junta, y se disponga de algo de pendiente en la base del perfil que evite la acumulación de agua.

Como se ha indicado anteriormente, para el cumplimiento del DB-SI 2 Propagación exterior se recomienda disponer barreras horizontales cortafuegos con resistencia al fuego de E-30 o EI-30 en el caso de los sistemas constructivos, coincidentes con los sectores de incendio. No obstante, dicha exigencia se incrementa en el caso de que se separen áreas de riesgo especial alto y otras zonas más altas del edificio, en cuyo caso deberá garantizarse la contención de la propagación del incendio incrementando la estabilidad y aislamiento EI60 en una franja de un metro de altura mínima. El ancho de dicha franja puede reducirse si existen elementos salientes que impidan el paso de las llamas. A tal respecto cobra especial importancia las denominadas barreras contrafuegos, que se trata de un componente que, horizontal o verticalmente, cierra la comunicación entre sectores de incendio diferentes. A pesar de que el efecto chimenea es muy ventajoso para controlar el sobrecalentamiento de la cámara, ésta se convierte en uno de los aliados más peligrosos para la propagación de las llamas. La división entre sectores o áreas puede ser permanente o puede activarse en caso de incendio mediante componentes de naturaleza expansiva. Esto último es de gran interés para permitir el aprovechamiento del tiro vertical de la cámara y su refrigeración natural, pudiendo captar aire fresco de sótanos (aunque habrá de



cuidarse las tasas de radón) e incentivando el tiro vertical con efecto Venturi mediante el cambio de coloración de la coronación, siguiendo el funcionamiento de una chimenea solar, por ejemplo.

- **Aislamiento térmico**
El aislamiento térmico de lana mineral ha de ser continuo a lo largo de toda la fachada y debe prolongarse en las jambas, dinteles y alféizares de los huecos, garantizando una envolvente continua y evitando posibles puentes térmicos y acústicos asociados a la presencia de discontinuidades. La incorporación del aislamiento térmico en la cámara ventilada, en la hoja interior, fijada mecánicamente al soporte (rara vez adherida), evitará la presencia de puentes térmicos y garantizará el mejor comportamiento del sistema y, por ende, del edificio.

El aislamiento térmico se dispondrá entre perfiles de fijación de los montantes verticales que, o quedan en el siguiente plano al del aislamiento o en línea con éste. En este último caso, los montantes han de quedar confinados por el aislamiento térmico para eliminar el puente térmico que se genera a través de los elementos metálicos, así como para mejorar su protección frente al fuego. Se pueden utilizar todos los tipos de lana mineral del mercado específicos para su empleo en sistemas de fachada ventilada, siempre y cuando sean permeables al vapor de agua. Sólo se emplearán aislamientos de celda cerrada en el contacto con el suelo (exterior) y en aquellas áreas en las que exista posibilidad de que el aislamiento entre en contacto con el agua como, por ejemplo, áreas de salpicadura o de contacto con superficies horizontales en las que pueda existir riesgo de ascensión por capilaridad.

Aunque la perfilería metálica, comúnmente, arranca a una cota superior del encuentro con el terreno o con el suelo exterior, así como también el perfil de arranque del sistema, para evitar procesos de corrosión húmeda y garantizar su durabilidad, el aislamiento térmico (de celda cerrada), sin embargo, debe llegar no sólo hasta la cota del suelo sino incluso, si es posible, penetrar en éste para garantizar la ausencia de puente térmico que, en este punto, se intensificaría y podría provocar condensaciones. La disposición del sistema deberá ir acompañada de un estudio de condensaciones que determine la necesidad o no de interponer una barrera de vapor en alguna capa específica de la envolvente térmica.

Existen muchos tipos de paneles de aislamiento térmico de lana mineral previstos para su empleo en fachadas ventiladas. Se debe verificar su adecuación para cada caso y necesidad particular. En todos los casos, será esencial que la instalación y puesta en obra se realice por parte de profesionales cualificados de tal forma que se dispongan de forma plana y en continuidad, evitando infiltraciones o estancamientos de agua en las juntas, de cara a garantizar el correcto funcionamiento del sistema. En cualquier caso, es importante asegurarse de que el agua no llegue a la lana mineral.



Para evitar que los puentes térmicos se intensifiquen en ciertos puntos, debe procurarse el empleo de espesores de aislamiento térmico continuo, que permitan pasar por delante de la estructura para garantizar la ausencia de puentes térmicos. La fijación de los materiales aislantes al soporte se realizará mediante fijación mecánica (rara vez adheridos) para garantizar la durabilidad del sistema a largo plazo. El tipo de fijaciones que se emplean en este caso son superficiales que consisten habitualmente en la colocación de un vástago más arandela mediante golpeo, atornillada mediante taladro, etc. La fijación dispone de una “funda” de plástico con una espiga que queda embutida en los paneles, en línea con ellos, y garantiza la transmisión de esfuerzos a los paneles. Es importante una correcta selección de la longitud del clavo para garantizar que éste penetra lo suficiente en el soporte.

- Cámara de aire
La cámara de aire es parte fundamental del sistema ya que contribuye a alcanzar las prestaciones térmicas del sistema, pero también limita el paso de agua líquida a la hoja interior. Dicha cámara de aire tiene un ancho que comprende desde la cara exterior del aislamiento térmico hasta la cara interior del acabado seleccionado.

Para que funcione correctamente, dicha cámara ha de disponer del espesor suficiente para que se produzcan movimientos de convección en su seno, de ahí que nunca ha de ser inferior a tres centímetros, ni superior a diez centímetros, de acuerdo con las especificaciones del CTE DB-HS, en general, para garantizar el efecto “chimenea” y facilitar la ventilación natural, pero limitando la velocidad en la propagación del incendio. Complementariamente, donde se encuentren ventanas o puertas dicha ventilación se interrumpirá, y en consecuencia será necesario disponer de entradas o salidas adecuadas para permitir el resto de ventilación, que suelen disponerse en la parte superior e inferior (coronación y arranque, respectivamente). Junto con las rejillas de entrada y salida de aire, algunos tipos de acabados con juntas abiertas permiten la libre circulación de aire. De acuerdo con la EAD 090062-00-0404, la fachada ventilada ha de disponer de aperturas de ventilación equivalentes a 50cm²/m en horizontal (junta corrida mayor a 5mm), aunque el CTE-DB-HE considera que es una cámara estanca o no ventilada cuando las aperturas son menores de 500mm²/m en horizontal (junta mayor de 0,5 mm), y muy ventilada cuando tiene aperturas mayores de 1500mm²/m en horizontal (junta superior a 1,5mm)

En todos los casos, será muy probable y, a veces, inevitable que, junto con el aire, también pueden llegar a la cámara gotas de agua, infiltradas por las juntas entre piezas de acabado o incluso a través de los encuentros con puntos singulares como dinteles de ventanas o huecos practicados en el cerramiento, o de los alféizares. La presencia de agua en la cámara implica la necesidad de evitar la filtración hacia el interior lo que mermaría significativamente la resistencia térmica del aislamiento y, el riesgo de aparición de infiltraciones en el interior del cerramiento en cuanto el cerramiento presente algún tipo de discontinuidad. Éste es quizá el proceso patológico más habitual en el sistema de fachada ventilada y habrá que prestarle especial atención durante el montaje y la puesta en obra, debiéndose sellar cuidadosamente todas las posibles vías de agua y garantizando la verticalidad del sistema, sin áreas en las que se pueda depositar agua líquida.



- **Sistemas de fijación del revestimiento**
Finalmente, los sistemas de fijación del revestimiento son los elementos que sirven de nexo entre la perfilería y el material de acabado. En función del sistema, puede ser mecánica, química o mixta. En cuanto a las fijaciones mecánicas, éstas podrán ser lineales (perfiles horizontales o verticales) o puntuales (remaches, garras, clips, tornillos, etc.). La relación entre los sistemas de fijación y los tipos de acabado está recogida en la EAD 090062-00-0404. Este tipo de sistemas pueden ser vistos u ocultos mediante abrazaderas o modulares.

Las fijaciones químicas pueden ser sobre perfilería o como anclaje puntual. Uno de los métodos de ensayo está definido por la ASTM D1781-98. Es muy importante tener en cuenta las dimensiones máximas de las placas (dimensión diagonal del panel) para compatibilizar el movimiento máximo permitido por el adhesivo (MMP) que será la longitud máxima de la diagonal y la estabilidad dimensional del panel (ED). De todos modos, habrá que tener en consideración que los adhesivos adquieren fluencia con la temperatura y, por lo tanto, dicha deformación puede derivar en incompatibilidades e, incluso, la pérdida de resistencia mecánica. Asimismo, habrá que valorar la reacción y la resistencia al fuego proporcionada por dichos adhesivos, máxime si éstos soportan paneles que podrían caerse durante el incendio, por lo que es común que este tipo de fijación se combine con la mecánica anteriormente descrita.

Dada la gran diversidad de tipos de fijaciones, será conveniente definir claramente en proyecto la solución constructiva adoptada. En todos los casos, deben estudiarse convenientemente la compatibilidad de movimientos de los distintos componentes del sistema y de éstos con el soporte, esto es, los movimientos de las piezas de acabado, fijadas a la subestructura anteriormente descrita, y de éstas con sujeciones y retenedores, o bien mediante la disposición de tornillería, remaches, grapas, etc. En este sentido, los paneles deben disponer de sus puntos fijos y deslizantes entre éstos y la perfilería. Asimismo, la deformación diferencial también puede garantizarse mediante la interposición de elastómeros que absorban las deformaciones diferenciales y eviten tensiones acumuladas en las piezas con menor coeficiente de dilatación térmica.

ASEFAVE, en su "Manual de Fachadas Ventiladas" (2020) recoge una tabla resumen en la que se recogen los sistemas de fijación del panel de fachada más habitual en función del material de revestimiento, se recomienda su revisión para la toma de decisiones de los componentes de la fachada. Esta tabla es recogida a continuación:

3
PROYECTO
VENTILADA

Materiales de revestimiento y acabado	SISTEMAS DE FACHADA VENTILADA										
	SIN PERFILERÍA (con anclajes puntuales directos)	CON PERFILERÍA (Vertical y/u horizontal)	SISTEMA DE FIJACIÓN DEL PANEL								
			SISTEMAS VISTOS				SISTEMAS OCULTOS				
			Tornillo o remache	Grapas vistas	Grapas ocultas en la ranura	Perfil corrido en ranura	Sistemas adhesivos	Bulones para taladros en canto de panel	Bulones para bandejas de cuelgue mecanizadas	Sistema de perfiles machihembrados S2 para bandejas	Sistema de abrazaderas y perfiles de cuelgue
Gres porcelánico prensado y superficies ultracompactas		X		X	X	X	X				X
Terracotas extruidas y porcelánicos extruidos		X			X	X					
Piedra natural	X	X		X	X	X		X			X
Chapas metálicas y paneles composite de aluminio planos		X	X					X			
Bandejas metálicas conformadas		X							X	X	
Paneles cementosos revestidos "in situ"		X	X								
Paneles de fibrocemento y GRC		X	X								X
Paneles HPL		X	X	X	X	X	X				X
Paneles de solid surfaces		X									X
Vidrio y paneles fotovoltaicos		X		X				X			
Paneles composite honeycomb (metálicos, piedra, cerámica, etc.)		X									X
Placas prefabricadas de lana de roca comprimida		X	X		X			X			

 Las grapas pueden llevar adhesivo para añadir la fijación química a la fijación mecánica de la grapa
 Pueden incluir fijación de seguridad vista
 La fijación de tornillo o remache queda oculta con la aplicación del revestimiento

Elaboración propia a partir de la tabla equivalente del "Manual de de Fachadas Ventiladas" ASEFAVE. 2020

- Material de revestimiento
Una de las ventajas que presenta este sistema es la gran diversidad de materiales que permiten su materialización, así como la puesta en valor de materiales que podrían considerarse más tradicionales como la piedra con sus cortes mediante sistemas de control numérico, o las

3 PROYECTO VENTILADA

1. Soporte resistente
2. Capa base de homogeneización
3. Mortero hidrófugo
4. Mortero impermeable aplicado con brocha
5. Aislamiento perimetral de celda cerrada, para la zona de salpiqueo (30-40cm desde la base, se recomienda empotrarlo en la acera para romper puente térmico)
6. Aislamiento lana mineral de cámara ventilada
7. Subestructura de perfilería
8. Hoja exterior de acabado

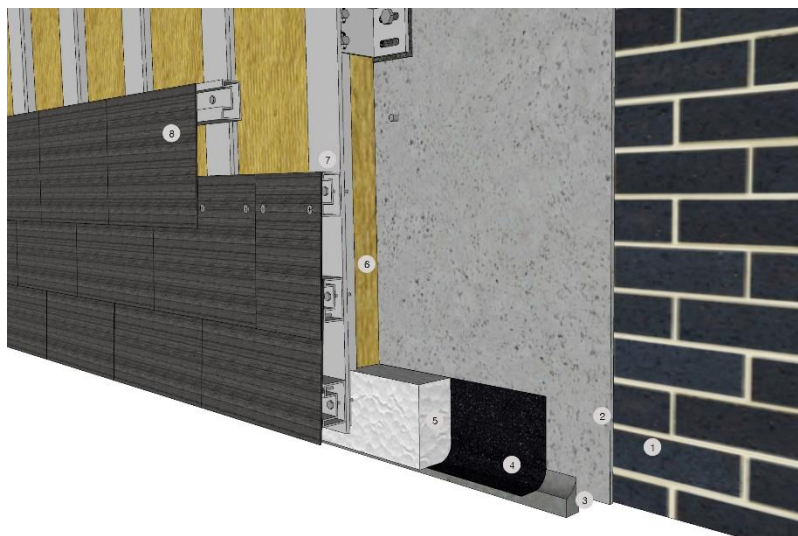


Figura 6. Detalle arranque fachada ventilada. Encuentro con el suelo

cerámicas con las piezas vitrificadas de hasta 3mm de espesor. En efecto, el material de revestimiento puede ser de naturaleza muy diversa:

- Cerámica: cerámica porosa extrusionada, terracota, gres porcelánico, etc.
- Piedra: sedimentaria, metamórfica o ígnea
- Vidrio: comúnmente tintado o traslúcido.
- Metálica: acero lacado, aluminio lacado o anodizado, zinc, etc. muy frecuentemente en forma de paneles compuestos por dos láminas externas metálicas (aluminio, acero inoxidable, zinc, cobre o latón) y un núcleo de polietileno de alta densidad, retardadores de llama, etc. según la ETAG 016, la EAD 210046-00-1201 y la EOTA TR038.
- Hormigón: paneles reforzados con fibra de vidrio, superficies ultracompactas, etc.
- Derivados de la madera: laminados de alta presión (HPL) o las placas compactas.
- Plásticos: composites de PVC, polipropileno y PVC, etc.

El espesor común de estos materiales de revestimiento suele ser de 20-30mm, aunque existe una gran diversidad de acabados y de espesores en función de producto específico. Además de los anteriores, podemos encontrar acabados continuos mediante la disposición de paneles que se revisten in situ con un revestimiento continuo. Este tipo de sistemas no suele ser ventilado, pero podría modificarse incorporando rejillas de ventilación tal y como se ha descrito anteriormente.

Otro aspecto importante es que, para el cumplimiento de la normativa vigente, el material de revestimiento tiene una clara incidencia en el comportamiento del conjunto frente al fuego, por lo que será esencial evaluar la naturaleza de los materiales a emplear en su reacción y resistencia al fuego, en función de su emplazamiento en la fachada.

Atendiendo al *CTE-DB HS1 Protección frente a la humedad*, se han de dejar previstas las juntas de dilatación necesarias para evitar generar problemas de tensiones acumuladas en los materiales constructivos de la envolvente. En especial, los materiales de acabado que están sometidos tanto a irradiación solar como a los efectos de lluvia.

▪ Puntos singulares

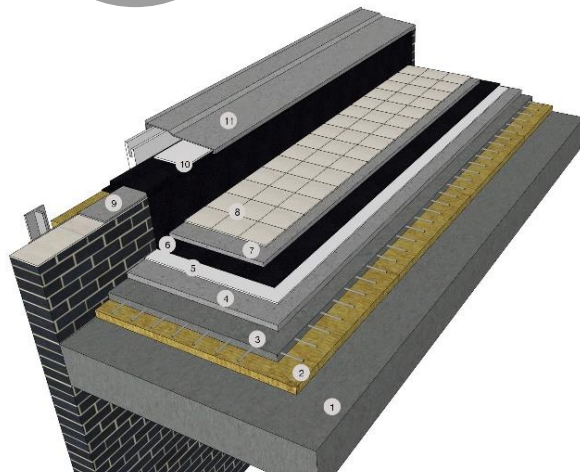
La fachada ventilada es un sistema tecnológico que ha depurado un amplio y detallado catálogo para la resolución de los puntos singulares que se pueden presentar. Entre éstos, podemos citar: el arranque del sistema, la coronación del sistema y encuentros con huecos (dinteles, jambas y alfézares).

El arranque de sistema debe garantizar, por una parte, la adecuada separación del pavimento respecto a la perfilería metálica, para evitar el deterioro de los elementos metálicos del sistema, al mismo tiempo que proteger el aislamiento de la fachada de las posibles infiltraciones por salpiqueo o por humedades de capilaridad provenientes del contacto con el suelo. (Ver Figura 6)

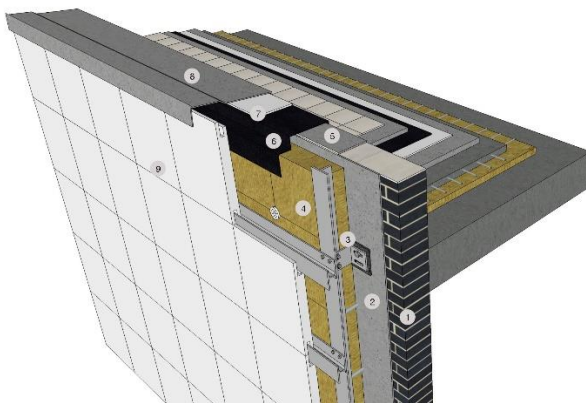
En cuanto al aislamiento ha de tenerse en cuenta, como se ha mencionado, que el aislamiento de lana mineral suele ser de celda abierta y como tal podría humedecerse en contacto con la humedad, perdiendo prestaciones térmicas. Por lo tanto, en la parte inferior del muro y hasta,

3 PROYECTO

VENTILADA



1. Forjado
2. Aislamiento térmico
3. Capa de compresión
4. Hormigón de pendiente
5. Capa separadora
6. Lámina impermeabilizante
7. Mortero de regularización
8. Solado
9. Mortero de formación de pendientes
10. Capa separadora
11. Chapa de remate con goterón



1. Soporte resistente o sustrato
2. Capa de homogeneización
3. Subestructura fachada ventilada
4. Aislamiento de fachada ventilada
5. Mortero de regularización
6. Lámina impermeabilizante
7. Capa separadora
8. Chapa de remate con goterón
9. Hoja exterior de acabado

aproximadamente cincuenta centímetros de altura, ha de colocarse un aislamiento de celda cerrada (XPS o vidrio celular, preferentemente el primero pues el vidrio celular es muy frágil y se puede fracturar fácilmente con posibles impactos).

La subestructura se dispondrá lo más baja posible para garantizar que la pieza inferior quede bien sujeta. La cámara ventilada deberá cerrarse para evitar la entrada de animales como los roedores, con la disposición de un perfil con inclinación hacia el exterior y goterón, que, además, deberá garantizar continuidad en la estanqueidad e infiltración de agua líquida, resolviéndose de forma similar a un encuentro de cubierta.

En cuanto a la **coronación del sistema**, se ha de disponer una perfilera metálica en el remate superior, de tal forma que se garantice que la albardilla, y la impermeabilización a disponer debajo de ella, tenga un soporte sobre el que aplicarse. Al mismo tiempo, este perfil ha de dejar una rejilla en la parte superior de tal forma que se produzca un tiro vertical para la eliminación del aire caliente en condiciones de verano y que funcione como elemento final del tiro vertical en la cámara. En este sentido, será fundamental analizar cuidadosamente la incorporación de barreras contra incendios a distintas alturas que permitan controlar el tiro vertical permitiendo aprovechar las ventajas del sistema. (Ver Figura 7)

Otro de los puntos singulares en este tipo de sistemas son los **encuentros con obstáculos horizontales**. La inspección de la fachada ha de garantizar la ausencia de salientes o discontinuidades en el espesor del aislamiento que puedan suponer un punto de acumulación de humedad y posible infiltración. De esta forma, en los encuentros con superficies horizontales, incluso dinteles, se ha de disponer de un sistema de evacuación de agua con un elemento continuo impermeable. Asimismo, las piezas en las que se prevea una acumulación de humedad ha de disponer de la pendiente necesaria para garantizar la escorrentía natural, incrementándose en dicho punto el cierre del sistema o bien la altura del refuerzo de la impermeabilización y disponer de un goterón para evitar que el recorrido de la gota llegue a generar algún problema en las juntas entre material. La solución debería ser, de forma esquemática similar a la que se muestra a continuación, incorporando, en todos los casos, elementos con elevada reacción al fuego de tal forma que se evite la propagación de este hacia el interior

Sobre el **encuentro con los huecos** (ventanas, balcones, etc.), lo primero que hay que indicar es la importancia de la coordinación dimensional y modular. La medida ajustada del edificio existente (si se trata de una rehabilitación) y la decisión del tipo de piezas a disponer para minimizar el despunte y el desperdicio de material de revestimiento. En este sentido, es importante que se replantee la fachada teniendo en cuenta la correlación entre los huecos, de forma similar a como se muestra en la imagen (Ver figura 8):

Figura 7. Coronación de sistema de fachada ventilada con peto de cubierta

3 PROYECTO VENTILADA

1. Soporte resistente o sustrato
2. Capa base de homogeneización
3. Mortero de formación de pendientes
4. Aislamiento cámara ventilada
5. Lámina impermeabilizante
6. Capa separadora
7. Pieza de vierteaguas con goterón e incrustado 2 cm en jamba
8. Pieza de solape
9. Subestructura perfilera de fachada ventilada
10. Hoja exterior fachada ventilada

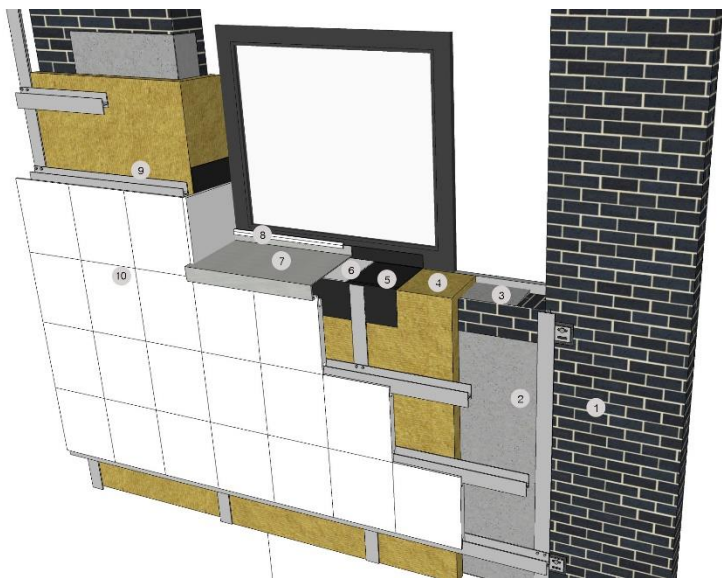


Figura 8. Encuentro de fachada ventilada con hueco

En cuanto a la resolución del hueco en sí, en primer lugar, en la mayor parte del territorio español será importante disponer la carpintería a haces interiores que permitirá aprovechar el retranqueo como elemento de protección pasivo (aunque sea reducido) frente a la radiación solar. El aislamiento térmico deberá volver en todas las superficies del hueco: dintel, jambas y alféizar, garantizando continuidad en la protección térmica e hídrica. Para garantiza la estanqueidad del aislamiento térmico en su encuentro con el hueco, aquél debería solaparse con el cerco de la carpintería, garantizando la rotura de la junta y la ausencia de infiltraciones, y cuidando los encuentros como puntos débiles para la penetración de llamas al interior de la edificación. En cuanto a las infiltraciones, queda, también, recogido en el *CTE DB-HS1 Protección frente a la humedad* “debe sellarse la junta entre el cerco y el muro con un cordón que debe estar introducido en un llagueado practicado en el muro de forma que quede encajado entre dos bordes paralelos”

Las piezas de revestimiento volverán en el hueco, aunque de una forma más ajustada para evitar la pérdida de superficie de iluminación en edificaciones existentes. Será fundamental cuidar el encuentro entre el material aislante y el revestimiento y la carpintería, disponiendo de un perfil específico al efecto.

El dintel deberá garantizar la evacuación del agua que haya podido infiltrarse en la cámara de aire, dejando previsto un perfil de continuación con su goterón específico. En el caso del vierteaguas, es importante disponer, fijado al montante vertical de la subestructura, una subestructura que permita dar un soporte rígido al alféizar, especialmente cuando éste es de naturaleza metálica y se dispone en piezas de muy pequeño espesor y, por lo tanto, que se puedan abollar fácilmente. El alféizar ha de tener una inclinación de 10° y tener goterón en la parte inferior para evitar que el agua se infiltre en la junta. Se recomienda disponer, por debajo del alféizar, una lámina de impermeabilización que solape con las láminas de impermeabilización de las jambas, dando, de esta forma, continuidad a toda la impermeabilización y que el agua que escurra por ella no encuentre discontinuidades por donde infiltrarse.



4. Procedimiento de ejecución

- a. Logística de la obra. Criterios básicos
 - Recepción y control de calidad de materiales y componentes.
 - Almacenamiento, será de especial atención en el caso de placas de grandes dimensiones por las deformaciones dimensionales que puedan llegar a sufrir antes de su colocación.
 - Condiciones ambientales en cada operación. Temperaturas entre 5°C-35°C. Viento < 40 km/h.
- b. Procedimientos de ejecución. Operaciones:
 - Preparación del soporte (obra nueva y rehabilitación: humedades, desprendimientos, faltas de plomo, falta de nivel, incluidos los cálculos de estabilidad necesarios. Estos trabajos incluirán la limpieza y la adecuada preparación del soporte.
 - Protección de huecos, carpinterías y superficies delicadas.
 - Aplicación de enfoscado, si fuera preciso, garantizando la ausencia de condensaciones, por lo que, en superficies muy permeables (construcciones previas a 1960) comúnmente se recomienda la instalación de un revestimiento de cal con adiciones puzolánicas o de cal hidráulica natural, para garantizar la permeabilidad al vapor de agua.
 - Replanteo de la subestructura y de los puntos de anclaje.
 - Colocación de los anclajes de la subestructura.
 - Instalación del aislamiento térmico y control de espesores.
 - Revisión de las condiciones de impermeabilidad del sistema, garantizando la ausencia de puntos en los que pueda acumularse agua e infiltrarse. Deberá cuidarse la compatibilidad de las láminas empleadas con el resto de las componentes.
 - Instalación de la perfilería.
 - Resolución de puntos singulares: huecos, jambas, dinteles, alféizares, etc. garantizando la adecuada impermeabilización, y la compatibilidad química, física y mecánica de todos los componentes.
 - Instalación de los sistemas de fijación del revestimiento.
 - Instalación del acabado de la fachada ventilada.
 - Repaso y limpieza final.
- c. Control de calidad y seguimiento
 - Ensayos: Sobre todo en rehabilitación, termografía para detectar las posibles discontinuidades del aislamiento térmico, previo a la colocación del acabado, así como la detección de posibles puentes térmicos y puntos de infiltración de humedad.
 - Comprobaciones en obra.
 - Tolerancias de ejecución, etc.
 - Una vez ejecutada la fachada ventilada, puede ser interesante la introducción de endoscopios que permitan visualizar el acabado final del conjunto.
- d. Gestión de residuos y criterios medioambientales

Las obras deberán cumplir con las exigencias recogidas en la Ley 7/2022 de Residuos y Suelos Contaminados para una economía circular de tal forma que los residuos deben clasificarse, en obra, en



distintas fracciones: madera, minerales (hormigón, ladrillos, azulejos, cerámica y piedra), metales, vidrio, plástico y yeso. Separando los elementos susceptibles de ser reutilizados en la misma obra.

En cuanto a los materiales a incorporar, se priorizará el uso de materiales con etiquetado siendo preferente el etiquetado tipo III evaluado con una metodología de análisis de ciclo de vida, específico para el producto o el sistema a implementar. Además, atendiendo al cumplimiento del principio *DNSH* “*Do not significant harm*” recogido en el *Reglamento (UE) 2021/241 del 12 de febrero de 2021* y traspuesto en el *Real Decreto 1118/2021 del 21 de diciembre*, con la adopción de medidas para la prevención y el control de la contaminación, “*los componentes o materiales de construcción utilizados en la construcción no contendrán amianto ni sustancias muy preocupantes identificadas sobre la base de la lista de sustancias sujetas a autorización que figura en el anexo XIV del Reglamento (CE) 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo*”, además, deben participar en la mitigación y adaptación al cambio climático y, en la transición hacia una economía circular en la que al menos el 70% del peso de los residuos no peligrosos se prepare para la reutilización, reciclaje y recuperación mediante lo que se conoce como el libro digital de los materiales.

- Debe minimizarse el uso de plásticos en el suministro de los materiales de construcción o de materiales que no puedan ser reutilizables.
- El despiece del sistema de fachada deberá tener en cuenta la coordinación dimensional y modular para minimizar los despuntes de material.

e. Programa y criterios de mantenimiento y uso

El sistema se ha de limpiar con productos que no sean abrasivos y según indicaciones del fabricante de los acabados. Especial consideración ha de tenerse en cuenta con la instalación de dispositivos que modifiquen la forma de funcionamiento original de la fachada.

Según la *Tabla 6.1 Operaciones de mantenimiento* dentro del *DB HS1 Protección frente a la humedad* se han de ejecutar, con la periodicidad indicada, las siguientes operaciones de mantenimiento:

OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	PERIODICIDAD
Comprobación del estado de conservación del revestimiento: posible aparición de fisuras, desprendimientos, humedades y manchas	3 años
Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares	3 años
Comprobación de la posible existencia de grietas y fisuras, así como desplomes u otras deformaciones, en la hoja principal	5 años
Comprobación del estado de limpieza de las llagas o de las aberturas de ventilación de la cámara	10 años

Tabla de operaciones de mantenimiento de fachadas según el DB HS1. Protección frente a la humedad



- f. Unidades, criterios de medición y partidas de obra
Los trabajos de fachada ventilada suelen medirse a cinta corrida, excepto en el caso de huecos de más de 4m², en donde sus grandes dimensiones implican que la resolución de los puntos conflictivos tiene menor repercusión.

Paredes y superficies lisas sin interrupciones:

- Deben medirse a cinta corrida añadiendo encuentros.
- En los ángulos o curvas se debe medir por la cara mayor de la capa aislante.

Paredes y superficies lisas con interrupciones:

Igual que el punto anterior, pero, además:

- Los pilares o salientes adosados no se deducen en caso de no ser aislados.
- En los huecos se aplicarán las siguientes deducciones:
 - o < 2 m²: 0%
 - o Entre 2 y 4 m²: 50%
 - o > 4m²: 80%

Huecos: los huecos (ventanas, puertas, etc.) se medirán con dimensiones de luz.

Frentes de forjado:

Si no están enrasados en el plano de fachada, y suponen un resalte del plano terminado, se medirán a cinta corrida, considerándose cada metro lineal de frente de forjado como 1 m², independientemente del espesor del forjado aislado.

La unidad de obra prevista incluye las siguientes partidas:

- Replanteo
- Limpieza y preparación del soporte (incluso revestimiento continuo, si fuera preciso)
- Replanteo de anclajes
- Instalación de subestructura, ménsulas y perfilería
- Instalación de placas de aislamiento térmico, adheridas y fijadas sobre el soporte
- Colocación de lámina impermeabilizante y permeable al vapor de agua (si fuera preciso)
- Instalación de piezas singulares y perfilería
- Instalación de fijaciones de revestimiento
- Colocación de acabado
- Retirada de la obra de los recortes, restos de embalajes, etc.
- Repaso y limpieza final

5. Cuadro resumen

CRITERIOS DE DISEÑO Y PROYECTO

Aspectos formales y estéticos

Se cumplirán y justificarán las determinaciones urbanísticas y ordenanzas que sean exigibles. La solución propuesta se definirá por escrito y gráficamente de manera completa con especial atención a los puntos singulares del sistema.

Normativa de aplicación

- Eficiencia energética
 - DB HE 1 *Condiciones para el control de la demanda energética*
 - U_{lim} [W/m²K], K_{lim} [W/m²K], etc.
- Salubridad
 - DB HE Sección HS 1 *Protección frente a la humedad. Fachadas*
 - Zona pluviométrica, grado exposición viento, aberturas de ventilación.
- Acústica
 - CTE DB-HR *Protección frente al ruido*
 - Tabla 2.1 *Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{2m,nTAr}$, en dBA...
- Incendios
 - DB HE SI 2 *Propagación exterior*
 - Clase de reacción al fuego de la fachada según su altura
 - D-s3,d0, h<10m. B-s3,d0, hasta 28m. A-s3,d0, h>28m.
 - Medianeras y fachadas deben ser al menos EI 120.

Condiciones exigibles a los componentes

Se recomienda emplear un "sistema" completo homologado por el fabricante como garantía de la compatibilidad y rendimiento de sus componentes.

Gestión de residuos, criterios medioambientales, DNSH

- Ley 7/2022 de Residuos y Suelos Contaminados para una economía circular.
- Etiquetado tipo III evaluado con una metodología de análisis de ciclo de vida.
- DNSH R.D. 1118/2021 del 21 de diciembre, medidas para la prevención y el control de la contaminación.
- No contendrán amianto ni sustancias muy preocupantes identificadas.
- Mitigación y adaptación al cambio climático y, en la transición hacia una economía circular.
- Al menos el 70% del peso de los residuos no peligrosos se prepare para la reutilización, reciclaje y recuperación mediante lo que se conoce como el libro digital de los materiales.

Documentación de proyecto

- Entre otros:
- Estudio energético y certificado de la eficiencia energética del edificio.
 - Libro del edificio o libro del edificio existente en rehabilitación.
 - Referencias de los materiales y componentes: catálogos, marcados CE o ETE, DIT o DAU, etc.
 - Manuales de mantenimiento.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Logística de la obra

Recepción y almacenamiento de los materiales de forma controlada y no expuesto a las inclemencias y posibles daños mecánicos. Comprobación y exigencia estricta de las prescripciones de proyecto.

Condiciones ambientales de ejecución

- De manera general:
- Temperaturas entre 5°C-35°C.
 - Viento < 40 km/h.

Procedimientos de ejecución. Operaciones

- Preparación del soporte:
- Asegurarse estabilidad formal y macánica.
 - Saneado superficial y control sobre humedades.
 - Regularización de base y ausencia de discontinuidades del soporte.

Delimitación Arranque-zócalo y preparación

- Pasos a seguir:
- Media caña inferior con mortero hidrófugo e impermeabilizada hasta 30-40 cm de altura.
 - Enfoscado continuo en toda la fachad (juntas que eviten infiltración).
 - Colocación de lana mineral, a partir de 30-40 cm del suelo (debajo), siempre, aislamiento de celda cerrada, de igual espesor).

Colocación de fijaciones

- Opciones:
- Replanteo de sujeciones fijas (a forjado) y móviles (paramento).
 - Tratamiento del perímetro de hueco reforzando esta zona y asegurando su estanquidad a la lluvia y la presencia de vertebrales con goterón.

Colocación de subestructura

- Subestructura de montantes verticales: aplomada y nivelada.
- Piezas de fijación y sujeción, sin puntos en los que se acumule el agua.

Colocación de aislamiento térmico

- Colocación de área de salpiqueo:
- Colocación de aislamiento de celda cerrada en 30-40 cm de arranque.
- Colocación de fijaciones mecánicas:
- Todas las juntas > 2mm se rellenarán con el mismo material aislante.
 - Para espesores de > 20 cm se dispondrán los paneles en dos capas.
 - Tratamiento de perímetro de hueco reforzado.
 - Fijación mecánica mediante clavo por golpeo hasta soporte. >6m².

Control de las filtraciones de agua en la cámara

Se deberán sellar cuidadosamente todas las posibles vías de agua y garantizar la verticalidad del sistema, sin áreas en las que se pueda depositar agua líquida.

Colocación de piezas de sujeción y de retención

Se recomienda el empleo de sistemas completos siguiendo las instrucciones de preparación y de puesta en obra del fabricante.

Se extremará el cuidado en puntos de acumulación de agua y se asegurará la compatibilidad del sistema de sujeción con las piezas de acabado.

Colocación de piezas de acabado

Se recomienda el empleo de sistemas completos siguiendo las instrucciones de puesta en obra, garantizando la compatibilidad entre las fijaciones y el acabado, así como respetando juntas y piezas singulares.

Puntos singulares

Se requiere un exhaustivo control para prevenir las posibles filtraciones de agua entre capas. Para ello es necesario:

- Creación de juntas de dilatación mediante perfil específico.
- Protección de esquinas y quiebros mediante perfiles específicos.
- Tratamiento de las superficies horizontales, como alfeizares, mediante capa impermeable bajo el remate. Esta impermeabilización se coloca sobre el aislamiento y tendrá solape sobre planos verticales ≥ 20 cm.

Control de calidad y seguimiento

- Ensayos: termografía, especialmente en rehabilitación.
- Comprobaciones en obra.
- Tolerancias de ejecución, etc.

Unidades y criterios de medición

Paredes y superficies lisas sin interrupciones:

- Deben medirse a cinta corrida añadiendo encuentros
- En los ángulos o curvas se debe medir por la cara mayor del acabado

Paredes y superficies lisas con interrupciones, igual que el punto anterior y:

- Los pilares o salientes adosados no se deducen si no están aislados
- En los huecos se aplicarán las siguientes deducciones:

- < 2 m²: 0%
- Entre 2 y 4 m²: 50%
- > 4 m²: 80%

Los huecos se miden con dimensiones de Luz

Gestión de residuos y criterios medioambientales, principio DNSH

- Los residuos deben clasificarse por fracciones: madera, minerales, metales, vidrio, plástico y yeso.
- Identificación y separación de los que pueden ser reutilizados en la obra.
- Al menos el 70% del peso de los no peligrosos generados preparado para la reutilización, reciclaje y recuperación (libro digital de los materiales).

Programa y criterios de mantenimiento

Al menos los indicados en la Tabla 6.1 Operaciones de mantenimiento dentro del DB HS1 Protección frente a la humedad y siempre los prescritos por los fabricantes de los sistemas incorporados.

Dirección y coordinación:

Manuel Rodríguez Pérez

Doctor arquitecto. Profesor asociado del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

ISBN: 978-84-09-69948-3

Autores:

Manuel Rodríguez Pérez

Doctor arquitecto. Profesor asociado del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

Maria del Mar Barbero Barrera

Doctora Arquitecta. Profesora titular del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

Alexander Díaz Chyla

Doctor arquitecto. Profesor asociado del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

Violeta Rodríguez González

Arquitecta. Doctoranda del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

Madrid. Febrero de 2025