



UNIVERSIDAD de VALLADOLID

GRADO en FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO DE SINDICATOS DE VALLADOLID

AUTORA: MARTA MARTÍNEZ MIERES

Tutora: María Soledad Camino Olea
17 de Septiembre de 2020, Valladolid



ETSAVA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

RESUMEN/ ABSTRACT

Cada vez son más frecuentes los proyectos de rehabilitación energética de edificios existentes para intentar reducir su consumo energético y la dependencia de sistemas de climatización interior, fruto de la creciente preocupación por el medio ambiente, las emisiones de CO₂ y de la sostenibilidad en el sector de la edificación. En este caso se abordará la rehabilitación energética de la envolvente del Edificio de Sindicatos de Valladolid, reconocido por su valor arquitectónico en el DoCoMoMo Ibérico. La intervención deberá adaptarse a las características estéticas y constructivas del edificio respetando la imagen original del mismo.

Palabras clave: edificio protegido, rehabilitación energética, envolvente, aislamiento térmico.

It is becoming increasingly habitual to witness projects related to energy restoration of existing buildings. The reasons behind them are to reduce its energy consumption and its dependence on internal AC systems, all fueled by rising environmental concerns, CO₂ emissions and the overall sustainability of the construction industry.

In this case we will deal with the energy restoration concerning the Edificio de Sindicatos in Valladolid, renowned by its architectural value in the DoCoMoMo Ibérico. The remodeling must be adapted to the aesthetic and constructive features of the building, paying respect to its original image.

Key words: protected building, energy restoration, thermal insulation.

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este trabajo tengo que agradecer a mi tutora María Soledad Camino por su orientación para encontrar una temática interesante, actual y formativa y su ayuda y dedicación para llevar a cabo los objetivos del mismo.

Agradecer también a la Universidad de Valladolid por proporcionarme acceso a la base de datos del DoCoMoMo Ibérico, al Archivo Municipal de Valladolid y a mis compañeros Natalia Vaquero y Diego Guerra por la información y documentación proporcionada, sin la que no podría haber realizado este trabajo.

ÍNDICE

Resumen / Abstract

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 OBJETIVOS	9
1.2 JUSTIFICACIÓN	10
2. METODOLOGÍA DE TRABAJO	12
2.1 ESTRUCTURA GENERAL DEL DOCUMENTO	12
2.2 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y CÁLCULOS	13
3. CONSTRUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE	14
3.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA	16
3.2 AISLAMIENTO TÉRMICO	18
- CONCEPTOS BÁSICOS	19
- AISLAR LA ENVOLVENTE	28
○ ZONA OPACA: MATERIALES AISLANTES	29
○ ZONA ACRISTALADA: VIDRIOS Y CARPINTERÍAS	42
4. REHABILITAR ENERGÉTICAMENTE EDIFICIOS PROTEGIDOS	49
4.1 PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO	49
4.2 ESTADO DEL ARTE Y NORMATIVA	50
4.3 CLAVES REHABILITACIÓN EDIFICIOS PROTEGIDOS	56
4.4 EJEMPLOS REHABILITACIÓN ENERGÉTICA	60
5. CASO PRÁCTICO	67
5.1 EDIFICIO SINDICATOS VALLADOLID	67
- DESCRIPCIÓN, PROYECTO Y PROGRAMA	68
- RECONOCIMIENTO Y GRADO DE PROTECCIÓN	70

5.2	ESTADO ACTUAL	73
	- MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	74
	- ANÁLISIS TRANSMITANCIA TÉRMICA CERRAMIENTOS ...	76
5.3	INTERVENCIÓN	79
	a) REHABILITACIÓN ENVOLVENTE OPACA	82
	- FACHADAS ..	83
	- CUBIERTAS ..	92
	- CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO ...	98
	b) REHABILITACIÓN ENVOLVENTE ACRISTALADA	104
	c) RESOLUCIÓN PUENTES TÉRMICOS	109
5.4	ESTADO REHABILITADO	117
	- TRANSMITANCIA DE CERRAMIENTOS U	117
	- VALOR GLOBAL ENVOLVENTE K	118
6.	CONCLUSIONES	121
7.	BIBLIOGRAFÍA, WEBGRAFÍA Y REFERENCIAS	122
	Anexo 1: Documentación Archivo Municipal y DoCoMoMo Ibérico	124
	Anexo 2: Ficha Protección Edificio Sindicatos PGOU Valladolid	126
	Anexo 3: Planimetría propia	128
	Anexo 4: Detalles constructivos: estado actual y estado rehabilitado	130

1. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Fin de Grado se centra en la propuesta de rehabilitación energética de la envolvente de un edificio público sin que se desvirtúe su imagen original. Para ello se abordan dos temas generales: la rehabilitación energética y la intervención en edificios protegidos.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo principal y final de este trabajo es la propuesta de soluciones para la mejora de la eficiencia energética del Edificio de Sindicatos de Valladolid, protegido por la normativa urbanística local. Se estudiarán los aspectos relativos a una rehabilitación energética y en la intervención en edificios existentes para realizar una propuesta que mejore su eficiencia energética y sea respetuosa con el edificio.

Los objetivos, principales y parciales, que se pretenden alcanzar son:

Reconocer la importancia de la *sostenibilidad en el sector de la construcción* y trabajar por reducir su consumo energético mediante la tendencia a la construcción de edificios de consumo nulo y la rehabilitación de los existentes en clave energética, aumentando también el bienestar y confort de sus usuarios. Es necesario que los arquitectos y demás técnicos intervinientes en el proceso edificatorio estén sensibilizados con este hecho y busquen soluciones que nos permitan reducir su impacto medioambiental.

Comprender *el valor del patrimonio arquitectónico* en la sociedad y de lo importante que es conservarlo. Los edificios de una ciudad conforman su identidad y su imagen, siendo documentos vivos de la historia del lugar. Con el estudio de los distintos organismos y normativas de patrimonio arquitectónico se conocerá el grado de reconocimiento y protección que se le otorga a los distintos edificios. No obstante, el objetivo es respetar las características originales de los distintos tipos de edificaciones que componen el paisaje urbano y respetarlas cuando se intervenga sobre ellos, estén o no protegidos por las distintas normativas de patrimonio o urbanísticas

Aprender el *procedimiento a seguir en una rehabilitación energética*, partiendo del análisis y características del edificio en su estado actual, de la comprensión de su grado de protección si lo tiene, y del establecimiento de una serie de máximas que guíen la intervención. Un caso práctico real servirá para ejemplarizar la clase de actuación que se debe llevar a cabo en un edificio de estas características y los aspectos que hay que considerar para encontrar el equilibrio entre la mejora de la eficiencia energética y la conservación del patrimonio arquitectónico.

Se presentará el edificio con todas sus características del estado actual y se calcularán una serie de parámetros energéticos extraídos de la normativa vigente en edificación, que nos permitirán compararlo con su estado después de la rehabilitación, conociendo el alcance real de las mejoras introducidas. Se pretende que este trabajo sirva de ejemplo sobre *cuánto y cómo intervenir* en edificaciones protegidas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El tema "Estudio de la rehabilitación energética del edificio de Sindicatos de Valladolid" surge del interés de profundizar en varios temas que he tratado de manera más o menos puntual a lo largo de la carrera y sobre las que he querido trabajar con la realización del Trabajo Fin de Grado.

Existe una motivación **ecológica y de respeto medioambiental** que surge de la urgencia de una concienciación generalizada de los distintos sectores industriales y de producción para tender hacia la sostenibilidad y a la reducción del impacto medioambiental que tienen las distintas acciones humanas. El sector edificatorio es protagonista en este aspecto pues es uno de los más contaminantes, con un consumo energético elevado, ligado a la construcción y sobre todo a la climatización de sus edificios. La búsqueda de la eficiencia energética en nuestros edificios será la manera de contribuir a la sostenibilidad por parte de la arquitectura reduciendo su consumo global de energía.

Debido a la gran cantidad de edificios existentes en nuestro país y la situación actual del sector, con su ya conocida escasez de obra nueva, la actuación para mejorar la eficiencia energética de los edificios se centrará en la rehabilitación de los existentes.

Existe otra motivación desde el punto de vista **constructivo y técnico** de mi formación como arquitecto. Por ello, la intervención se abordará desde las exigencias de la normativa de edificación actual, encaminadas a la reducción de la demanda energética mediante una actuación pasiva en los edificios, centrándose en la construcción, con el análisis e intervención en su sistema de envolvente. De este modo se podrá conocer el alcance real de la mejora energética por los cambios constructivos introducidos en sus distintos cerramientos, comparando el estado previo y posterior a la intervención propuesta.

Por último, existe otra motivación **artística y patrimonial**, que busca reflexionar sobre el valor del patrimonio arquitectónico de nuestros pueblos y ciudades y de la importancia y conveniencia de su reconocimiento y protección. Con la rehabilitación de un edificio de mediados del S XX, catalogado por la fundación del *DoCoMoMo Ibérico*,

se busca reflexionar sobre la mejora energética sensible con el valor arquitectónico y artístico de los edificios. A menudo los edificios no se encuentran convenientemente protegidos contra actuaciones que puedan desvirtuar sus características originales por lo que es necesario tratar el modo de intervenir sobre ellos.

Además, la arquitectura del Movimiento Moderno, período en el cual se enmarca la construcción del edificio, ha sido un tema recurrente a lo largo de toda la carrera.

Resumiendo, se podría decir que lo que siempre me ha fascinado de la formación y profesión del arquitecto es la necesidad y capacidad de combinar aspectos artísticos y técnicos. Con la realización de este trabajo, aunque no lo tuve claro desde el principio, he conseguido tratar y aprender sobre temas artísticos, patrimoniales, de valoración y reconocimiento de la arquitectura nacional y también sobre temas constructivos y aspectos relacionados con la eficiencia energética y la sostenibilidad.

Otro técnico quizá no se hubiera detenido a proteger las características originales del edificio mientras que un profesional artístico hubiera podido rechazar cualquier tipo de intervención en un edificio catalogado. Es el arquitecto el que, debido a su formación multidisciplinar, es capaz de valorar y equilibrar estos aspectos técnicos y artísticos y ponerlos al servicio de proyectos como éste, relacionados directamente con la sostenibilidad y la preocupación por el futuro del medio ambiente.

Es de la unión de ambos factores de la que surge mi interés principal por este tema, aplicándolo en una obra arquitectónica de nuestra ciudad. Finalmente, el hecho de proponer una rehabilitación energética para un edificio de los años 60 permite también reflexionar sobre el trabajo del arquitecto, que mira hacia el futuro buscando la eficiencia energética en la construcción, pero teniendo en cuenta la importancia de la herencia y el legado arquitectónicos.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1 ESTRUCTURA GENERAL DEL DOCUMENTO

El trabajo se divide en dos partes: en la primera se exponen los fundamentos y análisis para la propuesta de intervención del caso práctico que se ha estudiado:

- La necesidad medioambiental de construir edificios más sostenibles y adaptar los ya existentes para que consuman menos.
- Aumentar el aislamiento térmico de la envolvente para conseguir que los edificios sean más eficientes energéticamente por lo que se expondrán los principios básicos del aislamiento y los principales materiales aislantes convencionales y los más novedosos.
- Análisis de la intervención en edificios protegidos en los que no se debe o no se puede alterar la envolvente. Conceptos sobre patrimonio arquitectónico y la importancia de protegerlo e intervenir con respeto cuando sea necesario.

Tras esta primera parte más teórica, se expone el caso práctico en el que se propone una rehabilitación para un edificio público reconocido por su valor arquitectónico:

- En el caso práctico se expone el Edificio de Sindicatos de Valladolid, sobre el que se va a proponer la intervención de su envolvente térmica. Una vez conocidas sus características constructivas, estéticas y su reconocimiento como obra arquitectónica, se realizará una propuesta de rehabilitación energética de su envolvente que respete la imagen original del edificio.
- Se analizarán las distintas soluciones para mejorar el comportamiento de los cerramientos, empleando en cada caso la solución más conveniente.
- Mediante la comparación de la transmitancia térmica de los cerramientos U y del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente K , con sus estados antes y después de la rehabilitación podremos conocer la mejora energética real de la intervención y si cumplen o no lo exigido por la normativa.

2.2 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y CÁLCULOS

En este estudio se seguirá el procedimiento y análisis de parámetros que aparecen en la última versión de la normativa del CTE DB HE sobre “Ahorro de energía”.

Nos centraremos en la sección HE-1 sobre las condiciones para el control de la demanda energética, buscando que el edificio esté convenientemente aislado del exterior:

- Primero se analizará el edificio propuesto para el caso práctico, sus datos y características y el porqué de su reconocimiento. Conforme a la información de la que se dispone se expondrá su memoria y los detalles constructivos de cómo está construido y aislado el edificio en la actualidad¹.
- El cálculo energético se realizará a partir del valor K (W/m^2K) como el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio y el valor U (W/m^2K) de transmitancia térmica superficial de los distintos cerramientos. Ambos valores se compararán con lo exigido a este respecto en el CTE DB HE.
- En base a lo tratado respecto a la eficiencia energética y las rehabilitaciones de edificios protegidos se propondrá una mejora del sistema aislante de los cerramientos opacos y acristalados del edificio y de la supresión de puentes térmicos, de forma que no se altere su imagen actual.
- Se desarrollará individualmente cada una de las propuestas con la justificación de la solución adoptada y los detalles constructivos necesarios en cada caso. Se recalcularán los nuevos valores de U para cada uno de los cerramientos intervenidos con las mejoras introducidas.
- A partir del nuevo valor obtenido de K , se conocerá la magnitud de la mejora en la eficiencia energética del edificio intervenido, obteniendo la reducción porcentual de su demanda energética.

¹ El CTE señala los valores límite para la caracterización de todos los elementos que componen la envolvente térmica del edificio, ya sean cerramientos opacos, cerramientos acristalados o puentes térmicos, con sus consiguientes valores límite de transmitancia térmica.

3. CONSTRUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE

El problema energético y su incidencia sobre el medio ambiente es quizás uno de los problemas más importantes de nuestro tiempo a nivel mundial. En la actualidad, las distintas actividades humanas tienen un elevado impacto ambiental en el planeta por lo que es preciso que los sectores industriales trabajen por reducir la huella ecológica² que dejan sus actividades.

Uno de los principales retos en la actualidad, consiste en satisfacer la elevada demanda energética a nivel mundial, intentando al mismo tiempo disminuir el consumo de combustibles fósiles y demás fuentes de energías no renovables.

La Unión Europea destaca por haber manifestado una mayor preocupación en buscar soluciones a este problema, mucho más que el resto de comunidades internacionales. Un ejemplo de ello fue cuando en 2007 se presentó la “*iniciativa 20-20-20*” cuyo objetivo era impulsar un futuro sostenible, menos emisor y contaminante.³

Actualmente, nos encontramos dentro de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el desarrollo sostenible en la que la Unión Europea desempeñó un decisivo papel en su elaboración. Esta agenda establece un marco global para lograr el desarrollo sostenible de aquí a 2030.

En el ámbito nacional se tradujo en la presentación de una propuesta de continuidad al Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático para el año 2030, con la proposición de objetivos actualizados de energías renovables y reducción de emisiones.

“Con esta propuesta se pretende dar continuidad a la arquitectura de lucha contra el cambio climático de la UE que ya se viene aplicando y, además, será el elemento principal que defina la participación de la Unión en el nuevo acuerdo post-2020 en el ámbito de la CMNUCC, que definirá el objetivo de reducción de emisiones de la UE a partir de 2020.”

Página web del Ministerio para la Transición Ecológica miteco.gob.es

² La huella ecológica (en inglés *ecological footprint*) es el indicador, clave para la sostenibilidad, que mide el impacto ambiental que tienen las actividades humanas y la demanda que realizan de los recursos del planeta, en función de la capacidad del planeta para regenerar dichos recursos.

³ Para ello, pretendía que para el año 2020 se consiguiera una reducción del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero, un ahorro del 20% del consumo energético y promover el uso de energías renovables hasta el 20%.

El sector de la construcción siempre está muy presente cuando se habla de contaminación atmosférica, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y demanda energética⁴. En nuestro sector, la demanda energética tiene que ver con la construcción de los edificios, pero sobre todo con los sistemas de climatización de su interior.

Actualmente, se estima que entorno al 60% del consumo energético a nivel mundial es destinado al acondicionamiento de los espacios construidos y ocupados por el ser humano, tanto en calentamiento como en refrigeración. En el caso particular de Europa, esta cifra ronda el 40%, con especial relevancia de la limitada eficacia de los sistemas aislantes en el sector de la construcción causando cerca del 36% de las emisiones de CO2 a la atmosfera a nivel continental, según datos de Eurostat ec.europa.eu

En España los edificios son responsables de más del 40% del consumo energético, dentro del cual alrededor del 50% se desaprovecha, tal y como afirma una investigación de la Universidad de Murcia a este respecto.

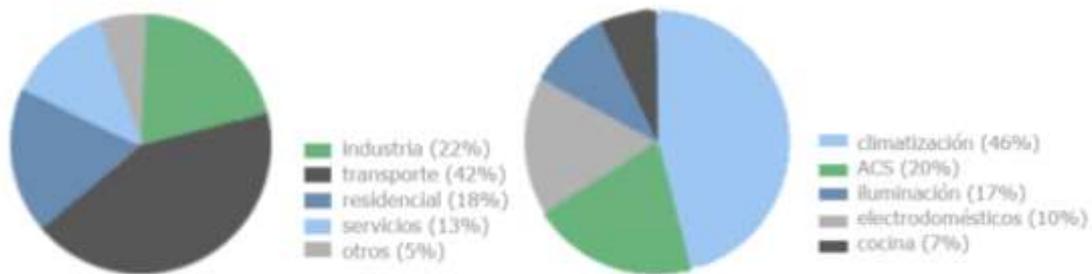


Gráfico sobre el reparto de consumo general de energía en los distintos sectores y gráfico sobre la distribución de la demanda energética en una vivienda.

Elaboración propia / Fuente: IDAE 2018

⁴ Según el CTE DB HE la demanda energética de los edificios es la cantidad de energía que tienen que proporcionar los sistemas técnicos para mantener unas condiciones definidas de confort en el interior de edificio; se subdivide en calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, iluminación...

3.1 LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Existe una tendencia generalizada hacia la sostenibilidad en todos los campos y sectores industriales en las últimas décadas; en la arquitectura y la construcción se camina hacia una mejora de esta eficiencia energética de los edificios, sus instalaciones y el proceso edificatorio en general, en un intento de reducir el impacto del sector de la construcción en el medio ambiente.

El aumento de la eficiencia energética es la medida principal para alcanzar los objetivos de sostenibilidad perseguidos. Se entiende por eficiencia energética al uso eficiente de la energía y se refiere al gasto mínimo de energía posible para proporcionar servicios y fabricar productos.

“La eficiencia energética de un edificio se determina calculando o midiendo el consumo de energía necesaria para satisfacer anualmente la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación, y se expresa de forma cualitativa o cuantitativa mediante indicadores, índices y calificación, o letras de una escala determinada convencionalmente y que varía de mayor a menor eficiencia. “

*Introducción del documento de Calificación de la eficiencia energética de los edificios del IDAE,
23 de noviembre 2015*

La eficiencia energética se evalúa a través de parámetros como las emisiones anuales de CO₂, el consumo de energía primaria no renovable o la demanda energética de los equipos e instalaciones. Esta evaluación se refleja en un certificado energético, que es un documento que informa del impacto ambiental del edificio, según las emisiones equivalentes de CO₂ por metro cuadrado. Con este documento se califican los edificios con una escala que va de la A a la G, de mayor a menor eficiencia energética, pudiendo así comparar el impacto ambiental de distintos edificios entre sí.

Son muchos los factores que intervienen en el consumo energético de un edificio: su tipología y características constructivas, materiales, ubicación, orientación solar, antigüedad de sus equipos e instalaciones... De entre todos ellos, el que más influye es la capacidad de aislamiento de la envolvente térmica. Por ello, reforzar los cerramientos de la envolvente mediante la mejora de su aislamiento y/o sustitución de carpinterías, es la forma más eficaz de reducir el consumo energético y mantener el confort térmico en el interior. Además, por muy eficientes que sean las instalaciones de climatización y calefacción, si el edificio no está bien aislado se seguirán produciendo pérdidas térmicas.

Destaca el proyecto europeo de eficiencia energética TABULA, que ha desarrollado una base de datos online de las distintas tipologías residenciales de distintos países de la UE y una serie de soluciones constructivas para mejorar la eficiencia energética de sus sistemas de envolvente.

Ya que el sector de la edificación es responsable de una gran parte del consumo energético a nivel mundial, la búsqueda de su reducción mediante la construcción de edificios más eficientes y de la rehabilitación energética de los ya existentes debe ser la máxima de los arquitectos. Por ello, llegados a este punto, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo podemos conseguir la eficiencia energética en el sector: a partir de la **obra nueva** o de la **rehabilitación** de edificios existentes?

Como hemos visto, la climatización de edificios supone un gasto de energía y de emisiones de CO₂ muy elevado, de ahí la necesidad de reducir estas cifras. Es necesario tener en cuenta que:

- La mayor parte de este consumo energético se vincula a edificios existentes, no a edificios de nueva construcción. Según datos de la Ley 8/2013, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas casi un 60% de nuestros edificios fueron construidos antes de que existiera una normativa que limitara su demanda energética.
Se sabe que hasta el año 2006, cuando entra en vigor del DB HE sobre “Ahorro energético” las condiciones térmicas de lo edificado son bastante deficientes.
- Además, una gran parte de estos edificios están protegidos de algún modo o forman parte la estética urbana y arquitectónica del lugar.

Teniendo en cuenta que las edificaciones de obra nueva son cada vez más escasas, es más lógico tender hacia la rehabilitación de lo existente, para intentar que todo el conjunto global de edificios consuman cada vez menos.⁵

Por tanto, es evidente que para conseguir una mayor eficiencia energética en nuestros edificios es necesario disminuir su gasto energético derivado del acondicionamiento térmico del espacio interior. La forma de reducir este consumo es con un sistema de envolvente más eficaz, que evite la transmisión de calor para que las condiciones térmicas internas se mantengan lo más inalterables posible.⁶

Además, cuando un edificio está catalogado o protegido, se prohíbe su sustitución por un nuevo edificio que sea totalmente eficiente y se ajuste a normativas energéticas más exigentes. Debido a la gran cantidad de edificios existentes en el parque edificatorio nacional que no se podrán reemplazar en un futuro, la rehabilitación energética será fundamental para reducir el consumo energético a gran escala.

⁵ Más adelante, esto nos lleva a considerar que, si estamos verdaderamente sensibilizados con el problema del medio ambiente, es necesario encontrar la forma de intervenir en todo tipo de edificios, estén o no protegidos.

⁶ Se estima que con un correcto tratamiento de la envolvente exterior del edificio (fachadas, cubiertas, suelos, puentes térmicos...) podemos lograr edificios que consuman un 75% menos de la energía que actualmente consumen según los datos consultados en aipex.es

De este modo, se intentará adecuar lo más posible estos edificios a las exigencias energéticas de la normativa vigente.

Si se realiza una apuesta decidida por conseguir edificios cada vez más eficientes, estos contribuirán en la lucha contra el cambio climático y sentarán un precedente sobre el modelo energético sostenible que deberíamos alcanzar en un futuro no muy lejano.

3.2 AISLAMIENTO TÉRMICO

En arquitectura, los edificios que proyectamos y construimos han de cumplir una serie de requisitos para que sean habitables y funcionales. Tradicionalmente, las construcciones humanas han sido lugar de refugio donde los hombres se resguardaban de las condiciones climáticas exteriores tales como el frío o la lluvia, en un ambiente que les proporcionaba un espacio apropiado para hacer fuego, descansar o llevar a cabo distintas actividades. Por ello, el interior de las cuevas en un principio y las primitivas cabañas más adelante, eran lugares en los que el hombre experimentaba un mayor confort que en el exterior de las mismas, pues estaban aisladas de este en mayor o menor medida. De este modo, el hombre siempre ha buscado en sus distintas construcciones el acondicionamiento del espacio interior, aislándolo de las condiciones climáticas del exterior y evitando perder el calor del fuego. Paralelamente al avance en las técnicas y sistemas de construcción se ha dado un desarrollo en la manera de aislar nuestros edificios, con un importante salto cualitativo en el momento en el que se dejó de entender el cerramiento como una unidad masiva que cumplía todos los requisitos de la envolvente, para diferenciar sus distintos elementos: estructural, portante, entramado, aislamiento, acabado...

“El aislamiento térmico contribuye a la eficiencia energética, que consiste en disminuir el consumo energético sin disminuir el confort [...] es comúnmente aceptado que las medidas sostenibles son aquellas que nos permiten seguir creciendo sin hipotecar nuestro futuro. Es decir, aquellas que suponen avances en el desarrollo de la sociedad, de una forma eficiente, ganando en confort y sin atender contra el medio ambiente.”

*Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética,
Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid*

CONCEPTOS BÁSICOS

Para la comprensión de este trabajo teórico y su caso práctico es necesario hacer referencia primero a unos conceptos básicos sobre el aislamiento térmico en edificación:

Confort térmico

El confort térmico es la sensación neutra del ser humano respecto al ambiente térmico en el que se encuentra. En la norma ISO 7730 se define como *“una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”*.

Para alcanzar el confort térmico es preciso que el balance global de ganancias y pérdidas de calor sea nulo, conservando el equilibrio térmico.

Existe cierta complejidad a la hora de evaluar el confort térmico, ya que depende tanto de sensaciones subjetivas individuales como de parámetros generales externos; no obstante, se considera que en un determinado espacio se da la sensación de confort cuando se rondan los siguientes valores, tal y como establecen las cartas bioclimáticas⁷:

- Temperatura del aire entre los 18 y los 25°C
- Temperatura radiante media de las superficies entre los 18 y los 25°C
- Velocidad del aire entre 0 y 2 m/s
- Humedad relativa del ambiente de entre el 40 y el 65%.

Por tanto, la sensación de confort térmico es la máxima del acondicionamiento térmico de los edificios y demás espacios habitables.

Formas de transmisión del calor

Para entender el funcionamiento de los aislantes es preciso recordar cómo se realiza la transmisión de calor; según enuncia el principio cero de la termodinámica el calor viaja de un elemento a otro cuando existe entre ellos un gradiente térmico y siempre desde la zona más caliente a la más fría en busca del equilibrio de temperaturas. Esta transmisión de calor no se puede impedir, tan solo ralentizar y un sistema de aislamiento será más o menos eficiente según su capacidad de retrasar la transmisión de calor. Se puede dar de tres formas:

- Conducción: transmisión de energía calorífica que se da cuando existe una diferencia de temperatura entre las partículas de uno o dos materiales, que se encuentran en contacto directo. La transferencia de calor se produce hasta alcanzar el equilibrio térmico.

⁷ Las cartas bioclimáticas o diagramas psicrométricos relacionan temperatura, humedad y otras variables estableciendo las condiciones bajo las que se da la sensación de confort térmico.

- **Convección:** la transmisión de calor se produce por el movimiento circular de un fluido (líquido o gas), de la zona más caliente a la más fría. Se trata de una combinación de conducción (ligada al movimiento molecular) y una fuerza externa (convección natural o forzada).
- **Radiación:** transmisión se produce a través de la emisión por parte de un cuerpo, que se encuentra a una cierta temperatura, de ondas electromagnéticas. Parte del principio de que todo cuerpo emite cierta radiación en forma de energía calorífica. En esta forma de transmisión no es necesario que exista contacto directo entre ambos sistemas.



En los edificios, la transmisión de calor es una mezcla de estos tres modos. Los materiales aislantes actúan principalmente contra la transmisión de calor por conducción. El acondicionamiento térmico interior, se basa en la radiación y en la convección.

Esquema de transmisión por conducción, convección y radiación / Fuente: autora

Parámetros básicos

Existen una serie de parámetros claves para entender el funcionamiento y clasificación de los materiales aislantes:

- **Conductividad térmica (λ):** propiedad física que mide la capacidad de un determinado material de conducir el calor. Cuanto menor sea la conductividad térmica de un material, menor capacidad de transmisión del calor tiene y, por tanto, mejor es la capacidad aislante del material. Su parámetro inverso es la resistividad térmica, entendida como la capacidad de un determinado material a oponerse al paso de calor a través de él. Es un valor verdaderamente característico de los materiales aislantes.

En el SI se mide en W/mK

En cuanto a los estados de la materia, los sólidos y líquidos son más conductores que los gases, por lo que es habitual que se recurra a la presencia o encapsulado del aire o distintos gases para fabricar los materiales y productos aislantes.

- **Resistencia térmica (R):** propiedad física que mide la capacidad de un material para oponerse al paso del calor. Se expresa como el cociente entre el espesor y la conductividad térmica del material ($R=e/\lambda$). Cuanto mayor sea la resistencia térmica, más aislante es un determinado material.

En el SI se mide en m^2K/W

- Transmitancia térmica (U): propiedad física que mide la cantidad de calor que fluye a través de un sistema constructivo. Incluye los valores de la resistencia térmica superficial de las caras de dicho sistema, formado por una o varias capas. Cuanto menor sea la transmitancia térmica, mejor aislamiento presenta este sistema y menor es el paso del calor a través de él.

En el SI se mide en W/m^2K

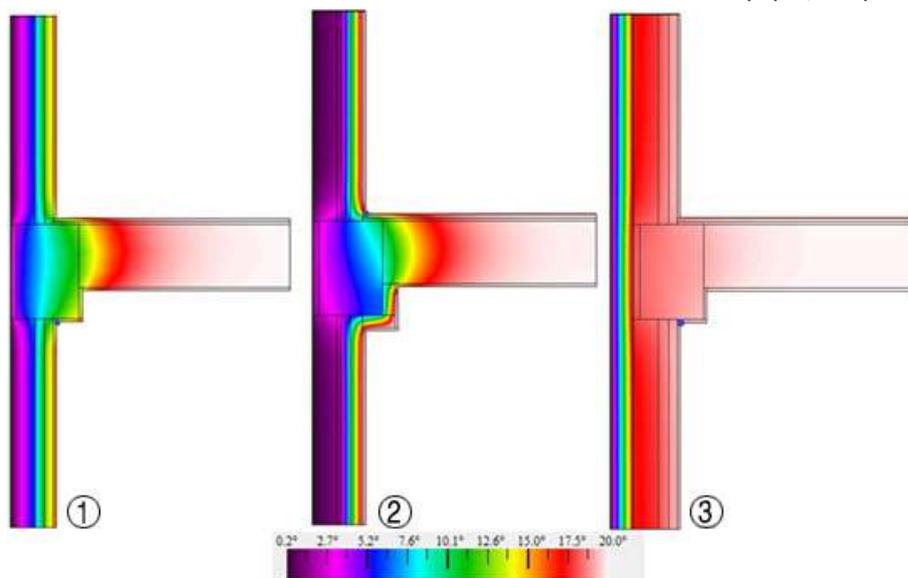
Puentes térmicos

Al tratar la importancia de una transmisión de calor controlada y conocida de la envolvente de un edificio, es preciso también hacer referencia a los puentes térmicos por ser los puntos débiles de ésta.

El CTE⁸ define un puente térmico como *“la zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción ya sea por un cambio del espesor del cerramiento o de los materiales empleados, por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc., que conllevan una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento.”*

Según el modelo ideal se considera la resistencia térmica de un cerramiento como uniforme; en un puente térmico esta circunstancia varía significativamente porque aparece un flujo de calor no previsto.

Estos puntos son claves para conocer el comportamiento térmico global de la envolvente térmica, por lo que para calcular la demanda energética de los edificios se consideran como zonas con distinta transmitancia térmica lineal ψ (W/mK).



Distribución de temperaturas en un puente térmico / Fuente: construible.es

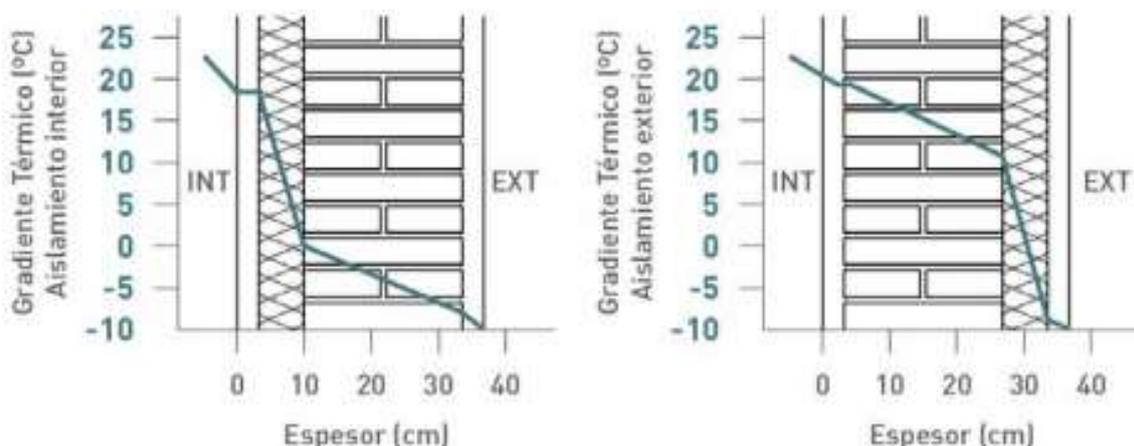
⁸ CTE DB-HE / 3 sobre “Puentes térmicos” para su definición y cálculo de pérdidas energéticas

La imagen corresponde al estudio de un edificio residencial de 1963 cuya envolvente se componía de fachadas de doble hoja con cámara de aire intermedia y sin aislamiento térmico: el diagrama termográfico muestra la distribución de temperaturas en un puente térmico en el encuentro de fachada con forjado, obtenido mediante el programa de cálculo de puentes térmicos Therm. De izquierda a derecha se muestra el estado original y el estado mejorado con dos propuestas de intervención distintas.

- Sus puentes térmicos en el encuentro entre fachada y forjado eran muy significativos por lo que se decidió estudiar su comportamiento térmico. La imagen (1) muestra la distribución de temperaturas no se ajusta a un modelo eficiente.
- En la imagen (2) se observa la diferencia cuando se refuerza su aislamiento mediante una capa de 4 cm de lana mineral, un trasdosado auto portante de PYL con 6 cm de lana mineral (previa demolición de la hoja interior del cerramiento existente).
- En la imagen (3) se aprecia como la mejora es aún más significativa cuando se opta por un sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) de 10 cm de espesor fijado con perfilera.

Mediante la comparativa de los tres modelos podemos llegar a la conclusión que un refuerzo aislante por el exterior del cerramiento es más beneficioso desde el punto de vista de la eficiencia energética; pero no en todos los edificios se podrá optar por una solución de este tipo.

Se puede ver como la distribución de temperaturas dentro del cerramiento varía con la posición de la capa del aislante, según si está al interior o al exterior.



Distribución de temperaturas en un cerramiento según la posición del aislante.

Fuente: Guía IDAE: Guía de recomendaciones de eficiencia energética; certificación de edificios existentes CE3. 2012

Los puentes térmicos se dan por la variación del espesor del cerramiento, una discontinuidad del material aislante, contacto de piezas estructurales con el exterior, penetración de materiales con distinta conductividad, encuentros inadecuados...

Suelen ser consecuencia de un incorrecto sistema de la envolvente, y se pueden evitar desde la fase de diseño.

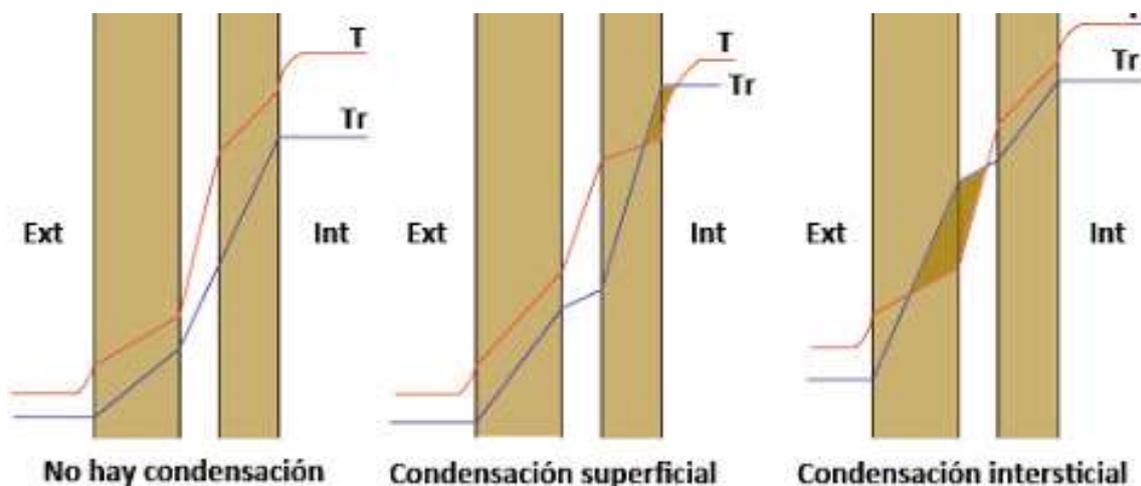
Los puentes térmicos más habituales son:

- Frente de forjado y frente de pilares
- Encuentro cubierta y fachada
- Arranque de la fachada
- Esquinas o encuentros complejos
- En carpinterías: jambas, dinteles y vierteaguas
- En capialzados de persianas o cajoneras

Los puentes térmicos tienen mucha importancia en la realización de este trabajo porque al tratarse de zonas con una disminución importante de la resistencia térmica respecto del resto del cerramiento, se produce una mayor transmisión del calor que en las zonas contiguas y, por tanto, se dan cuantiosas pérdidas energéticas, con el riesgo añadido de que se produzcan condensaciones superficiales y/o intersticiales.

La condensación es el cambio de estado del vapor de agua a pequeñas gotas pasando a estado líquido⁹. En construcción se distingue entre:

- Condensación superficial: producida por la falta de aislamiento térmico que provoca un enfriamiento de la cara interior del cerramiento, haciendo que el aire se enfríe de manera brusca al entrar en contacto con ella, condensándose en pequeñas gotas de agua que pueden derivar en otras patologías como mohos o humedades.
- Condensación intersticial: producida en el interior de la envolvente, con frecuencia en el interior del material aislante, debido a una repentina caída de temperatura en uno de sus lados respecto al otro. Es habitual que permanezca inadvertida hasta que revista una mayor gravedad y se aprecien signos en el exterior. Depende de la cantidad de vapor de agua que atraviesa el cerramiento, de su composición, de la permisividad al paso de vapor de agua y de la temperatura a la que se encuentre.



Gráficos condensaciones superficiales e intersticiales / Fuente: *rehabilitayreforma.com*

⁹ El problema de las condensaciones puede venir derivado de una escasa ventilación interior, la falta de aislamiento o una alta presión de vapor interior.

En el primer gráfico las líneas no llegan a cruzarse por lo que no existe condensación; sin embargo, en el segundo y tercer gráfico los puntos en los que la línea de supera la de aparecen condensaciones superficiales e intersticiales respectivamente. Las condensaciones pueden traer graves patologías de humedades en los edificios e incluso mohos, en los que un correcto sistema de aislamiento sería la solución.

CTE: limitaciones y exigencias

El CTE (Código Técnico de la Edificación) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios con relación a los requisitos básicos que requiere la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), los cuales se refieren a materias de seguridad (seguridad estructural, seguridad contra incendios, seguridad de utilización) y habitabilidad (salubridad, protección frente al ruido y ahorro de energía) desarrollado mediante los correspondientes DB (Documentos Básicos).

“Ante la creciente demanda de calidad por parte de la sociedad, la Ley establece los requisitos básicos que deben satisfacer los edificios de tal forma que la garantía para proteger a los usuarios se asiente no sólo en los requisitos técnicos de lo construido sino también en el establecimiento de un seguro de daños o de caución. Estos requisitos abarcan tanto los aspectos de funcionalidad y de seguridad de los edificios como aquellos referentes a la habitabilidad.”

Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación (LOE)

El Código Técnico de Edificación se actualiza periódicamente para estar al día de las nuevas demandas y necesidades de la construcción actual, como ocurre con la eficiencia energética. La versión más reciente de este documento que encontramos es la del año 2019, que se tomará de guía en este trabajo.

En el CTE encontramos los Documentos Básicos que desarrollan y detallan los distintos aspectos a tener en cuenta en la edificación, el relevante en este caso es el CTE DB HE, relativo al ahorro de energía, que tiene como objeto principal establecer los procedimientos y reglas para cumplir las exigencias básicas de ahorro energético, que deben seguir las edificaciones de obra nueva o rehabilitación.

El Documento Básico HE de Ahorro de Energía se subdivide en seis secciones:

- Exigencia básica HE 0: limitación del consumo energético.
- Exigencia básica HE 1: condiciones para el control de la demanda energética.
- Exigencia básica HE 2: condiciones de las instalaciones térmicas.
- Exigencia básica HE 3: condiciones de las instalaciones de iluminación.
- Exigencia básica HE 4: contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria
- Exigencia básica HE 5: generación mínima de energía eléctrica.

Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

1. El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir, asimismo, que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.
2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. El Documento Básico “DB HE Ahorro de energía” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

Exigencias básicas extraídas del CTE DB HE, versión 2019

Para la caracterización de las exigencias y el cumplimiento de requisitos el CTE facilita los documentos complementarios DA, que también resultarán de utilidad para el cálculo de parámetros complementarios.

Este documento es de especial importancia para la eficiencia energética porque se establecen los requisitos y condiciones necesarios para optimizar el consumo energético, sentando las demandas límite de los edificios, con especial importancia del aislamiento térmico en la envolvente, así como los procedimientos para su cálculo.

Se definen los valores y parámetros a cumplir por la envolvente del edificio según su zona climática, su uso (residencial privado u otro), orientación, porcentaje de huecos...



Mapa de España con su división en 5 zonas climáticas / Fuente: *infoconstruccion.es*

Las zonas climáticas que se definen en el DB H1 se identifican con una letra en la división de invierno y un número de verano. Esta distinción se realiza por provincias, pero también es posible obtener la zona climática de cualquier localidad en función de la provincia y su altitud respecto al nivel del mar. Esta exigencia se contabiliza en función del espesor (cm) o de la conductividad (W/mK) que deben tener los materiales aislantes que se utilicen en el sistema de envolvente o bien a partir del valor de transmitancia térmica (W/m²K) total del cerramiento.

El parámetro que domina la exigencia energética es la transmitancia térmica del cerramiento:

Parámetro	Transmitancia térmica exigida			
	1979	2006	2013	2019
Fachadas	1,2	0,86	0,6	0,41
Cubiertas	0,77	0,49	0,40	0,35
Huecos	-	3,50	2,70	1,80
Suelos en contacto con el aire	1,03	0,64	0,40	0,41
Muros en contacto con el terreno	1,38	0,86	0,60	0,65

Evolución de la exigencia del CTE respecto a valores de transmitancia de sus cerramientos en las distintas versiones de su normativa (1979-2006-2013-2019) para la zona climática D de Valladolid (Y en el documento de 1979) / Fuente: autora

En ella se puede comprobar como cada vez el CTE aumenta más las exigencias en cuanto a transmitancia térmica de los cerramientos de la envolvente.

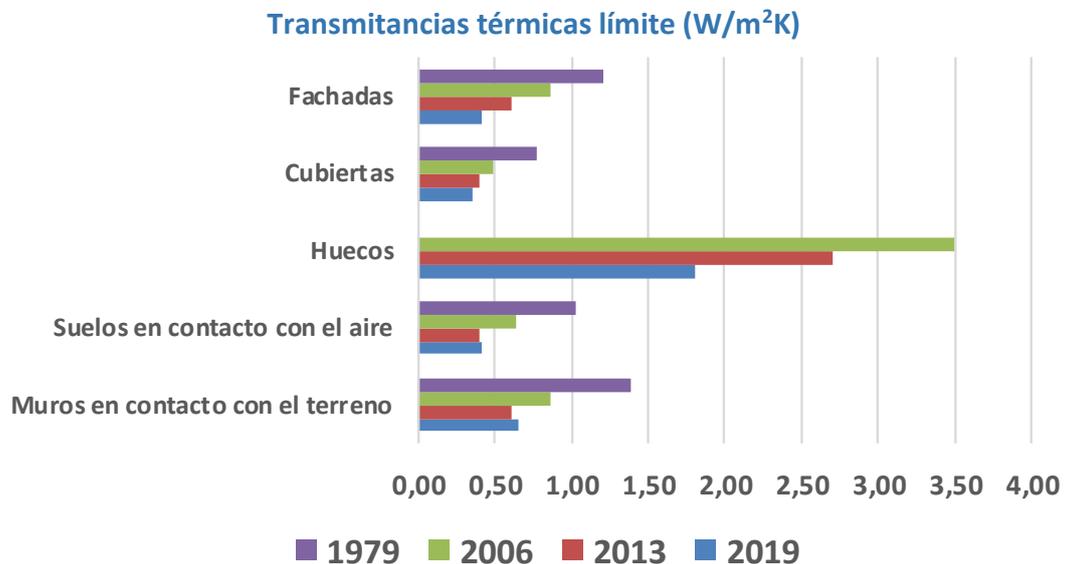


Gráfico comparativo de los valores de la tabla anterior / Fuente: autora

Programas cálculo energético

Existen herramientas informáticas de cálculo energético que nos sirven para obtener el rendimiento térmico de los cerramientos o de la envolvente completa de un edificio. Con ellos también se puede calcular el alcance de las mejoras obtenidas de una intervención que actúe sobre los cerramientos, carpinterías y sistemas de producción y distribución de energía. Existen tres tipologías de programas relacionados con la eficiencia energéticas: cálculo de la demanda energética, calificación energética y simulación energética.

Uno de los más utilizados es el programa HULC (como Herramienta Unificada LIDER-CALENER) que sirve para elaborar informes para la Certificación energética de edificios y la verificación del CTE DB-HE.

Es el programa que unifica el LIDER, que calcula la limitación de la demanda energética, y el CALENER¹⁰, que calcula la calificación energética.

AISLAR LA ENVOLVENTE

El CTE en su Anejo C expone que *la envolvente térmica está compuesta por todos los cerramientos y particiones interiores, incluyendo sus puentes térmicos, que delimitan todos los espacios habitables del edificio o parte del edificio.* ¹¹

Una de las formas de conseguir mejorar la eficiencia energética es limitando con valores cada vez más bajos la transmitancia térmica de dicha envolvente, de la cual hay que tener en cuenta que está compuesta tanto por sus cerramientos opacos como por los cerramientos acristalados. Es importante realizar esta distinción porque la manera de intervenir y controlar los parámetros térmicos es distinta en cada una de ellas.

A la hora de reducir la transmitancia en la zona opaca de los cerramientos se recurrirá a los materiales aislantes, mientras que en la zona acristalada se hablará de vidrios dobles y triples, cámaras con gases nobles como el argón, vidrio de baja emisividad, sistemas de rotura de puente térmico RPT y sofisticadas soluciones de carpinterías para conseguir un mayor aislamiento térmico y una estanquidad al paso del aire más elevada.

A mayores, este uso de aislamiento térmico en la zona opaca del cerramiento y de recientes sistemas de carpinterías, tiene una incidencia clara en el aislamiento acústico de los edificios, consistente en atenuar o aislar el nivel sonoro de un espacio respecto del exterior o de los espacios contiguos.

¹⁰ Existen dos versiones del programa: por un lado, el CALENDER VyP (para edificios de viviendas y pequeños edificios del sector terciario) y CALENDER GT (para grandes edificios del sector terciario).

¹¹ Deja a criterio del proyectista considerar ciertos espacios como parte o no de la envolvente.

Existen dos tipos de ruido del que se tienen que aislar los edificios y viviendas: el ruido aéreo, que se transmite a través del aire y la atmósfera, y el ruido de impacto, que nace del impacto físico en edificios o materiales sólidos.

Las normativas especifican el nivel de ruido admisible dentro de una edificación concreta según su uso, que dependerá también de los mapas de ruido (según la ubicación concreta del edificio) y de los materiales utilizados en su construcción.

Las normativas han ido evolucionando hasta el punto de exigir un importante nivel de aislamiento acústico en el interior de los edificios, de obligado cumplimiento en las obras de nueva construcción. En cuanto a las reformas o intervenciones en edificios existentes, al cumplir el aislamiento térmico se suelen alcanzar también importantes mejoras en el campo acústico.

Una envolvente bien aislada, que separa de manera efectiva el ambiente interior del exterior, reporta una gran cantidad de ventajas, además de los requisitos térmicos básicos de confort térmico y aumento de la eficiencia energética ya mencionados.

De igual modo son frecuentes las intervenciones en edificios antiguos, para reforzar su sistema de aislamiento lo que le va a reportar al edificio múltiples beneficios además de la consiguiente mejora de su calificación energética:

- Ahorro energético y económico: la disminución de la demanda energética tiene consecuencias positivas directas para el medio ambiente y para el usuario.
- Disminución de las emisiones de gases nocivos: (fundamentalmente CO₂) ligado también a la reducción del consumo energético y a la mejora de la calificación energética del edificio.
- Supresión de condensaciones: un correcto sistema de aislamiento previene de la aparición de condensaciones superficiales o intersticiales y la posible aparición de manchas, moho...
- Mejora del aislamiento acústico: algunos aislantes térmicos también mejoran el aislamiento acústico y ayuda a conseguir un ambiente interior aislado más eficazmente del exterior, tanto a ruido aéreo como a ruido de impacto.
En algunos casos, puede mejorar también la protección contra el fuego.
- Mejorar el confort y el bienestar para el usuario: entendido como una sensación agradable dentro del edificio en cuanto a sus condiciones de temperatura y humedad.
- Aumento del valor del edificio: las intervenciones en los edificios en clave energética suponen un aumento de su precio ante cualquier transacción.

En la actualidad, la intervención más común pasa por un refuerzo del aislamiento, sustitución de carpinterías y de sistemas de producción y distribución de energía, si procede, pues la inversión realizada se recupera al poco tiempo con el ahorro en el consumo energético y la durabilidad de los materiales y soluciones incorporados.

ZONA OPACA: LOS MATERIALES AISLANTES

La envolvente opaca se compone de distintas capas de materiales que cumplen diferentes funciones: estructural, impermeabilizante, protectora, aislante, de acabado...

Los aislantes térmicos son aquellos materiales que se caracterizan por tener una baja conductividad y una alta resistencia térmica. Son ampliamente utilizados en la fabricación de distintos productos en la construcción, en la industria aeronáutica, energética, metalúrgica... Su uso en edificación va dirigido a conseguir una mejora del confort térmico y a la disminución del consumo de energía en el interior; se introducen en la envolvente para aislar el interior de los edificios independizándolo de las condiciones climáticas externas.

Todos los materiales conducen el calor en menor o mayor proporción; los aislantes son aquellos que constituyen la barrera térmica de la envolvente del edificio, ralentizando al máximo el paso del calor. Los materiales aislantes presentan una importante resistencia al incremento de temperatura, por lo que permiten mantener el interior fresco en verano, no permitiendo que el calor exterior penetre, y caliente en invierno, impidiendo que el calor que en el interior se genere salga. Estos materiales actúan principalmente frenando la transmisión de calor por conducción.

Además, según la cara del cerramiento en la que se incorpore una capa de material aislante, variará tanto el gradiente térmico como la posibilidad de condensaciones internas.

Si bien todos los materiales tienen distintos parámetros en cuanto a la transmisión de energía calorífica; el CTE considera un material como aislante térmico cuando:

- Su conductividad térmica (λ) es menor de 0,05 W/mK
- Su resistencia térmica (R) es mayor de 0,25 m²K/W

Las características y parámetros de los distintos materiales sean o no aislantes, vienen establecidas por el denominado marcado CE o de los documentos específicos de cada tipo de material. En el etiquetado de los productos suministrados por el fabricante ha de figurar la información relativa a sus propiedades y uso para su correcta aplicación constructiva.

ANDIMAT es la *Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes* que aboga por el ahorro de energía, la protección del medio ambiente y el confort del usuario gracias a los materiales aislantes: *aislar más, mejor y lo antes posible*.

En las continuas actualizaciones del CTE se van modificando los valores exigidos para que las transmitancias térmicas sean menores, pero en todos ellos se consigue con la incorporación de cada vez más cantidad de material aislante. Por todo ello, queda claro que el **aislamiento térmico** es la clave de la consecución de la eficiencia energética en los cerramientos opacos.

La legislación europea y española ha ido evolucionando rápidamente en los últimos años hasta casi duplicar el espesor de los materiales aislantes tradicionales para lograr unos valores de aislamiento muy superiores a los de las viviendas antiguas. Las obras de nueva de construcción han de ajustarse a las solicitudes de los reglamentos nacionales y europeos.

Este hecho provoca que, a su vez, los cerramientos tengan un mayor espesor para cumplir los valores límite. En el caso de las intervenciones en edificios ya existentes, al tener que incorporar una nueva capa de aislante es necesario decidir si se va a realizar hacia el interior del cerramiento original (con lo que se reduciría el espacio útil) o hacia el exterior (lo que derivaría en una solución de fachada distinta a la original).

Los principales aislantes convencionales

Es necesario conocer los principales materiales y sistemas que se utilizan actualmente en el aislamiento de los edificios. Todos estos materiales se caracterizan por una baja conductividad térmica y por la presencia de aire o algún gas inerte en su interior que retarda la transmisión del calor. Existen materiales que son buenos aislantes por su propia naturaleza y otros cuando se tratan de una manera específica o trabajan en condiciones concretas de temperatura o presión.

La clasificación principal de los materiales aislantes convencionales es la siguiente:

- Aislantes sintéticos: están compuestos a partir plásticos, polímeros derivados del petróleo y otros materiales sintéticos. Térmicamente son muy efectivos. *Destacan el poliestireno expandido, extruido y el poliuretano.*
- Lanas minerales: están compuestos por un entrelazado de filamentos que componen un fieltro que retiene el aire en estado inmóvil. Son los más empleados por su versatilidad, su aislamiento acústico y protección contra el fuego. *Destacan la lana mineral y la lana de roca.*
- Aislantes ecológicos y/o naturales: son respetuosos con el medio ambiente porque no están procesados ni contienen aditivos. Su uso es cada vez más habitual. *Destacan materiales como el corcho, el lino, la lana de oveja, la celulosa o el algodón.*

Existe una segunda clasificación atendiendo al formato en el que se utilizan estos materiales aislantes:

- Paneles o placas: necesitan fijación a un soporte. Pueden ser rígidos o semirrígidos.
- Paneles no rígidos, rollos y mantas: se colocan sobre perfilera, en cámaras, entre PYL o rastreles.
- Espumas: se inyectan o insuflan en las cámaras de aire con aparatos especiales.
- Fibras o partículas: también para insuflado en el interior de cámaras de aire.

Las características y propiedades particulares de cada aislante les hacen más o menos adecuados para distintos usos o aplicaciones, como pueden ser el comportamiento frente al agua, la posibilidad de generar condensaciones... Del mismo modo, es necesario no solo tratar la parte opaca del cerramiento, sino también el acristalamiento, como una parte importante del aislamiento de la envolvente y una fuente habitual de problemas de puentes térmicos y condensaciones.

Además del ya citado aislamiento acústico, otro factor clave de los materiales aislantes es su comportamiento frente al fuego: si son combustibles, cómo y cuánto tiempo tardan en quemarse, si durante su combustión se desprenden gotas o emiten gases... Todos los materiales de construcción, no sólo los aislantes, deben declarar esta propiedad¹². Cualquier producto que contenga un material inflamable tiene que pasar unas pruebas experimentales tras las cuales será clasificado mediante una escala de valores que refleje su nivel de inflamabilidad. Los productos preferibles serán los menos combustibles, que emiten menos humos y expulsan menos partículas.

Lana mineral

La lana mineral es un material aislante de fibras inorgánicas compuesto por filamentos de materiales pétreos entrelazados que constituyen un fieltro flexible y ligero que mantiene el aire en su interior en estado inmóvil.

La lana mineral es un aislante muy comúnmente utilizado (el más empleado en la Unión Europea) por sus propiedades:

- Aislamiento térmico: gracias a su estructura entrelazada que mantiene el aire en estado inmóvil la lana mineral ofrece una importante resistencia térmica. Su conductividad térmica es de aproximadamente 0,035 W/mK.
- Resistencia al fuego: las lanas minerales, por su origen inorgánico, son ignífugas y capaces de soportar altas temperaturas.

¹² La norma UNE-EN 13501 recoge las Euroclases que clasifican los distintos materiales empleados en construcción según el uso que va a tener, su aplicación y ubicación.

- Aislamiento acústico: tanto la lana mineral, por su composición a base de filamentos, como la lana de vidrio, por su elasticidad, actúan como aislantes acústicos amortiguando y reduciendo el ruido y las ondas sonoras.



Imágenes de la instalación de lana mineral en sistemas de fachada y cubierta inclinada

Fuente: ceis.es

Según la materia prima a partir de la que se elaboran encontramos:

- Lana de vidrio (GW): producto de origen mineral inorgánico, fabricado a partir de la mezcla de vidrio reciclado y arena, fundiéndolo a altas temperaturas.
- Lana de roca (SW): se obtiene a partir de la mezcla y fundición de distintas materias primas naturales¹³ y rocas volcánicas (basálticas).

A partir de ambos tipos de lanas se elaboran productos aislantes muy versátiles, utilizados en todo tipo de proyectos e incorporables a todo tipo de sistemas de cerramiento. Tienen una larga vida útil y son reciclables.

AFELMA es la *Asociación de Fabricantes Españoles de Lanas Minerales Aislantes* que aboga por la utilización de este producto en la edificación.

Poliestireno extruido (XPS)

Material aislante formado por una espuma plástica y rígida, producida a partir de la extrusión de poliestireno en presencia de un gas espumante. Se trata de una espuma termoplástica en la que su estructura celular cerrada, hace del poliestireno extruido el único material aislante que se puede mojar sin perder sus propiedades.

Mediante el extrusionado se consigue una estructura de burbuja cerrada en la que el agua no es capaz de penetrar, lo que hace especialmente versátil este material, posibilitando su colocación en determinados puntos de la envolvente, como puede ser en la cubierta invertida, posibilitando específicamente esta tipología de cubierta en la que la lámina impermeable se sitúa bajo el material aislante, que se moja y está en

¹³ A partir de este material se puede obtener también la *arena de lana mineral*, que es un material empleado como aislante acústico para evitar la transmisión del ruido incorporándola en sistemas de compartimentación y acabado.

contacto con el agua sin que esto suponga una merma de sus capacidades de aislamiento. Solo el poliestireno extruido tiene esta característica de adaptación a la humedad, por su estructura de celda cerrada al 95%.



Instalación sistema aislamiento XPS en cubierta invertida

Fuente: Archivo BASF y Archivo FIBRAN

El poliestireno extruido también presenta unas elevadas prestaciones mecánicas por la elevada rigidez de su composición celular debido a la elevada homogeneidad que aporta su estructura de celdas. Los paneles suelen tener una resistencia a compresión elevada, por lo que son capaces de soportar cargas elevadas y minimizar la fluencia del material ante cargas permanentes.

En cuanto a su comportamiento térmico, es un material que puede utilizarse en un amplio margen de temperaturas pues tiene la capacidad de soportar inclemencias meteorológicas y ciclos de hielo y deshielo sin perder sus propiedades.

Debido a sus buenas propiedades aislantes, mecánicas y de comportamiento frente al agua, el poliestireno extruido es uno de los materiales aislantes más utilizados tanto en obra nueva como en rehabilitaciones. Es un material altamente versátil, y su utilización en la edificación se centra principalmente en el aislamiento de cubiertas y fachadas.

AIPEX es la *Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido* que representa a los productores de este material con el objetivo de promocionar y perfeccionar su uso.

Poliestireno expandido (EPS)

El poliestireno expandido EPS (expanded poly-styrene) es un material plástico espumado muy utilizado en el sector de la construcción por sus propiedades de aislante térmico y acústico. También se conoce como porexpan, poliespan o corcho blanco. El Poliestireno Expandido se define técnicamente como: "*material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire*".

El poliestireno expandido tiene una estructura celular cerrada y rellena de aire (hasta en un 98%), que le confiere unas excelentes propiedades de aislamiento térmico y material aligerante.

- Sus propiedades de aislamiento térmico dependen directamente de la relación entre densidades y conductividad térmica, que varía entre los 0,034 y los 0,045 W/mK. En general el EPS tiene buenas propiedades aislantes en densidades comprendidas entre 15 y 35 kg/m³.
- Tiene una considerable resistencia ante impactos y una alta resistencia a la absorción del agua y, además, al no estar compuesto por sustrato nutritivo alguno, ni se pudre ni se descompone.
- Entre sus desventajas encontramos que es fácilmente inflamable por lo que se le incorporan retardantes de llama para ser tan solo *difícilmente inflamable*. Es frágil a la exposición a la fuerza y susceptible de ser atacado por materiales solventes como el benceno, la acetona o el tolueno entre otros.

Muchas de las principales aplicaciones del poliestireno expandido se dan en el sector de la construcción como materiales aislantes y/o como materiales aligerantes.

El poliestireno expandido se utiliza, en forma de planchas, en el aislamiento térmico de fachadas (aislamiento exterior, intermedio e interior), cubiertas (planas e inclinadas), suelos (forjados, soleras, losas y suelos calefactados) y muros enterrados.

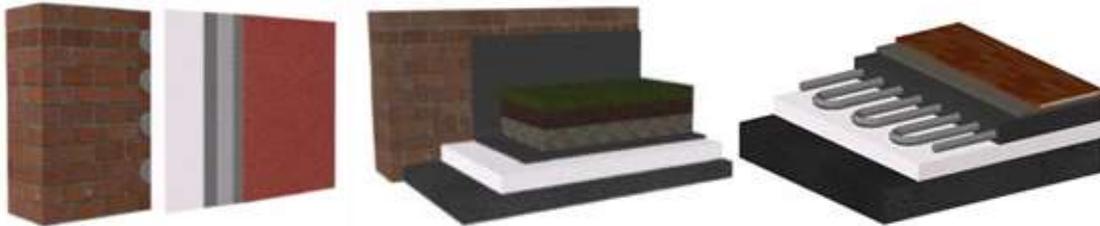


Gráfico de planchas de EPS (en blanco) en sistemas de fachada, cubierta y forjado.

Fuente: ANAPE

ANAPE es la *Asociación Nacional de Poliestireno Extruido* que representa y promociona los productos de EPS abogando por su uso y desarrollo.

Espuma de poliuretano (PUR)

La espuma de poliuretano es un material ampliamente utilizado en el sector de la construcción y en diversas industrias por su buen rendimiento como aislante. También es conocido como poliuretano proyectado por la forma en la que se aplica sobre las superficies. Tiene un alto grado de aislamiento térmico, con una conductividad térmica en torno al 0,025 W/mK.

- En cuanto a su comportamiento frente a la humedad, actúa como una membrana impermeable al paso del agua y a su vez permeable al vapor de agua. El grado de permeabilidad del material depende de su densidad, por lo que se puede buscar el nivel de resistencia al vapor de agua oportuno en cada caso.
- Como todos los polímeros, el poliuretano es combustible por ser un material de origen orgánico. Por tanto, no tiene una clasificación muy favorable frente al fuego.

- Su resistencia a la compresión varía linealmente con la densidad, su valor estándar ronda los 200 kPa en espumas de unos 40 kg/m³.
- En cuanto al aislamiento acústico es necesario distinguir entre poliuretano proyectado de celda cerrada (el habitual) o abierta: el primero no tiene grandes propiedades de absorción acústica ni elástica, por lo que a veces se combina con otros materiales para un mayor aislamiento acústico. Hoy en día, existe también otro tipo de poliuretano de celda abierta, creado específicamente para conseguir un mayor aislamiento acústico.

La espuma de poliuretano se puede utilizar, tanto en rehabilitación como en obra nueva, en todo tipo de sistemas constructivos.



Proyección de espuma de poliuretano en un sistema de fachada y cubierta inclinada

Fuente: reaxsol y polytek

ATEPA es la *Asociación Técnica de Poliuretano Aplicado* integra los distintos sectores de la industria del poliuretano a nivel nacional, defendiendo su uso y respondiendo a las exigencias del mercado y la competencia.

Los super-aislantes

Para satisfacer las exigencias del CTE respecto a las transmitancias de sus cerramientos, la capa de material aislante cada vez ha de ser más gruesa. La alternativa a este aumento continuado de espesor de la capa aislante es mediante el empleo de otros materiales aislantes, distintos a los convencionales, que sean capaces de conseguir los mismos valores de aislamiento térmico con espesores más reducidos.

Hasta este punto hemos hablado de los materiales y sistemas aislantes más utilizados en edificación, cuyas características y rendimiento ya conocemos. Pero no sólo podemos centrarnos en las soluciones actuales, sino que es necesario además prestar atención a los nuevos materiales desarrollados fruto de la continua investigación de mejores soluciones y productos. Además, hay que considerarlos para su futuro empleo en los edificios.

De este modo llegamos a los materiales aislantes más punteros del momento, conocidos también como *superaislantes*¹⁴, tienen una conductividad mucho menor y consiguen unos parámetros de aislamiento muy superiores a los de los aislantes convencionales.

Estos materiales se enmarcan dentro de la ya mencionada tendencia en el sector de la construcción hacia la creación y rehabilitación de edificios para lograr la eficiencia energética. En este punto, los materiales super-aislantes permitirán reducir la dependencia de equipos mecánicos a la hora de climatizar el interior de los edificios, con cifras de consumo mucho menores a las logradas con los aislantes convencionales.

Sin embargo, muchos de ellos aún se encuentran en fase de desarrollo y no se usan aún de manera habitual en la construcción, pero se espera que con el paso del tiempo puedan ser aptos para su aplicación como aislantes en la edificación, superando los retos iniciales de su elevado coste de producción y mejora de sus propiedades mecánicas o físicas. Las soluciones de aislamiento más punteras y vanguardistas no son asequibles por el momento para la mayoría de obras, tanto de rehabilitación como de nueva construcción.

Aerogel

El aerogel es un material sintético, formado por un gel en el que se ha sustituido su componente líquido por otro gaseoso. El resultado es un material con una densidad especialmente baja y con una alta porosidad, propiedades que le confieren unas altas prestaciones de aislamiento térmico.



Tiene un tacto similar a la espuma de poliestireno y aspecto de humo condensado, lo que hace que coloquialmente se le apode como *humo sólido*, *helado o azul*. Se le considera el material más prometedor en el sector del aislamiento térmico, aunque se encuentra aún en fase de desarrollo.

Imagen de un bloque de aerogel / Fuente: *autodeskjournal*

El aerogel fue descubierto en los años 30 por el científico e ingeniero químico americano Samuel Stephen Kistler¹⁵. Durante décadas, los aerogeles quedaron confinados en los laboratorios, hasta que en los 60, la NASA se interesó por estos materiales y los utilizó

¹⁴ Los superaislantes son aquellos materiales y tecnologías que proporcionan una reducción drástica de la transferencia de calor, aplicables en el sector de la edificación y en muchas industrias.

¹⁵ Se cree que su descubrimiento fue fruto de una apuesta entre Kistler y Charles Learned, que le retó "a reemplazar el líquido de un tarro de mermelada por gas sin que el volumen de este disminuyera".

en diversos proyectos como la sonda espacial Stardust, donde se usó el aerogel para conformar un colector con el que capturar partículas de polvo interestelar.

En la década de los 90 se comenzó a desarrollar con una estructura de refuerzo, que implementó sus propiedades mecánicas, pudiendo de este modo tener distintas aplicaciones sobre todo industriales. Al comienzo de los años 2000, la industria experimentó un importante crecimiento antes de volver a estancarse unos años después. Según el informe de mercado *Aerogel 2019-2029: Tecnologías, Mercados y Jugadores* se espera que en esta década se repita dicho crecimiento

El aerogel tiene una serie de propiedades físicas y mecánicas que son insólitas para un material sólido:

- Densidad: El aerogel está compuesto casi en su totalidad por aire, se estima que entre un 90 y 99,8%. Por ello, presenta la densidad más baja conocida en un sólido, del orden de 3 a 15 veces la del aire y
- Transparencia: tiene una transparencia limitada de la luz, con un nivel de transmisión en torno al 70%; su índice de refracción es de 1,0, también el más bajo en un sólido conocido; funciona como un cristal, dejando pasar la luz solar, pero bloqueando la radiación ultravioleta.
- Aislamiento térmico: funciona anulando la transmisión de calor por conducción, convección y radiación, con unos parámetros de aislamiento incomparables con los de los materiales convencionales. Tiene la conductividad más baja conocida en un sólido, en torno a los 0,013, por estar compuesto principalmente por gas.
- Temperatura y fuego: tiene una gran resistencia tanto a altas como a bajas temperaturas,¹⁶ capaz de resistir temperaturas que rondan los 1.200/1300°C.
- Aislamiento acústico: es también un buen aislante acústico porque la velocidad del sonido a través de un aerogel es muy baja, en torno a los 100 m/s, menos de un tercio de la velocidad que alcanza en el aire (314 m/s).
- Resistencia y fragilidad: pese a tratarse de un material tan ligero es muy resistente, pudiendo soportar hasta 1000 veces su peso. Sin embargo, su estructura interna es bastante frágil y se resiente ante impactos directos.¹⁷

¹⁶ Los alcances aislantes del aerogel son tales, que se estima que con tan solo 6 mm de este material se puede convertir una temperatura de 1000°C en 100°C; funciona también la inversa, pudiendo convertir una de -78,5°C en 22°C.

¹⁷ Esta gran fragilidad es su propiedad más negativa; si se presiona suavemente retoma su forma inicial, pero si recibe un golpe se deforma permanentemente y puede perder su estructura, desmenuzándose o disgregándose como haría el vidrio. En los productos comerciales se suele reforzar el aerogel mezclándolo con mantas de poliéster, fibras o lanas, conformando un nuevo esqueleto con mayor rigidez.

El aerogel tiene un gran potencial, por ser considerado el mejor aislante térmico conocido por lo que en los últimos años se busca su introducción en distintos sectores, a la espera de la reducción de sus costes de producción y una mejora de sus propiedades mecánicas para poder aplicarse extensivamente¹⁸.

Las propiedades de los aerogeles los convierten en materiales idóneos para su aplicación en el sector de la construcción por sus elevadas prestaciones de aislamiento térmico, su ligereza, resistencia al fuego...

No obstante, tampoco acaba de arrancar su introducción como un material más, debido a las importantes barreras que suponen su elevado precio y ciertas propiedades mecánicas que dificultan su uso como aislante.

La introducción del aerogel en la construcción supondrá el ahorro de una gran cantidad de energía en climatización y una pérdida de calor extremadamente baja.

Sus aplicaciones actuales pasan por el aislamiento de las ventanas de edificios de oficina utilizadas para evitar la pérdida de calor o frío.

Cabe señalar que los aerogeles son materiales muy recientes por lo que no se puede evaluar aún su comportamiento y prestaciones a lo largo del tiempo.

Aislante reflexivo

Los aislantes reflexivos son un tipo de aislante multicapa formando por la superposición de capas de distintos materiales con el objetivo de aportar al conjunto mayores capacidades aislantes en menor espesor.

Los aislantes reflexivos se componen a base de láminas de plástico, aluminio, poliéster, burbujas, guatas... y actúan ante las tres formas de transmisión del calor, por estar compuestos por varias capas de distintos materiales que aportan distintas propiedades:

- Las burbujas de aire seco que hay en su interior actúan como una cámara de aire, manteniendo una temperatura similar en ambas caras del aislante, lo que le hace eficaz frente a la transferencia de calor por conducción o convección.
- El aluminio es el material que más destaca dentro de los componentes de estos aislantes pues le aporta la reflectividad, que evita la transferencia de calor por radiación.

Cabe señalar que, al contrario que la mayor parte de los aislamientos tradicionales, los reflexivos no tienen punto de saturación a partir del cual se vuelve a transferir el calor por convección o conducción, debido a su elevada reflexión, que minimiza considerablemente este efecto.

¹⁸ Una de sus futuras aplicaciones más prometedoras es para la recogida de vertidos de petróleo en el mar debido a su altísima capacidad de absorción de líquidos (de hasta 900 veces su peso propio).

Reflectividad y radiación en aislamiento

Todos los cuerpos emiten energía térmica por medio de radiación. Esta emisión depende de la temperatura del cuerpo y de la emisividad, que es la capacidad de radiar energía térmica de una superficie. La reflectividad o reflectancia, es la capacidad que tiene un determinado material de reflejar la radiación que incide sobre él; de este modo, los materiales con elevadas propiedades reflectivas inhiben la transferencia de calor por radiación, por lo que son útiles para integrar sistemas aislantes.

Los aislantes reflexivos se componen en sus distintos modelos de aluminio, que tiene un valor de emisividad mínimo.¹⁹ Por ello, se utiliza el aluminio para fabricar los denominados films de baja emisividad que integran los aislantes reflexivos y reflejan el calor que reciben en vez de absorberlo.

Los aislantes compuestos por capas de distintos materiales también tienen distintas propiedades; si a mayores se combinan con otros materiales de aislamiento convencionales, se incrementarán aún más sus propiedades aislantes y su eficiencia energética.

- Los aislantes reflexivos son estancos al aire y resistentes al agua y el vapor de agua por lo que no sufren los efectos del viento ni la humedad respectivamente, lo que aumenta considerablemente la longevidad del producto. Otro factor que aumenta su vida útil es que no se aplastan tras su instalación con lo que se reduce también la posibilidad de que aparezcan puentes térmicos.
- Son materiales flexibles y ligeros, que se adaptan con facilidad a distintas superficies. Tienen un espesor muy reducido, aunque varíe según su composición y capas, muy inferior al de los aislantes convencionales.
- Presentan buenas propiedades de aislamiento acústico, especialmente los reflexivos multicapa. Reducen eficazmente la transmisión de ruido por la ligereza y elasticidad de sus componentes y su estanquidad al aire.
- Son ligeros y fáciles de instalar, transportar y almacenar. Son bastante versátiles y se pueden instalar en todo tipo de cerramientos y particiones interiores.

¹⁹ La emisividad se mide numéricamente entre el 0 y el 1. La emisividad del aluminio es muy baja comparada con la de otros materiales usados habitualmente en construcción, como pueden ser el hormigón o el ladrillo, con valores en torno al 0,9 de emisividad.

Los aislantes reflexivos están compuestos por distintos materiales; según su combinación, podemos distinguir entre:

- Aislantes reflexivos estándar: se componen de dos láminas de aluminio y en su interior, una lámina de burbujas de aire seco o bien de espuma de polietileno.
- Aislantes reflexivos multicapa: se componen de diversas capas de film de baja emisividad, a base de aluminio, alternados con otras de distintos materiales como espumas, guatas de poliéster o fibras naturales. Son más gruesos que los de tipo estándar y tienen una mayor resistencia térmica y capacidad aislante.
- Soluciones compuestas: los aislantes reflexivos se combinan muy a menudo con otros tipos de aislantes, obteniendo resultados muy superiores.



Aislante térmico reflexivo con base de burbujas y multicapa respectivamente

Fuente: certificadosenergeticos.com

Paneles de aislamiento al vacío

Los paneles de aislamiento al vacío (*vacuum insulated panels-VIP*) están compuestos por una envolvente hermética a los gases del cual el aire en su interior ha sido evacuado. Este sistema de aislamiento se basa principalmente en la muy baja conductividad térmica de los gases y su eficacia como material aislante radica en que una interrupción de la presión conlleva una caída de la conductividad térmica y de la transmisión de calor. Otros materiales aislantes, se ven limitados por las partículas de aire que encierran en su interior, con una conductividad térmica de 0,025 W/mK; sin embargo, en los paneles se da el vacío²⁰ con la consiguiente disminución de presión y conductividad. A mayores, se elimina también cualquier posibilidad de transferencia de calor mediante convección. La sucesión de material sólido y bolsas de gas provoca que el calor se transfiera a través de múltiples interfaces, lo que disminuye drásticamente la transferencia de calor. No obstante, el núcleo rígido de los paneles no es completamente hermético y, con el tiempo, su conductividad térmica va aumentando, lo que provoca una disminución de su capacidad aislante y el progresivo envejecimiento y deterioro del panel (la

²⁰ La conductividad térmica necesita de una sustancia, por lo que es nula en el vacío ideal y muy reducida en un ambiente en el que se produzca un vacío muy elevado.

conductividad más baja se obtiene justo después de su fabricación). Para intentar reducir este desgaste es fundamental que se realice una adecuada puesta en obra. Actualmente los VIP se comercializan en distintos modelos y formatos, haciendo apto su uso en casi cualquier sistema y posición.

Estos paneles se pueden incorporar en prácticamente todos los sistemas de la envolvente del edificio.

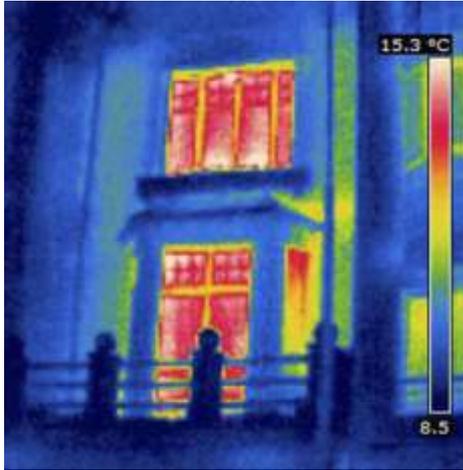
La conductividad térmica típica de los VIP va desde 0,004 hasta 0,020 W/mK, muy inferior a la de los aislantes convencionales. Por ello, las soluciones que incorporan VIP consiguen aislar lo mismo con un espesor mucho más reducido (los VIP son hasta 5 veces más eficientes que el EPS) por lo que son especialmente indicados para construcciones con escasez de espacio interior.

En los últimos años se han llevado a cabo distintos proyectos de desarrollo de los paneles de aislamiento al vacío, algunos de ellos subvencionados por la Unión Europea, en un intento de mejorar la rentabilidad de estos productos y hacerla más accesible para la gran mayoría de proyectos.

En cuanto a la optimización de los paneles de aislamiento al vacío, se persiguen distintas mejoras en su rendimiento térmico, su vida útil, su recubrimiento interior y dotarles de la funcionalidad deseada, para que puedan ser más mecanizables y ajustables. A mayores, al combinar estos paneles con otras soluciones aislantes se podrían comercializar estos productos de manera más asequible, generalizando más su uso.

ZONA ACRISTALADA: VIDRIOS Y CARPINTERÍAS

La envolvente de los edificios no está solo compuesta por las partes opacas sino también por sus huecos y partes acristaladas. Estas zonas constituyen el punto débil del cerramiento, debido a su carácter transparente y a que su espesor es de tan solo unos pocos mm, muy inferior al de la zona opaca, y por ello es más complicado aislarlos. Son puntos que presentan de manera más habitual condensaciones y/o puentes térmicos.



Como se puede observar en esta fotografía obtenida con una cámara termográfica²¹, la fachada aparece de color azul y las ventanas de color rojo, lo que significa que el calor del interior calefactado escapa por la superficie de estas.

Las pérdidas térmicas en las zonas acristaladas son muy superiores a las pérdidas en las zonas opacas debido a tres factores: la radiación solar sobre los vidrios de las ventanas, las infiltraciones de aire exterior y las transmisiones térmicas de vidrios y carpinterías.

Fotografía termográfica de la fachada de un edificio / Fuente: *alusan2004.com*

Los huecos en el cerramiento han ido evolucionando con las tendencias arquitectónicas y cada vez son de mayor tamaño para conectar visualmente interior y exterior y permitir la entrada de luz natural. Basta con comparar los pequeños huecos de las edificaciones antiguas con los grandes paños acristalados y muros cortinas de la actualidad.

Este hecho, unido a la persecución de la eficiencia energética, ha provocado un aumento creciente de las exigencias que tienen que cumplir los vidrios y las carpinterías en lo referente a aislamiento térmico, acústico y sus condiciones de seguridad (resistencia a impactos, comportamiento frente al fuego...). Los vidrios deben dejar pasar la luz, pero no el aire y regular una serie de características higrotérmicas y de renovación del aire interior mediante la microventilación. La industria de la construcción ha ido desarrollando nuevos productos para cumplir estas exigencias y es uno de los sectores que más ha cambiado en los últimos años.

²¹ La termografía es una técnica que gracias a cámaras termográficas es capaz de captar la radiación infrarroja que emiten los cuerpos. Gracias a ello, podemos conocer la temperatura de los objetos a distancia, sin necesidad de tener contacto con su superficie. Tiene numerosas y muy variadas aplicaciones.

Al igual que ocurre con el cerramiento opaco, el CTE DB HE-1 establece los requisitos mínimos que deben cumplir los cerramientos acristalados atendiendo a sus dos parámetros fundamentales: la transmitancia térmica y el factor solar²².

Como ocurría con los edificios, las carpinterías también obtienen una calificación energética valorando desde la A hasta la G, de mayor a menor eficiencia.

Las carpinterías han de cumplir también numerosos aspectos, al igual que ocurría en los cerramientos opacos, donde el aislamiento térmico solo era una más de sus funciones.

“...es necesario considerar un planteamiento transversal y dar cumplimiento a requisitos en distintos conceptos aunando aspectos energéticos, acústicos, de seguridad de uso, protección de bienes y personas, lumínicos, de protección ultravioleta e incluso estéticos. Teniendo en cuenta todo ello puede hablarse de la “multifuncionalidad” del acristalamiento. “

*Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética,
Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid*

En cuanto al aislamiento térmico, del mismo modo que en las zonas opacas la reducción de transmitancia térmica se conseguía con el aumento de espesor del aislante, en el caso de los vidrios y carpinterías la solución suele ir encaminada a duplicar o triplicar las capas de vidrio y desarrollar soluciones que frenen la transmisión de calor por conducción, impidiendo también los puentes térmicos.

Para entender el funcionamiento del acristalamiento, existen distintos aspectos a tratar dentro de las carpinterías y los vidrios:

- Vidrios: Unidades de Vidrio Aislantes (UVA), Vidrios baja emisividad...
- Carpinterías: materiales, Sistema Rotura Puente Térmico, Renovación aire...

1. **Vidrios:** las carpinterías antiguas estaban constituidas por una única hoja de vidrio y primitivos sistemas de juntas y sellados; como resulta obvio estos productos se encuentran totalmente obsoletos.

Desde hace ya unos cuantos años, estos sistemas se han sustituido por los denominados UVA o **Unidades de Vidrio Aislante**, definidos en la norma de producto UNE-EN 1279 como *“conjunto constituido como mínimo por dos paneles de vidrio, separados por uno o más espaciadores, herméticamente sellados a lo largo de todo el perímetro y mecánicamente estable”*.

²² El factor solar es el indicador de la cantidad de energía solar que deja pasar un cerramiento acristalado a través de él. Es la relación entre la energía solar que atraviesa el vidrio y la que incide. Depende del porcentaje de vidrio y marco en %, de la presencia elementos de protección solar y del factor solar propio del vidrio. Según el clima y la orientación del vidrio puede ser mejor un factor solar alto o bajo.

Al aumentar el número de capas de vidrio se consigue que la transmisión de calor a través del vidrio sea más lenta y controlada. Entre las capas de vidrio se intercala un perfil separador para evitar que estén en contacto y la cámara intermedia es estanca al aire o se rellena con algún gas que también retarde la conducción del calor.

Su aislamiento se relaciona con el **coeficiente de transmitancia térmica del vidrio U_H** (W/m^2K) el cual, en valores aproximados, es de 6,6 en un modelo de vidrio simple, 2,8 en un vidrio doble y 0,8 en uno triple. Por ello el aislamiento que ofrece una carpintería de doble o triple vidrio es incomparable con los del vidrio simple tradicional. Como es lógico, este significativo aumento del aislamiento aumenta también su precio.

Los modelos de **vidrio doble o triple** se definen numéricamente con el espesor de sus capas en mm. Por ejemplo, una ventana 4/12/4 tiene dos capas de vidrio de 4 mm y una cámara intermedia de 12 mm. Estos valores de espesor se varían para crear distintos modelos con distintos valores de aislamiento térmico y acústico.

Los vidrios pueden estar separadas por: un perfil separador hueco, un espaciador termoplástico, con barrera de sellado sencilla o doble, con cámara estanca al aire o rellena de gases nobles.

Los **vidrios de baja emisividad** (*Vidrio de Baja Irradiación o Low E*) son un tipo de vidrios desarrollados para interrumpir la transmisión térmica y evitar las pérdidas de calor hacia el exterior. Esto se consigue mediante un recubrimiento microscópico a base de varias capas metálicas de plata y otros óxidos metálicos que mejoran sus prestaciones de aislamiento térmico.

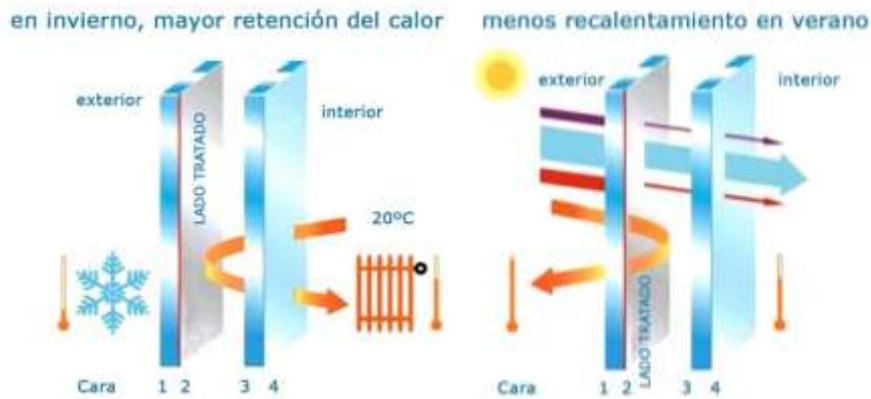
Los vidrios de baja emisividad van ligados, como es obvio, a soluciones de acristalamiento de al menos dos vidrios. El recubrimiento bajo emisivo debe incorporarse en el vidrio exterior en la cara que está en contacto con la cámara intermedia, generalmente rellena por algún tipo de gas, normalmente noble como el argón, que ofrezca un elevado índice de aislamiento térmico.

Este tratamiento logra una mayor eficiencia energética de los cerramientos acristalados y equivaldría a la incorporación de aislante térmico en los cerramientos opacos.

Los recubrimientos bajo emisivos que se incorporan al vidrio permiten rechazar la luz UV y el calor exterior, pero dejan pasar la luz natural²³

Su funcionamiento se debe a un sistema de “rebote”: en las épocas calurosas el calor exterior procedente del sol incide sobre la cara tratada y no consigue penetrar, mientras que, en épocas frías, el calor generado en el interior por sistemas de climatización no logra escapar.

²³ El espectro electromagnético de la luz se compone de distintas radiaciones: infrarroja (energía térmica), visible (luz natural) y ultravioleta (generalmente dañina).



Gráficos del comportamiento de un acristalamiento doble con tratamiento de baja emisividad durante la época de invierno y durante la de verano (de izquierda a derecha)
 Fuente: *karpenterium.com*

Pese al recubrimiento, su aspecto no sufre grandes variaciones y tiene prácticamente el mismo tono que un vidrio incoloro común. Existen distintas tipologías: templado, endurecido, laminado, curvado...

2. Carpinterías: las carpinterías suelen ser metálicas (generalmente de aluminio), de PVC o de madera. Las propiedades que aportan cada una de ellas son distintas y se relacionan con el material del que están compuestas. La elección de uno u otro modelo definirá las propiedades de aislamiento y permeabilidad de la carpintería.



Imagen de una carpintería de triple vidrio de madera, de PVC y de aluminio
 Fuente: *madera-sostenible.com*, *ventanastermicas.com* y *cortizo.com*

Existe cierto debate sobre cuál es el mejor modelo, cuál presenta el mejor aislamiento, el mejor precio o rentabilidad...

Las metálicas, por ejemplo, son más propensas a la transmisión de calor a través de ellas por conducción, por lo que tienen que incorporar un sistema RPT. Las de PVC ofrecen una gran variedad de acabados y las de madera presentan el mejor balance de energía empleada en su producción.

En este caso nos centraremos en las carpinterías de madera y sus propiedades: En cuanto a aislamiento térmico, estas carpinterías presentan el menor valor de transmitancia térmica en su marco, debido a que la madera no es un buen conductor. Esto le confiere unas buenas propiedades de aislamiento térmico contra el frío y contra el calor. También es un buen aislante acústico y eléctrico.

Además, ecológicamente, son las menos contaminantes porque provienen de un material natural por lo que su proceso de fabricación e instalación es el más sostenible.

En cuanto a su estética, las carpinterías de madera (como cualquier otro elemento de este material) son más especiales y nobles.

Entre sus inconvenientes encontramos que necesitan ciertos tratamientos protectores para garantizar una mayor durabilidad del conjunto: son sensibles a los cambios bruscos de temperatura, el agua, los microorganismos y a la acción de la radiación solar. Por este motivo necesitan también un mayor mantenimiento.

Es muy importante también un adecuado sistema de fijación y juntas de los marcos de las carpinterías para que se acoplen adecuadamente entre ellos y con el o los vidrios. Los **burletes** son unas finas tiras plásticas, de caucho, de goma o de PVC que sirven para sellar y hermetizar todo el conjunto, cerrando las juntas de los marcos. Todos los modelos actuales cuentan con sistemas de doble o triple burlete puesto que contribuyen tanto al aislamiento térmico como al acústico.

El **sistema de rotura de puente térmico** (RPT) es una de las características principales que incorporan todas las carpinterías metálicas que se fabrican ya desde hace años, para obtener mejores estándares de aislamiento térmico. Como ya habíamos señalado, los puentes térmicos eran zonas propensas a dejar escapar el calor por tener una transmitancia térmica distinta a la del resto de la envolvente.

En los cerramientos acristalados podemos encontrar puentes térmicos en todo su perímetro (jambas, dinteles y vierteaguas) y en las zonas de encuentro entre los marcos fijos o móviles²⁴ con los vidrios o los paneles opacos, si los hubiera.

El sistema RPT se basa en evitar que la cara interior y la cara exterior entren en contacto, intercalando entre ellos un material de muy baja conducción. Este sistema se inventó cuando se comprobó que, pese a que las carpinterías de dos y tres vidrios aislaban mucho más, seguía dándose transmisión de calor por conducción en el marco metálico (principalmente de aluminio) en el que se insertaban todos ellos.

²⁴ Sobre todo, en los marcos de aluminio u otro material metálico, que son muy conductores.

Por eso, surgió la necesidad de desarrollar un sistema que los independizara para que el calor no escapara²⁵, pudiendo competir con carpinterías de materiales con menor conductividad como las elaboradas a partir de PVC o madera.

El uso de carpinterías con sistema de RPT permite el ahorro energético y la limitación de condensaciones.

Otro aspecto importante en las carpinterías es la **renovación del aire** que ofrecen, aspecto relacionado directamente con la calidad del aire interior, la salubridad (CTE-HS 3) y el confort del usuario.

El CTE establece que los edificios deben tener un sistema general de ventilación y renovación del aire en su interior. Esta ventilación puede ser híbrida o mecánica y depende del tipo de locales interiores, si son secos o húmedos. Las carpinterías contribuyen a esta ventilación mediante:

- **Aireadores fijos**: se trata de sistema pasivo de entrada de aire exterior que hay que combinar con un sistema activo de extracción.²⁶ Mediante una serie de aperturas fijas en las carpinterías exteriores se regula la entrada de aire de forma automática. En los modelos autorregulables, dispone de un elemento interior flexible que regula la entrada del aire a través de la diferencia de presiones evitando corrientes.
- **La microventilación**: se trata de un sistema de aireación integrado en la propia carpintería que mediante un herraje permite fijar la ventana en posición cerrada, pero con una separación mínima (de 4 a 5 mm) en todo su perímetro entre el marco de la ventana y la hoja móvil. De este modo se provoca una lenta, aunque constante circulación del aire para su renovación interior.

La microventilación se desarrolló posteriormente a los aireadores y es un sistema más avanzado y versátil.

Las normativas especifican las distintas clasificaciones y especificaciones que deben incluir los productos comerciales de carpinterías, tales como su forma de movimiento, su permeabilidad al aire, su estanqueidad al agua, su resistencia al viento...

Cabe señalar, que cualquier carpintería podrá perder sus propiedades si a una correcta instalación no le sigue un mantenimiento adecuado.

²⁵ En las carpinterías de aluminio suele ser un perfil separador de plástico embutido en el propio perfil de aluminio, normalmente de varillas de poliamida reforzadas con fibra de vidrio.

²⁶ El CTE define los distintos sistemas en los recintos interiores: sistema pasivo de admisión de aire en locales secos y sistema de extracción en locales húmedos.

En resumen, la búsqueda de la eficiencia energética y la consecución de un sector de la edificación más sostenible son las principales metas a las que aspira la arquitectura y la construcción. Es necesario reducir el impacto medioambiental asociado a la climatización y construcción de edificios. Por ello hay que desarrollar modelos más eficientes para los edificios de obra nueva e intervenir en clave energética en aquellos que ya están construidos.

El ámbito de la intervención en edificios existentes gira en torno al concepto de la transmitancia térmica de la envolvente y cómo actuar en sus cerramientos, de manera activa o pasiva, para controlar las pérdidas térmicas. En nuestro caso, nos interesa el modelo pasivo de intervención, pues la normativa vigente de edificación se centra en evitar la demanda energética, no en equipos y sistemas de producción y distribución de energía más eficientes.

Dentro de la envolvente existe una diferenciación entre las partes opacas (cerramientos de fachada, cubierta, suelos...) y las partes acristaladas (huecos, ventanas, puertas...). Si bien la intervención en cada una de ellas se enfoca de manera diferente, ambas se basan en el refuerzo de la capacidad aislante del cerramiento, que en el caso de los cerramientos opacos se conseguirá con la incorporación o refuerzo de material aislante y en los cerramientos acristalados con la instalación de sistemas de carpinterías más aislantes y eficientes.

Estas actuaciones nos permitirán reducir las pérdidas térmicas de la envolvente por conducción y conseguir un espacio interior más aislado de las condiciones climáticas exteriores. De este modo se podrá controlar la demanda energética global del edificio y reducir su consumo.

4. REHABILITAR ENERGÉTICAMENTE EDIFICIOS PROTEGIDOS

Este Trabajo Fin de Grado se centra en cómo combinar la mejora de la eficiencia energética y la conservación de los edificios con cierto valor o reconocimiento arquitectónico en una misma intervención. Para ello, es necesario exponer ambos objetivos y los condicionantes que les afectan.

4.1 EL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Se entiende por patrimonio arquitectónico a un monumento, edificio, conjunto de edificios o ruinas cuyo valor ha ido aumentando con el paso del tiempo, superando su uso e importancia originales, hasta el punto de ser imprescindible para entender el entorno en el que se ubica. Este valor puede ser de distintos tipos: cultural, histórico, representativo, técnico... Instituciones como ICOMOS²⁷ se encargan de velar por la protección del patrimonio cultural y arquitectónico.

“El Patrimonio Arquitectónico tiene gran importancia cultural por la información que aporta al estudio histórico de la sociedad y por lo que represente para el conjunto de las personas. Es fiel reflejo de la Historia de un lugar y por eso se ha de conservar.”

Texto extraído de patrimoniointeligente.com, consultada en septiembre 2020

La Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, cuyo objetivo es proteger y transmitir durante generaciones el Patrimonio Histórico Español, se ocupa de definir el Patrimonio Histórico ampliando su extensión notablemente, dentro del cual encontramos el arquitectónico.

Es necesaria la **identificación** de aquellos edificios que merezcan este reconocimiento y protección específicos pues estos componen el patrimonio arquitectónico aportando una gran cantidad de información a través de su estilo arquitectónico, materiales utilizados, técnicas constructivas, decoración, ornamentos... Su importancia va mucho más allá de la estética o una “bonita” presencia y son verdaderos documentos culturales e históricos.

²⁷ El ICOMOS (del inglés International Council on Monuments and Sites o Consejo Internacional de Monumentos y Sitios), es una asociación civil no gubernamental ligada a la ONU a través de la Unesco que se encarga de proponer los bienes que reciben el título de Patrimonio Cultural de la Humanidad.

Como veremos, no sólo basta con el reconocimiento de este patrimonio, sino que también es necesario legislar y establecer los límites de las intervenciones que se van a realizar en estos edificios, para que en ningún momento supongan un deterioro de su valor y características definitorias.

Por último, es común cometer el error de solo considerar los monumentos o edificios muy representativos como patrimonio arquitectónico por eso se debe tender al aumento cualitativo y cuantitativo de aquello que reconocemos como patrimonio edificado. Esta extensión en la consideración y extensión del patrimonio nos ayudará a salvaguardar la presencia y el carácter de nuestras ciudades.

4.2 ESTADO DEL ARTE Y NORMATIVA

Como ya se ha indicado, en este Trabajo Fin de Grado centrado en la *“rehabilitación energética en un edificio protegido”* entran dos factores en juego: la importancia de la preservación del patrimonio y la necesidad de aumentar su eficiencia energética. Es necesario encontrar el equilibrio que permita conjugar ambos factores, para no tener que renunciar ni a la estética original de una edificación valiosa ni a poder contar con edificios sostenibles.

Por un lado, el **patrimonio arquitectónico** constituye la imagen de los pueblos y ciudades, reflejando el pasado y la tradición del lugar; por ello es fundamental reconocer aquella arquitectura que conforma la identidad de una determinada ciudad o país, utilizando los mecanismos necesarios para su protección y conservación.

En España, la Ley de Patrimonio Histórico de 1933 redactó una normativa con las medidas precisas para la correcta conservación y consolidación del patrimonio arquitectónico. *“Se debe conservar, consolidar y rehabilitar los edificios y monumentos históricos evitando la reconstrucción”*.

Los distintos grados de protección que se pueden otorgar a los edificios se definen en el Plan General de Ordenación Urbana de cada ciudad. Como es lógico, existen distintos grados de protección según la relevancia del edificio en cuestión.

Existen distintos **reconocimientos y niveles de protección** que se le pueden otorgar a los distintos edificios o conjuntos que formen el patrimonio arquitectónico.

- Para un edificio, el máximo nivel de reconocimiento y mayor grado de protección es su declaración como **Bien de Interés Cultural**. Un BIC es patrimonio nacional, que le otorga riqueza cultural al estado.

La Ley de Patrimonio Histórico España, define que: *"en el seno del Patrimonio Histórico Español, y al objeto de otorgar una mayor protección y tutela, adquiere un valor singular la categoría de Bienes de Interés Cultural, que se extiende a los muebles e inmuebles de aquel Patrimonio que, de forma más palmaria, requieran tal protección. Semejante categoría implica medidas asimismo singulares que la Ley establece según la naturaleza de los bienes sobre los cuales recae"*

*Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español»
recogido en el BOE a 29 de junio de 1985*

"En el Patrimonio Histórico Español tienen un valor especial los Bienes de Interés Cultural extendidos a los muebles e inmuebles del Patrimonio que solicitan mayor protección. Se establecen medidas excepcionales para este tipo de bienes. Para poder llevar a cabo esta valoración, la ley establece fórmulas para defender el Patrimonio Histórico no solo prohibiendo determinadas acciones o limitando ciertos usos, sino promoviendo métodos que animen a su conservación, posibiliten el disfrute y hagan más fácil su desarrollo."

Eficiencia energética en edificios patrimoniales. Estado de la cuestión. Isabel Molinero García

Hay distintas categorías de BIC: en este caso nos interesan los bienes inmuebles que se subdividen en monumento histórico, jardín histórico, conjunto histórico, sitio histórico, zona arqueológica y legares de interés etnológico.

"Después de que un bien sea declarado BIC por la autoridad competente, éste pasa a tener medidas especiales. La administración pública municipal al que pertenece ese bien está obligada a establecer una estrategia de protección para su conservación.

En este caso, toda intervención, obra, o despliegue urbanístico que se realice alrededor del BIC y que pueda afectar su estado de conservación, queda prohibido. Del mismo modo, ningún BIC puede ser vendido, aunque éste pertenezca a una persona física, sin pedir permiso expreso a la administración."

Adrián Carreton en patrimonio inteligente.com

En Castilla y León la regulación de los BIC se desarrolla en la Ley 12/2002, del patrimonio cultural de Castilla y León. Las distintas páginas y portales web del Ministerio ofrecen gran cantidad de información sobre los Bienes de Interés Cultural y acceso a la base documental del patrimonio cultural de Castilla y León.



En la ciudad de Valladolid encontramos numerosos Bienes de Interés Cultural, como la totalidad de su centro histórico, el Canal de Castilla, las Fuentes de Argales y numerosas iglesias, conventos y edificios históricos. Sorprende observar cómo casi todas las edificaciones protegidas en Valladolid, en particular, son bastante antiguas.²⁸

Imagen extraída del visor de BIC de la Junta de CyL de Valladolid / Fuente: Dirección General de Patrimonio Cultural idecyl.jcyl.es/pacu/

Al parecer aún no se ha considerado incluir otras obras arquitectónicas más modernas en el catálogo de BIC, donde realmente tendrían una protección elevada.

- Otro tipo de protección que pueden tener los edificios es la que les otorgue la [normativa urbanística local](#) de su ciudad, pero esta siempre es menor que la que puede tener un BIC.

En el caso que nos ocupa, el Plan General de Ordenación Urbana de Valladolid determina cuando están autorizados o prohibidos en los edificios que protege las siguientes actuaciones: mantenimiento, restauración, rehabilitación, reestructuración parcial, media y mayoritaria, adición, ampliación, demolición y sustitución.

Recientemente, el PGOU de Valladolid ha reconocido la protección de los edificios de la ciudad reconocidos por la fundación del *DoCoMoMo Ibérico* (Fundación para la Documentación y Conservación del Movimiento Arquitectónico Moderno).

“El propósito que dio origen a DoCoMoMo fue estudiar y documentar la arquitectura del movimiento moderno con el fin de lograr su reconocimiento como parte de nuestra cultura del siglo XX, su protección patrimonial y conservación.”

Página web docomomoiberico.com, consultada en septiembre 2020

El DoCoMoMo ha catalogado este patrimonio recopilando y documentando un total de 1.2000 edificios cuya arquitectura sigue las directrices del Movimiento Moderno en España, estilo arquitectónico que tuvo su pleno vigor entre los años 1925 y 1965, prolongándose hasta 1975.

²⁸ Lo más reciente que encontramos es la Iglesia del Colegio Apostólico de los Padres Dominicos de Miguel Fisac, declarada como BIC en 2011.

En el caso práctico que se desarrollará en el punto siguiente, el Edificio de Sindicatos de Valladolid no llega a pertenecer al área considerada como centro histórico, pero sí ha sido reconocido por la fundación del *DoCoMoMo Ibérico* y por tanto cuenta también con la protección de la normativa urbanística.

En mi opinión, la protección que se otorga a los edificios que constituyen el patrimonio arquitectónico y la identidad de las ciudades es totalmente insuficiente. Los únicos edificios que están realmente protegidos son los que han sido considerados como Bien de Interés Cultural y por tanto están protegidos por la normativa de patrimonio. Como es lógico, solo una minoría de los edificios que componen el patrimonio arquitectónico están reconocidos como BIC y se trata de edificios históricos y bastante antiguos en su mayoría. Además, no se aprecia una intención clara de reconocer a los edificios contemporáneos como merecedores de dicha protección. No creo tampoco que la solución pase por reconocerlos a todos ellos como BIC, porque resulta obvio que no todos tienen tal nivel de importancia, pero sí podría ser conveniente que se endurecieran las restricciones a la hora de intervenir en dichos edificios.

Por ejemplo, en el caso de Valladolid, un edificio protegido por el PGOU (como es el caso de los edificios reconocidos por el *DoCoMoMo Ibérico*) tan solo está a salvo de ciertas intervenciones realmente muy invasivas como puede ser una demolición o una ampliación. Estos edificios no están protegidos contra intervenciones que puedan alterar sustancialmente sus características estéticas, morfología, materialidad... Creo que es necesario ser más restrictivos con las normativas de protección del patrimonio en el ámbito urbanístico local, protegiendo un mayor número de edificios y protegiéndolos más.

Por otro lado, como se ha visto en el apartado anterior, la intervención energética es una cuestión cada vez más urgente con la que los técnicos y arquitectos deben comprometerse seriamente para crear edificios más eficientes y menos contaminantes con el medio ambiente.

La manera de lograr que los edificios aumenten su eficiencia es mediante una rehabilitación energética, por lo que es necesario entender también en qué consiste realmente; la **rehabilitación energética** de un edificio se refiere a todas aquellas acciones que van encaminadas a la optimización de la eficiencia energética de la construcción para reducir los gastos y emisiones derivados de su utilización.

Llegados a este punto, existen distintas **normativas de interés**, tanto las que tratan los aspectos técnicos de las rehabilitaciones energéticas, como las que regulan la intervención en edificios protegidos.

"Los edificios protegidos por su valor histórico, patrimonial o artístico, suelen quedar excluidos del cumplimiento de la normativa sobre eficiencia energética, pero es fundamental que, para que estos inmuebles no sean infrutilizados y caigan en el abandono, se adecuen. Además, por edificios protegidos no debemos pensar únicamente en monumentos, sino que hoy en día el patrimonio queda formado por distintos tipos de edificios singulares."

Soluciones de aislamiento térmico para edificios protegidos de especial interés arquitectónico o histórico. Ejemplo de actuación, Marta Epelde Merino, Departamento de Eficiencia y Sostenibilidad. Kursaal Rehabilitaciones Integrales

Respecto al patrimonio arquitectónico: durante mucho tiempo existió un gran vacío en cuanto a cómo y cuánto se podía intervenir en los edificios que conformaban el patrimonio arquitectónico. Las denominadas "Cartas de Restauro" fueron unos documentos de gran relevancia que abogaban por la conservación y protección de dicho patrimonio recopilando las experiencias que durante años habían adquirido los arquitectos al realizar intervenciones de este tipo.

En estas Cartas de Restauro se introdujeron muchos conceptos que nos podrían ayudar hoy en día a plantear la unión de conservación y rehabilitación energética, como pueden ser: desarrollo urbano, historicismo, preexistencias, identidad, autenticidad...

Una de las más trascendentes, fue la "Carta de Atenas"²⁹ de 1931. Se considera el primer paso importante por parte de los arquitectos en la conservación del patrimonio urbano y arquitectónico desde la cooperación internacional y el nacimiento de la protección de este patrimonio tal y como lo entendemos hoy en día: *"en ningún punto puede ser más ventajosa la colaboración internacional que en el de la protección del patrimonio histórico"*.

Respecto a la rehabilitación energética: la normativa que regula las rehabilitaciones energéticas está en constante evolución. En la actualidad, el Código Técnico de Edificación exige el cumplimiento de criterios energéticos a *"cualquier trabajo u obra en un edificio existente distinto del que se lleve a cabo para el exclusivo mantenimiento del edificio"*.

²⁹ Fue la primera de estas cartas y en ella se fijaron las pautas de restauración sobre monumentos, aceptando la restauración con la defensa de la historia del monumento. Recopiló también planteamientos actuales como el uso racional de los edificios.

Hay que tener en cuenta que, las exigencias normativas y los estándares utilizados para calificar energéticamente los edificios se establecen según las características y sistemas típicos que se emplean en edificación en la actualidad, y los edificios con cierta edad están muy lejos de reunir las condiciones necesarias para tener una eficiencia energética aceptable a día de hoy.

“Las normas actuales suelen estar basadas en exigencias diferentes y generalmente más estrictas que las vigentes en el momento en que se proyectó el edificio, por lo cual, muchos edificios existentes se clasificarían como no fiables si se evaluaran según las normas actuales”.

Anejo D CTE DB SE

La publicación de la Ley 8/2013, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas, puso de manifiesto la urgencia e importancia de la reducción del consumo energético de los edificios existentes, aportando datos sobre la magnitud de su contaminación y cómo intervenir energéticamente en ellos.

La legislación más “técnica” también es consciente de la importancia de conservar el entorno urbano y sus edificaciones.

Un ejemplo de ello lo encontramos en el propio CTE, donde, en ciertos Documentos Básicos, se excluye del ámbito de aplicación a *“los edificios protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, en la medida en que el cumplimiento de determinadas exigencias básicas de eficiencia energética pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, siendo la autoridad que dicta la protección oficial quien determine los elementos inalterables.”*

Esto refleja que, pese a que el CTE es un documento más técnico que artístico, pone en valor el patrimonio arquitectónico y las construcciones protegidas frente al cumplimiento de requisitos de distinta índole en las intervenciones que en ellos se realicen.

4.3 CLAVES REHABILITACIÓN EDIFICIOS PROTEGIDOS

A la hora de enfocar nuestra propuesta de rehabilitación energética en el caso práctico es necesario conocer y considerar distintos factores:

Rehabilitación energética: ¿modo activo o pasivo?

Existen dos modos de rehabilitar energéticamente un edificio: un modo activo (mediante el cambio o sustitución de sus equipos y redes de distribución de energía, ACS, gas... por otros más sofisticados y/o eficientes) y un modo pasivo (mediante la intervención en su envolvente y la reducción de la transmitancia de sus cerramientos).

En muchas ocasiones, la renovación de los sistemas y equipos existentes resulta más atractiva que la intervención en la envolvente, ya que los beneficios de ahorro económico son mayores y más inmediatos. No obstante, nosotros nos centraremos en el modo pasivo, logrando una envolvente lo suficientemente bien aislada de las condiciones climáticas externas que permita reducir la demanda energética, aunque su periodo de amortización económica sea más lento.

Además, el CTE en sus disposiciones iniciales se centra en la reducción de la demanda energética del edificio, no en que los equipos de producción sean más eficientes aunque el consumo siga siendo elevado. Además, una vez aislada correctamente la envolvente y reducida la demanda, las instalaciones de climatización que se puedan instalar serán más sencillas y rentables.

Una vez que nos hemos decantado por el modo pasivo de intervención, es necesario tener en cuenta que no todas las intervenciones sobre la envolvente tendrán el mismo resultado ni la misma complejidad:

- La rehabilitación del sistema de cubierta y la sustitución son operaciones relativamente sencillas en las que, además, es posible que exista menos nivel de protección: en gran parte de los edificios, la cubierta no se llega a ver.
- La rehabilitación de la fachada implica otra serie de factores ya que está visualmente mucho más expuesta y generalmente cuenta con mayor protección. Es más difícil poder intervenir en ella sin perjudicar su estética original. Por otra parte, la superficie de la fachada (m²) generalmente es muy superior a las de la cubierta y las carpinterías por lo que, una correcta intervención de este sistema mejoraría mucho porcentualmente la eficiencia energética del edificio rehabilitado.
- En cuanto a las carpinterías bastaría con encontrar un producto estéticamente similar al original (lo cual teniendo en cuenta las posibilidades y oferta de este sector en la actualidad no resultaría muy complicado).
- Por último, también es importante considerar la rehabilitación de los elementos del cerramiento que se encuentran en contacto directo con espacios no habitables o el

terreno, como es el caso de los suelos y muros de sótano. La intervención en estos elementos suele ser relativamente sencilla, aporta mejoras directas a la eficiencia energética y no suelen revestir un gran impacto estético o visual.

Aspectos socioeconómicos

Para llevar a cabo intervenciones de este tipo, es necesario que se den una serie de condiciones, entre las que cabe mencionar las de índole económica.

Los organismos públicos, tanto nacionales como internacionales deberán financiar obras de este tipo en edificios públicos y contribuir en la financiación de aquellos con titularidad privada, puesto que lo más probable es que el o los particulares no puedan hacer frente al pago de obras de este tipo.

Al fin y al cabo, las mejoras energéticas introducidas en los edificios no sólo reportan beneficios para sus usuarios principales, sino que son toda la sociedad y el medio ambiente los que se benefician directamente de que los edificios consuman lo menos posible. En nuestro caso, se trata de un trabajo teórico-práctico que no se va a centrar en este aspecto, sino en temas constructivos, energéticos y de patrimonio.

Relación entre nivel de conservación y nivel de eficiencia energética

La conservación del patrimonio arquitectónico y la rehabilitación energética son conceptos que pueden parecer enfrentados, y desde luego es difícil encontrar el equilibrio en una intervención que logre ambos aspectos:

“Si se interviene sin tener en cuenta los valores arquitectónicos, perderemos valores culturales irrecuperables. En cambio, si no actuamos, perderemos la oportunidad de mejorar estos edificios, y por supuesto lograr los objetivos energéticos establecidos.”

La intervención energética en el patrimonio edificado: un problema no resuelto

Es necesario encontrar el equilibrio, para llevar a cabo intervenciones energéticas que se adecuen al edificio en cuestión, adaptándose a su importancia y grado de protección si la tiene. Para ello es necesario realizar una doble distinción:

- Clasificar los edificios según su relevancia patrimonial y el alcance de la intervención energética que pudiera llevarse a cabo sin perjudicarlo.³⁰
- Determinar el objetivo energético de la intervención y calcular hasta qué punto va a ser posible alcanzar cierto nivel de eficiencia energética.

³⁰ No todos los edificios podrán tener un mismo nivel de protección porque tampoco tienen la misma relevancia y representatividad. Tampoco se puede renunciar a intervenir en ellos por el hecho de estar protegidos (excepto en casos extremos).

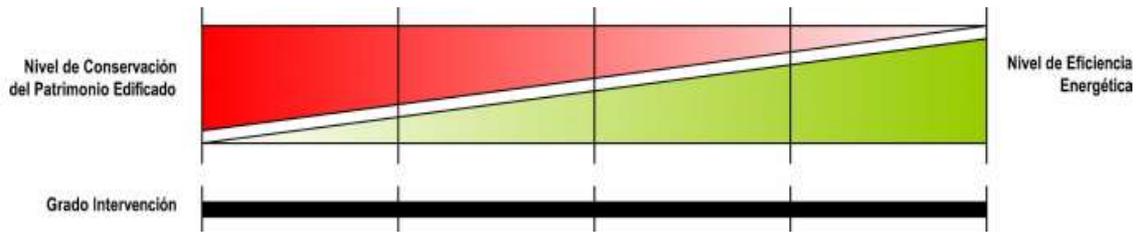


Gráfico explicativo de la posible interrelación de consecución de una máxima eficiencia energética según el nivel de conservación de la intervención. De forma gradual, cuanto mayor nivel de protección tenga el edificio, menor será el nivel de eficiencia energética alcanzable y viceversa / Fuente: Eneko J. Uranga en revista *ph Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* nº 88 octubre 2015 pp. 261

No obstante, es labor de todo el sector de la edificación buscar posibilidades y soluciones para que se pueda conjugar casi por completo estos dos aspectos. Para ello es necesario que en el campo de I+D de la construcción no se trabaje solo en el desarrollo de materiales y sistemas más eficientes energéticamente si no que paralelamente se estudie la incorporación y aplicación real de estos nuevos sistemas en edificios ya construidos, para saber cómo pueden afectar a la configuración e imagen original de los edificios.

Si el edificio no está debidamente protegido: ¿cuánto y cómo intervenir?

Como ya se ha visto, el mantenimiento del estado original exterior de los edificios es fundamental para preservar el paisaje urbanístico de las ciudades y es necesario tenerlo en cuenta cuando se vaya a rehabilitar un edificio o una fachada ya sea en clave energética, de accesibilidad, o más relacionada con la rama de la restauración porque se encuentre el edificio o una parte de él se encuentre en mal estado.

Cuando se interviene sobre un edificio no se puede dejar de lado ni la identidad del edificio ni su valor arquitectónico. En ocasiones, se ha llegado a soluciones bastante cuestionables estéticamente hablando, porque en busca de la mejora energética (o del objetivo de la intervención en cada caso) no se ha tenido en consideración este aspecto y se ha terminado por disfrazar los edificios enmascarando sus verdaderas características definitorias.

Los grandes conjuntos y edificios monumentales se encuentran debidamente protegidos por la normativa autonómica y estatal. La problemática surge con todos aquellos edificios que no cuentan con tan alto grado de protección o que puede que ni la tengan, pero que también tienen valor arquitectónico y contribuyen a configurar el paisaje urbano de las ciudades.

En estos casos quedará a criterio del arquitecto o técnico interventor hasta qué punto alterar o no las características originales del edificio.

Debemos ser especialmente sensibles a este hecho e intentar en todo caso no despojar a una obra de su valor histórico, aunque esta no esté protegida o reconocida especialmente, cuando por distintos motivos se intervenga sobre ella.

Es preciso que los arquitectos, debido a nuestra formación que aúna aspectos técnicos y artísticos, tengamos el criterio suficiente para ponderar los aspectos de intervención y conservación para llegar a la solución más equilibrado.

Con todo lo visto, está claro que el eterno dilema es la conjunción de eficiencia energética y conservación del patrimonio: considero que la rehabilitación energética debe llegar hasta donde le dejen las características e imagen originales del edificio.

Comparto el hecho de que la rehabilitación energética es muy importante y que un escenario global en el que los edificios consuman cada vez menos será clave para aumentar la sostenibilidad de todo el sector, pero, aun así, creo que cuando esté a elección del arquitecto o del técnico a cargo de la intervención, éste se debe decantar por la protección y conservación de la imagen y materialidad originales del edificio.

Si comenzáramos a intervenir en los edificios sin respetar su arquitectura, al cabo de un tiempo nos encontraríamos con ciudades sin identidad, fruto de estas irrespetuosas rehabilitaciones. En el momento en que se interviene de manera incorrecta en un edificio se le provoca un daño muchas veces irreversible.

Además, cabe añadir que con la evolución constante del desarrollo de materiales, sistemas y procesos que permiten ahorrar energía en el sector de la edificación, es posible que en unos años si se pueda intervenir en aquellos edificios en los que hoy resulta imposible hacerlo sin perjudicar su estética y características originales.

4.4 EJEMPLOS REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

A continuación, se exponen una serie de casos reales de rehabilitación energética en distintos tipos de edificios para ejemplarizar estos conceptos. Unos ejemplos son más en clave energética y otros más patrimoniales, pero el análisis de las distintas rehabilitaciones nos permitirá tener una imagen general de las decisiones que se toman a la hora de intervenir edificios protegidos o no en clave energética.

Por ejemplo, en el caso de las fachadas de edificios protegidos, un sistema de aislamiento exterior puede modificar su estética exterior y es preciso recurrir al aislamiento interior. También hoy en día se han ido desarrollando sistemas de aislamiento exterior capaces de reproducir los acabados y revestimientos originales del edificio.

Teatro del Príncipe en San Sebastián



El Teatro del Príncipe es un emblemático edificio situado en el centro de la ciudad de San Sebastián. El edificio fue proyectado por el arquitecto Ramón Cortázar en 1921 y está protegido y catalogado en el Plan Especial de Protección del Patrimonio, por su valor arquitectónico y representativo.

Este edificio presentaba un deterioro muy elevado por la combinación del paso del tiempo, el clima, la humedad, el salitre, el viento... y una serie de intervenciones un tanto desafortunadas. Además, existía una necesidad real de intervenir en el edificio energéticamente. Por ello, en abril de 2014 se iniciaron las obras de rehabilitación de la fachada principal que da a la calle Aldamar.

Fotografía histórica del edificio / Fuente: *tureforma.org*

El teatro presenta dos zonas diferenciadas en su interior que se reflejan en la estética de la fachada exterior: la planta baja consta de una decoración a base de arcos, cartelas, guirnaldas, ménsulas y máscaras que representan elementos teatrales mientras que la zona superior presenta un mosaico a base de teselas en color azul y dorado

A la hora de realizar la intervención, se optó por un sistema SATE (Sistema de Aislamiento Térmico Exterior). En un principio, puede chocar la elección de este sistema que a priori sólo ofrece mejores condiciones energéticas cubriendo la fachada original.

No obstante, en este caso, se ejecutaron distintos acabados³¹ para adecuarse a los revestimientos iniciales de la parte del edificio en que se interviene.

- En la última planta se imitaron los acabados originales con un SATE con terminación en cerámica antigua de tipo vidriado.
- Las molduras superiores de hormigón han sido reproducidas con sistemas de aislamiento, evitando también puentes térmicos.
- En otras zonas, se ha terminado el SATE con un mortero de acabado liso para respetar el estilo arquitectónico.

Las fachadas estaban revocadas por eso se pudo instalar el sistema de aislamiento por el exterior sin modificar mucho el aspecto y las molduras se han reproducido con un diseño expreso para esta intervención



Fachada principal antes y después de la rehabilitación y estado inicial de la ornamentación antes y después de la rehabilitación / Fuente: Soluciones de aislamiento térmico para edificios protegidos de especial interés arquitectónico o histórico. Ejemplo de actuación

³¹ La ejecución de estos acabados especiales para el SATE es distinta a la habitual, y presenta características y adherencias diferentes

Como podemos ver con este ejemplo, existen ciertas técnicas, en este caso ligadas al sistema SATE, para intervenir energéticamente en edificios protegidos por su valor histórico o arquitectónico en los que hay que respetar su estética y acabados originales.

En mi opinión, este caso no es un ejemplo a seguir: si bien es cierto que se ha conseguido mantener el aspecto de la fachada, no se ha respetado la materialidad original, por lo que yo no consideraría que se trate de la misma fachada. No debemos olvidar que la materialidad de los edificios también forma parte de su arquitectura, y no solo la estética y la apariencia exterior.

Considero que arquitectónicamente no es lo mismo tener una moldura original de un edificio antiguo (que igual necesitas limpiar o restaurar en un momento determinado) que utilizar un modelo 3D de la moldura mediante impresión y escaneado y reproducirlo en materiales ligeros para incorporarlo al edificio con un sistema de aislamiento térmico nuevo. No tiene el mismo valor visual y por supuesto histórico.

A mi modo de ver, las imágenes del estado rehabilitado parecen más de un decorado que de un edificio histórico.

Casa Álvarez Mendoza

La Casa Álvarez Mendoza es un histórico edificio del arquitecto Juan Álvarez Mendoza construido en 1914 en el centro de la ciudad de Gijón.

El edificio se encontraba casi en estado de ruina con muchos problemas de deterioro tanto interior como exterior. Ha cambiado de propietario en muchas ocasiones hasta que recientemente se adquirió para la realización de una promoción inmobiliaria de 23 viviendas por lo que se hizo necesario intervenir en él desde un punto de vista energético y también de restauración. El objetivo es dotar al edificio de una nueva vida útil, manteniendo su estética y presencia originales³², pero aplicando criterios de bajo consumo y confort del usuario.

La intervención realizada tiene en cuenta todo momento la importancia histórica y arquitectónica del edificio y abarca tres puntos:

- Restauración interior y exterior resolviendo los problemas de falta de salubridad y deterioro existentes.
- Intervención pasiva en los elementos y sistemas constructivos para reducir la pérdida de calor a través de sus cerramientos y resolver los puentes térmicos.

³² Además de la necesidad de mantener la fachada por cuestiones estéticas, la nueva distribución interior de viviendas se ajusta a la estructura de esta.

- Intervención activa mediante la sustitución e incorporación de equipos y sistemas de distribución de muy alta eficiencia para la producción de energía, calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria...

De ellos, el que más nos interesa es el sistema pasivo, que es aquel que interviene en los sistemas de cerramiento, para intentar controlar las pérdidas de energía al exterior proponiendo cambios y mejoras tanto en la zona opaca como en la acristalada:

- Sustitución del forjado existente de madera por forjado de EPS, que permite mejorar el comportamiento térmico de la estructura a la vez que reduce el peso. Gracias a esta operación se pudo introducir aislamiento térmico por el interior de la fachada y de la cubierta.
- Sustitución de las carpinterías por otras de madera, visualmente idénticas a las existentes, con vidrios especiales de altas prestaciones y elevados aislamientos termo-acústicos.
- Intervención de manera individual sobre todos los puentes térmicos, sobre todo los del encuentro entre la nueva estructura y la fachada existente. La fachada tan sólo se anclará puntualmente.



Estado inicial y representación virtual del estado rehabilitado de la Casa Álvarez Mendoza
Fuente: construible.es

Con la intervención realizada se prevé pasar de la letra F a la A en de la escala de eficiencia energética. Este logro tiene mucho que ver con los sofisticados sistemas de climatización que se han incorporado y con la magnitud de la intervención realizada a nivel constructiva, demoliendo cubiertas, forjados y carpinterías existentes, ya que solo con la rehabilitación constructiva y aislante no habrían sido posibles mejoras tan elevadas.

Se trata de un caso singular ya que lo que se busca conservar específicamente es la fachada, que se aislará por el interior de esta. Entiendo que, en esta intervención, se vieron obligados a tomar este tipo de decisiones sustituyendo gran parte de su estructura interior si querían darle uso al edificio y hacerlo verdaderamente habitable.

Edificios en Torrelago, Laguna de Duero

Un conocido ejemplo de rehabilitación en el entorno de Valladolid es el caso de los bloques de viviendas de Torrelago en Laguna de Duero, aunque en este caso no se trata de una obra protegida. Torrelago es un complejo de 31 edificios de 12 plantas cada uno donde se contabilizan un total de 1.488 viviendas.

Esta rehabilitación se enmarca en el proyecto europeo CITYFiED que, cofinanciado por la Comisión Europea, persigue *“el desarrollo de una estrategia integrada para adaptar ciudades existentes y su ecosistema urbano en las futuras ciudades sostenibles e inteligentes. Dicha estrategia se centra en la reducción de la demanda energética y las emisiones de gases de efecto invernadero, junto con el incremento del uso de fuentes de energías renovables”*.

Proyecto cityfied.eu en acciona-construccion.com



Imagen de los bloques de Torrelago previa intervención / Fuente: autora

Su proyecto de rehabilitación consistió en una intervención en la zona opaca de las fachadas, revistiendo las mismas con aislamiento térmico y revoco para reducir su demanda energética. A mayores, se renovaron los sistemas de distribución y gestión de energía y se sustituyeron gran parte de las calderas de gas por otras de biomasa, con un sistema de distrito.

Se optó por un sistema SATE (Solución Aislamiento Térmico por el Exterior) conocida como MAPETHERM SYSTEM a base de 8 cm de material aislante de EPS con un acabado final protector en colores blanco y beis.

Con el acondicionamiento de un total de 140.00 m² se logró una significativa reducción de la demanda energética de las viviendas, de las emisiones de CO₂ y un ahorro energético individual de en torno al 40%.

Gracias a la intervención en las fachadas y los sistemas de producción y distribución de energía, estos edificios evolucionaron desde una calificación energética E/F hasta la obtención de B, que podría haber sido incluso de A si se hubieran sustituido las carpinterías (según datos de construccionyrehabilitacion.com).



Imágenes de los bloques de Torrelago después de su rehabilitación / Fuente: autora

En este caso, el edificio no se encuentra protegido por lo que no existe a priori una razón de peso para mantener la estética del edificio original. No obstante, una intervención de este tipo es el ejemplo de lo que se debe de evitar en un edificio protegido, pues se ha revestido hasta tal punto (como es lógico al tratarse de un sistema SATE) que sus características originales están totalmente enmascaradas.

Proyecto ARI de Rondilla y Barrio 4 de Marzo, Valladolid

Ambos casos muestran ejemplos de rehabilitación energética parecidas al de Torrelago. En el caso del barrio de la Rondilla se trata de un ARI (Área de Rehabilitación Integral) en el que, gracias a subvenciones nacionales, europeas y la contribución de los vecinos (con alrededor un 30% del total) se intervino en clave energética y de accesibilidad en unas 850 viviendas situadas en este popular barrio de la ciudad de Valladolid.

La construcción original de estos bloques estuvo repleta de errores, prisas y cuestionables elecciones de material y ejecución. La intervención se realizó en dos fases (2008-2010 y 2012-2014) y consistió en líneas generales en la más que necesaria mejora del comportamiento energético del edificio, actuando sobre las fachadas y las cubiertas. Se estima que, tras la reparación de las cubiertas, el refuerzo aislante de las fachadas y la sustitución de calderas hubo viviendas que llegaron a reducir en más de un 80% de sus fugas de calor.

También se intervino sobre la accesibilidad y se colocaron ascensores en gran parte de los bloques, bien en su núcleo de comunicación o bien a través en un cajón adosado al edificio invadiendo la vía pública.



Edificio en c/ Amor de Dios, antes y después de sus obras de rehabilitación / Fuente: smviva.com

Una actuación similar se propuso posteriormente para las VPO del barrio del 4 de Marzo que se está llevando actualmente a cabo. Se centra en el refuerzo del aislamiento de las fachadas, la reparación de cubiertas y la instalación de calderas de biomasa para aproximarse al consumo energético nulo. Algunos de los bloques ya tenían ascensor por lo que no hubo que intervenir en la accesibilidad en todos ellos.

Al igual que ocurría en Torrelago, en estas intervenciones se modificaba por completo la imagen original de los edificios, mostrando poco respeto con el proyecto original. No obstante, también son edificios de tipo común que no se encuentran reconocidos por su valor arquitectónico por lo que su alteración estética no reviste tanta gravedad como si se tratase de un edificio protegido. Al llevar a cabo una intervención de mayor envergadura se puede comprobar el alcance de una actuación global, tanto activa como pasiva.

A modo de resumen, los dos primeros ejemplos son de edificios protegidos en los que también interviene el factor del deterioro debido a su antigüedad. En ellos se ha buscado respetar su valor arquitectónico a la hora de ser intervenidos.

En los dos últimos ejemplos, pesaba más el hecho de conseguir una importante mejora de la eficiencia energética que, unido a que los edificios carecían de protección o reconocimiento alguno, posibilitó llevar a cabo una intervención de mayor escala con una elevada consecución del objetivo energético.

5. CASO PRÁCTICO

En este apartado del trabajo se pretende aplicar los temas tratados anteriormente en el caso de una intervención real de un edificio protegido por la normativa urbanística local, con una propuesta que no desvirtúe la imagen del edificio.

Para ello, se comenzará por evaluar las condiciones iniciales del edificio previa intervención, para posteriormente compararlas con el estado final del edificio ya rehabilitado y conocer los efectos de una rehabilitación energética respetuosa con un edificio protegido.

5.1 EDIFICIO DE SINDICATOS DE VALLADOLID

La Sede de la Federación Vallisoletana de Empresarios, UGT y CC OO, conocido como Edificio de Sindicatos es un edificio de tipo administrativo, que alberga actualmente las sedes del sindicato de Comisiones Obreras y de la Confederación Vallisoletana de Empresarios. Se trata de un edificio público³³ reconocido por su valor representativo de la arquitectura del Movimiento Moderno español en el SXX



Está situado en el centro de la ciudad, en la Plaza Madrid nº4, en la intersección de las calles Divina Pastora y Dos de Mayo. El edificio es del 1959, obra del arquitecto Julio González Martín, que desarrolló una extensa carrera profesional en la ciudad de Valladolid.

Desde su construcción, el conjunto edificatorio ha sufrido distintas intervenciones, un total de nueve, de mayor o menor relevancia, como la elevación de una planta, la remodelación parcial de diferentes plantas y espacios o la sustitución de la cubierta.

Fotografía del edificio desde Plaza Madrid / Fuente: *docomomoiberico.com*

³³ Hoy en día, encontramos una gran cantidad de ejemplos de edificios patrimoniales ocupados por la administración o que han experimentado cambios de uso respecto al original. En algunos casos, son de pública concurrencia por lo que deben ser calificados energéticamente y publicar la certificación obtenida.

Descripción, proyecto y programa



El edificio se compone de un gran zócalo de piedra blanca sobre el que se erigen tres bloques de distintas alturas (el bloque que da a la calle Divina Pastora tiene 4 alturas y los bloques que dan a la Calle Dos de Mayo son de 7 y 4 alturas desde Plaza Madrid respectivamente). La macla de estos volúmenes resuelve la geometría de la parcela y la esquina en chaflán, desde la que se accede.

El esquema de las fachadas es el mismo en ambas calles, caracterizado por una retícula en las zonas acristaladas, combinado el fondo de ladrillo aparejado a soga y tizón en las zonas opacas.

Montaje de la vista aérea del edificio / Fuente: *docomomoiberico.com*

El acceso principal se sitúa en dicha esquina que da a la Plaza Madrid y existen también entradas secundarias en ambas calles: un acceso rodado desde la calle Divina Pastora al patio interior y el salón de actos y un acceso al interior del edificio desde la calle Dos de Mayo.

En el interior del inmueble hay un salón de actos, consistente en un volumen en la esquina que forman ambas medianeras. Tiene una superficie de 400 m² y capacidad para 450 personas, aunque actualmente se encuentra en situación de abandono, al contrario que el resto del edificio. En su interior hay dos patios, uno de mayor tamaño al que se accede desde la calle y desde el que se entra al salón de actos y otro patio interior de menor tamaño, de uso del edificio.

La distribución interior es sencilla, albergando las funciones más culturales y de atención en la planta baja y los despachos y oficinas en los niveles superiores, conectados entre sí desde el distribuidor central y los núcleos de comunicaciones.

El zócalo abarca la planta semisótano donde se encuentra un gimnasio y diversas salas de ensayos, y la planta baja situada a una cota superior respecto al nivel de la calle, a la que se accede por las escaleras principales desde la esquina en chaflán. En esta planta se encuentra el hall principal que comunica con ambos bloques de despachos y oficinas. En su interior, destaca la obra mural del escultor Antonio Vaquero, que fue derrumbada en una irrespetuosa reforma interior.

En el proyecto original su composición arquitectónica se define del siguiente modo:

“La idea principal de obtener un gran cuerpo de edificio constituido por la superposición de amplias naves de aproximadamente 10 m de altitud que pueden distribuirse interiormente por medio de tabiques y facilitar así las ulteriores modificaciones que puedan proponerse, lleva directamente a una disposición de masas y volúmenes en la que resulta dominante el paralelepípedo que contiene la esencia de la Organización Sindical en la provincia: los Sindicatos, las Obras y Servicios. Esta idea básica y el propósito de conseguir mayor soleamiento y luminosidad al interior, mediante el retranqueo de dicho cuerpo principal, concretan y definen con más precisión la silueta del edificio, donde lo más importante es el funcionamiento interno.

Su emplazamiento en región ladrillera y de piedra caliza y la casi absoluta necesidad de dar excesiva luz a los despachos y oficinas, obligan al empleo de ladrillo y piedra como materiales esenciales en las fachadas y a dotar estas de amplios ventanales, dispuestos modularmente por razones obvias y acusando la estructura.

De esta manera, el dominio del hueco sobre el macizo, el contraste del rojo del ladrillo, el blanco agrisado de la piedra caliza local y el sombreado repetido de las pilastras e impostas sobre el vidrio de los ventanales, consiguen la composición arquitectónica sobria y tranquila que, sin detrimento de su carácter esencialmente funcional, conjuga y armoniza con la arquitectura de la región.”

Texto extraído de la memoria del proyecto original

“es sin duda en la solución de la esquina donde mejor se intuyen las huellas del pensamiento moderno del arquitecto. En ese punto, el acceso es apenas un hueco abstracto en chaflán, entropaño vacío de estructura tejido por esbeltas carpinterías metálicas. Sobre la entrada, la volumetría ausente y la geometría inmaterial de la forma edificada llenan el aire denso, consiguiendo que la escala, la materia y la transparencia se presenten como atributos sabiamente conjugados, con los que el autor ilustra la profunda raíz moderna y el compromiso funcionalista de su obra”

Iván Rincón Borrego, texto en docomomoiberico.com

Reconocimiento y grado de protección

El Edificio de Sindicatos de Valladolid está incluido dentro del DoCoMoMo Ibérico³⁴, fundación que aboga por la conservación y documentación de las obras arquitectónicas de relevancia en la obra nacional del Movimiento Moderno. El edificio destaca por su carácter asimétrico, concepción funcionalista y estética moderna en la arquitectura de Valladolid de los años 50.



En 2019 se presentó la publicación “do.co.mo.mo_Valladolid del Registro DOMOMOMO Ibérico, 1925-1975: Industria, vivienda y equipamientos”³⁵, donde se recopila información sobre los 56 edificios y conjuntos de Valladolid que pertenecen al Registro de la Fundación Internacional DoCoMoMo Ibérico. Como se ha visto, el nivel de protección de los edificios se define en la normativa urbanística local. El Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Valladolid reconoce una protección especial a estos edificios.

Imagen vista general del edificio / Fuente: *arquitecturava.es*

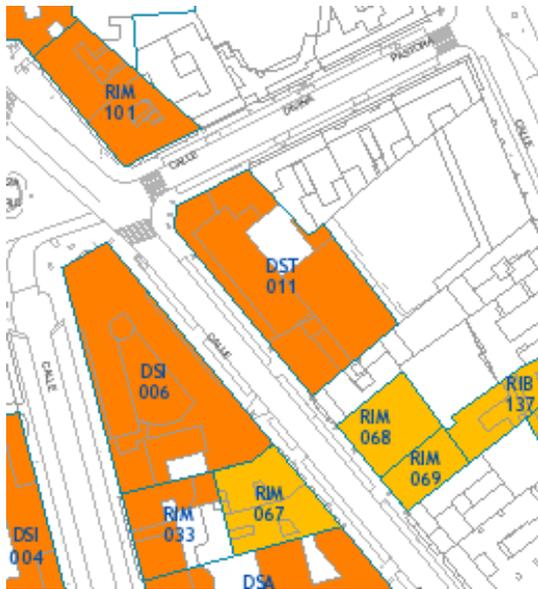
Cabe señalar la labor por parte de la ciudad de Valladolid de reconocer y proteger su patrimonio arquitectónico, puesto que es la primera ciudad española cuyo PGOU incorpora la totalidad de los edificios identificados por Docomomo a su "Catálogo de Edificios de Protección Patrimonial". El PGOU le reconoce al Edificio de Sindicatos un nivel de protección P3, que se aplica en aquellos casos en que la composición arquitectónica interior, la organización estructural y la distribución funcional son adecuadas al uso actual, o fácilmente adaptables a los nuevos usos.

³⁴ La Fundación Docomomo Ibérico pertenece a la Fundación Internacional DOCOMOMO (Documentation and Conservation of Buildings, Sites and Neighbourhoods of the Modern Movement) que fue fundada en 1988 que atiende la conservación y documentación del patrimonio arquitectónico del movimiento moderno en España y Portugal.

³⁵ En este documento los edificios se dividen en tres tipologías: industria, vivienda y equipamientos. El edificio de Sindicatos pertenece al tercer grupo. También se clasifican según sus cualidades arquitectónicas y su estado de conservación.

El PGOU de Valladolid cataloga el edificio como protegido estableciendo las condiciones específicas en caso de actuación

Edificio de notables valores arquitectónicos, tanto en su composición exterior como en su estructura y tipología. Se protege estructuralmente, debiendo mantenerse su volumetría, organización tipológica, elementos estructurales y fachada.



Mantenimiento	Autorizado
Restauración	Autorizada
Rehabilitación	Autorizados
Reestructuración parcial	Autorizada
Reestructuración media	Autorizable
Reestructuración mayoritaria	Autorizable
Adición	Prohibida
Ampliación	Autorizable
Demolición	Prohibida
Sustitución	Prohibida

Edificio de sindicatos en el visor de www10.ava.es del PGOU de Valladolid

Código identificación y catalogación: ES 011DST_011

Referencia catastral: 523301UM5162D

El edificio de Sindicatos está protegido por la normativa urbanística local de la ciudad de Valladolid, pero no está considerado como Bien de Interés Cultural (BIC) lo que le aportaría un mayor nivel de reconocimiento y protección.³⁶ Entiendo que no todos los edificios con cierto valor arquitectónico deban recibir tal distinción, pero al no tenerla, no están, en mi opinión, lo suficientemente protegidos. La solución podría ir encaminada a normativas más estrictas de actuación dentro de los planes generales urbanísticos de cada ciudad, porque actualmente no resulta complicado poder llevar a cabo una intervención irrespetuosa en ellos.

En el anexo 2 de este documento se adjunta la ficha del PGOU de Valladolid sobre las características y el nivel de protección del edificio. El PGOU también reconoce dos bajorrelieves de ubicados en su interior:

nº	Bien	Dirección	año	autor	Otros datos
12	Alegoría de los oficios	Edificio Sindicatos DST 011	1960(?)	Antonio Vaquero	bajorrelieve /semidestruido
13	La Victoria Sindical	Edificio Sindicatos DST 011	1960(?)	Antonio Vaquero	bajorrelieve

³⁶ Conviene recordar que si este edificio está relativamente protegido es porque se han incluido los edificios reconocidos por el DoCoMoMo dentro de la normativa local de protección urbanística, no por pertenecer al DoCoMoMo como tal.

12: Bajorrelieve “Alegoría de los oficios”

Bajorrelieve de alegoría de diversos oficios (la industria, la agricultura, el comercio...), situado en el interior del vestíbulo del edificio de Sindicatos.

El edificio, con la ficha DST_011, no hace ninguna mención a este bajorrelieve, parcialmente destruido para introducir un ascensor en el edificio, pero aún susceptible de recuperación. Obra del escultor Antonio Vaquero (1910-1974)



Imagen en la que se aprecia como la obra fue recortado para dar salida al nuevo núcleo de ascensores que se incorporó en una de las intervenciones posteriores a su construcción / Fuente: *arquitectura.va*

13: Bajorrelieve “La Victoria Sindical”

Bajorrelieve situado en el zaguán del edificio de Sindicatos.

El edificio, con la ficha DST_011, no hace ninguna mención a este bajorrelieve

Se encuentra en buen estado, pero semioculto tras unos carteles.

Obra del escultor Antonio Vaquero (1910-1974)



Imagen del bajorrelieve “La Victoria Sindical” / Fuente: *arquitectura.va*

Las condiciones específicas de actuación pasan por la reconstrucción del Bajorrelieve de los Oficios si hubiera documentación suficiente, quedando en todo caso protegido integralmente lo existente y por la recuperación de la visión original del Bajorrelieve de la Victoria Sindical eliminando los carteles que lo ocultan.

5.2 ESTADO ACTUAL

Es necesario comenzar por un análisis de cómo se encuentra actualmente el edificio y así conocer las características de su construcción y dónde puede presentar posibilidades de intervención.

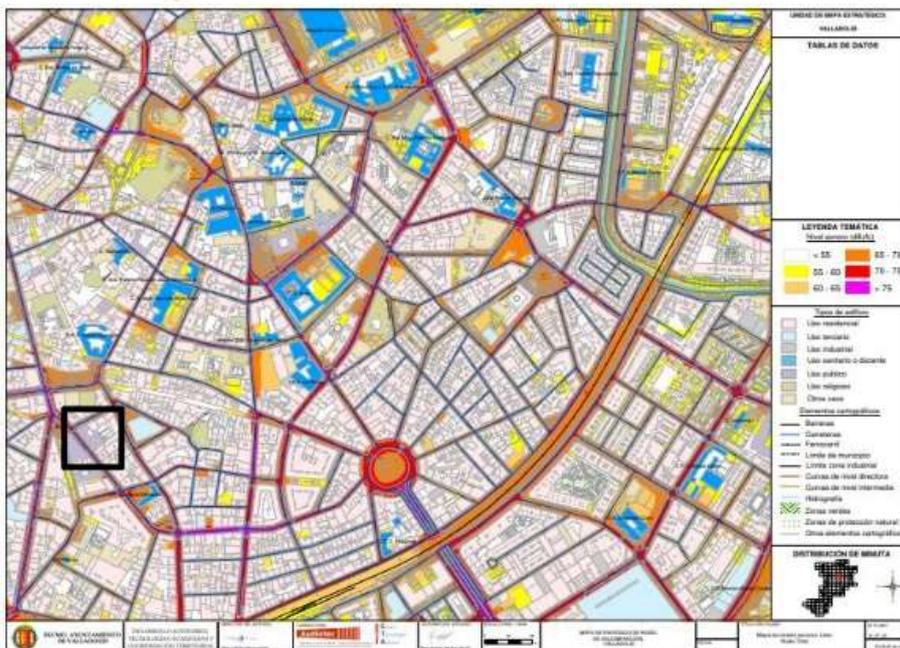


Situación del edificio en Plaza Madrid 4, esquina de C/Divina Pastora y C/ Dos de Mayo. Edificio singular
 Superficie gráfica: 1556 m²
 Superficie construida: 6974 m²
 Fuente: sede electrónica del catastro, agosto 2020



Según lo establecido en el CTE, la zona climática del edificio, ubicado en Valladolid capital es la D2 (704 m de altura de referencia).
 Fuente: cteplus.es

Mapa de ruido del sector en el que se encuentra el edificio, en el centro de la ciudad
 Fuente: sicaweb.cedex.es



Las dos calles de las fachadas tienen niveles de ruido muy altos, por su ubicación en el centro de la ciudad. La calle dos de Mayo, tiene un nivel sonoro de 70-75 dB(A).

Memoria constructiva

El edificio que nos encontramos actualmente no es igual al que proyectó el arquitecto en 1959 pues ha sido objeto de distintas intervenciones, algunas no muy afortunadas. Los datos que conocemos del edificio han sido extraídos de la información proporcionada por el Archivo Municipal de Valladolid, que se adjunta en el Anexo 1.

Cimentación y estructura aérea: la estructura del edificio es de hormigón armado.

En cuanto a la cimentación, utiliza un sistema de zapatas aisladas de hormigón y muros de contención perimetrales de hormigón armado. Los muros del semisótano son de hormigón armado hidrofugado de 40 cm que se prolongan hasta el zócalo.

Los pilares son todos de hormigón armado, de 30x30 cm y 40x40 cm los interiores y de 55x35 cm los perimetrales de las fachadas que dan tanto a la calle como al patio interior.

Los forjados son unidireccionales de vigueta y bovedilla con un canto de 30 cm (26+4). Las vigas son de canto en el ala norte y planas en el ala sur. En cuanto a la estructura del salón de actos, se compone de una losa inclinada (para dar la pendiente del patio de butacas) que apoya en vigas de canto. Las escaleras también son de hormigón armado.

Cerramiento: dentro del cerramiento opaco distinguimos 4 tipologías de fachada:

- Fachada tipo 1: se compone de interior a exterior, con fábrica de ladrillo hueco doble con enfoscado de yeso, aislamiento a base de fibra de vidrio de 6 cm, cámara de aire de 4 cm y fábrica de ladrillo perforado. Las zonas acristaladas tienen un revestimiento con chapa de piedra caliza a la martinilla en pilares y líneas de imposta, con revoco de piedra caliza en gris más oscuro en los antepechos de los huecos exteriores, semisótano y planta baja.
- Fachada tipo 2: la fachada del zócalo se compone del muro de hormigón perimetral que sube desde el sótano con un revestimiento exterior de placas de piedra de color gris recibidas con mortero.
- Fachada tipo 3: se trata de las fachadas opacas de ladrillo que dan tanto al patio interior como a la calle. Su composición es muy similar a la fachada tipo 1, de interior a exterior: fábrica de ladrillo hueco doble con enfoscado de yeso, aislamiento a base de fibra de vidrio de 6 cm, cámara de aire de 4 cm y fábrica de ladrillo cara vista aparejado a tizón y sogá.
- Fachada tipo 4: fachadas acristaladas de los núcleos de comunicación compuestas por un plano continuo de vidrio doble impreso acanalado traslúcido.

La cubierta original de los dos bloques principales era plana transitable e impermeabilizada, aislada con fibra de vidrio y revestida con Agdal. En una de las intervenciones realizadas en el edificio se ejecutó una nueva cubierta sobre la existente colocando una estructura metálica de perfiles laminados IPN para la formación de pendiente sobre la que apoyan paneles de chapa galvanizada lacada sin solape con las oportunas piezas especiales del mismo material y canalones que continúan hasta la

albardilla y se solapan bajo los paneles. Tiene, al igual que las fachadas, aislamiento fibra de vidrio.

La cubierta original del salón de actos era de fibrocemento sobre estructura metálica. La actual está realizada a base de una estructura metálica de cerchas con perfiles IPE sobre la que se apoya la chapa grecada que realiza la evacuación del agua. No está ni correctamente ejecutada ni impermeabilizada, por lo que en la actualidad sufre problemas graves en su interior debido a las filtraciones de agua. La cubierta del zócalo de planta baja es plana y no transitable.

En cuanto al cerramiento acristalado, en el zócalo se aprecian las ventanas de la planta semisótano y la planta baja, con unas dimensiones de 3,4 x 1,3 m y 3,4 x 2 m respectivamente. Las ventanas de las plantas superiores establecen un ritmo continuo en las fachadas repitiéndose de 3 en 3 en la cuadrícula que forman las líneas de imposta y los pilares. Sus dimensiones son de 1x2.25 m.

Se trata de carpinterías metálicas simples, excepto en la fachada norte que son dobles. Todas estas carpinterías cuentan con hojas fijas y una abatible.

Acabados y compartimentación interior: la tabiquería era de ladrillo hueco doble doble con acabado de yeso en ambas caras. En los zócalos de los pasillos se dio un revoco, en los de los aseos azulejos y en el resto de espacios pintura de distintos colores. En una de las reformas posteriores se sustituyeron por tabiques convencionales no portantes de PYL con acabado de pintura en color blanco.

El pavimento es hidráulico o de terrazo con las siguientes excepciones: los despachos principales tienen parquet, piedra caliza en el vestíbulo principal y las mesetas de las escaleras y hormigón asfáltico en el patio interior.

Respecto a los techos, los falsos techos son de placas de escayola con acabado en color blanco, con molduras en algunos despachos. En las zonas comunes de oficinas hay falsos techos registrables.

Es necesario señalar que el Edificio de Sindicatos que se va a considerar en este caso práctico excluye el salón de actos del patio interior. Como este espacio no se utiliza actualmente y está en unas condiciones muy avanzadas de deterioro y carece de sistema aislante, no se va a considerar como parte del edificio en el cálculo del valor k (coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio). Las superficies que comparten el salón de actos y el edificio serán consideradas como medianeras.

Análisis transmitancia térmica cerramientos

Lo primero es conocer las exigencias que la última actualización del CTE impone a los distintos cerramientos del edificio y ver si el Edificio de Sindicatos los cumple o no.

Nos interesan principalmente dos parámetros: la transmitancia térmica U de cada cerramiento y la transmitancia térmica K global del edificio.

Transmitancia térmica U de cada cerramiento U

La transmitancia térmica U (W/m²K) de un cerramiento mide la cantidad de calor que fluye a través y se obtiene como el inverso del sumatorio de las resistencias térmicas de las distintas capas del cerramiento y las resistencias superficiales de sus paramentos.

Tabla 3.1.1.a: valores límite de transmitancia térmica para cerramientos (W/m²K)

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U _S , U _M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U _C)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U _T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U _{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U _H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	5,7					

*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_H en un 50%.

Anejo E: valores de transmitancia térmica recomendada para el predimensionado de soluciones constructivas de cerramientos (W/m²K)

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento, U [W/m² K]

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U _M , U _S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U _C	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19
Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, U _T	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U _H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

A continuación, estudiaremos si los cerramientos actuales del edificio cumplen los valores individuales y el valor global exigido por el CTE DB HE.

En el programa Excel se han calculado las transmitancias térmicas de los principales cerramientos siguiendo del Documento de Apoyo del CTE DB HE para el Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Transmitancias térmicas (W/m ² K)	Actual	Valores tablas CTE DB HE	
		Límite	Recomendado
Fachada principal (tipo 1)	0,45	0,41	0,27
Fachada ciega ladrillo (tipo 3)	0,46	0,41	0,27
Fachada tipo 4	2,80	1,80	1,60
Cubierta plana edificio	0,43	0,35	0,22
Cubierta inclinada salón de actos	0,83	0,35	0,22
Cubierta plana zócalo	0,43	0,35	0,22
Suelo semisótano	0,27	0,65	0,48
Muro sótano (fachada tipo 2)	0,94	0,65	0,48
Huecos*	3,88	1,80	1,60
Medianeras	1,37	0,65	0,48

El valor de transmitancia actual de huecos* se expresa como la media de las distintas transmitancias térmicas que tienen las superficies acristaladas de la envolvente.

Como se puede observar en la tabla, ninguno de los principales cerramientos del edificio cumple las exigencias mínimas del CTE DB HE y menos las recomendaciones.

Los valores de la tabla del Anejo ·E son aún menores que los valores límite de la tabla 3.1.1.a puesto que son los que se recomienda para proyectar y conseguir una envolvente térmica convenientemente aislada del exterior. Por tanto, será esta tabla más restrictiva la que se tomará de referencia para las nuevas transmitancias térmicas de los cerramientos intervenidos, para no conseguir solo el valor límite exigido sino ir más allá en la reducción de las pérdidas térmicas globales.

Transmitancia térmica global de la envolvente K

Si bien el valor U de la transmitancia térmica del cerramiento indica las pérdidas térmicas superficiales del mismo, con el valor del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio K (W/m²K) se conoce el comportamiento térmico global de todo el edificio, ya que considera el comportamiento térmico de cada uno de los cerramientos que componen la envolvente y el comportamiento de los distintos puentes térmicos según su longitud.

Se calcula como la media ponderada de la transmitancia térmica de los distintos cerramientos relacionándolos con la superficie total de la envolvente del edificio.

El CTE DB HE establece el valor límite de K que debe cumplir un edificio en función de su uso y su compactidad C, parámetro que relaciona la superficie de la envolvente (m²) con el volumen que encierra en su interior (m³).

Tabla 3.1.1.c - HE1 Valor límite Klim [W/m²K] para uso distinto del residencial privado.

Tabla 3.1.1.c - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para uso distinto del residencial privado

	Compacidad V/A [m ³ /m ²]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos. Ampliaciones. Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	V/A ≤ 1	0,96	0,81	0,76	0,65	0,54	0,43
	V/A ≥ 4	1,12	0,98	0,92	0,82	0,70	0,59

En nuestro caso la compactidad del edificio es de 3,45 y su uso es distinto al residencial privado por lo que, por interpolación, se obtiene que el K es el valor límite que debe cumplir la envolvente del edificio es de **K = 0,66 W/m²K**.

El valor actual del coeficiente K es muy superior al exigido.

Superficie total	6239,00 m ²
Volumen total	21525,51 m ³

Pérdidas térmicas cerramientos	8381,66 W/K
Pérdidas térmicas puentes térmicos	4128,69 W/K
total	12510,35 W/K

Valor K actual	2,01 W/m²K
Valor K límite	0,66 W/m ² K

5.3 INTERVENCIÓN

Como se ha visto en el apartado anterior, ni las transmitancias térmicas de los cerramientos del edificio cumplen los valores mínimos exigidos por normativa ni el coeficiente K es inferior al valor límite. Por lo tanto, es necesaria una rehabilitación energética de la envolvente del Edificio de Sindicatos de Valladolid para reducir estos dos parámetros hasta que cumplan los valores que figuran en el CTE.³⁷

Siguiendo la línea de este trabajo, es necesario abordar la intervención desde los aspectos de **rehabilitación energética y conservación**:

1. El DoCoMoMo cataloga el Edificio de Sindicatos en la categoría de equipamientos modernos. Al contrario que otros edificios de este tipo que se encuentran en desuso o estado de relativo deterioro o abandono, el Edificio de sindicato es actualmente la Sede de la Federación Vallisoletana de Empresarios, UGT y CC OO, por lo que tiene un uso y se encuentra ocupado como edificio público durante todo el año.

La rehabilitación energética no va a servir, como en otros casos, para que el edificio pueda ser ocupado porque ya lo está, pero sí es necesario reducir las pérdidas térmicas de la envolvente para reducir la demanda energética del edificio derivada de su climatización.

Mediante una intervención pasiva en sus sistemas de cerramiento opacos y acristalados y la reducción o supresión de sus puentes térmicos principales se disminuirán sus elevadas transmitancias térmicas, consiguiendo un edificio más eficiente energéticamente.

2. El reconocimiento del edificio en el DoCoMoMo Ibérico y la protección que se le otorga en el PGOU de Valladolid reflejan que no estamos antes un edificio corriente. Aunque la motivación sostenible de esta rehabilitación energética es evidente, no debemos olvidar el respeto patrimonial y arquitectónico que merece este edificio. Sus valores estéticos principales son la macla de volúmenes y la composición de sus fachadas: el zócalo con revestimiento pétreo, las fachadas con una marcada retícula de pilares y líneas de imposta revestidas que enmarcan los huecos en grupos de 3 y que contrastan con las fachadas laterales opacas de ladrillo con aparejo flamenco.

El PGOU tan solo prohíbe unas intervenciones muy invasivas en el edificio como pueden ser la adición, demolición o sustitución; sin embargo, no establece nada sobre la alteración de su imagen y materialidad originales, dejando este aspecto a elección del responsable de la intervención.

³⁷ A mayores, la intervención servirá para mejorar el aislamiento acústico del edificio, aunque este no es su propósito principal.

Aunque el edificio no cuenta con un grado de protección lo suficientemente estricto, se tendrá en cuenta el valor arquitectónico del mismo y se buscará la mejora de la eficiencia energética del mismo sin alterar su estética y características originales.

De no tener esto en cuenta, el daño presencial del edificio sería seguramente irreversible³⁸ y la solución final no sería acorde con el estilo de edificios del entorno en el que se ubica, en pleno centro de la ciudad de Valladolid.

Los edificios de su entorno tienen mucho más que ver con el estilo del edificio de sindicatos original que si estuviera, por ejemplo, revestido por algún sistema SATE o fachada ventilada, que solo conseguiría disfrazar el edificio ocultando su verdadera materialidad e identidad y llamar la atención negativamente respecto a los demás edificios de Plaza Madrid.

Esto se traduce en una serie de consideraciones sobre la intervención pasiva de los cerramientos:

- En el cerramiento opaco, fundamentalmente en la fachada, el pertinente refuerzo de su aislamiento térmico no podrá ser por el exterior pues modificaría sustancialmente su apariencia. Por ello, la intervención se realizará en el interior del sistema de cerramiento del edificio, aunque esto suponga una reducción del espacio útil interior.
- En el caso de la cubierta se puede actuar con más libertad ya que su presencia no es tan importante como la de las fachadas. Cabe señalar que, el sistema de cubierta inclinada actual de los bloques en altura es fruto de una intervención que se realizó posteriormente en el edificio ya que la cubierta original era plana. Se considerará la vuelta a esta cubierta plana en relación a la que se proyectó originalmente.
- En el cerramiento acristalado, si se interviene sustituyendo las carpinterías, estas deberán ser lo más visualmente parecidas a las originales tanto en dimensiones, como color y materialidad.

Si en este caso práctico se hubiera propuesto la intervención en un edificio común que no tuviera protección ni reconocimiento de ningún tipo, se podrían haber tomado otro tipo de soluciones constructivas más comunes que seguramente no hubieran sido tan consideradas con el edificio, sin la necesidad de buscar el equilibrio entre eficiencia y conservación.

Esta propuesta de rehabilitación energética pretende servir en cierto modo como ejemplo de reducción de la huella ecológica en edificios antiguos y de cómo se puede intervenir en ellos sin alterar su estética original, estén o no protegidos.

³⁸ El daño producido en el edificio variaría según la magnitud de la alteración: no es lo mismo cambiar las carpinterías de color que revestir todas las fachadas dándoles un nuevo acabado.

Procedimiento de análisis y propuesta

Las intervenciones que se van a proponer para cada uno de los sistemas de cerramiento seguirán esta secuencia de análisis y obtención de resultados:

- Sistema de envolvente en el que se interviene: cerramiento opaco o acristalado.
- Caracterización del cerramiento en concreto sobre el que se interviene:
 - Explicación de su estado actual y la necesidad de intervenir
- Solución propuesta
 - Explicación de la intervención
 - Detalles constructivos: estado actual y rehabilitado
 - Caracterización de la solución aislante utilizada
- Parámetros de transmitancias térmicas
 - Valores del CTE ³⁹ para ese cerramiento
 - Valores antes y después de la rehabilitación
 - Comparación y resultado obtenido

³⁹ Valores exigidos en la tabla 3.1.1.a y recomendados en el anejo E

A. REHABILITACIÓN ENVOLVENTE OPACA

Los cerramientos opacos del edificio siempre son los que mayor superficie suponen dentro de la envolvente y son responsables de pérdidas térmicas elevadas.

La rehabilitación energética de estos cerramientos opacos pasará por la incorporación o el refuerzo del sistema aislante, incorporando en cada caso la solución más adecuada al cerramiento.

Para saber cómo intervenir, conviene primero conocer el sistema de aislamiento actual. El aislamiento que se utilizó en la envolvente del proyecto original se componía de paneles de fibra de vidrio de tipo vitrofib:

- En las fachadas que se encuentran aisladas con este material se empleaban paneles de 6 cm de espesor en la cámara de aire 10 cm que hay entre las dos hojas.
- En la cubierta transitable original también se utilizaron paneles de este material para su aislamiento que se mantuvo en la intervención posterior en la que se realizó la sobrecubierta inclinada.
- En la cubierta inclinada del salón de actos y en el cerramiento en contacto con el terreno no se usó aislante.



Hay que tener en cuenta que este material aislante se incorporó al edificio que data del 1960, por lo que sus características son distintas a las de los materiales aislantes que se emplean en la actualidad, 60 años después.

Si no existe un motivo específico, se mantendrá este aislamiento.

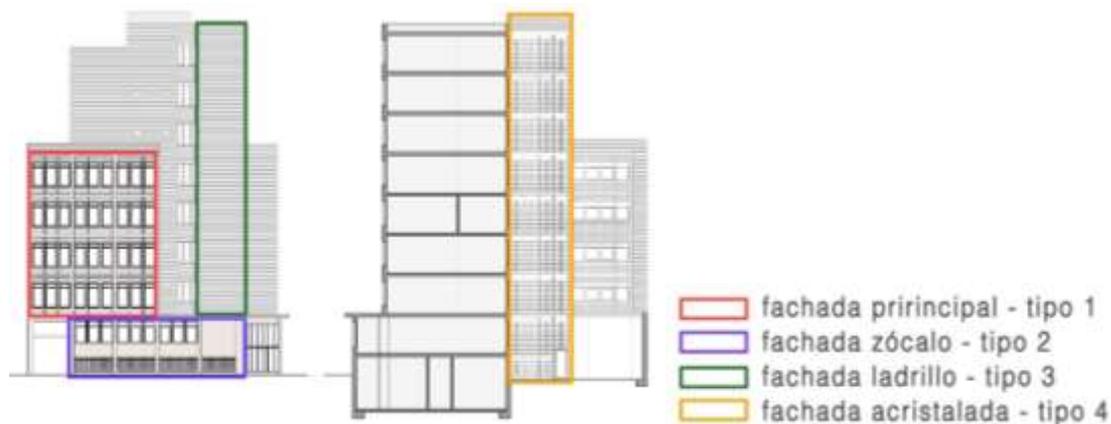
Características de paneles de vitrofib convencionales de 1974 / Fuente: *Los productos en la construcción, ISOVER aislamiento térmico y acústico: el nuevo Vitrofib*

5.3.a.1 Rehabilitación fachadas

Las fachadas siempre son puntos importantes de pérdidas térmicas y se asocian fácilmente a problemas de puentes térmicos o condensaciones. La superficie de la fachada es muy elevada por lo que su intervención colaborará significativamente en la reducción del valor k del total de cerramientos.

En este caso, las fachadas son parte importante del valor arquitectónico del edificio, por lo que se intervendrá según los ya mencionados criterios de respeto.

La envolvente tiene distintos tipos de fachadas; en el cálculo de K se han contabilizado un total de 4, en este apartado se explicará la intervención en 3 de ellas (la fachada del zócalo tipo 2 es el muro de sótano y se verá en el apartado de cerramientos en contacto con el terreno).



Rehabilitación fachada principal - tipo 1

Las fachadas de esta tipología dan tanto a las calles principales como al patio interior y tienen las 4 orientaciones del edificio (SO, NO, NE y SE). En ellas es muy importante su composición a partir de la cuadrícula de líneas de imposta y pilares y el ritmo de las ventanas en grupos de 3. Tiene un alto porcentaje de cerramiento acristalado.

Solución: refuerzo sistema aislante del cerramiento por el interior

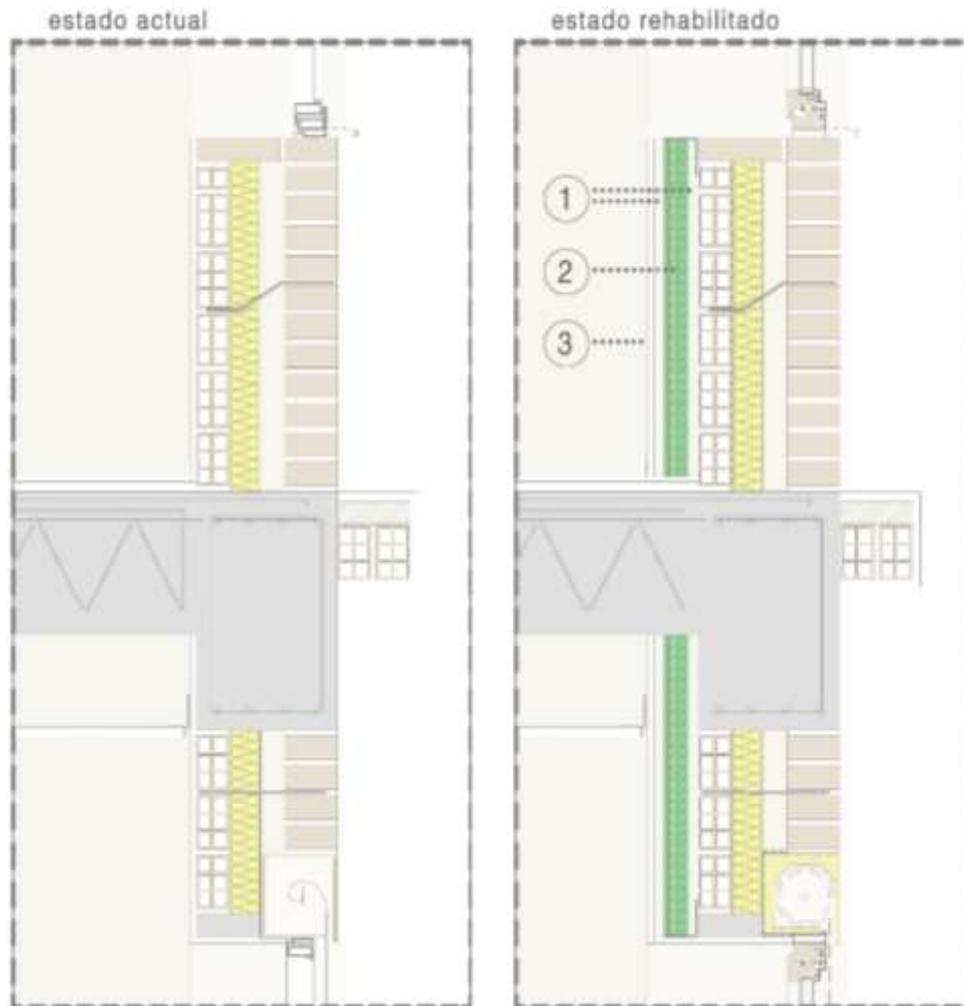


La propuesta de rehabilitación de la fachada principal pasa por un refuerzo de su sistema aislante, mediante un trasdosado interior de aislante reflexivo. Este aislante reflexivo se coloca entre dos cámaras de aire de 2 cm con un acabado de doble PYL de 15 mm.

Una instalación sin fallos es fundamental para que el sistema aislante funcione correctamente.

Se ha optado por intervenir en el interior del cerramiento por la importancia de su cara exterior en la composición de la fachada.

Con esta solución se incrementará enormemente el aislamiento térmico de la fachada, aunque se reduzca el espacio útil interior.



1. Cámara aire no ventilada (2 cm) 2. Aislante reflexivo (5 cm) 3. PYL (1,5 cm)

Caracterización del material aislante

Para la intervención sobre esta fachada se podría haber escogido otro sistema de aislamiento interior trasdosado, pero se ha optado por el aislamiento reflexivo, para poder emplear un material aislante más novedoso y comprobar los valores reales de su capacidad aislante.

Dentro de los super-aislantes que se han tratado, es este el que presenta unas condiciones más aptas para ser utilizado en este caso práctico.⁴⁰ En comparación con los otros materiales aislantes, el reflexivo tiene mejores prestaciones y características para su empleo en este edificio, su uso está más extendido y existen ya productos comercializados de este tipo de aislamiento, con soluciones probadas y precios y valores conocidos.

⁴⁰ El aerogel es un material demasiado reciente y su uso en edificación, además de muy caro, aún no es viable hasta que no se comercialicen productos con mejores propiedades mecánicas. Otros materiales tienen un enfoque más relacionado con la inercia térmica, y su eficacia a la hora de aislar se vale de esta propiedad y no tanto de la transmitancia térmica.

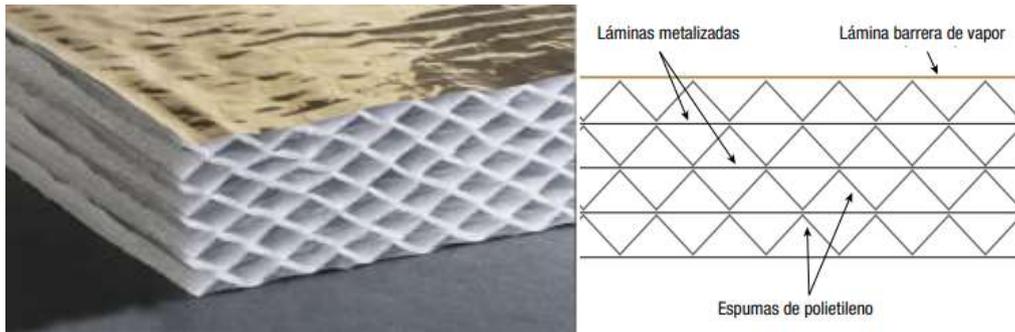


Imagen y dibujo de la estructura interior del aislante reflexivo

Fuente: *aislamiento-actis.com*

Este aislante reflexivo está compuesto por una estructura alveolar en “nido de abeja” formada a partir de distintas capas de espumas de polietileno de células cerradas adheridas a unas láminas metalizadas de muy baja emisividad. Esta estructura alveolar es la que permite obtener un excelente coeficiente de conductividad λ .

- Solución totalmente estanca con barrera de vapor incorporada que funciona también como lámina de baja emisividad.
- Resistencia al fuego EN 13501-1

El empleo de estos aislantes reporta dos beneficios directos en cuanto a aislamiento: en verano refleja el calor del exterior hacia fuera impidiendo que entre, mientras que en invierno refleja el calor que se genera en el interior evitando que escape. Su capacidad de reflejar dicho calor puede llegar hasta el 95%.

Los aislantes reflexivos son especialmente efectivos contra la transferencia de calor por radiación; la manera de mejorar aún más la capacidad aislante de este sistema, es instalarlo entre dos cámaras de aire estanco, de un espesor mínimo de 2 cm⁴¹, ya que así aporta una resistencia térmica adicional y se reduce aún más la transmisión de calor por conducción y convección.

Con todo ello, los aislantes reflexivos consiguen que la transmisión de calor sea muy lenta, sobre todo en los sistemas multicapa, puesto que el calor ha de cambiar su medio de transmisión en cada capa del aislante.⁴²

⁴¹ Es importante que el aislante se coloque perfectamente rígido para garantizar el espesor de la cámara de aire.

⁴² En un aislante reflexivo de 5 capas, donde 3 son de aluminio y 2 de algún material hueco con burbujas, el calor cambia la forma de transmisión en cada una de ellas (si el medio es sólido (aluminio) por conducción y si es líquido o gaseoso (aire) por convección). Con cámaras de aire, el calor tendría que cambiar otras 2 veces más su modo de transmisión.



Imagen de la instalación de paneles reflexivos de aislamiento en fachada y cubierta inclinada / Fuente: *certificadosenergeticos.com*

TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN CTE PARA FACHADAS:

- Valor límite Tabla 3.1.1.a (HE1): $U_m = 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor orientativo Anejo E (HE): $U_m = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia cerramiento fachada principal: estado inicial

	e	λ	R	U
Fachada principal actual	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K/W}$	$\text{W/m}^2\text{K}$
Rsi			0,13	
Enlucido yeso	0,01	0,57	0,02	
Ladrillo hueco doble	0,07	0,469	0,15	
Aislamiento fibra vidrio	0,06	0,04	1,50	
Cámara aire no ventilada	0,04		0,15	
Ladrillo perforado	0,11	0,61	0,18	
Revestimiento piedra	0,02	0,3	0,07	
Rse			0,04	
total	0,31		2,23	0,45

Transmitancia cerramiento fachada principal: estado rehabilitado

	e	λ	R	U
Fachada principal rehabilitada	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K/W}$	$\text{W/m}^2\text{K}$
Rsi			0,13	
PYL	0,03	0,25	0,12	
Cámara aire no ventilada	0,02			
Aislante reflexivo *	0,045		4,05	
Cámara aire no ventilada	0,02			
Ladrillo hueco doble	0,07	0,469	0,15	
Aislamiento fibra vidrio	0,06	0,04	1,50	
Cámara aire no ventilada	0,04		0,15	
Ladrillo perforado	0,11	0,61	0,18	
Revestimiento piedra	0,02	0,3	0,07	
Rse			0,04	
total	0,415		6,39	0,16

*Se ha incluido en el valor de R del aislante reflexivo el total que forma con las dos cámaras de aire.

Con la propuesta de rehabilitación de la fachada principal se ha conseguido una reducción de la transmitancia térmica total del cerramiento de un **64,4%**.

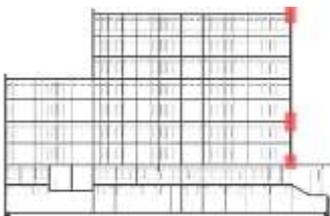
El nuevo valor de transmitancia térmica de la fachada cumple el valor límite exigido por el CTE DB HE 1 y también está por debajo del recomendado en el Anejo E.

Existe el inconveniente de que, al escoger aislar por el interior, se pierde superficie útil interior: el cerramiento pasa de tener 31 cm de ancho a 41,50 cm.

Rehabilitación fachada ladrillo - tipo 3

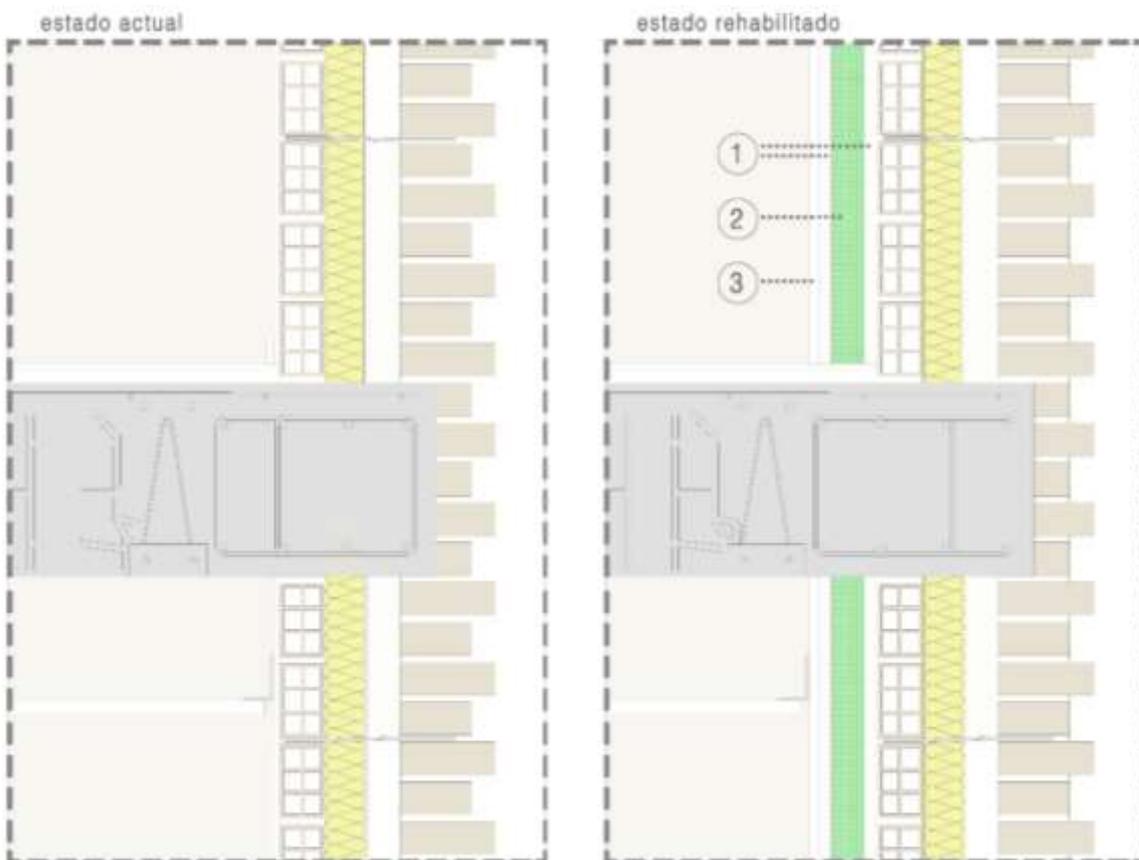
Esta es otra de las fachadas características de la imagen del Edificio de Sindicatos por su imagen de paramento continuo de ladrillo; estas fachadas dan a las dos calles principales. Esta fachada tiene un característico aparejo flamenco en su LCV exterior.

Solución: refuerzo sistema aislante del cerramiento por el interior



La propuesta es igual que en la fachada tipo 1: trasdosado interior de aislante reflexivo colocado entre dos cámaras de aire de 2 cm con acabado de doble PYL de 15 mm.

Con esta solución se incrementa el aislamiento térmico de la fachada, aunque se reduzca el espacio útil interior.



1. Cámara aire no ventilada (2 cm) 2. Aislante reflexivo (5 cm) 3. PYL (1,5 cm)

TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN CTE PARA FACHADAS:

- Valor límite Tabla 3.1.1.a (HE1): $U_m = 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor orientativo Anejo E (HE): $U_m = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia cerramiento fachada tipo 3: estado inicial

	e	λ	R	U
Fachada tipo 3 actual	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K/W}$	$\text{W/m}^2\text{K}$
Rsi			0,13	
Enlucido yeso	0,01	0,57	0,02	
Ladrillo hueco doble	0,07	0,469	0,15	
Aislamiento fibra vidrio	0,06	0,04	1,50	
Cámara aire no ventilada	0,04		0,15	
Ladrillo perforado	0,11	0,61	0,18	
Rse			0,04	
total	0,29		2,17	0,46

Transmitancia cerramiento fachada tipo 3: estado rehabilitado

	e	λ	R	U
Fachada tipo 3 rehabilitada	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K/W}$	$\text{W/m}^2\text{K}$
Rsi			0,13	
PYL	0,03	0,25	0,12	
Cámara aire no ventilada	0,02			
Aislante reflexivo *	0,045		4,05	
Cámara aire no ventilada	0,02			
Ladrillo hueco doble	0,07	0,469	0,15	
Aislamiento fibra vidrio	0,06	0,04	1,50	
Cámara aire no ventilada	0,04		0,15	
Ladrillo perforado	0,11	0,61	0,18	
Rse			0,04	
total	0,395		6,32	0,16

*Se ha incluido en el valor de R del aislante reflexivo el total que forma con las dos cámaras de aire.

Con la propuesta de rehabilitación de la fachada tipo 3 se ha conseguido una reducción de la transmitancia térmica total del cerramiento del **65%**.

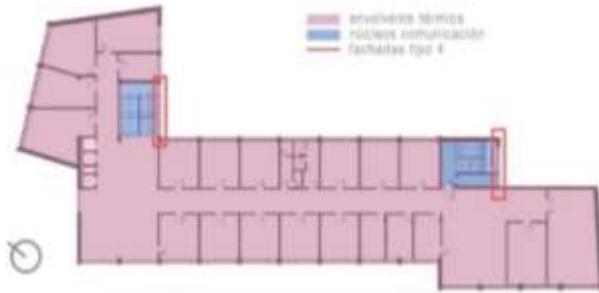
El nuevo valor de transmitancia térmica de la fachada cumple el valor límite exigido por el CTE DB HE 1 y también está por debajo del recomendado en el Anejo E.

Aun así, al escoger aislar por el interior se pierde superficie útil interior: en este caso el cerramiento pasa de tener 29 cm de ancho a 39,5 cm.

Rehabilitación fachada vidrio acanalado - tipo 4

Una de las pérdidas térmicas más importantes que se dan en la envolvente es a través del cerramiento de los núcleos de escaleras o fachada tipo 4.

En el proyecto original estos núcleos de escaleras no pertenecían a la envolvente térmica del edificio por lo que no se consideraron como un recinto que se tuviera que aislar. No obstante, estos núcleos de escaleras, al no encontrarse independizados del espacio interior calefactado por algún otro tipo de cerramiento, están en contacto directo con el interior del resto del edificio formando como es lógico parte de la envolvente real del mismo afectando de manera importante a su climatización.



Están compuestas por paramentos verticales acristalados con ventanas de doble vidrio acanalado inserto en obsoletas carpinterías de madera, en mal estado, con acabado en blanco, que carecen de los sistemas habituales de las carpinterías hoy en día.

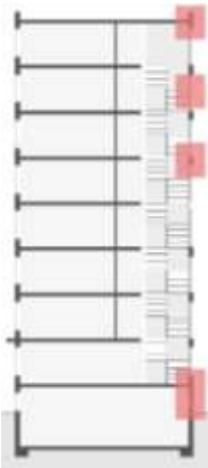
En planta: recinto considerado como calefactado según el proyecto original y ubicación de núcleos de escaleras y fachadas tipo 4. Existe un tercer paramento de este tipo, interior, pero del que también proponemos su sustitución con la misma solución.

Debido a las carencias de aislamiento térmico en estas zonas, las pérdidas energéticas son muy elevadas; se podría considerar que la fachada es un puente térmico en su totalidad. Además, debido a su orientación SE son fachadas expuestas a una considerable cantidad de luz solar y por tanto de calor.



Imágenes de la fachada tipo 4 en el núcleo de escaleras más próximo a la entrada y del vidrio acanalado y la carpintería más de cerca. Se puede apreciar también el estado de suciedad y deterioro del acristalamiento / Fuente: *arquitecturava.es* y *autora*

Solución: sustitución de la fachada por otra con similares características



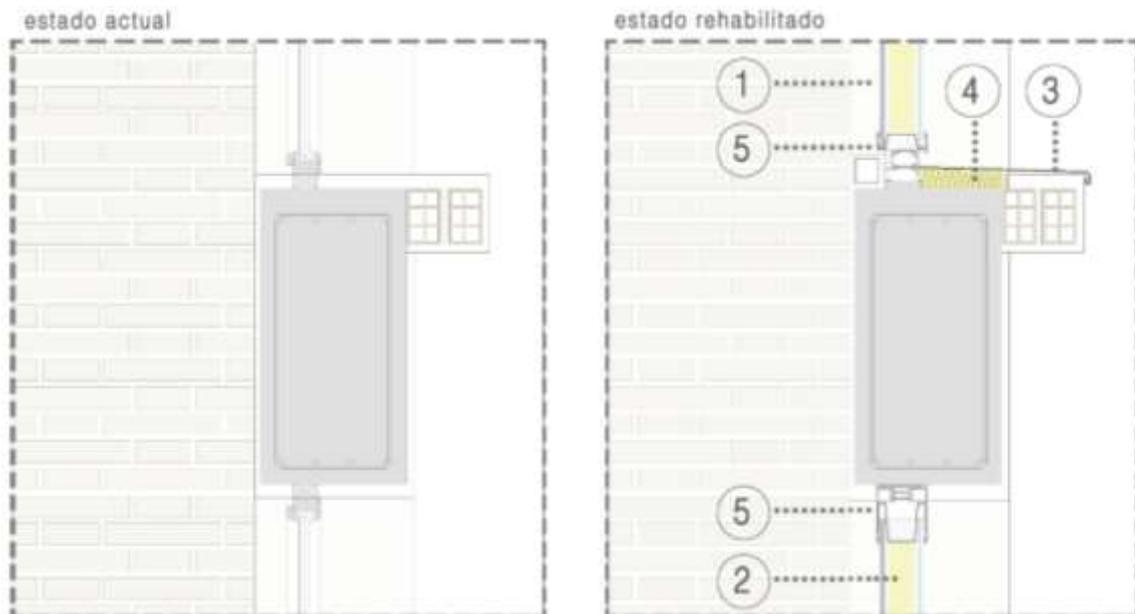
Se propone la intervención en estas fachadas mediante su completa sustitución por otras a base de U-Glass, de similar morfología y características de la actual con el objetivo de aumentar considerablemente su aislamiento térmico y que los núcleos de escaleras pasen a formar parte de la envolvente climatizada del edificio.

La sustitución de estas fachadas sí que tendrá cierto cambio estético, pero este se considera mínimo ya que la nueva fachada es visualmente muy parecida a la actual y las fachadas sobre las que se interviene son secundarias y dan al patio interior, no a las calles principales, por lo que tampoco son especialmente representativas del edificio.

Esta nueva fachada de U-Glass se apoya en el muro de sótano que emerge del semisótano a cota del patio interior, se apoya en las vigas de canto de la fachada y pasa por delante de las escaleras y el canto de las losas de los descansillos.

El aislamiento se reforzará aún más con la colocación de una capa de aislante térmico difusor en la cámara interior del U-Glass.

La instalación del sistema se completa con perfiles metálicos longitudinales en arranque y coronación para una correcta fijación y estanqueidad, incorporando una banda elástica para la posible dilatación del cerramiento.

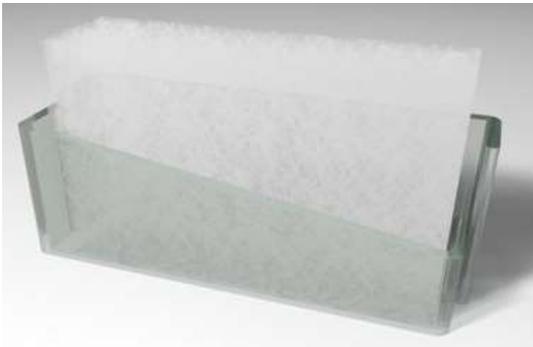
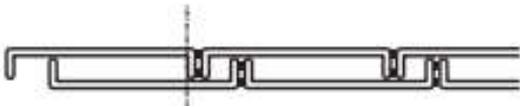


- 1. Cerramiento doble de U-Glass
- 2. Aislante térmico difusor traslúcido
- 3. Vierteaguas metálico
- 4. Refuerzo aislante
- 5. Perfil metálico de arranque y coronación

Caracterización del material aislante



• **En cámara:** El cerramiento doble es el resultado de la combinación de dos colocaciones en línea, invertidas y recubriéndose una sobre la otra. El más habitual contempla las juntas yuxtapuestas.



El nuevo sistema de acristalamiento se compone de un cerramiento doble (cámara) yuxtapuesto de vidrio U-Glass 262/41 baja emisividad-262/41. El conjunto asegura su estanqueidad mediante un sellado de silicona.

En la cámara de aire intermedia entre ambos vidrios se colocará una capa de aislante térmico difusor traslúcido específico para perfiles de vidrio en U. La incorporación de este aislamiento traslúcido consigue que la transmitancia térmica del conjunto pase de 1,8 W/m²K del sistema de vidrio U Glass bajo emisivo a 1,2 W/m²K con esta capa intermedia. Es traslúcido y proporciona luz homogénea por su bajo valor de factor solar.

Imágenes del sistema U-Glass empleado

Fuente: *corbalan.com* y *techtónica.archi*

En este caso, en la comparación de las transmitancias térmicas, es necesario hacer una matización: el cerramiento sobre el que se interviene es una fachada, pero realmente se podría considerar como un gran hueco ya que se compone de un paño continuo acristalado. En las tablas del CTE DB HE, existe una considerable diferencia entre los valores de transmitancia para fachadas y para huecos.

Las transmitancias térmicas para fachadas en la zona climática D son 0,41 W/m²K como valor límite y 0,27 W/m²K como valor recomendado. Sin embargo, estos valores se caracterizan para fachadas opacas, no para aquellas que son completamente acristaladas, por ello es más lógico centrarnos en los valores de huecos:

TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN CTE PARA HUECOS:

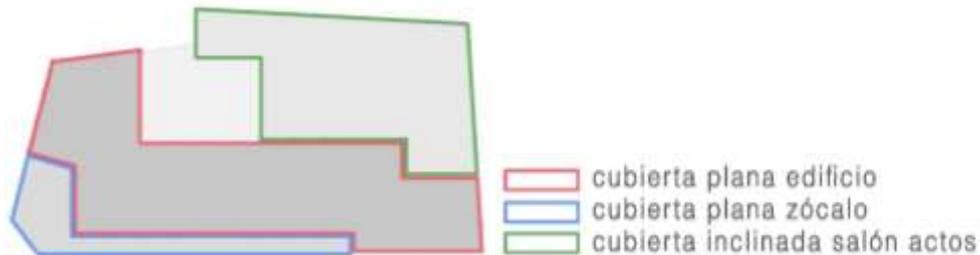
- Valor límite Tabla 3.1.1.a (HE1): $U_H = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor orientativo Anejo E (HE): $U_H = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Para la fachada inicial se ha considerado una transmitancia térmica $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ según su cerramiento a base de vidrio doble impreso acanalado.

Gracias a la sustitución de la fachada por U-Glass y sobre todo por el aislante térmico difusor traslúcido incorporado, el nuevo valor de transmitancia térmica es $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ lo que supone una reducción de la transmitancia del cerramiento del **57%**, cumpliendo los valores del CTE para huecos.

5.3.a.2 Rehabilitación cubiertas

La intervención en el sistema de cubiertas es otro punto importante de la rehabilitación energética pues son cerramientos que están muy expuestos a la intemperie y al soleamiento y que suelen presentar problemas de aislamiento y puentes térmicos. En nuestro caso, las cubiertas no cumplen las transmitancias térmicas exigidos en el CTE DB HE por lo que se intervendrá en las cubiertas planas del Edificio de Sindicatos y en la cubierta inclinada del salón de actos contiguo.



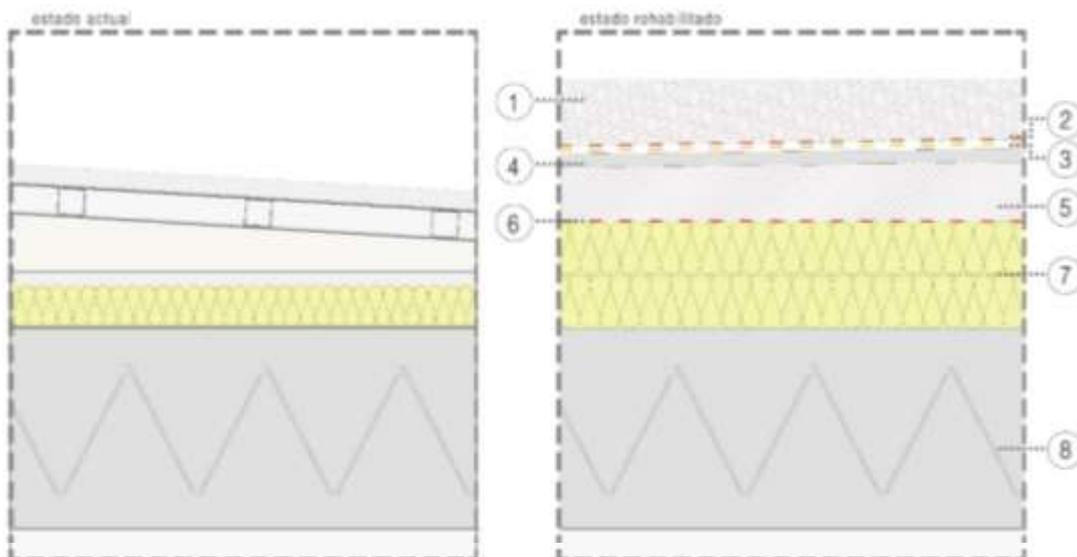
Rehabilitación cubierta plana

Se va a intervenir este cerramiento porque se encuentra muy expuesto y no cumple los valores exigidos contribuyendo sustancialmente a las pérdidas energéticas.

Solución: cambio de la cubierta inclinada a cubierta plana

La cubierta original del edificio era plana, aislada con una capa de vitrofib e impermeabilizada con Agdal. En una intervención posterior se realizó una sobrecubierta inclinada sobre la cubierta plana, manteniendo la capa aislante.

Se procederá a la retirada de la cubierta inclinada existente para ejecutar, sobre el forjado de hormigón armado de última planta, una solución de cubierta plana con acabado de grava, recuperando el sistema original.



1. Acabado de grava
2. Lámina geotextil
3. Lámina impermeable
4. Enfoscado fratasado
5. Formación pendiente
6. Lámina geotextil
7. Aislamiento placas XPS (8 cm+ 8 cm)
8. Forjado de hormigón armado

Caracterización del material aislante



Se ha escogido el aislamiento teniendo en cuenta, además de los valores de aislamiento térmico necesarios, que está bajo una capa de compresión de 8 cm y un acabado de grava por lo que necesita un valor elevado de resistencia a compresión (en este caso de hasta 500 kPa).

Producto a base planchas medias de aislamiento térmico de espuma de poliestireno extruido con espesor de 6 cm. Se utilizarán dos capas superpuestas para un mayor nivel de aislamiento. Espuma rígida aislante termoplástica para aislamiento térmico. Canto mecanizado para su solape.

Parámetro	Valor
Composición	Poliestireno: 96%-97% Nucleante: 0.5%-1% Colorante: no lleva Retardante de llama: 0-2.5%
Espesor	30-100 mm
Dimensiones	1.250 x 600 mm 2.600 x 600 mm*
Densidad	30-40 kg/m ³
Reacción al fuego	Euroclase E (UNE-EN 13501-1)
"Permeabilidad al vapor de agua. Transmisión de vapor de agua"	80 μ (UNE-EN 12086)
"Permeabilidad al agua. Absorción de agua a largo plazo"	≤ 0,7% (UNE-EN 12086)

Imagen y características técnicas del producto aislante escogido / Fuente: chova.com

TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN CTE PARA CUBIERTAS:

- Valor límite Tabla 3.1.1.a (HE1): $U_c = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor orientativo Anejo E (HE): $U_c = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia cerramiento cubierta tipo plana: estado inicial

	e	λ	R	U
Cubierta plana actual	m	W/mK	m ² K/W	W/m ² K
Rsi			0,10	
Enlucido yeso	0,01	0,57	0,02	
Forjado unidireccional hgón	0,3	0,94	0,32	
Aislamiento	0,06	0,033	1,82	
Rse			0,04	
total			2,29	0,44

Transmitancia cerramiento cubierta tipo planta: estado rehabilitado

	e	λ	R	U
Cubierta plana rehabilitada	m	W/mK	m ² K/W	W/m ² K
Rsi			0,10	
Enlucido yeso	0,01	0,57	0,02	
Forjado unidireccional hgón	0,30	0,94	0,32	
Aislamiento	0,16	0,03	4,92	
Mortero de pendiente	0,08	0,55	0,15	
Enfoscado fratasado	0,02	1,30	0,02	
Grava	0,06	2,00	0,03	
Rse			0,04	
total			5,59	0,18

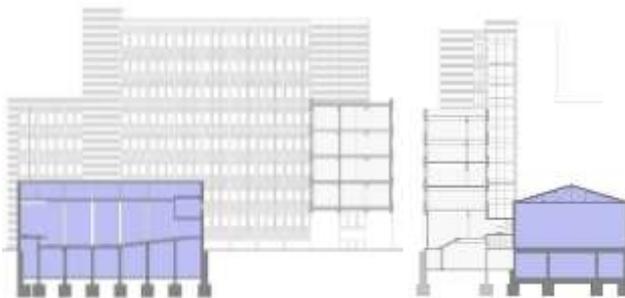
Con la propuesta de rehabilitación de la cubierta plana se ha conseguido una reducción de la transmitancia térmica total del cerramiento de un **59%**.

El nuevo valor de transmitancia térmica de la cubierta cumple el valor límite exigido por el CTE DB HE 1 y también está por debajo del recomendado en el Anejo E.

A mayores, se ha mejorado el aislamiento acústico y suprimido distintos puentes térmicos existentes asociados a la solución de cubierta inclinada anterior.

Rehabilitación cubierta inclinada del salón de actos

Pese a que el recinto del salón de actos no se ha incluido en los cálculos de compacidad y valor global K de transmitancia, se va a proponer también una solución de mejora de su sistema de aislamiento térmico.



Se compone de una estructura metálica de cerchas Pratt de perfiles tubulares de acero cada 3,8 m sobre las que descansa un sistema de correas IPE en las que se apoya la chapa grecada de evacuación al canalón metálico perimetral.

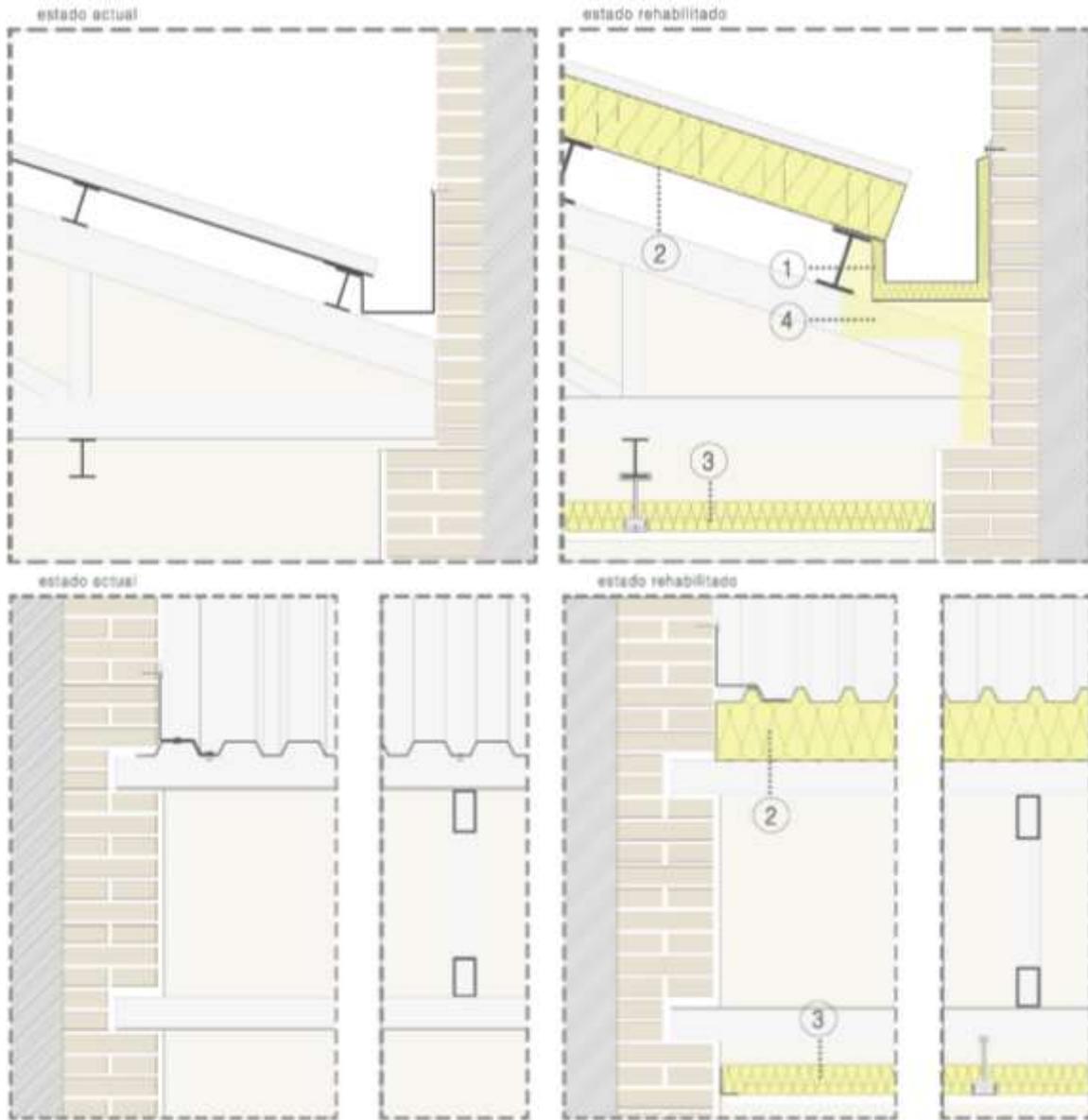
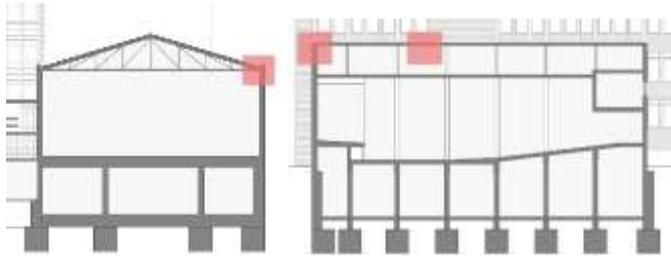
No tiene aislamiento ni falso techo.

El nivel de aislamiento térmico de la cubierta actual es mínimo y ni siquiera cumple la función de evacuación de agua correctamente pues al no estar impermeabilizada, las filtraciones de agua son continuas, provocando serios problemas en el interior de este espacio. La única capa que llega a hacer de cerramiento, según lo consultado en el proyecto, es el falso techo.

Solución: incorporación sistema aislante y sustitución del elemento de cobertura

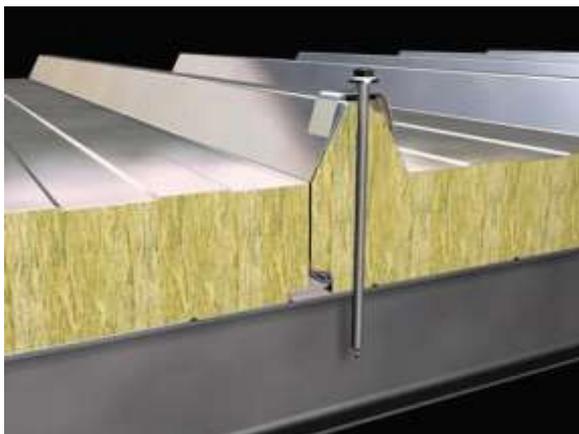
La solución que se propone pasa por retirar el sistema actual de evacuación de agua mediante la chapa metálica grecada y las correas sobre las que esta se apoya.

Posteriormente se va a aislar la cubierta mediante la colocación de un panel sandwich con aislamiento sobre una nueva familia de correas metálicas de perfiles IPE con mayor canto (ha sido necesario sustituirlas para que perimetralmente el canalón pudiera tener mayor altura ya que en el estado actual estos elementos de cubierta se encontraban infradimensionados). El punto de encuentro de la cubierta con el canalón perimetral junto a la medianera, es susceptible de presentar puente térmico por la disminución drástica del aislamiento por lo que se propone reforzar el aislamiento mediante una proyección de PUR. Por último, se instalará un sistema de falso techo con aislamiento de lana de roca.



1. Canalón aislante 2. Panel sándwich 3. Falso techo con aislante 4. Proyección PUR

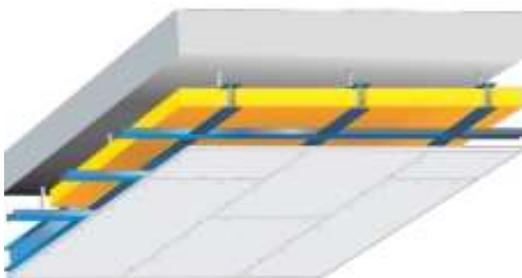
Caracterización del material aislante



Panel sándwich para cubierta a base de dos láminas de acero adheridas mediante adhesivo orgánico al núcleo de lana de roca de 15 cm. Además, se trata de una solución acústica-perforada en su cara interior, a base de microperforaciones. Esta cara perforada dispone de un velo de fibra de vidrio que favorece la adherencia de la chapa y su absorción acústica.

Imagen panel sándwich / Fuente: *isover.es*

- Este producto presenta estanqueidad total al agua y la humedad y un sistema de solape que lo convierte en una solución totalmente estanca.
- Este producto cuenta con una conductividad térmica de 0,039W/mK lo que, unido a su espesor, proporcionará un elevado aislamiento térmico.
- Tiene una resistencia al fuego EI 120 y unos índices de aislamiento acústico $R_A > 34,2$ dBA y $R_W > 34$ dBA.



Falso techo continuo de PYL (15 mm) con capa de 8 cm de lana mineral. Se trata de una solución de techo acústico fonoabsorbente que contribuirá también al aislamiento acústico del salón de actos.

Tiene unos índices de aislamiento acústico $R_A > 52,8$ dBA y $R_W > 53$ dBA.

Imagen falso techo aislante / Fuente: *placo.es*

El canalón perimetral está formado por dos capas metálicas que encierran un núcleo aislante para, junto con la proyección de PUR, reducir el puente térmico que se produce en el encuentro del panel de sándwich con el canalón perimetral junto a la medianera.

TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN CTE PARA CUBIERTAS:

- Valor límite Tabla 3.1.1.a (HE1): $U_c = 0,35$ W/m²K
- Valor orientativo Anejo E (HE): $U_c = 0,22$ W/m²K

Transmitancia cerramiento cubierta inclinada: estado rehabilitado

	e	λ	R	U
Cubierta inclinada rehabilitada	m	W/mK	m ² K/W	W/m ² K
Rsi			0,10	
PYL	0,015	0,25	0,06	
Aislamiento falso techo	0,08	0,03	2,42	
Cámara aire espesor variable			0,15	
Panel sándwich	0,15	0,04	3,85	
Rse			0,04	
total			6,62	0,15

Con la propuesta de rehabilitación de la cubierta inclinada se ha conseguido una drástica reducción de la transmitancia térmica total del cerramiento, de hasta más del **80%** de su valor inicial, que se había estimado en un inicio en $0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$.

El nuevo valor de transmitancia térmica de la cubierta cumple el valor límite exigido por el CTE DB HE 1 y también está por debajo del recomendado en el Anejo E.

El problema de la falta de impermeabilización también se ha resuelto.

A mayores, como se comprueba en las características de los materiales aislantes añadidos, el nivel de aislamiento y acondicionamiento acústico también se incrementa de manera importante.

Rehabilitación cubierta plana zócalo

En el edificio encontramos otra cubierta sobre el zócalo de planta baja en el espacio de retranqueo de los bloques respecto a la planta baja. Se trata de una cubierta plana no transitable impermeabilizada con Agdal, como en un inicio se encontraba la cubierta plana superior. Esta cubierta se comporta más bien como un voladizo y no tiene peto. En la actualidad, este cerramiento tiene una transmitancia elevada y no cumple los valores exigidos por el CTE.

Solución: refuerzo sistema aislante

La solución para mejorar sus propiedades aislantes pasa por trasdosar interiormente con un falso techo con aislamiento, el mismo sistema que se utilizó en el salón de actos. La planta baja tiene una altura libre de 4,20 m, espacio suficiente para instalar el nuevo falso techo que se anclará a las viguetas del forjado superior.

TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN CTE PARA CUBIERTAS:

- Valor límite Tabla 3.1.1.a (HE1): $U_c = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor orientativo Anejo E (HE): $U_c = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$

Con esta intervención, se podrá reducir la transmitancia térmica inicial del cerramiento, que estimamos en $0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ hasta alcanzar un valor $U=0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ que cumple con lo establecido en el CTE.

5.3.a.3 Rehabilitación cerramientos en contacto con el terreno

El edificio cuenta con una planta semisótano a -2,75 m del nivel de cota exterior. Este espacio se encuentra actualmente en uso. Los cerramientos de esta planta, que están en contacto con el terreno son un forjado unidireccional de vigueta pretensada sobre cámara de aire que consideraremos como no ventilada y un muro de sótano de hormigón armado de 40 cm. En este apartado también se incluirán las medianeras. Se intervendrá sobre estos cerramientos para disminuir su transmitancia térmica.

Rehabilitación muro de sótano / fachada zócalo - tipo 2

Este cerramiento es en su parte inferior un muro de sótano que continúa hasta el zócalo de planta baja como fachada, revestido exteriormente con piedra. Se trata de un muro de sótano de 40 cm de espesor de hormigón hidrofugado. A efectos de cálculo se ha considerado como muro de sótano.

Como no cumple los valores térmicos exigidos por normativa se intervendrá sobre él mejorando su capacidad aislante.

Solución: refuerzo sistema aislante del cerramiento por el interior

Para reducir la pérdida térmica de este cerramiento se propone un trasdosado autoportante con montantes de 70 mm, aislamiento de lana mineral y doble PYL; todo ello separado de la cara interior del muro de hormigón armado mediante una cámara de aire no ventilada de 5 cm de espesor.

El trasdosado de PYL tiene que cubrir la altura total del sótano de 4,80 m, por lo que se recurre a una solución más rígida para que el trasdosado sea más resistente y no se rompa ni se deforme.



1. Cámara aire no ventilada (5 cm)
2. Lana mineral (7 cm)
3. Doble PYL (15 mm)

TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN CTE PARA MUROS EN CONTACTO CON EL TERRENO:

- Valor límite Tabla 3.1.1.a (HE1): $U_t = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor orientativo Anejo E (HE): $U_t = 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia muro sótano: estado inicial

Según el Documento de Apoyo del CTE DB HE la transmitancia térmica del muro de sótano se obtiene de la interpolación doble de valores de la tabla 5 del DA a partir de los valores de resistencia térmica R_f (calculada sin resistencias térmicas superficiales) y su profundidad $z=2,75 \text{ m}$.

Tabla resistencia térmica R_m estado inicial

	e	λ	R
Muro sótano actual	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K/W}$
Muro hormigón hidrofugado	0,4	2,5	0,16
total			0,16

Tabla 5 Transmitancia térmica de muros enterrados U_T en $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

R_m ($\text{m}^2 \text{K/W}$)	Profundidad z de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,10	2,29	1,74	1,22	0,97	0,81	0,62
0,20	1,84	1,45	1,06	0,85	0,72	0,56
0,30	1,55	1,25	0,93	0,76	0,65	0,51

La transmitancia térmica del cerramiento por interpolación doble es $U_T = 0,9365 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia muro sótano: estado rehabilitado

Tabla resistencia térmica R_m estado rehabilitado

	e	λ	R
Muro sótano rehabilitado	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K/W}$
Muro hormigón hidrofugado	0,40	2,50	0,16
Cámara de aire	0,05		0,18
Lana mineral	0,07	0,03	2,33
Doble placa PYL	0,03	0,25	0,12
total			2,79

Con una resistencia térmica tan elevada la transmitancia térmica es mínima pues su valor ni siquiera aparece en la tabla.

Tabla 5 Transmitancia térmica de muros enterrados U_T en $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

R_m ($\text{m}^2 \text{K/W}$)	Profundidad z de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
1,80	0,46	0,43	0,37	0,33	0,30	0,26
1,90	0,44	0,41	0,36	0,32	0,29	0,25
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

El valor máximo de R_m que viene en la tabla es $2 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y con él, los valores correspondientes para nuestra $z=2,75 \text{ m}$ ya son inferiores a exigidos por la tabla 3.1.1.a y los recomendados por el Anejo E del CTE DB HE.

Con la propuesta de incorporación de aislamiento en el muro de sótano se ha conseguido un incremento de la resistencia térmica de más de un **90%**.

La solución con cámara de aire entre muro y trasdosado aporta salubridad al conjunto del cerramiento.

Si se calcula como fachada (por la parte superior de este cerramiento que es la fachada del zócalo de planta baja) la intervención también serviría para cumplir el valor límite de transmitancia térmica exigida por el CTE para fachadas: $0,41 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Tabla resistencia térmica estado inicial

	e	λ	R	U
Fachada zócalo actual	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Rsi			0,13	
Muro hormigón hidrofugado	0,4	2,5	0,16	
Mortero agarre	0,01	0,55	0,02	
Piedra caliza	0,02	1,40	0,01	
Rse			0,04	
total			0,33	3,03

Tabla resistencia térmica estado rehabilitado

	e	λ	R	U
Fachada zócalo rehabilitada	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
Rsi			0,13	
Doble placa PYL	0,03	0,25	0,12	
Lana mineral	0,07	0,03	2,33	
Cámara de aire	0,05		0,18	
Muro hormigón hidrofugado	0,40	2,50	0,16	
Mortero agarre	0,01	0,55	0,02	
Piedra caliza	0,02	1,40	0,01	
Rse			0,04	
total			3,00	0,33

Rehabilitación medianeras

Se intervendrá sobre las medianeras que el Edificio de Sindicatos comparte con los edificios contiguos de la c/Dos de Mayo y Divina Pastora para reducir sus transmitancias.

Solución: trasdosado con material aislante

Se reducirán las pérdidas térmicas de estos cerramientos con un trasdosado interior de lana mineral con doble PYL hacia su interior, el mismo sistema que se usó para el trasdosado de muro de sótano.

TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN CTE PARA MEDIANERAS:

- Valor límite Tabla 3.1.1.a (HE1): $U_{MD} = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor orientativo Anejo E (HE): $U_{MD} = 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia medianera: estado actual

	e	λ	R	U
Medianera actual	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K/W}$	$\text{W/m}^2\text{K}$
Rsi			0,13	
Ladrillo perforado	0,24	0,61	0,39	
Enlucido yeso	0,01	0,57	0,02	
Rsi			0,13	
total			0,67	1,49

Transmitancia medianera: estado rehabilitado

	e	λ	R	U
Medianera rehabilitada	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K/W}$	$\text{W/m}^2\text{K}$
Rsi			0,13	
Ladrillo perforado	0,24	0,61	0,39	
Cámara aire			0,15	
Lana mineral	0,07	0,03	2,33	
Doble placa PYL	0,03	0,25	0,12	
Rsi			0,13	
total			3,26	0,31

Con la propuesta de rehabilitación de la medianera se ha conseguido una reducción de la transmitancia térmica total del cerramiento de más del **80%**.

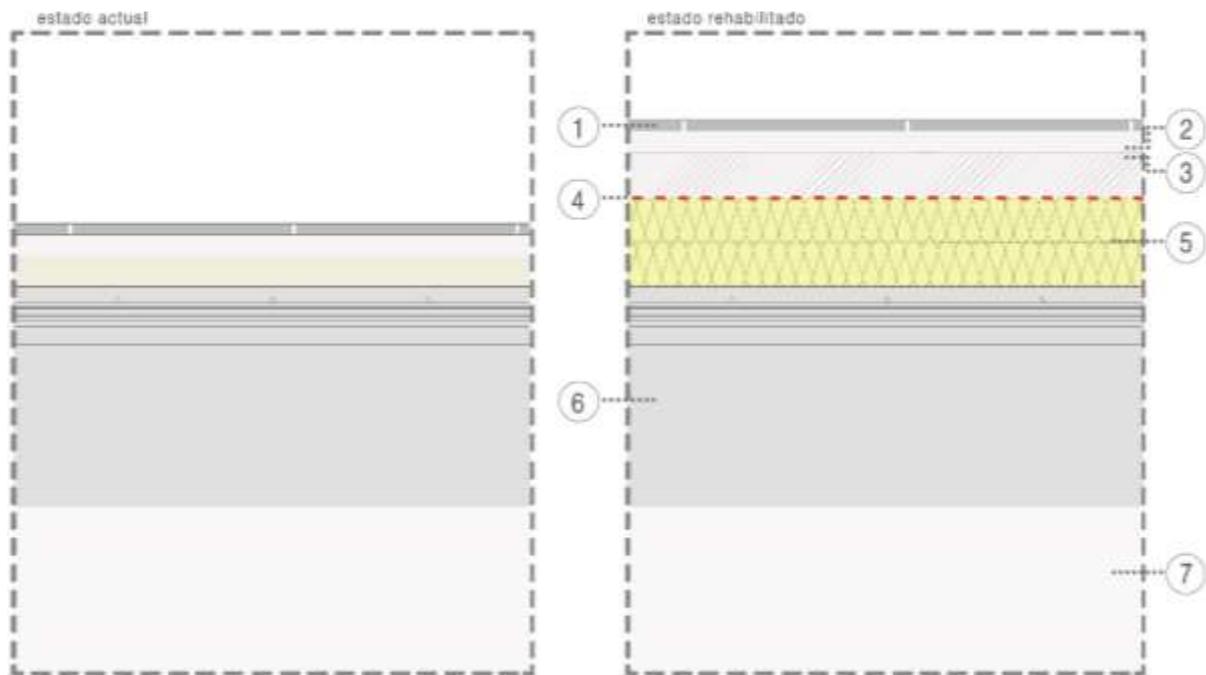
El nuevo valor de transmitancia térmica de la cubierta cumple el valor límite exigido por el CTE DB HE 1 y también está por debajo del recomendado en el Anejo E.

Rehabilitación suelo semisótano

Este cerramiento sí cumple con lo exigido, pero aun así se intervendrá sobre él para reducir aún más las pérdidas térmicas globales debido a su gran superficie.

Solución: incorporación sistema aislante

La propuesta de rehabilitación del forjado de la planta semisótano pasa por reforzar su aislamiento para frenar la pérdida de calor y ejecutar un nuevo pavimento. La planta de semisótano tiene una altura libre de 4,70 m, espacio suficiente para incorporar una capa de aislamiento térmico y ejecutar un nuevo pavimento.



1. Pavimento gres porcelánico
2. Mortero cemento
3. Capa compresión mortero
4. Lámina geotextil
5. Aislamiento placas XPS
6. Forjado viguetas autoportantes
7. Cámara aire no ventilada

Caracterización del material aislante

Se ha escogido el aislamiento teniendo en cuenta, además del aislamiento térmico necesario, que está bajo una capa de compresión y el pavimento de gres porcelánico por lo que necesita un valor elevado de resistencia a compresión (500 kPa).

Se trata del mismo material aislante utilizado en la rehabilitación de la cubierta plana.

TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN CTE PARA FORJADOS EN CONTACTO CON EL TERRENO:

- Valor límite Tabla 3.1.1.a (HE1): $U_t = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor orientativo Anejo E (HE): $U_t = 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia cerramiento suelo semisótano: estado inicial

El suelo de la planta semisótano es un forjado sanitario de viguetas autoportantes sobre cámara de aire no ventilada que se encuentra a una profundidad bajo la cota del terreno de $z=2,75 \text{ m}$. El Documento de Apoyo del CTE DB HE para el cálculo de transmitancias térmicas no especifica el procedimiento para esta tipología y lo simplifica considerando todos los cerramientos en contacto con el terreno como soleras, por lo que supone que la temperatura de la cámara de aire es la misma que la del terreno.

El cálculo de la transmitancia térmica se obtiene de la interpolación de valores de la tabla 4 del DA a partir de los valores de resistencia térmica R_f (calculada sin resistencias térmicas superficiales) su longitud característica B' (A/0,5P) y su profundidad z .

Tabla resistencia térmica R_f estado inicial

	e	λ	R
Suelo semisótano actual	m	W/mK	m^2K/W
Pavimento gres porcelánico	0,015	2,3	0,01
Mortero cemento	0,03	0,55	0,05
Capa de arena	0,04	2	0,02
Forjado viguetas autoportantes	0,3	0,94	0,32
total			0,40

Factor $B' = 771,93 \text{ m}^2 / 0,5 \cdot 149,41 \text{ m} = 10,33 \text{ m}$ y $Z = 2,75 \text{ m}$

Tabla 4 Transmitancia térmica U_s en $W/m^2 \cdot K$

B'	0,5 m < z ≤ 1,0 m				1,0 m < z ≤ 2,0 m				2,0 m < z ≤ 3,0 m				z > 3,0 m			
	R_f ($m^2 \cdot K/W$)				R_f ($m^2 \cdot K/W$)				R_f ($m^2 \cdot K/W$)				R_f ($m^2 \cdot K/W$)			
	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50
5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27
6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25
7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24
8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22
9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21
10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20

La transmitancia térmica del cerramiento por interpolación simple es $U_s = 0,266 \text{ W/m}^2K$

Transmitancia cerramiento suelo semisótano: estado rehabilitado

Tabla resistencia térmica R_f estado rehabilitado

	e	λ	R
Suelo semisótano rehabilitado	m	W/mK	m^2K/W
Pavimento gres porcelánico	0,015	2,3	0,01
Mortero cemento	0,03	0,55	0,05
Capa mortero cemento	0,06	0,55	0,11
Aislamiento XPS	0,12	0,03	4,00
Forjado viguetas autoportantes	0,3	0,94	0,32
total			4,49

Con una resistencia térmica tan elevada la transmitancia térmica es mínima pues su valor ni siquiera aparece en la tabla.

Con la propuesta de rehabilitación de la planta semisótano se ha conseguido un aumento de su resistencia térmica es superior al **90 %**.

B. REHABILITACIÓN ENVOLVENTE ACRISTALADA



Como se ha podido comprobar, los cerramientos acristalados son un punto importante de pérdida de calor dentro del sistema de la envolvente. A menudo se relacionan también con puntos de aparición de condensaciones y puentes térmicos, según el modelo de carpintería, su instalación y mantenimiento.

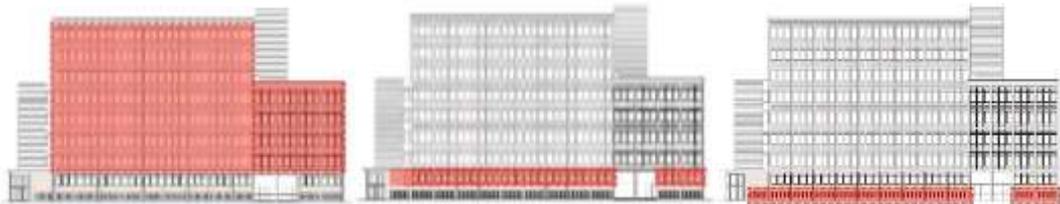
En este caso en particular, el Edificio de Sindicatos tiene una gran cantidad de cerramiento acristalado dentro de la superficie total de sus fachadas.

Superficie total fachadas (m2)	3695,62	
Cerramiento opaco (m2)	2185,15	59,13%
Cerramiento acristalado (m2)	1510,47	40,87%

Tabla (%) de superficie de fachadas

Imagen de una parte de la fachada que da a la Calle Dos de Mayo / Fuente: *arquitectura.va*

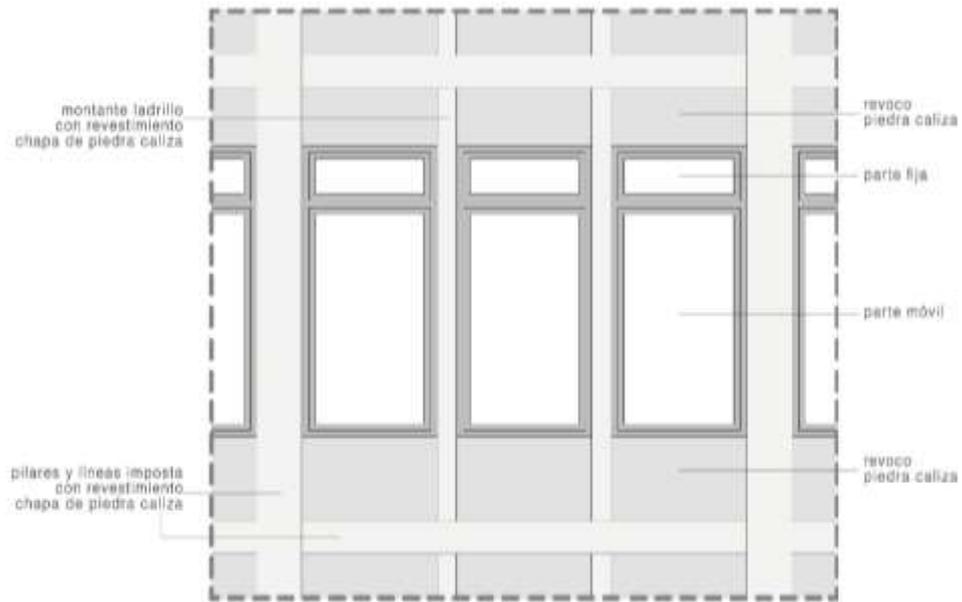
Es necesario analizar los huecos y las carpinterías actuales para poder seleccionar un nuevo modelo lo más similar posible al actual para que el impacto visual de su sustitución sea mínimo o inexistente.



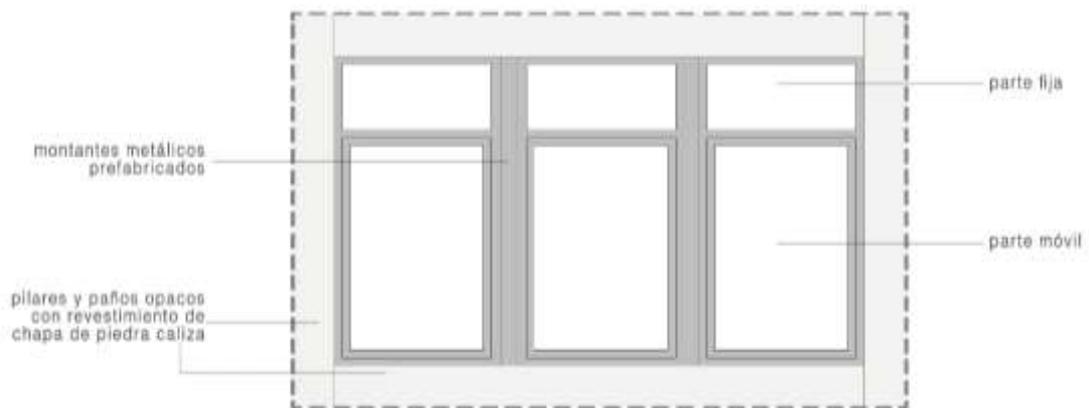
Encontramos distintos tipos de huecos: en los gráficos se muestran, de izquierda a derecha, las carpinterías de las plantas de oficinas (a), las de la planta baja (b) y las de la planta semisótano (c). Abajo, fotografías de las distintas carpinterías / Fuente: *autora*



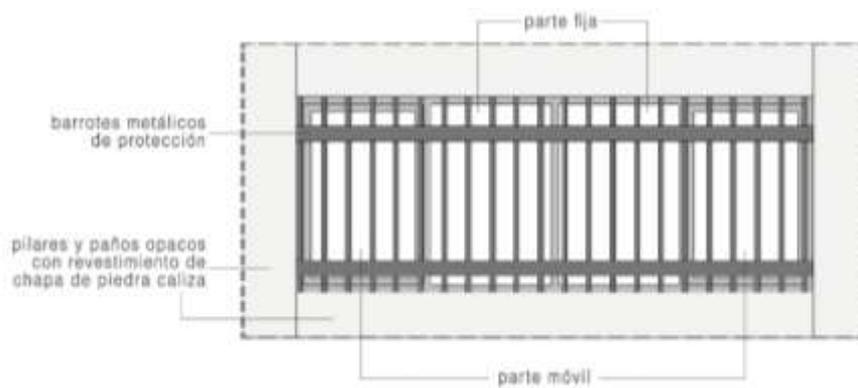
a) *Carpinterías plantas oficinas*



b) *Carpinterías planta baja*



c) *Carpinterías semisótano*



TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN CTE PARA HUECOS:

- Valor límite Tabla 3.1.1.a (HE1): $U_H = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor orientativo Anejo E (HE): $U_H = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

Huecos		A_{huecos}	U_H	$A \times U_H$
		m^2	$\text{W/m}^2\text{K}$	W/K
Huecos planta tipo		1114,96	4,06	4532,29
Huecos planta baja y semisótano		218,49	3,70	807,79
Huecos accesos		0,00	4,49	0,00
total		1333,45		5340,08

Los valores actuales están muy lejos de cumplir las exigencias del CTE DB HE.

En toda intervención energética es necesario considerar si las carpinterías son aptas para seguir formando parte del sistema de cerramiento o si fuera más favorable su sustitución por otro modelo más eficiente. En este caso, como las carpinterías no cumplen con los valores de transmitancia mínimos exigidos se va a optar por su sustitución por otro modelo más eficiente que reúna características y sistemas actuales. Debido al gran desarrollo de este sector en los últimos años, se han obtenido productos muy eficientes, con los alcanzar una importante mejora de la eficiencia energética. Se van a sustituir las ventanas de las plantas tipo, baja y semisótano.

Solución: sustitución de carpinterías por un nuevo modelo



Se ha seleccionado un modelo de carpintería con propiedades aptas para una importante reducción de su transmitancia térmica y las pérdidas vinculadas a puentes térmicos, con la que se podrá imitar el diseño de las actuales y componer la misma clase de huecos, tanto partes fijas como móviles.

Se trata de un modelo de carpintería combinada de marcos de madera laminada y perfil exterior de aluminio extrusionado con doble vidrio y cámara de aire interior (6/14/6). Se trata de un modelo que cuenta con la máxima calificación energética (A) y parámetros muy controlados de transmitancia, microventilación, estanqueidad, permeabilidad e instalación entre otros aspectos. Se trata de un modelo muy superior al actual y más eficiente.

Entre sus propiedades más importantes, cabe destacar los siguientes parámetros:⁴³

- Aislamiento térmico: $U_w = 0,93 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Aislamiento acústico: $R_w = 53 \text{ dB}$
- Permeabilidad al aire: clase 4
- Estanqueidad al agua: clase E100
- Resistencia a la carga del viento: clase 5
- Con aireador oculto y microventilación

Estas son algunas de las características que nos proporciona el fabricante:

<ul style="list-style-type: none"> • Madera laminada, sección de hoja 68 x 80 mm y de marco 68 x 70 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Bisagra con capacidad de carga hasta 130 kg. y opción de bisagra oculta Maco Multipower con capacidad de carga hasta 150 kg
<ul style="list-style-type: none"> • Perfil exterior de aluminio extrusionado de grueso 17,5 mm con junta termosellada de espesor 1,4 mm y fijado al perfil de madera mediante clips desmontables de material plástico con función de rotura térmica 	<ul style="list-style-type: none"> • Fijación del vidrio con tecnología de vidrio encolado
<ul style="list-style-type: none"> • Doble junta de estanqueidad de goma de caucho termoplástica en hoja 	<ul style="list-style-type: none"> • Sellado de vidrio a dos caras con silicona
<ul style="list-style-type: none"> • Herraje Maco Multimatic Aire 12 con nivel de seguridad WK1 y opcional hasta WK3; incluso cerraderos de seguridad con base de 30mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento Lasur Cetol WF952 Duraflex de la casa alemana Sikkens en color según la elección
<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de microventilación incluida en todas las oscilobatientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de juntas en V con Kodrin WV 470
<ul style="list-style-type: none"> • Apertura mediante falleba de palanca en las hojas pasivas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pretaladro para fijación del marco de la ventana al premarco y a la obra mediante tornillo de acero galvanizado de cabeza cilíndrica de Ø6 mm, Spax Tstar plus, de 15 cm de longitud

Descripción técnica del producto iv68-ha en su página web / Fuente: romanclavero.es

Además, al ser un sistema que combina dos materiales nos aporta un doble beneficio: el acabado exterior metálico en gris oscuro es muy similar al de las carpinterías mientras que el interior de madera nos proporciona los beneficios de aislamiento térmico asociados a este material, de los que ya hemos hablado anteriormente.

		Estado actual		Estado rehabilitado	
		U_H	$A \times U_H$	U_H	$A \times U_H$
Huecos	A_{huecos}	$\text{W/m}^2\text{K}$	W/K	$\text{W/m}^2\text{K}$	W/K
Plantas oficinas	1114,96	4,06	4532,29	0,93	1036,91
Planta baja y semisótano	161,92	3,70	598,65	0,93	150,59
total	1276,88		5130,93		1187,50

Con la sustitución de la carpintería se ha conseguido una reducción de la transmitancia térmica en los cerramientos acristalados intervenidos del **76,86 %**.

El nuevo valor de transmitancia térmica está por debajo del valor límite y del recomendado por el CTE DB HE. A mayores, contribuye al aislamiento acústico.

⁴³ Valores según ensayo en ventana de dos hojas notificado por laboratorio ENSATEC, conforme con la norma EN 14351-1.

Sustitución de persianas

Aprovechando que ya se va a intervenir sobre las carpinterías y que en algunos de los huecos rehabilitados también hay persianas con cajoneras sin aislamiento y causantes de considerables pérdidas energéticas debido a puentes térmicos, se sustituirán también las persianas actuales por un modelo actual más eficiente.

Existe una cuarta tipología de huecos, en los que no se va a intervenir, que son los accesos: desde la esquina de Plaza Madrid (en chaflán) y desde la calle Dos de Mayo.



Imágenes de los accesos al edificio / Fuente: autora

Cabe mencionar también que tanto en las fachadas principales como en las que dan al patio interior, causa muy mal efecto la gran cantidad de aparatos de aire acondicionado sujetos al exterior de la fachada. Este hecho, unido a la suciedad y el deterioro de las fachadas, debido a distintas causas y procesos, también contamina la estética original del edificio. Por ello, se propone su retirada para volver a su imagen original.



Imágenes de las fachadas que dan al patio interior / Fuente: autora

C. RESOLUCIÓN PUENTES TÉRMICOS

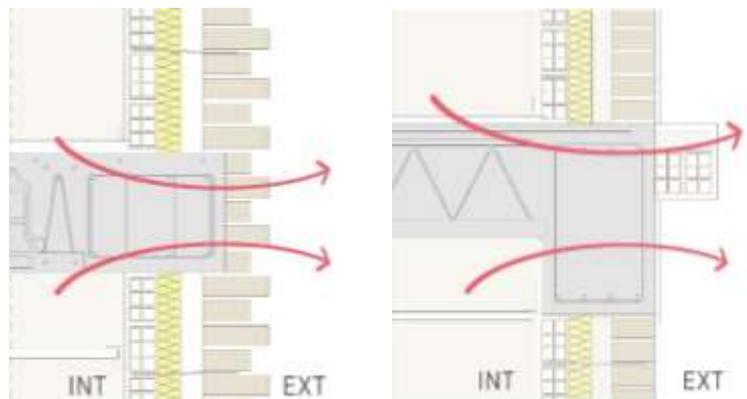
Para conocer el comportamiento real de la envolvente del edificio no basta con las transmitancias térmicas superficiales de los cerramientos si no que es necesario considerar también los puentes térmicos. Como ya se ha explicado, los puentes térmicos son los puntos débiles de la envolvente y presentan una transmitancia térmica lineal ψ (W/mK) de un valor distinto a la del cerramiento en el que se encuentran y por ellos se producen fugas de calor de mayor o menor importancia. Estos puntos son claves en el cálculo del coeficiente global K.

El Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía DA DB-HE / 3 sobre “Puentes térmicos” establece un procedimiento de cálculo para estos puntos y una serie de valores genéricos para cuantificar la pérdida energética asociada a cada puente térmico según su tipología y características.

Las principales tipologías de puentes térmicos que encontramos en el edificio son los siguientes:

a) Frente de forjado - fachada

En su encuentro con el forjado y la viga de hormigón armado, la fachada interrumpe la continuidad de la fábrica y el aislamiento. Se produce entonces un puente térmico de gran relevancia debido a la superficie expuesta sin aislamiento, la longitud de las líneas de forjado en el edificio y la conductividad relativamente elevada del hormigón armado.



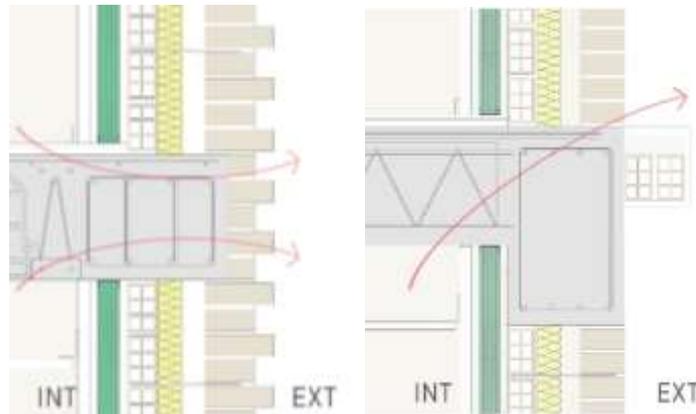
En los gráficos se muestran los dos puentes térmicos que se forman: cuando la viga es plana y cuando es de canto.

Para la zona climática D existe riesgo de condensaciones superficiales en el rincón formado por el encuentro de paramentos horizontal y vertical.

El valor de transmitancia térmica lineal es de 0,91 W/mK y su longitud total en todos los frentes de forjado - fachada del edificio de 604,10 m, lo que supone una pérdida térmica de 549,73 W/mK.

Solución: la reducción de estos puentes térmicos viene de la intervención en las fachadas tipo 1 y tipo 3 que incorporan una nueva capa de aislamiento reflexivo en la cara interior del cerramiento disminuyendo la transmitancia térmica de la fachada y la superficie expuesta. De este modo el puente térmico se reduce considerablemente.

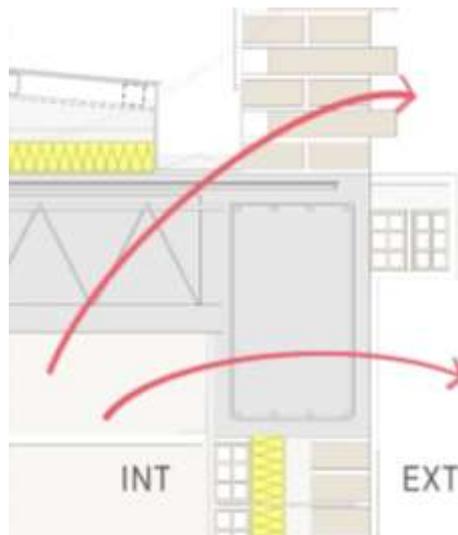
La supresión completa del puente térmico pasaría por aislar por el exterior, intervención que no se iba a realizar por respeto a la fachada.



Esta intervención reduce la transmitancia térmica lineal a $0,72 \text{ W/mK}$ lo que supone una disminución de las pérdidas térmicas del **21 %**.

b) Frente de forjado - cubierta

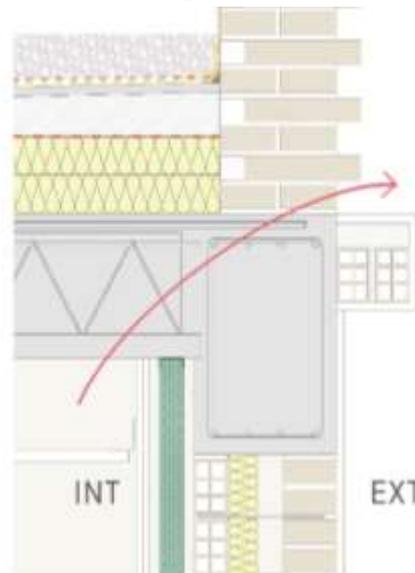
Este puente térmico se asemeja al del frente de forjado anterior, pero con los agravantes de que el forjado de cubierta está muy expuesto al exterior y por tanto a las variaciones climáticas y que el aislamiento se interrumpe en la esquina con la colocación del canalón perimetral, lo que aumenta la superficie del puente térmico.



Para la zona climática D existe riesgo de condensaciones superficiales en el rincón formado por el encuentro de cubierta y fachada.

El valor de transmitancia térmica lineal es de $0,92 \text{ W/mK}$ y su longitud total en todos los frentes de forjado de cubierta del edificio de $188,50 \text{ mL}$, lo que supone una pérdida térmica de $173,42 \text{ W/mK}$.

Solución: la reducción de estos puentes térmicos viene de la intervención en la fachada tipo 1, que incorporan una nueva capa de aislamiento reflexivo en la cara interior del cerramiento y con la intervención en el sistema de cubierta plana, colocando un total de 16 cm de capa aislante y eliminando la fuga de calor del canalón.

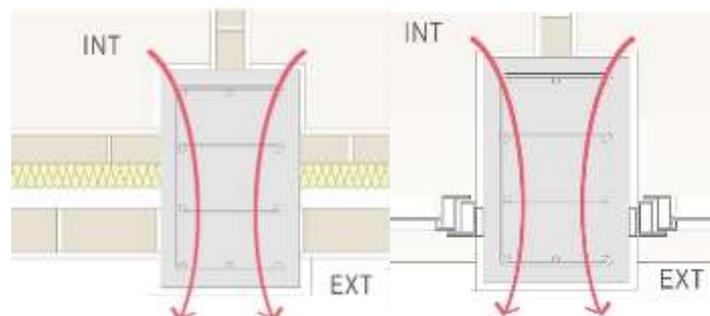


Esta intervención elimina casi por completo el puente térmico reduciendo su transmitancia térmica lineal a un valor mínimo de $0,10 \text{ W/mK}$ lo que supone una disminución de las pérdidas térmicas del **89 %**.

c) Frente pilar – fachada tipo 1

Se produce un puente térmico por la interrupción tanto del aislante como de la fábrica en su encuentro con los pilares de hormigón armado ($35 \times 55 \text{ cm}$). El elemento de hormigón no está aislado lo que provoca el flujo térmico a través de él.

La incidencia de estos puentes térmicos disminuye mucho cuando el pilar se encuentra aislado interior o exteriormente. En este punto tiene especial importancia la cara exterior de los pilares y elementos separadores en la composición de la fachada, por lo que no se puede dar un refuerzo de su aislamiento en la cara exterior.

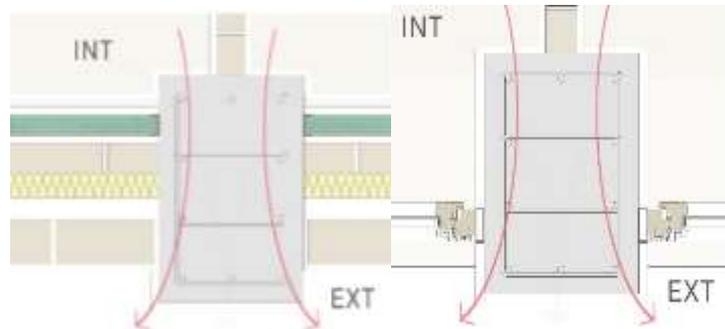


En los gráficos se muestran los dos puentes térmicos asociados al encuentro de pilares y fachada, tanto en su parte opaca como en su parte acristalada.

Para la zona climática D existe riesgo de condensaciones superficiales en el rincón formado por el encuentro de pilar y fachada.

El valor de transmitancia térmica lineal es de 1,64 W/mK y su longitud total en todos los frentes de pilares de la fachada tipo 1 de 519,49 mL, lo que supone una pérdida térmica de 851,96 W/mK).

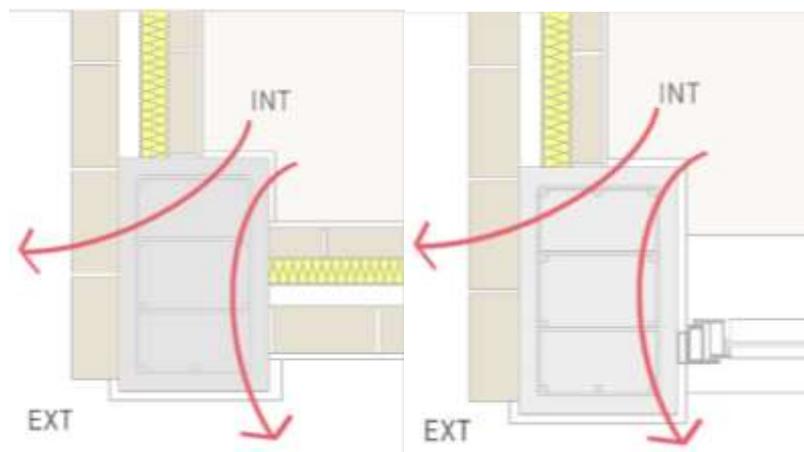
Solución: la reducción de estos puentes térmicos viene de la intervención en las fachadas tipo 1 que incorpora una nueva capa de aislamiento reflexivo en la cara interior del cerramiento. De este modo el puente térmico se reduce considerablemente porque el pilar de hormigón pasa a tener un mayor porcentaje de su cara interna en contacto con el aislamiento y la fachada tiene menor transmitancia térmica.



Esta intervención reduce la transmitancia térmica lineal a 0,65 W/mK lo que supone una disminución de las pérdidas térmicas del **60 %**.

d) Frente pilar en esquina

Como en el caso anterior, se da un puente térmico en el encuentro de las fachadas 1 y 3 con el pilar en esquina por la interrupción de la continuidad del aislamiento y la fábrica. Al tratarse de una esquina, el pilar está más expuesto a las variaciones térmicas exteriores y tiene más superficie sin aislar. Además, en una esquina, sus dos caras expuestas tienen distintas orientaciones lo que aumenta a mayores el flujo térmico.

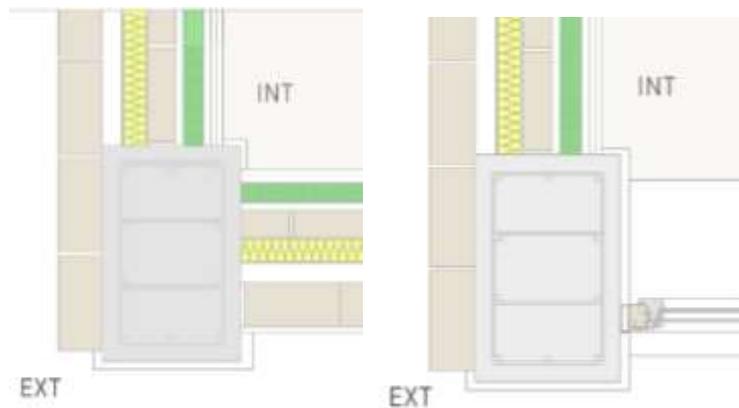


En los gráficos se muestran los dos puentes térmicos que se forman en la zona acristalada y en la opaca.

Para la zona climática D existe riesgo de condensaciones superficiales en el rincón formado por el encuentro de las fachadas.

El valor de transmitancia térmica lineal es de $1,85 \text{ W/mK}$ y su longitud total de $106,50 \text{ m}$, lo que supone una pérdida térmica de $197,03 \text{ W/mK}$.

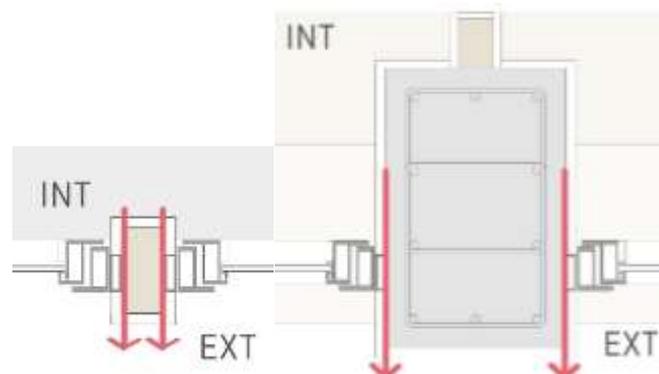
Solución: la reducción de estos puentes térmicos viene de la intervención en las fachadas tipo 1 y tipo 3 que incorporan una nueva capa de aislamiento reflexivo en la cara interior del cerramiento. De este modo el puente térmico se reduce totalmente porque la capa interior del aislamiento reflexivo de la fachada tipo 3 se encuentra con el aislamiento reflexivo de la fachada tipo 1 en el rincón que forman junto al pilar



Esta intervención reduce la transmitancia térmica lineal a $0,08 \text{ W/mK}$ lo que supone una disminución de las pérdidas térmicas del **90 %**.

e) Jambas

En todo el perímetro de las carpinterías se genera un puente térmico por la falta de aislamiento y la presencia de una carpintería metálica sin sistema de RPT: en las líneas verticales de encuentro de carpintería y fachada se producen estos puentes térmicos. Los encontramos los huecos de las fachadas 1 y 2.

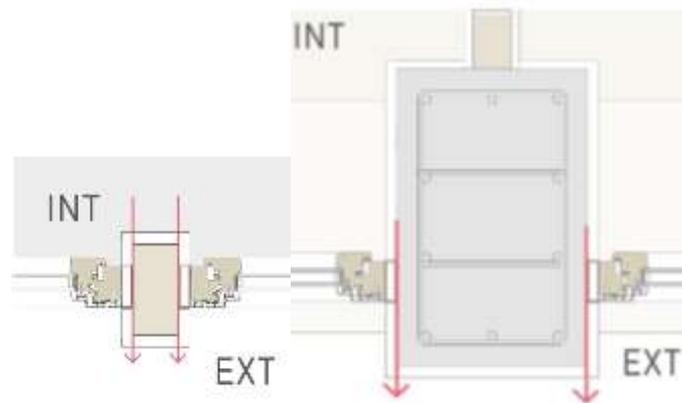


En los gráficos se muestran los dos puentes térmicos que se forman en las ventanas de la fachada tipo 1: cuando la carpintería está en contacto con el pilar y cuando está en contacto con las particiones verticales interiores.

Para la zona climática D existe riesgo de condensaciones superficiales en la zona de unión entre el muro/jamba y la carpintería.

El valor de transmitancia térmica lineal es de 0,90 y 0,80 W/mK (para las ventanas de las fachadas 1 y 2 respectivamente) y sus longitudes de las jambas de 2090,50 y 100,20 ml, lo que supone una pérdida térmica total de 1961,61 W/mK.

Solución: la reducción de estos puentes térmicos viene de la sustitución de las carpinterías por un modelo más eficiente que reduce los puentes térmicos y disminuye la transmitancia del cerramiento acristalado.



Esta intervención reduce la transmitancia térmica lineal a 0,08 W/mK lo que supone una disminución de las pérdidas térmicas del **90 %**.

f) Capialzados y dinteles

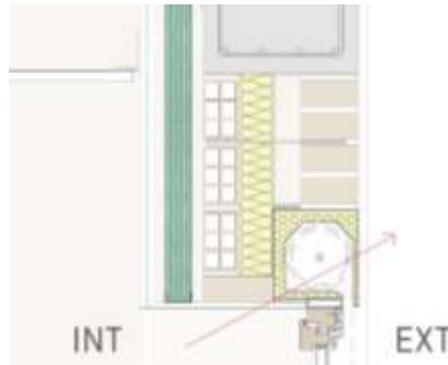
En todo el perímetro de las carpinterías se genera un puente térmico por la falta de aislamiento y la presencia de una carpintería metálica sin sistema de RPT: es en la línea horizontal de encuentro entre carpintería y fachada donde se producen estos puentes térmicos. En la fachada tipo 1 las ventanas tienen carpinterías y los encontramos asociados a su capialzado; en la fachada tipo 2 asociados al dintel.



Para la zona climática D existe riesgo de condensaciones superficiales.

El valor de transmitancia térmica lineal es de 0,48 y 0,58 W/mK (para las ventanas de las fachadas 1 y 2 respectivamente) y sus longitudes de las jambas de 490,92 y 109,12 ml, lo que supone una pérdida térmica de 298,93 W/mK.

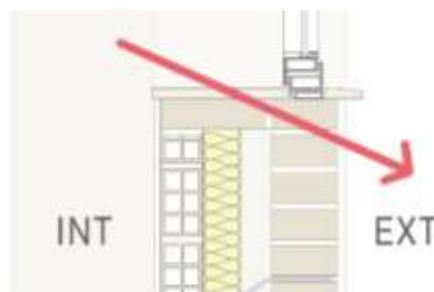
Solución: la reducción de estos puentes térmicos viene de la sustitución de las carpinterías por un nuevo modelo sin puentes térmicos y con transmitancias y pérdidas térmicas mínimas, pero sobre todo de la sustitución de las persianas por otras con cajoneras con aislamiento térmico.



Esta intervención reduce la transmitancia térmica lineal a 0,02 y 0,05 W/mK respectivamente, lo que supone una disminución de pérdidas térmicas de más del **90 %**.

g) Alféizares

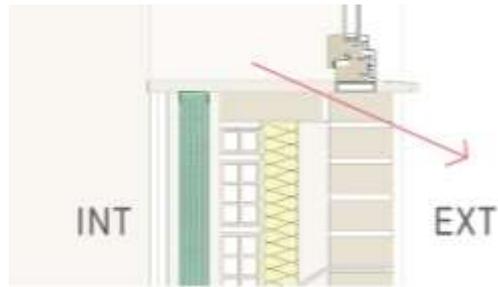
En el encuentro inferior de la carpintería con la fachada se produce un puente térmico por la discontinuidad del aislamiento de la fachada y la carpintería, además que esta es metálica y sin sistema RPT. Estos puentes térmicos aparecen en las fachadas 1 y 2.



Para la zona climática D existe riesgo de condensaciones superficiales.

El valor de transmitancia térmica lineal es de 0,16 W/mK y su longitud es de 600 ml, lo que supone una pérdida térmica total de 96,01 W/mK.

Solución: la reducción de estos puentes térmicos viene de la sustitución de las carpinterías por un modelo más eficiente que reduce los puentes térmicos y disminuye la transmitancia del cerramiento acristalado y del refuerzo de aislante reflexivo en el interior de las fachadas 1 y 3.



Esta intervención reduce la transmitancia térmica lineal a 0,03 y 0,05 W/mK lo que supone una disminución de las pérdidas térmicas del **90 %**.

5.4 ESTADO REHABILITADO

Transmitancia de cerramientos (U)

Se ha ido viendo parcialmente como en cada una de las intervenciones la reducción de la transmitancia térmica del cerramiento: en esta tabla resumen se indican los valores de transmitancia térmica superficial en el estado actual y rehabilitado de los cerramientos intervenidos, comparado con los valores límites y los recomendados por el CTE DB HE y la reducción porcentual de pérdidas térmicas de cada uno de ellos.

Transmitancias térmicas (W/m ² K)	Actual	Valores tablas CTE DB HE		Rehabilitado	Reducción
		Límite	Recomendado		
Fachada principal (tipo 1)	0,45	0,41	0,27	0,16	65,02%
Fachada ciega ladrillo (tipo 3)	0,46	0,41	0,27	0,16	65,71%
Fachada tipo 4	2,80	1,80	1,60	1,20	57,14%
Cubierta plana edificio	0,43	0,35	0,22	0,18	58,63%
Cubierta inclinada salón de actos	0,83	0,35	0,22	0,15	81,87%
Cubierta plana zócalo	0,43	0,35	0,22	0,21	51,42%
Suelo semisótano	0,27	0,65	0,48	0,07	73,68%
Muro sótano (fachada tipo 2)	0,94	0,65	0,48	0,28	70,64%
Huecos*	3,88	1,80	1,60	0,93	76,04%
Medianeras	1,49	0,65	0,48	0,31	79,40%

Se puede apreciar las importantes mejoras que se han obtenido con las intervenciones en cada uno de ellos logrando una reducción de su transmitancia térmica que ronda la media del 70%. Gracias a esto, el edificio perderá menos calor y por tanto reducirá su demanda energética.

Transmitancia térmica U de los cerramientos (W/m²K)

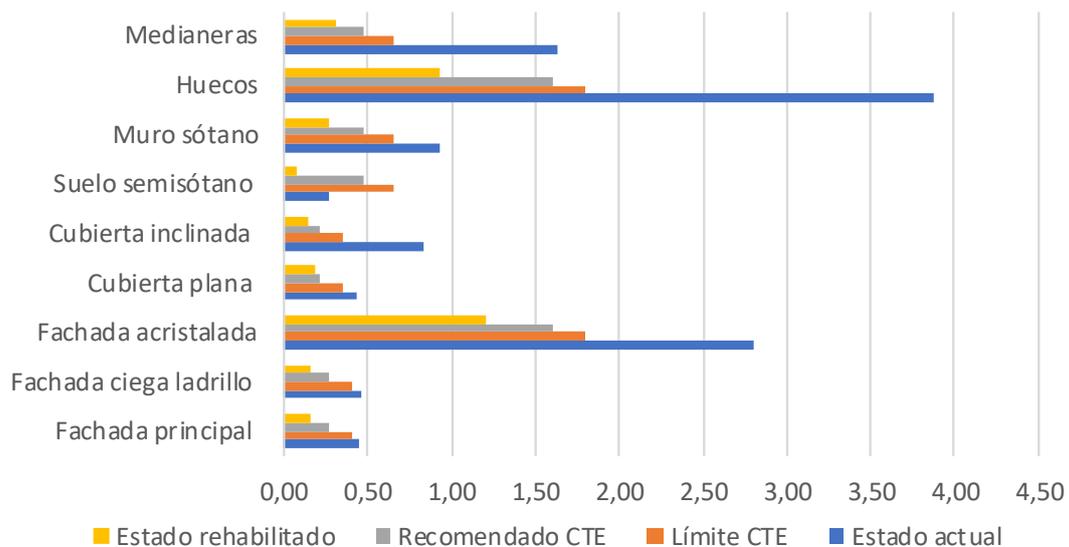


Gráfico comparativo de transmitancias de cada cerramiento, de mayor a menor valor: el inicial, el límite, el recomendado y, por último, el conseguido con la rehabilitación energética, menor que todos los anteriores / Fuente: autora

Coeficiente global de la envolvente (K)

Ya se ha comprobado cómo y cuánto han sido reducidas las transmitancias térmicas de los distintos cerramientos hasta alcanzar valores inferiores a los del CTE DB HE. No obstante, el valor verdaderamente determinante es el *coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K)* que relaciona todas las transmitancias térmicas con toda la superficie de la envolvente, indicando si las mejoras de aislamiento introducidas han servido para que el edificio cumpla totalmente las exigencias de la normativa actual.

	Estado Actual		Estado Rehabilitado		reducción		
	A_{huecos} m ²	A_M m ²	U_M W/m ² K	$A \times U_M$ W/K		U W/m ² K	$A \times U_M$ W/K
Fachadas							
Fachada tipo 1_NO a	83,88	51,82	0,45	23,20	0,16	8,11	
Fachada tipo 2_NO	33,75	48,23	0,94	45,17	0,28	13,26	
Fachada tipo 3_NO		228,28	0,46	105,34	0,16	36,12	
Fachada tipo 1_NO b	25,06	20,42	0,45	9,14	0,16	3,20	
total	142,69	348,75		182,84		60,70	66,80%
Fachada tipo 1_SO a	440,37	445,51	0,45	199,44	0,16	69,76	
Fachada tipo 1_SO a'	111,84	119,16	0,45	53,34	0,16	18,66	
Fachada tipo 2_SO	184,74	64,00	0,94	59,94	0,28	17,60	
Fachada tipo 3_SO		155,70	0,46	71,85	0,16	24,64	
Fachada tipo 1_SO b	7,36	6,34	0,45	2,84	0,16	0,99	
total	744,31	790,71		387,41		131,65	66,02%
Fachada tipo 1_NE a	349,5	388,25	0,45	173,81	0,16	60,79	
Fachada tipo 1_NE a'	48,93	62,27	0,45	27,88	0,16	9,75	
Fachada tipo 3_NE		222,57	0,46	102,70	0,16	35,22	
total	398,43	673,09		304,39		105,76	65,25%
Fachada tipo 1_SE a	37,28	68,47	0,45	30,65	0,16	10,72	
Fachada tipo 4_SE a	106,88	71,17	2,80	199,28	1,20	85,40	
Fachada tipo 4_SE a'	70,14	33,22	2,80	93,02	1,20	39,86	
Fachada tipo 3_SE		115,13	0,46	53,13	0,16	18,22	
Fachada tipo 1_SE b	10,74	28,04	0,45	12,55	0,16	4,39	
total	225,04	316,03		388,62		158,60	59,19%
Cubierta	A_c m ²	U_c W/m ² K	$A \times U_c$ W/K	U_c W/m ² K	$A \times U_c$ W/K		
Cubierta plana tipo 1	677,69	0,43	292,96	0,18	121,20		
Cubierta tipo 2 zócalo	149,58	0,43	64,66	0,21	31,41		
Forjado sobre acceso	50,32	1,45	72,96	1,45	72,96		
total	877,59		430,58		225,58	47,61%	
Suelo	A_s m ²	U_s W/m ² K	$A \times U_s$ W/K	U_s W/m ² K	$A \times U_s$ W/K		
Forjado sobre cámara	827,27	0,27	220,05	0,07	57,91		
total	827,27		220,05		57,91	73,68%	
Muro sótano	A_T m ²	U_T W/m ² K	$A \times U_T$ W/K	U_T W/m ² K	$A \times U_T$ W/K		
Muro sótano	449,86	0,94	421,29	0,28	123,71		
total	449,86		421,29		123,71	70,64%	
Medianera	A_{MD} m ²	U_{MD} W/m ² K	$A \times U_{MD}$ W/K	U_{MD} W/m ² K	$A \times U_{MD}$ W/K		
con salón de actos	265,51	0,46	122,52	0,46	122,52		
con edificio c/d. past	187,43	1,64	306,76	0,31	58,63		
con edific c/ 2 mayo	169,31	1,64	277,11	0,31	52,96		
total	622,25		706,39		234,11	66,86%	
total cerramientos opacos	4905,55		3041,58		1098,02	63,90%	

	A_{huecos} m ²	Estado Actual		Estado Rehabilitado		reducción
		U_H W/m ² K	$A \times U_H$ W/K	U_H W/m ² K	$A \times U_H$ W/K	%
Huecos						
Huecos planta tipo	1114,96	4,06	4532,29	0,93	1036,91	
Huecos planta baja y semisótano	218,49	3,70	807,79	0,93	203,20	
Huecos accesos	0,00	4,49	0,00	4,49	0,00	
total	1333,45		5340,08		1240,11	76,78%

total cerramientos		8381,66	2338,13	72,10%
---------------------------	--	----------------	----------------	---------------

	Estado Actual			Estado Rehabilitado			reducción
	l m	ψ_i W/mK	$l \times \psi$ W/K	ψ_i W/mK	$l \times \psi$ W/K	%	
Puentes térmicos							
Frente forjado-fachada	604,10	0,91	549,73	0,72	434,95	20,88%	
Frente forjado cubierta	188,50	0,92	173,42	0,10	18,85	89,13%	
Frente pilar - fachada 1	519,49	1,64	851,96	0,65	337,67	60,37%	
Esquina pilar - fachada 1 y 3	106,50	1,85	197,03	0,00	0,00	100,00%	
Jamba ventana - fachada 1	2090,50	0,90	1881,45	0,08	167,24	91,11%	
Jamba ventana - fachada 2	100,20	0,80	80,16	0,08	8,02	90,00%	
Capialzado ventana - fachada 1	490,92	0,48	235,64	0,02	9,82	95,83%	
Dintel ventana - fachada 2	109,12	0,58	63,29	0,05	5,46	91,38%	
Alféizar ventana - fachada 1	490,92	0,16	78,55	0,03	14,73	81,25%	
Alféizar ventana - fachada 2	109,12	0,16	17,46	0,05	5,46	68,75%	
total puentes térmicos			4128,69		1002,18	75,73%	

total pérdidas térmicas		12510,35	3340,31	73,30%
--------------------------------	--	-----------------	----------------	---------------

$$K = \frac{\sum_x b_{tr,x} \left[\sum_i A_{x,i} U_{x,i} + \sum_k l_{x,k} \psi_{x,k} \right]}{\sum_x \sum_i b_{tr,x} A_{x,i}} \quad \mathbf{2,01} \quad \mathbf{0,54} \quad \mathbf{73,30\%}$$

En esta tabla se muestra el cálculo del valor de *coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K)*: se calculan las pérdidas térmicas (W/K) de los cerramientos, opacos y acristalados, mediante el producto de la superficie de cada cerramiento por su transmitancia térmica (AxU); se calculan también las pérdidas asociadas a puentes térmicos con el producto de su longitud y la transmitancia térmica lineal de cada uno de ellos (lxψ). Tras sumar todas las pérdidas y dividir las entre la superficie total de la envolvente térmica observamos que el valor obtenido es **K = 2,01 W/m²K**, superando ampliamente el exigido por el CTE DB HE: K lim = 0,66 W/m²K.

Una vez realizadas las propuestas de rehabilitación energética de los distintos cerramientos, se repite el proceso con las nuevas transmitancias térmicas de cerramiento y puentes térmicos, obteniendo unos resultados de pérdidas mucho menores. Se indica también el porcentaje de reducción de estas pérdidas en cada uno de los cerramientos y puentes térmicos intervenidos.

Esta segunda vez, al dividir el sumatorio de las pérdidas térmicas entre la superficie total, el valor obtenido es **K = 0,54 W/m²K**, que sí está por debajo de la exigencia del CTE.

LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA HA CONSEGUIDO SU PROPÓSITO DE CUMPLIR U Y K

Datos y valores de las tablas comparativas del cálculo de U y K

Compacidad: se expresa como la relación entre el volumen total encerrado por la envolvente térmica (V) y el área total de la misma, como suma de todas las superficies de intercambio térmico con el aire exterior (A). Compacidad (C): $C=V/A$ (m^3/m^2).

$R=e/\lambda$: relación de resistencia térmica del material dentro cerramiento (m^2K/W) con su espesor (cm) y su conductividad térmica (W/mK).

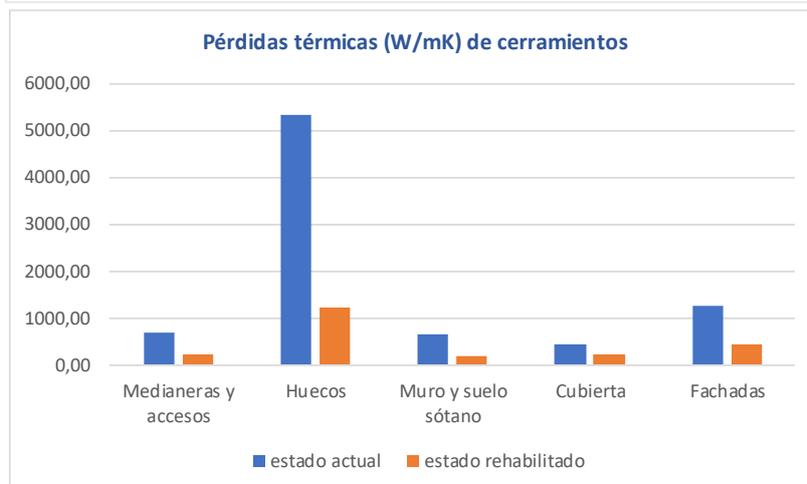
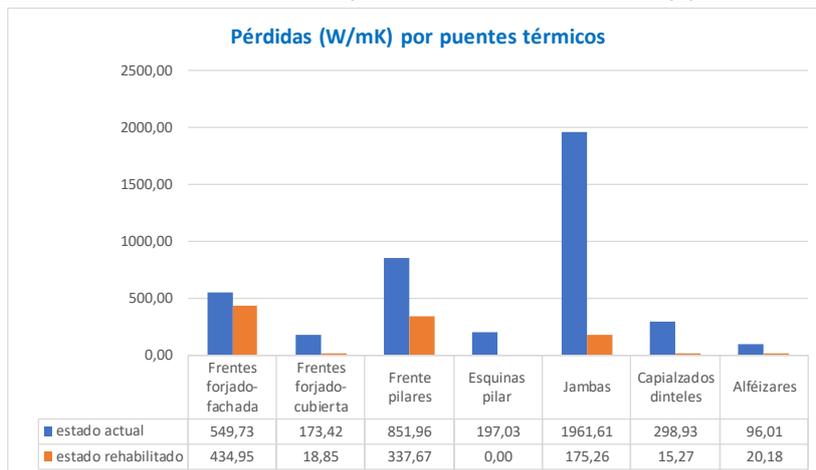
R_T : *resistencia térmica total* del cerramiento como suma de las resistencias térmicas de cada uno de sus componentes y las resistencias térmicas superficiales ($R_T=R_{si}+\sum R+R_{se}$)

U: *transmitancia térmica total* del cerramiento, como valor inverso al sumatorio de las resistencias térmicas de los distintos elementos que lo componen ($U=1/R_T$)

K: valor de *coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio* obtenido por interpolación de valores establecidos en el CTE en función del uso del edificio y su compacidad

Ψ : valor de *transmitancia térmica lineal* asociado a puentes térmicos (W/mK)

Gráficos resumen de reducción de pérdidas de cerramientos y puentes térmicos



Por último, retomando uno de los datos expuestos en el apartado 3, AIPEX estimaba que con un correcto tratamiento de la envolvente del edificio se podía llegar a reducir el consumo energético global hasta en un 75%. En este caso, se ha superado el 73% y teniendo en cuenta que la rehabilitación energética debía ajustarse a aspectos de conservación del edificio.

6. CONCLUSIONES

Fruto de la investigación y análisis realizados en este Trabajo Fin de Grado “Estudio de la Rehabilitación Energética Del Edificio de Sindicatos de Valladolid” se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. Hoy en día el parque edificado del centro de las ciudades se compone principalmente de edificios antiguos que se deben conservar. La rehabilitación energética de su envolvente térmica será la manera de conseguir que se puedan seguir utilizando de la manera menos contaminante posible y contribuir a la sostenibilidad del sector de la construcción.
2. El aislamiento en los cerramientos opacos de la envolvente y la utilización de modelos eficientes de carpinterías en los huecos permite reducir las pérdidas térmicas del edificio y lograr un ahorro energético de más del 70%.
3. Actualmente, la legislación encargada de proteger los edificios que componen nuestro patrimonio arquitectónico es escasa y solo los BIC se encuentran realmente protegidos contra intervenciones desconsideradas.
4. Las intervenciones en edificios protegidos o reconocidos por su valor e importancia histórico-arquitectónica deben ser abordadas bajo la premisa del respeto de su imagen y características originales.
Como en muchos casos será decisión del arquitecto, la rehabilitación energética deberá llegar hasta donde le permita la conservación de la estética y materialidad del edificio intervenido.
5. Al realizar la propuesta de intervención en un edificio catalogado en el DoCoMoMo Ibérico por su relevancia arquitectónica dentro del Movimiento Moderno se ha podido comprobar como muchas de las soluciones más comunes no son aplicables en todos los edificios.

Para terminar, tras haber obtenido resultados satisfactorios en la reducción de la demanda energética del edificio, se ha llegado a la conclusión final de que sí existe el equilibrio entre rehabilitar energéticamente un edificio y respetar su imagen y materialidad originales. Existen muchas posibilidades de mejorar el comportamiento térmico de la envolvente de un edificio sin desvirtuar sus propiedades definitorias, basta con querer conservar el edificio y querer que consuma menos.

7. BIBLIOGRAFÍA, WEBGRAFÍA Y REFERENCIAS

Bibliografía

- José Luis González Moreno-Navarro, Alicia Dotor Navarro, Jordi Morros Cardona, Joan Olona Casas, Belén Onecha Pérez. “El difícil equilibrio entre eficiencia energética y conservación de los valores patrimoniales en edificios históricos”. Universitat Politècnica de Catalunya. Revista ph 84, octubre 2013
- Uranga, E. J.; Etxepare, L. Parque edificado o patrimonio edificado: la protección frente a la intervención energética. El caso del barrio de Gros de San Sebastián. International Conference on Energy Efficiency and Historic Buildings. Madrid 2014.
- CAPITEL, A. (2011) Notas sobre la identidad y la protección de los bienes patrimoniales modernos. Ponencia “Criterios de intervención en el patrimonio arquitectónico del siglo XX”. En Conferencia Internacional CAH20thC. Madrid: Ministerio Cultura, 2011
- URANGA, E. J.; ETXEPARE, L. (2014) Beneficios y riesgos de la rehabilitación energética en el patrimonio edificado: 5 grados de protección. En Congreso Internacional de Eficiencia Energética y Edificación Histórica. Madrid: Fundación de Casas Históricas y Singulares, Fundación Ars Civilis, 2014
- GAT 19 Rehabilitación / 6: La rehabilitación de la edificación protegida, COAM 2016
- Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética, Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid (Madrid) 2012

Normativas de referencia

- Código Técnico de la Edificación: Documento básico HE sobre “Ahorro de Energía” versión 20 diciembre 2019
- Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía DA DB-HE / 1 sobre el “Cálculo de parámetros característicos de la envolvente”
- Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía DA DB-HE / 3 sobre “Puentes térmicos”
- Catálogo de Elementos Constructivos del CTE
- Boletín Oficial del Estado. Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas
- La Ley de Ordenación de la Edificación en España (LOE-1999)
- LEY 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español. Boletín Oficial Estado, n.º 155, de 29 de junio de 1985
- REAL DECRETO 235/2013, de 13 de abril de 2013, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Boletín Oficial Estado,
- Ley 12/2002, de 11 de julio, de Patrimonio Cultural de Castilla y León En el BOE

Páginas web de referencia

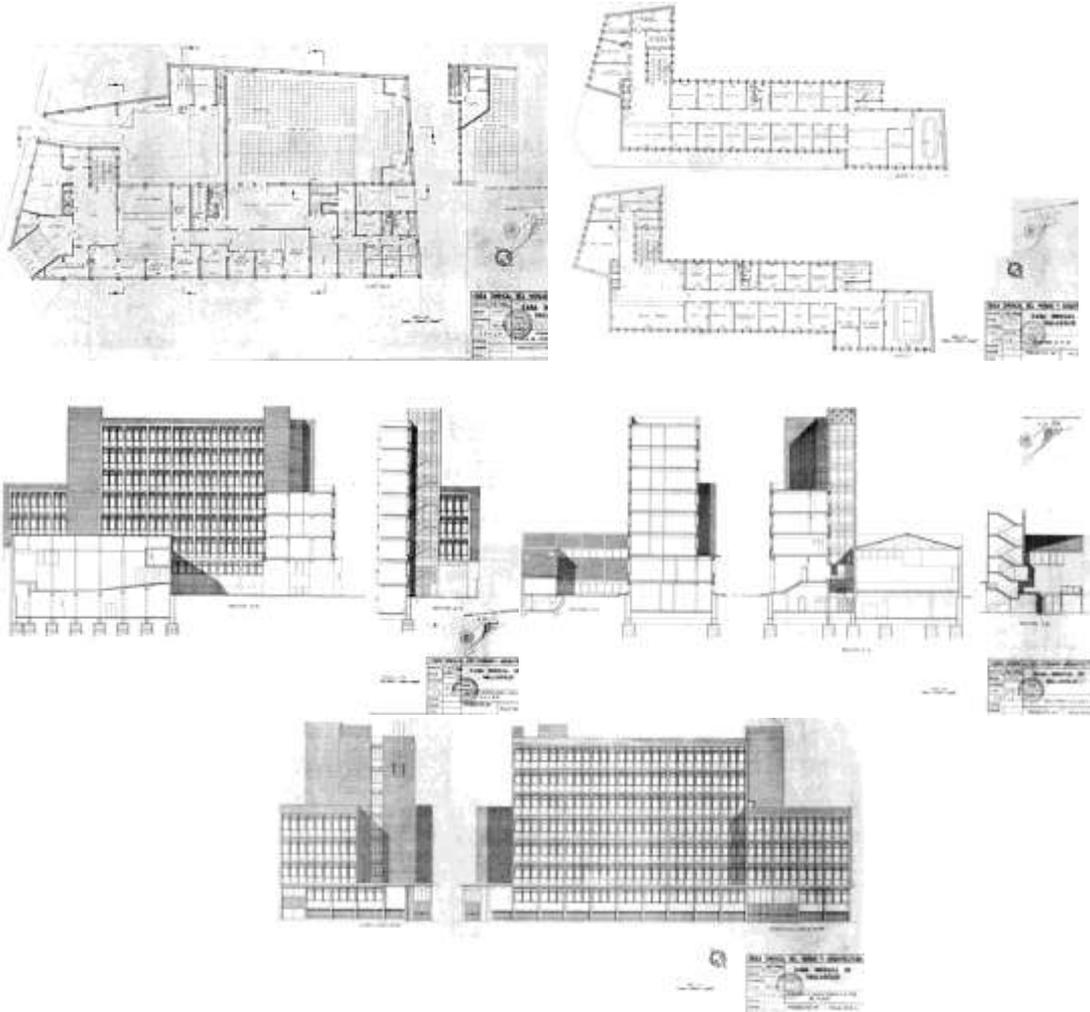
- <http://cte-web.iccl.es/materiales>
- <http://www.docomomoiberico.com>
- <https://www.idae.es/>
- <https://energia.gob.es/>
- <http://www.arespaph.com>
- <https://www.codigotecnico.org/>
- <https://www.andimat.es/>
- <https://casalvarezmendoza.com/>
- <https://afelma.org/>
- <https://www.aisla.org/>
- <https://aipex.es/>
- <https://atepa.org/>
- <https://www.isover.es/>
- <https://tectonica.archi/>
- <https://www.aislamiento-actis.com/>
- <https://www.corbalan.com/>
- <https://arquitecturava.es/>
- <https://ec.europa.eu/eurostat/>
- <http://www.anape.es/>
- <https://www.miteco.gob.es/es/>
- <https://www.construible.es/>
- <https://www.infoconstruccion.es/>
- <https://www.ceis.es/es/>
- <https://www.autodeskjournal.com/>
- <https://www.certificadosenergeticos.com/>
- <https://www.madera-sostenible.com/>
- <https://www.ventanastermicas.com/>
- <https://www.cortizo.com/>
- <https://www.karpenterium.com/>
- <https://www.alusan2004.com/>
- <https://www.idecyl.jcyl.es/pacu/>
- <https://www.tureforma.org/>
- <https://www.accionaconstruccion.com/>
- <https://www.smviva.com/>
- <https://www.cteplus.es/>
- <https://www.sicaweb.cedex.es/>
- <https://www.sedecatastro.gob.es/>
- <https://www.chova.com/>
- <https://www.romanclavero.es/>

Artículos y tesis

- Rehabilitación energética de edificios de vivienda de principios del siglo XX, MARIA LUZ SORRIBES SANZ
- Eficiencia energética en edificios patrimoniales. Estado de la cuestión. ISABEL MOLINERO GARCÍA
- Aislantes térmicos. Criterios de selección por requisitos energéticos, MARTA PALOMO CANO
- Soluciones de aislamiento térmico para edificios protegidos de especial interés arquitectónico o histórico. Ejemplo de actuación, MARTA EPELDE MERINO
- La intervención energética en el patrimonio edificado: un problema no resuelto, ENEKO JOKIN URANGA SANTAMARIA, LAUREN ETXEPARE IGIÑIZ

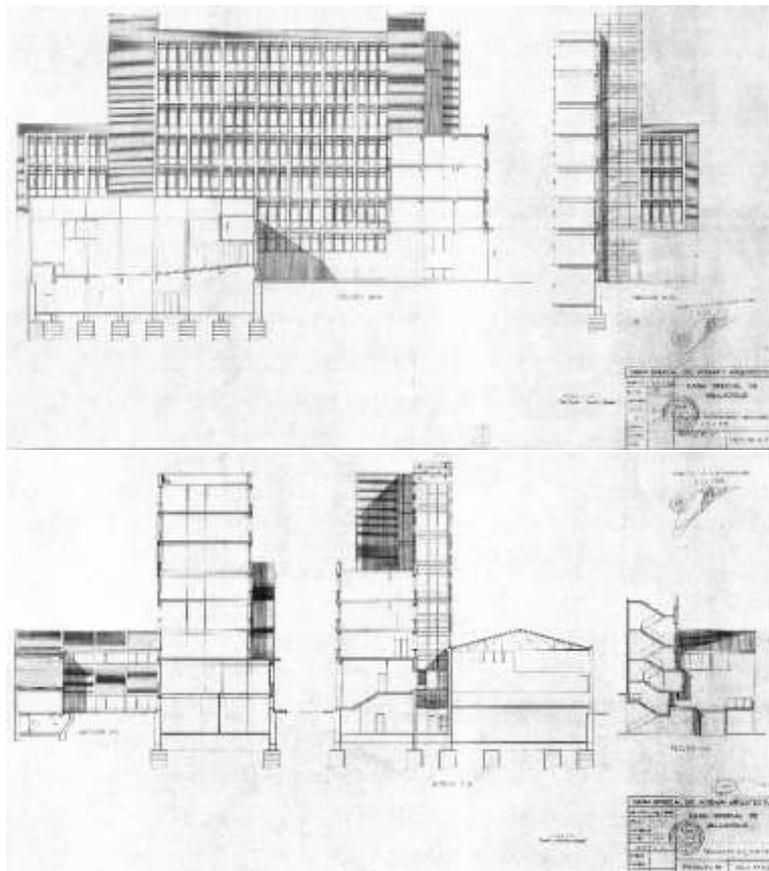
ANEXO 1

Documentación obtenida del documomoiberico.com



Referencias imágenes documomoiberico.com: CAST_LEONESTE_A27_05, CAST_LEONESTE_A27_10, CAST_LEONESTE_A27_12, CAST_LEONESTE_A27.01, CAST_LEONESTE_A27.02, CAST_LEONESTE_A27.03, CAST_LEONESTE_A27.04

Documentación obtenida del Archivo Municipal de Valladolid



Referencias memoria y planos del Archivo Municipal: C 00749 - 083 A4IC, C 00749 - 083 PL16, C 00749 - 083 PL17

ANEXO 2

Ficha Protección Edificio Sindicatos PGOU Valladolid

Paloma Santamaría (PROINTEC), Dpto. Arquitectura

Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE) - PROINTEC, Dpto. Arquitectura

CATÁLOGO. ANEXO 1. FICHAS DE ELEMENTOS DEL CATÁLOGO DE ARQUITECTURA I



IT 011

Proyecto de declaración de Bien de Interés Cultural (BIC) del Edificio de Sindicatos y dos bajos relieves, en el Ayuntamiento de Valladolid, según el artículo 16.1 del Decreto 1/2011, de 22 de febrero, por el que se aprueba el Plan General de Ordenación Urbana de Valladolid, según todo lo establecido en el artículo 16.1 del Decreto 1/2011, suscribir ordenación urbanística celebrada el día 20 de mayo de 2011, suscribir ordenación urbanística.

Edificio de Sindicatos y dos bajos relieves

DIRECCIÓN: Plaza Madrid, nº 4

REFERENCIA CATASTRA 6523301UM5162D

P3, PES



AFECCIONES CULTURALES

ÁMBITO CH: SI

AFFECTADO POR ENTORNO BIC: -

BIEN DE INTERÉS CULTURAL: NO

Incoado/Declarado: -

Entorno: -

DESCRIPCIÓN

Edificio de estilo moderno proyectado en el año 1959 por el arquitecto Julio González Martín, actualmente sede de la Federación Vallisoletana de Empresarios y de los sindicatos UGT y CC OO. El edificio, de marcado carácter asimétrico, ocupa una parcela entre medianeras al fondo de la plaza de Madrid, de tal modo que el patio interior y la esquina cobran gran importancia funcional y expresiva para la misma. La planta baja alberga ámbitos de atención al público mientras que los niveles superiores tienen una distribución compartimentada de despachos y oficinas. En altura, el extenso programa de necesidades produce un afortunado juego de volúmenes encastrados y girados sobre un gran zócalo de piedra blanca que colmata la parcela. La estructura resultante refleja el valor de la iluminación. En la solución de la esquina, el acceso es apenas un hueco abstracto en chaffán; sobre la entrada, la volumetría consigue que la materia y la transparencia estén sabiamente conjugadas. Asimismo destacamos:

- Bajorrelieve alegoría de diversos oficios (la industria, la agricultura, el comercio...), situado en el interior del vestíbulo del edificio de Sindicatos (Plaza de Madrid nº 4). Este bajorrelieve ha sido parcialmente destruido para introducir un ascensor en el edificio, pero aun es susceptible de recuperación y obra del escultor Antonio Vaquero (1910-1974).
- Bajorrelieve "La Victoria Sindical", situado en el zaguan del edificio de Sindicatos (Plaza de Madrid, nº 4). Este bajorrelieve se encuentra en buen estado, pero semioculto bajo unos carteles y es también obra del escultor Antonio Vaquero.

El edificio se encuentra incluido en el registro DoCoMoMo.

PLANIMETRÍA Y FOTOGRAFÍA

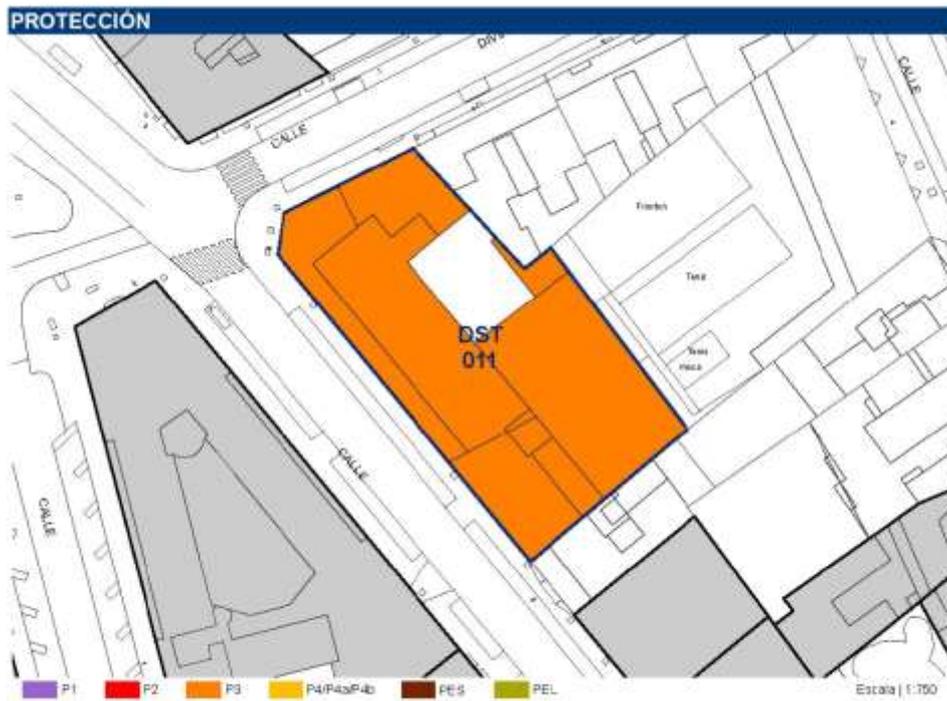


Edificio de Sindicatos y dos bajorrelieves**DIRECCIÓN:** Plaza Madrid, nº 4**REFERENCIA CATASTRAL:** 6523301UM5162D

NIVEL DE PROTECCIÓN
P3, PES

CONDICIONES DE PROTECCIÓN**CONDICIONES ESPECÍFICAS DE ACTUACIÓN**

Edificio de notables valores arquitectónicos, tanto en su composición exterior como en su estructura y tipología. Se protege estructuralmente, debiendo mantenerse su volumetría, organización tipológica, elementos estructurales y fachada. El bajorrelieve de los oficios deberá ser reconstruido si hubiese documentación suficiente, quedando en todo caso protegido integralmente lo existente. El bajorrelieve de la Victoria Sindical deberá recuperar su visión original eliminando los carteles que lo ocultan.

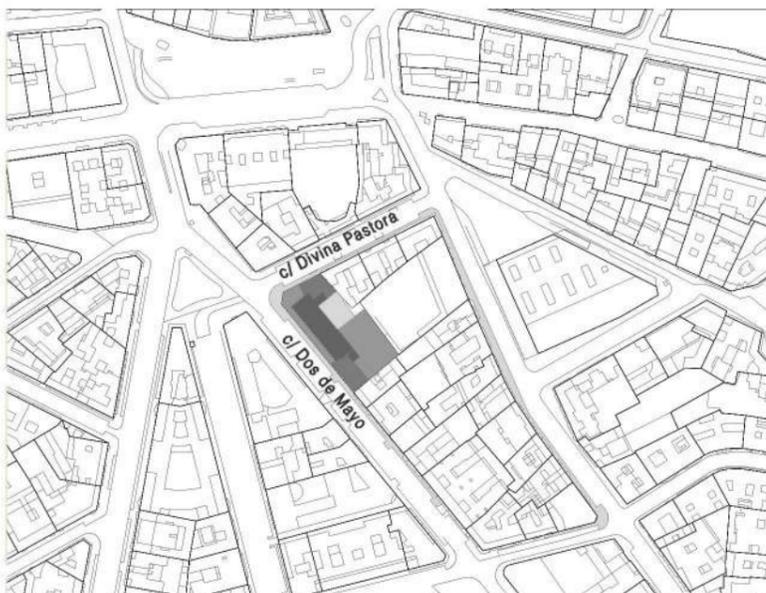
OTRAS AFECCIONES NORMATIVAS

Referencia: *DST_011_firmado*



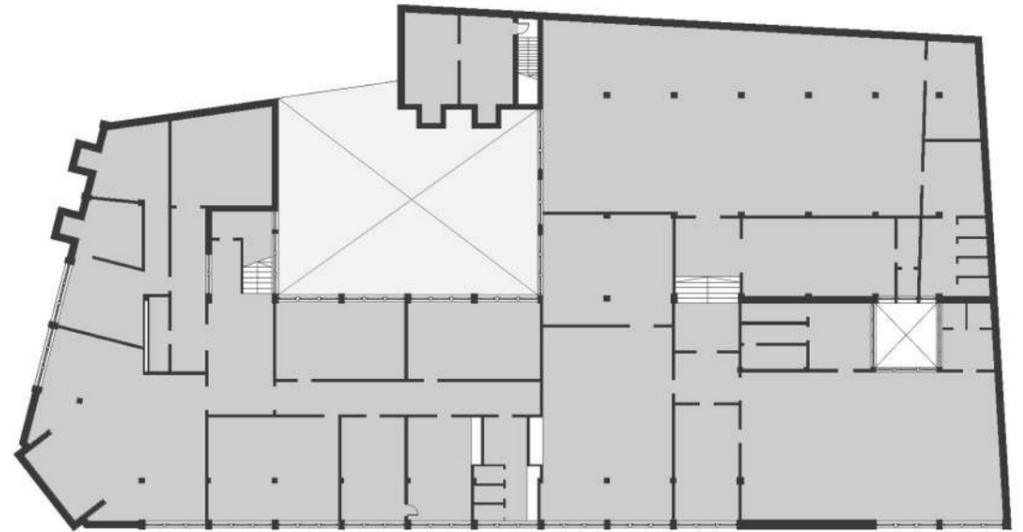
IMAGEN DEL EDIFICIO DESDE PLAZA MADRID

La Sede de la Federación Vallisoletana de Empresarios, UGT y CC OO, comúnmente conocido como Edificio de Sindicatos es un edificio de tipo administrativo, que alberga actualmente las sedes del sindicato de Comisiones Obreras y de la Confederación Vallisoletana de Empresarios. Se trata de un edificio público reconocido por su valor representativo de la arquitectura del Movimiento Moderno español en el SXX en la fundación DoCoMoMo Iberico. Está situado en el centro de la ciudad, en la Plaza Madrid nº4, en la intersección de las calles Divina Pastora y Dos de Mayo. El edificio es del 1959, obra del arquitecto Julio González Martín, que desarrolló una extensa carrera profesional en la ciudad de Valladolid.

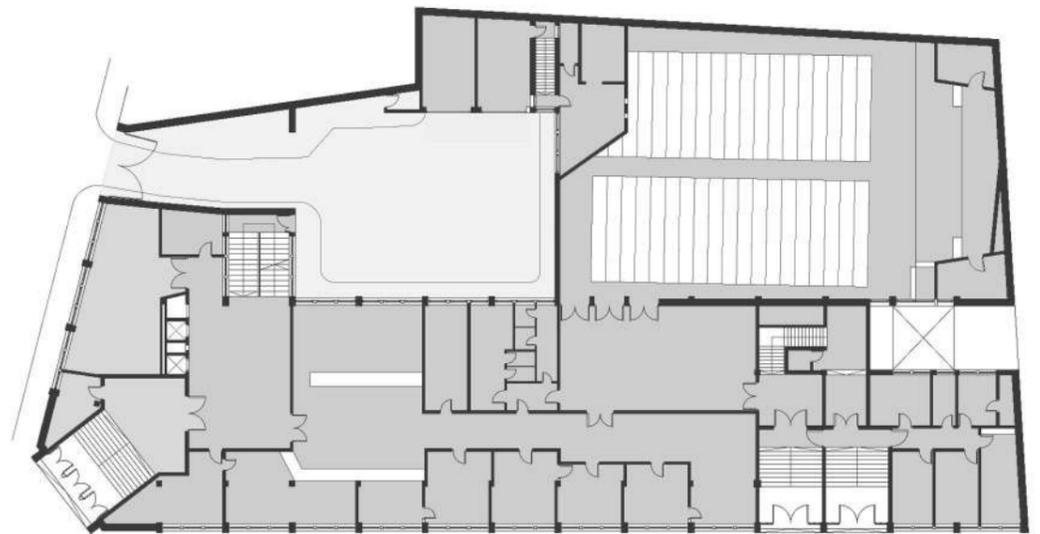


El edificio se compone de un gran zócalo de piedra blanca sobre el que se erigen tres bloques de distintas alturas (el bloque que da a la calle Divina Pastora tiene 4 alturas y los bloques que dan a la Calle Dos de Mayo son de 7 y 4 alturas desde Plaza Madrid respectivamente). La macla de estos volúmenes resuelve la geometría de la parcela y la esquina en chaflán, desde la que se accede. El esquema de las fachadas es el mismo en ambas calles, caracterizado por una retícula en las zonas acristaladas, combinado el fondo de ladrillo aparejado a soga y tizón en las zonas opacas.

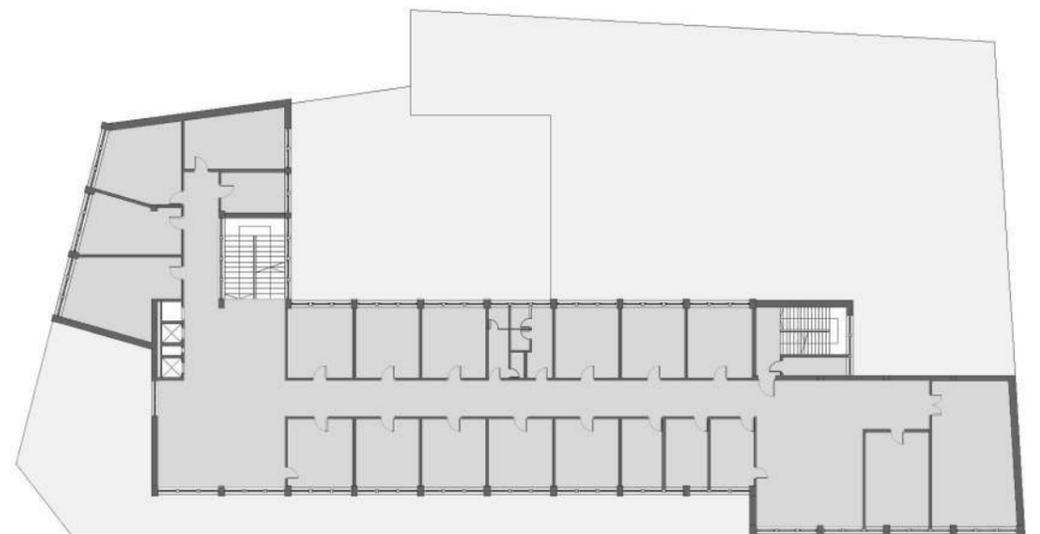
Desde su construcción, el conjunto edificatorio ha sufrido distintas intervenciones, un total de nueve, de mayor o menor relevancia, como la elevación de una planta, la remodelación parcial de diferentes plantas y espacios o la sustitución de la cubierta. El Edificio de Sindicatos de Valladolid está incluido dentro del DoCoMoMo Ibérico, fundación que aboga por la conservación y documentación de las obras arquitectónicas de relevancia en la obra nacional del Movimiento Moderno. El edificio destaca por su carácter asimétrico, concepción funcionalista y estética moderna en la arquitectura de Valladolid de los años 50.



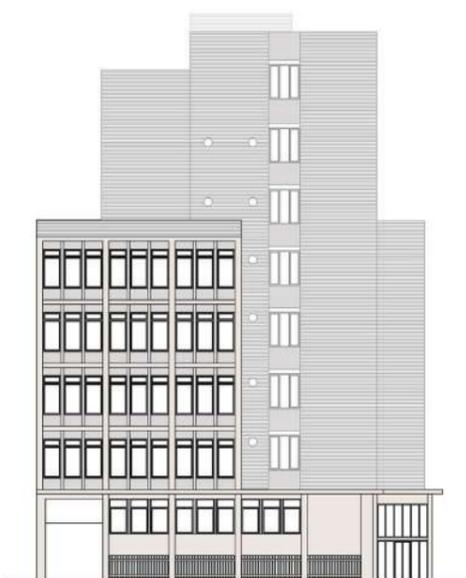
planta semisótano



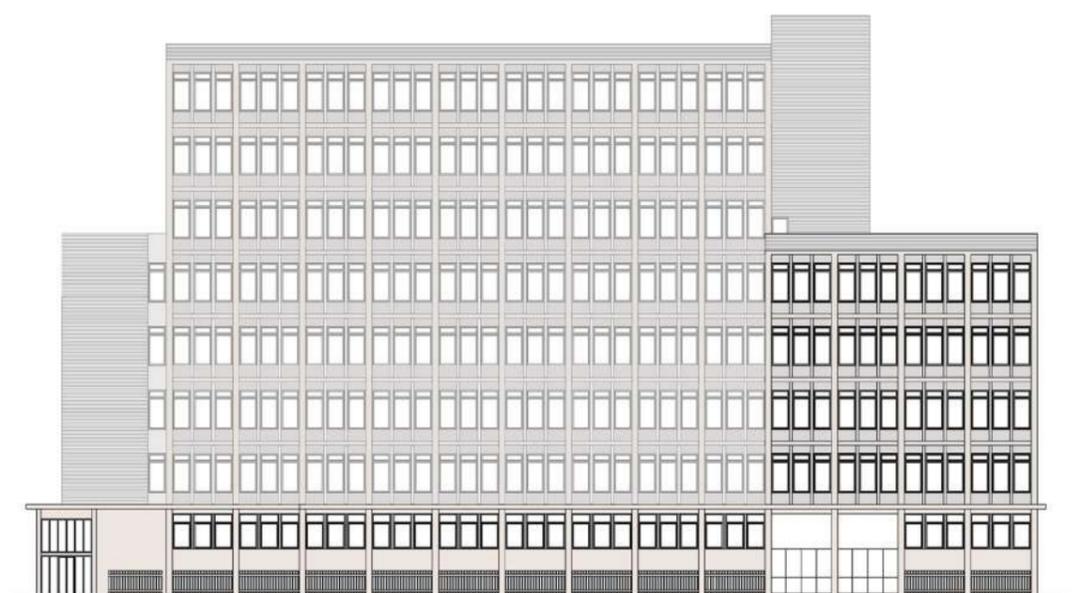
planta baja



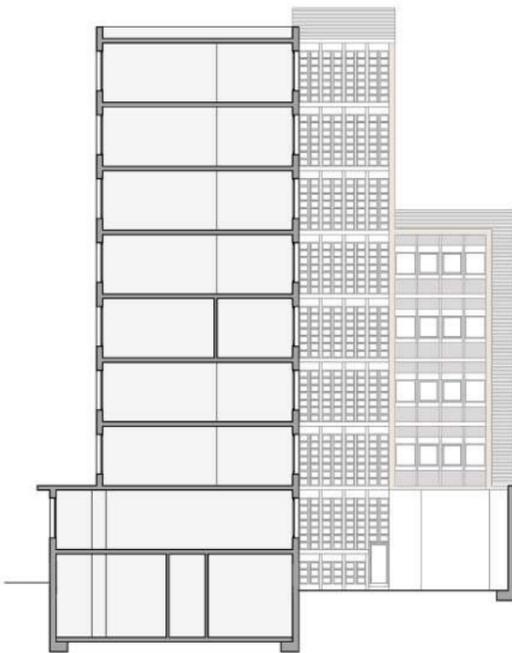
planta tipo



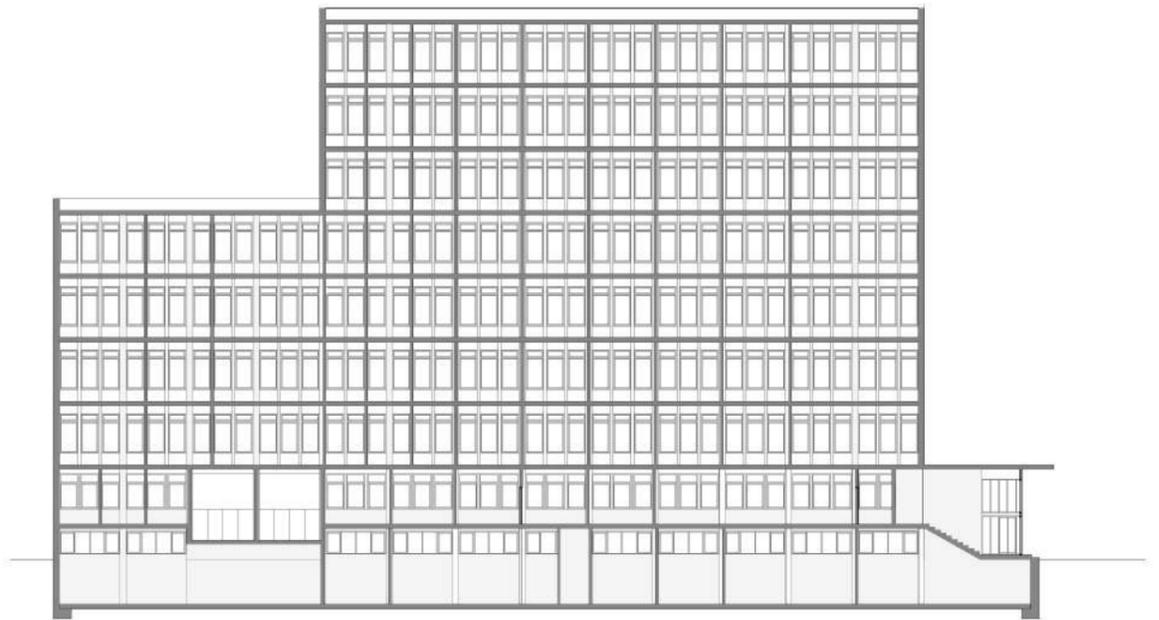
fachada c/Divina Pastora (NO)



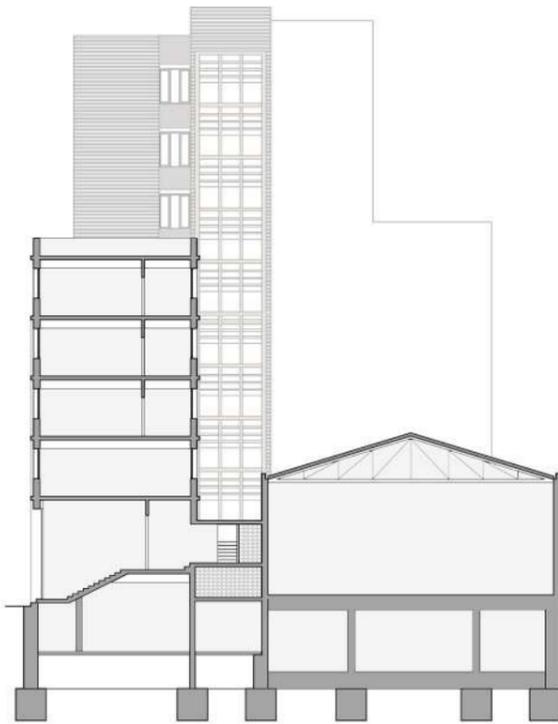
fachada c/ Dos de Mayo (SO)



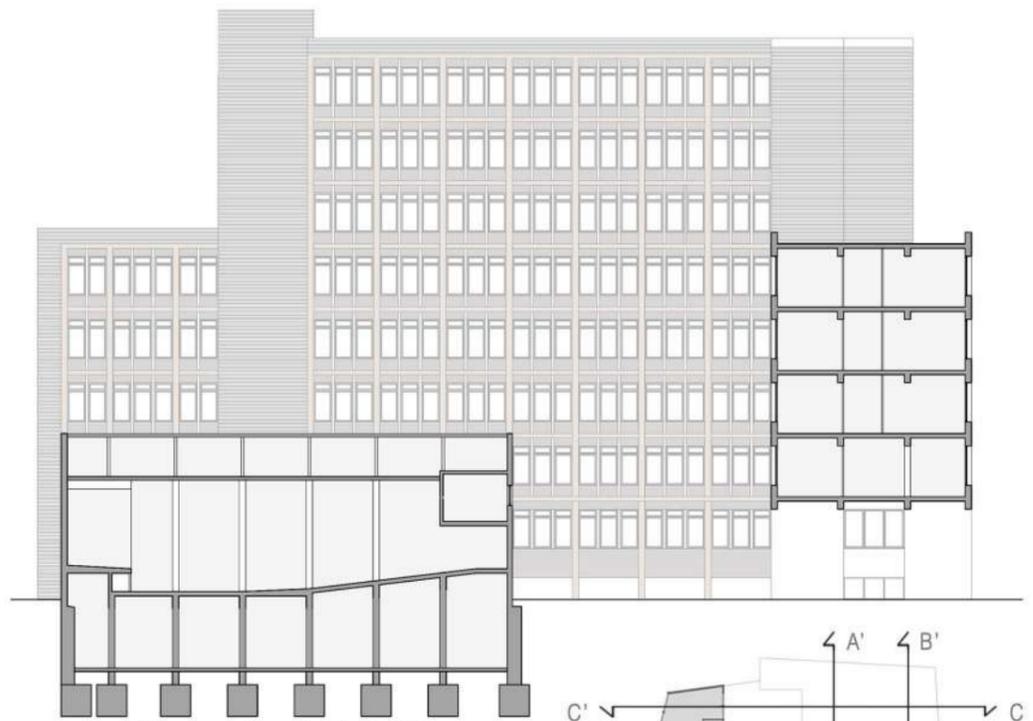
sección transversal A-A'



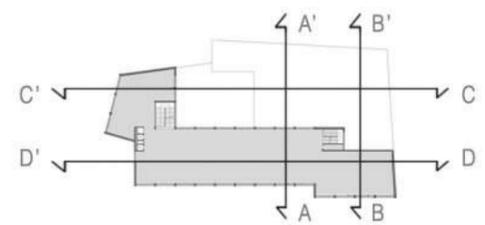
sección longitudinal D-D'



sección transversal B-B'



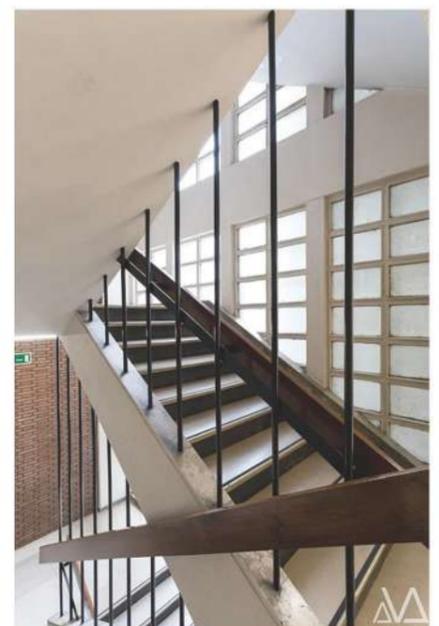
sección longitudinal C-C'



empresarios valladolid

CCOO	CVE
8ª planta	3ª planta
7ª planta	2ª planta
6ª planta	Bj
5ª planta	-1ª planta
4ª planta	

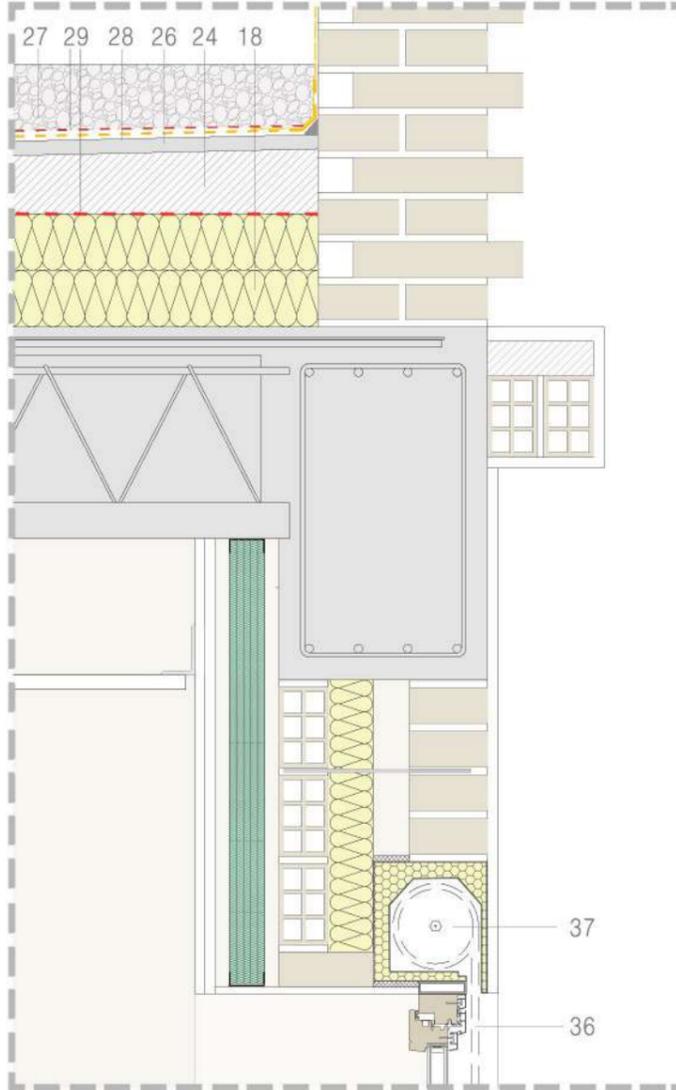
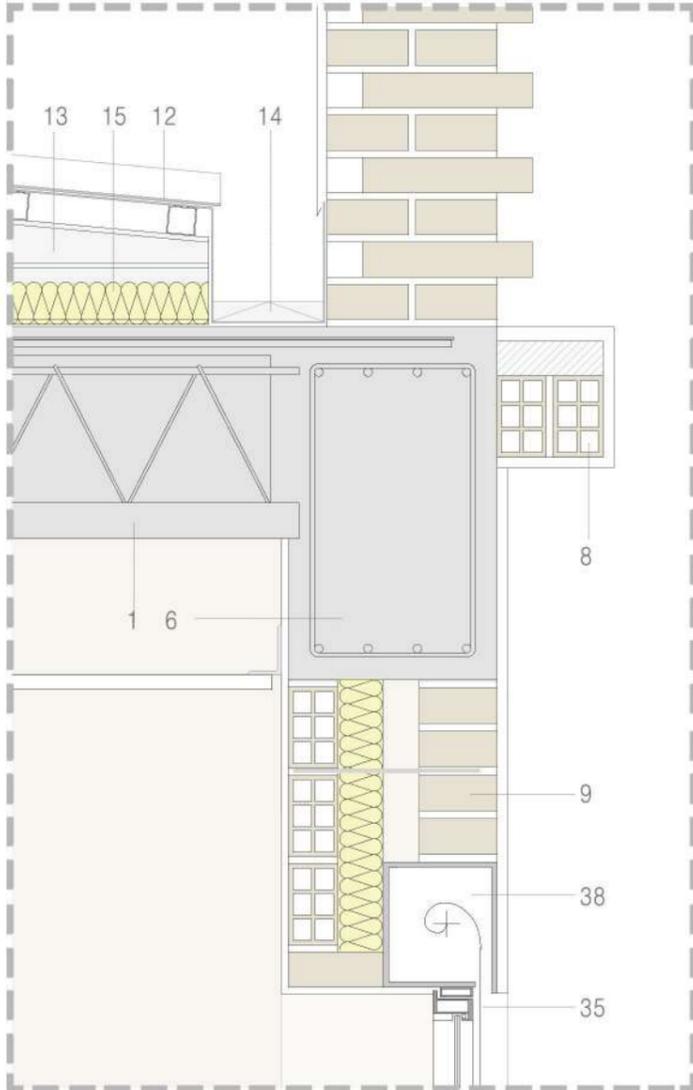
SECCION DE CASTILLA Y LEON / COMISIONADORIA VALLADOLID DE EMPRESARIOS



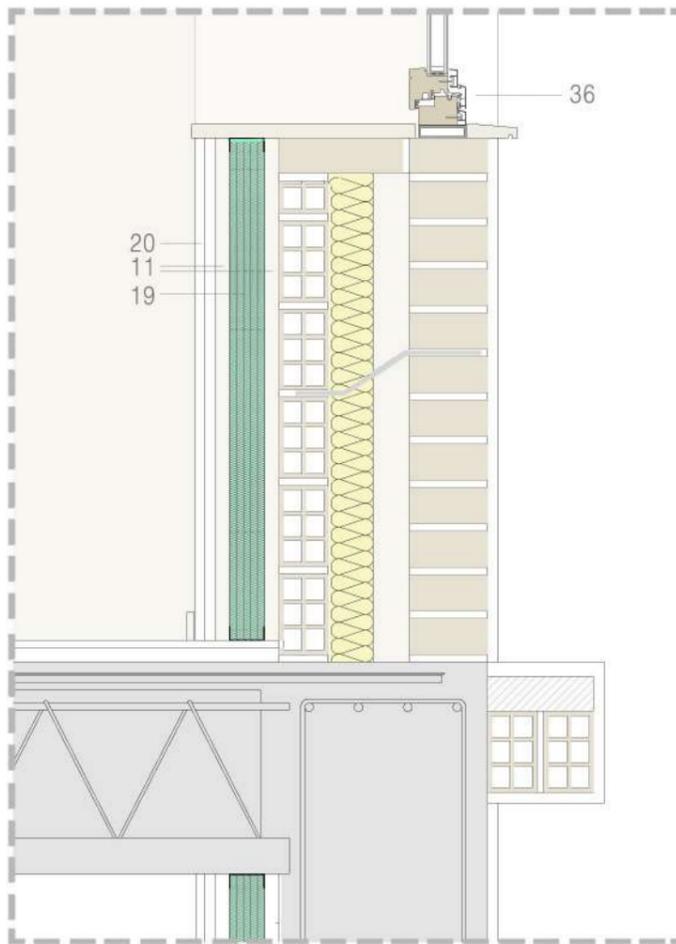
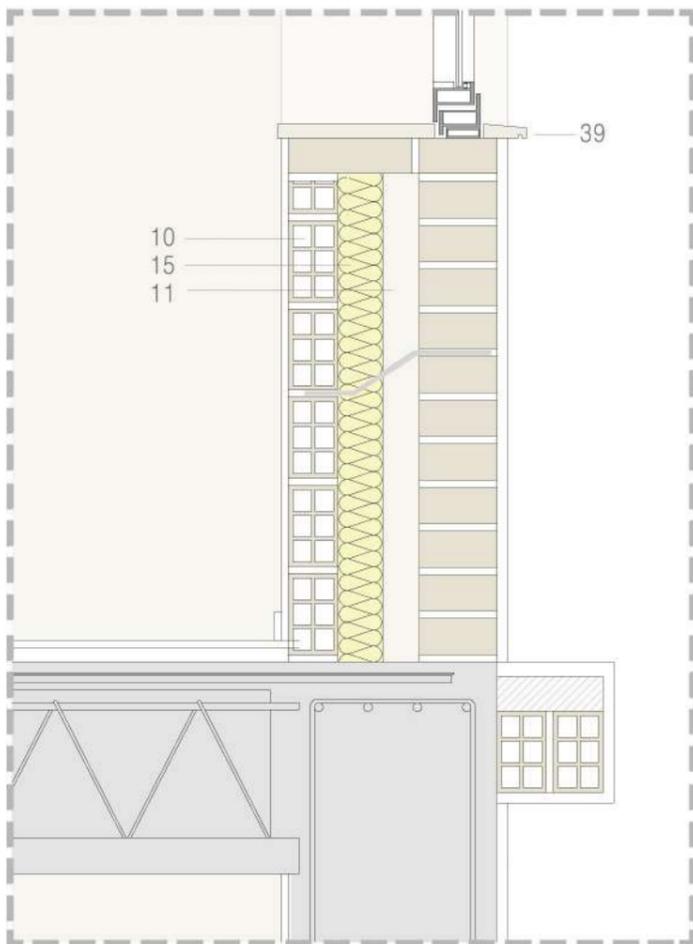
estado ACTUAL

estado REHABILITADO

leyenda CONSTRUCTIVA



- 1 Forjado unidireccional HA
- 2 Pilar hormigón armado
- 3 Forjado viguetas prestensadas
- 4 Muro sótano hormigón armado
- 5 Losa descansillo
- 6 Viga de canto
- 7 Viga plana
- 8 Línea imposta
- 9 Fábrica LCV
- 10 Fábrica LHD
- 11 Cámara aire
- 12 Chapa grecada galvanizada
- 13 Perfiles IPE
- 14 Canalón perimetral metálico
- 15 Aislamiento vitrofib
- 16 Agdal impermeabilizante
- 17 Falso techo
- 18 Aislamiento XPS
- 19 Aislante reflexivo
- 20 PYL (1,5 cm)
- 21 Vidrio doble acanalado
- 22 U-Glass
- 23 Aislante difusor traslúcido
- 24 Capa compresión mortero
- 25 Pavimento gres porcelánico
- 26 Enfoscado fratasado
- 27 Grava
- 28 Lámina geotextil
- 29 Lámina impermeable
- 30 Canalón con aislamiento
- 31 Panel sándwich aislamiento
- 32 Falso techo con lana mineral
- 33 Cercha metálica
- 34 Medianera
- 35 Carpintería metálica
- 36 Carpintería madera
- 37 Cajonera con aislamiento
- 38 Cajonera persiana
- 39 Albardilla de piedra
- 40 Mortero de cemento
- 41 Proyección PUR
- 42 Perfil metálico tubular
- 43 Vierteaguas metálico
- 44 Perfil arranque-coronación U-G
- 45 Remate peto cubierta



La propuesta de rehabilitación de la fachada principal pasa por un refuerzo de su sistema aislante, mediante un trasdosado interior de aislante reflexivo. Este aislante reflexivo se coloca entre dos cámaras de aire de 2 cm.

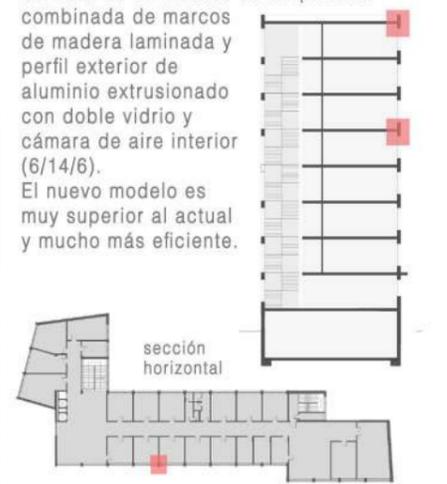
Una instalación sin fallos es fundamental para que el sistema aislante funcione correctamente.

Se ha optado por intervenir en el interior del cerramiento por la importancia de su cara exterior en la composición de la fachada y el edificio, factor que se considera inalterable para esta intervención. Con esta solución se incrementará enormemente el aislamiento térmico de la fachada, aunque se reduzca el espacio útil interior.

En la intervención del cerramiento acristalado se ha optado por la sustitución de las carpinterías actuales por un nuevo modelo con propiedades aptas para una importante reducción de su transmitancia térmica y las pérdidas vinculadas a puentes térmicos, con la que se podrá imitar el diseño de las actuales y componer la misma clase de huecos, tanto partes fijas como móviles.

Se trata de un modelo de carpintería combinada de marcos de madera laminada y perfil exterior de aluminio extrusionado con doble vidrio y cámara de aire interior (6/14/6).

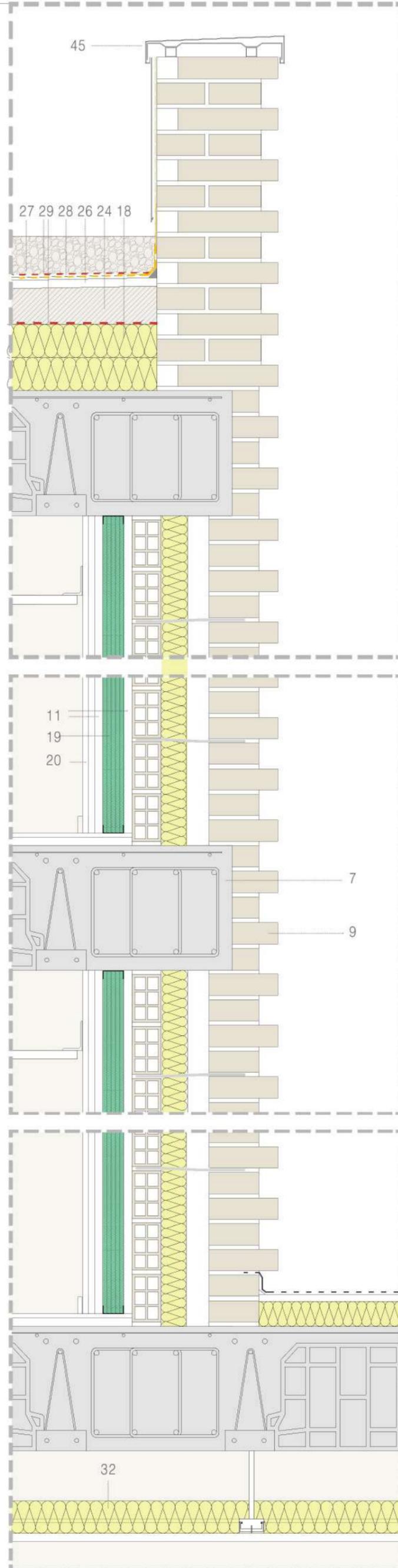
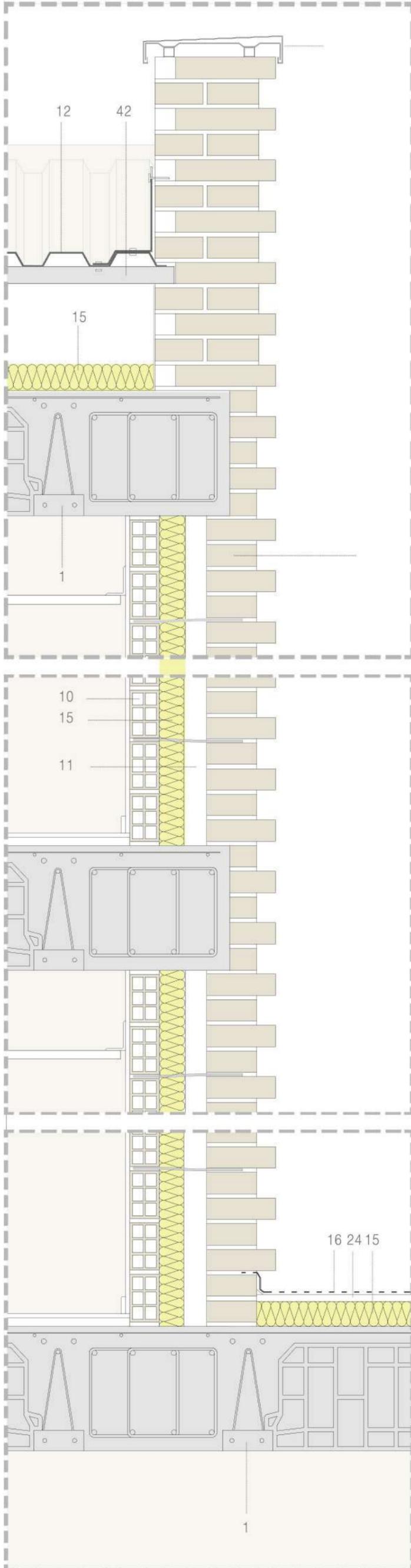
El nuevo modelo es muy superior al actual y mucho más eficiente.



estado ACTUAL

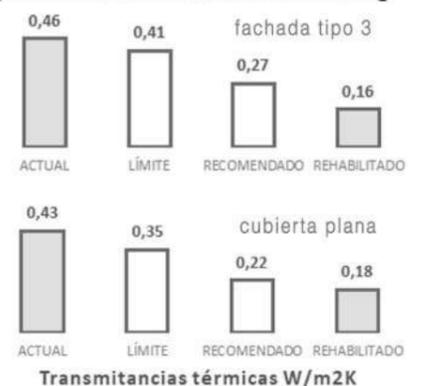
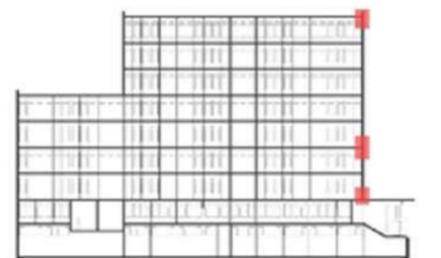
estado REHABILITADO

leyenda CONSTRUCTIVA



- 1 Forjado unidireccional HA
- 2 Pilar hormigón armado
- 3 Forjado viguetas prestensadas
- 4 Muro sótano hormigón armado
- 5 Losa descansillo
- 6 Viga de canto
- 7 Viga plana
- 8 Línea imposta
- 9 Fábrica LCV
- 10 Fábrica LHD
- 11 Cámara aire
- 12 Chapa grecada galvanizada
- 13 Perfiles IPE
- 14 Canalón perimetral metálico
- 15 Aislamiento vitrofib
- 16 Agdal impermeabilizante
- 17 Falso techo
- 18 Aislamiento XPS
- 19 Aislante reflexivo
- 20 PYL (1,5 cm)
- 21 Vidrio doble acanalado
- 22 U-Glass
- 23 Aislante difusor traslúcido
- 24 Capa compresión mortero
- 25 Pavimento gres porcelánico
- 26 Enfoscado fratasado
- 27 Grava
- 28 Lámina geotextil
- 29 Lámina impermeable
- 30 Canalón con aislamiento
- 31 Panel sándwich aislamiento
- 32 Falso techo con lana mineral
- 33 Cercha metálica
- 34 Medianera
- 35 Carpintería metálica
- 36 Carpintería madera
- 37 Cajonera con aislamiento
- 38 Cajonera persiana
- 39 Albardilla de piedra
- 40 Mortero de cemento
- 41 Proyección PUR
- 42 Perfil metálico tubular
- 43 Vierteaguas metálico
- 44 Perfil arranque-coronación U-G
- 45 Remate peto cubierta

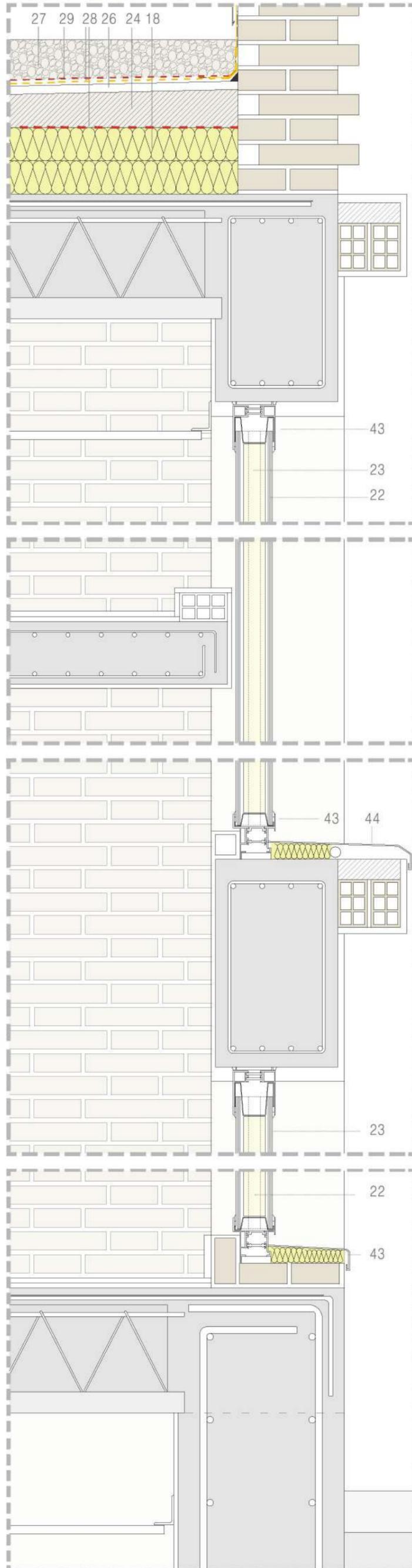
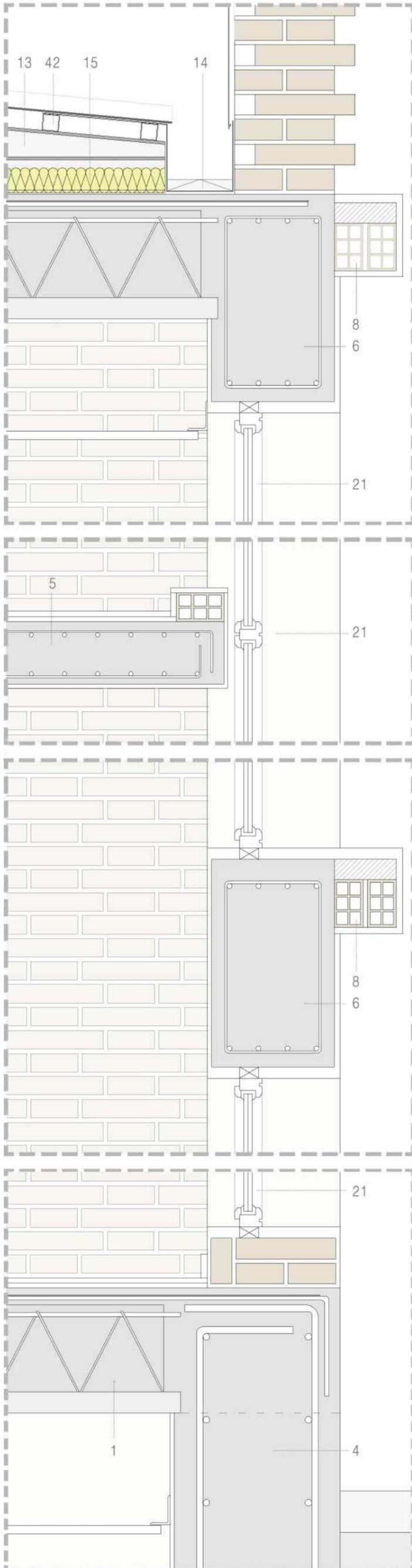
La propuesta de rehabilitación de la fachada tipo 3 es igual que en la tipo 1 y pasa por un refuerzo de su sistema aislante, mediante un trasdosado interior de aislante reflexivo. Este aislante reflexivo se coloca entre dos cámaras de aire de 2 cm. Una instalación sin fallos es fundamental para que el sistema aislante funcione correctamente. Se ha optado por intervenir en el interior del cerramiento por la importancia de su cara exterior en la composición de la fachada y el edificio. Esta intervención servirá también para la reducción de distintos puentes térmicos. En cuanto a la cubierta plana del edificio, se procederá a la retirada de la cubierta inclinada existente (los 6 cm de vitrofib, la perfilera metálica IPN de formación de pendiente y la chapa metálica galvanizada de evacuación de aguas) para ejecutar, sobre el forjado de hormigón armado de última planta, una solución de cubierta plana con acabado de grava, recuperando la cubierta que se proyectó originalmente. En la cubierta plana del zócalo se reforzará el sistema aislante mediante el trasdosado interior con un sistema de falso techo de las mismas características que el empleado en la rehabilitación de la cubierta inclinada.



estado ACTUAL

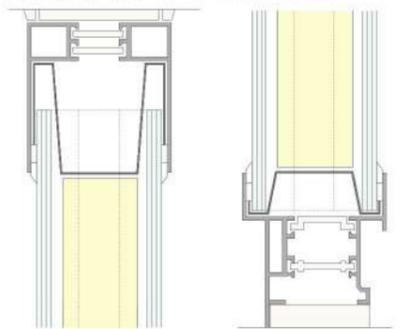
estado REHABILITADO

leyenda CONSTRUCTIVA

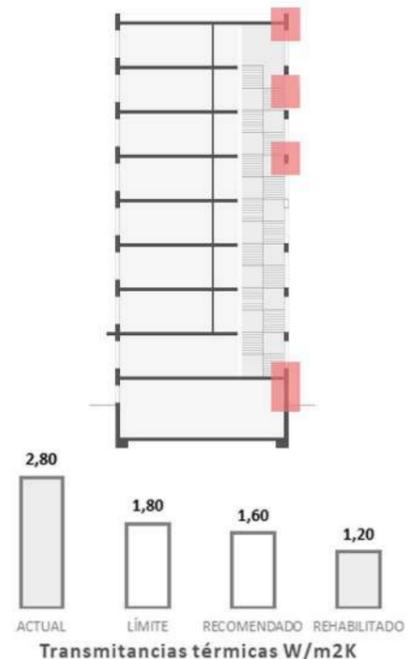


- 1 Forjado unidireccional HA
- 2 Pilar hormigón armado
- 3 Forjado viguetas prestensadas
- 4 Muro sótano hormigón armado
- 5 Losa descansillo
- 6 Viga de canto
- 7 Viga plana
- 8 Línea imposta
- 9 Fábrica LCV
- 10 Fábrica LHD
- 11 Cámara aire
- 12 Chapa grecada galvanizada
- 13 Perfiles IPE
- 14 Canalón perimetral metálico
- 15 Aislamiento vitrofib
- 16 Agdal impermeabilizante
- 17 Falso techo
- 18 Aislamiento XPS
- 19 Aislante reflexivo
- 20 PYL (1,5 cm)
- 21 Vidrio doble acanalado
- 22 U-Glass
- 23 Aislante difusor traslúcido
- 24 Capa compresión mortero
- 25 Pavimento gres porcelánico
- 26 Enfoscado fratasado
- 27 Grava
- 28 Lámina geotextil
- 29 Lámina impermeable
- 30 Canalón con aislamiento
- 31 Panel sándwich aislamiento
- 32 Falso techo con lana mineral
- 33 Cercha metálica
- 34 Medianera
- 35 Carpintería metálica
- 36 Carpintería madera
- 37 Cajonera con aislamiento
- 38 Cajonera persiana
- 39 Albardilla de piedra
- 40 Mortero de cemento
- 41 Proyección PUR
- 42 Perfil metálico tubular
- 43 Vierteaguas metálico
- 44 Perfil arranque-coronación U-G
- 45 Remate peto cubierta

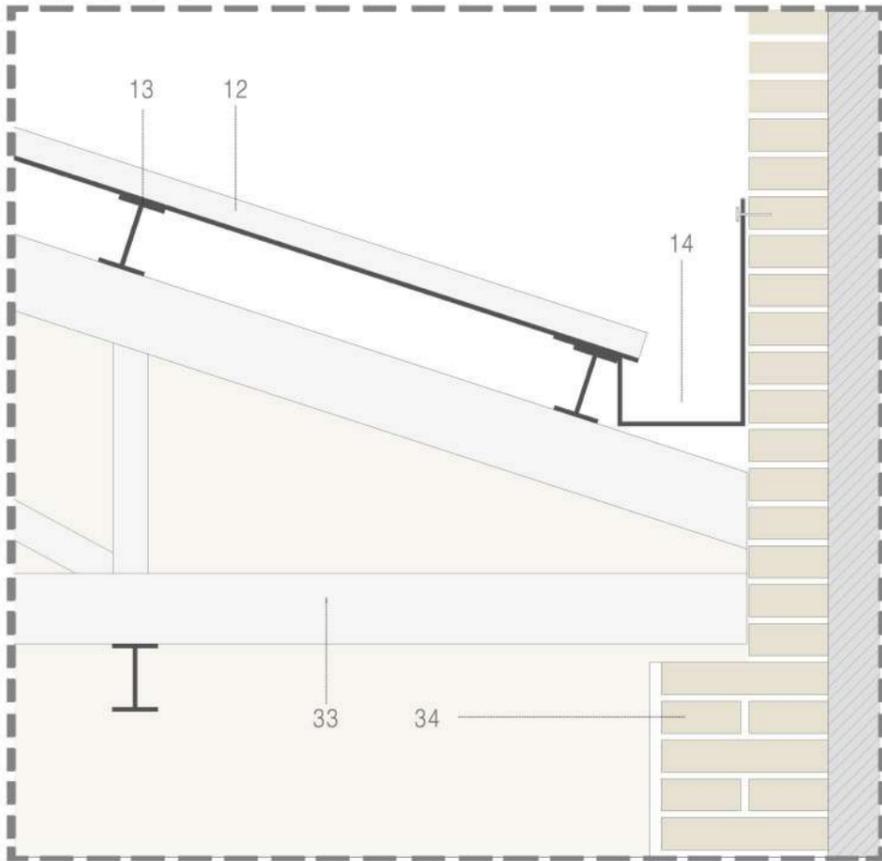
La intervención en estas fachadas pasa por sustitución por otras de U-Glass, de similar morfología a la actual con el objetivo de aumentar su aislamiento térmico y que los núcleos de escaleras pasen a formar parte de la envolvente del edificio. En el interior del doble cerramiento de U-Glass se incorpora una capa de aislante térmico difusor traslúcido que consigue una transmitancia térmica de 1,2 W/m2K. La instalación se completa con perfiles metálicos en arranque y coronación para una correcta fijación y estanqueidad, incorporando una banda elástica para la posible dilatación del cerramiento.



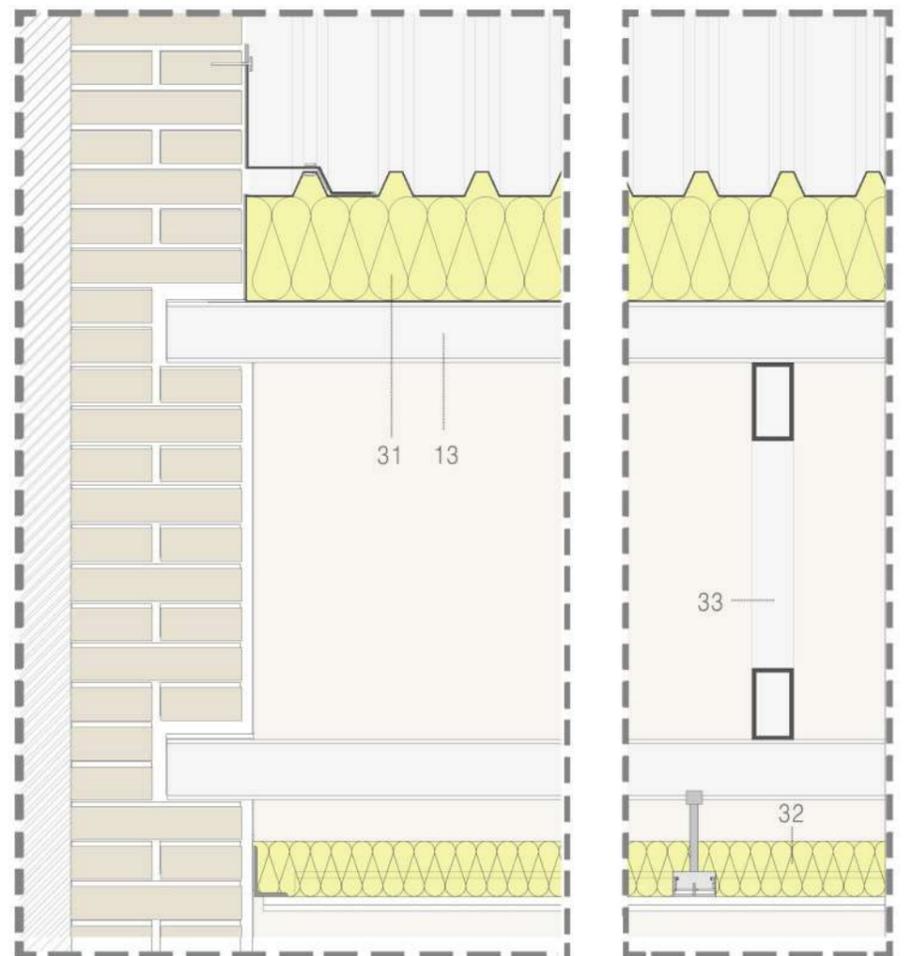
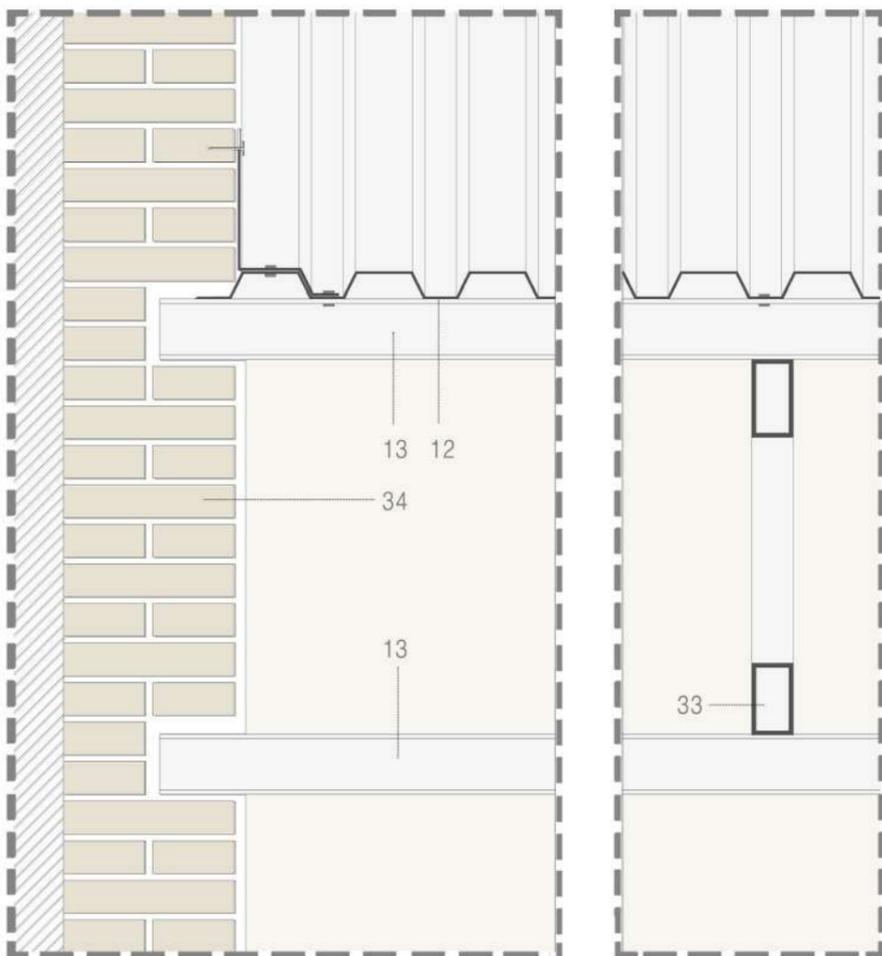
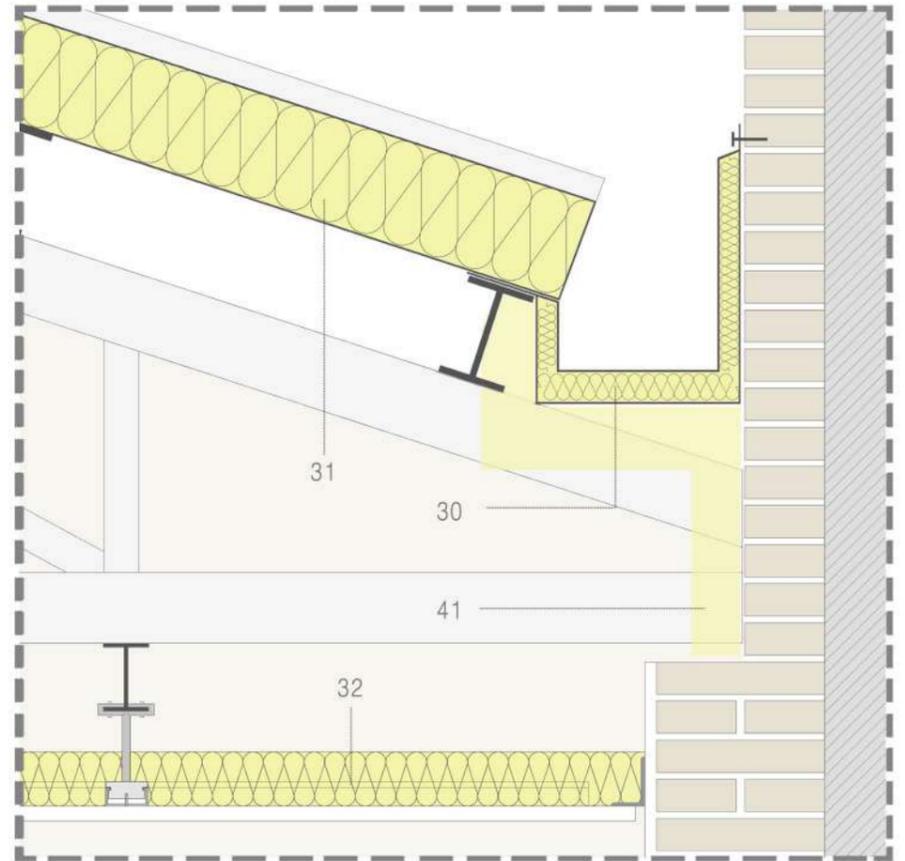
detalle arranque y coronación U-Glass



estado ACTUAL

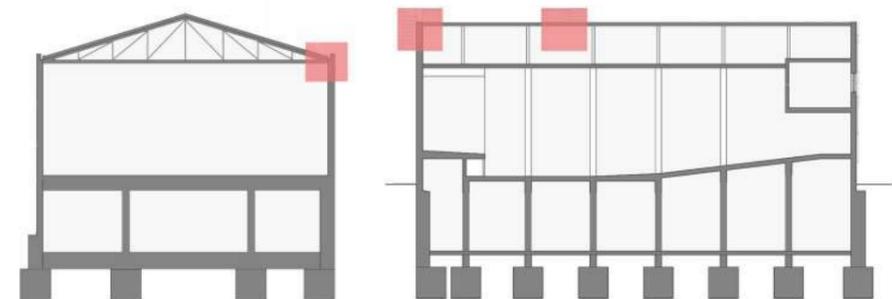


estado REHABILITADO



leyenda CONSTRUCTIVA

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Forjado unidireccional HA | 27 Grava |
| 2 Pilar hormigón armado | 28 Lámina geotextil |
| 3 Forjado viguetas prestensadas | 29 Lámina impermeable |
| 4 Muro sótano hormigón armado | 30 Canalón con aislamiento |
| 5 Losa descansillo | 31 Panel sándwich aislamiento |
| 6 Viga de canto | 32 Falso techo con lana mineral |
| 7 Viga plana | 33 Cercha metálica |
| 8 Línea imposta | 34 Medianera |
| 9 Fábrica LCV | 35 Carpintería metálica |
| 10 Fábrica LHD | 36 Carpintería madera |
| 11 Cámara aire | 37 Cajonera con aislamiento |
| 12 Chapa grecada galvanizada | 38 Cajonera persiana |
| 13 Perfiles IPE | 39 Albardilla de piedra |
| 14 Canalón perimetral metálico | 40 Mortero de cemento |
| 15 Aislamiento vitrofibr | 41 Proyección PUR |
| 16 Agdal impermeabilizante | 42 Perfil metálico tubular |
| 17 Falso techo | 43 Vierteaguas metálico |
| 18 Aislamiento XPS | 44 Perfil arranque-coronación U-G |
| 19 Aislante reflexivo | 45 Remate peto cubierta |
| 20 PYL (1,5 cm) | |
| 21 Vidrio doble acanalado | |
| 22 U-Glass | |
| 23 Aislante difusor traslúcido | |
| 24 Capa compresión mortero | |
| 25 Pavimento gres porcelánico | |
| 26 Enfoscado fratasado | |



La solución que se propone pasa por retirar el sistema actual de evacuación de agua mediante la chapa metálica grecada y las correas sobre las que esta se apoya. Posteriormente se va a aislar la cubierta mediante la colocación de un panel sandwich con aislamiento sobre una nueva familia de correas metálicas de perfiles IPE con mayor canto (ha sido necesario sustituirlas para que perimetralmente el canalón pudiera tener mayor altura ya que en el estado actual estos elementos de cubierta se encontraban infradimensionados). También se colocará un nuevo canalón perimetral (formado por dos capas metálicas que encierran un núcleo aislante) y una proyección de PUR para reducir el puente térmico que se produce en el encuentro del panel de sándwich con el canalón perimetral junto a la medianera. Por último, se instalará un sistema de falso techo con aislamiento de lana de roca.

