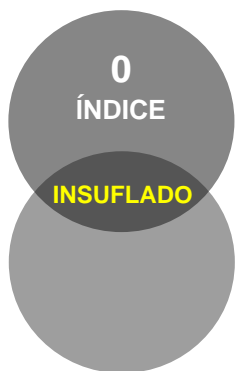


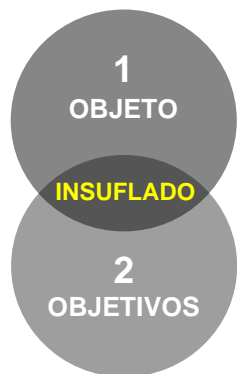
PLIEGO PARA INSUFLADO DE CÁMARAS DE AIRE EN FACHADAS CON LANA MINERAL



## 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 .....	3
3.	Diseño y proyecto .....	4
a.	Trabajos previos de reconocimiento y selección .....	4
b.	Documentación básica de proyecto .....	4
c.	Soluciones constructivas. Detalles. ....	4
d.	Otra documentación que se ha de aportar en proyecto. ....	5
e.	Normativa de aplicación.....	5
f.	Condiciones exigibles a los componentes de la solución adoptada. ....	7
g.	Gestión de residuos y criterios medioambientales, principio DNSH .....	8
4.	Procedimiento de ejecución .....	9
a.	Logística de la obra. Criterios básicos.....	9
b.	Procedimientos de ejecución. Operaciones:.....	9
c.	Control de calidad y seguimiento .....	12
d.	Unidades, criterios de medición y partidas de obra.....	12
e.	Gestión de residuos y criterios medioambientales, principio DNSH .....	13
5.	Programa y criterios de uso y mantenimiento .....	14
6.	Cuadro resumen .....	15

---



## PLIEGO INSUFLADO DE CÁMARAS EN FACHADAS

### 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 ejecución en obra del relleno, mediante borra o copos de lana mineral, de cámaras de aire en cerramientos verticales y otros espacios ocultos de la envolvente térmica de un espacio o edificio. Se ejecuta mediante un insuflado o soplado mecánico y se puede aplicar a fachadas o cualquier otro tipo de cerramiento que disponga de dichas cámaras de aire en su composición.

Esta técnica se refiere casi exclusivamente a su aplicación en edificios existentes, pues en edificios nuevos, probablemente, se habrá utilizado otro tipo de opciones para ocupar este espacio.

### 2. Objetivos de la intervención

#### a. Objetivos generales para el conjunto del edificio

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

- Eficiencia energética:
  - Reducción de la demanda de calefacción, refrigeración y conjunta de ambos servicios. Esta reducción de la demanda conjunta alcanzará al menos el 35% sobre el estado actual para edificios existentes de las zonas climáticas D y E y del 25% para la zona C. En edificios de nueva planta la misma reducción (35%), pero, en este caso, respecto a la aplicación estricta de las transmitancias límite (Tabla 3.1.1.a - HE1) a cada elemento de la envolvente térmica definida.
  - Reducción del consumo de energía primaria total (EPT).
  - Reducción del consumo de energía primaria no renovable (EPNR).
- Seguridad en caso de incendios
 

La solución adoptada contribuirá a garantizar la condición de resistencia al fuego (EI) exigible por sectorización o por contacto entre usos, así como la clase de reacción al fuego que le corresponda en función de la altura del edificio.
- Protección frente al ruido
 

El sistema mejorará el aislamiento acústico a ruido aéreo de la envolvente del edificio. En cualquier caso, será necesario realizar un estudio global para garantizar que se alcanzan las exigencias establecidas en el CTE BD-HR Protección frente al ruido. El uso de lana mineral presenta la ventaja del incremento del aislamiento acústico (unos 5dB) respecto a la cámara vacía.

#### b. Objetivos particulares para cada elemento de la envolvente afectado

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 apartado anterior. En cuanto a la función de aislamiento térmico y debido a la imposibilidad de aumentar espesores de aislamiento por tratarse las cámaras de elementos fijos, se optimizará la conductividad térmica del aislante empleado, asegurándose siempre de no generar problemas de condensación asociados a la intervención.



### 3. Diseño y proyecto

#### a. Trabajos previos de reconocimiento y selección

En primer lugar, se han de seleccionar y caracterizar los cerramientos verticales que disponen de cámara de aire y que pertenecen a la envolvente térmica definida en proyecto.

- Para ello, se realizará un inventario completo de estos cerramientos donde se incluyan sus dimensiones, la composición (si se conoce en esta fase) y el tipo de contacto por ambas caras de cada uno de ellos. Los contactos se clasificarán según los siguientes tipos:
  - o Contacto con el Exterior.
  - o Contacto con el Terreno.
  - o Contacto con otros espacios indicando si se trata de espacios habitables acondicionados, habitables no acondicionados o no habitables, según la terminología que se emplea en el *CTE DB HE, Anejo A Terminología*.

En función del tipo de contacto, se indicará en este inventario el valor de transmitancia límite ( $U_{lim}$ ), reflejado en la *Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica,  $U_{lim}$  [ $W/m^2K$ ]*. Esta será la transmitancia máxima exigible en caso de intervenir sobre el cerramiento.

- Posteriormente, y de manera previa a la realización de la intervención, se realizarán las catas e inspecciones endoscópicas necesarias para caracterizar y confirmar el estado de las cámaras de aire disponibles en los cerramientos verticales previamente seleccionados. Se estudiarán espesores, discontinuidades, condiciones de ejecución en origen, conservación actual, etc.

#### b. Documentación básica de proyecto

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 y su estado de conservación), principalmente fachadas, que dispongan de cámara de aire y que reúnan las condiciones necesarias para aplicar esta solución.
- Incorporación de los detalles necesarios tanto de la solución constructiva general, como de los elementos y encuentros singulares, así como de las condiciones particulares de cada tipo de cerramiento afectado por la intervención.
- Indicación gráfica en cada paño, de los elementos singulares que puedan interferir en los trabajos de insuflado.
- La memoria escrita incluirá una descripción de la solución adoptada, las características y composición de cada paño afectado, su transmitancia térmica, etc., tanto en su estado previo como en su estado modificado.

#### c. Soluciones constructivas. Detalles

En el esquema de la página siguiente se identifican los elementos principales que componen e intervienen en el sistema de aislamiento térmico mediante el relleno de cámaras de aire en cerramientos verticales empleando lana mineral a granel. Se trata de una solución típica con hoja resistente de fábrica de ladrillo y formación de cámara mediante trasdosado también de ladrillo. Se pueden plantear variantes para ambas



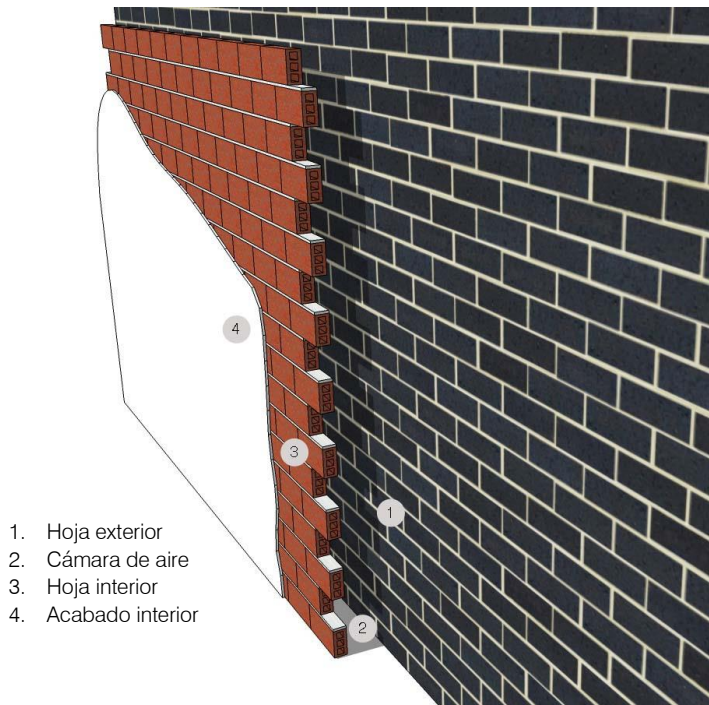
3  
PROYECTO  
INSUFLADO

hojas, así la hoja resistente puede estar compuesta por soluciones de bloque de hormigón, termoarcilla, etc. El trasdosado puede estar compuesto también por perfilería metálica y placa(s) de yeso laminado.

- d. Otra documentación que se ha de aportar en proyecto
- Certificados y memorias de cálculo y/o simulación energética: 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 en ambos estados los siguientes indicadores:
    - Clasificación energética en los dos indicadores principales que establece nuestra norma: emisiones de CO<sub>2</sub> y energía primaria no renovable consumida.
    - Demanda de calefacción, de refrigeración y conjunta.
    - % de reducción y mejora obtenidos en todos estos indicadores mediante la intervención.
  - Informe termográfico del estado actual de cada paño sobre el que se va a intervenir y que se complementará con las termografías realizadas una vez finalizada la obra.
  - Certificado de eficiencia energética (CEE). En rehabilitación estado actual 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.
  - Catálogos de materiales incorporados.
  - Manuales de mantenimiento.
  - Certificados de calidad de los materiales.
  - Declaración de prestaciones del sistema de insuflado o soplado.
  - Marcado CE o ETE de todos los componentes y equipos que se van a emplear.
  - 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.
  - Justificación del cumplimiento normativo.

- e. Normativa de aplicación  
El proyecto que desarrolle la solución de aislamiento propuesta evaluará, estudiará y justificará el cumplimiento de los siguientes requisitos normativos:

- Eficiencia energética  
Las soluciones adoptadas cumplirán los indicadores del *DB HE 1 Condiciones para el control de la demanda energética* que le sean de aplicación:
  - Cumplimiento del *DB HE Ahorro de energía* en lo referente a la *Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U<sub>lim</sub> [W/m<sup>2</sup>K]* de cada elemento de la envolvente que se define en proyecto o, en rehabilitación, sobre los que se interviene.



1. Hoja exterior
2. Cámara de aire
3. Hoja interior
4. Acabado interior

### 3 PROYECTO

#### INSUFLADO



- Si se interviene en más del 25% de la envolvente térmica del edificio, 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  $K_{lim}$  [ $W/m^2K$ ]* según corresponda por uso del edificio.
- En el caso de que, además, se sustituyan las carpinterías y vidrios de los huecos de fachada se justificará el cumplimiento 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 *DB HE Ahorro de energía* en lo referente a la *Tabla 3.2 - HE1 Transmitancia térmica límite de particiones interiores,  $U_{lim}$  [ $W/m^2K$ ]*, en el caso de que se intervenga sobre cerramientos verticales de partición interior entre espacios del mismo o diferente uso.
- 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 y, en el caso de que se produzcan, estas serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. En ningún caso, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual podrá superar la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo. En el caso de que el resultado indique que se producen condensaciones intersticiales en el cerramiento y que estas provocan una merma significativa en las prestaciones térmicas del cerramiento se propondrá una solución complementaria que garantice el cumplimiento de este apartado.
- 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*. En este caso, al tratarse de una medida a implementar en una solución constructiva existente, habrá que evaluar la configuración del muro en su totalidad, según la tabla recogida en el apartado 2.3.2 “*Condiciones de las soluciones constructivas*” en función de la disposición de un revestimiento exterior, continuo o discontinuo, o no, así como la resistencia a la filtración contra la penetración de agua y la disposición de la hoja principal respecto a la cámara de aire. así como de la zona pluviométrica de promedios y del grado de exposición al viento correspondientes al lugar de ubicación del edificio.
- 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.

- Seguridad en caso de incendios  
 Las fachadas y las medianeras separadoras con otro edificio deberán ser, al menos EI120. Si no se alcanza dicha clase de resistencia al fuego podrá reducirse a EI60, pero adoptando una serie de medidas limitantes en la propagación del posible incendio. De esta forma, entre dos sectores de incendios o dos áreas con distinto nivel de riesgo, la distancia entre los puntos que no cumplan debe ser función del ángulo que conformen, tanto en su propagación en horizontal como en vertical. Se recomienda consultar los esquemas gráficos de la *Sección SI 2 Propagación exterior* en su apartado *1 Medianerías y fachadas*.

- Otra normativa de referencia  
 UNE EN 13501:2019.  
 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.

UNE-EN 14064-1:2017  
 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos aislantes térmicos formados in-situ a partir de lana mineral (MW). Parte 1: Especificación para los productos a granel antes de su instalación.

UNE EN 14064-2:2014  
 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos aislantes térmicos formados in-situ a partir de lana mineral (MW). Parte 2: Especificación para los productos instalados.

UNE 85219:2016  
 Ventanas. Colocación en obra.

UNE 92316:2016  
 Criterios de medición y cuantificación para trabajos de aislamiento térmico mediante relleno de cámaras en edificación.

UNE 92325:2018  
 Productos de aislamiento térmico en la edificación y cerramientos acristalados. Control de la instalación.

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.

- f. Condiciones exigibles a los componentes de la solución adoptada

Euroclases según UNE EN 13501:2019 parte 1 Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

EUROCLASE	Contribución al fuego
A1	No combustible
A2	Poco combustible, no causa efecto Flash-Over
B	No causa efecto Flash-Over
C	Efecto Flash-Over a los 10 minutos
D	Efecto Flash-Over antes de 10 minutos
E	Efecto Flash-Over antes de 2 minutos
F	Efecto Flash-Over entre el inicio y 2 minutos

### 3 PROYECTO

#### INSUFLADO

De forma general, todos los materiales que se van a emplear deben ser de primera calidad y deben cumplir las disposiciones vigentes referentes a los productos, técnicas y sistemas constructivos, así como a la normativa de referencia. Del mismo modo, todos los materiales deberán someterse a controles, ensayo previo, experimentación, sello de calidad, prescripciones técnicas, entre otros que les sean de aplicación.

Los componentes deberán ser compatibles entre sí. Asimismo, la maquinaria de insuflado y de soplado deberá estar correctamente homologada por sus fabricantes.

- **Cámara de aire disponible**  
La cámara que se va a utilizar como alojamiento del insuflado dispondrá de un espesor medio de, al menos, 40 mm. Este espacio será continuo y se encontrará despejado y libre de residuos o escombros. El espacio para el soplado será en todo caso de dimensiones muy superiores. Si es necesario y viable, se deben preparar mediante el refino de sus superficies, el aspirado y retirada de restos que existan en la cámara, dejándola lo más limpia y diáfana posible.
- **Aislamiento térmico**  
Se pueden utilizar cualquiera de las presentaciones de lana mineral de roca o vidrio sin aglomerar según EN 14064-1.

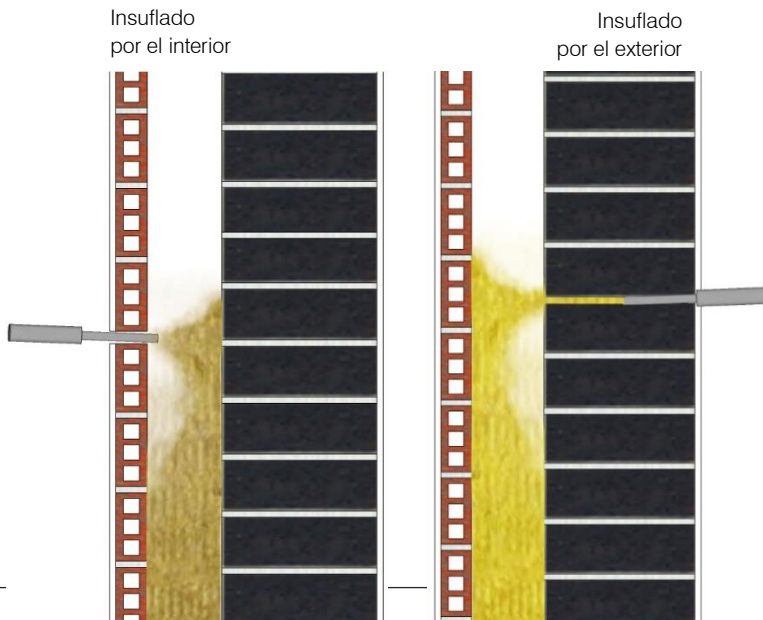
Será especialmente importante revisar las posibles infiltraciones de humedad en los espacios que se quieren rellenar.

Para este proyecto se exige, además, lo siguiente:

- Propiedades térmicas: su conductividad térmica será menor que  $0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ,
- Peso: se tomará en consideración cualquier modificación significativa de las cargas gravitatorias que se introduzcan y su repercusión sobre la estructura del edificio. Esta cuestión es especialmente importante en el relleno de falsos techos para los que se debe comprobar la resistencia tanto del panel que lo conforma como la estructura que lo soporta.

- **Materiales de acabado**  
Al tratarse de una técnica muy poco invasiva los materiales de acabado se limitan al sellado de las perforaciones por las que se ha insuflado la lana mineral en la cámara. Dependiendo que se haya realizado desde el exterior del cerramiento o por el interior los materiales serán diferentes. En el exterior, por ejemplo, si la fachada es de ladrillo visto las perforaciones se habrán practicado en la junta de mortero entre piezas cerámicas por lo que se deberá restituir el mortero de llagueado en esos puntos. Si las perforaciones se han practicado por el interior, los acabados son normalmente de yeso (en mortero o placas de yeso laminado) y acabado pintado. En este caso se procederá al tapado con el mismo material de las perforaciones realizadas y al pintado del paño completo con la misma de pintura original.

- g. **Gestión de residuos y criterios medioambientales, principio DNSH**  
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.

#### 4. Procedimiento de ejecución

##### a. Logística de la obra. Criterios básicos

- Recepción

En la recepción de materiales y componentes, entre otras tareas, se han de realizar las siguientes:

- Se rechazarán todos los materiales defectuosos, en mal estado de conservación, sin embalaje, etc.
- Así mismo se rechazarán todos aquellos materiales o componentes que no presenten los correspondientes certificados de calidad, declaración de prestaciones, distintivos de calidad, etc. que se habían descrito en proyecto.

- Almacenamiento

Los distintos componentes deberán almacenarse protegidos de las inclemencias climáticas, las heladas y los daños mecánicos, al mismo tiempo, el aislamiento térmico habrá de protegerse de la radiación ultravioleta, y de la exposición a la intemperie.

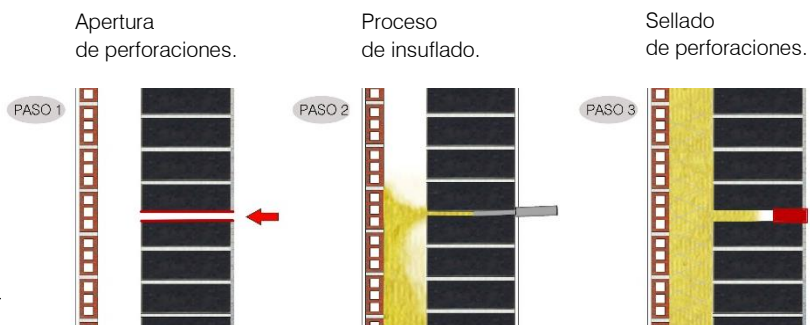
- Condiciones ambientales necesarias en cada operación

Los trabajos que se realicen en el exterior, incluido el proceso de relleno, se desarrollarán en una horquilla de temperatura exterior entre los 5°C - 35°C y con velocidades del viento por debajo de los 40 km/h. Dependiendo de las condiciones de exposición y altura de la zona de trabajo puede ser conveniente suspenderlos con velocidades del aire menores.

Si las operaciones de relleno se realizan desde el interior de los espacios las exigencias anteriores serán mucho más reducidas y se limitarán a los trabajos que se realicen en el exterior.

##### b. Procedimientos de ejecución. Operaciones

- Estudio y preparación de las cámaras.

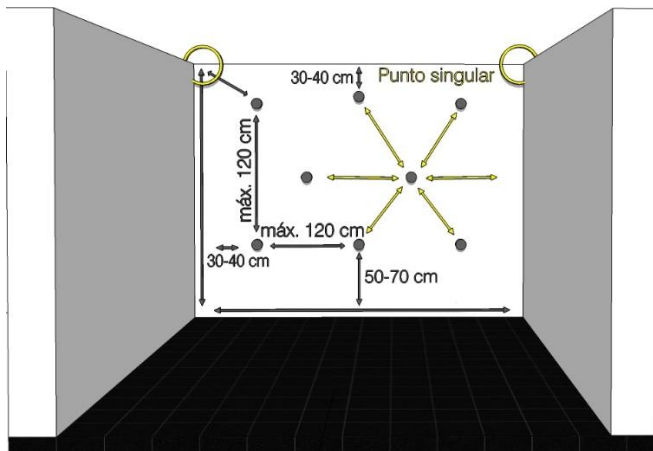


## 4 EJECUCIÓN

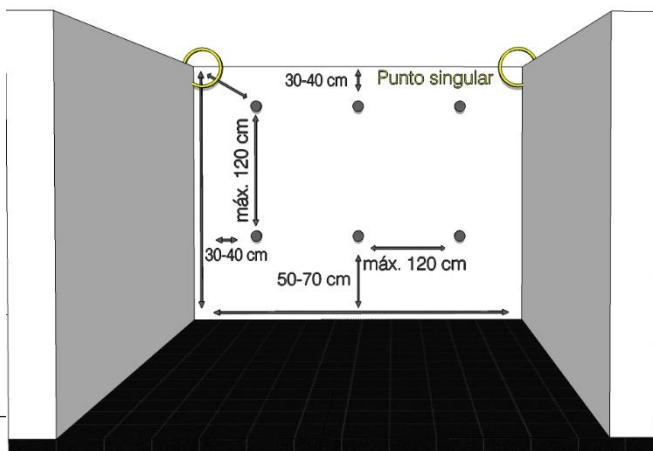
### INSUFLADO

*Elaboración propia.*

Trasdosado continuo y cámara  
entre 40-50 mm de espesor



Trasdosado continuo y cámara  
≥ 60 mm de espesor



Como se ha indicado en los apartados anteriores, se habrá realizado previamente al proceso de insuflado una evaluación de las características, dimensiones y el estado de conservación de las cámaras que se van a tratar.

Como resultado de dicha inspección, puede ser necesario realizar una serie de pasos previos en el caso de que existan humedades, filtraciones de aire, grietas, fisuras, cableados eléctricos conductos de otras de instalaciones, o cualquier otra incidencia que dificulte el proceso de instalación del aislamiento y que puedan condicionar el resultado final. Estos trabajos deben realizarse previamente y ser verificada su resolución de manera previa al proceso de insuflado.

Se realizarán, además, todos los trabajos necesarios para evitar discontinuidades que puedan suponer puentes térmicos en el paño tratado.

Finalmente se confirmará el adecuado estado de las cámaras o espacios que se han seleccionado para su insuflado o soplado.

#### ■ Replanteo de perforaciones

El replanteo de perforaciones es necesario previo al relleno de cámaras y espacios de pequeñas dimensiones, si se trata de espacios diáfanos y accesibles (buhardillas, desvanes, etc.), no son necesarias las perforaciones y el procedimiento de relleno será diferente. Dependiendo de las características del paño, si se encuentra diáfano, con presencia o no de huecos o de otros elementos y también en función del espesor de la cámara se aplicarán los siguientes criterios de distribución de perforaciones:

1. En función del espesor de la cámara y de las discontinuidades que presente, se aplicarán los criterios de distribución de perforaciones que se describen en el gráfico del margen. En general, dichos criterios serán los siguientes:
  - En cámaras continuas, sin elementos insertados, y para alturas de paño estándar (en torno a 2,50 m.), se distribuirá una trama de perforaciones que respeten una separación al techo y encuentros de paños verticales (aristas) de 30-40 cm. La separación entre filas debe ser como máximo de 120 cm. La disposición de estas filas, cuando la cámara es estrecha (< 6 cm), se ha de hacer al "tresbolillo" para facilitar la distribución uniforme del aislante. Si la cámara es de un espesor superior, las perforaciones pueden estar alineadas.

Los vértices en el techo son siempre un punto conflictivo y la perforación desde la que se producirá su relleno se hará, aproximadamente, en la bisectriz del ángulo que forman las dos aristas del paño a tratar manteniendo unos 40 cm de separación con la pared lateral.

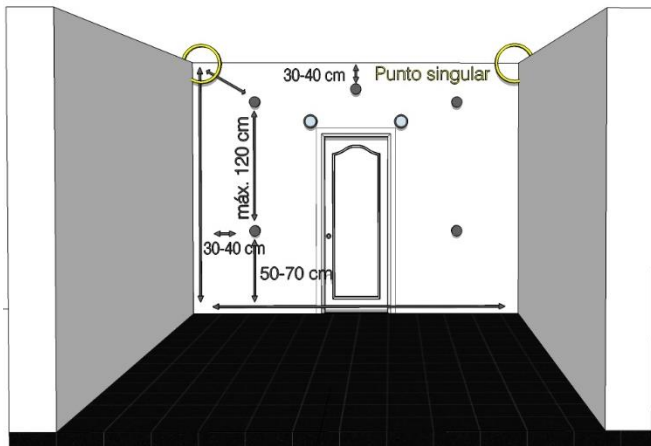
- En cámaras que presentan inserciones de puertas, ventanas, etc. u otras discontinuidades que impidan las perforaciones, se actuará de la siguiente forma:

## 4 EJECUCIÓN

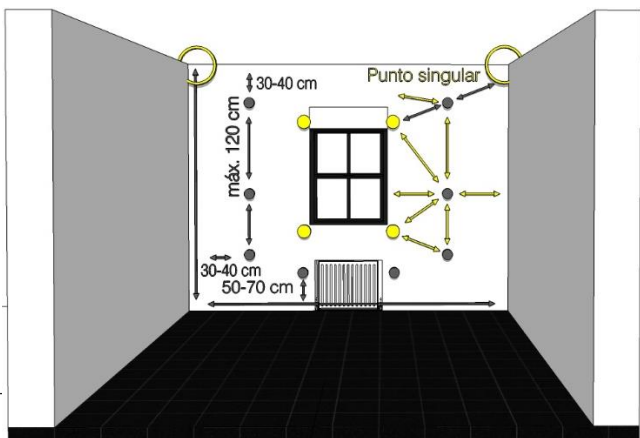
### INSUFLADO

*Elaboración propia.*

Trasdosado con puerta y cámara  
≥ 60 mm de espesor



Trasdosado con ventana, persiana y  
radiador. Cámara de 40-50 mm espesor



- En puertas los puntos singulares son los dos vértices superiores a los que accederemos en el insuflado desde un punto central al quicio de del hueco y desde los puntos laterales que correspondan según el espesor de la cámara.
- En las ventanas con capialzado el acceso superior, para alturas normales, no será posible y se realizará el insuflado desde, al menos, 3 puntos laterales (ver esquema).

2. Se realizarán las perforaciones complementarias necesarias para garantizar la distribución uniforme del aislante en todas las zonas, especialmente en las de más difícil acceso.

3. En previsión de ocasionar los menores daños posibles sobre los paramentos en los que se interviene se aplicarán además los siguientes criterios:

- Si el relleno se ejecuta por la cara exterior del cerramiento estaremos también condicionados por el material de acabado de la fachada. En ese caso, si el acabado consiste, por ejemplo, en fábrica de ladrillo visto procuraremos realizar las perforaciones en zonas de junta entre las piezas de fábrica.
- En interiores con acabados por piezas como pueden ser alicatados, panelados, etc. se comprobará la posibilidad de reposición de piezas iguales a las existentes en cuyo caso las perforaciones se realizarán en las zonas centrales de las piezas para dañar el menor número posible de ellas.

- Relleno de cámara y otros espacios que se quieren aislar

Existen dos formas de aplicar este sistema de aislamiento con lana mineral:

1. **Insuflado:** esta técnica consiste en inyectar lana mineral en cámaras de aire cerradas tales como fachadas de doble hoja o falsos techos. Por ejemplo, en cámaras de hasta 100 mm de espesor.
2. **Soplado:** consiste en aplicar lana mineral proyectada gruesa en superficies abiertas que no son habitables, normalmente desvanes, buhardillas o trasdosados de grandes dimensiones.

Proceso:

En primer lugar, se debe preparar la maquinaria y el producto que se va a utilizar. Ambos han de ser los adecuados para la técnica seleccionada, así como a las características de las dos hojas del cerramiento que conforman la cámara de aire o del espacio horizontal que se quiere soplar. Se regulará la máquina neumática a la presión del aire recomendada por el fabricante.

De manera general se iniciará el proceso de insuflado de abajo a arriba y se realizarán comprobaciones periódicas del relleno mediante inspección endoscópica.

En espacios de gran volumen para rellenar se aplicará la técnica de soplado que se diferencia del insuflado por la utilización de una boquilla de mayor tamaño.

## 4 EJECUCIÓN

### INSUFLADO

Finalmente, tanto en los procesos de insuflado como de soplado de espacios abiertos, se revisará que el producto se ha distribuido uniformemente y con el espesor adecuado haciendo las catas, mediciones e inspecciones necesarias en cada caso.

Como ya se ha dicho, se realizará además la inspección termográfica de todos los paramentos afectados. Esta inspección requiere de un contraste térmico interior-externo lo más amplio posible por lo que se ha de realizar en la época y hora adecuadas para que los resultados sean significativos. Por tanto, e independientemente de las comprobaciones que se realicen en el periodo de ejecución de los trabajos, si las condiciones no son adecuadas en ese periodo, se ha de realizar un nuevo estudio termográfico en el momento en el que dichas condiciones ambientales sean óptimas.

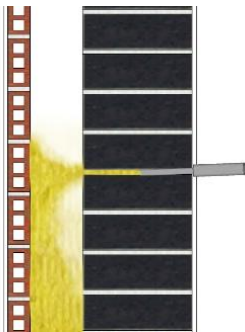
- Sellado de perforaciones
  - Una vez finalizado el proceso se debe realizar el sellado de las perforaciones con el acabado que corresponda, normalmente yeso por el interior o mortero por el exterior, y el pintado del paño si es necesario. En el caso de paramentos con acabados diferentes como puede ocurrir con paramentos alicatados, aplacados o forrados puede ser necesario la sustitución de piezas, si es posible reponerlas o, en el peor de los casos, la renovación del paño completo.
  - En intervenciones por la cara exterior del cerramiento se procederá de manera similar. Sellado y pintado si procede en acabados continuos de mortero o revocos y sustitución de piezas en acabados panelados, aplacados, etc. En acabados de ladrillo visto, como se ha dicho, se habrá tomado la precaución de realizar las perforaciones en el llagueado reponiendo el mortero en este momento. En otros casos de junta de escasas dimensiones, aparejo a hueso, o daños en las piezas por las perforaciones se procederá a la sustitución de las piezas de fábrica dañadas siempre y cuando no sea posible su reparación.
- c. Control de calidad y seguimiento
  - Ensayos: termografía.
  - Comprobaciones en obra mediante inspección endoscópica.
  - Tolerancias de ejecución.

- d. Unidades, criterios de medición y partidas de obra  
Se aplican los criterios descritos en la *UNE 92316:2016 Criterios de medición y cuantificación para trabajos de aislamiento térmico mediante relleno de cámaras en edificación.*

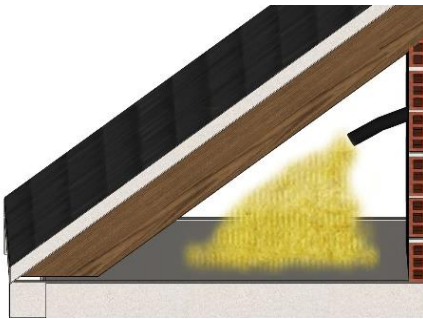
Como referencia general se aplicarán los siguientes criterios de medición:

- Paredes y superficies lisas sin interrupciones:
  - Deben medirse a cinta corrida añadiendo encuentros.
  - En los ángulos o curvas debe medirse o calcularse la medición por la cara mayor de la capa aislante.
- Paredes y superficies lisas con interrupciones:

Insuflado de cámara



Soplado de espacio abierto



Proceso de insuflado desde el exterior y posterior sellado de las perforaciones mediante el retacado de las juntas de la fábrica.



4  
EJECUCIÓN  
INSUFLADO

Igual que el punto anterior, pero, además:

- Pilares adosados: no deben deducirse en caso de no ser aislados.
- En los huecos se aplicarán las siguientes deducciones:
  - < 2 m<sup>2</sup>: 0%
  - Entre 2 y 4 m<sup>2</sup>: 50%
  - > 4m<sup>2</sup>: 80%

- Huecos: los huecos (ventanas, puertas, etc.) se medirán con dimensiones de luz.
- Medición del espesor:  
Se tomarán 10 medidas de espesor de aislamiento introducido por cada 100 m<sup>2</sup> ejecutados. La medición se realizará a través de los orificios de insuflado practicados, midiendo con una cinta métrica metálica la profundidad total hasta la segunda hoja de la cámara y restando el grosor de la primera hoja.

El espesor medio instalado se calculará como la media aritmética de todas las medidas que se han tomado.

La unidad de obra prevista incluye las siguientes partidas:

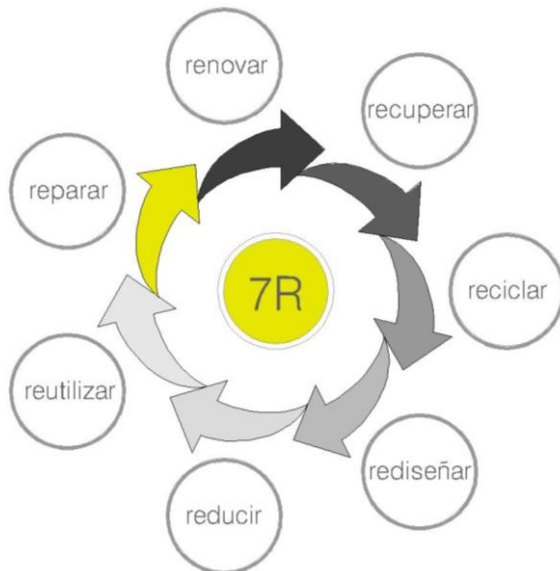
- Inspección endoscópica de las cámaras disponibles.
- Limpieza y preparación de la cámara.
- Replanteo de perforaciones.
- Insuflado o soplado, que incluye las comprobaciones de inspección endoscópica necesarias.
- Sellado de perforaciones.
- Repasos y acabados de la superficie de los paños.
- Retirada de la obra de los recortes, restos de embalajes, etc.
- Repaso y limpieza final.

- e. Gestión de residuos y criterios medioambientales, principio DNSH  
Como ya se ha dicho, en aplicación de la Ley 7/2022 de Residuos y Suelos Contaminados para una economía circular, los residuos deben clasificarse en obra en distintas fracciones:

- madera,
- minerales (hormigón, ladrillos, azulejos, cerámica y piedra),
- metales,
- vidrio,
- plástico y
- yeso.

Identificado y separando los elementos susceptibles de ser reutilizados en la misma obra.

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, estos componentes o materiales deben contribuir a 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 generados se prepare para la reutilización, reciclaje y recuperación mediante lo que se conoce como el libro digital de los materiales.*

#### **5. Programa y criterios de uso y mantenimiento**

El insuflado en cámaras y el soplado en superficies abiertas de lana mineral no requiere de ningún tipo de mantenimiento, no obstante, es recomendable la comprobación periódica (cada 5-10 años) del estado del aislamiento térmico, y la posible fluencia del material. Este tipo de revisiones se pueden realizar mediante inspecciones termográficas y comprobaciones por prospección endoscópica.

## 6. Cuadro resumen

INSUFLADO CÁMARAS

F A C H A D A S

### CRITERIOS DE DISEÑO Y PROYECTO

#### Aspectos formales y estéticos

Esta técnica apenas tiene incidencia sobre el aspecto formal del edificio.

#### Normativa de aplicación

- Eficiencia energética  
*DB HE 1 Condiciones para el control de la demanda energética.*  
 $U_{lim}$  [W/m<sup>2</sup>K],  $K_{lim}$  [W/m<sup>2</sup>K] solo si se interviene > 25 % E.T.), etc.
- Salubridad  
*DB HE Sección HS 1 Protección frente a la humedad. Fachadas.*  
*Zona pluviométrica, grado exposición viento*
- Protección frente al ruido  
*CTE DB-HR Protección frente al ruido.*  
*Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,*  
 *$D_{am,nT,AB}$ , en dBA...*
- Seguridad en caso de Incendios  
*DB HE SI 2 Propagación exterior.*  
*Medianeras y fachadas deben ser al menos EI 120*  
*Consultar los esquemas gráficos de la Sección SI 2*  
*Propagación exterior en su apartado 1 Medianerías y fachadas*

#### 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.
  - Estudio termográfico previo y posterior a la intervención.

### 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, para los trabajos de insuflado realizados desde el exterior:
- Temperaturas entre 5°C-35°C.
  - Viento < 40 km/h.

#### Procedimientos de ejecución. Operaciones

Estudio y preparación de las cámaras:

- Inspección de las cámaras (catas y/o inspecciones endoscópicas).
- Saneado y preparación de los paños (grietas, humedades, instalaciones, etc.).
- Eliminar, en lo posible, discontinuidades que puedan suponer puentes térmicos.

#### Replanteo de perforaciones

Dependiendo de las características del paño a insuflar (diáfano, con-sin huecos

- En función del espesor de la cámara se aplicarán los criterios de número y distribución de perforaciones.
- Se realizarán las perforaciones complementarias necesarias para garantizar la distribución uniforme del aislante, especialmente en zonas de difícil acceso.
- En previsión de ocasionar los menores daños posibles sobre los paramentos en los que se interviene se aplicarán además los siguientes criterios:
  - ^ Si el relleno se ejecuta por la cara exterior del cerramiento se deben realizar las perforaciones en zonas de junta, por ejemplo, entre las piezas de fábrica de ladrillo visto.
  - ^ En interiores con acabados por piezas como pueden ser alicatados, panelados, etc. se comprobará la disponibilidad de piezas iguales a las existentes y se realizarán las perforaciones intentando dañar el menor número posible de ellas.

En el caso de espacios diafanos para soplar no son necesarias perforaciones

#### Relleno de cámara y otros espacios

Existen dos formas de aplicar este sistema de aislamiento con lana mineral:

- Insuflado: esta técnica consiste en inyectar lana mineral en cámaras de aire cerradas tales como fachadas de doble hoja o falsos techos.
- Soplado: consiste en aplicar lana mineral proyectada gruesa en superficies abiertas que no son habitables, normalmente desvanes, buhardillas o trasdosados de grandes dimensiones.

#### Proceso de insuflado o soplado

- Preparación de maquinaria y aislante. Regulación de la presión adecuada.
- De manera general el insuflado se realiza de abajo a arriba.
- Comprobaciones del relleno mediante medición o inspección endoscópica.
- Comprobación termográfica de cada paño.

#### Sellado de perforaciones

- Una vez finalizado el proceso se realiza al sellado de las perforaciones con el acabado que corresponda, normalmente yeso por el interior o mortero por el exterior, y posterior pintado del paño si es necesario.
- En el caso de paramentos alicatados, aplacados o forrados puede ser necesario la sustitución de piezas, si es posible reponerlas o, en su defecto, se renovará el paño completo.
- En intervenciones por la cara exterior del cerramiento sellado y pintado si procede en acabados continuos de mortero o revocos y sustitución de piezas en acabados panelados, aplacados, etc.
- En acabados de ladrillo visto, como se ha dicho, perforaciones en el llagueado. En otros casos de junta de escasas dimensiones, aparejo a hueso, etc. se procederá a la sustitución de las piezas de fábrica afectadas.

#### Control de calidad y seguimiento

- Ensayos: termografía.
- Comprobaciones en obra, mediciones y mediante inspección endoscópica.
- Tolerancias de ejecución, etc.

#### Unidades y criterios de medición (UNE 92316:2016)

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 y:

- Los pilares o salientes adosados no se deducen si no están aislados.
- En los huecos se aplicarán las siguientes deducciones:
  - < 2 m<sup>2</sup>: 0%
  - Entre 2 y 4 m<sup>2</sup>: 50%
  - > 4 m<sup>2</sup>: 80%

Los huecos se miden con dimensiones de Luz.

Medición del espesor:

Se tomarán 10 medidas de espesor por cada 100 m<sup>2</sup> ejecutados. El espesor medio instalado se calculará como la media aritmética de todas las medidas tomadas .

#### 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 residuos no peligrosos generados preparado para la reutilización, reciclaje y recuperación mediante el libro digital de los materiales.

**Dirección y coordinación:**

Manuel Rodríguez Pérez

Doctor arquitecto. Profesor asociado del departamento de construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

ISBN: 978-84-09-54889-7

**Autores:**

Manuel Rodríguez Pérez

Doctor arquitecto. Profesor asociado del departamento de construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

Maria del Mar Barbero Barrera

Doctora Arquitecta. Profesora titular del departamento de construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

Alexander Díaz Chyla

Doctor arquitecto. Profesor asociado del departamento de construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

Violeta Rodríguez González

Arquitecta. Doctoranda del departamento de construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

Madrid. Octubre de 2023