

Trabajo Fin de Grado

Actualización de edificios según CTE: La Confederación Hidrográfica del Ebro

Updating of buildings according to CTE: La Confederación
Hidrográfica del Ebro

MEMORIA 1/2

Autor

Helena Herrera Velarte

Director

Santiago Carroquino Larraz



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. Helena Herrera Velarte,

con nº de DNI 73004575E en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado _____, (Título del Trabajo)

Actualización de edificios según CTE: la Confederación Hidrográfica del Ebro

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, a 1 de septiembre de 2016

Fdo: Helena Herrera Velarte

ACTUALIZACIÓN DE EDIFICIOS SEGÚN CTE:

LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



RESUMEN

La disminución de obra nueva tras las crisis inmobiliaria de 2008, ha generado una reorientación del sector de la edificación hacia la rehabilitación del patrimonio existente. Gracias a las ayudas y subvenciones de diferentes órganos administrativos, se ha propulsado el reconocimiento del valor histórico y arquitectónico de las obras, a la vez que se han introducido criterios sostenibles en el sector.

Ante la situación precaria del medio ambiente, donde los recursos naturales se están agotando y la contaminación está acelerando el cambio climático, la rehabilitación supone una solución óptima para reducir los gastos energéticos y de materiales en el sector de la construcción.

El objetivo primordial de la rehabilitación es conservar el edificio y garantizar un uso adecuado del mismo. Cada inmueble es una pieza única que requiere de unas transformaciones específicas. Por ello, resulta dificultoso enunciar unas propuestas de mejora tipo que sean aplicables a todos los edificios.

Dentro de este contexto, este trabajo tiene como objeto de estudio analizar el estado actual de un edificio y proponer posibles transformaciones para mejorar la calidad y experiencia del usuario. En concreto, se estudia la sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro de los hermanos Borobio, declarada Bien de Interés Cultural en 2009.

El edificio de la Confederación supone un perfecto ejemplo para estudiar las estrategias que se pueden utilizar en la rehabilitación de edificios con valor arquitectónico, en los que la principal premisa es conservar su carácter original.

ÍNDICE

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	4
EL CONTEXTO DEL EDIFICIO DE LA CONFEDERACIÓN. TRES PROTAGONISTAS	6
EL AMBIENTE: CAMINO HACIA LA MODERNIDAD	7
LOS ARQUITECTOS: REGINO Y JOSÉ BOROBIO	8
EL CLIENTE: LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO	9
LA SEDE DE LA CONFEDERACIÓN. ESTADO INICIAL Y TRANSFORMACIONES	14
EL EDIFICIO DE LOS HERMANOS BOROBIO, 1936-1946	15
Recreación de las soluciones constructivas del edificio ori- ginal de los hermanos Borobio	17
OBRAS MENORES POSTERIORES, 1946-1992	21
AMPLIACIÓN DE JOSÉ MANUEL PÉREZ LATORRE, 1993- 1995	22
Recreación de las soluciones constructivas de la amplia- ción de José Manuel Pérez Latorre	22
ÚLTIMAS MODIFICACIONES. ESTADO ACTUAL	27
Recreación de las soluciones constructivas del estado ac- tual del edificio de la Confederación	27
VERIFICACIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICA- CIÓN	30
EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVA DE LA EDIFICACIÓN	31
DB-HE AHORRO DE ENERGÍA	31
DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO	39
DB-HS SALUBRIDAD	43
DB-SI SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO	46
DB-SUA SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD	51
CRITERIOS SOSTENIBLES Y SU APLICACIÓN EN EL EDI- FICIO DE LA CONFEDERACIÓN	52
EL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD	53

NOCIONES BÁSICAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	53
Clima y orientación	54
Estrategias pasivas para el ahorro energético	54
Utilización de energías renovables	55
Uso de materiales sostenibles	56
Materiales peligrosos	57
ESTRATEGIAS SOSTENIBLES UTILIZADAS EN EL EDIFICIO DE LA CONFEDERACIÓN	58
PROPUESTAS DE MEJORA DEL EDIFICIO DE LA CONFEDERACIÓN	60
SÍNTESIS DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS	61
PROPUESTAS DE TRANSFORMACIÓN	62
VERIFICACIÓN DE LAS NUEVAS PROPUESTAS	69
Comprobación del límite de demanda energética	69
Comprobación de protección frente al ruido	76
Comprobación de protección frente a la humedad	78
Comprobación de seguridad ante incendios y accesibilidad	78
CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	84

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Durante los últimos años, la rehabilitación de los edificios ha adquirido un gran protagonismo dentro del sector de la construcción. Con la ley de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas de 2013 se ha impulsado la reconversión y reactivación del sector inmobiliario hacia un modelo sostenible e integrador, con el objetivo de mejorar el estado de conservación, la accesibilidad, la calidad, la sostenibilidad y la eficiencia energética de los edificios existentes.

Con este trabajo se pretende estudiar un caso concreto de rehabilitación, proponiendo una serie de transformaciones para mejorar su conservación y la experiencia del usuario. Estas propuestas podrían extrapolarse a otros edificios de características similares.

El edificio objeto de estudio es la sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro, construida en 1946 por los hermanos Borobio en Zaragoza. Se han escogido estas oficinas por ser la obra culmen de los arquitectos zaragozanos y ser uno de los mejores ejemplos de racionalismo en la ciudad. Asimismo, dado su valor arquitectónico e histórico, permite analizar cómo se rehabilita y qué limitaciones tiene un edificio declarado Bien de Interés Cultural.

El trabajo se estructura en tres partes. En primer lugar, se realiza un análisis histórico y constructivo del edificio, desde su estado inicial hasta su estado actual, haciendo hincapié en la obra original de los hermanos Borobio y en la ampliación de José Manuel Pérez Latorre. Se realiza una recreación de las soluciones constructivas empleadas a partir de la documentación original consultada en los Archivos Municipales, la Biblioteca de la Confederación y el Archivo BAU; y de las visitas al edificio.

Con este catálogo propio de soluciones constructivas se verifica el cumplimiento de las exigencias actuales del Código Técnico de la Edificación. Debido a la falta de información detallada, sólo se estudia algunas secciones del mismo. En este apartado se utiliza la herramienta unificada HULC para determinar la demanda energética del edificio.

Tras la comprobación de la normativa actual, se realiza un breve estudio de criterios sostenibles empleados en el edificio, así como otras estrategias que favorecen un desarrollo sostenible.

Por último, una vez detectados los problemas de la sede, se proponen una serie de mejoras cuya premisa es conservar la idea original del proyecto. Tras aplicar estas transformaciones al edificio se comprueba de nuevo si se satisfacen las exigencias estudiadas en los apartados anteriores.

EL CONTEXTO DEL EDIFICIO DE LA CONFEDERACIÓN. TRES PROTAGONISTAS

La sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro se considerada uno de los mejores ejemplos del racionalismo en Zaragoza. Su arquitectura honesta surge como resultado de una convergencia de tres factores.

A principios del siglo XX, se produce una crisis intelectual tanto en el país como en Europa, como consecuencia de la situación política y social del momento. Asimismo, los arquitectos encargados del proyecto, Regino y José Borobio, tienen un especial interés en realizar una arquitectura afín a su tiempo. Para ello, no existe mejor cliente que la Confederación, organización que se encuentra en auge, deseosa de nuevas iniciativas y progresos.



Fig 1. Pabellón de l'Esprit Nouveau, Le Corbusier, Exposición de Artes Decorativas de París, 1925.
Fuente: Fundación Le Corbusier.



Fig 2. Gasolinera "Petróleos Porto Pi", Casto Fernández-Shaw, Madrid, 1927.
Fuente: Carlos Flores



Fig 3. Casa del marqués de Villora, Rafael Bergamín, Madrid, 1927.
Fuente: Carlos Flores



Fig 4. Rincón de Goya, Fernando García Mercadal, Zaragoza, 1928.
Fuente: Carlos Flores

EL AMBIENTE: CAMINO HACIA LA MODERNIDAD

Los primeros años del siglo XX se encuentran marcados por una inestabilidad política desencadenada por la Primera Guerra Mundial (1914-1918). La destrucción generada durante el conflicto bélico conduce, en el ámbito de las artes, a una necesidad intelectual y funcional que se traduce en la creación de un nuevo estilo revolucionario: el movimiento moderno.

Al margen de los hechos que acontecían en Europa, las Escuelas de Arquitectura españolas continuaban con el historicismo del siglo anterior. No es hasta la Segunda República (1931-1939) cuando se impulsan estas nuevas ideas en la arquitectura española. (Bohigas, 1970)

La adscripción de los arquitectos españoles al nuevo estilo es lenta. Existen grandes limitaciones constructivas y económicas que no permiten grandes alardes técnicos. Arquitectos como Secundino Zuazo, Antonio Flórez y Modesto López Otero, entre otros, apuestan por una arquitectura basada en la simplificación formal, la racionalidad en el empleo de materiales, la sencillez y el uso de geometrías simples. (Pozo, J. M. y Tena, L., 1999)

Un punto de inflexión en la arquitectura española de principios del siglo XX es la Exposición de Artes Decorativas de París de 1925, que causa una gran conmoción en los jóvenes arquitectos españoles, como comenta posteriormente Fernando García Mercadal:

"Para mí el impacto fue Le Corbusier, cuyos escritos polémicos ya conocía. El pabellón de L'Esprit Nouveau (Fig.1) significaba ver materializadas todas sus ideas que tanta sugestión ofrecían a los que entonces éramos jóvenes y buscábamos nuevos caminos. Creo que fue un acontecimiento verdaderamente importante para nosotros, y con gran resonancia en su momento." (García Mercadal, 1967)

A raíz de esta exposición, surge la "Generación del 25", formada por arquitectos titulados entre 1918 y 1925 en la Escuela de Arquitectura de Madrid. Esta generación presenta un interés común por el estudio de las obras de otros países, la ruptura con la tradición clásica y regional; y la utilización de esquemas antiguos con envolventes simplificadas. (Flores, 1964)

Estas ideas quedan reflejadas en las tres primeras obras españolas afines al Movimiento Moderno: la gasolinera de "Petróleos Porto Pi" de Casto Fernández-Shaw (Madrid, 1927) (Fig.2), la casa del marqués de Villora de Rafael Bergamín (Madrid, 1927) (Fig.3) y el Rincón de Goya de Fernando García Mercadal (Zaragoza, 1928) (Fig.4).

Dentro del panorama zaragozano, en las dos primeras décadas del siglo XX triunfa, como en el resto del país, la tradición historicista y eclectista con obras de Félix Navarro, Ricardo Magdalena y Julio Bravo. Son las figuras de Fernando García Mercadal y Regino Borobio, ambos pertenecientes a la "Generación del 25", quienes impulsan el cambio hacia una arquitectura más racionalista y funcional.

LOS ARQUITECTOS: REGINO Y JOSÉ BOROBIO

La obra de los hermanos Borobio, tanto por separado como en conjunto, es muy extensa y fructífera, englobando diferentes tipologías desde viviendas hasta facultades de universidad o pueblos de colonización. Juegan un importante papel en la arquitectura española de principios de siglo XX, como se puede deducir de las palabras de Javier Carvajal sobre Regino Borobio:

“Borobio fue un gran arquitecto porque fue precursor de lo que hoy se nos aparece como obvio, pero que ayer fue razón de silencio y de olvido.” (Carvajal, 1990)

Regino Borobio nace en 1895 en Zaragoza. Estudia en la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid donde coincide con Agustín Aguirre, José Azpiroz, Manuel Muñoz Casayús y Manuel Sánchez Arcas, miembros todos ellos de la “Generación del 25”. Tras obtener el título en 1920, se instala en Zaragoza donde establece su estudio.

Desempeña numerosos cargos en la administración, como por ejemplo arquitecto escolar en Huesca (1921) o arquitecto jefe de la Dirección de Arquitectura Municipal de Zaragoza (1936-1942). Cabe destacar su participación en el Servicio de Arquitectura de la Confederación Hidrográfica del Ebro hasta 1931, donde realiza granjas agrícolas, escuelas, viviendas para obreros y sencillas oficinas. Este trabajo le permite conocer el funcionamiento de la organización, lo que le ayudará en el futuro a la hora de proyectar el edificio de la Confederación. (Laborda, 2001)

En 1931, tras finalizar la carrera, se incorpora a su estudio su hermano José, doce años menor. José estudia en Madrid, donde trabaja de estudiante con Rafael Bergamín, Casto Fernández-Shaw, Teodoro de Anasagasti, Secundino Zuazo y Fernando García Mercadal. (Vázquez, 2007)

Según José Manuel Pozo, la obra de Regino Borobio puede dividirse en tres fases, entendiendo fase no como un cambio radical sino una evolución de las influencias. Junto a este progreso, siempre mantiene sus características definitorias: sencillez, firmeza, funcionalidad, solidez y durabilidad. (Pozo, 1990)

En sus obras de la primera etapa (1919-1925/26), se evidencia las influencias de la Escuela de Madrid en aspectos compositivos (simetría, agregación lineal, espacios de relación y distribución, etc) así como las referencias modernistas que paulatinamente son depuradas.

La casa Gil Iguacel (Zaragoza, 1924) (Fig.5) pertenece a esta primera fase. Se trata de un edificio de viviendas que se resuelve con dos residencias por planta y un patio interior central, solución típica en el ensanche zaragozano. En fachada, se busca una interpretación moderna del palacio aragonés renacentista, dividiéndola en tres partes: el cuerpo bajo, de ingreso con grandes huecos; el central, liso con huecos sencillos y balcones; y el remate, con huecos menores y una galería de arquillos. (V.V.A.A., 1991)



Fig 5. Casa Gil Iguacel, Regino Borobio, Zaragoza, 1924.
Fuente: Archivo BAU



Fig 6. Colegio para las religiosas de la Enseñanza, Regino Borobio, Zaragoza, 1925.

Fuente: Archivo BAU

Con el colegio para las religiosas de la Enseñanza (Zaragoza, 1925) se inicia su segunda etapa (1925-1929/30) donde incorpora aspectos de la arquitectura regional, como el uso del ladrillo, a la vez que utiliza formas cada vez más puras.

El colegio para las religiosas de la Enseñanza (Fig.6) destaca por su funcionalidad y sencillez compositiva. Se resuelve mediante dos volúmenes simétricos articulados en torno a un volumen central, más alto y retranqueado que sirve de acceso. La fachada se compone a base de un orden apilastrado de paños de ladrillo, prescindiendo de cualquier elemento decorativo. (V.V.A.A., 1991)

Su tercera etapa (1930-1936) se inicia con la incorporación de su hermano al estudio, quien introduce un estilo cubista. Este nuevo lenguaje se yuxtapone a las tipologías tradicionales, recogiendo de la vanguardia únicamente las cuestiones formales. La obra síntesis de esta actitud es el edificio de la Confederación Hidrográfica del Ebro (Zaragoza, 1936-1946).

EL CLIENTE: LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

La Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro se constituye en 1926, gracias a la iniciativa de Manuel Lorenzo, ingeniero de caminos. Se trata de un organismo de gestión, regulación y mantenimiento de las aguas y riegos de la cuenca hidrográfica del Ebro cuyo objetivo es gestionar toda la cuenca fluvial de manera unitaria. Es un proyecto pionero en su tiempo que sirve como referente a posteriores empresas españolas y extranjeras. (Barrera, 2007)

Desde sus inicios, la Confederación se instala en diversos locales dispersos por Zaragoza, los cuales no satisfacen sus necesidades y resultan demasiado costosos. Dos años después de su creación, la Confederación compra una serie de solares en Paseo Sagasta para construir su edificio central en la ciudad.

Inicialmente, en 1928, se proyecta como primera sede un pequeño edificio de oficinas, la Casa del Ebro (Fig.7), diseñado por el arquitecto Pascual Bravo. Con el fin de reservar la mayor parte de la superficie del solar para la construcción del edificio principal, se opta por edificar la Casa del Ebro en la medianería.

Ante la falta de una ordenación urbana detallada de la zona, Pascual Bravo plantea abrir una vía privada en el solar, perpendicular al paseo Sagasta. Esta nueva vía permite, por una parte, resolver el edificio con tres fachadas y una medianera, sin la necesidad de crear un patio interior. Por otra parte, la sede principal disfrutaría de una posición exenta, con cuatro fachadas totalmente libres. (Laborda, 2001)



Fig 7. Alzado de la Casa del Ebro, Pascual Bravo, Zaragoza, 1928.

Fuente: Archivo Municipal de Zaragoza

En poco tiempo, la Casa del Ebro queda obsoleta, incapaz de albergar todos los servicios técnicos de la organización. Ante estos problemas, se decide construir la sede principal que reunirá todas las oficinas y despachos de los Servicios Hidráulicos del Ebro. El resto de los servicios de obras públicas y carreteras se localizarán en el edificio existente de Pascual Bravo.

Para la construcción del nuevo edificio de la Confederación, se convoca el 4 de febrero de 1933 un concurso público de anteproyectos¹. El plazo de presentación termina el 10 de marzo de ese mismo año, por lo que los participantes apenas tienen un mes para estudiar el programa y preparar una propuesta.

Se presentan nueve anteproyectos pertenecientes a los arquitectos José Beltrán Navarro, Regino y José Borobio, Pascual Bravo, Manuel Cervera Aranda, José Descartín, Fernando García Mercadal, Roberto García Ochoa, Casimiro Lanaja Bel y José Pellicer Gambus y Francisco Clavera Armenteros.

El 14 de abril de 1933, el jurado² elige de forma unánime los anteproyectos de Regino y José Borobio, de Pascual Bravo y de Fernando García Mercadal; siendo el de los hermanos Borobio el seleccionado para construirse. (Laborda, 2001)

Tanto Pascual Bravo como Regino Borobio conocen a la perfección el funcionamiento y programa de la Confederación ya que habían trabajado para ella anteriormente.

El anteproyecto de Pascual Bravo (Fig.8-9) propone ampliar el ancho de la vía interior y retranquear el edificio respecto de la calle Lagasca, reduciendo así la superficie ocupada del solar. Esto le obliga a construir una planta más para cumplir el programa.

El edificio se resuelve con una planta en H, simétrica en sus dos ejes ortogonales, donde se distingue un acceso principal y dos secundarios. La entrada principal, retranqueada y porticada, se realiza desde el paseo Sagasta. En los extremos del eje longitudinal, se producen accesos secundarios a la calle Lagasca y a la vía interior que comunica con el antiguo edificio de la Confederación.

En el centro de la planta en H, se sitúan las conexiones verticales. El pasillo principal recorre el eje longitudinal que continúa en dos corredores transversales, uno en cada extremo del edificio. Bravo da gran importancia a la iluminación, introduciéndola en los pasillos en sus extremos y distribuyendo las estancias de tal manera que todas sean exteriores.

El edificio se proyecta en estructura porticada de hormigón armado con luces de 5 metros, susceptible de ser compartimentado según las necesidades.

¹ Anuncio en la Gaceta de Madrid el 5 de febrero de 1933: “*Se abre un concurso de anteproyectos para la construcción en Zaragoza de un edificio que, como complemento del actualmente destinado a la Mancomunidad del Ebro y en los solares colindantes con éste, sirva para instalar todos los servicios dependientes del Ministerio de Obras Públicas en la mencionada capital. El plazo de presentación de anteproyectos, que deben presentarse en las oficinas de la mencionada Mancomunidad, terminará el 10 de marzo, a las 12 del día.*”

² El Jurado está formado por el presidente, Vicente Núñez Cabanas, Delegado de los Servicios Hidráulicos del Ebro, y los vocales, Félix de los Ríos Martín, Ingeniero Director de Obras Hidráulicas del Ebro, Fernando Hue de la Barrera, Ingeniero Jefe de Obras Públicas de la Provincia, Miguel Ángel Navarro Pérez, Arquitecto Jefe de la Dirección de Arquitectura Municipal, Teodoro Ríos Balaguer, Delegado del Colegio de Arquitectos de Zaragoza, Carlos Gato Soldevilla, Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, y Luis Blanco Soler, Delegado del Colegio Central de Arquitectos de Madrid.



Fig 8. Alzado principal del anteproyecto para el edificio de la Confederación, Pascual Bravo, Zaragoza, 1933.
Fuente: Archivo CHE

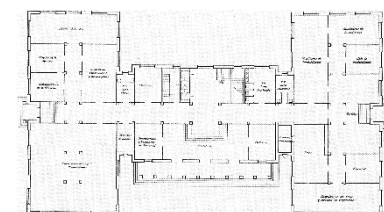


Fig 9. Planta calle del anteproyecto para el edificio de la Confederación, Pascual Bravo, Zaragoza, 1933.
Fuente: Archivo CHE

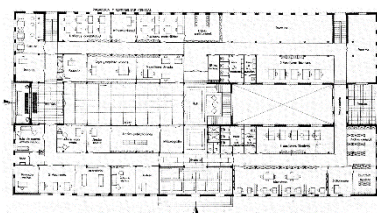


Fig 10. Planta calle del anteproyecto para el edificio de la Confederación, Fernando García Mercadal, Zaragoza, 1933.

Fuente: Archivo CHE

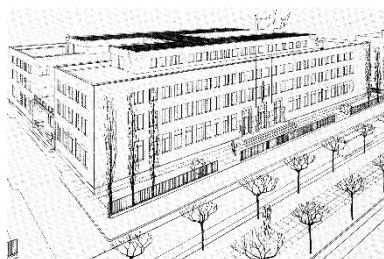


Fig 11. Perspectiva del anteproyecto para el edificio de la Confederación, Fernando García Mercadal, Zaragoza, 1933.

Fuente: Archivo CHE

La fachada, con una estética similar a su edificio precedente, es de ladrillo visto y carpintería metálica.

Al igual que Pascual Bravo, García Mercadal plantea una planta en H, pero en sentido contrario (Fig.10-11). Crea dos accesos, uno principal en paseo Sagasta, y otro secundario en la vía privada. La entrada porticada a través de paseo Sagasta se realiza en medio del lado largo de la H que conduce a un pequeño vestíbulo. Aprovechando el hueco izquierdo de la H tumbada, se realiza el acceso secundario a través de un patio acristalado.

El núcleo de comunicaciones principal se sitúa en el centro del edificio, uniendo ambas alas. Asimismo, se colocan escaleras secundarias en cada uno de los extremos del ala de la calle Gil de Jasa.

La separación entre los dos lados largos de la H es de unos 7 metros. En cada lado, las dependencias se distribuyen en torno a un pasillo central sin luz natural. En consecuencia, no todas las estancias tienen vistas a la calle ni una iluminación óptima.

Cabe destacar de este anteproyecto la incorporación de una pequeña cantina que no era requerida en las bases del concurso pero que con el tiempo ha sido evidente su necesidad.

La fachada es de ladrillo visto y carpintería metálica, con huecos seriados que recuerdan al anteproyecto de los Borobio.

A diferencia de las dos propuestas anteriores, los hermanos Borobio optan por una disposición en planta en forma de E tumbada (Fig.12-13). El lado longitudinal corresponde a la fachada principal donde se sitúan las dependencias representativas. El resto de servicios se localizan en los brazos cortos, paralelos a las calles secundarias. El vestíbulo y las comunicaciones verticales ocupan el brazo central de la E. En el extremo de este mismo brazo, en un volumen más bajo, se proyectan las dos casas de los conserjes con comunicación directa con el edificio.

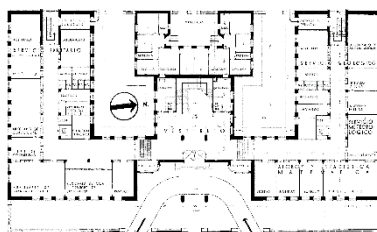


Fig 12. Planta calle del anteproyecto para el edificio de la Confederación, Regino y José Borobio, Zaragoza, 1933.

Fuente: Archivo CHE

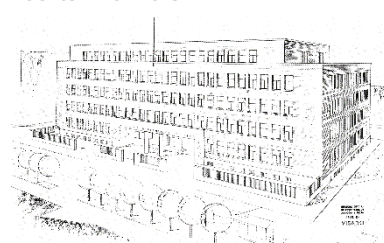


Fig 13. Perspectiva del anteproyecto para el edificio de la Confederación, Regino y José Borobio, Zaragoza, 1933.

Fuente: Archivo CHE

Plantean un único acceso por Paseo Sagasta, desvinculándose del edificio existente de Pascual Bravo, a pesar de ser una de las premisas del concurso. La entrada se realiza a través de un pórtico hacia adentro, sin romper la tersura de la fachada de ladrillo.

El programa se resuelve mediante un pasillo continuo en forma de U, con escaleras en los extremos. En la cara exterior de esta U, se distribuyen los despachos, consiguiendo niveles óptimos de iluminación y ventilación. En la cara interior, se sitúan los vestuarios y demás servicios secundarios.

En la memoria del anteproyecto explican su composición de la fachada:

“El aspecto exterior del edificio es una consecuencia de su disposición general y de su distribución. La condición, que consideramos capital, de poder tener con facilidad modificaciones en la distribución, nos ha impuesto la ordenación de elementos iguales de estructura, que se traduce en la repetición de ventanas iguales. En la fachada de poniente no hay más huecos que los ventanales de loseta de cristal de las escaleras y las ventanas de la galería principal. Así hemos obtenido un juego de masas y de huecos y macizos que, juntamente con el material elegido de ladrillo, imprimen carácter al

edificio. En la fachada principal hemos dado valor a la entrada mediante una composición del pórtico de carruajes de cierta monumentalidad, conseguida gracias a sus proporciones y a la aplicación de materiales ricos en su revestimiento, así como dos bajo-relieves alegóricos de los fines de la Entidad.”

Buscan la mayor libertad posible a la hora de compartimentar los despachos por lo que deciden resolver el edificio con estructura metálica, consiguiendo unas luces de hasta 6 metros.

LA SEDE DE LA CONFEDERACIÓN. ESTADO INICIAL Y TRANSFORMACIONES

El edificio de la Confederación Hidrográfica del Ebro se encuentra en una continua evolución. A lo largo de sus ochenta años de vida, ha experimentado diferentes cambios, algunos de ellos incluso durante la etapa de construcción.

A partir de la información consultada en los Archivos Municipales, la Biblioteca de la Confederación y el Archivo BAU, se realiza un estudio constructivo del edificio original de los Borobio y de las sucesivas actuaciones hasta llegar al estado actual.



Fig 14. Plano de emplazamiento del edificio de la Confederación en los años 30.
Fuente: Elaboración propia

EL EDIFICIO DE LOS HERMANOS BOROBIO, 1936-1946

La sede principal de la Confederación Hidrográfica del Ebro se sitúa en paseo Sagasta nº24-26 (Fig.14), en la zona del Ensanche, alejada entonces del centro de la ciudad. (Laborda, 1995)

El solar, con una superficie de unos 2.300m², está limitado por las calles Sagasta, Gil de Jasa y Lagasca; y por la vía privada que comunica con la Casa del Ebro de Pascual Bravo. Se trata de un terreno plano, de buen firme y regular.

Respecto al anteproyecto presentado para el concurso en 1933, los hermanos Borobio no realizaron modificaciones ni en planos ni en memoria del proyecto final del edificio de 1936 (Fig.15-17).

El programa se resuelve en cinco plantas y un sótano, la última de ellas retranqueada por normativa municipal. (Laborda, 1995) En planta, se distinguen tres alas. La nave longitudinal se distribuye en dos crujías, una de despachos y otra de circulaciones, mientras que en las naves laterales se utilizan tres crujías, una de despachos, otra de servicios y la central de circulaciones. Las conexiones verticales se localizan en la zona central del edificio junto al vestíbulo de entrada y en los extremos de los pasillos laterales.

Esta disposición programática permite por un lado, la óptima iluminación y ventilación de los despachos, situados en las fachadas exteriores, y por otro lado, conseguir luz natural en los pasillos distribuidores.



Fig 15. Fachada principal del edificio de la Confederación, Zaragoza, 1948.
Fuente: Archivo BAU

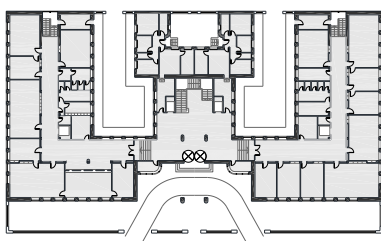


Fig 16. Planta calle del edificio original de los Borobio, Zaragoza, 1936.
Fuente: Elaboración propia

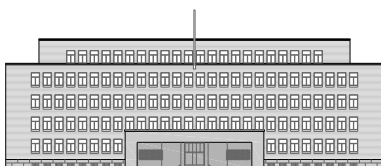


Fig 17. Alzado principal del edificio original de los Borobio, Zaragoza, 1936.
Fuente: Elaboración propia

La sede de la Confederación es ante todo un edificio funcional con un esquema claro de circulaciones, donde prima la libertad de compartimentación de los espacios. Esta compartimentación es posible gracias a la modulación en fachada, la eliminación de muros interiores y a la utilización de estructura metálica, que permite luces de 6 metros sin vigas de elevado canto. De este modo, a cada despacho tipo, de 4 metros de ancho, le corresponden dos ventanas. Si se requiere más espacio, se amplía la estancia cuantas ventanas se necesiten.

La fachada se resuelve con ladrillo ordinario visto, propio del lugar, y con un zócalo de piedra de 1,50 metros de altura. Se produce una seriación de ventanas iguales de 1,375 metros de ancho, con marco metálico, cierres de persiana enrollable y alfeizares de piedra; únicamente interrumpida por el pórtico de la entrada. El zócalo incluye ventanas alargadas de 1,10 metros de ancho para iluminar la planta sótano. En la parte posterior, se opta por grandes ventanales de ladrillo de vidrio con marco de nervios de cemento armado que iluminan las escaleras.

Los muros del sótano se realizan en fábrica de hormigón en masa y la cubierta a la catalana se sitúa sobre entramado de piso de hierro.

En el interior, los postes divisorios entre crujías incorporan armarios empotrados, donde quedan embebidos los pilares. Como pavimento se escoge baldosas de gres de 40x40mm para los pasillos y serrín de madera para los locales. En los despachos más importantes, se proyecta un revestimiento de madera, en el resto, enlucido de yeso sin decoración con escayola.

El uso de estructura metálica frente al hormigón armado presenta múltiples ventajas, como enumeran en la memoria del proyecto los propios arquitectos:

“En primer lugar encontramos una notable economía a su favor, demostrada en repetidos casos estudiados y llevados a la práctica en la localidad.

Por otra parte, la estructura de hormigón armado exige el ser completa, es decir, que las fachadas sean entramadas. En este caso, en que las fachadas son de fábrica de ladrillo, no hay razón ninguna que justifique este sistema, máxime cuando el trabajo a que resulta sometida la fábrica no alcanza en los machones más cargados 8,5 kg/cm².

Por último, la estructura de hierro presenta la ventaja de proporcionar cielos rasos seguidos, mientras que en el hormigón armado, para crujeas de 5 a 6 metros, se precisan jácnas o nervios transversales, los cuales constituyen una dificultad para hacer la división de los locales, cuando el tabique no coincide con uno de aquellos nervios, por el mal aspecto que presenta el techo.”

En cuanto a las instalaciones, la red eléctrica junto a la telefónica se diseña totalmente entubada y empotrada en los muros, aspecto novedoso en la época. Los radiadores del sistema de calefacción se proyectan bajo las ventanas con el fin de otorgar la mayor libertad posible en la distribución en planta.

Durante la fase de construcción del edificio (1936-1946) (Fig.18-20), a pesar de lo indicado en la memoria del proyecto, algunos materiales no se pueden utilizar debido a la situación inestable del país durante la Guerra Civil (1936-1939).

El caso más significativo es la sustitución de la estructura metálica por la de hormigón armado dado que los hierros laminados se tenían que transportar desde Bilbao, situado en el bando contrario al de la ciudad de Zaragoza. Este cambio de estructura conllevaba reducir las luces o bien dejar vistas las jácnas. Los Borobio optan por la funcionalidad frente a la estética y deciden mantener las luces previstas.

La construcción del edificio se alarga durante diez años a causa de la guerra, la cual no solamente había provocado retrasos en el suministro de materiales sino que obligó a José Borobio a acudir al frente, dejando a Regino a cargo de la supervisión de las obras. (Laborda, 2001)



Fig 18. Ejecución de la cubierta plana, Zaragoza, 1938.

Fuente: Archivo BAU

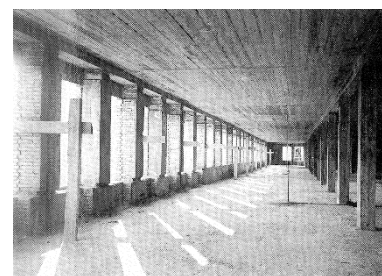


Fig 19. Estructura de hormigón armado, Zaragoza, 1938.

Fuente: Archivo BAU

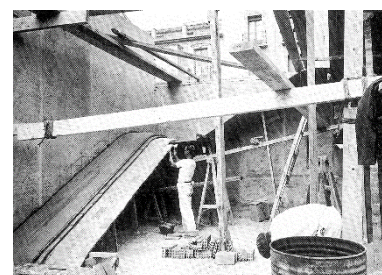


Fig 20. Ejecución de la escalera principal, Zaragoza, 1938.

Fuente: Archivo BAU

RECREACIÓN DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL EDIFICIO ORIGINAL DE LOS HERMANOS BOROBIO

A partir de la memoria del proyecto³, las fotografías de obra⁴ y las visitas al edificio⁵, se realiza un catálogo de elaboración propia de las soluciones constructivas⁶ empleadas en el edificio original de los hermanos Borobio (1933-1946).

Tanto la estructura como la cimentación se resuelven con hormigón de cemento Portland de 200kg por cada 800l de grava y 400l de arena de río. Como cimentación se utilizan zapatas aisladas. Los pilares de fachada presentan unas dimensiones de 50x30cm y los interiores de 30x30cm. Las vigas, de unos 55cm de canto, salvan luces de hasta 6 metros. Los forjados se resuelven con losas de 12cm de espesor.

Se distinguen los siguientes cerramientos verticales⁷:

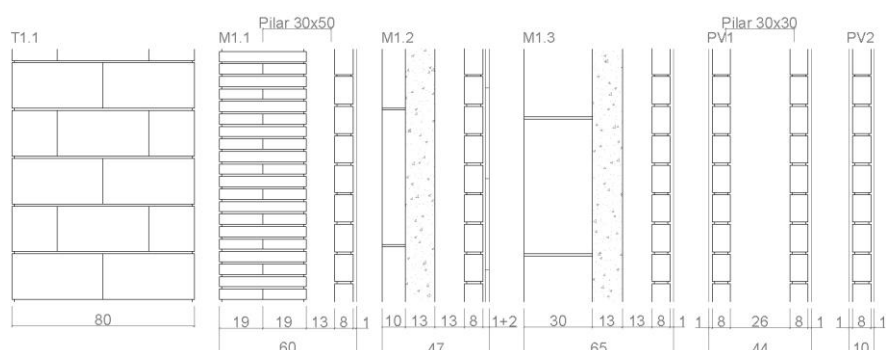


Fig 21. Recreación de los cerramientos verticales del edificio original de los Borobio.
Fuente: Elaboración propia

T1.1 Muro de sótano de fábrica de hormigón de 200kg de cemento Portland por cada 800l de grava y 400l de arena de río. Se rellena el interior con hormigón en masa y armaduras. El espesor total es 80cm.

M1.1 Muro exterior de fábrica de ladrillo visto ordinario a pie, sentado sobre mortero de cemento Portland de 200kg/m³. En la cara interior, se coloca ladrillo hueco con enlucido de yeso, dejando una cámara de aire sin ventilar de 13cm. En la cámara, se sitúan la estructura de hormigón, pilares de 50x30cm, y las instalaciones entubadas del edificio. El espesor total del muro es 60cm.

M1.2 Muro exterior de la entrada resuelto con piezas de piedra caliza gris de Calatorao trasdosadas a hormigón armado de 13cm. En el haz interior, se sitúa ladrillo hueco revestido con baldosa de mármol, creando una cámara de aire sin ventilar de 13cm. El espesor total del muro es 47cm.

³ Véase el anexo “Planimetría y documentación original de la sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro”.

⁴ Véase el anexo “Recopilación fotográfica del proceso de construcción”.

⁵ Véase el anexo “Recopilación fotográfica del estado actual”.

⁶ Véase el anexo “Reelaboración e interpretación de la planimetría original”.

⁷ Se utiliza la misma nomenclatura empleada en el DB-HE1 para asignar los cerramientos.

M1.3 Muro del zócalo de piedra de Calatorao de 30cm de espesor, trasdosada a hormigón armado de 13cm. En la cara interior se crea una cámara de aire sin ventilar de 13cm con ladrillo hueco con enlucido de yeso. El espesor total del zócalo es 65cm.

PV1 Partición interior de fábrica de ladrillo hueco en ambas caras, creando una cámara de aire sin ventilar de 26cm, donde se sitúan los pilares de 30x30cm. El espesor total de la partición es 44cm.

PV2 Partición interior entre despachos de fábrica de ladrillo hueco con enlucido de yeso en ambas caras, con un espesor total de 10cm.

En cuanto a los cerramientos horizontales, se encuentran las siguientes soluciones⁸:

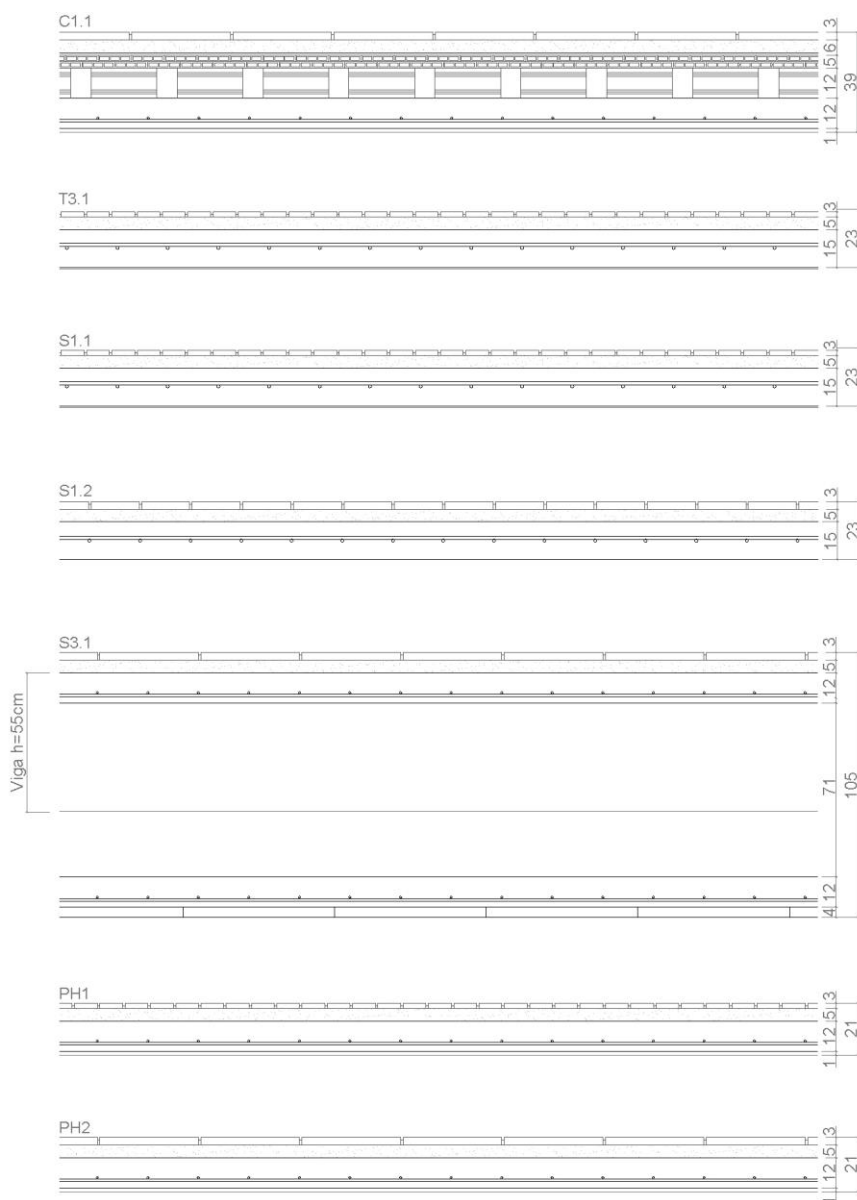


Fig 22. Recreación de los cerramientos horizontales del edificio original de los Borobio.
Fuente: Elaboración propia

⁸ Se utiliza la misma nomenclatura empleada en el DB-HE1 para asignar los cerramientos.

C1.1 Cubierta a la catalana con pavimento de baldosa cerámica roja con capa impermeabilizante apoyado sobre doble tablero de rasilla y tabiquillos de ladrillo hueco para formar la cámara de aire. La cámara de aire se ventila mediante tubos de hierro acodados, empotrados en el antepecho.

T3.1 Solera de sótano de 15cm de espesor con capa impermeabilizante en su haz inferior. Sobre la solera se coloca un acabado de pavimento de gres. El espesor total es 23cm.

S1.1 Solera de la casa del conserje con capa impermeabilizante en su cara inferior y un acabado de pavimento de gres. El espesor total es de 23cm.

S1.2 Solera de los patios de espesor de 15cm con acabado de pavimento de loseta de cemento. El espesor total es 23cm.

S3.1 Forjado superior de la entrada de losa de hormigón de 12cm de espesor con acabado de pavimento de gres y un falso techo de losa de hormigón revestida con piedra de Calatorao. El espesor total es 105cm.

PH1 Partición horizontal interior de losa de hormigón de 12cm de espesor con acabado de pavimento de baldosa de gres. El espesor total es 21cm.

PH2 Partición horizontal del vestíbulo de losa de hormigón de 12cm de espesor con acabado de pavimento de baldosa de mármol. El espesor total es 21cm.

Se distinguen los siguientes tipos de hueco:

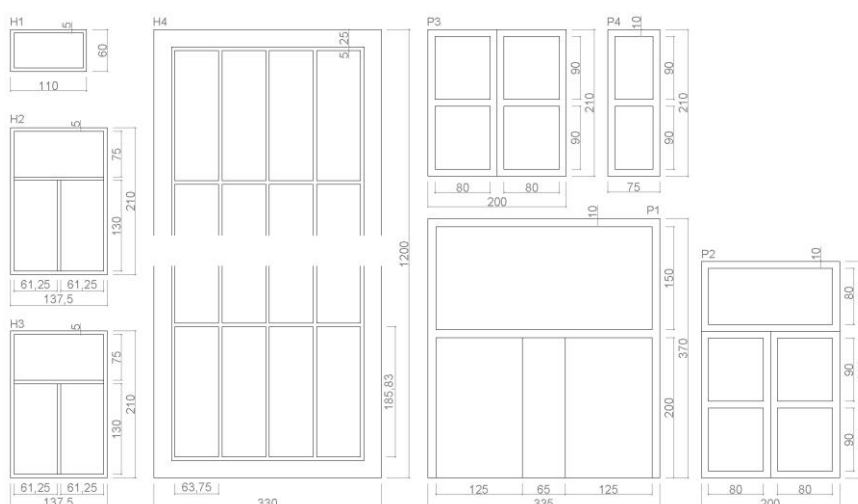


Fig 23. Recreación de los huecos del edificio original de los Borobio.
Fuente: Elaboración propia

H1 Ventana del zócalo con marco metálico sin rotura de puente térmico y vidrio sencillo.

H2 Ventana de la planta calle con marco metálico sin rotura de puente térmico y vidrio sencillo.

H3 Ventana de las plantas superiores con marco metálico sin rotura de puente térmico, vidrio doble y persiana de pino Oregón enrollable.

H4 Ventana de las escaleras de ladrillo de vidrio con marco de nervios de cemento armado.

P1 Puerta de entrada giratoria de cristalina y marco metálico.

P2 Puerta interior doble de pino con un hueco superior de vidrio sencillo y uno inferior de contrachapado.

P3 Puerta interior doble de pino con dos huecos de contrachapado.

P4 Puerta interior de pino con dos huecos de contrachapado.

Una vez realizado el catálogo de las soluciones constructivas, se elabora la sección constructiva⁹ del edificio original de los hermanos Borobio.

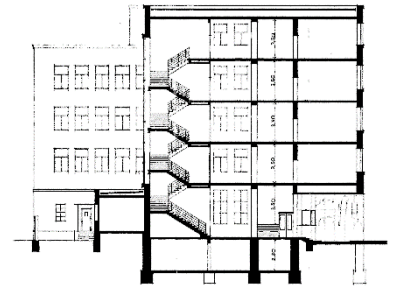


Fig 24. Sección por el vestíbulo de entrada del edificio de los Borobio, Zaragoza, 1936.

Fuente: Archivo CHE

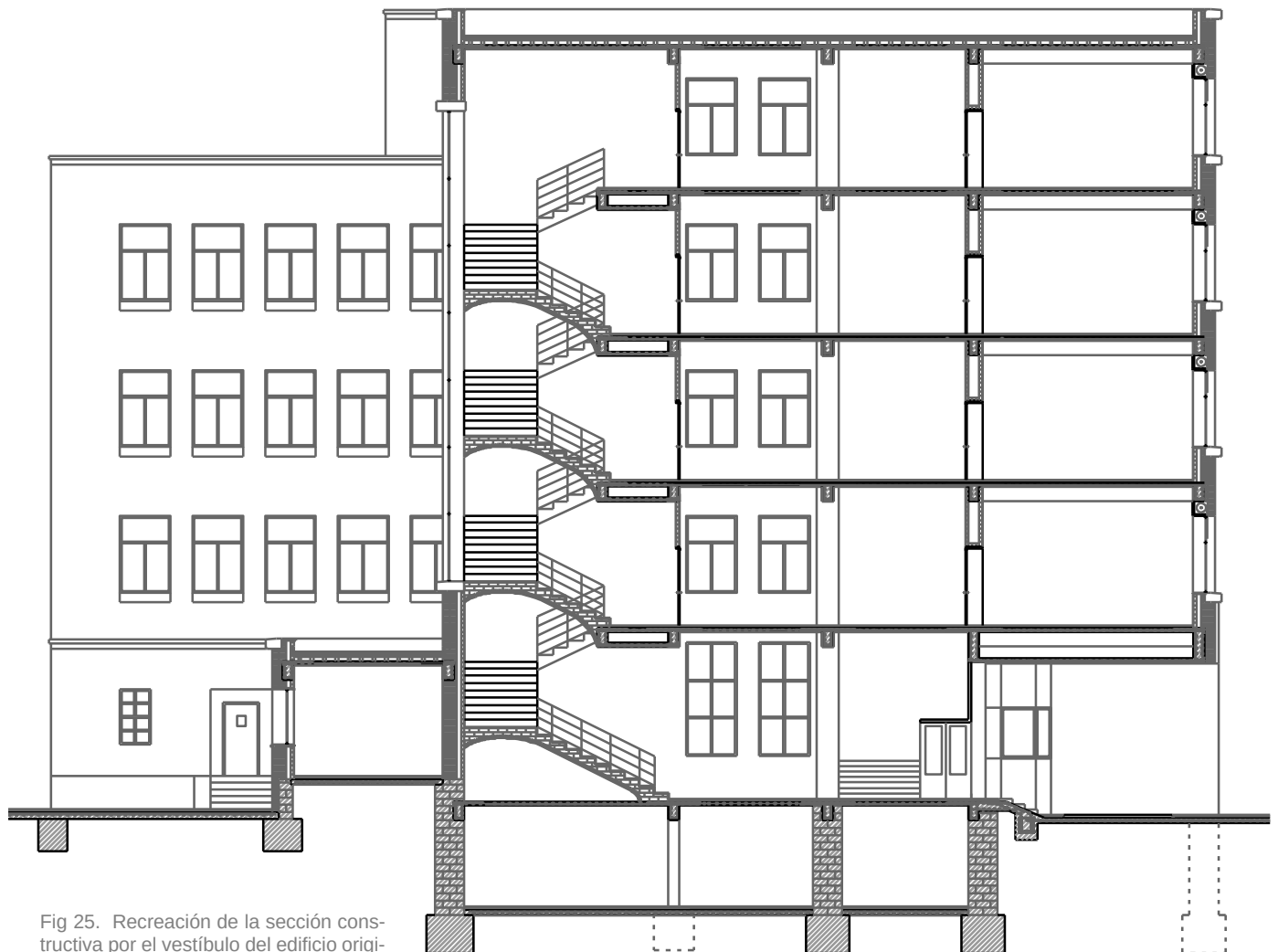


Fig 25. Recreación de la sección constructiva por el vestíbulo del edificio original de los Borobio.

Fuente: Elaboración propia

⁹ Véase el anexo "Reelaboración e interpretación de la planimetría original".

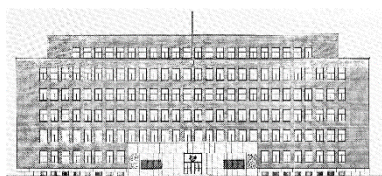


Fig 26. Alzado del proyecto de ampliación de la Confederación Hidrográfica del Ebro, Regino y José Borobio, Zaragoza, 1962.

Fuente: Archivo BAU

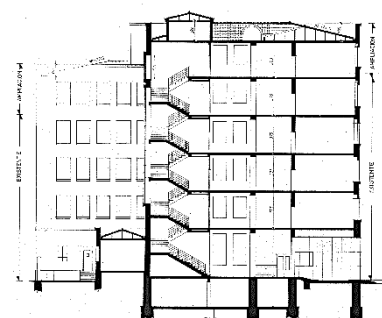


Fig 27. Sección del proyecto de ampliación de la Confederación Hidrográfica del Ebro, Regino y José Borobio, Zaragoza, 1962.

Fuente: Archivo BAU

OBRAS MENORES POSTERIORES, 1946-1992

Tras la finalización de la construcción del edificio en 1946, se realizan diferentes obras de conservación y mantenimiento para paliar los problemas detectados tras su uso.

En 1950, los propios hermanos Borobio deciden sustituir los ventanales de las escaleras. El soporte de estos huecos estaba formado por un envarillado de hierro recubierto de mortero de cemento, que con el sol se había disgregado y dejado las varillas a la intemperie. Asimismo, varias piezas de vidrio se habían roto debido a sus grandes dimensiones, a la incidencia de la lluvia y al distinto coeficiente de dilatación de los materiales. Como solución, se sustituye todo el sistema de envarillado inicial por una perfilaría metálica con refuerzos transversales. (Laborda, 2001)

Nueve años más tarde, en 1959, el ingeniero Blas Berni realiza un informe¹⁰ donde señala el pésimo estado de la cubierta y reclama su urgente sustitución. No es hasta 1962, con el proyecto de ampliación del edificio, cuando se aborda dicho inconveniente.

La Confederación sufría importantes problemas de espacio, por lo que plantea una ampliación del edificio, añadiendo una planta superior. De esta forma, no sólo se paliaba la escasez de superficie sino también la situación de precariedad de la cubierta.

Para ello, encargan el proyecto a los hermanos Borobio, quienes deciden seguir con el mismo esquema del edificio original (Fig.26-27). Sin embargo, el Ayuntamiento de Zaragoza no autoriza dicha ampliación, por lo que únicamente se sustituye los tejados¹¹. Las nuevas cubiertas son inclinadas con tablero de doble tabicado de rasilla, apoyado en tabicón de ladrillo hueco para formar la pendiente. Se utiliza una teja especial para escasa pendiente.

Ante la imposibilidad de crear una nueva planta para ampliar la superficie útil del edificio, entre 1962 y 1965, se habilitan varias dependencias en el sótano. Por otra parte, se sustituyen 77 ventanas por otras de aluminio, se construye un nuevo tanque para combustible líquido, se reparan los ascensores y se realizan otras obras menores de pintado de interiores y renovación de instalaciones. (Laborda, 2001)

¹⁰ Extracto del informe del 4 de diciembre de 1959: *"En la actualidad, donde se aprecian daños de más importancia es en la cubierta del piso superior, particularmente sobre la sala de delineación y el pasillo, que obligan a colocar recipientes para recoger el agua de las numerosas goteras, habiendo caído parte del cielorraso y existiendo peligro para los planos e incluso las personas."*

Fuente: Archivo CHE, carpeta 24.

¹¹ Carta del 2 de mayo de 1962 del director-ingeniero de la Confederación, Joaquín Blasco Roig, a Regino Borobio, comunicándole la decisión de sustituir únicamente las cubiertas. Fuente: Archivo BAU, expediente nº3467.

AMPLIACIÓN DE JOSÉ MANUEL PÉREZ LATORRE, 1993-1995

Durante treinta años la sede de la Confederación sufre problemas de espacio que se tratan de paliar con el proyecto de ampliación de José Manuel Pérez Latorre (Fig.28-30).

Aprovechando las antiguas casas de los conserjes de la zona posterior del edificio, se decide derribarlas y situar en ellas el centro de proceso de datos. Asimismo, se proyecta una torre de comunicaciones en el patio, la cual no llega a construirse.

El centro de datos se resuelve en cuatro plantas y un sótano, con forma de semicírculo. No todas las plantas se encuentran a la misma cota que las del edificio principal, lo que obliga a que la comunicación entre ambas partes se produzca por los descansillos de la escalera principal.

La iluminación natural directa no se garantiza en todas las estancias de la ampliación, gran parte de las mismas se alumbran a través de un tragaluz perimetral.

Exteriormente, la fachada se resuelve con aplacado de piedra natural y ladrillo macizo visto, en concordancia con el edificio principal. Los pilares circulares revestidos de ladrillo, presentan un aspecto exterior de forma cuadrangular, girados 45 grados. La cubierta inclinada es de cobre sobre rastreles.

Como acabados interiores, se utiliza enlucido de yeso en las paredes y linóleo en los suelos técnicos. En la planta sótano, se emplea terrazo de microgramo como pavimento.

RECREACIÓN DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DE LA AMPLIACIÓN DE JOSÉ MANUEL PÉREZ LATORRE

Al igual que para el edificio original, se realiza un catálogo de soluciones constructivas de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre (1993-1995), basándose en los planos del proyecto¹² y las visitas al edificio¹³.

La cimentación y la estructura se resuelven con hormigón armado de 200kg/m³ y acero de 500N/mm². Dada la forma geométrica en planta, se escoge como forjado una losa bidireccional de 20cm de espesor y pilares circulares de 30cm de diámetro.

Como cerramientos verticales, se distinguen¹⁴:

T1.1 Muro de sótano de hormigón armado de 200kg/m³ y acero de 500N/mm², con capa impermeabilizante en el trasdós y enlucido de yeso en el intradós. Su espesor total es 26cm.

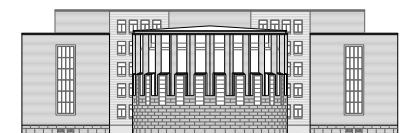


Fig 28. Alzado del proyecto de ampliación de la Confederación, José Manuel Pérez Latorre, Zaragoza, 1993.
Fuente: Elaboración propia

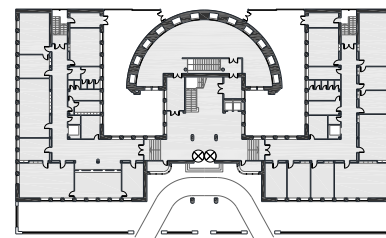


Fig 29. Planta calle del proyecto de ampliación de la Confederación, José Manuel Pérez Latorre, Zaragoza, 1993.
Fuente: Elaboración propia

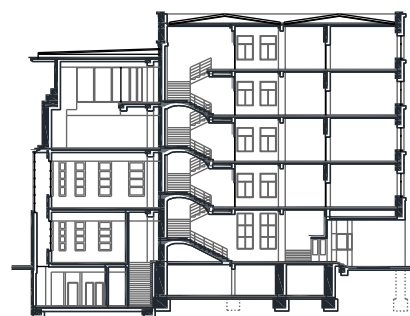


Fig 30. Sección del proyecto de ampliación de la Confederación, José Manuel Pérez Latorre, Zaragoza, 1993.
Fuente: Elaboración propia

¹² Véase el anexo "Planimetría y documentación original de la sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro".

¹³ Véase el anexo "Recopilación fotográfica del estado actual".

¹⁴ Se utiliza la misma nomenclatura empleada en el DB-HE1 para asignar los cerramientos.

M1.1 Muro de fachada de dos hojas, una exterior de espesor variable, formada por ladrillo hueco doble, revestida con un aplacado de piedra natural; y una interior de ladrillo macizo de un pie, enlucida con yeso en su intradós. Entre ambas hojas, se sitúa un aislamiento rígido de 6cm de espesor.

M1.2 Muro de fachada de dos hojas, una exterior de ladrillo hueco doble, revestida con aplacado de piedra natural; y una interior de ladrillo hueco doble, enlucida con yeso. Entre las hojas se sitúa un aislamiento rígido de 6 cm de espesor y se deja una cámara de aire sin ventilar de 18cm. El espesor total del muro es 76cm.

M1.3 Muro de fachada de dos hojas con una cámara de aire sin ventilar de 100cm de espesor. La primera hoja está constituida por ladrillo hueco doble revestido en su haz exterior por un aplacado de piedra natural; y en su interior por enlucido de yeso. La segunda hoja presenta en su haz exterior, ladrillo hueco doble y en su interior ladrillo hueco sencillo, entre ambos se coloca un aislamiento rígido de 6cm de espesor. El espesor total del muro es 164cm.

M1.4 Muro de fachada de dos hojas, una exterior de ladrillo hueco doble, revestida con aplacado de piedra natural; y una interior de ladrillo hueco sencillo, enlucida con yeso. Entre ambas hojas, se sitúa un aislamiento rígido de 6cm de espesor. El muro presenta un espesor total de 34cm.

PV1 Partición interior de entramado autoportante metálico con un aislamiento de 4,8cm de espesor y dos capas de yeso laminado en cada una de sus caras. El espesor total es 9,8cm.

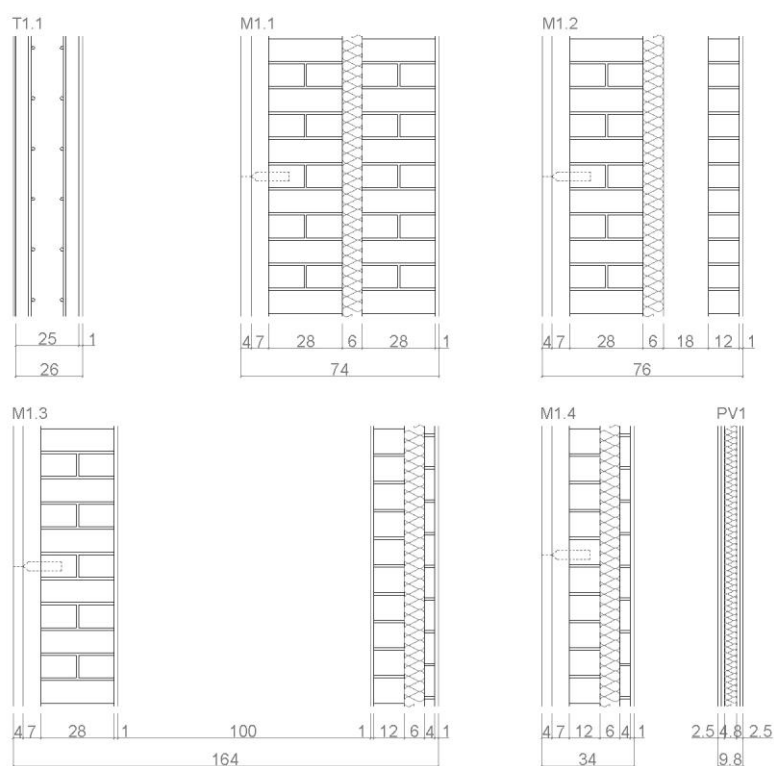


Fig 31. Recreación de los cerramientos verticales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.
Fuente: Elaboración propia

Se distinguen los siguientes cerramientos horizontales¹⁵:

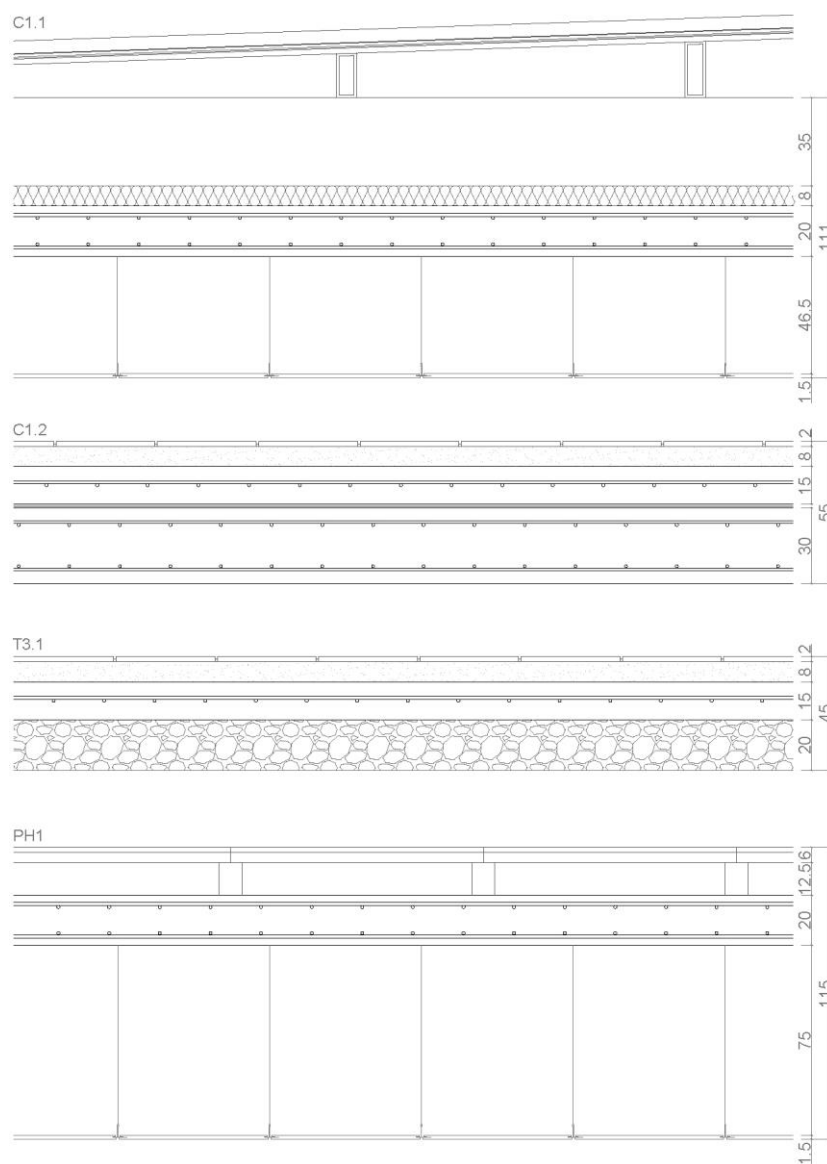


Fig 32. Recreación de los cerramientos horizontales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

Fuente: Elaboración propia

C1.1 Cubierta inclinada de cobre sobre rastreles, papel Kraff y tablero hidrófugo. Se utilizan tubos estructurales para crear la pendiente de la cubierta, los cuales se apoyan en tabiques conejeros. Entre los tabiques, se sitúa aislamiento de 8cm de espesor. Bajo la losa de 20cm de espesor sobre la que se apoya la cubierta, se coloca un falso techo de 48cm.

C1.2 Cubierta del sótano formada por una losa armada de 30cm de espesor, con impermeabilización en su trasdós. Sobre la losa se sitúa una solera de 15cm con acabado de pavimento exterior. El espesor total es 55cm.

¹⁵ Se utiliza la misma nomenclatura empleada en el DB-HE1 para asignar los cerramientos.

T3.1 Solera del sótano con capa impermeabilizante y enchado de grava en su cara inferior y un acabado de pavimento de terrazo micrograno. El espesor total es 45cm.

PH1 Partición horizontal interior de losa de hormigón de 20cm de espesor sobre la que se sitúa un suelo técnico con acabado de linóleo. Bajo la losa se instala un falso techo de 75cm de espesor. El espesor total es 115cm.

En cuanto a huecos, se encuentran los siguientes tipos:

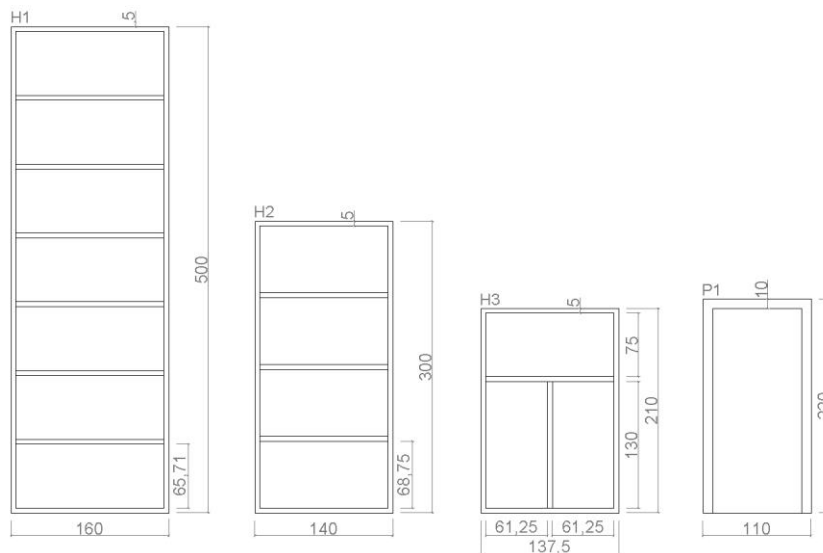


Fig 33. Recreación de los huecos la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.
Fuente: Elaboración propia

H1 Ventana exterior del tragaluz fija, con marco de acero inoxidable con rotura de puente térmico y vidrio doble.

H2 Ventana interior del tragaluz practicable, con marco de acero inoxidable con rotura de puente térmico y vidrio doble.

H3 Ventana exterior del patio practicable, con marco de acero inoxidable con rotura de puente térmico y vidrio doble.

P1 Puerta interior de tablero de DM.

Tras completar el catálogo de las soluciones constructivas de la ampliación, se elabora la sección constructiva¹⁶.

¹⁶ Véase el anexo "Reelaboración e interpretación de la planimetría original".

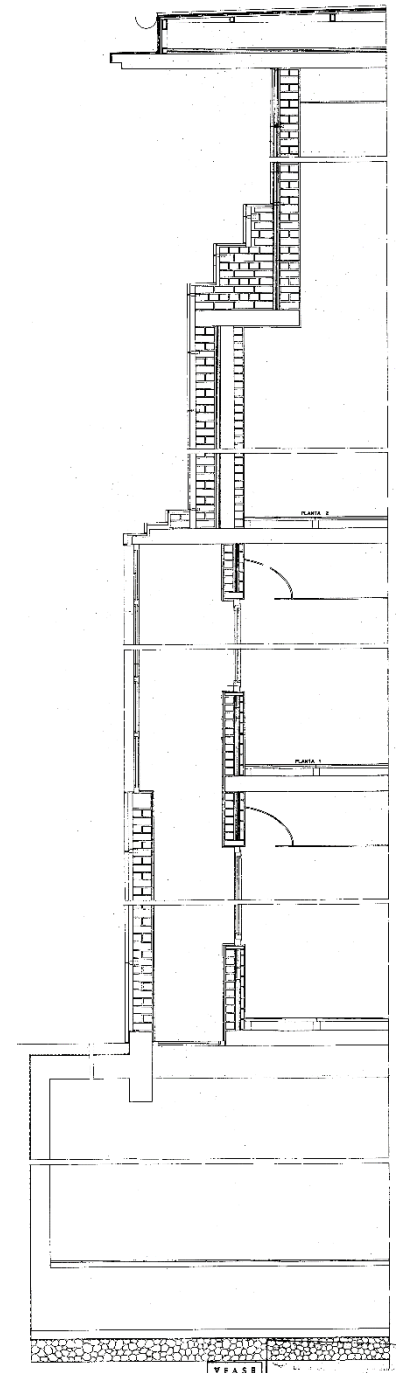
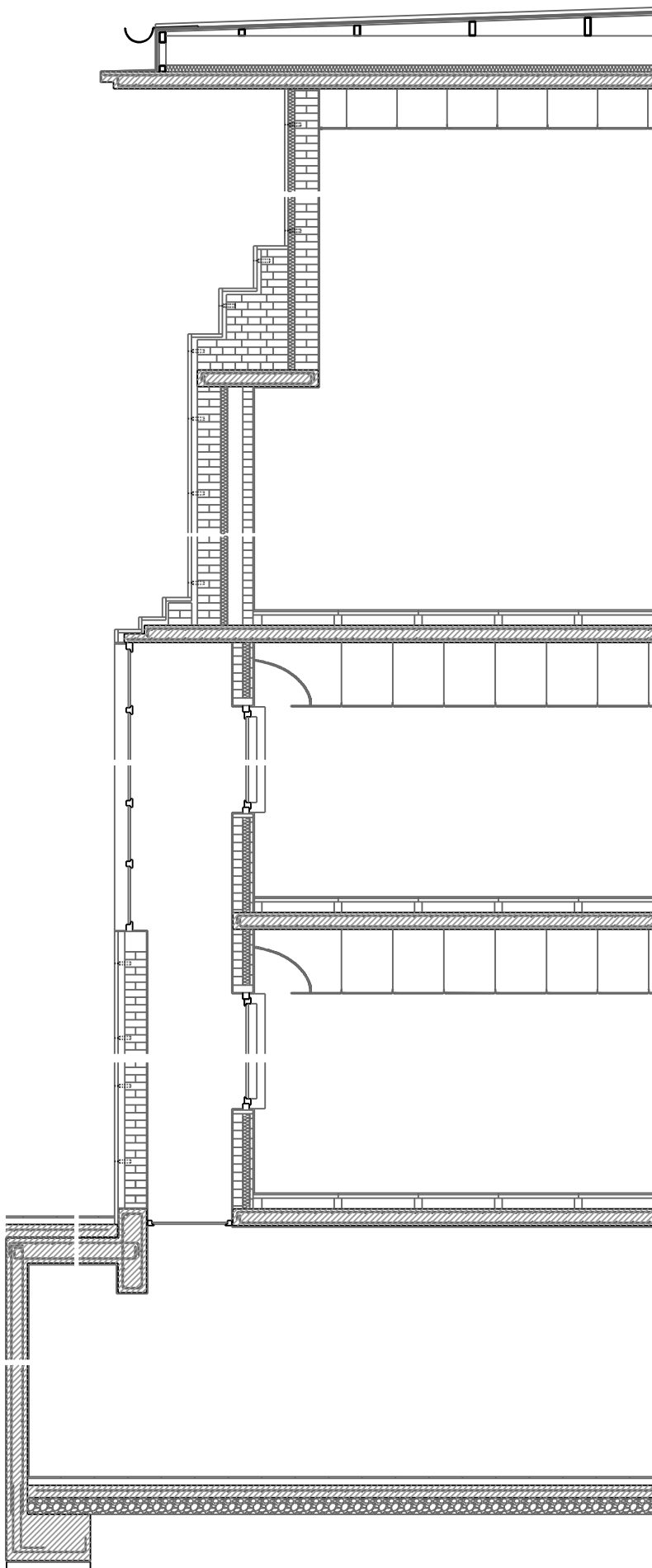


Fig 34. Sección constructiva de la ampliación de la Confederación, José Manuel Pérez Latorre, Zaragoza, 1993.
Fuente: Archivo Municipal

Fig 35. Recreación de la sección constructiva de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.
Fuente: Elaboración propia

Respecto a la sección constructiva inicial, se observa un cambio en la cimentación a causa de un reajuste del presupuesto. Asimismo, los acabados interiores de azulejo se sustituyen por un enlucido de yeso.

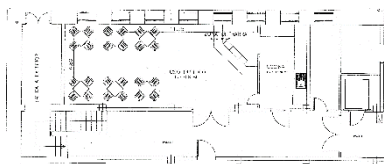


Fig 36. Habilitación de la cafetería en la planta sótano, Javier Peyron y Luis Morales, Zaragoza, 2003.
Fuente: Archivo Municipal



Fig 37. Estado actual de la planta cuarta.
Fuente: Imagen propia

ÚLTIMAS MODIFICACIONES. ESTADO ACTUAL

Desde la ampliación de José Manuel Pérez Latorre, se han continuado con las obras de mantenimiento, propias de un edificio con ochenta años de historia.

En 2003, se habilita en el sótano una pequeña cafetería (Fig.36), uso que había sido ignorado desde el establecimiento de las bases del concurso, y que había sido evidente su necesidad con el paso de los años¹⁷.

Tras la sustitución de la cubierta del edificio principal en 1962, se vuelve a modificar en 2014. En esta ocasión, se retiran las tejas y sobre el doble tablero de rasilla, se coloca la nueva cubierta. Dicha cubierta consiste en tejas planas sobre paneles de poliestireno extruido, bajo el cual se coloca una lámina impermeabilizante¹⁷.

Con el paso de los años se ha agravado el problema de espacio del edificio de la Confederación, lo que se ha traducido en una proliferación de armarios en los pasillos, perdiendo la esencia de los corredores originales de los Borobio.

Actualmente, se están realizando obras de renovación de carpinterías y mejora de acabados interiores (Fig.37). En cuanto a las instalaciones, se prevé la sustitución de gasóleo por gas en el sistema de calefacción y la introducción de un sistema de refrigeración en la planta calle¹⁸.

RECREACIÓN DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO DE LA CONFEDERACIÓN

Tras estudiar las diferentes transformaciones que ha experimentado el edificio a lo largo de su historia, se realiza un catálogo de las soluciones constructivas del estado actual, el cual se utilizará para verificar el Código Técnico de la Edificación.

Respecto al edificio original de los Borobio, destaca el cambio de la cubierta y la eliminación de todos los cerramientos correspondientes a las casas de los conserjes¹⁹. En cuanto a la ampliación de José Manuel Pérez Latorre, no se ha producido ningún cambio en sus cerramientos.

De este modo, las soluciones constructivas recreadas en los apartados anteriores serán las que se utilizarán para la verificación del Código Técnico, salvo la cubierta de los Borobio, cuya nueva composición es la siguiente:

¹⁷ Véase el anexo "Planimetría y documentación original de la sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro".

¹⁸ Información proporcionada por José Antonio Piazuelo, arquitecto de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

¹⁹ Para la ampliación, se elimina el cerramiento horizontal S1.1 que corresponde a la solera de casa del conserje, los cerramientos de fachada M1.1 y M1.3; y la ventana de las escaleras principales, H4.

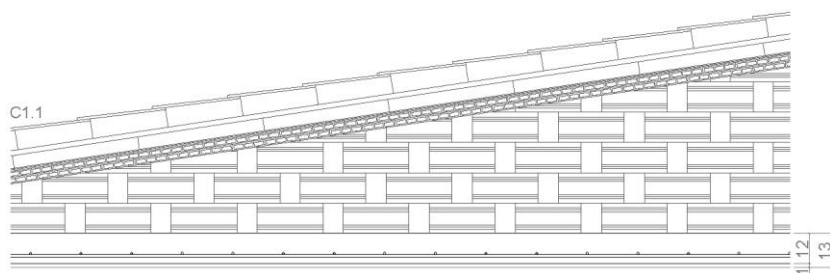


Fig 38. Recreación de la nueva cubierta del edificio de los Borobio.
Fuente: Elaboración propia

C1.1 Cubierta inclinada de teja plana de cerámica colocada sobre paneles de poliestireno extruido, bajo los cuales se sitúa una capa impermeabilizante. Los tableros de poliestireno extruido se apoyan sobre doble tablero de rasilla y tabiquillos de ladrillo hueco para formar la cámara de aire.

Por último, a modo de resumen, se realiza la sección constructiva completa del estado actual del edificio²⁰.

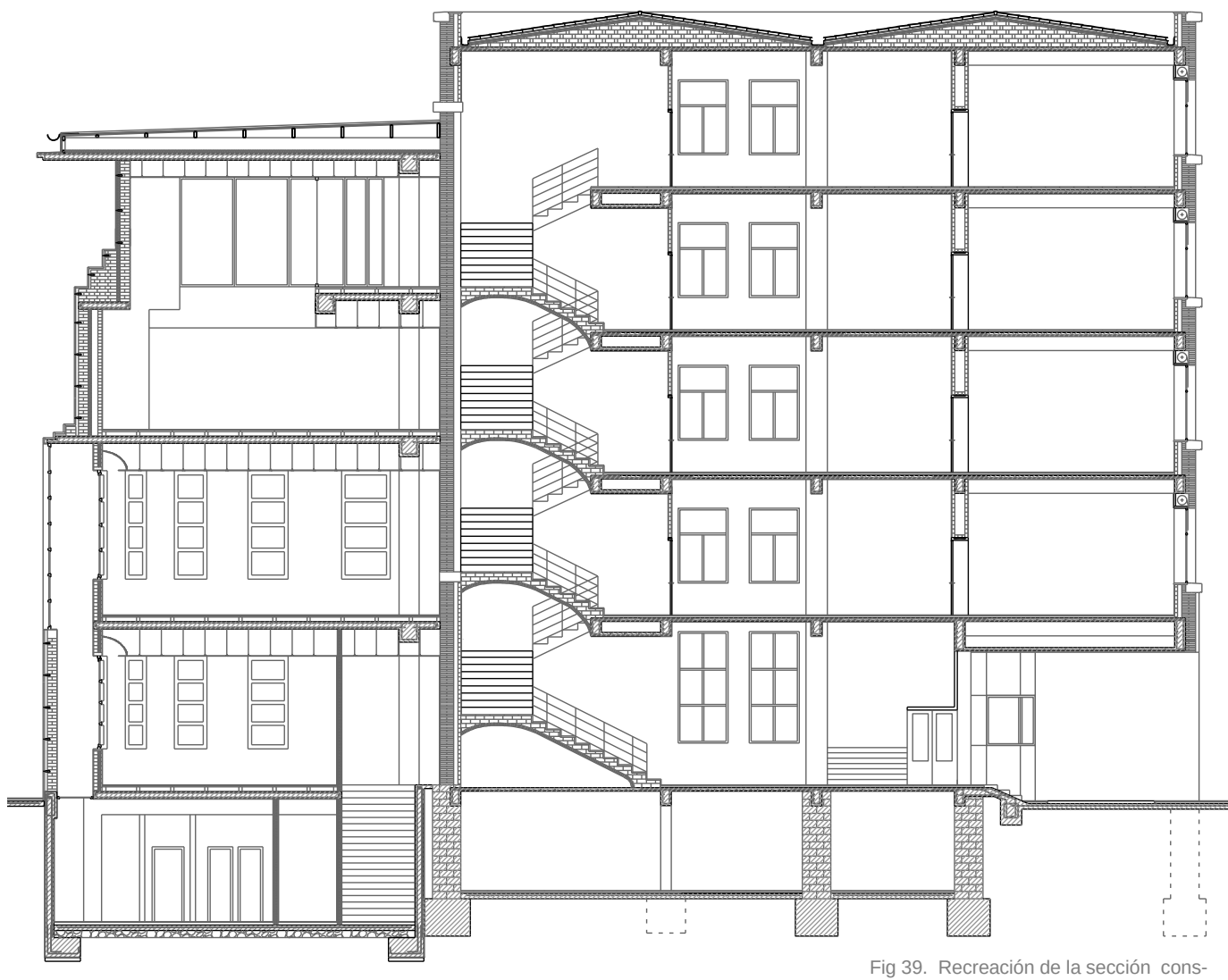


Fig 39. Recreación de la sección constructiva del estado actual del edificio de la Confederación.
Fuente: Elaboración propia

²⁰ Véase el anexo "Planimetría del estado actual".

VERIFICACIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Una vez estudiadas las soluciones constructivas del edificio, se realiza la comprobación de la normativa actual de la edificación. Debido a la falta de información, únicamente se verificará algunas secciones de los Documentos Básicos.

Al tratarse de un edificio declarado como Bien de Interés Cultural, la sede de la Confederación tiene una mayor flexibilidad para cumplir con las exigencias del Código Técnico. No obstante, dado el carácter académico de este trabajo, se considera que todos los artículos son obligatorios.

EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVA DE LA EDIFICACIÓN

Las primeras leyes que rigen el sector de la construcción en España datan de 1957. Se tratan de una serie de normas técnicas denominadas normas MV que eran competencia del Ministerio de Vivienda.

En 1977, el Gobierno decide crear un marco unificado, transformando las normas MV en Normas Básicas de la Edificación (NBE), de carácter prescriptivo. Asimismo, se crean las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), no obligatorias, que proponen soluciones técnicas que cumplen con las Normas Básicas.

A pesar de crear un marco normativo, la regulación en el sector continúa siendo dispersa y poco clara hasta que en 1999, se publica la Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación (LOE). Esta nueva ley tiene como objetivo actualizar las normas anteriores que habían quedado obsoletas.

Para ello, se aprueba la creación de un Código Técnico de la Edificación (CTE) que establezca las exigencias que deben cumplir los edificios en términos de seguridad y habitabilidad. Finalmente, en 2006, se publica el Código Técnico de la Edificación, el cual ha tenido varias actualizaciones, la última en 2013.

El Código Técnico se estructura en dos partes. En la primera, se detallan las exigencias preceptivas sobre seguridad y habitabilidad. En la segunda, se recoge una serie de Documentos Básicos (DB), no obligatorios, que muestran procedimientos con los que satisfacer las exigencias estipuladas en la primera parte²¹.

DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

El Documento Básico de Ahorro de Energía aborda las cuestiones relacionadas con un uso racional de la energía en los edificios. Su principal objetivo es reducir a límites sostenibles el consumo energético de un edificio y conseguir que parte de este consumo provenga de fuentes de energía renovable²².

De las seis secciones que constituyen este Documento Básico, se estudia el apartado DB-HE1 “Limitación de la demanda energética” que se centra en el diseño adecuado de la envolvente del edificio, con el fin de restringir la demanda.

Dependiendo de la zona climática y del uso del edificio, el DB-HE 1 establece una serie de parámetros necesarios para cumplir la demanda energética. Por un lado, se limitan las transmitancias térmicas de los cerramientos de la envolvente y de las particiones interiores; y la permeabilidad al

²¹ Para mayor información sobre el Código Técnico de la Edificación (CTE) y su historia, véase la página oficial: <http://www.codigotecnico.org/>

²² Artículo 15 del DB-HE.

aire de las carpinterías. Por otro lado, se recomienda evitar la formación de condensaciones superficiales e intersticiales.

Para la comprobación de la demanda energética del caso de estudio se utiliza el programa unificado HULC, versión 2013²³. Se escoge este programa por ser la herramienta oficial del Ministerio de Fomento que permite comprobar las exigencias de demanda energética por el método general. Asimismo, presenta una interfaz más sencilla y visual que otras aplicaciones como CE3X, donde únicamente se introducen datos numéricos sin poder modelar el edificio.

La herramienta unificada HULC permite la verificación de las exigencias de los apartados 2.2.1 y 2.2.2 del DB-HE0, correspondientes a la cuantificación del consumo energético del edificio; y de los apartados 2.2.1.1 y 2.2.2.1 del DB-HE1, que hacen referencia a la limitación de la demanda energética. El resto de los parámetros determinados por el DB-HE1 se verifican manualmente, siguiendo las indicaciones recogidas en el Documento Básico.

En primer lugar, se determina la envolvente del edificio. En general, la envolvente está formada por todos los cerramientos y particiones interiores que delimitan los espacios habitables. En ocasiones, se puede incluir espacios no habitables adyacentes para simplificar la envolvente²⁴.

En el caso específico de la sede de la Confederación, se considera como envolvente (Fig.40) todos los cerramientos en contacto con el aire exterior y el terreno, incluyendo en su interior espacios habitables y no habitables. Se toma esta decisión a raíz de la distribución programática de la planta sótano, donde conviven espacios habitables, como la cafetería o la biblioteca; con no habitables, como salas de maquinaria o depósitos de combustible.

Una vez definida la envolvente, se comprueba, por el método simplificado²⁵, si cada cerramiento y partición interior cumple con las exigencias máximas de transmitancia térmica (Tablas 1-6). Como Zaragoza se sitúa en la zona climática D3²⁶, el valor límite para muros y elementos en contacto con el terreno²⁷ es $0,60\text{W/m}^2\text{K}$; para cubiertas y suelos en contacto con el aire es $0,40\text{W/m}^2\text{K}$; para los huecos $2,70\text{W/m}^2\text{K}$ y para las particiones interiores que limitan unidades del mismo uso $1,20\text{W/m}^2\text{K}$ y $0,85\text{W/m}^2\text{K}$ si limitan unidades de distinto uso²⁸.

²³ Véase el anexo "Introducción del edificio al programa HULC".

²⁴ Apartado 5.2.1 del DB-HE1.

²⁵ El método simplificado únicamente es válido en los edificios cuyo porcentaje de huecos en fachada sea inferior a un 60% y en cubierta un 5%. En la sede de la Confederación, el porcentaje de huecos en fachada es 30% en la fachada este, 31% en la sur y la norte; y 28,9% en la oeste. En cubierta no hay ningún tipo de lucernarios, por lo que el porcentaje es cero.

²⁶ Apéndice B del DB-HE1.

²⁷ En los elementos en contacto con el terreno solamente se aplica la exigencia en el primer metro de muro enterrado o en el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

²⁸ Tablas 2.3 y 2.4 del DB-HE1.

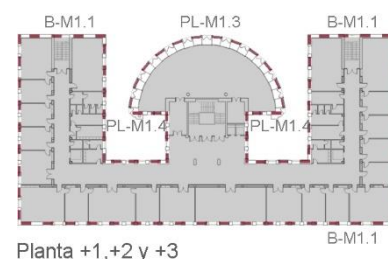
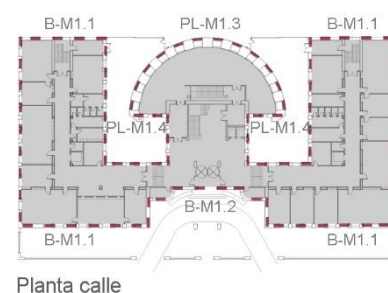
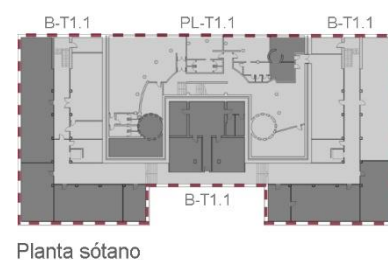
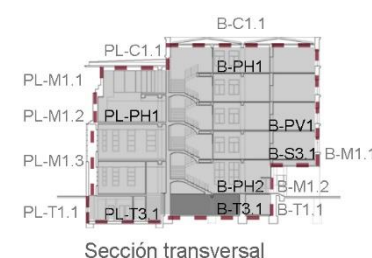


Fig 40. Evolvente y espacios habitables del edificio. Identificación de los cerramientos.
Fuente: Elaboración propia

Las transmitancias térmicas de los cerramientos y huecos del edificio de los Borobio son las siguientes:

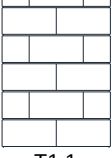
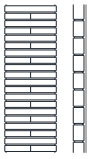
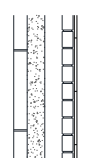
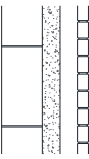
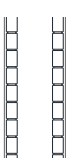
CERRAMIENTO VERTICAL	COMPOSICIÓN	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/mK)	RESISTENCIA TÉRMICA (m²K/W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (W/m²K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m²K)	¿CUMPLE?
 T1.1	Fábrica bloque de hormigón Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300	0,800 0,015	0,647 0,570	1,236 0,026	0,561	0,600	
 M1.1	Rse Ladrillo macizo de 1 pie LM Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,380 0,130 0,080 0,010	0,850 0,432 0,570	0,040 0,447 0,207 0,185 0,018 0,130	0,974	0,600	
 M1.2	Rse Piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Hormigón armado 2300≤ρ≤2500 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000 Baldosa de mármol 2600≤ρ≤2800 Rsi	0,100 0,130 0,130 0,080 0,010 0,020	1,400 2,300 0,432 1,300 3,500	0,040 0,071 0,057 0,207 0,185 0,008 0,006 0,130	1,421	0,600	
 M1.3	Rse Piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Hormigón armado 2300≤ρ≤2500 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,300 0,130 0,130 0,080 0,010	1,400 2,300 0,432 0,570	0,040 0,214 0,057 0,207 0,185 0,018 0,130	1,176	0,600	
 PV1	Rsi Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Ladrillo hueco doble LH Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,010 0,080 0,260 0,080 0,010	0,570 0,432 0,432 0,570	0,130 0,018 0,185 0,250 0,185 0,018 0,130	1,092	0,850	
 PV2	Rsi Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Ladrillo hueco doble LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,010 0,080 0,010	0,570 0,432 0,570	0,130 0,018 0,185 0,018 0,130	2,082	1,200	

Tabla 1 Transmitancias térmicas de los cerramientos verticales del edificio de los Borobio.

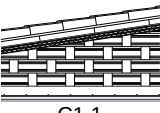
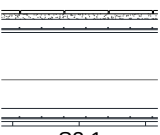
CERRAMIENTO HORIZONTAL	COMPOSICIÓN	ESPESOR (m)	CONDUC- TIVIDAD TÉRMICA (W/mK)	RESISTEN- CIA TÉRMICA (m²K/W)	TRANSMI- TANCIA TÉRMICA (W/m²K)	TRANSMI- TANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m²K)	¿CUMPLE?
 T3.1	Pavimento de gres	0,030	1,900	0,016	0,382	0,600	✓
	2000≤p≤2700						
	Mortero de cemento	0,050	1,300	0,038			
	1800≤p≤2000						
	Solera	0,150	2,300	0,065			
 C1.1	Lámina impermeabilizante	0,005	0,190	0,026	0,327	0,400	✓
	Rse			0,040			
	Teja cerámica plana	0,055	1,300	0,042			
	Placa de poliestireno extruido	0,080	0,034	2,353			
	Lámina impermeabilizante de caucho EPDM	0,005	0,250	0,020			
	Mortero armado con fibra de vidrio	0,020	1,300	0,015			
	Doble tablero de rasilla	0,050	0,445	0,112			
	Tabiquillo de ladrillo hueco	0,120	0,375	0,320			
	Losa de hormigón armado	0,120	2,300	0,052			
	Enlucido de yeso	0,010	0,570	0,018			
 S3.1	1000≤p≤1300				1,266	0,400	✗
	Rsi			0,100			
	Rse			0,040			
	Piedra caliza 1800≤p≤1990	0,040	1,400	0,029			
	Losa de hormigón armado	0,120	2,300	0,052			
	Cámara de aire sin ventilar	0,690		0,393			
	Losa de hormigón armado	0,120	2,300	0,052			
	Mortero de cemento	0,050	1,300	0,038			
 PH1	1800≤p≤2000				2,155	1,200	✗
	Pavimento de gres	0,030	1,900	0,016			
	2000≤p≤2700						
	Rsi			0,170			
	Rse			0,170			
	Pavimento de gres	0,030	1,900	0,016			
 PH2	2000≤p≤2700				2,189	1,200	✗
	Mortero de cemento	0,050	1,300	0,038			
	1800≤p≤2000						
	Losa de hormigón armado	0,120	2,300	0,052			
	Enlucido de yeso	0,010	0,570	0,018			
	1000≤p≤1300						
	Rsi			0,170	2,189	1,200	✗
	Rse			0,170			
	Pavimento de gres	0,030	1,900	0,016			
	2000≤p≤2700						
	Mortero de cemento	0,050	1,300	0,038			
	1800≤p≤2000				2,189	1,200	✗
	Losa de hormigón armado	0,120	2,300	0,052			
	Enlucido de yeso	0,010	0,570	0,018			
	1000≤p≤1300						
	Rsi			0,170			

Tabla 2 Transmitancias térmicas de los cerramientos horizontales del edificio de los Borobio.

HUECO	FM (%)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MARCO (W/m²K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA VIDRIO (W/m²K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA HUECO (W/m²K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m²K)	¿CUMPLE?
H1	0,24	5,700	5,700	5,700	2,700	✗
H2	0,16	5,700	5,700	5,700	2,700	✗
H3	0,16	5,700	3,300	3,684	2,700	✗
H4	0,25	5,700	2,800	3,534	2,700	✗
P1	0,14	5,700	5,700	5,700	2,700	✗

Tabla 3 Transmitancias térmicas de los huecos del edificio de los Borobio.

Las transmitancias térmicas de los cerramientos y huecos de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre son las siguientes:

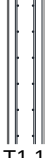
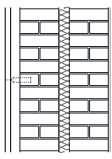
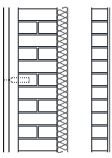
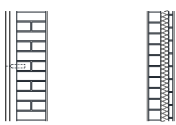
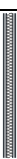
CERRAMIENTO VERTICAL	COMPOSICIÓN	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/mK)	RESISTENCIA TÉRMICA (m²K/W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (W/m²K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m²K)	¿CUMPLE?
 T1.1	Lámina impermeabilizante Hormigón armado 2300≤ρ≤2500 Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300	0,005 0,250 0,010	0,230 2,300 0,570	0,022 0,109 0,018	1,575	0,600	
 M1.1	Rse Aplacado de piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Aislamiento rígido PV ISO-VER Ladrillo macizo 1 pie LM Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,040 0,060 0,280 0,010	1,400 0,038 0,850 0,570	0,040 0,029 1,579 0,329 0,018	0,471	0,600	
 M1.2	Rse Aplacado de piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Aislamiento rígido PV ISO-VER Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,040 0,070 0,280 0,060 0,180 0,120 0,010	1,400 0,375 0,038 0,375 0,570	0,040 0,029 0,187 0,747 1,579 0,223 0,320 0,018	0,307	0,600	
 M1.3	Rse Aplacado de piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Aislamiento rígido PV ISO-VER Ladrillo hueco sencillo LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,040 0,070 0,280 0,010 1,000 0,010 0,120 0,060 0,040 0,010	1,400 0,375 0,570 0,375 0,570 0,375 0,038 0,445 0,570	0,040 0,029 0,187 0,747 0,018 0,497 0,018 1,579 0,090 0,018	0,272	0,600	
 M1.4	Rse Aplacado de piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Aislamiento rígido PV ISO-VER Ladrillo hueco sencillo LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,040 0,070 0,120 0,060 0,040 0,010	1,400 0,375 0,038 0,445 0,570	0,040 0,029 0,187 0,320 1,579 0,090 0,018	0,454	0,600	
 PV1	Rsi Doble placa de yeso laminado Aislamiento rígido Doble placa de yeso laminado Rsi	0,025 0,048 0,025	0,250 0,038 0,250	0,130 0,100 1,263 0,100 0,130	0,580	1,200	

Tabla 4 Transmitancias térmicas de los cerramientos verticales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

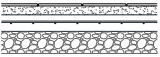
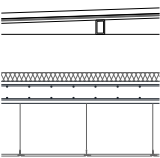
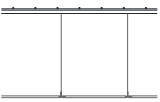
CERRAMIENTO HORIZONTAL	COMPOSICIÓN	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/mK)	RESISTENCIA TÉRMICA (m²K/W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (W/m²K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m²K)	¿CUMPLE?
 T3.1	Pavimento de terrazo micro-grano	0,020	1,300	0,015	0,427	0,600	
	Mortero de cemento 1800≤p≤2000	0,080	1,300	0,062			
	Solera	0,150	2,300	0,065			
	Lámina impermeabilizante	0,005	0,230	0,022			
	Encachado de grava	0,200	2,000	0,100			
 C1.1	Rse			0,040	0,225	0,400	
	Lámina de cobre	0,005	380,000	0,000			
	Papel Kraft	0,005	0,050	0,100			
	Tablero hidrófugo	0,050	0,180	0,278			
	Lámina impermeabilizante	0,005	0,230	0,022			
	Tubo estructural formación de pendientes	0,080	17,000	0,005			
	Tabiquillo de ladrillo hueco	0,430	0,375	1,147			
	Aislante Roof-mate densidad doble	0,080	0,035	2,286			
	Losa de hormigón armado	0,200	2,300	0,087			
 C1.2	Cámara de aire sin ventilar	0,465		0,318	1,934	0,400	
	Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,060			
	Rsi			0,100			
	Rse			0,040			
	Pavimento de gres 2000≤p≤2700	0,020	1,900	0,011			
	Mortero de cemento 1800≤p≤2000	0,080	1,300	0,062			
	Solera	0,150	2,300	0,065			
 PH1	Lámina impermeabilizante	0,005	0,230	0,022	0,801	1,200	
	Losa de hormigón armado	0,300	2,300	0,130			
	Enlucido de yeso 1000≤p≤1300	0,010	0,570	0,018			
	Rsi			0,170			
	Rse			0,170			
	Suelo técnico con acabado de linóleo	0,060	0,420	0,143			
	Cámara de aire sin ventilar	0,125		0,205			
	Losa de hormigón armado	0,200	2,300	0,087			
	Cámara de aire sin ventilar	0,750		0,413			
	Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,060			
	Rsi			0,170			

Tabla 5 Transmitancias térmicas de los cerramientos horizontales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

HUECO	FM (%)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MARCO (W/m²K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA VIDRIO (W/m²K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA HUECO (W/m²K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m²K)	¿CUMPLE?
H1	0,14	4,000	2,800	2,966	2,700	
H2	0,15	4,000	2,800	2,979	2,700	
H3	0,16	4,000	2,800	2,992	2,700	
P1	1	2,200	0	2,200	2,700	

Tabla 6 Transmitancias térmicas de los huecos de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

En rasgos generales, los resultados del edificio de los Borobio son más desfavorables que los de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre debido a las técnicas constructivas más tradicionales utilizadas.

Los muros del edificio principal son de doble hoja, con una cámara de aire sin ventilar de 13cm y sin aislamiento, frente a los 6cm de aislamiento rígido que se utiliza en la ampliación. Si comparamos la eficiencia de 6cm de aislamiento con 13cm de cámara de aire sin ventilar, podemos observar como con un espesor menor que la mitad, se obtiene una resistencia térmica 7,6 veces mayor.

En cuanto a los cerramientos horizontales, cabe destacar, por un lado, como la nueva cubierta del edificio de los Borobio cumple con las exigencias de transmitancia térmica debido a que su renovación se produjo con el Código Técnico en vigor. Por otro lado, las particiones horizontales del edificio principal presentan un canto sustancialmente menor que el de la ampliación, 21cm frente a 115cm, lo que explica sus pésimos comportamientos térmicos.

Otros elementos que requerirían una sustitución son los huecos de ambas intervenciones. A pesar de que la mayoría de los vidrios son dobles, no se obtienen unos resultados óptimos, por lo que es necesario estudiar un cambio tanto de las carpinterías como de los vidrios.

A parte de la composición de los cerramientos de la envolvente, otro aspecto importante a tener en cuenta en la limitación de la demanda energética de un edificio son los puentes térmicos. En este trabajo, no se ha realizado un cálculo manual de los mismos, sino que se han introducido directamente en el programa HULC²⁹.

A pesar de que el edificio de los Borobio no presenta aislamiento, se han considerado los puentes térmicos recogidos en el Catálogo de Elementos Constructivos. Respecto a la ampliación de José Manuel Pérez Latorre, el principal puente térmico es la interrupción del aislamiento de fachada con los forjados y la cubierta.

El siguiente paso para calcular la demanda energética del edificio sería verificar la permeabilidad máxima de las carpinterías. No obstante, no se dispone de una información detallada de las carpinterías empleadas en ambas intervenciones por lo que no se realiza dicha comprobación.

Por último, se verifica si se producen condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos. Según el documento de apoyo DB-HE/2, el cumplimiento de las transmitancias máximas de los cerramientos garantiza que no aparezcan condensaciones superficiales³⁰. Actualmente, parte de los cerramientos sobrepasan los valores límite de transmitancia, por lo que se podría producir condensaciones superficiales. Como en la última parte del trabajo se expondrá una serie de mejoras para cumplir con las transmitancias y demás exigencias del Código Técnico, se considera que no habrá problemas con este tipo de condensaciones.

²⁹ Véase el anexo "Introducción del edificio al programa HULC".

³⁰ Apartado 4.1.1 del documento de apoyo DB-HE/2.

En cuanto a las condensaciones intersticiales, se utiliza el método de comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada capa que constituye un cerramiento. Si la presión de vapor en la superficie de un elemento es superior a la de saturación, se producen condensaciones intersticiales. Únicamente es necesario comprobar estas condensaciones en los cerramientos en contacto con el exterior o espacios no habitables ³¹.

A partir de la hoja de cálculo proporcionada en la asignatura Construcción 3, se obtienen las siguientes gráficas sobre las condensaciones intersticiales en el edificio:

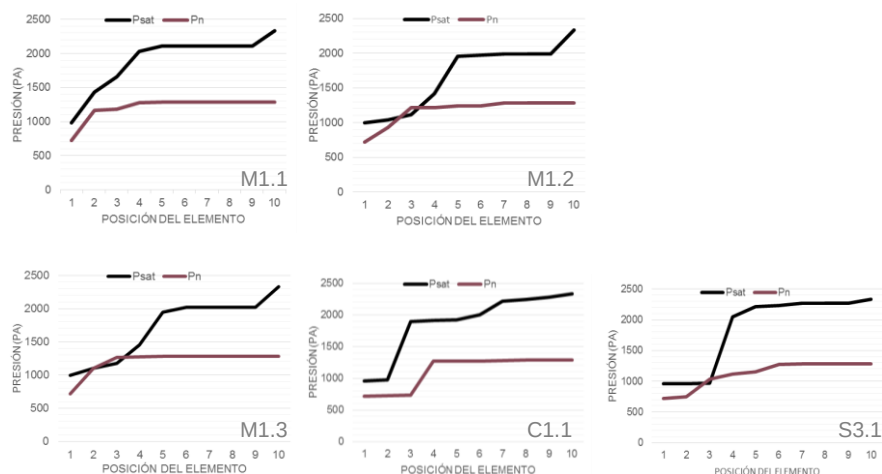


Fig. 41 Gráficas de condensaciones intersticiales de los cerramientos del edificio de los Borobio.

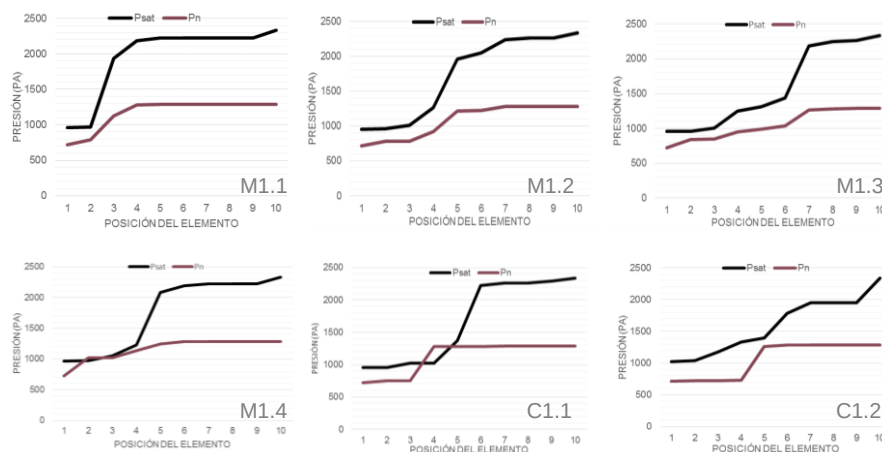


Fig. 42 Gráficas de condensaciones intersticiales de los cerramientos de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

En el edificio de los Borobio, se producen condensaciones en el cerramiento de la entrada (M1.2), en el del zócalo (M1.3) y en el techo del pórtico de la entrada (S3.1). En todos ellos, se acumula una gran cantidad de vapor en las cámaras de aire, lo que provoca las condensaciones. Para evitarlo, se situaría una barrera de vapor en el lado caliente de dichas cámaras.

³¹ Apartado 4.2.1 del documento de apoyo DB-HE/2.

En cuanto a la ampliación de José Manuel Pérez Latorre, únicamente se producen condensaciones intersticiales en la fachada posterior del patio (M1.4) y en la cubierta (C1.1). También se produce la acumulación de vapor en las cámaras de aire, tanto la que se deja para colocar el aplacado de piedra en fachada como la que se forma con los tabiques de cubierta.

Tras la verificación de todos los parámetros anteriores, se obtienen los datos de demanda energética del edificio (Fig.43) a partir del programa HULC³².

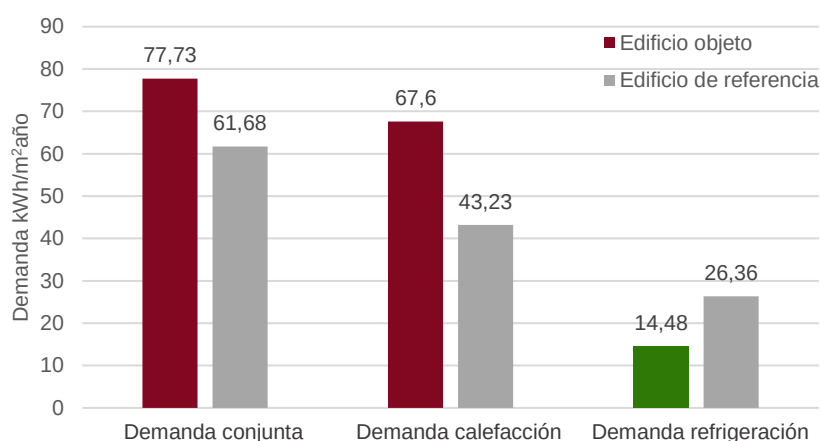


Fig. 43 Comparación de la demanda energética del edificio respecto al de referencia, a partir de los datos obtenidos del programa HULC.
Fuente: Elaboración propia

Al no cumplir con las exigencias comentadas anteriormente, no se obtiene una demanda dentro de los límites establecidos en el Documento Básico. A partir de la mejora de los cerramientos y la eliminación de los puentes térmicos, se podrá disminuir la demanda energética de calefacción, lo que permitirá satisfacer las exigencias de esta sección.

DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

El objetivo del Documento Básico de Protección frente el Ruido es limitar la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio; y el ruido reverberante de los recintos, con el fin de evitar molestias o enfermedades a los usuarios³³.

De todos los ruidos que se estudian en el Documento Básico, solamente se analizarán los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo, exterior y de impactos.

En primer lugar, se zonifica el edificio para estudiar cuáles son las exigencias acústicas de cada estancia. Para ello, se distinguen las unidades de uso, los recintos de actividad y los recintos de instalaciones que conforman el edificio, detallando si son protegidos o habitables.

³² Véase el anexo "Introducción del edificio al programa HULC".

³³ Artículo 14 del DB-HR.

Se considera que cada despacho constituye una unidad de uso protegido propia para garantizar unas condiciones acústicas óptimas a los trabajadores. El resto de estancias, pasillos, aseos y escaleras, se catalogan como espacios habitables. La cafetería al presentar un uso distinto al del resto del edificio se considera un recinto de actividad. Por último, los archivos y almacenes de la planta sótano se califican como recintos no habitables al no albergar un uso continuado en ellos ni presentar ninguna maquinaria (Fig.44).

Una vez clasificados los diferentes espacios del edificio, se determina los valores límites que deben cumplir las fachadas, las cubiertas, los suelos en contacto con el aire exterior y las particiones interiores para satisfacer las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT,A}$, a ruido exterior, $D_{2m,nT,Atr}$, (Fig.44) y a ruido de impactos, $L'_{nT,w1}$.

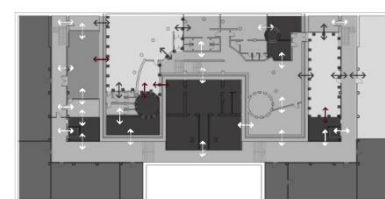
Para el aislamiento a ruido aéreo³⁴, se exige como mínimo 50dBA para los cerramientos que delimitan un recinto protegido con otro protegido o habitable. Si lo delimitan con un recinto de actividad o de instalaciones el valor mínimo es de 55dBA. En el caso de los cerramientos que separan un recinto habitable con otro habitable, de actividad o de instalaciones la exigencia mínima es de 45dBA.

El aislamiento a ruido exterior viene determinado por el uso del edificio y el índice de ruido de día, L_d . Según el mapa de ruido del Ayuntamiento de Zaragoza³⁵, el Paseo Sagasta, donde se sitúa la sede de la Confederación, presenta un índice de ruido de día superior a 75dBA, por lo que el valor mínimo de aislamiento a ruido exterior es de 47dBA³⁶. Esta exigencia únicamente se aplica a los cerramientos que delimitan un recinto protegido con el exterior.

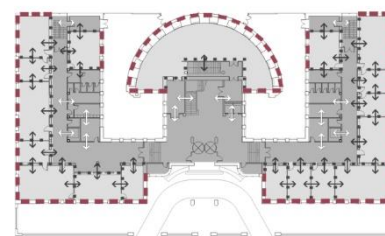
Las particiones horizontales deben garantizar unos valores mínimos de aislamiento a ruido de impactos³⁷. En el caso de recintos protegidos, no se debe superar los 65dB de ruido de impactos, mientras que en el resto de recintos el valor máximo es 60dB.

Tras determinar las exigencias de cada elemento, se realiza la verificación de los cerramientos mediante la opción simplificada. Esta opción proporciona una serie de soluciones de aislamiento que cumple con las exigencias a ruido aéreo y de impactos. De esta forma, todo cerramiento que presente unos valores superiores a los de las soluciones, satisfará también dichos requerimientos³⁸.

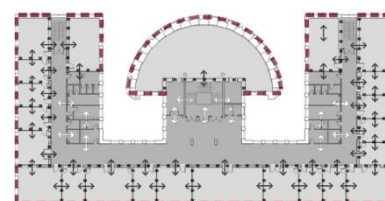
A la hora de aplicar este método es necesario conocer la masa superficial, m , y el índice de reducción acústica, R_A , de cada solución constructiva. Asimismo, en las particiones horizontales también se tiene en cuenta las



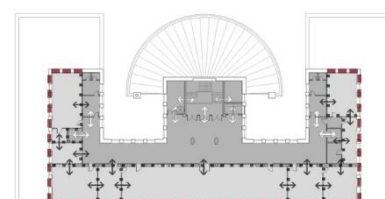
Planta sótano



Planta calle



Planta +1, +2 y +3



Planta +4



Fig. 44 Unidades de uso y recintos del edificio. Exigencias a ruido exterior y aéreo.

Fuente: Elaboración propia

³⁴ Apartado 2.1.1 del DB-HR.

³⁵ Véase mapa de ruido de Zaragoza: http://zaragoza.es/contenidos/medioambiente/Planos_MER/D1_Ns_Ldia.pdf

³⁶ Tabla 2.1 del DB-HR.

³⁷ Apartado 2.1.2 del DB-HR.

³⁸ Apartado 3.1.2 del DB-HR.

mejoras acústicas de los suelos flotantes al ruido de impactos, ΔL_w , y la mejora acústica de los suelos flotantes y falsos techos al ruido aéreo, ΔR_A .

Cada uno de los cerramientos y particiones del edificio se clasifican en diferentes tipos según la composición de los mismos. En el caso del edificio de los Borobio, la tabiquería, PV2, es de tipo 1 al ser de fábrica y apoyarse directamente sobre el forjado. Asimismo, los elementos de separación vertical, PV1 y PV2, también son de tipo 1 al estar compuestos por una o dos hojas de fábrica sin trasdosado. Por su parte, en la ampliación de José Manuel Pérez Latorre, se utiliza tanto tabiquería como elementos de separación vertical del tipo 3, PV1, al ser un entramado autoportante.

Una vez clasificados los cerramientos y particiones, se determinan las exigencias acústicas para cada uno de ellos. En el caso del edificio de los Borobio, son las siguientes³⁹:

TABIQUERÍA	m (Kg/m ²)	R _A (dBA)	m _{min} (Kg/m ²)	R _{A min} (dBA)	¿CUMPLE?
PV2	108,90	35,80	70	35	☒
ELEM. DE SEP. VERTICAL	m (Kg/m ²)	R _A (dBA)	m _{min} (Kg/m ²)	R _{A min} (dBA)	¿CUMPLE?
PV1	183,61	41,1	67	33	☒
PV2	108,90	35,80	67	33	☒

Tabla 7 Exigencias acústicas de las particiones verticales del edificio de los Borobio.

Para los elementos de separación vertical que comparten una puerta con otro recinto, dicha puerta tiene que presentar como mínimo un índice de reducción acústica de 30dBA. Las puertas utilizadas únicamente tienen un 20dBA, por lo que no cumplen este requisito.

ELEM. DE SEP. HORIZONTAL	m (Kg/m ²)	R _A (dBA)	S.F. ΔL_w (dBA)	S.F. ΔR_A (dBA)	F.T. ΔR_A (dBA)	m _{min} (Kg/m ²)	R _{Amin} (dBA)	S.F. ΔL_{wmin} (dBA)	S.F. ΔR_{Amin} (dBA)	F.T. ΔR_{Amin} (dBA)	¿?
PH1	445,25	55,2	-	-	-	500	60	12 (17)	0 (4)	0 (7)	☒
PH2	451,25	55,4	-	-	-	500	60	12	0	0	☒

Tabla 8 Exigencias acústicas de los elementos de separación horizontal del edificio de los Borobio. Entre paréntesis se indican las exigencias de las particiones que separan recintos de instalaciones o actividad.

Todo forjado que delimite superiormente una unidad de uso debe disponer de suelo flotante para el ruido de impactos. En el caso de que lo delimite inferiormente, además de suelo flotante, se introduce un falso techo⁴⁰. Ninguno de las particiones horizontales presenta estos elementos a pesar de su requerimiento.

³⁹ Las masas superficiales de cada cerramiento se han calculado mediante la ley de masas. Asimismo, el índice de reducción acústica se ha obtenido mediante la norma UNE EN 12354.

⁴⁰ Apartado 3.1.2.3.5 del DB-HR.

ELEM. EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR	PARTE CIEGA $R_{A, tr}$ (dBA)	HUECOS $R_{A, tr}$ (dBA)	PARTE CIEGA MIN. $R_{A, tr}$ (dBA)	HUECOS MIN. $R_{A, tr}$ (dBA)	¿CUMPLE?
M1.1	66,4	30	55	45	
M1.2	61,1	30	55	42	
M1.3	67,5	30	55	45	
C1.1	60,9	-	49	-	
S3.1	64,9	-	49	-	

Tabla 9 Exigencias acústicas de los elementos en contacto con el aire exterior del edificio de los Borobio.

A parte de las exigencias determinadas en la Tabla 9, la hoja exterior de las fachadas debe tener una masa superficial mínima de 130kg/m^2 , valor marcado por el tipo de elemento de separación vertical utilizado, en este caso tipo 1. Todos los cerramientos de fachada cumplen con este requisito⁴¹.

Las exigencias de los cerramientos y particiones interiores de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre son las siguientes⁴²:

TABQUERÍA	m (Kg/m ²)	R_A (dBA)	m_{min} (Kg/m ²)	$R_{A min}$ (dBA)	¿CUMPLE?
PV1	65	65	25	43	
ELEM. DE SEP. VERTICAL	m (Kg/m ²)	R_A (dBA)	m_{min} (Kg/m ²)	$R_{A min}$ (dBA)	¿CUMPLE?
PV1	65	65	44 (52)	58 (64)	

Tabla 10 Exigencias acústicas de las particiones verticales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre. Entre paréntesis se indican las exigencias de las particiones que separan recintos de instalaciones o actividad.

Al igual que en el edificio de los Borobio, las puertas de los elementos de separación vertical deben tener como mínimo un índice de reducción acústica de 30dBA. En la ampliación, se utilizan puertas de 38dBA por lo que se cumple esta exigencia.

ELEM. DE SEP. HORIZONTAL	m (Kg/m ²)	R_A (dBA)	S.F. ΔL_w (dBA)	S.F. ΔR_A (dBA)	F.T. ΔR_A (dBA)	m_{min} (Kg/m ²)	R_{Amin} (dBA)	S.F. ΔL_{wmin} (dBA)	S.F. ΔR_{Amin} (dBA)	F.T. ΔR_{Amin} (dBA)	¿?
PH1	517,65	62,6	15	28	5	500	60	9 (14)	0 (0)	0 (0)	

Tabla 11 Exigencias acústicas de los elementos de separación horizontal de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre. Entre paréntesis se indican las exigencias de las particiones que separan recintos de instalaciones o actividad.

Todas las particiones horizontales presentan falso techo y suelo flotante por lo que cumplen con las exigencias a ruido de impacto.

⁴¹ La hoja exterior de M1.1 tiene $813,2\text{kg/m}^2$, la de M1.2 $189,5\text{kg/m}^2$ y la de M1.3 $568,5\text{kg/m}^2$.

⁴² Las masas superficiales de cada cerramiento se han calculado mediante la ley de masas. Asimismo, el índice de reducción acústica se ha obtenido mediante la norma UNE EN 12354.

ELEM. EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR	PARTE CIEGA $R_{A, tr}$ (dBA)	HUECOS $R_{A, tr}$ (dBA)	PARTE CIEGA MIN. $R_{A, tr}$ (dBA)	HUECOS MIN. $R_{A, tr}$ (dBA)	¿CUMPLE?
M1.1	62,2	-	49	-	☒
M1.2	55,9	-	49	-	☒
M1.3	57,8	50	55	45	☒
M1.4	47,4	50	55	45	☒
C1.1	71,4	-	49	-	☒
C1.2	72,2	-	49	-	☒

Tabla 12 Exigencias acústicas de los elementos en contacto con el aire exterior de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

Al utilizarse elementos de separación vertical del tipo 3, la hoja exterior de las fachadas debe presentar como mínimo 145kg/m² de masa superficial y 45dBA de índice de reducción acústica. En todos los cerramientos de fachada se cumplen ambas exigencias⁴³.

A pesar de las diferentes técnicas constructivas empleadas en ambas intervenciones, en rasgos generales, todas las soluciones se comportan de forma adecuada a las exigencias de ruido. Esto se debe en parte a la utilización de muros de fábrica pesados.

Las únicas exigencias que no se cumplen corresponden a los elementos de separación horizontal del edificio de los Borobio, los cuales presentan una escasa masa superficial a lo que se le une la ausencia de suelo flotante y falsos techos. Por ello, no tienen un adecuado aislamiento a ruido aéreo y de impactos. Asimismo, los huecos de las fachadas no alcanzan los valores mínimos exigidos para ruido aéreo, por lo que es necesario su sustitución.

En cuanto a los valores límite de aislamiento a ruido exterior, 47dBA, todos los cerramientos presentan unas características superiores.

DB-HS SALUBRIDAD

El Documento Básico de Salubridad plantea reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren⁴⁴. Este objetivo se consigue a través de cinco secciones, de las cuales únicamente se analiza el apartado DB-HS1 “Protección frente a la humedad”.

Esta sección tiene como objeto de estudio la presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios como consecuencia de precipitaciones, escorrentías del terreno o condensaciones⁴⁵. Su ámbito de

⁴³ La hoja exterior de M1.1 tiene 692,25kg/m² y 62dBA; la de M1.2 465,35kg/m² y 55,9dBA; la de M1.3 524,31kg/m² y 57,8dBA; y la de M1.4 239,7kg/m² y 45,4dBA.

⁴⁴ Artículo 13 del DB-HS.

⁴⁵ Artículo 13.1 del DB-HS.

aplicación son los muros y suelos en contacto con el terreno y los cerramientos en contacto con el aire exterior⁴⁶. El estudio de las condensaciones se realiza siguiendo las pautas establecidas en la sección DB-HE1, comentadas anteriormente⁴⁷.

Debido a la falta de información detallada sobre las soluciones constructivas empleadas en el edificio, se consideran los casos más desfavorables a la hora de aplicar las exigencias de este apartado.

En primer lugar, se estudia los muros en contacto con el terreno, cuyos requerimientos vienen determinados por su grado de impermeabilidad. Se considera que el nivel freático del terreno es medio y que su coeficiente de permeabilidad es menor de 10^{-5} cm/s, por lo que el grado de impermeabilidad de los muros es 2⁴⁸.

El muro en contacto con el terreno del edificio de los Borobio es un muro flexorresistente parcialmente estanco, cuya solución constructiva recomendada es D4+V1⁴⁹ (Fig.45). Esto implica la incorporación de unas canaletas de recogida de agua en la cámara del muro, conectadas a la red de saneamiento (D4); y la abertura de huecos de ventilación en el arranque y coronación de la hoja (V1). Ninguno de estos elementos aparece en el muro en contacto con el terreno de los Borobio.

En cuanto al muro en contacto con el terreno de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre, se trata de un muro flexorresistente con impermeabilización en el exterior. Se recomienda para este tipo de cerramiento una solución I1+I3+D1+D3⁴⁹ (Fig.46). Esta medida incluye la utilización de una capa de antipunzonamiento en la cara exterior de la lámina impermeabilizante (I1), el revestimiento interior con un material hidrófugo del muro de fábrica (I3), la utilización de una capa drenante y filtrante (D1) y la colocación de un tubo drenante (D3). Ante la falta de datos, se considera el caso más desfavorable de no incorporar ninguno de estos elementos. Al tratarse de un muro de hormigón armado no se aplica la exigencia I3.

Con las mismas características anteriores de nivel freático y coeficiente de permeabilidad, los suelos en contacto con el terreno presentan un grado de impermeabilidad 3⁵⁰. Considerando que no se ha producido ninguna intervención en el terreno, la solución constructiva recomendada para las soleras de ambas actuaciones es C2+C3+D1⁵¹ (Fig.47). Esto implica la utilización de un hormigón de retracción moderada (C2), la hidrofugación del suelo mediante un producto líquido colmatador de poros (C3) y la colocación de una capa drenante y filtrante bajo la solera (D1). Se estima la no utilización de una capa drenante y filtrante en ambas actuaciones.

Para el estudio de las fachadas es necesario determinar su grado de impermeabilidad a partir de la zona pluviométrica y del grado de exposición



Fig 45. Solución D4+V1 para muros en contacto con el terreno.

Fuente: Elaboración propia

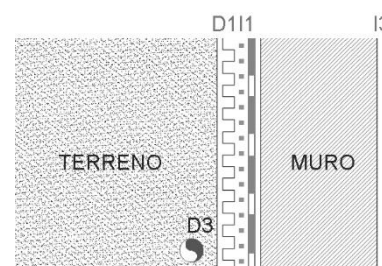


Fig 46. Solución I1+I3+D1+D3 para muros en contacto con el terreno.

Fuente: Elaboración propia

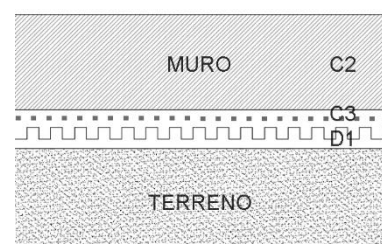


Fig 47. Solución C2+C3+D1 para muros en contacto con el terreno.

Fuente: Elaboración propia

⁴⁶ Apartado 1.1 del DB-HS1.

⁴⁷ Véase el apartado "DB-HE AHORRO DE ENERGÍA" págs.37-39 de este trabajo.

⁴⁸ Tabla 2.1 del DB-HS1.

⁴⁹ Tabla 2.2 del DB-HS1.

⁵⁰ Tabla 2.3 del DB-HS1.

⁵¹ Tabla 2.4 del DB-HS1.

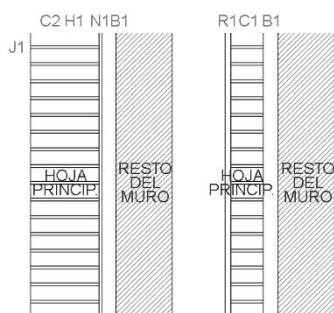


Fig 48. Soluciones B1+C2+H1+J1+N1 y R1+B1+C1 para fachadas sin y con revestimiento.

Fuente: Elaboración propia

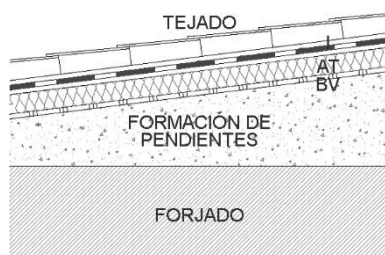


Fig 49. Solución de cubierta

Fuente: Elaboración propia

al viento del edificio. Al situarse en una zona urbana, el tipo de terreno es IV con un grado de exposición al viento V2. Este grado de exposición unido a la zona pluviométrica IV da como resultado un grado de impermeabilidad 3⁵².

Las exigencias para cada una de las soluciones constructivas de fachada se agrupan según la existencia o no de revestimiento exterior. En el caso del edificio de los Borobio, no presenta revestimiento exterior únicamente la fachada M1.1, cuya solución recomendada es B1+C2+H1+J1+N1⁵³ (Fig.48). Esta medida implica la incorporación de una cámara de aire sin ventilar (B1), la utilización de una hoja principal de 1 pie de ladrillo cerámico macizo o perforado (C2), el empleo de ladrillo cerámico de succión $\leq 4,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}$ como hoja principal (H1), la formación de juntas de mortero sin interrupción (J1) y el empleo de enfoscado de mortero de 10mm de espesor en la cara interior de la hoja principal (N1). La solución constructiva de esta fachada cumple con todos estos requisitos.

El resto de las soluciones de fachada de los Borobio y de José Manuel Pérez Latorre presentan un revestimiento exterior, por lo que las exigencias establecidas para ellos son R1+B1+C1⁵³ (Fig.48). Esto implica que el revestimiento exterior continuo tenga un espesor mínimo de 10mm (R1), que exista una cámara de aire sin ventilar o un aislamiento no hidrófilo en la cara interior de la hoja principal (B1) y que se utilice como mínimo $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo cerámico o 12cm de piedra natural como hoja principal (C1). En todas las soluciones de fachada con revestimiento exterior se satisfacen estos requerimientos.

Por último, en el caso de las cubiertas, no existe una diferenciación según su composición o diseño, sino que todas ellas deben cumplir una serie de requisitos⁵⁴. Éstos se pueden resumir en el empleo de un sistema de formación de pendientes, de una barrera de vapor si es necesaria, de una o varias capas separadoras cuando se requieran, de un aislamiento térmico y una capa impermeabilizante; y de un tejado en las cubiertas inclinadas (Fig.49). Tanto la cubierta de cobre de la ampliación de Pérez Latorre como la cubierta de teja del edificio de los Borobio cumplen con estas exigencias de composición.

De todos los cerramientos estudiados, únicamente no satisfacen las exigencias del DB-HS1 los muros y suelos en contacto con el terreno. Esto puede deberse en parte, a la falta de información detallada de los mismos. Por el año de actuación, se podría suponer que los elementos en contacto con el terreno de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre incluirían las capas drenante y filtrante requeridas. No obstante, al no existir unos datos fiables, se considera el caso más desfavorable.

⁵² Tablas 2.5 y 2.6 y figura 2.4 del DB-HS1.

⁵³ Tabla 2.7 del DB-HS1.

⁵⁴ Apartado 2.4.2 del DB-HS1.

DB-SI SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

El objetivo del Documento Básico Seguridad en Caso de Incendio es limitar el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental⁵⁵. Para ello, el documento se divide en cuatro secciones, tres de las cuales se analizan en este trabajo.

El apartado DB-SI1 “Propagación interior” se centra en la limitación de la propagación del incendio en el interior del edificio, mediante la compartimentación del mismo en sectores de incendio.

La superficie construida de un sector de incendio en un edificio administrativo no debe superar los 2500m²⁵⁶. Como cada planta de la sede de la Confederación presenta unos 1500m² construidos, se establece un sector de incendios por planta, salvo en la planta sótano donde se identifican varios sectores de riesgo especial.

Según las características de diseño o instalaciones, cada estancia se clasifica en riesgo bajo, medio o alto⁵⁷. De esta forma, todos los archivos se consideran locales de riesgo bajo al presentar un volumen comprendido entre 100 y 200m³, salvo la excepción de un archivo que presenta un volumen de 300m³ y se clasifica como riesgo medio. La cocina de la cafetería al tener una potencia instalada entre 20 y 30kW se considera de riesgo bajo. Se clasifican también como riesgo bajo las salas de maquinaria de los ascensores y las salas de instalaciones. Por su parte, el depósito de combustible y la zona de calderas se determinan como riesgo medio debido a que presentan una superficie mayor de 3m² y una potencia instalada entre 200 y 600kW, respectivamente (Fig.50).

La resistencia al fuego de las paredes y techos que delimitan los sectores de incendio de cada una de las plantas debe ser como mínimo EI 120. En el caso de los sectores de riesgo, los valores son EI 90 para riesgo bajo y EI 120 para medio (Tabla 13-14). Solamente la partición PV2 del edificio de los Borobio no cumple con estos valores.

CERRAMIENTO	RESISTENCIA AL FUEGO	RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA	¿CUMPLE?
PV1	EI 120	EI 90 EI 120	✓ ✓
PV2	EI 90	EI 120	✗
PH1	REI 120	EI 90 EI 120	✓ ✓
PH2	REI 120	EI 120	✓

Tabla 13 Resistencia al fuego de las particiones del edificio de los Borobio. Datos obtenidos a partir de los apéndices D y F del DB-SI.

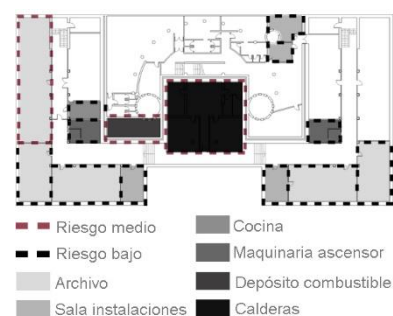


Fig. 50 Locales de riesgo de la planta sótano.
Fuente: Elaboración propia

⁵⁵ Artículo 11 del DB-SI.

⁵⁶ Tabla 1.1 del DB-SI1.

⁵⁷ Tabla 2.1 del DB-SI1.

CERRAMIENTO	RESISTENCIA AL FUEGO	RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA	¿CUMPLE?
PV1	EI 120	EI 90 EI 120	☒ ☒
PH1	REI 240	EI 90 EI 120	☒ ☒

Tabla 14 Resistencia al fuego de las particiones de la ampliación de Pérez Latorre. Datos obtenidos a partir de los apéndices D y F del DB-SI.

Además de estas exigencias, es necesario incluir un vestíbulo de independencia en los sectores de riesgo medio⁵⁸, es decir, en el almacén de combustible, en la sala de calderas y en el archivo. Únicamente esté último no presenta dicho vestíbulo.

La sección DB-SI2 “Propagación exterior” estudia como disminuir el riesgo de propagación del incendio por el exterior del edificio mediante el establecimiento de unos valores mínimos de resistencia al fuego de los cerramientos exteriores⁵⁹.

Con el fin de limitar el riesgo de propagación vertical por fachada entre dos sectores de incendio distintos, todos los cerramientos de fachada deben presentar una resistencia EI 60 en una franja de 1m como mínimo⁶⁰. En el caso de las cubiertas, los cerramientos requieren una resistencia mínima REI 60 en una franja de 0,50m⁶¹. Todas las fachadas y cubiertas del edificio cumplen con estas exigencias (Tabla 15-16).

CERRAMIENTO	RESISTENCIA AL FUEGO	RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA	¿CUMPLE?
M1.1	REI 300	EI 60	☒
M1.2	REI 180	EI 60	☒
M1.3	REI 300	EI 60	☒
C1.1	REI 120	REI 60	☒

Tabla 15 Resistencia al fuego de las cerramientos exteriores del edificio de los Borobio. Datos obtenidos a partir de los apéndices D y F del DB-SI.

CERRAMIENTO	RESISTENCIA AL FUEGO	RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA	¿CUMPLE?
M1.1	REI 240	EI 60	☒
M1.2	EI 180	EI 60	☒
M1.3	EI 240	EI 60	☒
M1.4	EI 150	EI 60	☒
C1.1	REI 240	REI 60	☒
C1.2	REI 240	REI 60	☒

Tabla 16 Resistencia al fuego de las cerramientos exteriores de la ampliación de Pérez Latorre. Datos obtenidos a partir de los apéndices D y F del DB-SI.

⁵⁸ Tabla 2.2 del DB-SI1.

⁵⁹ Artículo 11.2 del DB-SI.

⁶⁰ Apartado 1 del DB-SI2.

⁶¹ Apartado 2 del DB-SI2.

Por último, se estudia el apartado DB-SI3 “Evacuación de ocupantes” cuyo objetivo es garantizar los medios adecuados de evacuación del edificio para que los usuarios puedan abandonarlo en condiciones de seguridad⁶².

En primer lugar, se zonifica el edificio para conocer la densidad de ocupación del mismo⁶³. Se distinguen los siguientes usos: zonas de oficinas, vestíbulos, aseos, archivos, cafetería y salas de instalaciones y maquinaria. Tanto las salas de instalaciones y maquinaria como los archivos de la planta sótano se consideran de ocupación nula al albergar personal de forma esporádica y no continuada. Asimismo, los aseos y vestuarios se determinan como ocupación nula al estar destinados al uso interno de los trabajadores⁶⁴. De esta forma, la ocupación por planta del edificio es la siguiente:

PLANTA SÓTANO			
USO	SUPERFICIE (m²)	OCUPACIÓN (m²/persona)	Nº DE PERSONAS
Cafetería	72,21	1	72,21
Oficinas	406,42	10	40,642
Zona de instalaciones	275,45	-	-
Almacenes	337,40	-	-
Aseos	103,89	-	-
Número total de personas en la planta			113

PLANTA CALLE			
USO	SUPERFICIE (m²)	OCUPACIÓN (m²/persona)	Nº DE PERSONAS
Oficinas	691,54	10	69,154
Vestíbulo	102,60	2	51,3
Zona de instalaciones	41,42	-	-
Aseos	85,24	-	-
Número total de personas en la planta			121

PLANTA PRIMERA			
USO	SUPERFICIE (m²)	OCUPACIÓN (m²/persona)	Nº DE PERSONAS
Oficinas	861,55	10	86,155
Vestíbulo	58,67	2	29,335
Zona de instalaciones	41,42	-	-
Aseos	85,24	-	-
Número total de personas en la planta			116

PLANTA SEGUNDA			
USO	SUPERFICIE (m²)	OCUPACIÓN (m²/persona)	Nº DE PERSONAS
Oficinas	861,55	10	86,155
Vestíbulo	58,67	2	29,335
Zona de instalaciones	41,42	-	-
Aseos	85,24	-	-
Número total de personas en la planta			116

⁶² Artículo 11.3 del DB-SI.

⁶³ Tabla 2.1 del DB-SI3.

⁶⁴ Comentario “Ocupación alternativa de aseos y vestuarios” de la tabla 2.1 del DB-SI3.

PLANTA TERCERA			
USO	SUPERFICIE (m ²)	OCUPACIÓN (m ² /persona)	Nº DE PERSONAS
Oficinas	790,46	10	79,046
Vestíbulo	58,67	2	29,335
Zona de instalaciones	41,42	-	-
Aseos	85,24	-	-
Número total de personas en la planta			109

PLANTA CUARTA			
USO	SUPERFICIE (m ²)	OCUPACIÓN (m ² /persona)	Nº DE PERSONAS
Oficinas	428,66	10	42,866
Vestíbulo	58,67	2	29,335
Zona de instalaciones	11,00	-	-
Aseos	42,28	-	-
Número total de personas en la planta			73

Número total de personas en el edificio: 648 personas

Tabla 17 Densidad de ocupación por planta del edificio.

Una vez calculada la densidad de ocupación del edificio, se determina el número de salidas por planta y la distancia máxima de los recorridos de evacuación⁶⁵. Todas las plantas presentan tres salidas, salvo la planta sótano y la última planta que tienen dos y una salida, respectivamente.

El recorrido de evacuación de la última planta es solamente de 25m al presentar una única salida. En el resto de plantas, como tienen varias salidas, la distancia máxima por planta es de 50m. Estas exigencias se cumplen en todas las plantas, salvo la última. Asimismo, los sectores de riesgo de la planta sótano deben de presentar un recorrido máximo de 25m hasta la salida del local, hecho que se cumple en todos ellos (Fig. 51).

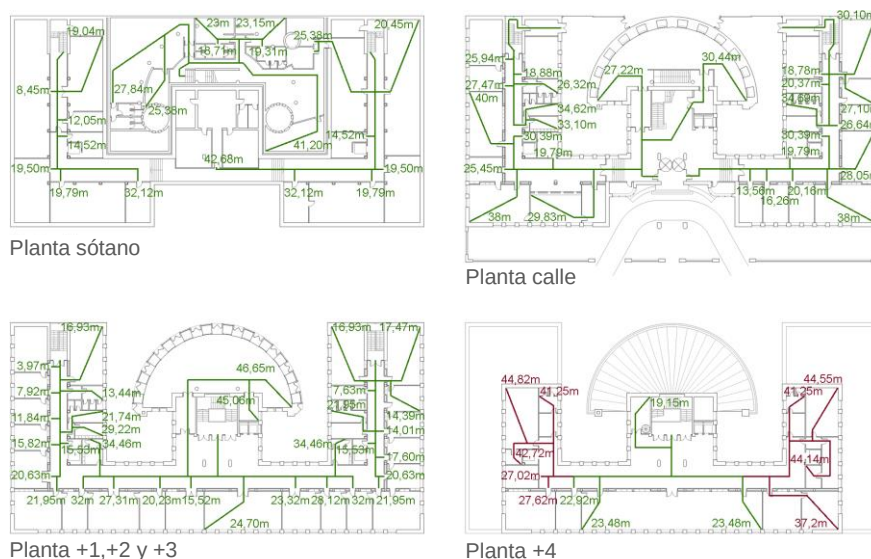


Fig. 51 Recorridos de evacuación del edificio.
Fuente: Elaboración propia

⁶⁵ Tabla 3.1 del DB-SI3.

Por último, se comprueba el correcto dimensionado de los elementos de evacuación: puertas, pasillos y escaleras⁶⁶.

Para el dimensionado de puertas y pasillos se considera el número de personas más desfavorable por planta, 121. A partir de este dato, se obtiene que la anchura mínima de puertas es 0,80 metros y de los pasillos 1m. Todas las puertas de sectorización son puertas dobles que cumplen con este requisito al igual que los pasillos.

La puerta giratoria de la entrada supone un tema de estudio específico⁶⁷. La utilización de este tipo de puerta implica la colocación de puertas abatibles colindantes para facilitar la evacuación del edificio. En caso contrario, se debe disponer un sistema que permita abatir las hojas de la puerta giratoria en el sentido de la evacuación. Para cumplir con esta exigencia, fue necesario trasladar la puerta hacia el interior del edificio, liberando espacio para la instalación de las puertas abatibles.

En cuanto a las escaleras, es necesario determinar en primer lugar si son protegidas o no⁶⁸, según su altura de evacuación. Las escaleras laterales dan servicio hasta la planta tercera, 12,8m, por lo que son escaleras no protegidas en sentido descendente. En sentido ascendente, su altura de evacuación es 2,8m, clasificándose también como escaleras no protegidas. En el caso de la escalera principal, únicamente tiene un sentido de evacuación descendente, salvando una altura de 16,8m, por lo que se cataloga como escalera protegida la cual debe de estar compartimentada en todas sus plantas salvo la planta calle.

Las escaleras laterales tienen una anchura de 1,18m lo que les permite evacuar a cada una un máximo de 192 personas en sentido descendente, y 158 en sentido ascendente. Por su parte, la escalera principal presenta un ancho de 1,75m lo que implica una evacuación máxima de 556 personas en sentido descendente⁶⁹. En total, el máximo número de personas que evacúan las tres escaleras dadas sus dimensiones es de 940 personas en sentido descendente y 316 en sentido ascendente, ambos datos superiores a la densidad de ocupación real del edificio.

Como las escaleras laterales son no protegidas, se debe de considerar el caso más desfavorable de que una de ellas quede obstruida⁷⁰. En este caso, el resto de las escaleras debe de tener la capacidad suficiente de albergar todos los ocupantes asignados a la escalera inutilizada. La escalera lateral no obstruida podría evacuar 158 personas en sentido ascendente, frente a las 116 reales del edificio. En cuanto a la evacuación en sentido descendente, la capacidad de evacuación sería de 748 personas. En ambos sentidos, no se produciría problemas de evacuación.

⁶⁶ Tabla 4.1 del DB-SI3.

⁶⁷ Artículo 4 del apartado 6 del DB-SI3.

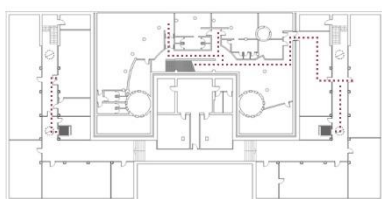
⁶⁸ Tabla 5.1 del DB-SI3.

⁶⁹ Tabla 4.2 del DB-SI3.

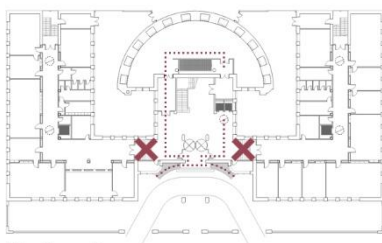
⁷⁰ Artículo 4.1 del DB-SI3.



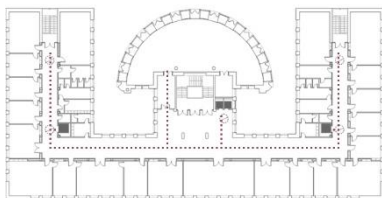
Fig 52. Silla salvaescalera para acceder al sótano en la parte de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.
Fuente: Imagen propia



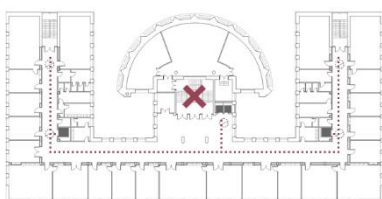
Planta sótano



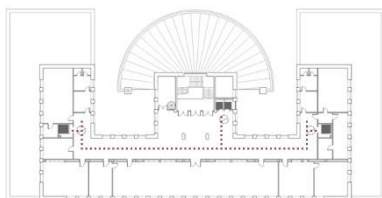
Planta calle



Planta +1



Planta +2 y +3



Planta +4

..... Itinerario accesible
○ Giro de 1,5m de diám.
X Barrera arquitectónica
■ Rampa accesible
■ Silla salva escalera
■ Ascensor accesible

Fig 53. Elementos de los itinerarios accesibles

Fuente: Elaboración propia

DB-SUA SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad tiene como objeto de estudio reducir el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatos en el uso previsto de los edificios, así como facilitar el acceso y la utilización de los mismos a personas con discapacidad⁷¹.

De las nueve secciones que componen dicho documento, se analiza el apartado DB-SUA9 "Accesibilidad" en el que se garantiza el acceso y utilización del edificio a todos los usuarios mediante itinerarios accesibles.

En los edificios administrativos es necesario disponer de un itinerario accesible que comunique en cada planta el acceso a ella con las zonas de uso público⁷². Para considerarse un itinerario accesible es necesario que todos los desniveles se salven con rampas o ascensores accesibles. Se estima una rampa accesible aquella cuya pendiente sea como máximo un 10% en tramos menores de 3m, un 8% para tramos menores de 6m y un 6% en el resto⁷³. En el caso de los ascensores, para edificios administrativos de más de 1000m² se consideran accesibles aquellos cuyas dimensiones mínimas sean 1,00x1,40m si presentan una puerta o dos enfrentadas⁷⁴.

Por otra parte, en los itinerarios accesibles se debe de permitir un radio de giro libre de obstáculos de 1,50m de diámetro en los vestíbulos, en los pasillos de más de 10m de largo y en frente de ascensores accesibles. Asimismo, los pasillos tienen que tener como mínimo una anchura de 1,20m y en el caso de las puertas, 0,80m⁷⁴.

La accesibilidad desde el exterior a la sede de la Confederación está garantizada gracias a las dos rampas accesibles laterales situadas en las escaleras del pórtico de entrada. Una vez dentro del edificio, existen una serie de barreras arquitectónicas que impiden un itinerario accesible por planta. En concreto, en la planta calle, para acceder a las dos alas laterales es necesario utilizar unas escaleras. Esto también sucede en la ampliación de José Manuel Pérez Latorre en las plantas segunda y tercera, donde el acceso a las mismas se realiza a través del descansillo de la escalera principal. En cambio, para acceder al sótano de la ampliación, se coloca una silla salvaescalera (Fig.52) en un lateral de la escalera para garantizar el itinerario accesible.

En cuanto al resto de exigencias, se satisfacen las dimensiones mínimas de los ascensores accesibles, 1,60x1,60m en las alas laterales y 1,40x1,40m en el vestíbulo; así como del radio de giro y de la anchura de pasillos y puertas (Fig.53).

⁷¹ Artículo 12 del DB-SUA.

⁷² Apartado 1.1.3 del DB-SUA9.

⁷³ Apartado 4 del DB-SUA1.

⁷⁴ Anejo A Terminología del DB-SUA.

CRITERIOS SOSTENIBLES Y SU APLICACIÓN EN EL EDIFICIO DE LA CONFEDERACIÓN

El deterioro del medio ambiente está obligando a reorientar las pautas de producción y consumo de los sectores productivos y económicos de la sociedad. El sector de la construcción es uno de los que genera un mayor impacto medio ambiental debido a las grandes cantidades de energía y materiales que consume.

Ante esta necesidad de cambio, se estudia en este apartado soluciones más sostenibles y su posible aplicación práctica en el edificio de la Confederación.

EL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD

La Revolución Industrial del siglo XIX trae consigo un cambio en el sistema productivo de la sociedad, basando su crecimiento económico en el uso intensivo de los recursos naturales finitos (Wrigley, 1992). Esta tendencia continúa hasta la actualidad.

En los años 60, la comunidad científica alerta de la pérdida de biodiversidad y el deterioro medioambiental provocados por la sobreexplotación de los recursos naturales. No es hasta 1972 cuando se convoca la primera reunión mundial sobre el medio ambiente, la Conferencia sobre el Medio Humano en Estocolmo, donde se instaura el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA).

Desde entonces, se realizan diferentes congresos y cumbres internacionales para buscar una solución al problema medioambiental. En 1987, se elabora el Informe Brundtland donde se acuña el término desarrollo sostenible: *aquel desarrollo capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las de las generaciones futuras*. Este desarrollo busca la conciliación entre el crecimiento económico, los recursos naturales y la sociedad.

En los últimos años del siglo XX y principios del siglo XXI, se establecen diferentes medidas, como el Protocolo de Kioto⁷⁵ o el Objetivo “20-20-20”⁷⁶, para tratar de paliar los problemas medioambientales como el cambio climático o la destrucción de la capa de ozono (Edwards, 2005).

Estas medidas se traducen dentro del sector de la edificación en España, en un cambio hacia una normativa más estricta. Las últimas actualizaciones del Código Técnico reflejan la tendencia hacia la construcción de edificios de emisiones cero, objetivo marcado por la Unión Europea para 2020.

NOCIONES BÁSICAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

En la Unión Europea, la construcción utiliza el 40% de los materiales, genera el 40% de los residuos y consume el 40% de la energía primaria (Baño, 2005). Estos datos muestran el gran impacto económico, ecológico y social que provoca este sector y la urgente necesidad de introducir términos más sostenibles en él.

En general, la arquitectura sostenible se basa en una adecuación al entorno y en el ahorro de energía y recursos materiales, aspectos utilizados por la arquitectura popular durante siglos (Neila, 2004).

⁷⁵ Firmado en 1997 y entrado en vigor en 2005, su objetivo es reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarburos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de al menos un 5% durante el período 2008-2012.

⁷⁶ Su objetivo para el año 2020 es reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero en un 20%, ahorrar un 20% en consumo de energía y promover las energías renovables un 20%.

Una correcta lectura del lugar permite aprovechar de forma sostenible los recursos y ecosistemas del entorno más próximo. Analizando la orientación y las características climatológicas, un edificio puede reducir al mínimo su demanda energética. Si a esta limitación de demanda se le añade la utilización de energías renovables e instalaciones eficientes se consigue aproximarse a un edificio de emisiones cero.

Durante la mayor parte del siglo pasado, los edificios se construían con los materiales del entorno más cercano, generando un impacto bajo sobre el territorio. La aparición de medios de extracción y fabricación más eficientes unido a la propulsión de un transporte más barato y globalizado ha provocado que la producción de materiales no se limite al entorno más próximo y se haya transformado en una actividad con un elevado impacto ambiental (Baño, 2005).

CLIMA Y ORIENTACIÓN

El entorno juega un importante papel a la hora de proyectar un edificio ya que un adecuado asentamiento en el lugar facilita el confort del usuario en el interior. Para ello, es necesario estudiar el clima y la trayectoria solar de la zona e identificar los agentes atmosféricos más desfavorables, consiguiendo así una adecuada orientación del edificio.

Dado el clima templado de España, se recomienda orientar las construcciones de forma que se aproveche el mayor número de horas de luz solar al día. En general, en los edificios administrativos, no se produce un uso continuado de los mismos, concentrándose la jornada laboral en la mañana. Por ello, su orientación más adecuada según la trayectoria del sol sería al este o al sur. Al norte se situarían los usos secundarios o menos utilizados como aseos o almacenes.

Asimismo, es necesario adecuar la cantidad y el tamaño de los huecos a su orientación. Para evitar pérdidas energéticas en invierno, se recomienda abrir un reducido porcentaje de huecos, preferentemente de tamaño pequeño, en las fachadas norte. Por el contrario, en las fachadas sur se puede abrir un alto porcentaje de huecos para conseguir el mayor aprovechamiento solar. Dado el ángulo de incidencia en las fachadas este y oeste, se aconseja proyectar huecos verticales y estrechos.

ESTRATEGIAS PASIVAS PARA EL AHORRO ENERGÉTICO

Los sistemas pasivos son aquellos elementos que forman parte del edificio funcionando como un sistema de captación, control, regulación, acumulación y distribución de energía sin generar sobre costos en la construcción (Neila, 2004).

Para las condiciones de invierno, se distinguen tres sistemas pasivos basados en la obtención de calor, en su retención y en evitar su pérdida por la incidencia de vientos fríos (Granados, 2006).

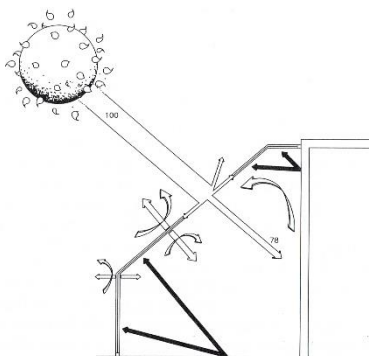


Fig 54. Esquema de funcionamiento del efecto invernadero.

Fuente: Francisco Javier Neila

Este sistema se basa en el cambio de longitud de onda de los rayos solares que inciden sobre el vidrio. Al modificar su longitud, no pueden atravesar el vidrio de nuevo por lo que se acumula la energía en el interior de la estancia.

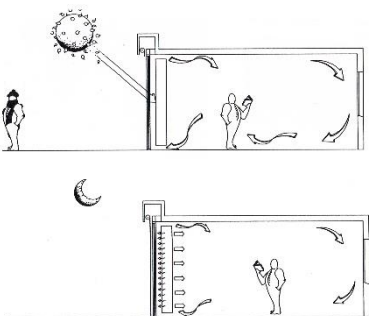


Fig 55. Esquema de funcionamiento del muro trombé.

Fuente: Francisco Javier Neila

Durante el día, el muro acumula el calor obtenido mediante el efecto invernadero del vidrio exterior. Este calor genera una corriente de aire caliente que se introduce en el interior. Por la noche, el calor acumulado se disipa en el interior.

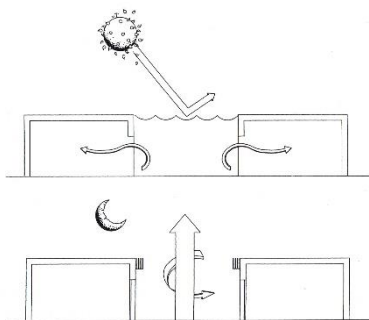


Fig 56. Esquema de funcionamiento del patio.

Fuente: Francisco Javier Neila

Durante el día, el patio se cubre con un toldo para acumular aire a una temperatura inferior y crear corrientes mediante convección. Por la noche, al bajar las temperaturas, se descubre el patio para refrescar el ambiente interior.

Los sistemas de generación de calor obtienen energía térmica mediante el aprovechamiento de la energía solar o el calentamiento por inmersión en el terreno. Algunas de estas estrategias son el efecto invernadero (Fig.54) o el muro trombé (Fig.55).

Una vez captada la energía térmica, los sistemas de retención de calor tratan de acumularla a través de la utilización de materiales con elevada masa térmica o la colocación de alto aislamiento térmico en la envolvente que ralentice la pérdida de energía del interior.

Por otra parte, los sistemas de protección de vientos fríos tratan de evitar la pérdida de calor por la incidencia de los vientos en el edificio. Para ello se coloca alto aislamiento térmico en la envolvente y se garantiza unas bajas infiltraciones en el edificio.

En verano se busca proteger la construcción de la radiación solar y refrescarla mediante ventilación o el uso de patios (Granados, 2006).

Los sistemas de protección solar se basan en el resguardo de los huecos mediante voladizos, lamas y otros elementos, así como de la utilización de vidrios de bajo factor solar. Para los huecos orientados a sur se recomiendan voladizos o lamas horizontales. En cambio, dada la trayectoria del sol, en las ventanas del este y del oeste se utilizan lamas verticales. Además de los huecos, también se protegen los elementos opacos de la envolvente utilizando materiales con altas masas térmicas y sistemas constructivos ventilados.

Los sistemas de generación de fresco introducen aire fresco al interior de los edificios aprovechándose de la ventilación, ya sea natural, forzada o inducida; y de los patios (Fig.56). Estos sistemas están basados en la generación de corrientes por diferencia de densidades del aire.

UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

Desde su implantación en los edificios, los sistemas de calefacción, refrigeración y agua caliente han utilizado como principal fuente de energía recursos no renovables como combustibles fósiles o electricidad.

A raíz de la toma de conciencia del problema medioambiental existente, se está introduciendo paulatinamente el uso de energías renovables en el campo de la arquitectura (Edwards, 2005). Las principales fuentes utilizadas son la energía solar, eólica, geotermia y biomasa.

La energía solar se utiliza de forma pasiva para calentar, ventilar e iluminar el interior de los edificios, así como, de forma activa, para calentar el agua sanitaria. En el Documento Básico de Ahorro de Energía se establece unos valores mínimos de aportación solar tanto para el agua caliente sanitaria como para la generación de electricidad mediante paneles fotovoltaicos. El principal problema de este tipo de energía es la sobreproducción en los meses de verano que obliga a almacenarla en depósitos térmicos estacionales.

La energía eólica permite el aprovechamiento del viento para generar electricidad, ventilar o bombear el agua en el edificio. Puede utilizarse como

complemento de la energía solar para conseguir la autosuficiencia del edificio. A diferencia de la energía solar, no se puede almacenar por lo que en los días sin viento o con unas elevadas rachas se necesitaría utilizar otra fuente de energía.

La energía geotérmica se obtiene a partir del calor que se genera en el núcleo terrestre y que se transmite hasta la corteza. Esta energía permanece a una temperatura constante por lo que puede utilizarse como un depósito de calor en invierno y como un disipador térmico en verano. Para su correcto funcionamiento, requiere de una extensión de terreno aproximadamente equivalente al doble de la superficie en planta del edificio (Edwards, 2005), por lo que su uso en zonas urbanas es muy limitado.

La aplicación más común de la biomasa es la producción térmica, tanto para calefacción como para agua caliente sanitaria. Su principal inconveniente es su menor densidad energética que los combustibles fósiles, lo que implica un mayor consumo de biomasa para obtener la misma energía (Edwards, 2005). Además, presenta un volumen superior que se traduce en unos sistemas de almacenamiento de grandes dimensiones.

USO DE MATERIALES SOSTENIBLES

Los materiales de la construcción crean un importante impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida. Desde la fase de extracción hasta la etapa de deconstrucción se produce un elevado consumo de energía y se generan emisiones contaminantes.

A la hora de seleccionar los materiales de construcción de un edificio, es recomendable utilizar materiales naturales que no requieran de una manufacturación o que necesiten un bajo consumo de energía para su fabricación. Asimismo, se aconseja el uso de materiales fabricados con elementos reciclados y que puedan reciclarse. Para reducir los costes de energía en transporte, se recomienda utilizar materiales extraídos o fabricados en un entorno próximo (Baño, 2005).

El impacto ambiental de los materiales de construcción varía según su origen y manufacturación (Fig.57). De los materiales más empleados la cerámica y la madera generan un impacto menor.

Material	Efecto invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía	Residuos sólidos
Cerámica	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Piedra	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Acero	++	++	+	+++	++	++	+++
Aluminio	+	+	++	+++	+	+	+++
PVC	++	++	+	+++	++	++	++
Poliestireno	++	+	+	++	+	+	++
Poliuretano	+	++	+	+	++	++	+++
Pino	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

+++ impacto pequeño; ++ impacto medio; + impacto elevado.

Fig. 57 Impacto ambiental de los principales materiales de construcción.
Fuente: Programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida.

Los materiales pétreos naturales presentan un bajo impacto medioambiental. Su principal ventaja es su elevada durabilidad. No obstante, dadas sus dimensiones, en su fase de extracción y transporte se produce un consumo de energía elevado. Asimismo, son los principales responsables del colapso de los vertederos.

Tanto el hormigón armado como los materiales cerámicos generan un considerable impacto, dado su elevado consumo de energía durante su fabricación. Además, junto a los materiales pétreos naturales, son el principal residuo de los vertederos.

El principal impacto ambiental de los metales se produce en la fase de transformación, donde se consumen grandes cantidades de energía, y en los tratamientos de acabado y protección, en los que se emiten sustancias contaminantes. Los materiales metálicos destacan por sus altas prestaciones mecánicas y su facilidad de reciclado ilimitado.

Los plásticos presentan un impacto ambiental similar a los metales: elevado consumo energético y alta contaminación en el proceso de fabricación. Sus principales ventajas son su alta resistencia, su estabilidad y su ligereza.

La madera puede considerarse como uno de los materiales más sostenibles siempre y cuando su ritmo de explotación forestal permita la regeneración de los bosques, y su tratamiento contra la humedad e insectos sea mediante imprimaciones naturales.

Los materiales aislantes más empleados son las espumas en forma de proyectado y en forma de panel, cuyos agentes espumantes causan el adelgazamiento de la capa de ozono. Existen otras alternativas como las fibras minerales, el vidrio celular o los aislantes naturales como el corcho o el cáñamo.

Las pinturas presentan una composición muy variada (pigmentos, resinas, disolventes...). Al tratarse de un material comúnmente utilizado se han desarrollado pinturas ecológicas y naturales que no utilizan productos derivados del petróleo.

MATERIALES PELIGROSOS

Algunos materiales de construcción no generan únicamente un gran impacto ambiental sino que también resultan nocivos para la salud.

El uso del amianto está prohibido desde 2001. Antiguamente, se utilizaba en tableros y placas de fibrocemento, como aislamiento, en tuberías y en tratamientos superficiales. El contacto directo con este material puede producir asbestosis, cáncer de pulmón y cáncer de peritoneo.

El plomo es un veneno para el organismo que se acumula mediante la ingestión, inhalación o absorción a través de la piel. Se utiliza para cubiertas, instalaciones eléctricas, tuberías, soldaduras y pinturas.

Desde 2002, no se puede utilizar la creosota como tratamiento de la madera al provocar irritaciones y cánceres (Baño, 2005).

ESTRATEGIAS SOSTENIBLES UTILIZADAS EN EL EDIFICIO DE LA CONFEDERACIÓN

En el año en el que se construyó la sede de la Confederación no existía la conciencia medioambiental que se promueve en la actualidad. No obstante, algunos de los criterios estudiados en los apartados anteriores se aplicaron en este edificio, debido a que son estrategias empleadas en la arquitectura popular.

En primer lugar, el edificio de la Confederación se adapta adecuadamente al entorno urbano donde se sitúa. La ciudad de Zaragoza presenta un clima mediterráneo continental semidesértico, con inviernos fríos y veranos cálidos. Las precipitaciones son escasas, concentrándose en los meses de primavera (Fig.58). El principal agente atmosférico a combatir es el cierzo, un viento de noroeste que sopla la mayor parte del año (Fig.59).

Ante estas condiciones climatológicas, los hermanos Borobio combaten las temperaturas mediante muros de ladrillo con una elevada masa térmica, que permiten retener el calor captado durante el invierno y evitar pérdidas energéticas por la incidencia del cierzo. Asimismo, esta elevada masa térmica se utiliza en verano para mantener el interior del edificio a una temperatura inferior a la del exterior. En el caso de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre, además de utilizar muros con alta masa térmica se añade aislamiento térmico que permite una mayor retención de calor.

En cuanto a la distribución programática, en el edificio principal se evita orientar los despachos a poniente, protegiéndose así del cierzo. Esta estrategia no puede aplicarse en la ampliación debido a su orientación oeste, por lo que la solución tomada es cerrarse en sí misma, sin realizar aberturas directas al exterior.

Al tratarse de un edificio administrativo, se necesita abrir una gran cantidad de huecos en fachada lo que supone pérdidas energéticas. Para disminuir estas pérdidas, se proyectan vidrios dobles en las ventanas. Como todo el edificio presenta la misma composición de fachada, no se puede utilizar lamas o voladizos como elementos de protección solar dada la variación del ángulo de incidencia de los rayos solares. Como solución, se instalan unas persianas enrollables en cada despacho.

En el edificio de los Borobio se garantiza la ventilación natural cruzada al abrir huecos en todas las fachadas. No obstante, en la ampliación, no se produce esta ventilación natural. Si la fachada de la ampliación estuviese orientada a sur, los tragaluces podrían funcionar como una chimenea solar (Fig.60), gracias al efecto chimenea, generando una ventilación por succión. Sin embargo, al orientarse al oeste, no se garantiza el funcionamiento correcto de este sistema.

La sede de la Confederación no utiliza ningún tipo de energía renovable. Su principal fuente de combustión es el gasóleo que da servicio al sistema

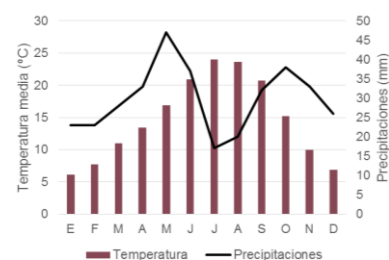


Fig 58. Temperatura media y precipitaciones a lo largo del año en Zaragoza. Fuente: Elaboración propia

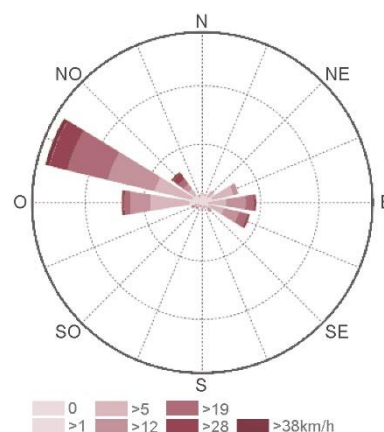


Fig 59. Rosa de los vientos de Zaragoza. Fuente: Elaboración propia



Fig 60. Posible funcionamiento del tragaluz como chimenea solar. Fuente: Elaboración propia

de calefacción por radiadores. Actualmente, se está estudiando la posibilidad de incorporar algún tipo de energía renovable como la biomasa⁷⁷.

Dadas las circunstancias en las que se construyó el edificio de los Borobio, los materiales que se emplearon se obtuvieron de entornos cercanos, por lo que la energía invertida para su transporte fue menor. Asimismo se utilizaron materiales, en general, de un impacto ambiental bajo como la caliza y mármol de Calatorao, el ladrillo, el gres o la madera. Los principales materiales empleados con un mayor impacto son el hormigón armado de la estructura y las carpinterías metálicas.

La ampliación de José Manuel Pérez Latorre emplea en su mayor parte los mismos materiales, salvo la incorporación de aislamiento rígido en los cerramientos. En cuanto a materiales nocivos para la salud no se ha detectado la utilización de ninguno.

⁷⁷ Información proporcionada por José Antonio Piazuelo, arquitecto de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

PROPUESTAS DE MEJORA DEL EDIFICIO DE LA CONFEDERACIÓN

Tras identificar los problemas de la sede de la Confederación, se plantea una serie de soluciones para satisfacer los requisitos del Código Técnico. Como premisa general, estas transformaciones no desvirtuarán la idea original del edificio de los hermanos Borobio y de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre. Asimismo, se incluirán criterios sostenibles estudiados en el apartado anterior.

Una vez enunciadas las propuestas de transformación, se verificarán de nuevo, para asegurar el cumplimiento de las exigencias del Código Técnico.

SÍNTESIS DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS

Tras la verificación del Código Técnico, se puede englobar las irregularidades encontradas en dos grupos: uno correspondiente a los cerramientos (Tabla 18) y otro al diseño en planta del edificio.

En general, ni los cerramientos ni los huecos del edificio de los Borobio cumplen con las exigencias del DB-HE1 al sobrepasar las transmitancias máximas y presentar condensaciones intersticiales. Por el contrario, en la ampliación de José Manuel Pérez Latorre, se satisfacen todos los requisitos, salvo el muro en contacto con el terreno y la cubierta del sótano que tienen una transmitancia mayor. Asimismo, se producen condensaciones intersticiales en algunos muros de fachada y en la cubierta. Tanto en el edificio original como en la ampliación existen multitud de puentes térmicos.

En cuanto a las exigencias frente al ruido, el edificio de los Borobio presenta problemas al ruido aéreo en los cerramientos de fachada, debido a las características de sus huecos, y al ruido de impactos en las particiones interiores horizontales, al no presentar suelo flotante. Respecto a los cerramientos y particiones de la ampliación, no se ha detectado ningún incumplimiento de los requisitos de aislamiento acústico.

Por último, en ambas intervenciones no se satisfacen las exigencias relacionadas con la aparición de humedad en los cerramientos en contacto con el terreno, ya que no incorporan todos los elementos establecidos por el Código Técnico.

Respecto al diseño en planta del edificio, se detectan irregularidades en las exigencias de seguridad de incendios. Por una parte, en la planta sótano, el archivo declarado como sector de riesgo medio no incorpora un vestíbulo de independencia. Por otra parte, en la última planta se superan las distancias máximas de los recorridos de evacuación.

En cuanto a términos de accesibilidad, no se garantiza un itinerario accesible en todas las plantas. En la planta calle, no existe un itinerario accesible para acceder a las alas laterales. Esto también sucede en las plantas segunda y tercera, donde el acceso a la ampliación de José Manuel Pérez Latorre se realiza a través del descansillo de la escalera principal.

CERRAMIENTOS		DB-HE1		DB-HR		DB-HS1
		Transmi-tancias	Condensa-ciones	Ruido aéreo	Ruido de impactos	
BOROBIO	Fachadas	✗	✗	✗	-	✓
	Cubiertas	✓	✓	✓	-	✓
	Contacto terreno	✓	-	-	-	✗
	Part. verticales	✗	-	✓	-	✓
	Part. horizontales	✗	-	✗	✗	✓
P. LATORRE	Fachadas	✓	✓	✓	-	✓
	Cubiertas	✗	✗	✓	-	✓
	Contacto terreno	✗	-	-	-	✗
	Part. verticales	✓	-	✓	-	✓
	Part. horizontales	✓	-	✓	✓	✓

Tabla 18 Resumen del cumplimiento de las exigencias de los cerramientos.

PROPUESTAS DE TRANSFORMACIÓN

La sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro es un Bien de Interés Cultural con una composición de fachada y una distribución en planta característica. Por ello, todas las propuestas planteadas para satisfacer las exigencias del Código Técnico tratan de respetar al máximo el proyecto original.

En primer lugar, se estudian las posibles mejoras en los cerramientos del edificio de los Borobio.

Con el fin de cumplir las exigencias de transmitancia térmica, a todos los cerramientos de fachada se les añade en su haz interior un trasdosado autoportante con paneles de vidrio celular. Esta misma solución también se aplica en las particiones interiores verticales con una placa de espesor menor.

Se escoge el vidrio celular como aislamiento debido a su elevada conductividad térmica que permite aumentar la resistencia térmica del muro sin añadir grandes espesores. Asimismo, el vidrio celular es un aislamiento mineral impermeable al agua y al vapor de agua, incombustible, aséptico e imputrescible. Se puede considerar un material sostenible al contener productos reciclados, ser biodegradable y no requerir medidas especiales para su instalación, es decir, no es nocivo para la salud. (Baño, 2005)

En las particiones interiores horizontales se añade un suelo flotante de 6,2cm de canto sobre el suelo actual y con el mismo acabado de pavimento. Asimismo, se coloca un falso techo de 6,5cm con aislamiento acústico. Se decide no retirar el antiguo acabado del forjado para ganar así masa superficial y cumplir con las exigencias del DB-HR.

En la planta primera, el suelo flotante presenta un espesor mayor debido a que una parte del forjado, el techo del pórtico de entrada, se encuentra en contacto con el aire exterior y se debe cumplir con unos límites de transmitancia térmica más restrictivos. Para evitar desniveles, se decide utilizar este espesor de suelo en toda la planta.

Para solucionar los problemas de humedad en los elementos en contacto con el terreno, se decide instalar una cámara bufa de 12cm de espesor en los muros. En cuanto a la solera, se coloca sobre ella una solera ventilada de 17cm de canto formada por tabiquillos conejeros. Se opta por este canto debido a que en algunas estancias, como en los archivos, la solera soporta grandes cargas. Como en el sótano se sitúan recintos protegidos es necesario instalar además suelos flotantes sobre la solera ventilada en las estancias colindantes. Para evitar desniveles, se opta por colocar suelo flotante en toda la planta.

Por último, se cambian los huecos por carpinterías metálicas con rotura de puente térmico y unidades de vidrio 4-9-6 con uno de ellos bajo emisivo, consiguiendo así un mejor comportamiento térmico y acústico.

De esta forma, los nuevos cerramientos verticales y horizontales del edificio de los Borobio son los siguientes:

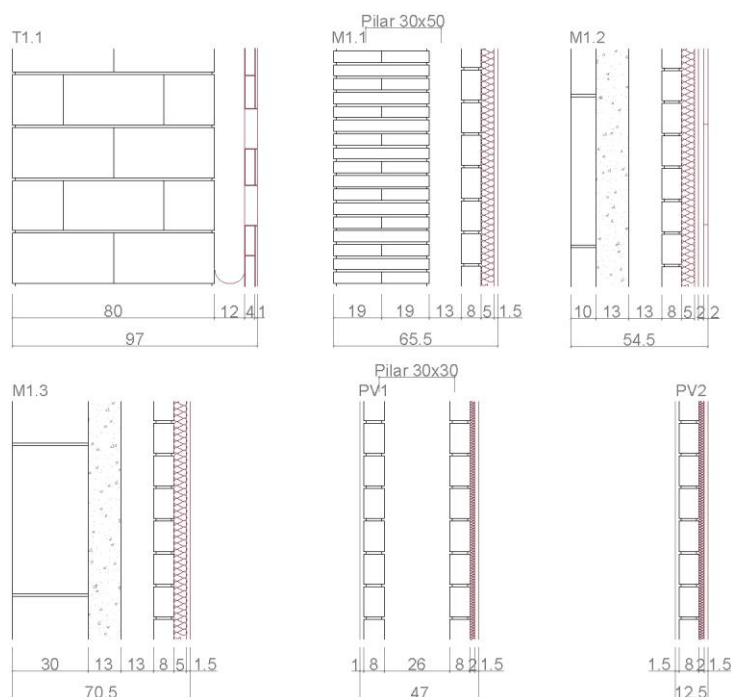


Fig 61. Recreación de los nuevos cerramientos verticales del edificio de los Borobio.
Fuente: Elaboración propia

T1.1 Muro de sótano de fábrica de hormigón de 200kg de cemento Portland por cada 800l de grava y 400l de arena de río. Se rellena la fábrica con hormigón en masa y armaduras. En su cara interior se coloca una cámara bufa con ladrillo hueco sencillo. El espesor total del muro es 97cm.

M1.1 Muro exterior de fábrica de ladrillo visto ordinario a pie, sentado sobre mortero de cemento Portland de 200kg/m³. En la cara interior, se coloca ladrillo hueco con trasdosado autoportante con vidrio celular de 5cm, dejando una cámara de aire sin ventilar de 13cm. El espesor total del muro es 65,5cm.

M1.2 Muro exterior de la entrada resuelto con piezas de piedra caliza gris de Calatorao trasdosadas a hormigón armado de 13cm. En el haz interior, se sitúa ladrillo hueco con trasdosado autoportante con vidrio celular de 5cm, creando una cámara de aire sin ventilar de 13cm. El acabado interior es de baldosa de mármol. El espesor total del muro es 54,5cm.

M1.3 Muro del zócalo de piedra de Calatorao de 30cm de espesor, trasdosada a hormigón armado de 13cm. En la cara interior se crea una cámara de aire sin ventilar de 13cm con ladrillo hueco con trasdosado autoportante con vidrio celular de 5cm. El espesor total del zócalo es 70,5cm.

PV1 Partición interior de fábrica de ladrillo hueco con una cámara de aire sin ventilar de 26cm. En un haz se sitúa un trasdosado autoportante con vidrio celular de 2cm. El espesor total de la partición es 46,5cm.

PV2 Partición interior entre despachos de fábrica de ladrillo hueco con trasdosado autoportante con vidrio celular de 2cm en una de sus caras. El espesor total es 12,5cm.

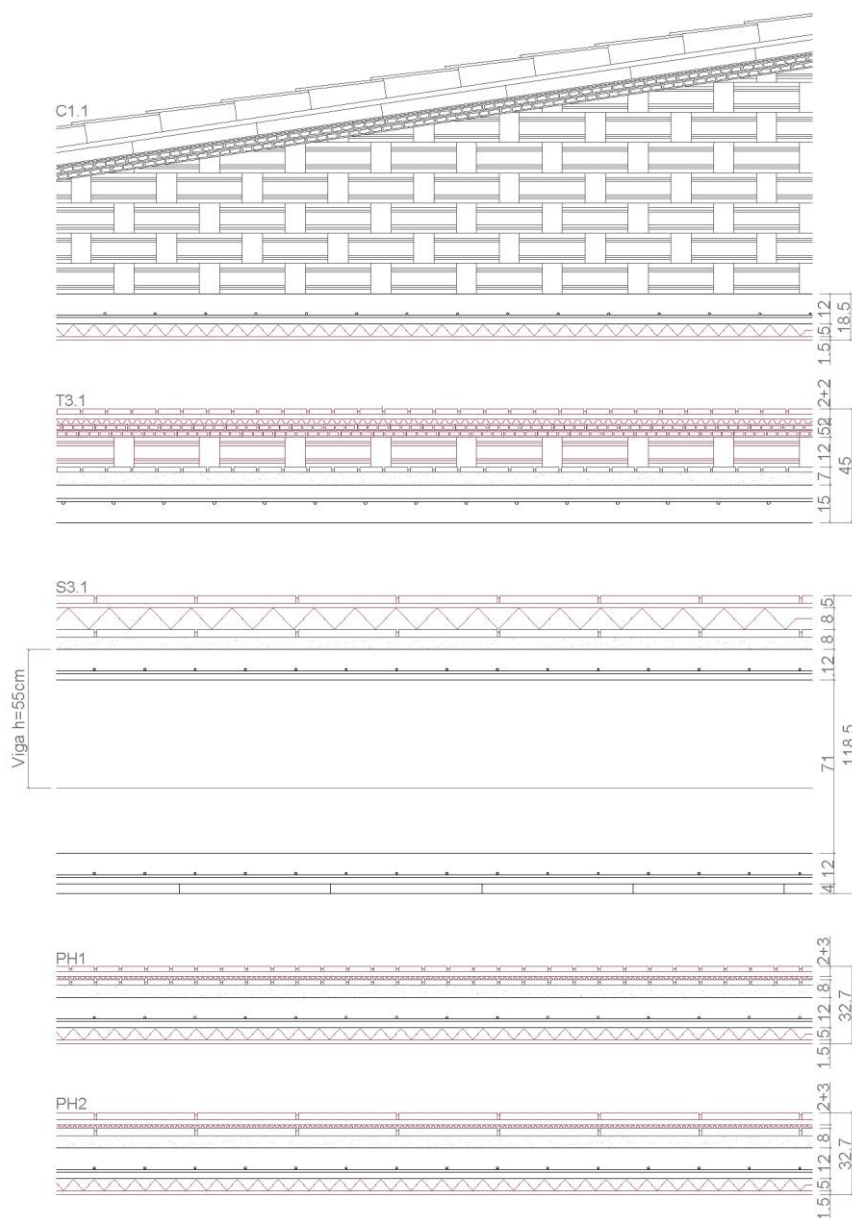


Fig 62. Recreación de los nuevos cerramientos horizontales del edificio de los Borobio.
Fuente: Elaboración propia

C1.1 Cubierta inclinada de teja plana de cerámica colocada sobre paneles de poliestireno extruido, bajo los cuales se sitúa una capa impermeabilizante. Los tableros de poliestireno extruido se apoyan sobre doble tablero de rasilla y tabiquillos de ladrillo hueco para formar la cámara de aire. En el haz inferior de la losa se coloca un falso techo con aislamiento de lana de vidrio.

T3.1 Solera ventilada formada por tabiquillo conejero y doble tablero de rasilla colocada sobre el pavimento de la solera original de 15cm de espesor. Como acabado se instala un suelo flotante de pavimento de gres. El espesor total es 45cm.

S3.1 Forjado superior de la entrada de losa de hormigón de 12cm de espesor con suelo flotante de pavimento de gres colocado sobre el pavimento original. Bajo la losa se crea un falso techo de losa de hormigón revestida con piedra de Calatorao. El espesor total es 118,5cm.

PH1 Partición horizontal interior de losa de hormigón de 12cm de espesor con pavimento de baldosa de gres sobre el que se sitúa un suelo flotante de 6,2cm. En el haz inferior de la losa se coloca un falso techo de 6,5cm con aislamiento de lana de vidrio. El espesor total es 32,7cm.

PH2 Partición horizontal del vestíbulo de losa de hormigón de 12cm de espesor con acabado de pavimento de baldosa de mármol sobre el que se sitúa un suelo flotante de 6,2cm. En el haz inferior de la losa se coloca un falso techo de 6,5cm con aislamiento de lana de vidrio. El espesor total es 32,7cm.

En el caso de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre, los cerramientos no requieren tantas transformaciones debido a que se construyó conforme a la normativa vigente de la época, las Normas Básicas de Edificación de 1979.

En primer lugar, se añade un falso techo con aislamiento de lana de vidrio en la cubierta del sótano para cumplir con las exigencias de transmitancia térmica.

Al igual que en el edificio de los Borobio, se instala una cámara bufa de 12cm de espesor en los muros en contacto con el terreno para evitar problemas de humedad. A esta cámara se le añade un trasdosado autoportante de vidrio celular resistente al agua para alcanzar los límites válidos de transmitancia térmica. Por otra parte, se coloca una solera ventilada, de las mismas características que la del edificio principal, sobre la antigua solera existente.

Por último, se sustituyen las carpinterías y los vidrios de los huecos por carpinterías metálicas con rotura de puente térmico y unidades de vidrio 4-9-6 con uno de ellos bajo emisivo.

Aplicando estas mejoras, los nuevos cerramientos verticales y horizontales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre son los siguientes:

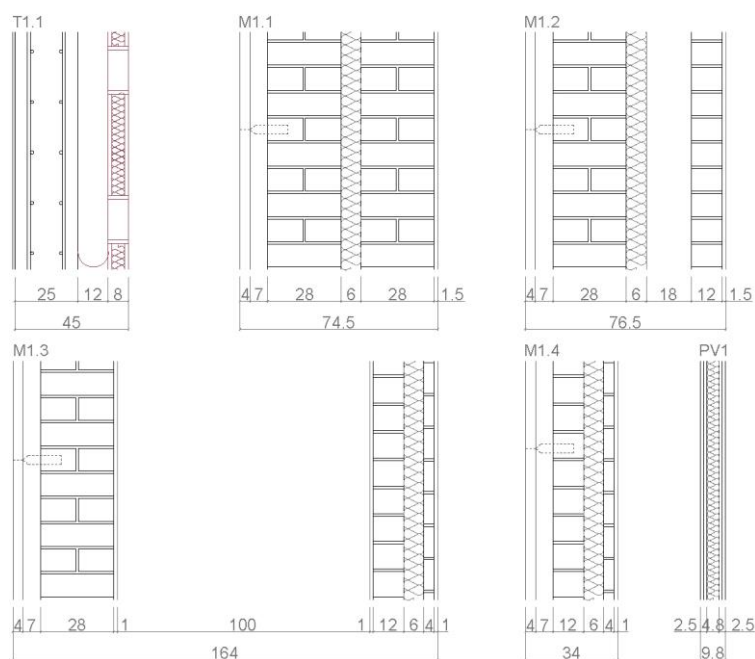


Fig 63. Recreación de los nuevos cerramientos verticales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

T1.1 Muro de sótano de hormigón armado de 200kg/m^3 y acero de 500N/mm^2 , con capa impermeabilizante en el trasdós. En el intradós se coloca una cámara bufa de 12cm y un trasdosado autoportante de vidrio celular resistente al agua de 8cm. Su espesor total es 45cm.

M1.1 Muro de fachada de dos hojas, una exterior de espesor variable, formada por ladrillo hueco doble, revestida con un aplacado de piedra natural; y una interior de ladrillo macizo de un pie, enlucida con yeso en su intradós. Entre ambas hojas, se sitúa un aislamiento rígido de 6cm de espesor.

M1.2 Muro de fachada de dos hojas, una exterior de ladrillo hueco doble, revestida con aplacado de piedra natural; y una interior de ladrillo hueco doble, enlucida con yeso. Entre las hojas se sitúa un aislamiento rígido de 6cm de espesor y se deja una cámara de aire sin ventilar de 18cm. El espesor total del muro es 76cm.

M1.3 Muro de fachada de dos hojas con una cámara de aire sin ventilar de 100cm de espesor. La primera hoja está constituida por ladrillo hueco doble revestido en su haz exterior por un aplacado de piedra natural; y en su interior por enlucido de yeso. La segunda hoja presenta en su haz exterior, ladrillo hueco doble y en su interior ladrillo hueco sencillo, entre ambos se coloca un aislamiento rígido de 6cm de espesor. El espesor total del muro es 164cm.

M1.4 Muro de fachada de dos hojas, una exterior de ladrillo hueco doble, revestida con aplacado de piedra natural; y una interior de ladrillo hueco sencillo, enlucida con yeso. Entre ambas hojas, se sitúa un aislamiento rígido de 6cm de espesor. El muro presenta un espesor total de 34cm.

PV1 Partición interior de entramado autoportante metálico con un aislamiento de 4,8cm de espesor y dos capas de yeso laminado en cada una de sus caras. El espesor total es 9,8cm.

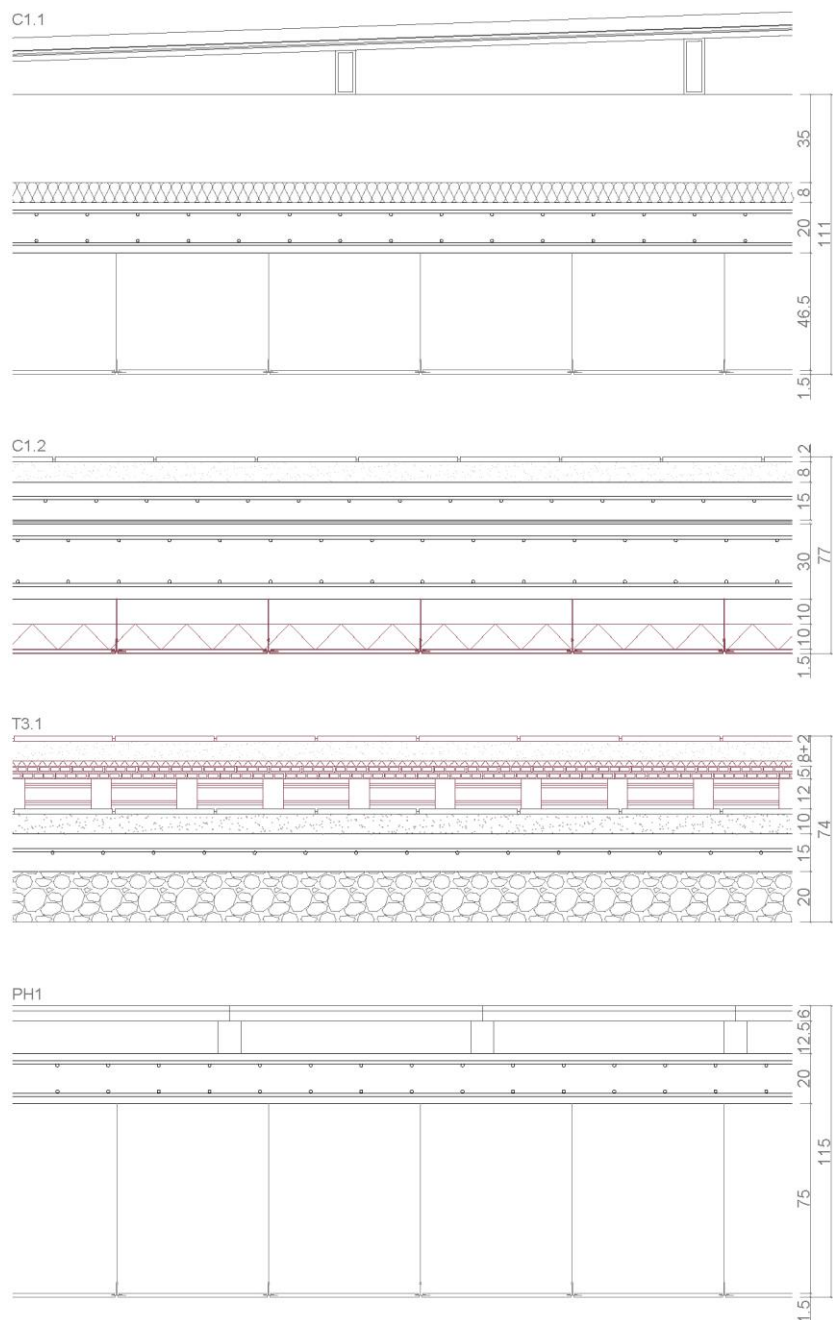


Fig 64. Recreación de los nuevos cerramientos horizontales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.
Fuente: Elaboración propia

C1.1 Cubierta inclinada de cobre sobre rastreles, papel Kraff y tablero hidrófugo. Se utilizan tubos estructurales para crear la pendiente de la cubierta, los cuales se apoyan en tabiques conejeros. Entre los tabiques, se sitúa aislamiento de 8cm de espesor. Bajo la losa de 20cm de espesor sobre la que se apoya la cubierta, se coloca un falso techo de 48cm.

C1.2 Cubierta del sótano formada por una losa armada de 30cm de espesor, con impermeabilización en su trasdós. Sobre la losa se sitúa una solera de 15cm con acabado de pavimento exterior. Bajo la losa se coloca un falso techo con aislamiento de lana de vidrio. El espesor total es 77cm.

T3.1 Solera ventilada formada por tabiquillo conejero y doble tablero de rasilla colocada sobre el pavimento de la solera original de 15cm de espesor con capa impermeabilizante y enchachado de grava en su cara inferior. Sobre la solera ventilada se instala un suelo flotante con acabado de pavimento de terrazo micrograno. El espesor total es de 74cm.

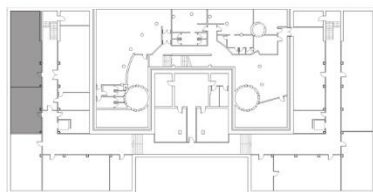
PH1 Partición horizontal interior de losa de hormigón de 20cm de espesor sobre la que se sitúa un suelo técnico con acabado de linóleo. En su haz inferior se instala un falso techo de 75cm de espesor. El espesor total es 115cm.

A modo de resumen, la sección constructiva⁷⁸ del edificio con las mejoras propuestas es la siguiente:

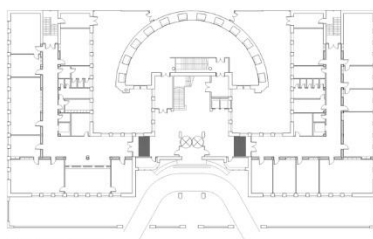


Fig 65. Recreación de la sección constructiva del edificio de la Confederación tras aplicar las propuestas de mejora. Fuente: Elaboración propia

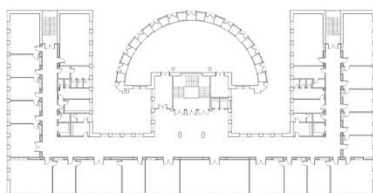
⁷⁸ Véase el anexo "Planimetría del edificio tras aplicar las propuestas de mejora".



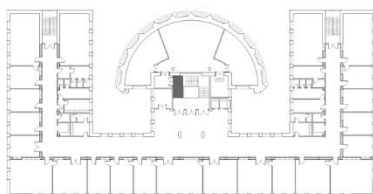
Planta sótano



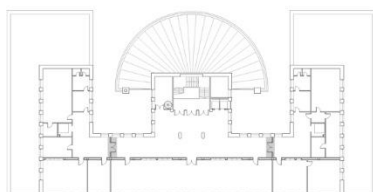
Planta calle



Planta +1



Planta +2 y +3



Planta +4

- Elementos de sectorización
- División del archivo en dos de riesgo medio
- Instalación de sillas salvaescaleras

Fig 66. Mejoras en la disposición en planta.

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la disposición en planta (Fig.66), en el sótano se divide el archivo de sector de riesgo medio en dos, para obtener así dos sectores de riesgo bajo que no necesitan disponer de un vestíbulo de independencia. Se toma esta decisión debido a los problemas de superficie útil que presenta el edificio, situación que se acrecentaría si se proyectase un vestíbulo de independencia.

Este problema de espacio se repite a lo largo de todas las plantas, por lo que para garantizar los itinerarios accesibles en cada una de ellas se decide instalar sillas salvaescaleras. En concreto, se sitúan en las escaleras de acceso a las alas laterales de la planta calle y en los tramos de la escalera principal que comunican con las plantas 2 y 3 de la ampliación.

Por último, en la última planta, con el fin de satisfacer las exigencias de distancias máximas de los recorridos de evacuación, se sectorizan ambas alas laterales de la zona central del edificio.

VERIFICACIÓN DE LAS NUEVAS PROPUESTAS

Una vez enunciados los nuevos cerramientos y cambios en la composición del edificio, se comprueba que dichas mejoras cumplan con las exigencias del Código Técnico estudiadas anteriormente.

El cumplimiento de estos requisitos garantiza un ahorro energético al disminuir la demanda de energía del edificio, a la vez que se crea un ambiente óptimo de confort térmico, acústico y de humedad para los usuarios. Por otra parte, las nuevas disposiciones en planta permiten un uso adecuado y seguro de todo el edificio, garantizando unos itinerarios accesibles en cada planta y un sistema de evacuación apropiado.

COMPROBACIÓN DEL LÍMITE DE DEMANDA ENERGÉTICA

Como se ha explicado en apartados anteriores, para determinar la demanda energética del edificio se utiliza el método general mediante la herramienta unificada HULC⁷⁹. Con este programa únicamente se obtienen los datos de la demanda energética, por lo que el resto de los parámetros enunciados en el DB-HE1 se comprueban de forma manual. En concreto, se estudian las transmitancias térmicas de cada cerramiento, los puentes térmicos del edificio y la formación de condensaciones superficiales e intersticiales.

En primer lugar, se recalculan mediante el método simplificado las transmitancias térmicas de los cerramientos tras aplicar las mejoras propuestas.

Las transmitancias térmicas de los nuevos cerramientos y huecos del edificio de los Borobio son las siguientes:

⁷⁹ Véase el anexo "Introducción del edificio al programa HULC".

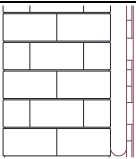
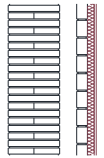
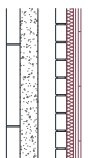
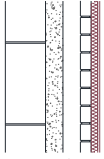
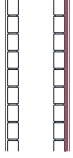
CERRAMIENTO VERTICAL	COMPOSICIÓN	ESPESOR (m)	CONDUC- TIVIDAD TÉRMICA (W/mK)	RESISTEN- CIA TÉRMICA (m²K/W)	TRANSMI- TANCIA TÉRMICA (W/m²K)	TRANSMI- TANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m²K)	¿CUMPLE?
 T1.1	Fábrica bloque de hormigón Cámara de aire ventilada Ladrillo hueco sencillo LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300	0,800 0,120 0,040 0,010	0,647 0,445 0,570	1,236 0,102 0,090 0,018	0,504	0,600	
 M1.1	Rse Ladrillo macizo de 1 pie LM Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Panel de vidrio celular Placa de yeso laminado Rsi	0,380 0,130 0,080 0,050 0,015	0,850 0,432 0,050 0,250	0,040 0,447 0,207 0,185 1,000 0,060 0,130	0,483	0,600	
 M1.2	Rse Piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Hormigón armado 2300≤ρ≤2500 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Panel de vidrio celular Placa de yeso laminado Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000 Baldosa de mármol 2600≤ρ≤2800 Rsi	0,100 0,130 0,130 0,080 0,050 0,015 0,010 0,020	1,400 2,300 0,432 0,050 0,250 1,300 3,500	0,040 0,071 0,057 0,207 0,185 1,000 0,060 0,008 0,006	0,570	0,600	
 M1.3	Rse Piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Hormigón armado 2300≤ρ≤2500 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Barrera de vapor Panel de vidrio celular Placa de yeso laminado Rsi	0,300 0,130 0,130 0,080 0,050 0,015	1,400 2,300 0,432 0,050 0,250	0,040 0,214 0,057 0,207 0,185 1,000 0,060 0,130	0,528	0,600	
 PV1	Rsi Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Ladrillo hueco doble LH Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Panel de vidrio celular Placa de yeso laminado Rsi	0,010 0,080 0,260 0,080 0,020 0,015	0,570 0,432 0,432 0,050 0,250	0,130 0,018 0,185 0,250 0,185 0,400 0,060 0,130	0,736	0,850	
 PV2	Rsi Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Ladrillo hueco doble LH Panel de vidrio celular Placa de yeso laminado Rsi	0,010 0,080 0,020 0,015	0,570 0,432 0,050 0,250	0,130 0,018 0,185 0,400 0,060 0,130	1,084	1,200	

Tabla 19 Transmitancias térmicas de los nuevos cerramientos verticales del edificio de los Borobio.

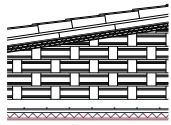
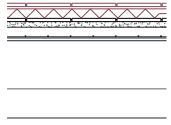
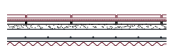
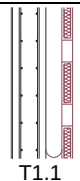
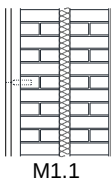
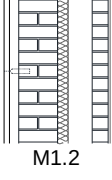
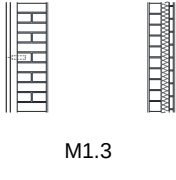
CERRAMIENTO HORIZONTAL	COMPOSICIÓN	ESPESOR (m)	CONDUC-TIVIDAD TÉRMICA (W/mK)	RESISTEN-CIA TÉRMICA (m²K/W)	TRANSMI-TANCIA TÉRMICA (W/m²K)	TRANSMI-TANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m²K)	¿CUMPLE?
 T3.1	Pavimento de gres 2000≤ρ≤2700	0,030	1,900	0,016	0,280	0,600	
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,020	1,300	0,015			
	Panel de lana de vidrio	0,020	0,050	0,400			
	Doble tablero de rasilla	0,050	0,445	0,112			
	Tabiquillo de ladrillo hueco	0,120	0,375	0,320			
	Pavimento de gres 2000≤ρ≤2700	0,030	1,900	0,016			
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,050	1,300	0,038			
	Solera	0,150	2,300	0,065			
	Lámina impermeabilizante	0,005	0,190	0,026			
 C1.1	Rse			0,040	0,243	0,400	
	Teja cerámica plana	0,055	1,300	0,042			
	Placa de poliestireno extruido	0,080	0,034	2,353			
	Lámina impermeabilizante de caucho EPDM	0,005	0,250	0,020			
	Mortero armado con fibra de vidrio	0,020	1,300	0,015			
	Doble tablero de rasilla	0,050	0,445	0,112			
	Tabiquillo de ladrillo hueco	0,120	0,375	0,320			
	Losa de hormigón armado	0,120	2,300	0,052			
	Panel de lana de vidrio	0,050	0,050	1,000			
	Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,060			
	Rsi			0,100			
 S3.1	Rse			0,040	0,397	0,400	
	Piedra caliza 1800≤ρ≤1990	0,040	1,400	0,029			
	Losa de hormigón armado	0,120	2,300	0,052			
	Cámara de aire sin ventilar	0,690		0,393			
	Losa de hormigón armado	0,120	2,300	0,052			
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,050	1,300	0,038			
	Pavimento de gres 2000≤ρ≤2700	0,030	1,900	0,016			
	Panel de lana de vidrio	0,085	0,050	1,700			
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,020	1,300	0,015			
	Pavimento de gres 2000≤ρ≤2700	0,030	1,900	0,016			
	Rsi			0,170			
 PH1	Rse			0,170	0,563	1,200	
	Pavimento de gres 2000≤ρ≤2700	0,030	1,900	0,016			
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,020	1,300	0,015			
	Panel de lana de vidrio	0,012	0,050	0,240			
	Pavimento de gres 2000≤ρ≤2700	0,030	1,900	0,016			
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,050	1,300	0,038			
	Losa de hormigón armado	0,120	2,300	0,052			
	Panel de lana de vidrio	0,050	0,050	1,000			
	Placa de yeso laminado	0,015	0,015	0,060			
 PH2	Rsi			0,170	0,567	1,200	
	Pavimento de mármol 2600≤ρ≤2800	0,030	3,500	0,009			
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,020	1,300	0,015			
	Panel de lana de vidrio	0,012	0,050	0,240			
	Pavimento de mármol 2600≤ρ≤2800	0,030	3,500	0,009			
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,050	1,300	0,038			
	Losa de hormigón armado	0,120	2,300	0,052			
	Panel de lana de vidrio	0,050	0,050	1,000			
	Placa de yeso laminado	0,015	0,015	0,060			
	Rsi			0,170			

Tabla 20 Transmitancias térmicas de los nuevos cerramientos horizontales del edificio de los Borobio.

HUECO	FM (%)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MARCO (W/m ² K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA VIDRIO (W/m ² K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA HUECO (W/m ² K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m ² K)	¿CUMPLE?
H1	0,24	3,200	1,900	2,212	2,700	☒
H2	0,16	3,200	1,900	2,108	2,700	☒
H3	0,16	3,200	1,900	2,108	2,700	☒
H4	0,25	3,200	1,500	1,930	2,700	☒
P1	0,14	3,200	1,900	2,086	2,700	☒

Tabla 21 Transmitancias térmicas de los nuevos huecos del edificio de los Borobio.

Las transmitancias térmicas de los nuevos cerramientos y huecos de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre son las siguientes:

CERRAMIENTO VERTICAL	COMPOSICIÓN	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/mK)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² K/W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (W/m ² K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m ² K)	¿CUMPLE?
	Lámina impermeabilizante Hormigón armado 2300≤ρ≤2500 Cámara de aire ventilada Placa de yeso laminado Panel de vidrio celular Placa de yeso laminado	0,005 0,250 0,120 0,015 0,050 0,015	0,230 2,300 0,250 0,050 0,250	0,022 0,109 0,102 0,060 1,000 0,060	0,475	0,600	☒
	Rse Aplacado de piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Aislamiento rígido PV ISO-VER Ladrillo macizo 1 pie LM Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,040 0,060 0,280 0,010	1,400 0,038 0,850 0,570	0,040 0,029 1,579 0,329 0,018 0,130	0,471	0,600	☒
	Rse Aplacado de piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Aislamiento rígido PV ISO-VER Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,040 0,070 0,280 0,060 0,180 0,120 0,010	1,400 0,375 0,038 0,375 0,570	0,040 0,029 0,187 0,747 1,579 0,223 0,320 0,018 0,130	0,307	0,600	☒
	Rse Aplacado de piedra caliza 1800≤ρ≤1990 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Cámara de aire sin ventilar Ladrillo hueco doble LH Aislamiento rígido PV ISO-VER Ladrillo hueco sencillo LH Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300 Rsi	0,040 0,070 0,280 0,010 1,000 0,010 0,120 0,060 0,040 0,010	1,400 0,375 0,570 0,570 0,038 0,445 0,570	0,040 0,029 0,187 0,747 0,018 0,497 0,018 1,579 0,090 0,018 0,130	0,272	0,600	☒

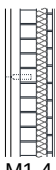
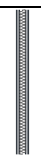
 M1.4	Rse			0,040			
	Aplacado de piedra caliza 1800≤ρ≤1990	0,040	1,400	0,029			
	Cámara de aire sin ventilar	0,070		0,187			
	Barrera de vapor						
	Ladrillo hueco doble LH	0,120	0,375	0,320	0,454	0,600	
	Aislamiento rígido PV ISO- VER	0,060	0,038	1,579			
	Ladrillo hueco sencillo LH	0,040	0,445	0,090			
	Enlucido de yeso 1000≤ρ≤1300	0,010	0,570	0,018			
	Rsi			0,130			
 PV1	Rsi			0,130			
	Doble placa de yeso lami- nado	0,025	0,250	0,100			
	Aislamiento rígido	0,048	0,038	1,263	0,580	1,200	
	Doble placa de yeso lami- nado	0,025	0,250	0,100			
	Rsi			0,130			

Tabla 22 Transmitancias térmicas de los nuevos cerramientos verticales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

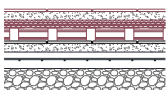
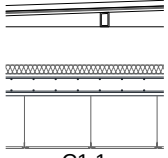
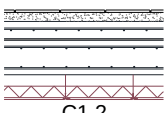
CERRAMIENTO HORIZONTAL	COMPOSICIÓN	ESPESOR (m)	CONDU- TIVIDAD TÉRMICA (W/mK)	RESISTEN- CIA TÉRMICA (m²K/W)	TRANSMI- TANCIA TÉRMICA (W/m²K)	TRANSMI- TANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m²K)	¿CUMPLE?
 T3.1	Pavimento de terrazo micro- grano	0,020	1,300	0,015			
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,080	1,300	0,062			
	Panel de lana de vidrio	0,020	0,050	0,400			
	Doble tablero de rasilla	0,050	0,445	0,112			
	Tabiquillo de ladrillo hueco	0,120	0,375	0,320	0,364	0,600	
	Pavimento de terrazo micro- grano	0,020	1,300	0,015			
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,080	1,300	0,062			
	Solera	0,150	2,300	0,065			
	Lámina impermeabilizante	0,005	0,230	0,022			
	Encachado de grava	0,200	2,000	0,100			
 C1.1	Rse			0,040			
	Lámina de cobre	0,005	380,000	0,000			
	Papel Kraff	0,005	0,050	0,100			
	Tablero hidrófugo	0,050	0,180	0,278			
	Lámina impermeabilizante	0,005	0,230	0,022			
	Tubo estructural formación de pendientes	0,080	17,000	0,005			
	Tabiquillo de ladrillo hueco	0,430	0,375	1,147	0,225	0,400	
	Aislante Roof-mate densidad doble	0,080	0,035	2,286			
	Losa de hormigón armado	0,200	2,300	0,087			
	Barrera de vapor						
 C1.2	Cámara de aire sin ventilar	0,465		0,318			
	Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,060			
	Rsi			0,100			
	Rse			0,040			
	Pavimento de gres 2000≤ρ≤2700	0,020	1,900	0,011			
	Mortero de cemento 1800≤ρ≤2000	0,080	1,300	0,062			
	Solera	0,150	2,300	0,065			
	Lámina impermeabilizante	0,005	0,230	0,022	0,358	0,400	
	Losa de hormigón armado	0,300	2,300	0,130			
	Barrera de vapor						
 PH1	Cámara de aire sin ventilar	0,200		0,232			
	Panel de lana de vidrio	0,100	0,050	2,000			
	Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,060			
	Rsi			0,170			
	Rse			0,170			
	Suelo técnico con acabado de linoleo	0,060	0,420	0,143			
	Cámara de aire sin ventilar	0,125		0,205	1,198	1,200	
	Losa de hormigón armado	0,200	2,300	0,087			
	Cámara de aire sin ventilar	0,750		0,413			
	Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,060			
	Rsi			0,170			

Tabla 23 Transmitancias térmicas de los nuevos cerramientos horizontales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

HUECO	FM (%)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MARCO (W/m ² K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA VIDRIO (W/m ² K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA HUECO (W/m ² K)	TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁX. (W/m ² K)	¿CUMPLE?
H1	0,14	3,200	1,900	2,079	2,700	✓
H2	0,15	3,200	1,900	2,094	2,700	✓
H3	0,16	3,200	1,900	2,108	2,700	✓
P1	1,00	2,200	0,000	2,200	2,700	✓

Tabla 24 Transmitancias térmicas de los nuevos huecos de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

Además de mejorar la resistencia térmica de los cerramientos de la envolvente, se reducen los puentes térmicos colocando aislamiento de 1m de largo en el perímetro de los falsos techos, mermando las pérdidas energéticas por la interrupción del aislamiento entre el forjado y la fachada (Fig.67). Asimismo, se sitúa aislamiento en el perímetro interior de los capialzados y bajo los alféizares para garantizar una continuidad de aislamiento en los huecos (Fig.68).

Una vez comprobadas las transmitancias térmicas y disminuido los puentes térmicos, se analiza si se producen condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos. Dado que todas las soluciones constructivas presentan una transmitancia térmica inferior al límite establecido por el DB-HE1, no se producen condensaciones superficiales en ningún cerramiento⁸⁰.

En cuanto a las condensaciones intersticiales, se habían detectado problemas de humedad en los cerramientos M1.2, M1.3 y S3.1 del edificio de los Borobio y M1.4 y C1.1 de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre. Al añadir nuevos elementos a la mayor parte de los cerramientos, se vuelve a comprobar si se producen condensaciones intersticiales.

Tras ello, se detecta que se generan condensaciones intersticiales en la fachada del zócalo, M1.3, del edificio de los Borobio y en la fachada M1.4 y las cubiertas C1.1 y C1.2, de la ampliación. Para evitarlo se coloca una barrera de vapor en la cara caliente donde se producen las condensaciones. No obstante, en algunos cerramientos resulta imposible alcanzar dicha cara, por lo que se coloca en la zona más próxima accesible.

De esta forma, en la fachada M1.3 del edificio de los Borobio, se instala una barrera de vapor entre la hoja de ladrillo hueco doble y el trasdosado autoportante. En la fachada M1.4 de la ampliación se sitúa tras el revestimiento exterior de aplacado de caliza mientras que en la cubierta C1.1 se sitúa en el falso techo y en la cubierta C1.2 bajo la losa. Una vez incluidas estas barreras de vapor no se producen más condensaciones (Fig.69-70).

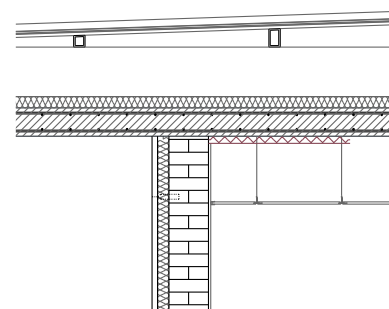


Fig 67. Aislamiento perimetral en los falsos techos.

Fuente: Elaboración propia

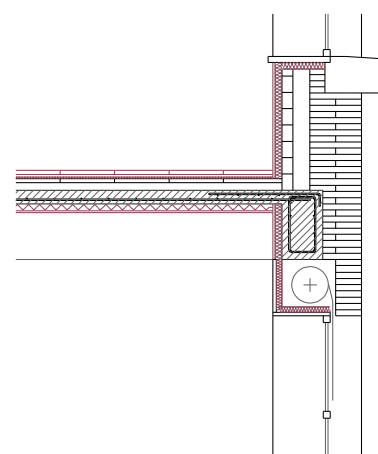


Fig 68. Aislamiento en los capialzados y alféizares de las ventanas.

Fuente: Elaboración propia

⁸⁰ Apartado 4.1.1 del documento de apoyo DB-HE/2.

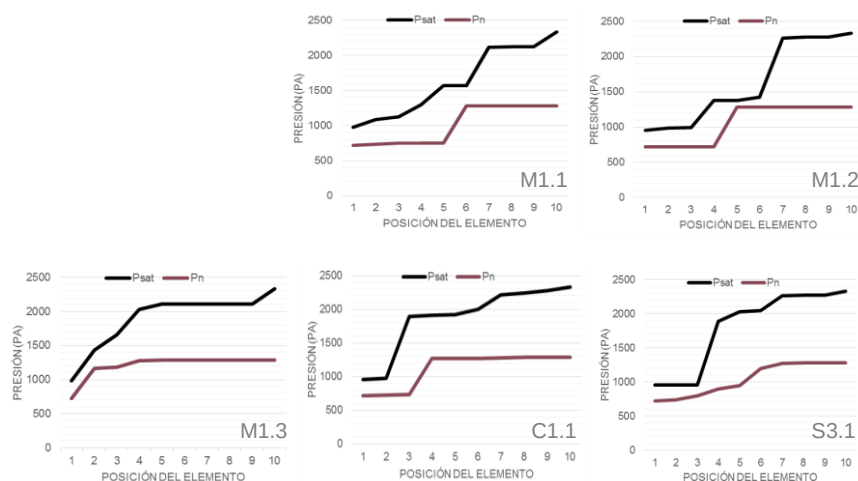


Fig. 69 Gráficas de condensaciones intersticiales de los nuevos cerramientos del edificio de los Borobio.

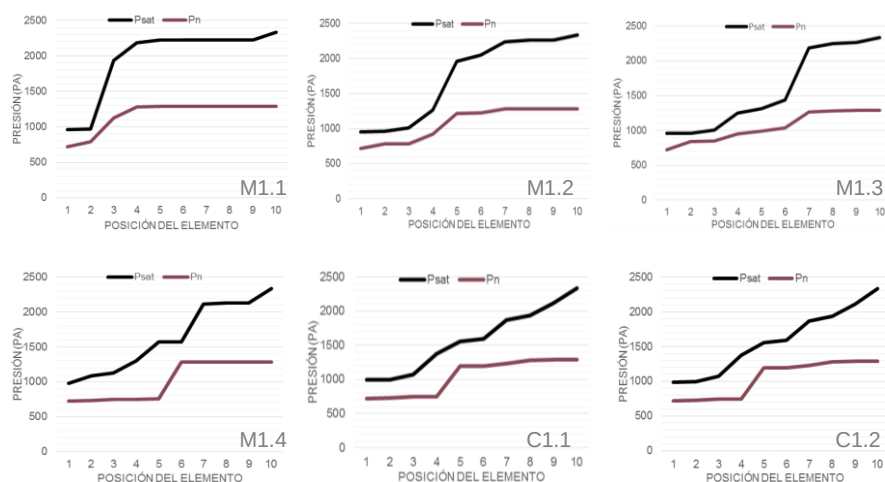


Fig. 70 Gráficas de condensaciones intersticiales de los nuevos cerramientos de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

Tras la verificación de las transmitancias térmicas y las condensaciones, se obtiene mediante la herramienta HULC⁸¹ la nueva demanda energética del edificio (Fig.71).

Tras mejorar las transmitancias térmicas de los cerramientos y reducir los puentes térmicos, se observa una reducción del 40% de la demanda de energía total. No obstante, estos cambios han conllevado a un aumento del 77% de la demanda energética de refrigeración, ya que al incrementar la resistencia térmica de los cerramientos, el calor interior presenta más dificultades para disiparse hacia el exterior.

Una forma de disminuir la demanda de refrigeración es colocar elementos de protección en los huecos. Sin embargo, dada la composición característica de la fachada se opta por no introducir ningún tipo de aleros, lamas o voladizos en las ventanas, puesto que la demanda de refrigeración se encuentra dentro de los límites permitidos.

⁸¹ Véase el anexo "Introducción del edificio al programa HULC".

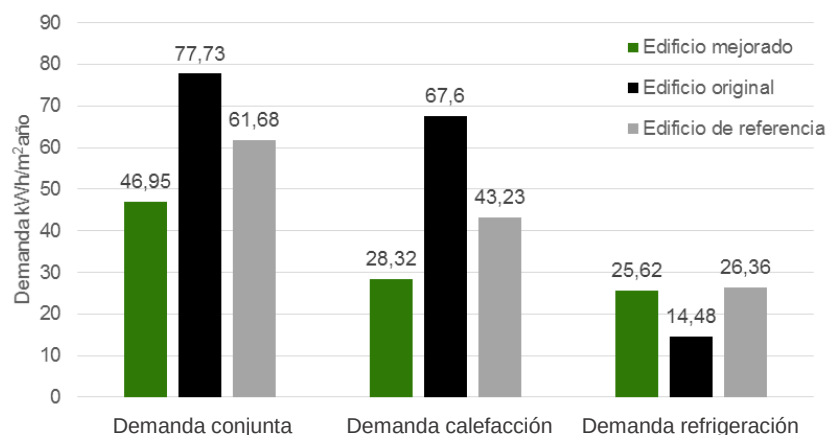


Fig. 71 Comparación de la demanda energética del edificio mejorado respecto al edificio original y el de referencia, a partir de los datos obtenidos del programa HULC.
Fuente: Elaboración propia

COMPROBACIÓN DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

Con las propuestas de mejora, parte de los cerramientos han aumentado su masa superficial y su índice de aislamiento acústico. Mediante la opción simplificada se verifica de nuevo las exigencias de aislamiento acústico frente a ruido aéreo y de impactos.

En el caso del edificio de los Borobio, se obtienen los siguientes datos⁸²:

TABQUERÍA	m (Kg/m²)	R _A (dBA)	m _{min} (Kg/m²)	R _{A min} (dBA)	¿CUMPLE?
PV2	121,98	36,6	70	35	✓
ELEM. DE SEP. VERTICAL	m (Kg/m²)	R _A (dBA)	m _{min} (Kg/m²)	R _{A min} (dBA)	¿CUMPLE?
PV1	196,69	42,2	67	33	✓
PV2	121,98	36,6	67	33	✓

Tabla 25 Exigencias acústicas de las nuevas particiones verticales del edificio de los Borobio.

Se cambian las puertas actuales de los elementos de separación vertical que comunican un recinto protegido con otro, por unas con un índice de reducción acústica mayor de 30dBA.

ELEM. DE SEP. HORIZONTAL	m (Kg/m²)	R _A (dBA)	S.F. ΔL _w (dBA)	S.F. ΔR _A (dBA)	F.T. ΔR _A (dBA)	m _{min} (Kg/m²)	R _{Amin} (dBA)	S.F. ΔL _{wmin} (dBA)	S.F. ΔR _{Amin} (dBA)	F.T. ΔR _{Amin} (dBA)	¿?
PH1	572,80	61,2	19	30	9	500	60	12 (17)	0 (4)	0 (7)	✓
PH2	560,65	60,8	19	30	9	500	60	12	0	0	✓

Tabla 26 Exigencias acústicas de los nuevos elementos de separación horizontal del edificio de los Borobio. Entre paréntesis se indican las exigencias de las particiones que separan recintos de instalaciones o actividad.

⁸² Las masas superficiales de cada cerramiento se han calculado mediante la ley de masas. Asimismo, el índice de reducción acústica se ha obtenido mediante la norma UNE EN 12354.

ELEM. EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR	PARTE CIEGA $R_{A, tr}$ (dBA)	HUECOS $R_{A, tr}$ (dBA)	PARTE CIEGA MIN. $R_{A, tr}$ (dBA)	HUECOS MIN. $R_{A, tr}$ (dBA)	¿CUMPLE?
M1.1	66,7	48	55	45	☒
M1.2	61,5	48	55	42	☒
M1.3	67,9	48	55	45	☒
C1.1	60,9	-	49	-	☒
S3.1	67,2	-	49	-	☒

Tabla 27 Exigencias acústicas de los nuevos elementos en contacto con el aire exterior del edificio de los Borobio.

Las exigencias de los nuevos cerramientos y particiones interiores de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre son las siguientes⁸³:

TABICUERÍA	m (Kg/m ²)	R_A (dBA)	m_{min} (Kg/m ²)	$R_{A min}$ (dBA)	¿CUMPLE?
PV1	65	65	25	43	☒
ELEM. DE SEP. VERTICAL	m (Kg/m ²)	R_A (dBA)	m_{min} (Kg/m ²)	$R_{A min}$ (dBA)	¿CUMPLE?
PV1	65	65	25 (52)	43 (64)	☒ ☒

Tabla 28 Exigencias acústicas de las nuevas particiones verticales de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre. Entre paréntesis se indican las exigencias de las particiones que separan recintos de instalaciones o actividad.

ELEM. DE SEP. HORIZONTAL	m (Kg/m ²)	R_A (dBA)	S.F. ΔL_w (dBA)	S.F. ΔR_A (dBA)	F.T. ΔR_A (dBA)	m_{min} (Kg/m ²)	R_{Amin} (dBA)	S.F. ΔL_{wmin} (dBA)	S.F. ΔR_{Amin} (dBA)	F.T. ΔR_{Amin} (dBA)	¿?
PH1	517,65	62,6	15	28	5	500	60	9 (14)	0 (0)	0 (0)	☒ ☒

Tabla 24 Exigencias acústicas de los nuevos elementos de separación horizontal de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre. Entre paréntesis se indican las exigencias de las particiones que separan recintos de instalaciones o actividad.

ELEM. EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR	PARTE CIEGA $R_{A, tr}$ (dBA)	HUECOS $R_{A, tr}$ (dBA)	PARTE CIEGA MIN. $R_{A, tr}$ (dBA)	HUECOS MIN. $R_{A, tr}$ (dBA)	¿CUMPLE?
M1.1	62,2	-	49	-	☒
M1.2	55,9	-	49	-	☒
M1.3	57,8	50	55	45	☒
M1.4	47,4	50	55	45	☒
C1.1	71,4	-	49	-	☒
C1.2	72,4	-	49	-	☒

Tabla 29 Exigencias acústicas de los nuevos elementos en contacto con el aire exterior de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre.

Además de las exigencias a ruido aéreo y de impactos, todos los cerramientos en contacto con el aire cumplen con el valor límite de aislamiento a ruido exterior, 47dBA.

⁸³ Las masas superficiales de cada cerramiento se han calculado mediante la ley de masas. Asimismo, el índice de reducción acústica se ha obtenido mediante la norma UNE EN 12354.

COMPROBACIÓN DE PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD

Tras estudiar las soluciones constructivas recogidas en el DB-HS1, se detectan problemas de humedad en los muros y suelos en contacto con el terreno. La condición de encontrarse enterrados impide realizar cualquier tipo de intervención en el trasdós de los elementos por lo que no se puede cumplir con las medidas estipuladas en el Documento Básico. No obstante, como solución, se instala una cámara ventilada en el intradós del muro o solera que permite secar las posibles filtraciones de humedad.

En el caso de los muros en contacto con el terreno del edificio de los Borobio, la solución de cámara bufa sí viene recogida en la tabla de condiciones de las soluciones constructivas. Sobre el muro de fábrica de hormigón, se instala una cámara de 12cm de espesor con un trasdosado de ladrillo hueco sencillo. Para garantizar la ventilación de la cámara se realizan aperturas en la parte inferior y superior del trasdosado (Fig.72).

En cuanto a los muros en contacto con el terreno de la ampliación de José Manuel Pérez Latorre, se debería instalar en el trasdós una capa drenante y filtrante y un tubo de drenaje. Ante la imposibilidad de realizarlo, se dispone como solución una cámara bufa con un trasdosado autoportante resistente a la humedad (Fig.72). Se opta por esta solución al considerar el caso más desfavorable en el que la capa de impermeabilización desprotegida se rompa y permita el paso del agua, provocando humedades en el interior del muro.

Esta hipótesis de rotura de la capa de impermeabilización sin protección se aplica también para el caso de las soleras. Como solución, se instala sobre la solera original una solera ventilada formada por tabiquillos conejeros y doble tablero de rasilla, sobre el cual se coloca el suelo flotante (Fig.73).

COMPROBACIÓN DE SEGURIDAD ANTE INCENDIOS Y ACCESIBILIDAD

En el apartado “Propagación interior” del DB-SI, se detectaban dos problemas principales en el edificio. Por un lado, una de las particiones interiores no cumplía con los valores mínimos de resistencia al fuego, y por otro lado, no existía vestíbulo de independencia en el archivo de sector de riesgo medio.

En el primer caso, se añade un trasdosado autoportante resistente al fuego que satisface los valores mínimos exigidos. Asimismo, por otras cuestiones comentadas anteriormente, en algunos cerramientos se han incorporado también trasdosados, los cuales no han empeorado el comportamiento de los elementos ante incendios.

En el segundo caso, con el fin de evitar construir un vestíbulo de independencia y perder superficie útil, se decide dividir el archivo, convirtiéndolo en dos sectores de riesgo bajo que no requieren de vestíbulo de independencia (Fig.74). La distribución programática y la estructura del edificio permiten crear esta compartimentación sin ningún problema.

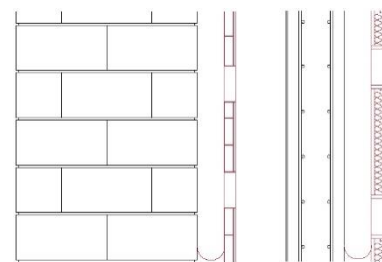


Fig 72. Solución a los problemas de humedad de los muros en contacto con el terreno.

Fuente: Elaboración propia

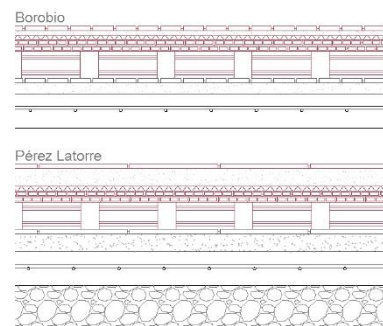


Fig 73. Solución a los problemas de humedad de los suelos en contacto con el terreno.

Fuente: Elaboración propia



Fig 74. Locales de riesgo de la planta sótano tras la propuesta de mejora.

Fuente: Elaboración propia

Todas las exigencias de la sección “Propagación exterior” del DB-SI se cumplían con las soluciones constructivas originales. Al mejorar algunas de ellas, se siguen cumpliendo dichos requisitos, ya que la adicción de nuevas capas en un cerramiento no provoca la disminución de su resistencia al fuego, en todo caso, la aumenta.

Respecto al apartado “Evacuación de ocupantes” del DB-SI, no se cumple con los recorridos máximos de evacuación de la última planta. Para evitar colocar una escalera de emergencia por el exterior de la fachada, se opta por sectorizar las alas laterales de manera que la evacuación de estos sectores se realice a través del sector de la zona central (Fig.75). Los elementos que separan cada uno de los sectores deben de presentar una resistencia mínima al fuego EI 120. Todas las particiones interiores cumplen con este requisito.

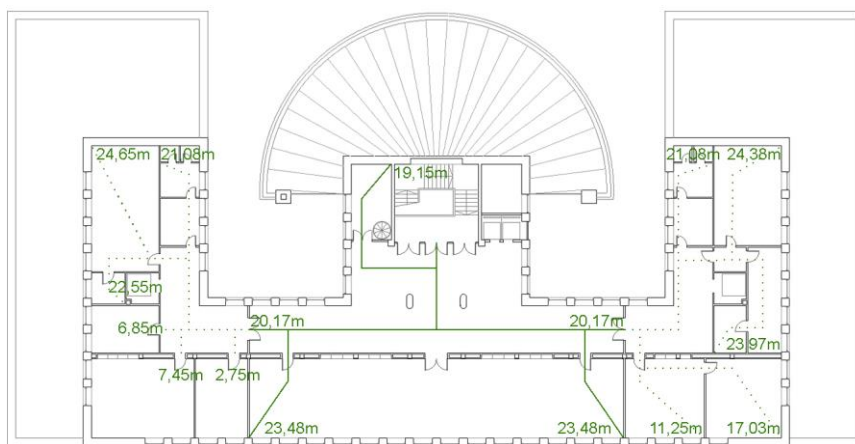


Fig. 75 Nuevos recorridos de evacuación de la última planta.
Fuente: Elaboración propia

Por último, el itinerario de accesibilidad no se encuentra garantizado en todas las plantas de la sede. Debido a la limitación de espacio, no se puede instalar rampas accesibles dentro del edificio por lo que se opta por colocar sillas salvaescaleras en las escaleras de acceso a las alas laterales de la planta calle y en los tramos de la escalera principal que comunican con la ampliación en las plantas 2 y 3.

CONCLUSIONES

Los ochenta años de historia de la sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro abalan su éxito funcional. Desde su construcción por los hermanos Borobio en 1946, el edificio se ha adaptado a las necesidades cambiantes de su tiempo, dando servicio a una organización en constante auge.

Esta capacidad de transformación es posible gracias a dos criterios de proyecto, el esquema programático y la estructura. Por un lado, se realiza un diseño claro de distribuciones y circulaciones que garantiza un uso adecuado y funcional del edificio. Los despachos principales se sitúan en la fachada de Paseo Sagasta y el resto de oficinas y dependencias se localizan en las alas laterales, comunicadas mediante un pasillo distribuidor en forma de U. Por otro lado, el diseño de la estructura del edificio permite una fácil compartimentación del mismo. A cada despacho tipo le corresponde el espacio comprendido entre dos pilares, 4 metros, que se traduce en fachada a dos ventanas. Para aquellas estancias que requieren de un espacio mayor se amplían añadiendo medio o varios módulos. Lo mismo ocurre en el caso contrario, un despacho de varios módulos puede dividirse en oficinas más pequeñas.

Esta sencillez programática y estructural permite repetir el esquema de forma indefinida. Una prueba de ello es el proyecto no construido de la ampliación de la Confederación en 1962, realizado por los propios hermanos Borobio, en el que añadían una planta más, siguiendo la misma composición en fachada y distribución interior.

Sin embargo, esta claridad queda desvirtuada tras la ampliación de José Manuel Pérez Latorre en 1995, cuyas cotas de las plantas no corresponden con las del edificio original. Esta decisión provoca un auténtico caos en las circulaciones, donde el acceso a cada planta se sitúa en un lugar diferente. En algunas ocasiones se realiza de forma directa a través del vestíbulo y en otras a través del rellano de la escalera principal. A esta dudosa conexión con el edificio original se le añade el problema de que no existen ni escaleras ni ascensores que comuniquen una planta con otra, lo que obliga a los usuarios del centro de procesos de datos a desplazarse por el edificio principal.

Dada la antigüedad de la construcción, la sede de la Confederación se encuentra en un continuo proceso de mantenimiento. En la época en la que se construyó no existía ningún tipo de normativa sobre la edificación, en consecuencia las soluciones constructivas empleadas dependían del criterio de los arquitectos. Esto podía dar lugar a edificios que no cumpliesen su función principal de dar abrigo y protección a los usuarios.

En este trabajo, se ha podido comprobar cómo a pesar de no apoyarse en ningún reglamento y utilizar unas técnicas constructivas tradicionales, el edificio satisface la mayoría de las exigencias de la normativa vigente actual, el Código Técnico de la Edificación. En el caso de producirse una intervención importante en el edificio, sería necesario cumplir con los requisitos establecidos en dicho documento. No obstante, al tratarse de un Bien

de Interés Cultural, la aplicación de dichas exigencias es más laxa, ya que prevalece la conservación del carácter original del edificio.

A pesar de esta premisa de preservación, sería necesario reflexionar sobre la situación actual del medio ambiente. En los últimos años, se ha tomado conciencia del gran impacto medioambiental que genera el sector de la construcción. Esto se ha traducido en una normativa más restrictiva que está conduciendo a la creación de edificios autosuficientes que no generan emisiones contaminantes. Por esta razón, en este trabajo se han estudiado posibles transformaciones del edificio para mejorar la eficiencia energética y la calidad del ambiente interior, basándose en los problemas detectados tras verificar las exigencias del Código Técnico.

La rehabilitación de edificios con interés arquitectónico supone un gran reto al tener como premisa conservar el proyecto original sin mancillarlo. En el caso de la Confederación, el elemento característico que lo define e identifica es la fachada, por consiguiente todas las transformaciones planteadas se realizan en el interior del edificio, reproduciendo los acabados interiores originales. Esta decisión resulta contraproducente debido al problema de escasez de superficie que se ha arrastrado durante décadas. Para evitar acrecentar esta situación, se buscan soluciones constructivas que añadan el menor espesor posible a los cerramientos, mediante la utilización de aislamientos y otros elementos con una elevada conductividad térmica.

A estas estrategias funcionales se les añaden criterios sostenibles. Se busca utilizar materiales con el menor impacto ambiental posible, que sean reciclados y reciclables, como el vidrio celular. Asimismo, se mantienen los sistemas pasivos ya implementados en el proyecto original.

A pesar de que cada construcción es única y requiere de unas transformaciones específicas para su rehabilitación, todas las estrategias de actuación enunciadas en el trabajo podrían aplicarse a edificios con características similares a la sede de la Confederación.

Al igual que en su época de construcción el edificio de la Confederación se convirtió en un modelo de racionalismo a seguir, en la actualidad, podría volver a jugar un importante papel en el panorama zaragozano. Si se implementasen estas u otras propuestas de mejora, podría situarse como un punto de referencia en la rehabilitación del patrimonio histórico y arquitectónico, a la vez que serviría como medio de difusión de la obra de los hermanos Borobio, olvidada a nivel nacional.

Por otra parte, cabe señalar la importancia de promover la rehabilitación de inmuebles frente a la obra nueva, ya sea por cuestiones de conservación del patrimonio o por criterios sostenibles.

Dentro de la propia ciudad de Zaragoza, se han producido grandes pérdidas de patrimonio, la más reciente el derribo de parte de las naves de la factoría Averly. Para evitar estas situaciones desastrosas, es necesario concienciar a la sociedad de la riqueza del legado más reciente, la cual no es superada por ninguna especulación urbanística. Además, no sólo hay que respetar el patrimonio histórico y arquitectónico sino también cuidarlo y mantenerlo en el mejor estado posible para evitar su deterioro. Para ello,

resulta de gran ayuda las posibles subvenciones de los órganos administrativos.

Además de concienciar a la sociedad sobre la importancia de cuidar el legado histórico y arquitectónico de la ciudad, es necesario impulsar la introducción de criterios sostenibles en el sector de la construcción, tanto en obra nueva como en rehabilitación. Esta actitud no busca la incorporación de un “gesto medioambiental” aislado que únicamente sirva como gancho publicitario sino la integración de una serie de soluciones sostenibles que pongan en valor tanto aspectos ecológicos como arquitectónicos del edificio.

En el caso de la rehabilitación resulta una ardua tarea el introducir soluciones sostenibles, como por ejemplo fuentes de energía renovable, al tener como punto de partida un edificio ya construido. Si a ello se le añade la condición de respetar el carácter original del inmueble al tratarse de un Bien de Interés Cultural, la situación se complica todavía más. Por ello, no se puede hablar de un manual de rehabilitación o de soluciones sostenibles tipo, sino de unas estrategias generales que puedan aplicarse según las características de cada edificio. El procedimiento más óptimo para difundir estas estrategias es mediante ejemplos reales como podría ser el de la Confederación.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y REVISTAS

- Águila, A. (2006). *La industrialización de la edificación de viviendas. Tomo I y II. Sistemas y Componentes*. Madrid: Mairera.
- Baldellou, M. A. y González, A. (1996). *Arquitectura Española del siglo XX*. Madrid: Espasa Calpe.
- Baño, A. (2005). *Guía de construcción sostenible*. Madrid: Paralelo.
- Barrera, M. (2007). *Confederación Hidrográfica del Ebro: 1926-2001. Apuntes para una historia*. Zaragoza: Prames.
- Bohigas, O. (1970). *Arquitectura española de la segunda República*. Barcelona: Tusquets.
- Bonet, J. M. (1995). *Diccionario de las vanguardias en España. 1907-1936*. Madrid: Alianza.
- Buckley, R. y Crispin, J. (1973). *Los vanguardistas españoles (1925-1935)*. Madrid: Alianza.
- Caro, C. (2013). La sostenibilidad a examen: herramientas de certificación. *Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Ecoeficientes*. Sevilla.
- Carvajal, J. (1990). Regino Borobio: Creatividad y Contexto. En J. M. Pozo, *Regino Borobio Ojeda, 1895-1976. Modernidad y contexto en el primer racionalismo español*. Zaragoza: Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón.
- Chueca, F. (1984). *Historia de la arquitectura occidental. Siglo XX. Las fases finales y España. Tomo X*. Madrid: Dossat.
- Cuchí, A. y Sweatman, P. (2011). *Una visión país para el sector de la edificación en España*. Madrid: Green Building Council España.
- Diéguez, S. (1997). *La Generación del 25. Primera arquitectura moderna en Madrid*. Madrid: Cátedra.
- Edwards, B. (2005). *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Flores, C. (1964). *Arquitectura española contemporánea*. Madrid: Aguilar.
- Flores, C. y Güell, X. (1996). *Arquitectura de España*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.
- García Mercadal, F. (Mayo-Junio de 1967). Mesa redonda con Rafael Bergamín, Fernando García Mercadal y Casto Fernández-Shaw. *Hogar y Arquitectura* (70).

- Granados, H. (2006). *Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo*. Madrid: Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España.
- Laborda, J. (1995). *Zaragoza. Guía de Arquitectura*. Zaragoza: Caja de Ahorros de la Inmaculada.
- Laborda, J. (2001). *Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza, 1933-1946*. Almería: Colegio de Arquitectos de Almería.
- Lozano, A. (2006). *Procesos patológicos, patología y terapéutica de las humedades de sótano, 1ª parte*. Gijón: Lozano y asociados.
- Neila, F. J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla-Lería.
- Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Pozo, J. M. (1990). *Regino Borobio Ojeda, 1895-1976. Modernidad y contexto en el primer racionalismo español*. Zaragoza: Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón.
- Pozo, J. M. y Tena, L. (1999). *Regino y José Borobio. Edificio de la Confederación Hidrográfica del Ebro*. Pamplona: T6 ediciones.
- Rábanos, C. (1984). *Vanguardia frente a tradición en la arquitectura aragonesa (1925-1939). El racionalismo*. Zaragoza: Guara.
- Serra, R. y Coch, H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Edicions UPC.
- Urrutia, Á. (1997). *Arquitectura Española. Siglo XX*. Madrid: Cátedra.
- V.V.A.A. (1933). *Regino y José Borobio. Arquitectura contemporánea en España. Tomo IV*. Madrid: EDARBA.
- V.V.A.A. (1991). *Regino y José Borobio Ojeda, 1924-1958*. Zaragoza: Bienal Zaragoza de Arquitectura y Urbanismo.
- V.V.A.A. (1998). *Guía de Arquitectura de España, 1920-2000*. Madrid: Tanais.
- V.V.A.A. (2009). *Arquitectura bioclimática y urbanismo sostenible (volumen I)*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- V.V.A.A. (2012). *Manual explicativo del análisis del ciclo de vida aplicado al sector de la edificación*. Zaragoza: CIRCE.
- Vázquez, M. (2007). *José Borobio, su aportación a la arquitectura moderna*. Zaragoza: Litocián.
- Velasco, L. (2011). *El movimiento del aire condicionante del diseño arquitectónico*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Wrigley, E. A. (1992). *Gentes, ciudades y riqueza. La transformación de la sociedad tradicional*. Barcelona: Crítica.

DOCUMENTACIÓN DE ARCHIVOS

ARCHIVO PALACIO DE MONTEMUZO:

- Planimetría Casa del Ebro, Pascual Bravo, Zaragoza, 1928.
- Planimetría Sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro, Regino y José Borobio, Zaragoza, 1936.

ARCHIVO DEL SEMINARIO:

- Memoria y planimetría de la instalación industrial de la Sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro, Manuel Muniesa, Zaragoza, 1944.
- Planimetría del proyecto de ampliación de la Sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro, José Manuel Pérez Latorre, Zaragoza, 1991.
- Informe de inspección del estado de la Sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza, 2002.
- Memoria y planimetría del acondicionamiento y apertura de la cafetería de la planta sótano de la Sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro, Francisco Javier Peyron, Zaragoza, 2003.
- Memoria y planimetría de la rehabilitación de la cubierta de la Sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro, José Miguel Pinilla Gonzalvo, Zaragoza, 2014.

BIBLIOTECA DE LA CONFEDERACIÓN:

- Memoria y planimetría del anteproyecto de la Sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro, Regino y José Borobio, Zaragoza, 1933.
- Memoria y planimetría del proyecto de la Sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro con las sucesivas actualizaciones de presupuesto, Regino y José Borobio, Zaragoza, 1936.

ARCHIVO BAU:

- Memoria y planimetría del proyecto de ampliación de la Sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro, Regino y José Borobio, Zaragoza, 1962.
- Archivo fotográfico del proceso de construcción de la Sede de la Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza, 1936-1946.

CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Documento Básico de Ahorro de energía

Documento Básico de Protección frente al ruido

Documento Básico de Salubridad

Documento Básico de Seguridad en caso de incendio

Documento Básico de Seguridad de utilización y Accesibilidad

Catálogo de elementos constructivos

Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido