



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

**ESTUDIO DE SISTEMAS DE AISLAMIENTO TÉRMICO EN
CERRAMIENTOS DE HORMIGÓN IN SITU**
TRABAJO FINAL DE GRADO
CURSO 2015-2016

AUTOR: PIQUERAS BLASCO, MARIA
TUTOR: BLASCO GARCÍA, VICENTE

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| Resumen | 4 |
| Objetivos y metodología | 5 |
| Introducción | 6 |
| Desarrollo | 7 |
| I. EL HORMIGÓN | 7 |
| I.1. El material | 8 |
| I.2. Contexto histórico y evolución. Antecedentes | 9 |
| I.3. Nuevos sistemas constructivos. Líneas de desarrollo | 10 |
| II. LA ENVOLVENTE. FUNCIONES DEL CERRAMIENTO | 11 |
| III. ESTUDIO TÉRMICO | 14 |
| III.1. El aislamiento térmico | 15 |
| III.2. Patología. Puentes térmicos | 17 |
| III.3. Soluciones constructivas | 18 |
| III.3.1. Caso 1. Sin aislamiento térmico | 18 |
| III.3.2. Caso 2. Aislamiento térmico exterior | 25 |
| III.3.3. Caso 3. Aislamiento térmico intermedio | 31 |
| III.3.4. Caso 4. Aislamiento térmico interior | 39 |
| III.4. Comparación | 45 |
| IV. HORMIGÓN EN EL MERCADO | 46 |
| Conclusiones | 49 |
| Continuidad del trabajo | 50 |
| Referencias bibliográficas y fuentes | 51 |
| Índice de imágenes | 52 |
| Anejos. Fichas técnicas | 54 |

RESUMEN

El hormigón armado a lo largo de la historia ha ido variando de función, desde ser una sencilla unión de elementos a ser la respuesta del diseño. No es hasta el siglo XIX cuando hace que se plantee el material como la propia envolvente portante del edificio, dando salida a las funciones fundamentales de un cerramiento: estanquidad, resistencia y aislamiento. De este modo, se perfeccionan nuevos diseños constructivos para cumplir con las premisas, donde aparecen dificultades en el aislamiento térmico que hacen replantearse las diversas soluciones teniendo muy en cuenta los aspectos de diseño. A pesar de ello, la capacidad expresiva del material y el afán de superación de las propiedades del hormigón *in situ* tanto en resistencia como en aislamiento, está dando lugar a nuevas líneas de experimentación para la solución a los problemas térmicos.

Palabras clave: construcción, hormigón, aislante térmico, diseño, innovación.

RESUM

El formigó armat al llarg de la història ha anat variant de funció, des de ser una senzilla unió d'elements a ser la resposta del disseny. No va ser fins al segle XIX quan es va replantejar el material com la pròpia envolupant portant del edifici, donant solució a les funcions fonamentals d'un tancament: estanquitat, resistència i aïllament. D'aquesta manera, es desenvolupen nous dissenys constructius per a complir amb les premisses, apareixent dificultats en el aïllament tèrmic que fan replantejar-se les diverses solucions tenint en compte aspectes de disseny. Malgrat això, la capacitat expressiva del material i l'afany de superació de les propietats del formigó *in situ* tant en resistència com en aïllament, està donant lloc a noves línies de experimentació per donar la solució als problemes tèrmics.

Paraules clau: construcció, formigó, aïllant tèrmic, disseny, innovació.

SUMMARY

Throughout history, reinforced concrete has varied its use, from being a simple union between elements to being the response from design. It wasn't until the nineteenth century when the material was presented as the supporting building envelope itself giving place to its fundamental features: sealing, resistance and insulation. This way, new constructive designs were improved to accomplish with the premises, arising difficulties in thermal insulation which require the need to think of many possible solutions bearing in mind design aspects. Nevertheless, the expressive capacity of the material, is giving bearth to new experimentin ways towards the solution to thermic problems.

Keywords: building, concrete, insulation, design, innovation

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Este trabajo de investigación pretende abordar las distintas soluciones de cerramientos de hormigón *in situ* térmicamente, cómo varía constructivamente y funcionalmente la posición del aislante, comparándolas y aportando una visión global de sus ventajas e inconvenientes. Pero además, para ejemplificar de manera real los casos, se han analizado cuatro obras que reflejan las diversas opciones de posicionamiento térmico.

La metodología de trabajo consiste en describir detalladamente las cuatro soluciones constructivas tanto con secciones como con perspectivas, pero no solo en los casos tipo sino también en casos reales. De esta manera se comprenden y se identifican los materiales y su disposición constructiva.

En primer lugar, se desarrolla una visión de la evolución del hormigón *in situ* en la arquitectura desde sus inicios hasta la actualidad, cómo se compone como material y cuáles han sido sus aplicaciones en la construcción. Después de estudiar el contexto histórico, se detallan las funciones como envolvente a fin de comprender las necesidades de un cerramiento.

En segundo lugar, se lleva a cabo una descripción teórica del funcionamiento térmico de manera general, así como las consecuencias patológicas que esto conlleva. Una vez comprendida la actividad se procede a detallar los distintos casos de estudio, tanto teóricamente y constructivamente, con su problemática, mostrando también obras reales, que se detallan con mayor profundidad, que abordan el aislamiento de forma diferente.

En la última parte, se muestra un hormigón actual del mercado que tiene propiedades aislantes y estructurales, para resolver aquellas insuficiencias térmicas del hormigón estructural.

El estudio finaliza con las conclusiones extraídas de todo el conjunto analizado.

.

INTRODUCCIÓN

La construcción tiene como objetivo la creación de espacios. En la composición y definición de estos, los cerramientos cumplen el propósito de delimitarlos, pero además, deben cumplir múltiples exigencias estructurales, así como de estanquidad y de acondicionamiento. Es por ello que la relación entre el diseño y los principios técnicos son los que detallan la naturaleza de los diferentes tipos de cerramiento.

Por tanto, se pueden establecer dos funciones importantes que debe cumplir el cerramiento: por un lado, la proyectual, la cual consiste en la observación de la arquitectura, es decir, ver la envolvente como piel del edificio, expresada a través de la materialidad y de la composición, pero que además cuenta con aspectos importantes como la correspondencia entre vacíos y llenos, el despiece, el color y la textura; por otro lado, la técnica, en que el cerramiento ha de cumplir una serie de exigencias técnicas, no solo por la obligación de la normativa establecida, –CTE, EHE, Eurocódigo¹, entre otros- sino para dotar al edificio del confort, la habitabilidad y la estabilidad para el uso de los ocupantes. Las funciones técnicas son:

-Estabilidad mecánica: diferenciamos entre cerramiento portante o no portante, debiendo cumplir frente a cargas gravitatorias y de viento o sismo, es decir, verticales y horizontales respectivamente.

-Estanquidad: se ha de posibilitar una superficie para que no acceda el agua, prestando especial atención en los puntos más críticos.

-Aislamiento: un punto importante en el cerramiento es el de garantizar un confort, y por ello se han de cuidar los detalles en el acondicionamiento ya bien sea térmico o acústico, y resolver adecuadamente todos los posibles puentes térmicos.



Ilustración 1: Ampliación de vivienda en La Laguna. MeTROarquitectura

¹ CTE: Código Técnico de la Edificación
EHE-08: Instrucción Española del Hormigón Estructural
Eurocódigo: normas europeas

DESARROLLO

I. EL HORMIGÓN.

I. 1. EL MATERIAL

El hormigón es un material empleado en construcción compuesto por aglomerante, agua y árido finos y gruesos, que se obtiene al reaccionar el cemento con el agua de amasado para así fraguar y endurecer hasta alcanzar una resistencia característica posteriormente con el contacto del aire. Además, es un material fluido que para adoptar la forma deseada es necesario un encofrado o molde. Además, para modificar algunas de sus características pueden introducirse aditivos y/o adiciones².

Para la fabricación del hormigón deben regirse unas proporciones de los distintos componentes para obtener la masa deseada. Las medidas de estos están bajo un alto nivel de control en la mayoría de los hormigones según las propiedades de cada uno de ellos. Por ejemplo, en la EHE-08 se detallan los tipos de cemento dependiendo de la clase de hormigón³.

Tabla 1: Tipos de cemento utilizables

| Tipo de hormigón | Tipo de cemento |
|---------------------|---|
| Hormigón en masa | Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C Cementos para usos especiales ESP VI-1 |
| Hormigón armado | Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C y CEM V/B |
| Hormigón pretensado | Cementos comunes de los tipos CEM I y CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M(V,P) |

Entre las propiedades mecánicas del hormigón, los factores más influyentes en la resistencia son la pasta de cemento, la adherencia árido-pasta, los áridos y sus características y por último la relación agua/cemento. Todos estos rasgos varían la plasticidad y consistencia del hormigón, y por tanto la puesta en obra.

En cuanto a la resistencia mecánica trabaja satisfactoriamente a compresión, en cambio a esfuerzos de tracción tiene un mal comportamiento, es por ello que en uso estructural se arma con barras de acero, las cuales trabajan muy bien a tracción.

Dependiendo de su aplicación constructiva, se puede encontrar el hormigón dosificado o combinado de otras formas:

- Hormigón en masa: único componente.
- Hormigón armado: combinado con barras de acero.
- Hormigón pretensado: combinado con elementos de acero tensados.
- Hormigones avanzados: ligero, de alta resistencia, autocompactante, con fibras, aerocluso, blindado, celular, entre otros.

² La instrucción española en su artículo 29, denomina aditivo a la sustancia que, incorporando, antes o durante el amasado, en una proporción no superior al 5% del peso de cemento, produce la modificación deseado en estado fresco o endurecido, de sus propiedades habituales. Son habituales los reductores de agua, retardadores o aceleradores del fraguado, colorantes, inclusores de aire, entre otros.

³ Tabla 26. Tipos de cementos utilizables. Capítulo VI EHE-08

I.2. CONTEXTO HISTÓRICO Y EVOLUCIÓN. ANTECEDENTES

El inicio del hormigón armado podemos asimilarlo con el nacimiento del cemento, aunque la definición del hormigón como un material aglomerado se puede retomar desde tiempos pasados.

El preludeo del hormigón se asocia a los Romanos, aunque hay pruebas que demuestran que fueron los Fenicios y los Griegos los primeros en fabricarlo, pero a pequeña escala. Fueron ya los Romanos los que elaboraron la mezcla a base de cal, agua, arena y piedras trituradas, llamada *Opus Caementicium*. Existe como prueba de ello, la construcción del Panteón en el año 27 antes de J.C., donde la cúpula tiene alrededor de 43 m de diámetro⁴.



Ilustración 2: Panteón Agripa. Roma 118 d.C.

Este primer hormigón, junto con los descubrimientos como la cal hidráulica artificial del ingeniero de Ponts et Chaussées Vicat (1818), posteriormente la primera patente del cemento Portland, siendo el autor Joseph Aspdin (1824), el horno giratorio horizontal de Ransome, y la técnica del armado en los sillares en la iglesia de Santa Genoveva de Paris (1757-90) de J.G. Soufflot, junto con la destreza recuperada del tapial donde usa la ayuda de un enconrado de madera o molde, fueron quienes asentaron la raíz del hormigón armado.

Ahora bien, es entre 1880 y 1890 cuando se han visto las múltiples ventajas tanto en el buen comportamiento en resistencia como en la economía, apareciendo así diversas patentes, como la de Cottancin, Mèlan, Hyatt, Möller, Wünsch, Matrai, Louis Lambot, Joseph Monier, entre otros, las cuales mantienen ciertas semejanzas en sus características constructivas⁵. Todo esto es el resultado del esplendor, del interés, y del perfeccionamiento que llevará Europa entorno al mercado de la construcción en 1884.

En la segunda mitad del siglo XIX se produce en Europa un crecimiento equitativo por una parte, en la cual el constructor belga François Hennebique emprende una investigación con el objetivo de establecer un sistema constructivo con el hormigón. El sistema consistía más en un cambio de pensamiento material que no en un cambio radical estructural, es por ello que fue decisiva la gran campaña propagandística, donde logró posicionarse en el mercado de la construcción como alternativa a las estructuras de madera y acero.

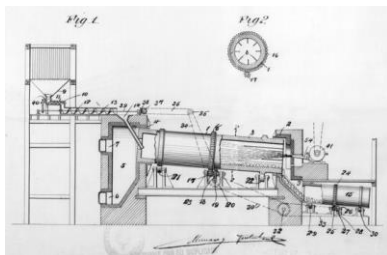


Ilustración 3: Horno giratorio

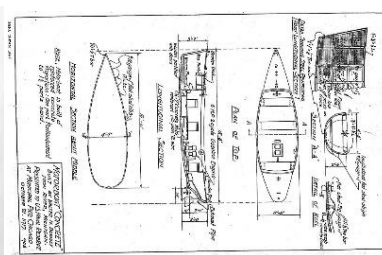


Ilustración 4: Bateau-ciment

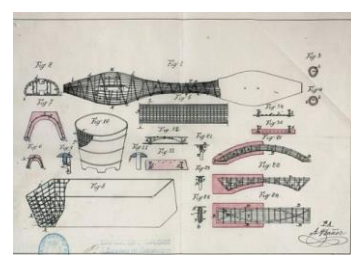


Ilustración 5: Dibujos explicativos

⁴ CONSTRUCCIÓN III. Componentes básicos del hormigón. Lección 1. Pág. 4

⁵ TECTÓNICA nº3. El hormigón (I) "In situ". Madrid: ATC Ediciones, 1996. Pág. 5

De modo similar, la otra línea divulgativa del material en la construcción fue llevada a cabo en Alemania y Austria, por un ingeniero berlinés G.A. Wayss, documentado de las patentes de J. Monier, que junto a C. Freytag formaron una compañía más ligada en torno al mundo de la ingeniería, con la explotación de losas, bóvedas o arcos. La diferencia con la línea francesa se encuentra sobretodo en la investigación teórica del material, ya que estos -junto con la colaboración de más teóricos alemanes- centraron su interés en el desarrollo del material, su comportamiento y sus métodos de cálculo.

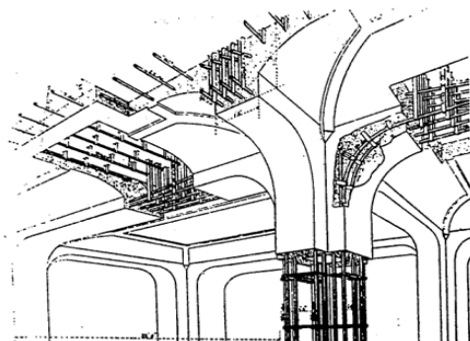


Ilustración 6: Sistema Hennebique



Ilustración 7: Hangar construido por Wayss & Freytag

I.3. NUEVOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Fue en el siglo XX cuando el beneficio del material en las obras arquitectónicas genera distintas aplicaciones, desde estructuras reticulares más seriadas frente a la infinidad de posibilidades con estructuras singulares.

Es en Estados Unidos de América donde los conocimientos de la fábrica diáfana adquieren una gran relevancia bajo Ernest L. Ransome. Éste, promueve el sistema de la construcción reticular eliminando los muros del cerramiento, y sustituyéndolos por un entramado resistente en el que las losas de los forjados avanzan con respecto al plano de los pilares⁶.

Otra línea que ha causado un gran cambio en la visión del hormigón armado se debe a Auguste Perret, el cual diferencia los elementos de viga y pilar y los articula entre sí. Un ejemplo claro es la iglesia de Nôtre-Dame en Le Raincy donde el soporte se convierte en un elemento autosuficiente desligado del cerramiento.

No podemos olvidarnos del sistema *Dom-ino* de Le Corbusier, sistema apto para la construcción seriada que reduce el uso del hormigón al esqueleto portante de manera reticular y lineal. Dicho sistema no radica en un avance técnico, sino más bien, arquitectónico, con la ayuda de los "cinco puntos", la doctrina reticular de la estructura pasó a ser un concepto arquitectónico.

También encontramos de manera opuesta las superficies regladas de Félix Candela, donde la utilización del hormigón compite con la estructura metálica en las grandes luces, y la flexibilidad y adaptación a infinidad de formas permite diseñar exteriores e interiores alejados de la linealidad.

Por tanto, el hormigón armado ha sido utilizado de una gran variedad de maneras, gracias a las características y posibilidades que ofrece.

⁶ TECTÓNICA nº3. El hormigón (I) "In situ". Madrid: ATC Ediciones, 1996. Pág. 7

II. LA ENVOLVENTE. FUNCIONES DEL CERRAMIENTO

A lo largo de la historia de la construcción, la función de cerramiento y sus exigencias han ido variando, de manera que cada vez se ha hecho más evidente que el cerramiento no es una simple tarea trivial, sino que debe dotarnos de unas condiciones de servicio para la habitabilidad y el confort del edificio.

Las mayores premisas que una envolvente debe garantizar son las de estabilidad, aislamiento y estanquidad, aunque no por ello menos importante también intervienen temas de composición, durabilidad, sostenibilidad o coste. Muchas de ellas quedan recogidas en la normativa, de forma que se deben tener muy en cuenta, en los cálculos, diseños, condiciones, etcétera.

ESTABILIDAD

Toda envolvente debe garantizar la estabilidad mecánica suficiente frente a cargas gravitatorias propias y externas, asimismo la resistencia frente a esfuerzos horizontales de viento y sismo. Cumpliendo este cometido, podemos clasificar los cerramientos según su función estructural, bien sean portantes o no portantes. Como se ha dicho anteriormente, la normativa abarca las funciones necesarias para un buen comportamiento del hormigón, por ejemplo, un problema importante reside en el pandeo de las piezas, y en el desarrollo del cálculo aparecen múltiples coeficientes que han de determinarse⁷:

Tabla 2: Coeficientes α para la determinación de la longitud de pandeo

| Condiciones de enlace de la barra | Valor del coeficiente α | |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | Estr. intraslacionales | Estr. traslacionales |
| Biempotrada | 0,5 | 1,0 |
| Extremos elásticamente empotrados | [0,5 – 1,0] | >1,0 |
| Empotrada - articulada | 0,7 | 2,0 |
| Biarticulada | 1,0 | (∞) |
| Ménsula | 2,0 | --- |

AISLAMIENTO

Aquí encontramos dos funciones muy cercanas, la de aislamiento térmico y la de aislamiento acústico. Ambas deben cumplirse, pero la que da mayores problemas y la que detallaremos con más atención a lo largo del trabajo es el estudio térmico, ya que la función de aislamiento acústico cumple con mayor facilidad.

El cerramiento ha de asegurar el confort y habitabilidad del edificio mediante la incorporación de un aislante térmico en la mayoría de los casos, aunque existe la posibilidad de que el propio muro, gracias a una ligera capacidad térmica de la que dispone, sea suficiente.

La riqueza de este campo se halla en la disposición del material aislante, ya que dependiendo de distintos factores como la climatología, la sostenibilidad y el uso, dicho material podrá disponerse en un margen u otro. A la hora de realizar el cálculo el Documento Básico HE Ahorro de Energía, diferencia las zonas climáticas, su uso, los

⁷ Coeficientes α para la determinación de la longitud de pandeo. Capítulo X EHE-08

diferentes elementos que contribuyen, entre otros, para realizar el cálculo de las transmitancias y su limitación de la demanda energética⁸:

Tabla 3: Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

| Parámetro | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A | B | C | D | E |
| Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno [W/m ² .K] | 1,35 | 1,25 | 1,00 | 0,75 | 0,60 | 0,55 |
| Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² .K] | 1,20 | 0,80 | 0,65 | 0,50 | 0,40 | 0,35 |
| Transmitancia térmica de huecos [W/m ² .K] | 5,70 | 5,70 | 4,20 | 3,10 | 2,70 | 2,50 |
| Permeabilidad al aire de huecos [m ³ /h.m ²] | ≤50 | ≤50 | ≤50 | ≤27 | ≤27 | ≤27 |

ESTANQUIDAD

La finalidad del cerramiento consiste en impedir el acceso de agua al interior. La presencia del agua la podemos encontrar bien en el terreno, a través de la superficie desde el aire con forma de lluvia y en forma de vapor⁹.

En el caso de los cerramientos de hormigón *in situ*, un factor importante es la porosidad. El CTE dependiendo de la ubicación del edificio exige un Grado de Impermeabilidad, que deberá resolverse en los detalles constructivos. En el caso del hormigón, el CTE y el EHE no contemplan las propiedades impermeables del material, las cuales dependen de la porosidad, el tamaño de los poros y de su continuidad¹⁰.

DURABILIDAD

Este aspecto debe asegurar el mantenimiento general de la estructura para el correcto funcionamiento del resto de funciones. Los aspectos a estudiar deberán ser: la permeabilidad, las armaduras, el recubrimiento, la ejecución, la geometría, el ambiente y la evacuación de aguas pluviales¹¹.

SOSTENIBILIDAD

El equilibrio entre el material y los recursos del entorno es una cuestión que está muy a la orden del día y que además es un punto que debe estudiarse en la actualidad.

Hay estudios que permiten el reciclaje de componentes en la fabricación del hormigón, un ejemplo práctico es el edificio de oficinas en Londres proyectado por Swanke Hayden Connell Architects¹². Destacar además, que en el aspecto de la sostenibilidad será muy importante tener en cuenta la inercia térmica propia del hormigón, ya que de esta forma podemos hacer una reducción del consumo energético si dotamos al muro de la sección correcta.

⁸ Tabla 2.3. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica.

Documento Básico Sección HE 1. Ahorro de energía

⁹ CERRAMIENTOS DE OBRA DE FÁBRICA. *Diseño y tipología*. Más Tomás, A. 2005. Pág.97

¹⁰ CERRAMIENTOS DE HORMIGÓN IN SITU. Lerma Elvira, C. Pág. 27

¹¹ CERRAMIENTOS DE HORMIGÓN IN SITU. Lerma Elvira, C. Pág. 28

¹² TECTÓNICA nº25. El hormigón (III). Madrid: ATC Ediciones, 1996. Pág. 6

III. ESTUDIO TÉRMICO.

III. 1. EL AISLAMIENTO TÉRMICO

La evolución en los sistemas constructivos y la necesidad de un confort creciente ha tenido como resultado el desarrollo en técnicas del aislamiento térmico.

En primer lugar, los fines del aislamiento son la obtención de un confort, que viene dado por una diferenciación entre las temperaturas exteriores e interiores, en segundo lugar, se trata de un orden económico, es decir, todo usuario espera que su hábitat pueda ser calentado o refrigerado con un mínimo de gasto, esto implica que las pérdidas energéticas no sean excesivas, y por último, la eliminación de las causas de humedad de los muros¹³.

De este modo, para el diseño del cerramiento hay que tener en cuenta aspectos como la climatología -temperatura, soleamiento o vientos dominantes- y el consumo de energía.

Bajo el nombre de materiales aislantes existen productos de infinitas características, por ello, antes que nada, debemos definir qué es un aislante térmico. Cuando mencionamos a éste, nos referimos a cuerpos que son malos conductores del calor, es decir, aquellos que están caracterizados por un coeficiente de conductividad bajo.

Aunque no es esta la única solución para aislar, lo que de verdad importa es la denominada *resistencia térmica interna*, definida como la resistencia del material al paso del calor, la cual dependerá del cociente entre el espesor y la conductividad térmica.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad W/m \cdot k$$

Otras cuestiones que debemos de analizar para saber el comportamiento de los cerramientos es el llamado *flujo de calor*, que es la cantidad de energía calorífica que es atravesada en una pared en una noción de tiempo.

$$\phi = \frac{Q}{t}$$

Muy ligado a éste es la *densidad de flujo* que se define como el cociente entre el flujo de calor y la unidad de superficie.

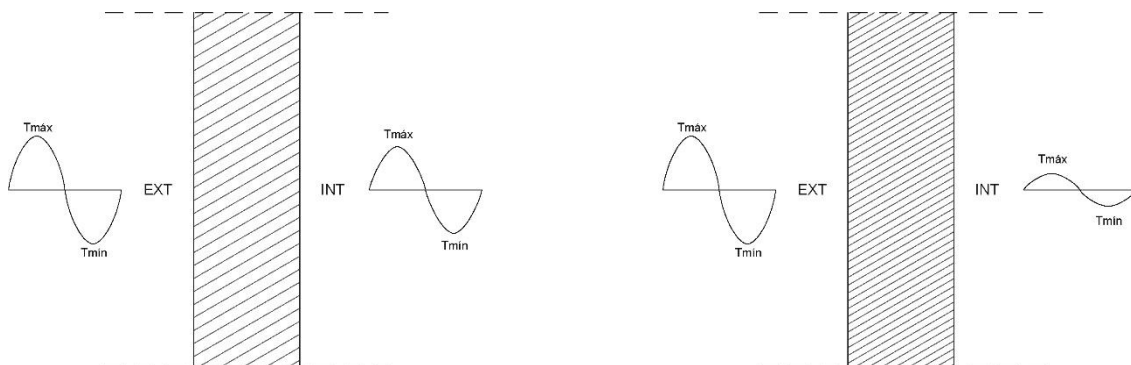
$$\varphi = \frac{\phi}{S}$$

No obstante, el flujo de calor a través de las distintas capas del cerramiento depende de la resistencia de cada material de forma individual, ya que puede acumularse calor en cada capa y producir condensaciones.

Según la hora del día la temperatura cambia y por tanto también cambia el funcionamiento del muro, eso significa que el agente que determina la acumulación de energía es la denominada estabilidad de inercia térmica. Un muro puede tener una baja o alta inercia térmica, y ésta dependerá de la amplitud de temperaturas interiores y exteriores.

¹³ AISLAMIENTO ACÚSTICO Y TÉRMICO EN LA CONSTRUCCIÓN. Rougeron, C. Pág. 202

Si queremos valorar la inercia térmica, y el cociente entre las amplitudes se acerca a la unidad significa que el cerramiento carece de inercia, y esto se traduce en que cualquier cambio al exterior será apreciado en el interior.



Representación 1: Variación de temperatura. Inercia térmica baja y alta

Una vez comprendidos los coeficientes que afectan al mecanismo del fenómeno del flujo de calor vamos a analizar cómo se desarrolla a través de un muro.

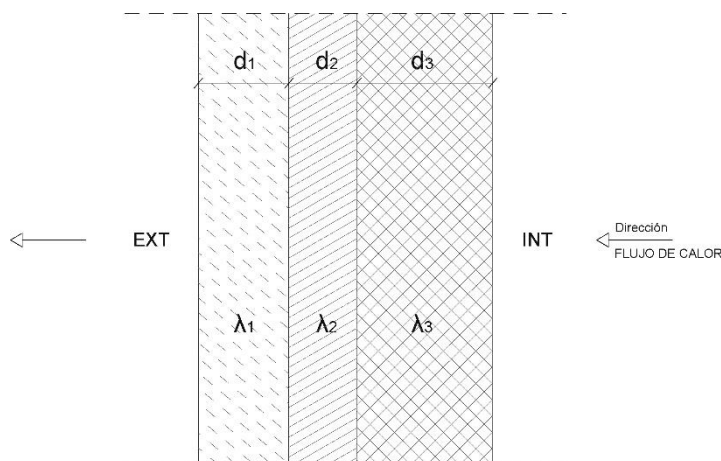
El flujo de calor pasa desde el medio más caliente al más frío para encontrar una temperatura intermedia. En el muro se establece por tanto un gradiente de temperatura, donde se observa que la cara interior está a una temperatura algo inferior a la del medio caliente, pero mayor que el medio frío. Si el muro está compuesto por un material homogéneo, la curva que se establece es más bien horizontal sin grandes cambios, pero si existe algún cambio de materia, como por ejemplo un aislante, éste hace que haya una diferencia más bien grande.

Normalmente los aislantes suelen ser materiales porosos ya que tienen una conductividad baja, aunque es el aire completamente quieto aquel que tiene el valor más bajo.

Para el cálculo de la resistencia del muro al paso del calor tomaremos la siguiente ecuación:

$$R = r_{ext} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + r_{int}$$

Intervienen factores como las resistencias de aire de las capas límite exterior e interior y los espesores y la conductividad de cada capa.

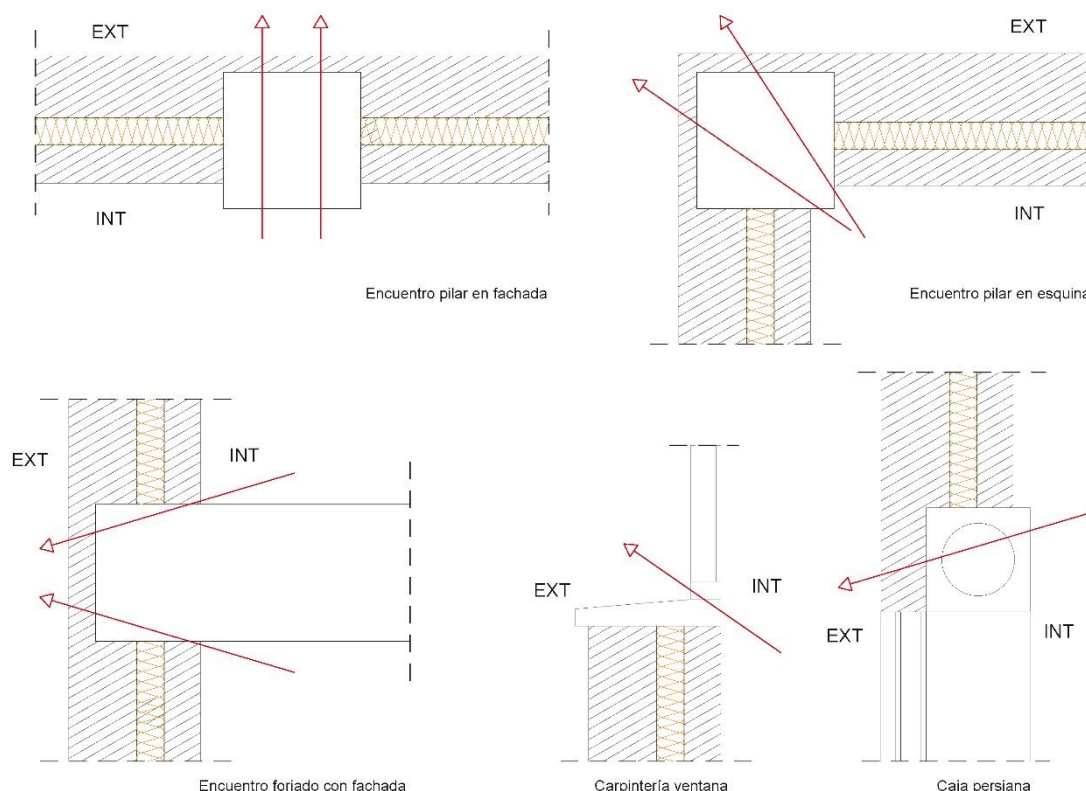


Representación 2: Transmisión calor de una pared con distintas capas

Recogiendo las propiedades requeridas por el aislamiento térmico podemos recoger que el material debe tener una conductividad térmica baja λ o bien una relación de espesor y conductividad, además debe ser mal absorbente de la humedad ya que ésta reduce las propiedades de aislante. Como un material más de cerramiento debería tener la estabilidad mecánica necesaria, una adecuada resistencia al fuego, y un rango de coste bajo y de fácil aplicación. A todo esto, no podemos olvidar la adecuada disposición del aislante, la cual será definida por la sección constructiva y será la esencia para un correcto funcionamiento del cerramiento.

III. 2. PATOLOGÍA. PUENTES TÉRMICOS

La heterogeneidad del cerramiento suele producir los denominados puentes térmicos, que son aquellos puntos donde la resistencia térmica varía de forma significativa. Normalmente se ocasiona por un cambio de espesor del material, penetración de elementos constructivos de diferente conductividad, o diferencia entre áreas interiores y exteriores, tales como intersecciones de paredes, suelos o techos¹⁴.



Representación 3: Diferentes puentes térmicos

La existencia de puentes térmicos hace que se extienda la posibilidad de condensaciones en el cerramiento y esto a su vez genera manchas de moho, degradación en los elementos constructivos, entre otros.

Los puentes térmicos que no son solucionados incrementan pérdidas de calor en invierno y ganancias en verano, lo que conlleva a un mal comportamiento del muro.

¹⁴ Norma UNE EN-ISO. Puentes térmicos en la edificación

El diseño para evitar las condensaciones radica en la colocación de un aislamiento en un punto estratégico, bien sea aislando los pilares, la instalación del aislamiento por debajo del forjado, o bien por el exterior en fachada, entre muchas otras estrategias de diseño.

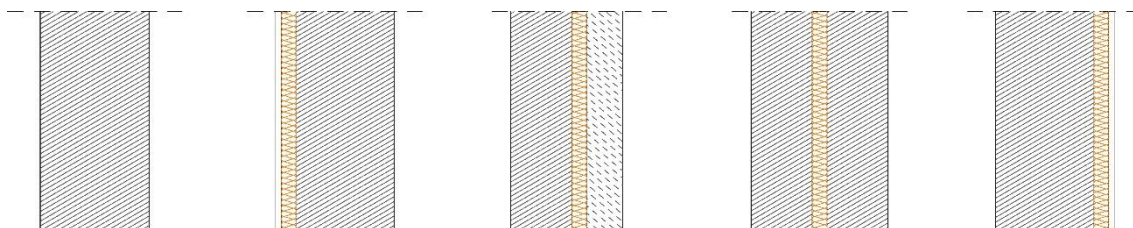
Esta patología conllevó en 2006 a tratar en el Código Técnico de la Edificación (CTE) los puentes térmicos como una problemática a tener en cuenta y solucionar. El archivo dota de unos detalles clasificados por encuentros, dando una posible solución y diferenciando en zonas climáticas¹⁵.

El planteamiento general para resolver los puentes térmicos atiende a dar continuidad en toda la envolvente al aislante térmico.

III. 3. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

La gran problemática a la que nos enfrentamos a la hora del diseño de un muro es la colocación de la capa de aislamiento térmico. Existen diversas opciones en cuanto a su posición que garanticen y cumplan los requisitos mínimos exigidos por la normativa, ya que como hemos podido comprobar, prácticamente la normativa nos obliga a colocar aislamiento y es muy inusual el no disponer de éste.

Las soluciones más frecuentes es situar el aislamiento de forma intermedia bien sea de dos hojas distintas construidas en distinta fase como a la vez, en el exterior o en el interior.



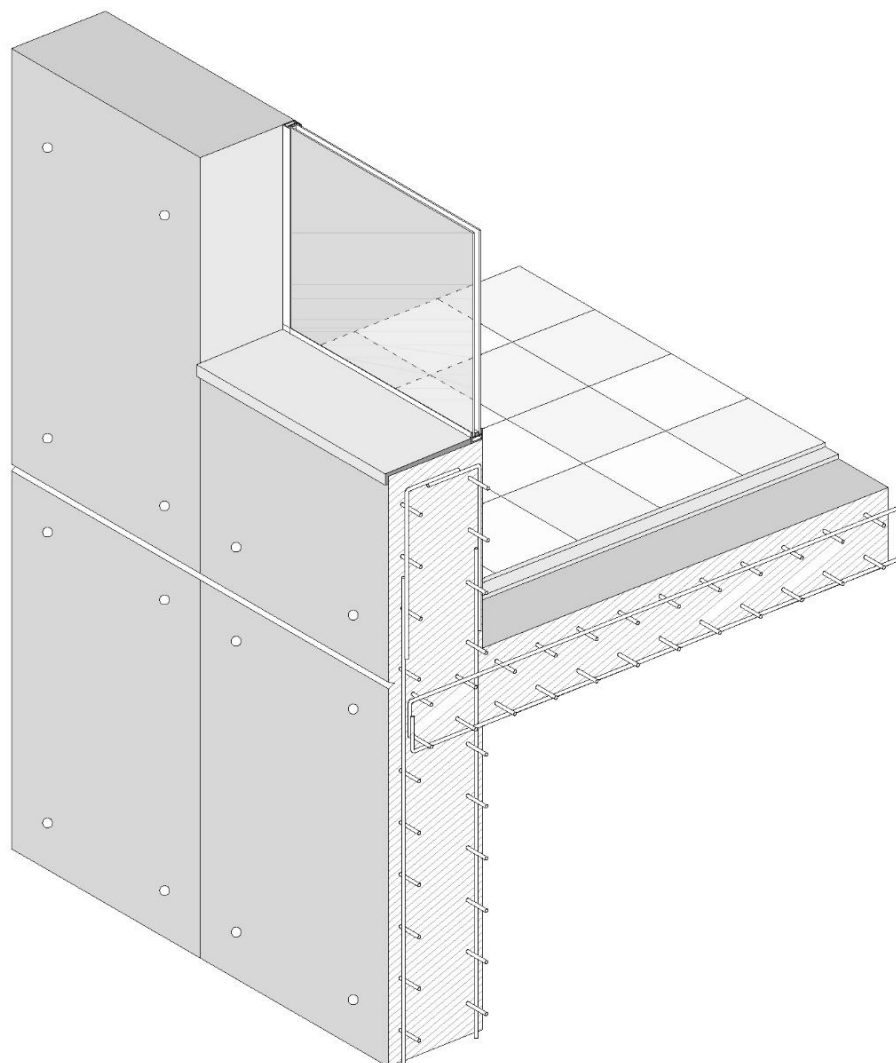
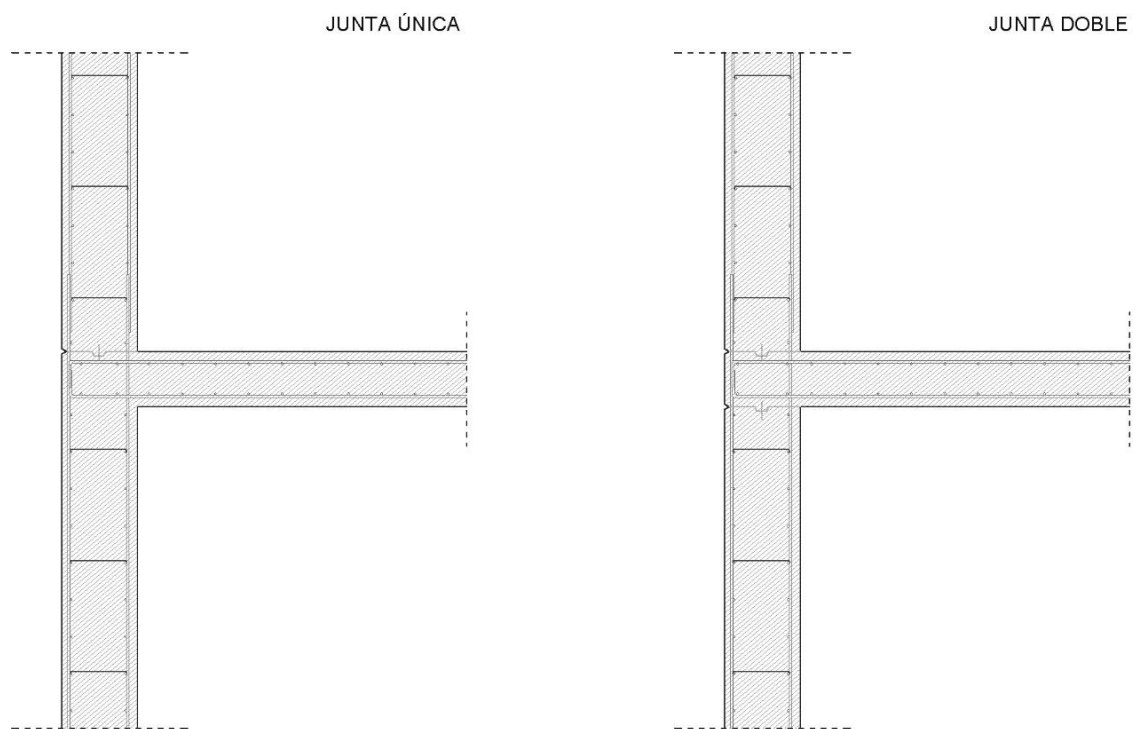
Representación 4: Posicionamiento del aislante térmico

III.3.1. Caso 1. Sin aislamiento térmico

Normalmente esta situación no suele darse, ya que la opción de un muro de hormigón visto por ambas caras y sin aislamiento debe regirse por la inercia del material. Para que pueda cumplir la normativa, el espesor mínimo debería ser de 50 cm, aunque también cabe la opción de modificar las propiedades del hormigón in situ para que la ausencia de la capa de aislante no sea un impedimento para la construcción.

A la hora de seguir la normativa española, no existe ningún mínimo de espesor de cerramiento sin la disposición de aislamiento, pero sí tiene en cuenta los recubrimientos mínimos dependiendo de la zona climática y el ambiente en el que nos encontremos.

¹⁵ Actualmente existe un Documento de Apoyo en el DB-HE Ahorro de Energía dedicado únicamente a los Puentes Térmicos (DB-HE/3).



Representación 5: Secciones y axonometría Caso 0

BRUDER KLAUS FIELD CHAPEL. MECHERNICH. PETER ZUMTHOR (2007)

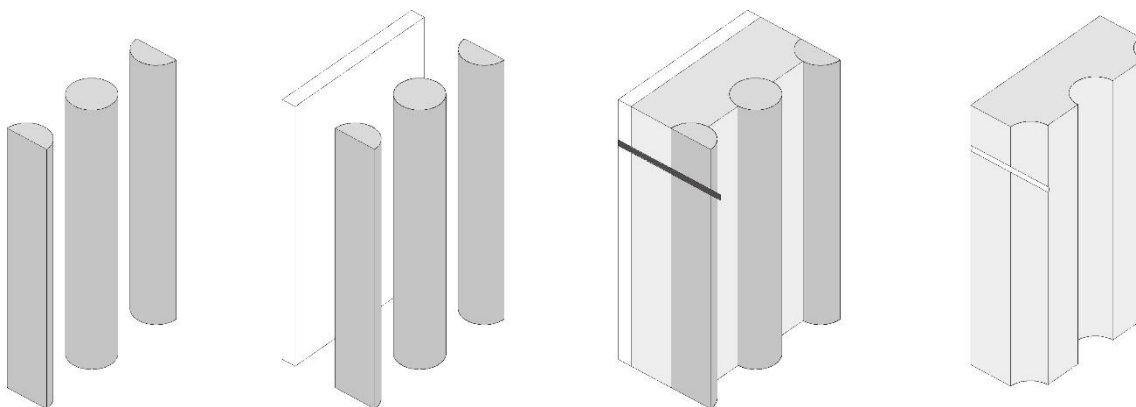
La capilla se encuentra situada en el término de Mechernich en Alemania, concebida para el culto y el misticismo desde su vista desde lejos hasta llegar al punto, a través del recorrido por el campo.

La distinción del diseño reside en la sensación que transmite, conjuntamente, su visión externa desde todos los puntos cardinales y de todo su interior. Peter Zumthor resuelve el proyecto en planta de manera que, hasta llegar a la capilla, dependiendo de donde estés situado parecerá más esbelta o más ancha. Por otro lado, el interés por su interior se encuentra en la solución constructiva, que dota de unas sensaciones únicas.

Su estructura se construyó colocando 112 troncos como encofrado del bosque Bad Münstereifel, sobre la cual se vertió el hormigón en tongadas de 50 cm de espesor. Este hormigón de especiales características se conforma a partir de gravas de río, cemento blanco, agua y arena amarilla rojiza, con una técnica llamada "rammed concrete", sin armadura y con una diferencia de 24 horas entre vertidos¹⁶.

A la hora de conformar esta mezcla tan puntual, la normativa española señala las relaciones entre los diferentes materiales, como tamaños máximos y mínimos de áridos, limitaciones, calidad, requisitos físico-mecánicos, entre otros, además en el caso del agua, aclara que en el caso de utilizar agua sin precedentes en su utilización, se deberá hacer un estudio y cumplir unas condiciones¹⁷. Por ello, adoptamos que en este proyecto, aunque los materiales no sean los corrientes, la sustitución de éstos sigue las pautas de dosificación de la respectiva normativa.

La peculiaridad de esta construcción y la que le dota de esa sensación interior, no es solo por la vista, sino también por el olfato. Se debe a la subsiguiente encendida de los troncos de madera, que deja un acabado interior con la forma a semicírculos y ese olor a quemado temporalmente.



Representación 6: Esquema de las fases constructivas

1º Realización de la estructura a base de troncos de árboles en posición vertical y unidos entre ellos.

2º Puesta en obra del encofrado exterior, unido a los troncos mediante anclajes que van desde el exterior al interior.

3º Vertido del hormigón, sirviendo de encofrado la tabla exterior y los troncos en el interior.

4º Quemado de los troncos interiores, los cuales generan la forma a semicírculos, y retirada de los anclajes para la entrada de luz.

¹⁶ TECTÓNICA BLOG. Bruder Klaus Fiels Chapel

¹⁷ EHE-08. Capítulo VI. Pág. 48

Pero no solo el muro se forma de esto, sino que también está acompañado de unos pequeños orificios como entrada de luz. Estas perforaciones se forman por la fijación entre el encofrado exterior e interior, y que a continuación se taparon con piezas de vidrio. Además, hay otro óculo principal en la parte superior que deja que la meteorología se introduzca al interior.



Ilustración 8: Vista óculo interior

Una vez explicado el proyecto, se procede a analizar térmicamente su interés. Por ello, empezamos con la importancia del hormigón visto en ambas caras. Este proyecto se distingue por la materialización exterior e interior que, con otro material no habría sido posible, por eso acentuamos la repercusión de la elección del material en cada proyecto y dependiendo de la relevancia se deberá resolver constructivamente de una manera u otra.

La Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08) y el Eurocódigo 2: Diseño de estructuras de hormigón no contemplan explícitamente ningún espesor mínimo para que cumpla la opción de una hoja de hormigón armado visto por ambas caras sin aislamiento térmico, pero sí una dimensión al menos igual o mayor a 25 cm para que cumpla como estructural y un ancho y un alto no menor de 4 veces su espesor.

Por lo tanto, según la inercia del hormigón y sus cualidades, para garantizar un comportamiento favorable térmicamente el espesor debería ser mayor, aproximadamente de 50 cm*. Aquello que sí considera son revestimientos mínimos de armaduras dependiendo del ambiente en el que nos encontremos, o incluso la impermeabilidad respecto al agua mediante el método de determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión, según la UNE EN 12390-8, que deberá realizarse en exposiciones III ó IV¹⁸.

¹⁸ EHE-08. Capítulo VII. Pág. 95

Tabla 4: Impermeabilidad del hormigón

| Clase de exposición ambiental | Especificación para la profundidad máxima | Especificación para la profundidad media |
|--|---|--|
| IIIa, IIIb, IV, Qa, E, H, F, Qb (en el caso de elementos en masa o armados) | 50 mm | 30 mm |
| IIIc, Qc, Qb (solo en el caso de elementos pretensados) | 30 mm | 20 mm |

Si comprobamos en el catálogo de elementos constructivos del Código Técnico de la Edificación (CTE) en el apartado de “fachadas de hormigón armado *in situ* no ventilada”, no viene la sección de un muro de hormigón *in situ* como único material, sino que viene acompañado de otros materiales, como el aislante y otra hoja como el revestimiento.

| Código | Sección | Datos entrada | HS | HE ⁽¹⁾ | HR ⁽⁵⁾ | | m (kg/m ²) |
|-----------------------|---------|---------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | H | GI ⁽²⁾⁽³⁾ | U (W/m ² K) | R _s (dBA) | R _{s,ir} (dBA) | |
| F 13.1 ⁽⁷⁾ | | J1' | 2 | 1/(0,40+R _{AT}) | 52 | 49 | 374 |
| | | | | 1/(0,45+R _{AT}) | 50 | 47 | 290 |
| F 13.2 ⁽⁷⁾ | | J1' | 3 ⁽⁴⁾ | 1/(0,57+R _{AT}) | 52 | 49 | 374 |
| | | | | 1/(0,62+R _{AT}) | 50 | 47 | 290 |
| F 13.3 ⁽⁶⁾ | | J1' | 3 | 1/(0,43+R _{AT}) | 61 | 56 | 311 |
| | | | | 1/(0,47+R _{AT}) | 57 | 52 | 227 |
| F 13.4 ⁽⁶⁾ | | J1' | 3 ⁽⁴⁾ | 1/(0,45+R _{AT}) | 61 | 56 | 311 |
| | | | | 1/(0,49+R _{AT}) | 57 | 52 | 227 |

Ilustración 9: Catálogo elementos constructivos CTE. Fachada hormigón visto armado *in situ*, no ventilada

Otro factor importante que atañe al espectador es la sombra que ofrece siempre en alguna parte por su geometría, y que se agradece en los días soleados, ya que su llegada es a través de un extenso campo sin sombra alguna. Es aquí, donde vemos la importancia del estudio de asoleamiento y cómo influye también en el proyecto.

Este caso se define como muro de hormigón sin aislamiento térmico, y como se ha dicho si hubiera sido un lugar habitable seguramente no habría cumplido normativa, pero como se asocia a un lugar de paso donde la gente va puntualmente no se precisa de un aislamiento elevado. Aunque la ausencia de aislamiento por su uso esporádico podría justificarlo, debemos recordar que tiene que cumplir con unos parámetros para acreditar realmente la normativa.

A la hora de comprobar las condensaciones del Documento de Apoyo al DB HE Ahorro de energía, la norma desarrolla unos cálculos y unas tablas para verificar la limitación de condensaciones superficiales y las intersticiales.

Como síntesis, esta capilla de Peter Zumthor lleva consigo un estudio de planeamiento, asoleamiento, geométrico y constructivo, que hace que sea posible esta solución y no otra, ya que no daría el mismo resultado.

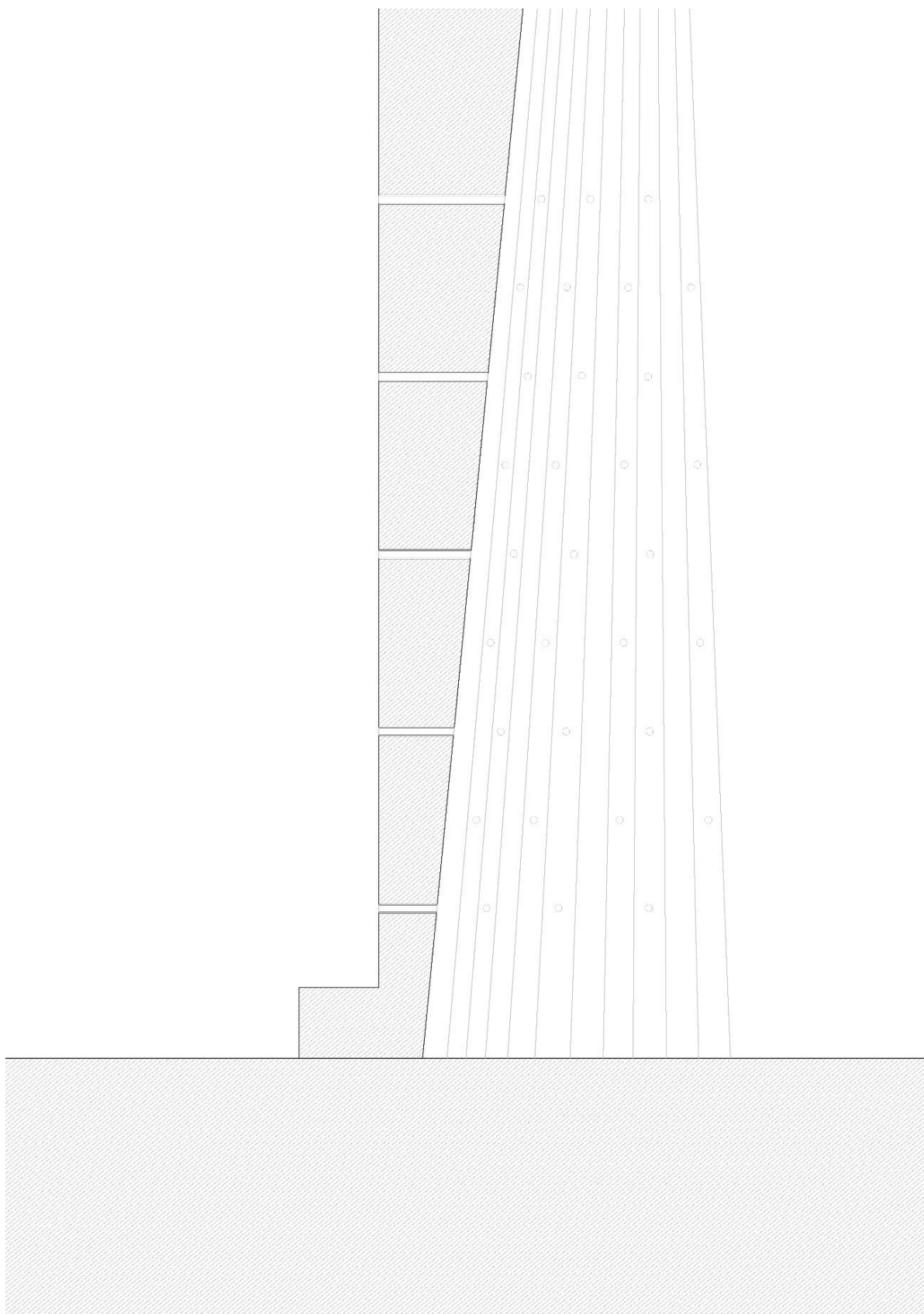


Ilustración 10: Durante su construcción. Tongadas de hormigón

*Si realizamos un sencillo cálculo para dimensionar el mínimo espesor del muro considerando que nos encontramos en Valencia –zona climática B- y por tanto, a partir de la tabla 2.3 del DB-HE la $U_{m\acute{a}x}$ sería 1, el resultado se aproxima a 50 cm.

| | e | λ | R |
|------------------|---|-----------|------|
| Hormigón en masa | | 2 | |
| Aire interior | - | - | 0,1 |
| Aire exterior | - | - | 0,04 |

$$U = \frac{1}{0,1+0,004+\frac{e}{2}} = 1 \text{ m}^2\text{k}/\text{W} \rightarrow e = 0,43 \text{ m} = \underline{43 \text{ cm}}$$



Representación 7: Sección

III.3.2. Caso 2. Aislamiento térmico exterior

La principal ventaja reside en la contribución del muro de hormigón en el ahorro energético, ya que éste se mantiene bastante uniforme al no estar sometido a una fuerte expansión térmica. Además, el aprovechamiento de la inercia térmica favorece a la estabilidad de la temperatura en el interior indistintamente del estado externo.

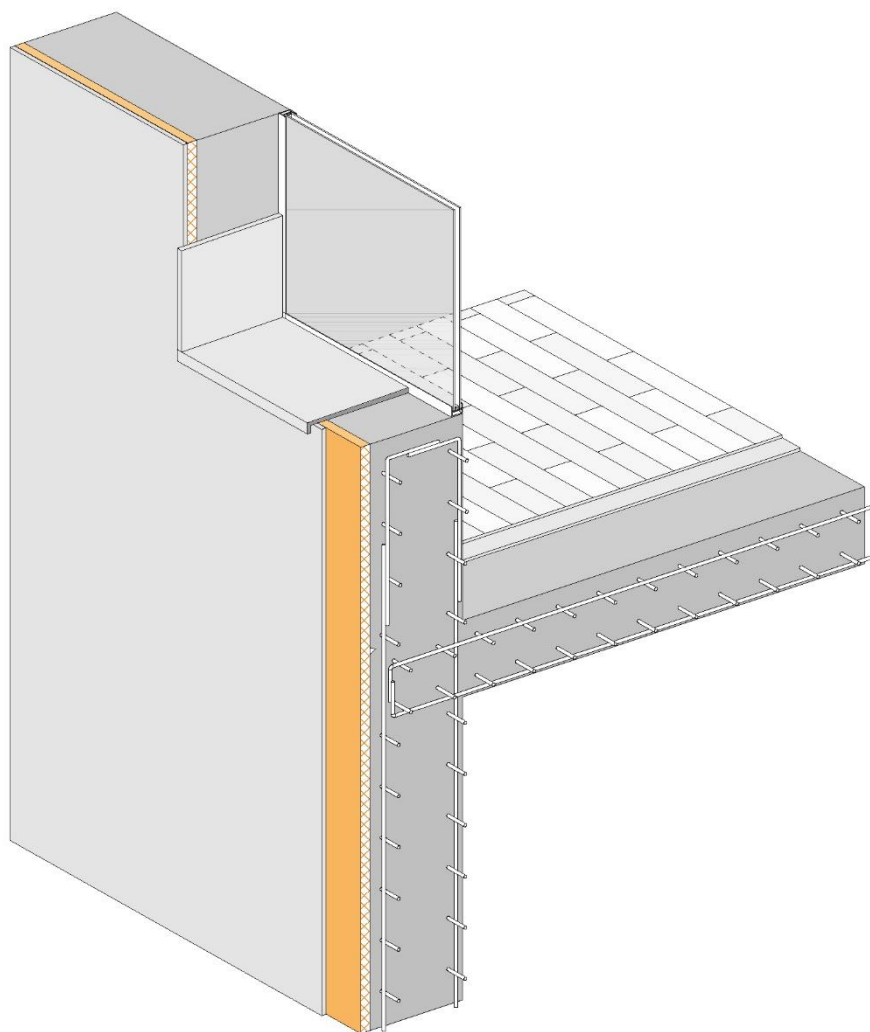
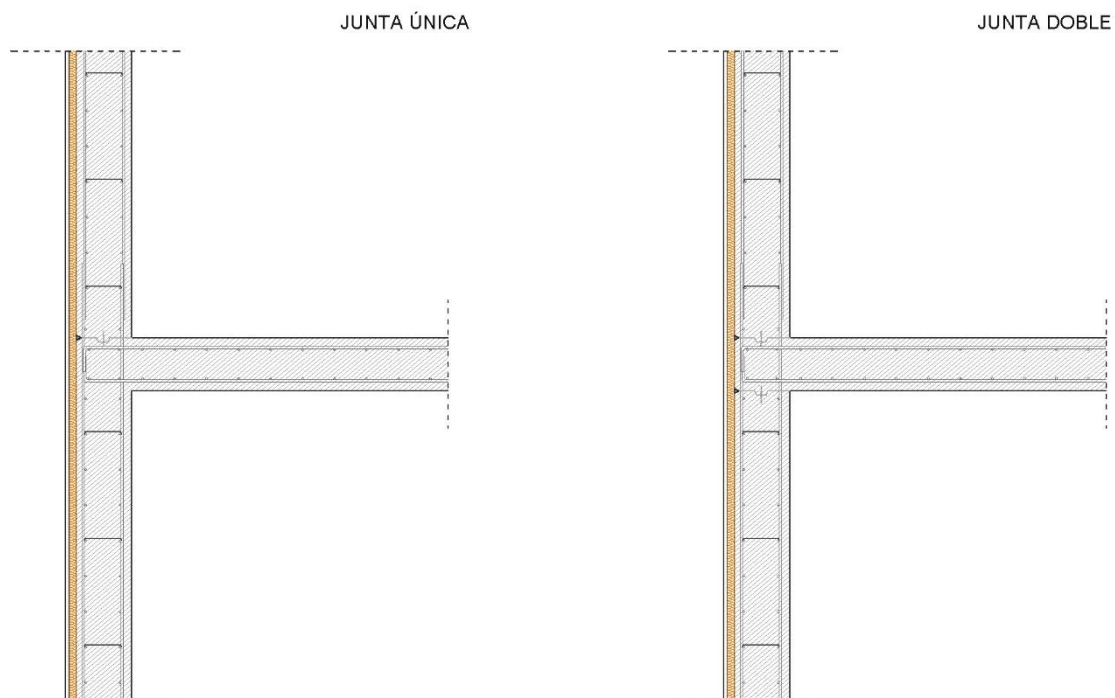
Así pues, el cerramiento debe ser capaz de contrarrestar las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior y de limitar las pérdidas del sistema de calefacción en invierno o refrigeración en verano. Es por ello que la solución de ubicar el aislamiento en la parte exterior de la hoja de hormigón hace que las variaciones climáticas no lleguen tan directas, y por tanto que se pueda aprovechar toda la sección del muro.

Ahora bien, no todos los materiales de aislamiento térmico son aptos para esta solución. La gran mayoría de aislantes tienden a absorber la humedad y esto hace que su resistencia térmica empeore de modo significativa. Una buena solución podría ser el poliestireno expandido u otro que esté dotado de una protección frente al agua. En el caso de que sea un aislante rígido, éste deberá anclarse mecánicamente a la cara exterior del muro.

Un inconveniente que atañe a esta solución radica en que la cara vista exterior no será de hormigón, ya que una vez colocado el aislante se deberá revestir con algún aplacado o el material que se desee. Por consiguiente, a pesar de que sea una buena solución en cuanto a ahorro energético se refiere, hay que tener en cuenta que, si una de las condiciones es la lectura del hormigón en fachada, ésta no será la opción más válida.

Constructivamente, una decisión que debe tomarse en todo tipo de muros de hormigón *in situ* es el número de juntas de hormigonado. Cabe la opción de que los frentes de forjado queden marcados por dos juntas que provienen de la construcción de los muros inferiores y superiores de manera independiente cada uno al forjado, o que el forjado sea ejecutado a la vez que un muro. En cada caso, esto es una decisión de diseño y a pesar de que en éste las juntas queden tapadas, en los demás casos deberá tenerse en cuenta.

Una vez construido el muro con las juntas que hayamos decidido hacer, deberemos instalar la capa de aislante térmico, ya sea proyectado o rígido, y ya por último el revestimiento, que será la cara vista de nuestro cerramiento.



Representación 8: Secciones y axonometría Caso 2

CENTRO DE CREACIÓN CONTEMPORÁNEA DE ANDALUCÍA. CÓRDOBA. NIETO SOBEJANO (2006-2013)

El Centro de Creación Contemporánea se encuentra a la orilla del río Guadalquivir como un conjunto de espacios polifuncionales para la exposición, producción y representación en torno al arte de la cultura hispano-musulmana manifiesto en Córdoba.

La esencia del diseño discurre en la flexibilidad de las dimensiones y funciones, de tal manera que cada ambiente puede configurarse o transformarse individualmente o conjuntamente a otros. Además, la influencia del arte islámico también se encuentra reflejado en las celosías, pavimentos y permutaciones en todo el edificio. Estos espacios geométricos se generan a partir de una forma hexagonal y que a su vez contiene salas de 150m², 90m² y 60m². Esta serie de salas puede al mismo tiempo configurar un espacio único.

En cuanto a la distribución por plantas, éstas se dividen en planta baja, donde se encuentran los talleres de artistas, y en la planta superior, donde se sitúan los laboratorios, a la vez que las salas expositivas que son alternadas entre las diferentes plantas y salas. Existe también un salón de actos o caja negra, el cual genera un espacio escénico para representaciones teatrales, conferencias, proyecciones, entre otras.

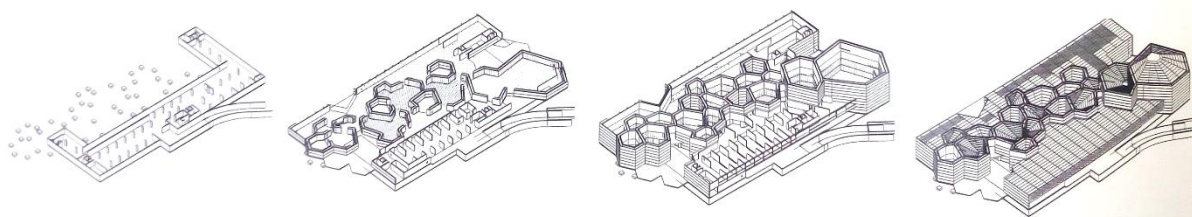


Ilustración 11: Plantas en volumetría

De forma material, en el interior las losas y muros de hormigón visto ayudan a la idea de factoría y unidad de todas las salas. Aunque por otra parte, en el exterior la utilización de paneles prefabricados de GRC conforman tanto las fachadas opacas como las perforadas. El proceso constructivo del centro de creación sigue las pautas desde el interior hacia el exterior, realizando primero la estructura portante de hormigón, con los encofrados correspondientes para realizar las estructuras inclinadas y hexagonales, a continuación el aislamiento proyectado, y finalmente la colocación de los paneles prefabricados de GRC blanco con la previa disposición de la estructura metálica para su posición.

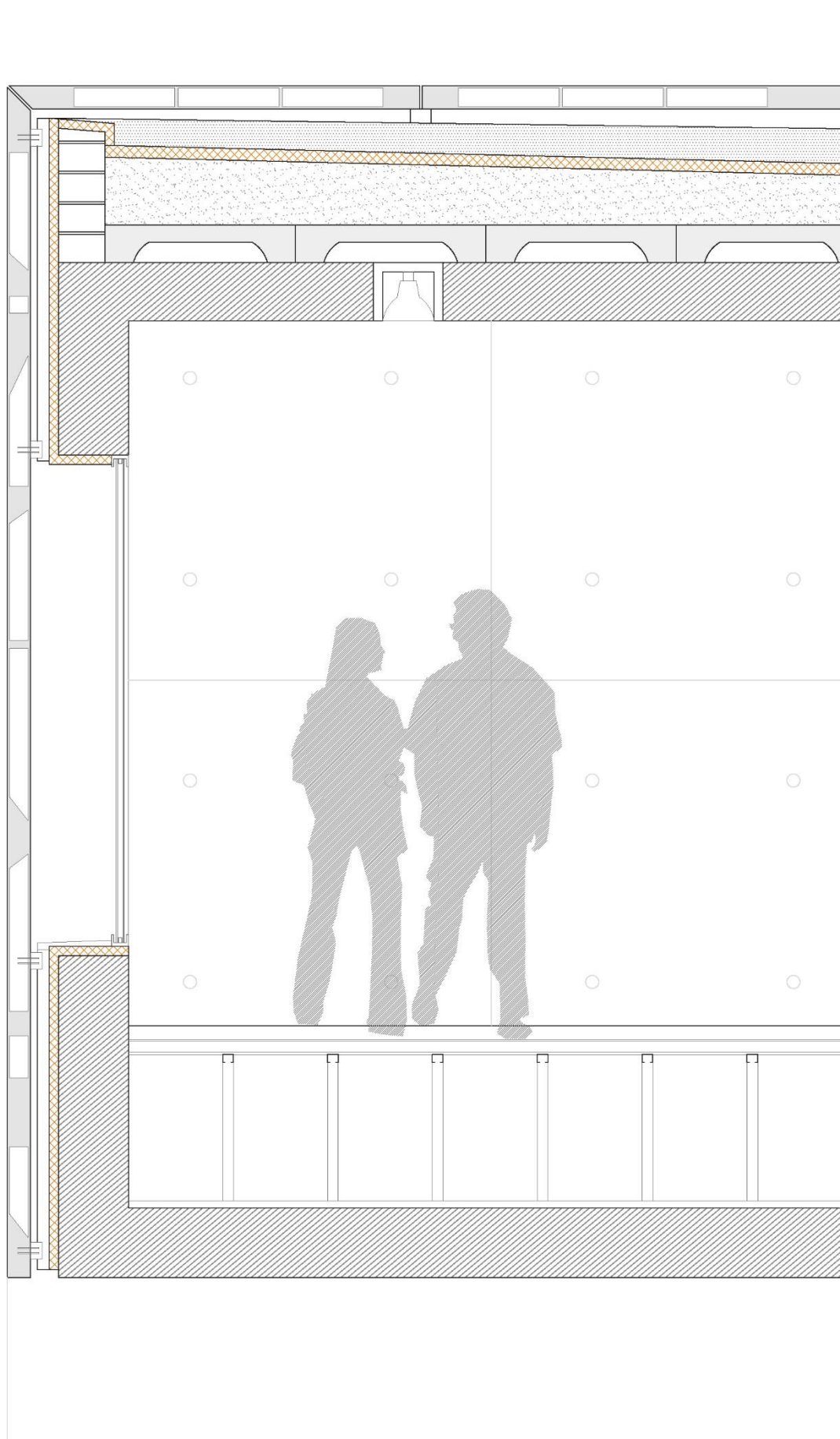
En cuanto a la solución constructiva de disponer el aislamiento térmico en el exterior, la inercia del hormigón ayuda a ese ahorro energético ya que también contribuye al no ser expuesto a los cambios externos de temperatura. Sobre todo, al ser espacios tan grandes favorece el ambiente.

Cabe añadir que la respuesta de dar al interior la textura de hormigón ayuda a generar esa sensación de calidez que pretende dar el diseño, y que como ya se ha dicho anteriormente, la elección del material no es pura casualidad, sino que lleva detrás un estudio. Esto se refleja también, en las formas hexagonales e inclinadas que se pueden observar una vez dentro, ya que es el hormigón un material versátil con el que poder jugar en las formas.

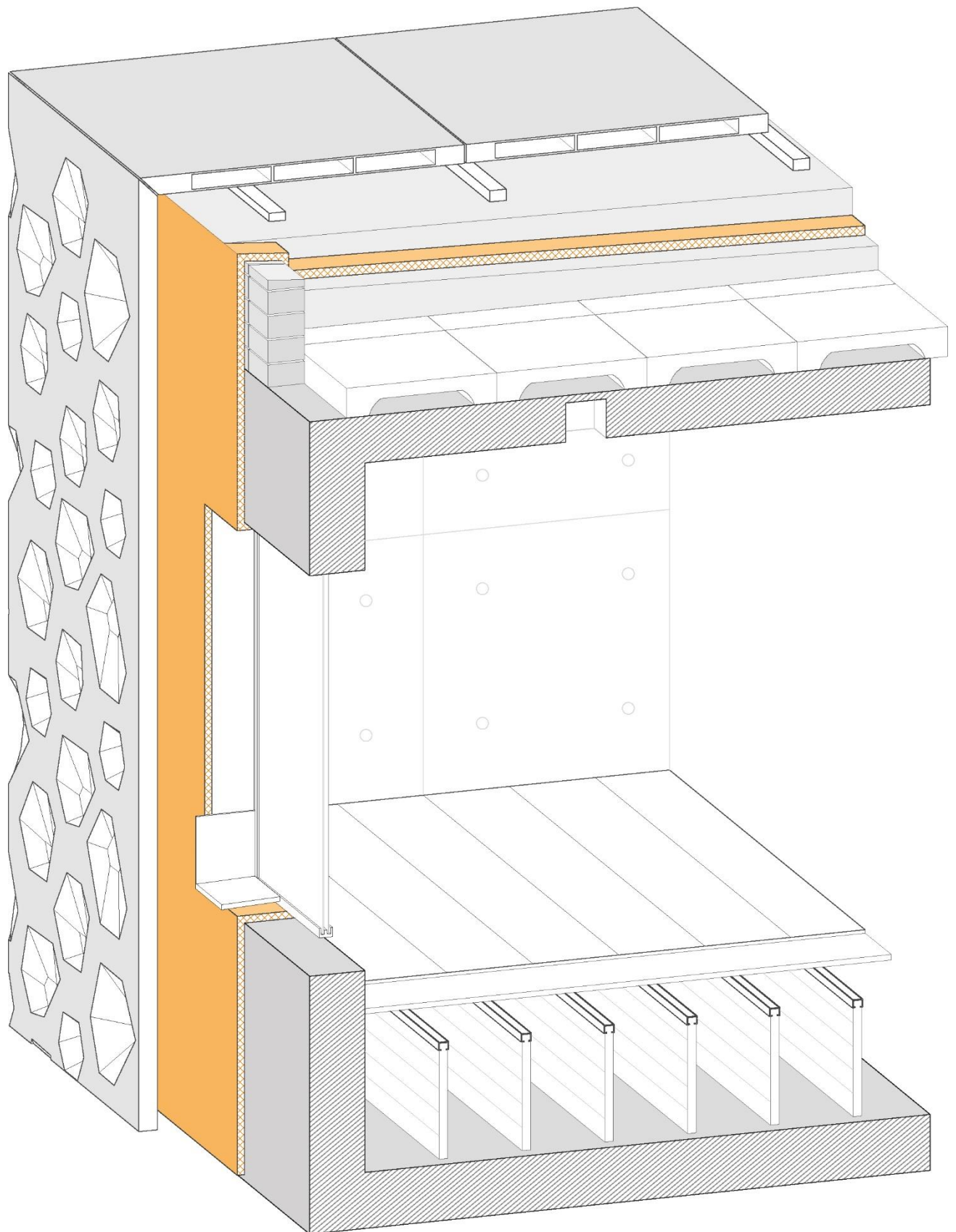
Como conclusión de este caso donde el aislante se encuentra en el exterior, tenemos de manera importante la contribución de la inercia del hormigón en el aislamiento térmico y cómo su textura dota al interior de una sensación de calidez a pesar de que los espacios sean tan extensos.



Ilustración 12: Construcción estructura



Representación 9: Sección



Representación 10: Axonometría

III.3.3. Caso 3. Aislamiento térmico intermedio

Existen múltiples maneras de resolver este caso, ya sea con la construcción del muro de hormigón *in situ* con el aislante de una sola vez, la construcción de dos hojas de hormigón *in situ* en dos fases con el aislante al medio, o incluso que una hoja sea de hormigón y la otra de otro material, como por ejemplo una hoja de fábrica. La gran diferencia que existe entre la construcción de una sola fase y en varias, reside en el espesor total del cerramiento. Para entender el funcionamiento del muro, primero vamos a explicar cómo se compone constructivamente.

Si hablamos del primer caso, debemos tener especial atención con el aislante, bien sea por su elección o por su colocación. El aislante al tener que ir independiente no puede ser proyectado y, en consecuencia, deberemos escoger un aislante rígido, como por ejemplo, poliestireno extrusionado, pero no solo debemos tener cuidado con esto, ya que al instalar primero el aislante y posteriormente verter el hormigón, habrá que anclarlo mecánicamente para que no se desplace.

En el caso de realizar dos hojas en distinta fase, primero se deberá construir la hoja interior, que además tendrá que ser portante, ya que es la única hoja que está conectada al forjado, posteriormente se dispondrá el aislamiento térmico y finalmente la hoja exterior. Todo ello con sus adecuadas armaduras de esperas y anclajes para el correcto funcionamiento del muro.

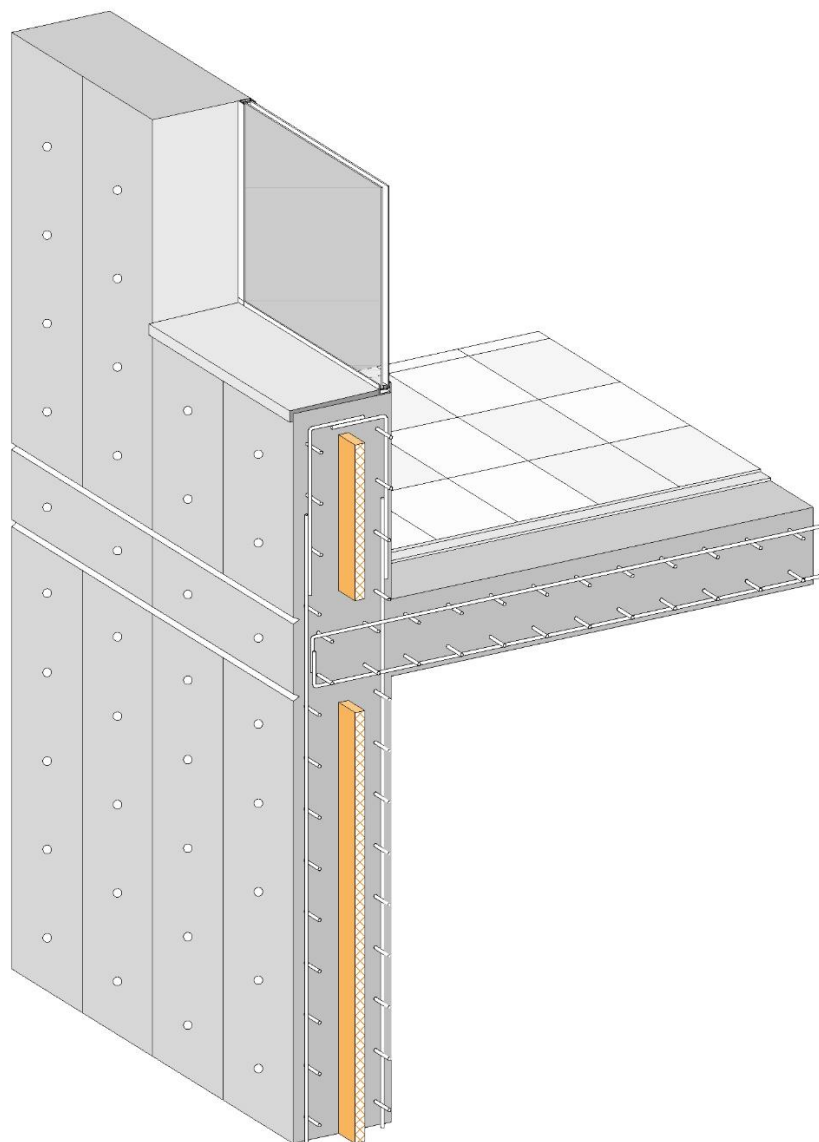
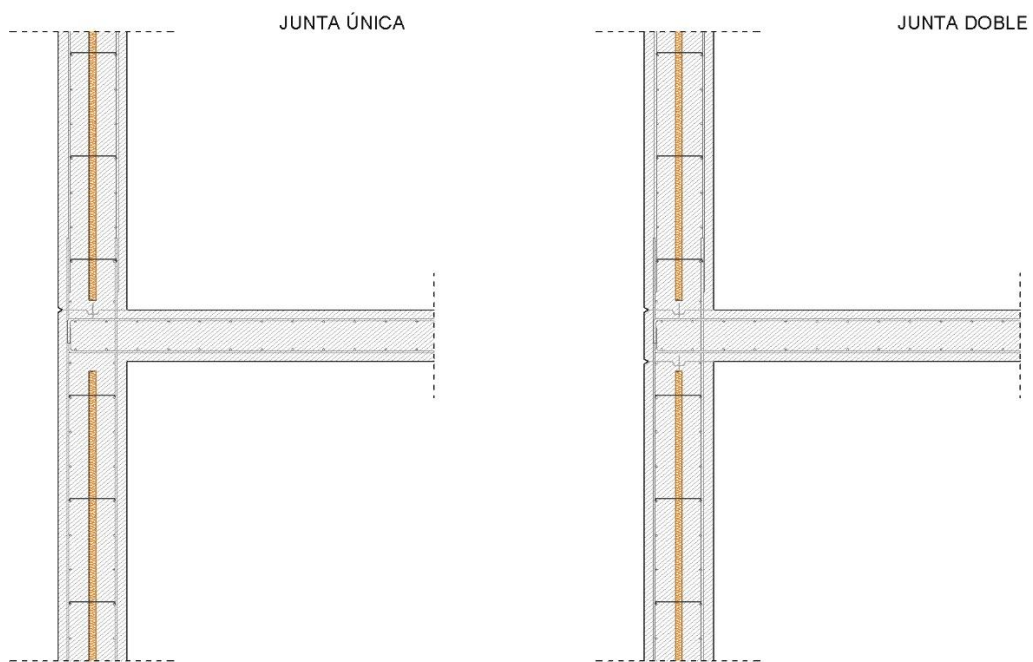
Como se ha dicho antes, las juntas de hormigonado son aquí una cuestión a debatir, ya que en los casos en que en fachada nos encontremos hormigón *in situ*, éste tendrá con toda seguridad juntas visibles. Las juntas no son únicamente una cuestión constructiva, son también parte del diseño y de la modulación de fachada. Esto significa que el diseño y la construcción van ligadas y deberemos tomar una decisión conforme entre ambas.

Una vez entendida la construcción, vamos a comprender cómo funciona térmicamente. El problema principal del primer caso se establece en que el aislamiento se interrumpe en frente de forjado de manera inevitable, debido a la continuidad de las armaduras para su funcionamiento resistente, puesto que sin éstas no tendría capacidad portante. Se crea así un puente térmico en frente del forjado, sin olvidar los puentes térmicos en los huecos, ya que también quedan interrumpidos.

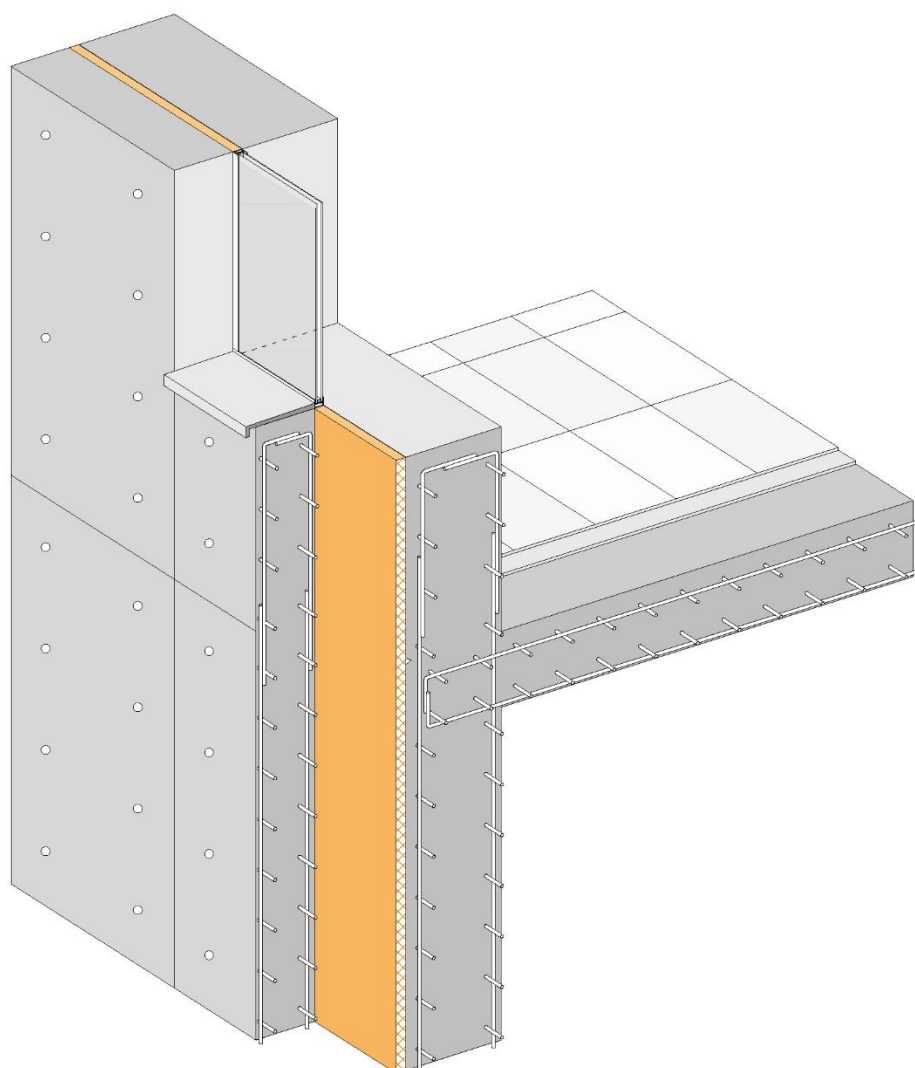
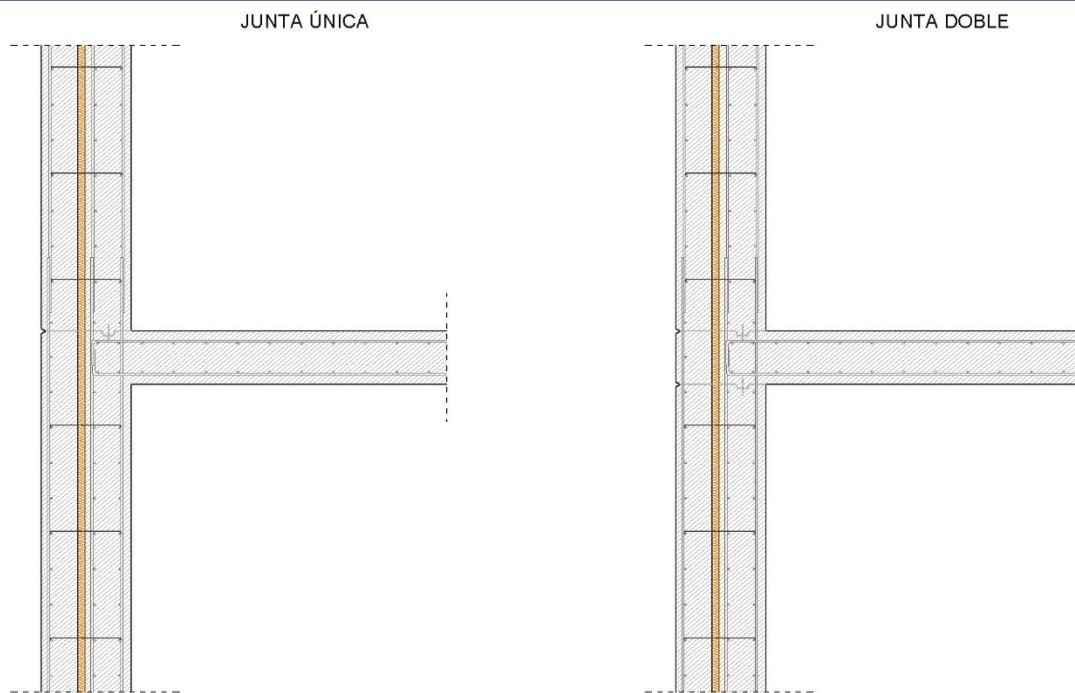
Sin embargo, si analizamos la construcción en dos fases diferentes, el problema de la discontinuidad del aislante no la tendremos ni en frente de forjado ni en los huecos, debido a que pasa por delante de toda la hoja interior.

Pero si la ventaja del primer caso era el escaso grosor, aquí existe el inconveniente de que la ejecución de dos hojas y el aislante intercalado incrementa la sección del cerramiento de manera importante.

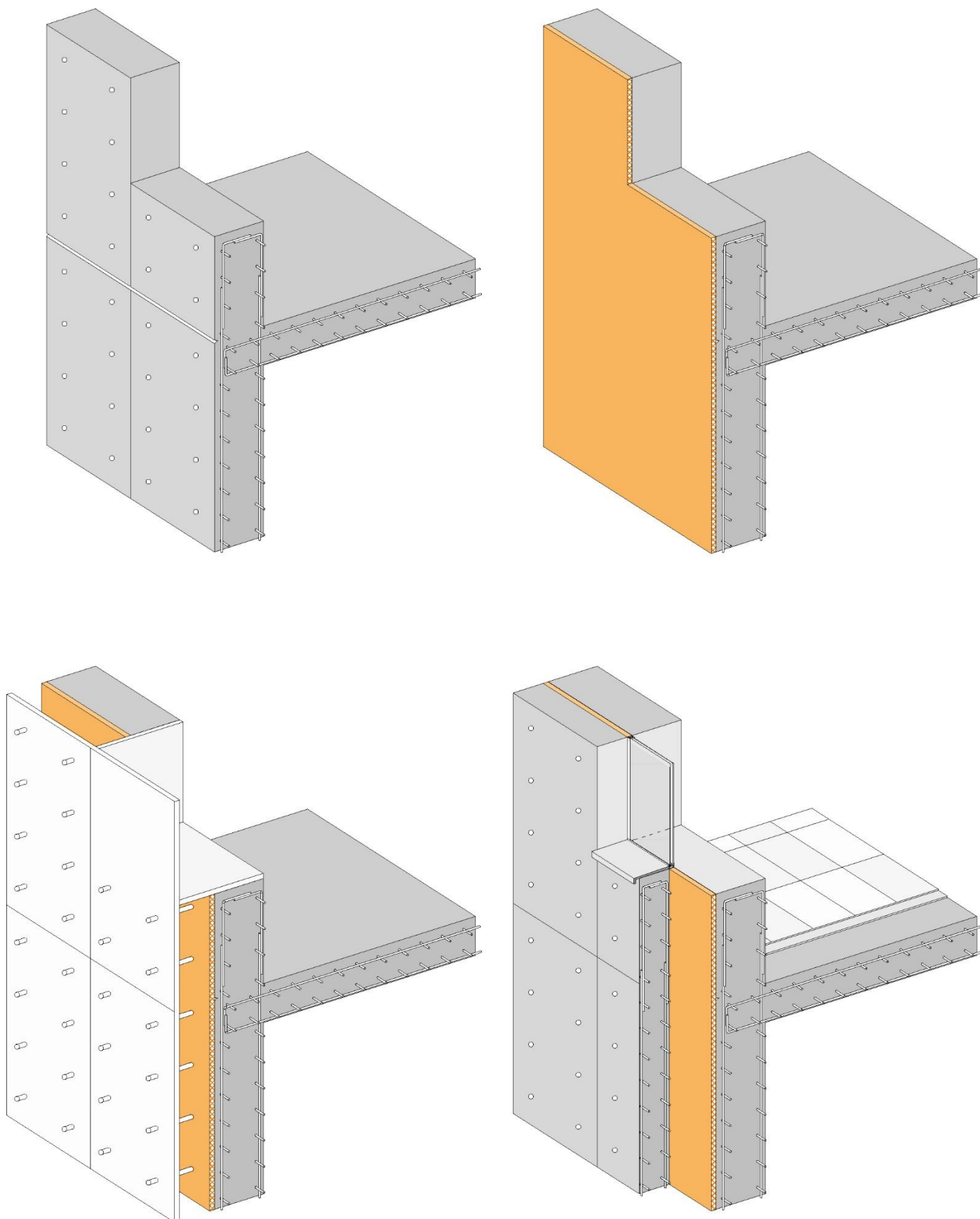
Analizando los distintos puntos, comprendemos que si hormigonamos todo el muro con el aislante embebido, se crea un puente térmico en huecos y en el frente de forjado, a cambio de un espesor mínimo y la textura del hormigón en ambas caras. Por el contrario, si se diseña con dos hojas no se crean esos puentes térmicos, pero sí aumentamos de modo significativo la sección. Por ese motivo, la decisión de una o varias fases, determinará las condiciones de espesor, el tiempo de ejecución, factores térmicos, economía, entre otros.



Representación 11: Secciones y axonometría Caso 3 de una sola fase



Representación 12: Secciones y axonometría Caso 3 distintas fases



Representación 13: Proceso constructivo muro de distintas fases

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES DE LA UNIVERSIDAD DE NAVARRA. PAMPLONA. IGNACIO VICENS Y JOSÉ ANTONIO RAMOS (1994-1996)

La facultad de ciencias sociales de la Universidad de Navarra apuntaba desde el principio con unas exigencias claras, las cuales han sido claves para el diseño actual. El edificio debía ser como un hito, un espacio representativo dentro del campus, incluso encargaron la plaza que se encuentra en frente a los mismos arquitectos. Otro de los requisitos era el bajo mantenimiento que debía tener, razón por la cual se ve el hormigón por ambas caras del edificio.



Ilustración 13: Facultad de Ciencias Sociales

El amplio programa de la facultad incluye los espacios necesarios para la realización de sus usos, además de otros que por su situación privilegiada han sido de gran importancia.

En la planta baja, de manera simétrica se encuentran las aulas, con diferentes capacidades para 20, 60, 100 o 180 alumnos, y el aula magna para 300, además de los despachos y el bar-cafetería. Y en otro cuerpo las salas dedicadas a usos más polivalentes, como mesas redondas, debates, entre otros, que dan función a la ubicación del edificio. En planta primera, encontramos los espacios dedicados al periodismo, con sus salas de televisión y radio, audiovisuales, informática y redacción de la revista.

Si algo es evidente en este proyecto es la función que tiene el hormigón, ya que era el material que cumplía con las exigencias del cliente. Por tanto, vemos dicho material como una pieza importante tanto en el interior como en el exterior, el problema que esto conllevaba era la entrada de luz por su idea de cuerpos macizos. La solución a esto, que al mismo tiempo se convirtió en algo esencial, fueron las entradas de luz, haciendo que en el exterior defina los volúmenes y en el interior los difumine.

Constructivamente, donde mayor cuidado se tuvo fue en la colocación del aislante y en la dosificación del hormigón, ya que la solución del muro fue hacerlo con aislamiento intermedio y en una sola fase, por tanto, se debe sujetar bien para que no se mueva del sitio.

En resultado en la fachada del hormigón *in situ* implicó el estudio de sus juntas, dividiéndolas en una modulación menor por el encofrado, y en una más marcada reforzada con berenjenos que señala los forjados.

Una cuestión que atañe al diseño constructivo fue el realizar el muro de una sola fase, y es que debido a lo costoso del material audiovisual, si se realizaba en diferentes fases, el precio de ejecución se incrementaría demasiado, así pues, no era la opción más viable.

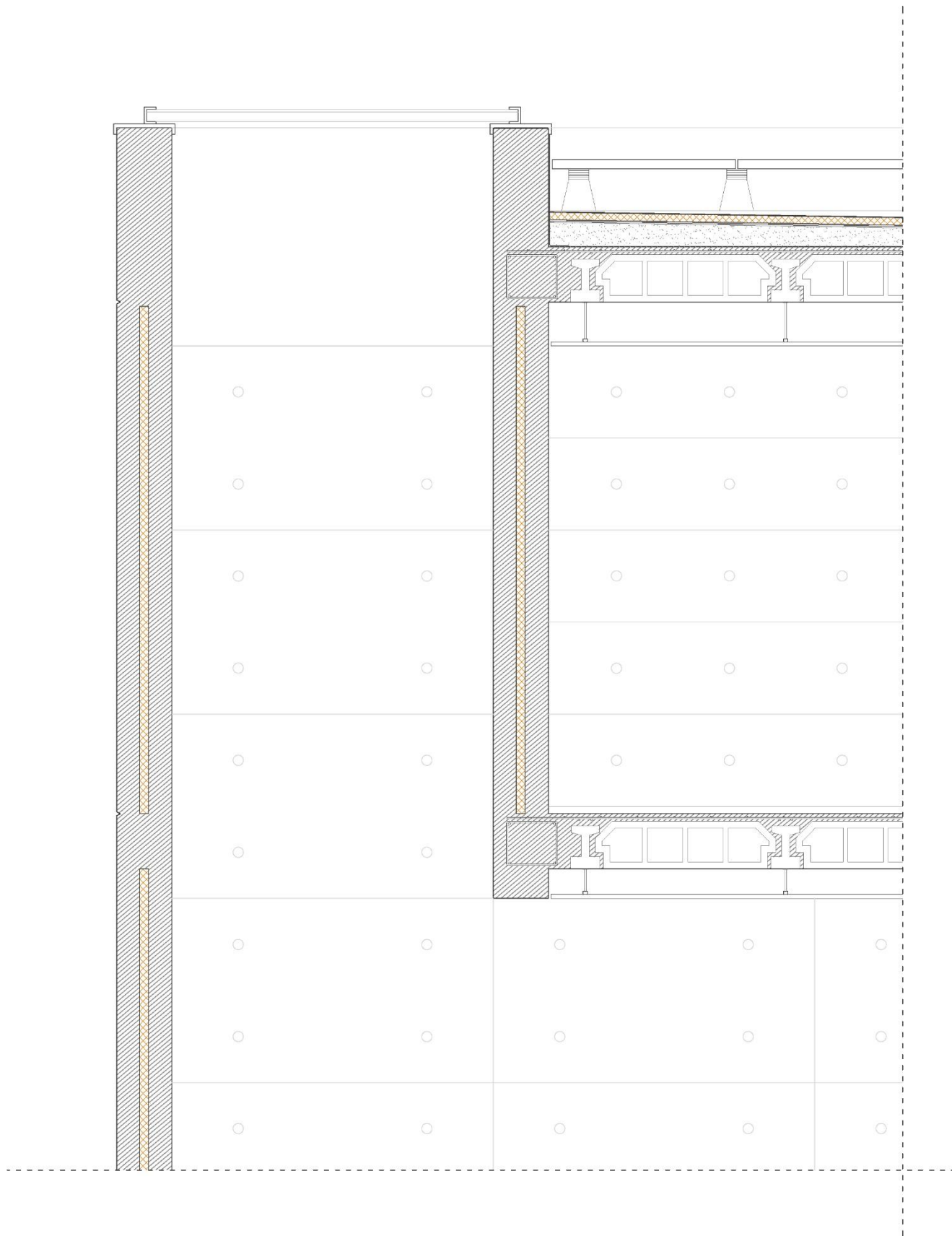


Ilustración 14: Vista interior. Materialización del hormigón

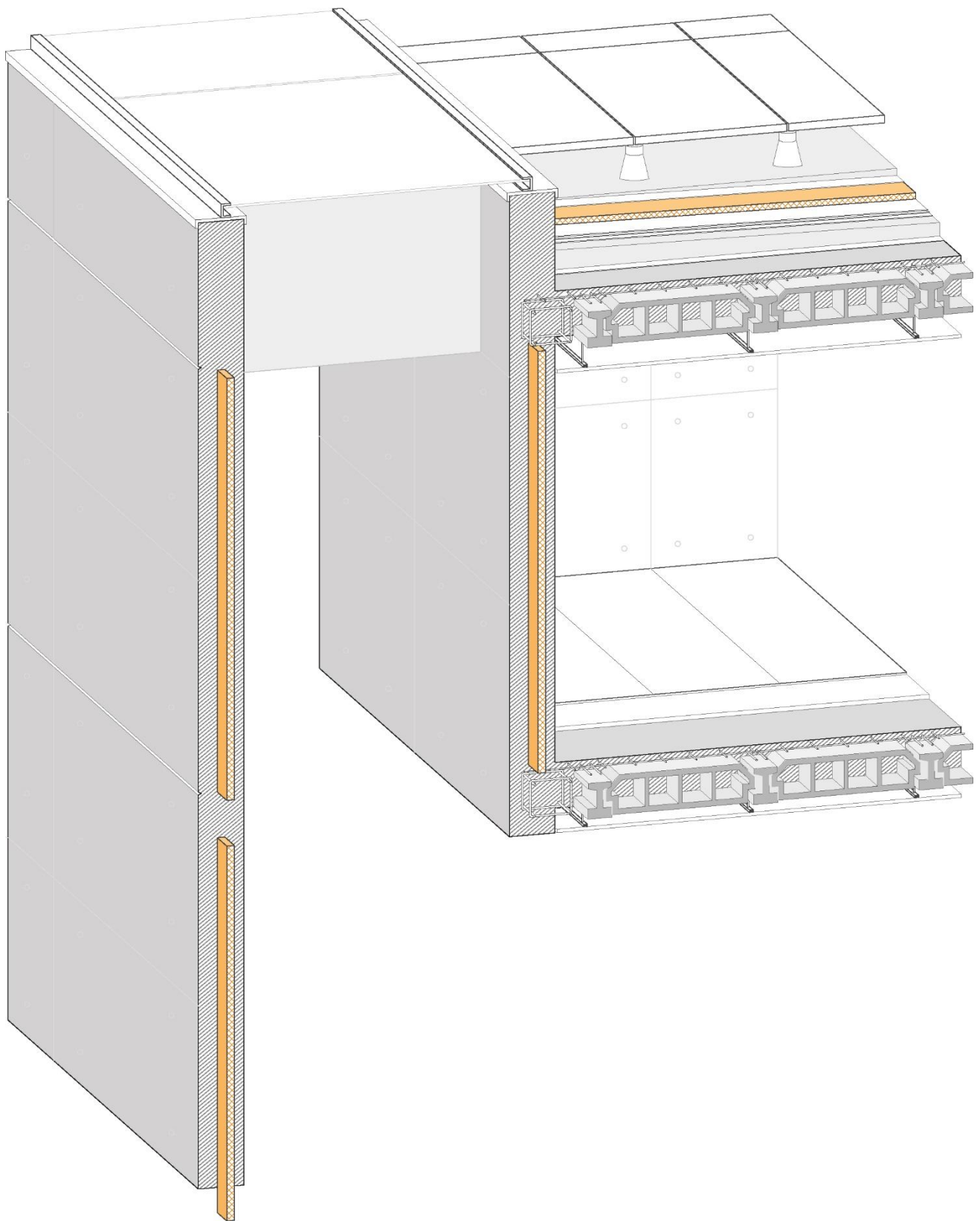
Ahora bien, el principal problema de esta solución son los puntos en los que inevitablemente el aislante se corta por la interrupción del forjado o cualquier otro elemento y que hace que se puedan producir puentes térmicos.

Si comprobamos en el catálogo de elementos constructivos los puentes térmicos vemos que, en el encuentro de fachada con forjado, los detalles en el que el forjado se introduce en la capa exterior, son aquellos donde si la zona climática es muy exigente empiezan a no cumplir y por ello se produce un puente térmico en el cambio de material. ¿Pero qué pasa si el forjado y el muro de fachada son homogéneos? En este caso de la facultad, los encuentros en los que no hay aislante, deberemos confiar en la inercia térmica del propio hormigón, y dotarle en unas cualidades suficientes para que cumplan la normativa.

Existen productos que dotan al hormigón de una impermeabilización en la cara vista del muro, ya bien como aditivos o como una capa posterior que deberá aplicarse como una impregnación, aunque en esta opción habrá que tener un especial mantenimiento cada pocos años.



Representación 14: Sección



Representación 15: Axonometría

III.3.4. Caso 4. Aislamiento térmico interior

En este último caso, la ventaja de disponer la capa de aislamiento térmico en la parte interior es la rapidez en que el hábitat es aclimatado, ya que las pérdidas tanto en calefacción como en refrigeración son mucho menores al estar el aislante en la parte más cerca del hábitat. Además, si puntualizamos en el aislamiento acústico, estos materiales tienden a servir como amortiguadores del sonido.

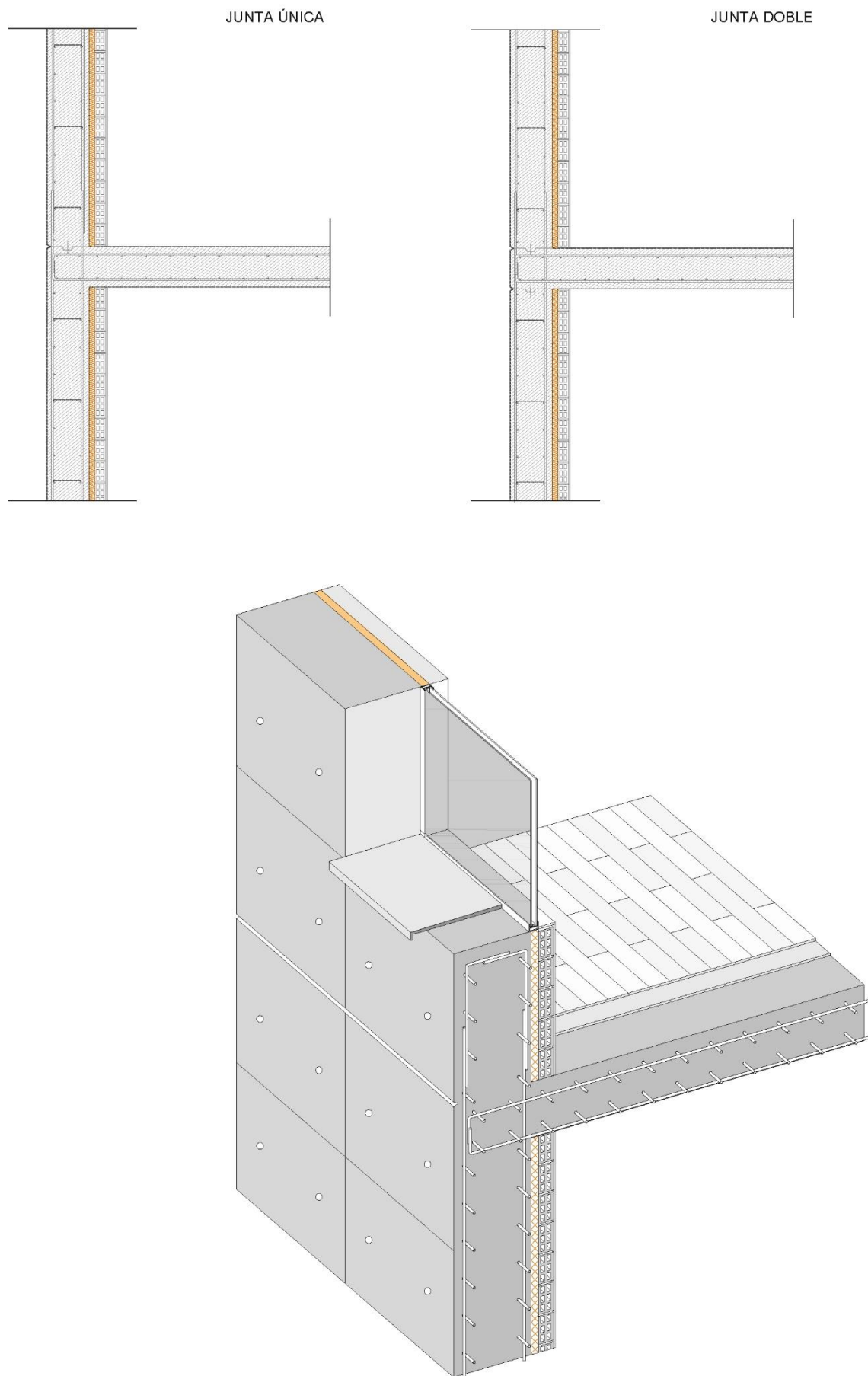
Por otra parte, la posición del aislante térmico en la cara interior de la hoja de hormigón, hace que se desprece la inercia térmica del hormigón, actuando térmicamente el aislante y mecánicamente el hormigón.

Otra ventaja de posicionar el aislamiento en la cara interior del cerramiento a diferencia de los otros casos es la sensación de calidez que transmite el muro.

Constructivamente, la solución se compone de dos hojas, la exterior de hormigón *in situ* y la hoja interior no portante, que bien puede ser una fábrica de ladrillo o bien un revestimiento. Primero, se construye la estructura portante, es decir, los forjados y los muros, teniendo en cuenta como hemos dicho en otros casos la elección de las juntas, posteriormente, se instala el aislante, como por ejemplo el poliestireno expandido; y por último dispondremos de la capa interior. Aquí reside el diseño con la preferencia de una simple hoja de cartón-yeso, o incluso una fábrica de ladrillo con su acabo interior.

Si precedentemente, resolvíamos el problema de los puentes térmicos en el frente de forjado, aquí volvemos a tener ese inconveniente. Y es que resolvemos de modo apropiado el contorno de los huecos, pero continuamos teniendo un puente térmico en frente de los forjados.

Así pues, volvemos a posicionar el aislante trasdosado de la hoja de hormigón, por el exterior sí que tendremos la textura de hormigón visto, en cambio en el interior no. Por ello, siempre que diseñemos un detalle tendremos todos los aspectos en cuenta, ya que si la materialización del hormigón en ambas caras es una condición importante habrá que reconstruir el detalle.



Representación 16: Secciones y axonometría Caso 4

MUSEO PARA LA FUNDACIÓN IBERÊ CAMARGO. PORTO ALEGRE. ALVARO SIZA (1998-2008)

El concurso para la Fundación Iberê Camargo fue ganado por Alvaro Siza para la exhibición del pintor expresionista brasileño. La obra se limita con la Avenida Padre Cacique y al otro lado con un atractivo acantilado de Porto Alegre, Brasil. El arquitecto quiso unir elementos tanto brasileños -rampas y ventanas- como europeos -bordes nítidos-.

El emplazamiento da lugar a una visión atractiva desde la distancia, ya que su frente se encuentra despejado por el río. La parte trasera en cambio encara a un acantilado, pero para respetarlo no se agravó el corte, sino que se mantuvo.

El edificio de cinco alturas incluye un programa amplio adecuado a sus funciones, albergando así espacios amplios y flexibles como un auditorio para 300 personas aproximadamente, biblioteca, áreas de exposición, oficinas, talleres, cafetería y una librería. La base del edificio se conforma por una pequeña plataforma elevada a 0,60 m sobre el nivel de la calle que actúa de acceso en forma de rampa, y bajo ella se construye una parte del programa, el volumen visible formado por las 4 plantas restantes acaba de agrupar el resto de funciones.



Ilustración 15: Museo Iberê Camargo

Un aspecto que influye en el proyecto es la utilización del hormigón blanco en fachada, un material inusual en el momento. Siza aprovecha las propiedades de la mezcla para realzar las decisiones del proyecto, ya que la orientación a poniente en un ambiente tan cálido es un punto a abordar en Brasil. Es por ello que a lo largo de la documentación del diseño, la modulación y la evidencia del hormigón se encuentran latente.

Como se ha repetido en diferentes ocasiones, las juntas es una elección de proyecto que deben ser estudiadas, ya que en este caso vemos el hormigón visto en fachada. El

arquitecto decidió no marcar los forjados, haciendo de esta manera que las juntas de hormigonado y las de encofrado se lean de arriba a abajo en el plano de fachada.

El proceso constructivo del muro se desglosa primero en la puesta del hormigón armado como estructura portante, posteriormente en el anclaje del aislante térmico rígido que envuelve toda la superficie, y finalmente con la hoja interior de cartón-yeso, que en este caso dota solo de un acabado superficial.

Aprovechando que los espacios del museo deben ser salas donde el sonido no debe traspasar, que el aislamiento térmico se sitúe en el interior, y como trasdosado solo tenga un panel de cartón-yeso, el aislante funciona de amortiguador de manera que la solución constructiva ayuda también al diseño y la función del museo.

Además de la solución constructiva con aislante en el interior, el museo cuenta con un estudio detrás de asoleamiento que se ve presente en el diseño. Y es que la cara principal, la cual da a poniente, dispone de unas pequeñas ventanas para que el grado de temperatura al interior no se incremente de forma notable a través del vidrio; a parte, el mismo diseño ayuda a provocar una sombra en el atrio con la ayuda de la rampa.

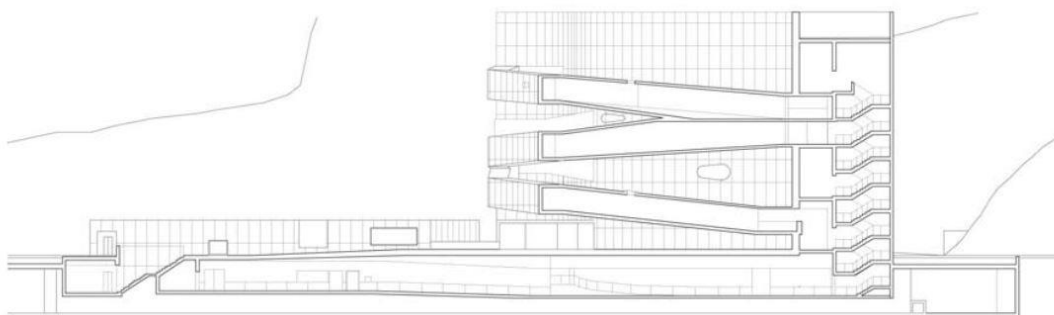


Ilustración 16: Sección longitudinal. Evidencia del hormigón en la documentación

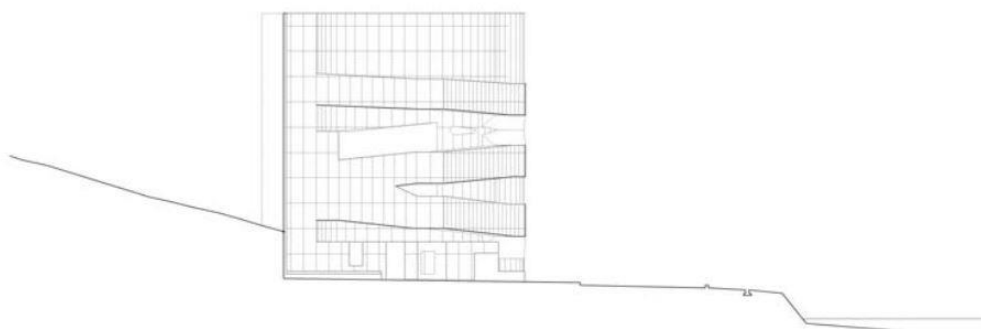
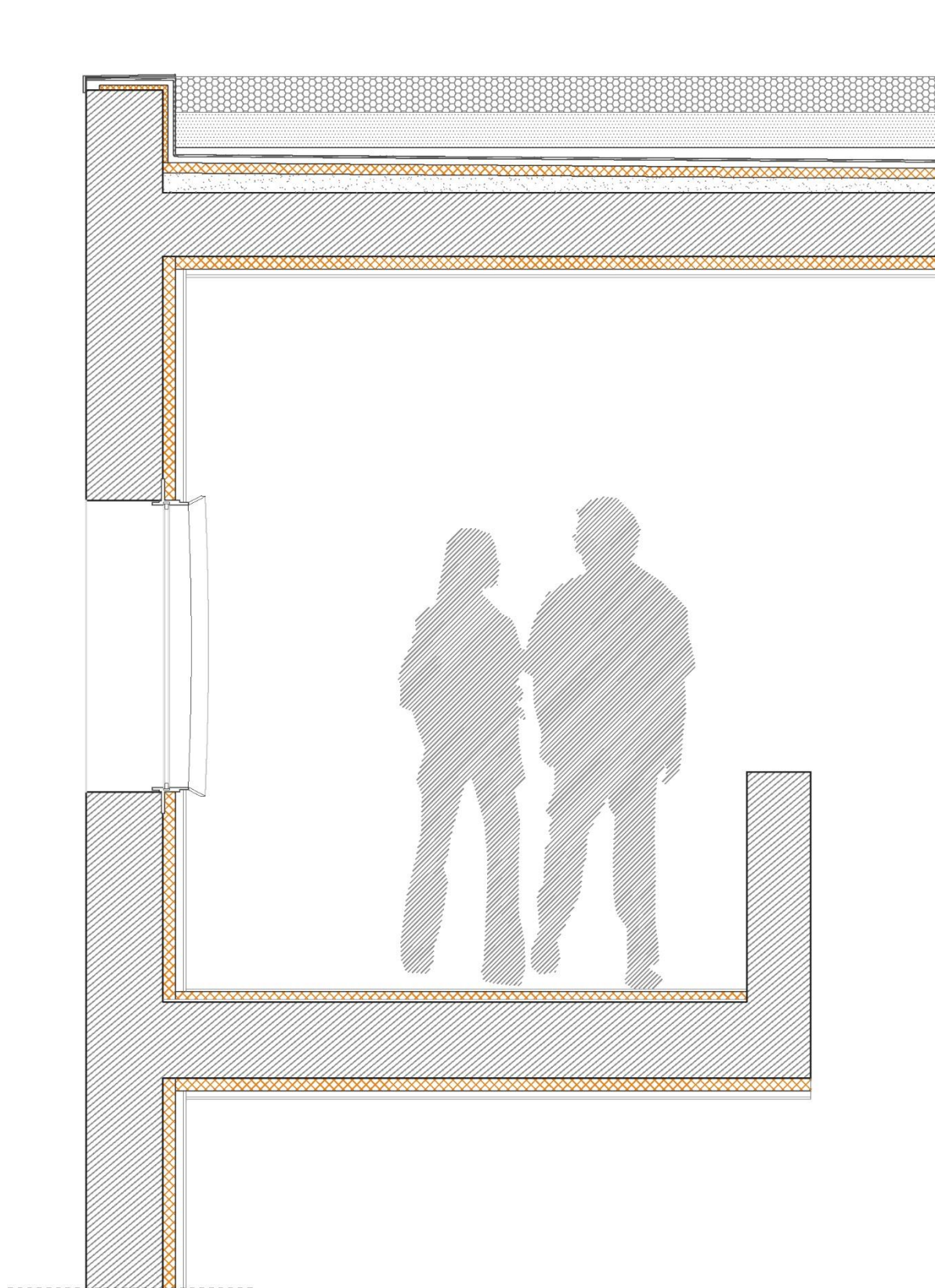
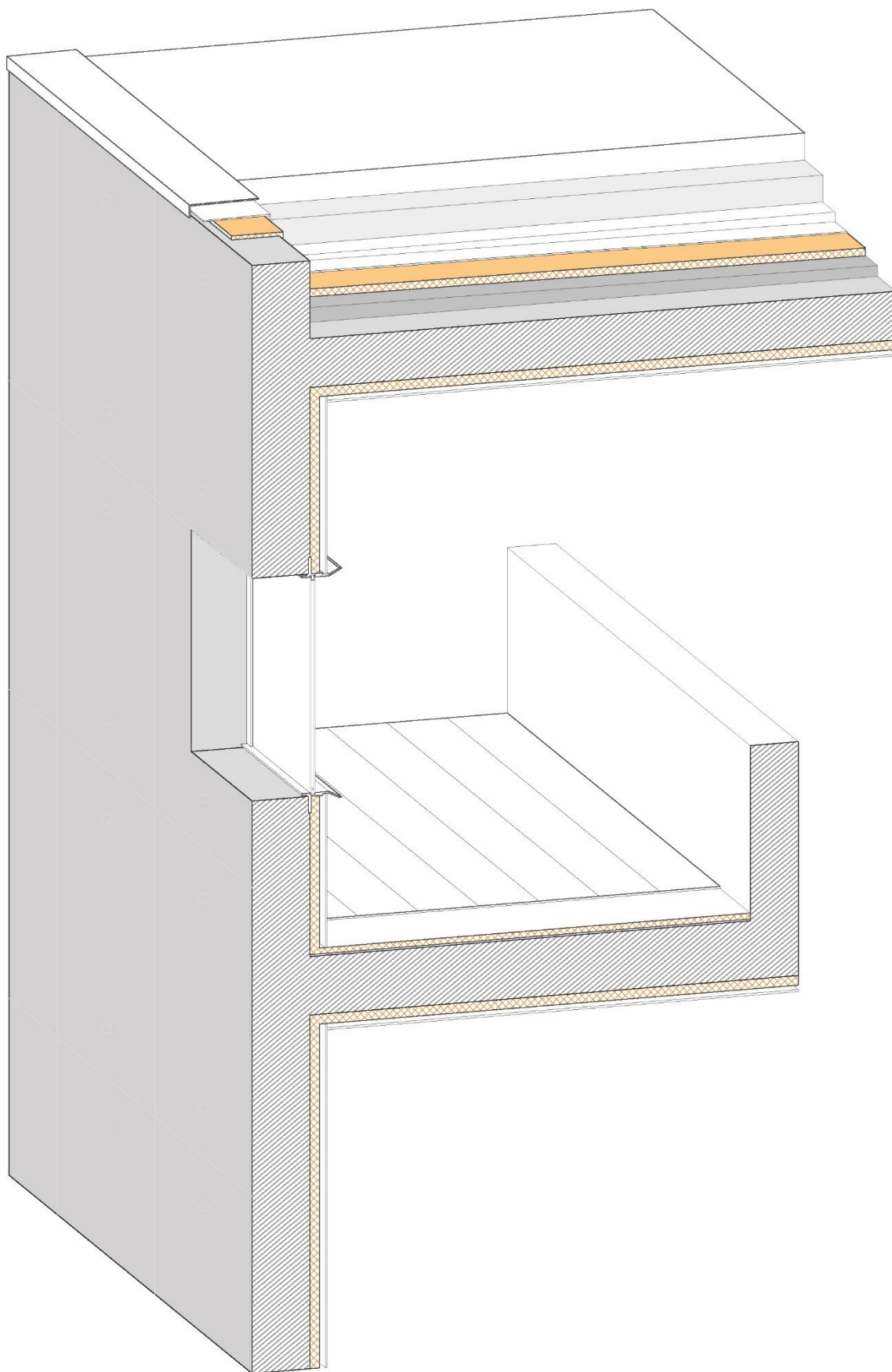


Ilustración 17: Sección transversal3



Representación 17: Sección



Representación 18: Axonometría

III. 4. COMPARACIÓN

El estudio de estos cuatro casos resuelve de distinta manera el aislamiento térmico, con sus ventajas e inconvenientes en cada uno.

No existe una solución tipo en la que siempre sea factible y adecuada la sección escogida, ha de estudiarse profundamente el objetivo que se quiere ganar con el hormigón visto. Su situación depende de dónde nos encontremos, ya que habrá una solución más o menos viable, así como las posibilidades materiales de las que disponemos, incluso del tiempo de ejecución -un factor importante en el que muchas veces queda alejado de aspectos a tener en cuenta-, el grado económico e incluso el valor sostenible -que actualmente tiene un gran peso en la nueva arquitectura-.

Analizando la pequeña capilla de Peter Zumthor, vemos que el cumplimiento de la normativa sin disponibilidad de aislamiento carece de fundamento, a no ser que la inercia térmica de este hormigón peculiar y el espesor del cerramiento enfrente los requisitos necesarios.

La opción que ofrece la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Navarra parece en primer momento la solución más válida si queremos conseguir la textura del hormigón visto en ambas caras, pero en cambio es la que más carencias térmicas ofrece, ya que en la interrupción de los forjados en el muro o en el corte de los aislantes rígidos existe un punto conflictivo significativo. Posiblemente la solución hubiera sido la construcción del muro en dos hojas distintas, aunque esto hubiera incrementado de manera notable el presupuesto y el tiempo de ejecución.

De esta manera, las soluciones de Nieto & Sobejano y de Alvaro Siza ofrecen de manera parecida e inversa al mismo tiempo el hormigón visto en una de sus caras. La diferencia que atañe a estos dos diseños es el aprovechamiento de la inercia térmica del hormigón, ya que en el primero de los casos sí que existe esta contribución al posicionarse el aislante en el exterior. En cambio, en el otro diseño el disponer al interior el aislante la refrigeración o climatización del museo es más notable en un menor periodo.

Una vez analizadas y comparadas cada una de las obras, llegamos a la conclusión de que cada diseño es independiente uno del otro, y que no siempre una solución será aptas para todos los casos. Es conveniente analizar, investigar y desarrollar una opción correcta, eficaz y válida para cada una de las tipologías.

IV. HORMIGÓN EN EL MERCADO

Las nuevas tecnologías e investigaciones avanzan día a día, y en el campo de la construcción siempre se ha evidenciado el progreso tanto técnicamente como materialmente. A lo largo del trabajo se han ido mostrando diferentes opciones de posicionamiento del aislante y sus ventajas e inconvenientes. ¿Pero qué ocurre si consideramos que el hormigón es además el aislante?

La respuesta la mostramos a través de un hormigón ligero estructural de la casa comercial italiana *Laterlite*, que desarrolla soluciones ligeras y aislantes en los diversos campos de la edificación. Su comienzo se debe a la manipulación de la Arcilla Expandida, y gracias a sus cualidades aislantes y aligeradas, se ha ido investigando para formar diversos productos que ayuden, además, en aspectos sostenibles.

Esta casa ofrece dos opciones de hormigones estructurales ligeros y aislantes, con similares características, *Latermix Betón 1400* y *Latermix Betón 1600*. Procedemos a explicar el segundo, ya que los dos son soluciones bastante parecidas, diferenciándose por su resistencia característica y su densidad principalmente.

La casa suministra este material en forma de mezcla conformada en sacos donde únicamente se le debe añadir agua, siguiendo las instrucciones e indicaciones del producto.

Normalmente este tipo de hormigones tienen un área aún limitada en la construcción, enfocando su uso a refuerzos estructurales de forjados ya existentes, en puntos donde se requiera una reducción de puentes térmicos, o en las partes de la obra donde se necesite una cierta ligereza y resistencia.

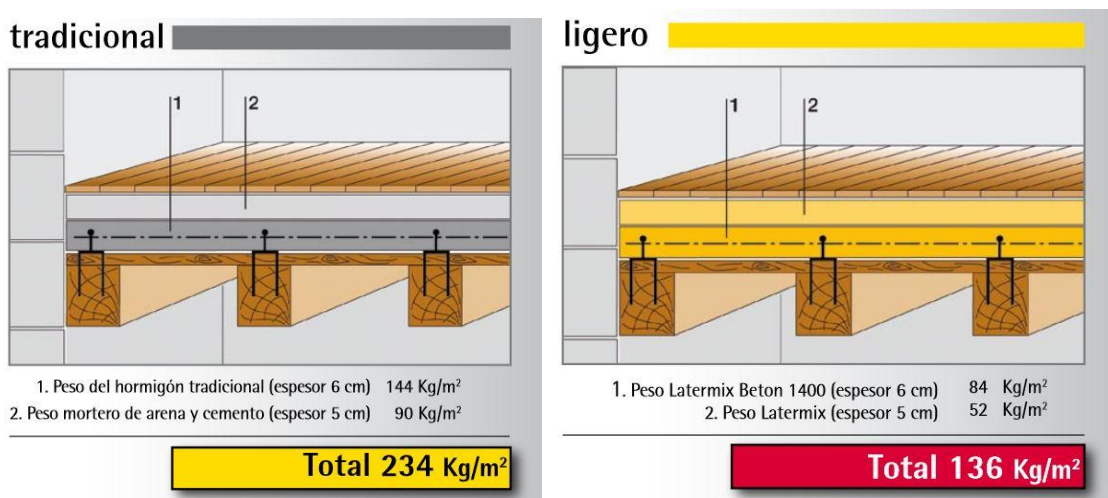


Ilustración 18: Peso hormigón tradicional

Ilustración 19: Peso hormigón Latermix Betón 1400

Las múltiples ventajas que ofrece no solo se limitan a un comportamiento aislante. En cuanto a la resistencia estructural, dota de 35 MPa de Resistencia Característica, cumpliendo así la normativa EN 206 y Eurocódigo 2. La ligereza de este material ayuda a que a pesar de la clara resistencia mecánica tenga una reducción de cargas importante por m².

En cuanto a la conducta del aislante su diferencia respecto a un hormigón normal es más que notable, ya que su conductividad térmica es 3 veces más baja $-\lambda = 0,54 W/mK$ frente a $\lambda = 1,9 W/mK$ - y permite un ahorro energético importante, para poder cumplir con los requisitos de CTE-DBHE1.

Características técnicas¹⁹:

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Densidad (UNE EN 206-1 | 1600 Kg/m ³ |
| Resistencia a compresión a 28 días | 35 MPa |
| Módulo elástico certificado | 20.000 N/mm ² |
| Conductividad térmica | $\lambda = 0,54 W/mK$ |
| Reacción al fuego | Euroclase A1 |

Otra de las ventajas de este producto es su fácil aplicación, la cual no tiene ningún cambio respecto al hormigón común, y eso hace de éste un cambio meramente material. Su consistencia semifluida ayuda a una trabajabilidad fácil en obra, además su preparación en hormigoneras corrientes, mezcladoras planetarias y las transportadoras de hormigones no varía con los comunes.

¹⁹ Ficha técnica *Latermix Betón 1600. Laterlite*

CONCLUSIONES

Por un lado, durante el desarrollo de este estudio hemos comprendido la evolución del hormigón tanto a nivel material como a nivel constructivo a lo largo de historia. Por otro lado, se ha estudiado y comparado las posibilidades que ofrece la cuestión del aislamiento térmico a día de hoy, y como cada caso se resuelve de una manera distinta.

La historia del hormigón armado ha generado una gran variedad de aplicaciones, teniendo en primer lugar un aporte mecánico único, en el que gracias a sus cualidades y a la contribución del acero podía llegar también a soportar grandes cargas y grandes luces. Pero además, la fluidez de este material y su capacidad de adecuación a todas las formas, hizo que adoptara infinitas formas singulares con la ayuda de los encofrados adoptados. De esta manera, podemos decir que una gran ventaja que caracteriza tanto a este material a diferentes de muchos otros, es la gran variedad formal de la que es capaz de adoptar.

Un punto de inflexión que aparece en los cerramientos de hormigón *in situ*, y que se aborda en la memoria como punto principal, es el problema del aislamiento. Es evidente que el material tiene grandes ventajas de diseño, resistencia y estabilidad respecto a otros, pero cuando se trata de corregir térmicamente es necesaria la ayuda de otros materiales que contribuyan a esta carencia. Para ello, el desglose de diferentes casos de posicionamiento del aislamiento ayudan a comprender cuáles son sus ventajas e inconvenientes, y qué factores deberemos tener en cuenta para la elección de uno y otro.

Como se ha comparado anteriormente, la elección de disponer el aislante en el interior, exterior o de forma intermedia, no viene sujeta a estereotipos, sino que va más allá. Hay que tener en cuenta aspectos como el diseño, qué intención queremos dar con el hormigón visto en el interior o en el exterior o incluso en las dos caras, de cuánto tiempo disponemos para su construcción, su presupuesto, o el impacto sostenible que recaerá.

En las obras que se han analizado, vemos cómo el uso del hormigón no es pura casualidad, sino que existe un análisis previo, y cómo la introducción de dicho material refleja y acompaña el propósito que el arquitecto quiere dar. En el caso de la capilla, donde no existe aislamiento, el espesor del muro es bastante elevado dando a entender que su inercia térmica hace del espacio un lugar confortable. Si bien comparamos los casos del aislamiento en el interior o en el exterior, vemos que el despiece del hormigón está contemplado, dando a entender el uso del material como una elección de proyecto. En estos casos el aislante por una parte proyectado, cuando se dispone por el exterior, es más conveniente este tipo de colocación por su facilidad de trabajabilidad que no un aislante rígido en el que debería ser a base de anclajes de arriba abajo; y por el contrario, en la tipología donde el aislante cubre las estancias interiores, una buena forma de colocación por su manejo es el rígido. Si hablamos de la facultad, donde se debe tener especial atención es en la sujeción a la hora de verter el hormigón, y en los puentes térmicos que se pueden producir en los cortes del aislante.

Finalmente, el afán por conocer más ha hecho que se abran líneas de investigación de hormigones que mejoran las cualidades aislantes, no con la inclusión de componentes nuevos, sino con la mejora de los componentes principales.

CONTINUIDAD TRABAJO

Existe una frase que dice: «para empezar algo debes empezar por el principio». A primera vista tiene su lógica, incluso puede que contenga un tono sarcástico, pero no falta razón en su esencia. Ahora bien, con este ensayo no pretendo empezar nada desde cero, ni mucho menos revolucionar ningún aspecto arquitectónico, sino más bien dar más utilidad a aquello de lo que se ha expuesto. No obstante, al inicio de esta memoria no supe qué contenido podría abarcar, ni mucho menos hasta dónde podría llegar. Una vez empezado y se avanza por el camino es cuando una esclarece qué límites hay en los diversos aspectos y de esta manera desarrollarlo de la mejor manera posible. ¿Pero es aquí donde se acaba el trabajo de investigación?

Así pues, la investigación realizada es más una prueba personal de conocimiento que no un mero trabajo académico. Con esto intento transmitir que ha sido un largo aprendizaje lo que me ha requerido, así pues, me ha llevado a establecer conexiones con aspectos interesantes con otros posibles trabajos futuros que puede que realice en algún momento de mi carrera profesional.

Algunos de los aspectos más relevantes que podrían tratarse son los cálculos de transmitancias y el ahorro energético de las diversas fachadas. De esta forma se podrían analizar de manera numérica las diferencias y los resultados que tienen entre ellas. A modo de ejemplo, usando programas como el CE3X de certificación energética nos ayudaría a facilitar dichos datos. Incluso se puede elaborar un presupuesto de los diferentes casos que evidenciaría el cambio económico que suponen tanto a nivel material como constructivo.

Por último, y no por ello menos importante, puntualizando sobre campos de investigación en laboratorios, la sostenibilidad y el medio ambiente son cuestiones que están a la orden del día y por esa razón deberíamos potenciar el medio como recurso también en la arquitectura. Actualmente existen pequeñas pruebas que acreditan una posible utilización de hormigones reciclados, y una cuestión a investigar podría ser la composición de estos y de cómo actúan frente a medios extremos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES

Libros, revistas y artículos

- *Aislamiento térmico y acústico de edificios* (1979). Grefol, s.a.
- C. ROUGERON (1977). *Aislamiento acústico y térmico en la construcción*. Editores técnicos asociados, s.a.
- JOAN GARÍ, SANTIADO SOTO. *Cerramientos verticales-fachadas*. Ediciones CEAC
- LERMA ELVIRA, C. *Construcción I: cerramientos de hormigón in situ*. Editorial Universitat Politècnica de València
- LLUÍS JUTGLAR I BANYERAS. *Aislamiento térmico*. Ediciones CEAC
- MAS TOMÁS, Á. (2005). *Cerramientos de obra de fábrica: diseño y tipología*. Editorial Universitat Politècnica de València
- MAS TOMÁS, Á. *Cubiertas planas: sin ventilar*. Editorial Universitat Politècnica de València
- "Arquitectura Viva" 146 *Monografías Nieto & Sobejano (1999-2011)*. AV S.L.
- "DETAIL 6/2014: revista de arquitectura y detalles constructivos" *Concrete construction*
- "EL CROQUIS 140" *Alvaro Siza*. El Croquis Editorial (2001-2008)
- "TECTÓNICA nº25" *Hormigón (III) "in situ"*. Madrid: ATC Ediciones, 2007
- "TECTÓNICA nº3" *Hormigón (I) "in situ"*. Madrid: ATC Ediciones, 1999
- Apuntes Construcción III
- Documentos CTE
- Eurocódigos

Enlaces web

- <http://tectonicablog.com>
- <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl>
- <http://www.nietosobejano.com/>
- <http://www.codigotecnico.org/>
- <https://es.wikiarquitectura.com>
- <http://www.archdaily.com>
- <http://www.laterlite.es/>

ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustraciones

Ilustración 1: Ampliación de vivienda en La Laguna. MeTROarquitectura

<http://www.metroarq.es/casa-la-rua>

Ilustración 2: Panteón Agripa. Roma 118 d.C.

https://es.wikiarquitectura.com/index.php/Pante%C3%B3n_de_Agripa

Ilustración 3: Horno giratorio

http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/fichas/img_ficha.php?id_img=90

Ilustración 4: Bateau-ciment

http://www.wikiwand.com/fr/Bateau_en_b%C3%A9ton

Ilustración 5: Dibujos explicativos

http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/fichas/img_ficha.php?id_img=48

Ilustración 6: Sistema Hennebique

<https://aehistory.files.wordpress.com/2012/10/hennebique-system1.gif>

Ilustración 7: Hangar construido por Wayss & Freytag

http://intern.strabrecht.nl/sectie/ckv/09/Arch1920/Beton/03.01_Zieger_Heinrich,_Wayss_&_Freytag,_metaalfabr_in_Ligetfalu,_1912_gewap_beton.jpg

Ilustración 8: Vista óculo interior

<http://www.trbimg.com/img-5203ff68/turbine/lat-cindy-zumthor-la0010763564-20070709/650/650x366>

Ilustración 9: Vista óculo interior

Catalogo CTE

Ilustración 10: Durante su construcción. Vertido tongadas hormigón

<https://openhousebcn.files.wordpress.com/2013/09/openhouse-magazine-a-burnt-out-box-architecture-bruder-klaus-field-chapel-peter-zumthor-mechernich-wachendorf-germany.jpg>

Ilustración 11: Plantas en volumetría

AV Monografías Nieto & Sobejano

Ilustración 12: Construcción estructura

AV Monografías Nieto & Sobejano

Ilustración 13: Facultad de Ciencias Sociales

<http://www.vicens-ramos.com/obra/facultad-de-ciencias-sociales-en-pamplona/>

Ilustración 14: Vista interior. Materialización del hormigón

<http://www.vicens-ramos.com/obra/facultad-de-ciencias-sociales-en-pamplona/>

Ilustración 15: Museo Iberê Camargo

http://catalogo.artium.org/sites/default/files/imagenesbody/09/2013/01_siza_camargo.jpg

Ilustración 16: Sección longitudinal. Evidencia del hormigón en la documentación

<http://www.scielo.cl/pdf/arq/n63/art14.pdf>

Ilustración 17: Sección transversal

<http://www.scielo.cl/pdf/arq/n63/art14.pdf>

Ilustración 18: Peso hormigón tradicional

<http://www.distriteco.com/catalogos/laterlite/Cat%C3%A1logo%20hormig%C3%B3n%20estructural11.pdf>

Ilustración 19: Peso hormigón *Latermix Betón 1400*

<http://www.distriteco.com/catalogos/laterlite/Cat%C3%A1logo%20hormig%C3%B3n%20estructural11.pdf>

Representaciones

Las figuras que aparecen a lo largo de la memoria (alzado, secciones y axonometrías constructivas) son obra de la autora de la misma.

ANEJOS. FICHAS TÉCNICAS

Latermix Béton 1600

Resistencia
35
MPa

Densidad
1600
kg/m³



HORMIGÓN ESTRUCTURAL DE ELEVADA RESISTENCIA, LIGERO Y AISLANTE

PARA REFUERZO DE FORJADOS, FORJADOS COLABORANTES, REDUCCIÓN DE PUENTES TÉRMICOS Y PARA CUALQUIER VERTIDO ESTRUCTURAL

Latermix Beton 1600 es un hormigón estructural ligero y aislante, premezclado en saco, a base de arcilla expandida especial Laterlite Estructural. Está listo para el uso después de la mezcla añadiendo únicamente agua.

VENTAJAS

Alta Resistencia Estructural

Es un auténtico hormigón estructural de alta resistencia clase LC 30/33 (Rck 35 MPa – 350 kg/cm²) utilizable para la realización de estructuras portantes de conformidad con EN 206 y Eurocódigo 2.

Ligero

La Arcilla Expandida Laterlite en sustitución de los áridos tradicionales permite una reducción del peso de 800 kg (0,8 t) como mínimo por m³.

Con una densidad de 1.600 kg/m³ (frente a los 2.400/2.500 kg/m³ de un hormigón común) está clasificado como LWAC (Light Weight Aggregate Concrete). Resulta especialmente indicado para la rehabilitación y el refuerzo de estructuras existentes o en zona sísmica para evitar sobrecargas.

Aislante

Gracias a la conductividad térmica lambda aproximadamente 3 veces más baja que la de un hormigón común ($\lambda = 0,54$ W/mK frente a 1,9 W/mK), permite reducir los puentes térmicos, aumentar la eficiencia energética de los edificios y prevenir las patologías constructivas como la condensación y el moho.

Seguro en las prestaciones

La dosificación de los conglomerantes y la curva granulométrica de los componentes son constantes y están controladas. Se amasa únicamente con agua permitiendo un excelente control de las prestaciones finales, especialmente importante en las aplicaciones estructurales para garantizar la resistencia, y eliminar los riesgos y las imprecisiones de las soluciones dosificadas y confeccionadas en la obra.

Polivalente

Puede sustituir al hormigón tradicional en cualquier aplicación, en interiores y exteriores incluso visto o para la realización de pavimentos industriales.

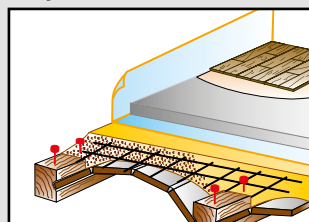
Incombustible

100% mineral, es incombustible (Euroclase A1) y seguro incluso en caso de incendio.

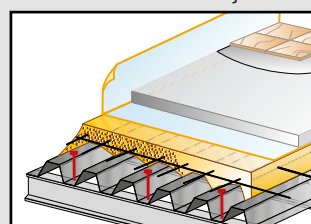
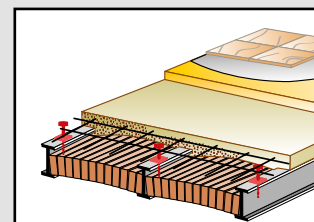
AREAS DE USO

- Aligeramiento de cualquier elemento estructural en hormigón.
- Refuerzo estructural de forjados existentes.
- Forjados mixtos o colaborantes de nueva construcción.
- Aligeramiento de forjados uni e bi direccionales.
- Reducción de puentes térmicos en fachadas, forjados, balcones, pilares, escaleras, dinteles, jambas, zunchos.

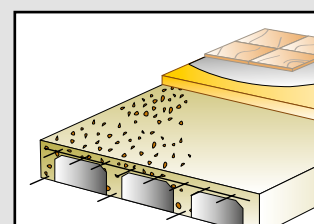
Forjados



Refuerzo estructural de forjados existentes

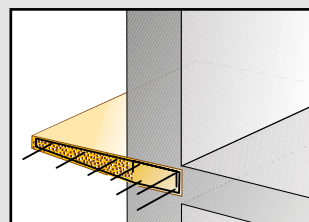


Forjados colaborantes

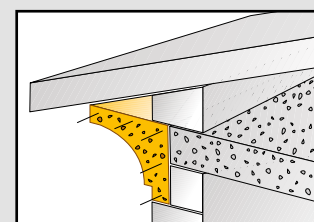


Forjados uni e bidireccionales

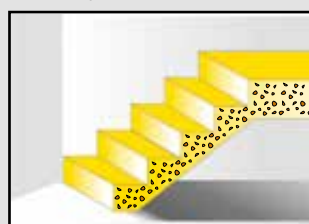
Aligeramiento y reducción de puentes térmicos



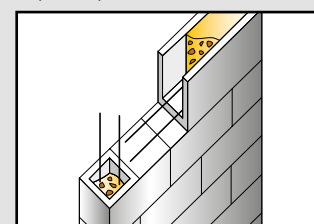
Balcones y voladizos



Pequeños prefabricados



Escaleras



Zunchos, dinteles, jambas

MODO DE EMPLEO

PREPARACIÓN DEL SOPORTE

El soporte debe de estar limpio, consistente, estable y preparado de igual forma que para recibir un vertido de hormigón estructural tradicional. Deben de estar colocadas las armaduras, los espaciadores, los conectores y si está previsto, los agentes desmoldeantes y/o los puentes de unión.

En caso de soportes adsorbentes, prevenir el riesgo de excesiva pérdida de agua de la masa mediante abundante humedecimiento o colocación de lonas impermeables transpirables donde sea posible o con aplicación de imprimaciones específicas, etc.).

Proteger con una lona impermeable transpirable los elementos de madera (vigas, viguetas, entablados, etc.).

PREPARACIÓN DE LA MASA

Preparar la mezcla en hormigoneras o en mezcladoras planetarias

- Vaciar en la hormigonera todo el contenido de uno o más sacos (no llenar la hormigonera más allá del 60% de su capacidad).
- Añadir entre 4 litros de agua limpia por cada saco de 25 litros.
- Amasar durante aproximadamente 3 minutos hasta conseguir una masa homogénea con consistencia "semifluida".

APLICACIÓN Y ACABADO

Latermix Betón 1600 se pone en obra como un hormigón tradicional. Permite la ejecución de hormigón visto.

CURADO DEL HORMIGÓN

En caso de elevadas temperaturas, corrientes de aire, radiación solar directa, proteger la superficie del vertido contra riesgos de secado demasiado rápido con una lona de plástico y/o humedeciendo periódicamente mediante el riego con agua.

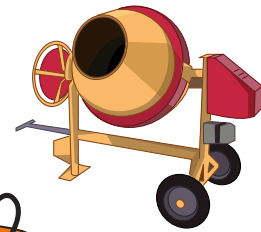


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| | |
|--|--|
| Densidad aparente | ~ 1300 Kg/m ³ |
| Densidad (UNE EN 206-1) | ~ 1600 Kg/m ³ (clase D1,7) |
| Clase de resistencia (UNE EN 206-1) | LC 30/33 |
| Resistencia característica a la compresión a 28 días | R _{ck} =35 MPa - N/mm ² (cúbica) f _{ck} =31,5 MPa - N/mm ² (cilíndrica) |
| Módulo elástico certificado | 20.000 N/mm ² |
| Conductividad térmica λ | 0,54 W/mK |
| Reacción al fuego | Euroclase A1 (Incombustible) |
| Rendimiento en obra: ~ 0,47 sacos/m ² para cada cm de espesor | |
| Embalaje: sacos de 25 litros paletizados. 48 sacos/paleta - 1,2 m ³ /paleta | |
| Conservación: ~ 12 meses en el envase original sin abrir en lugar seco | |

Para la información más completa y actualizada, consulte la ficha técnica y la ficha de seguridad del producto.

Vaciar en la hormigonera todo el contenido de uno o más sacos



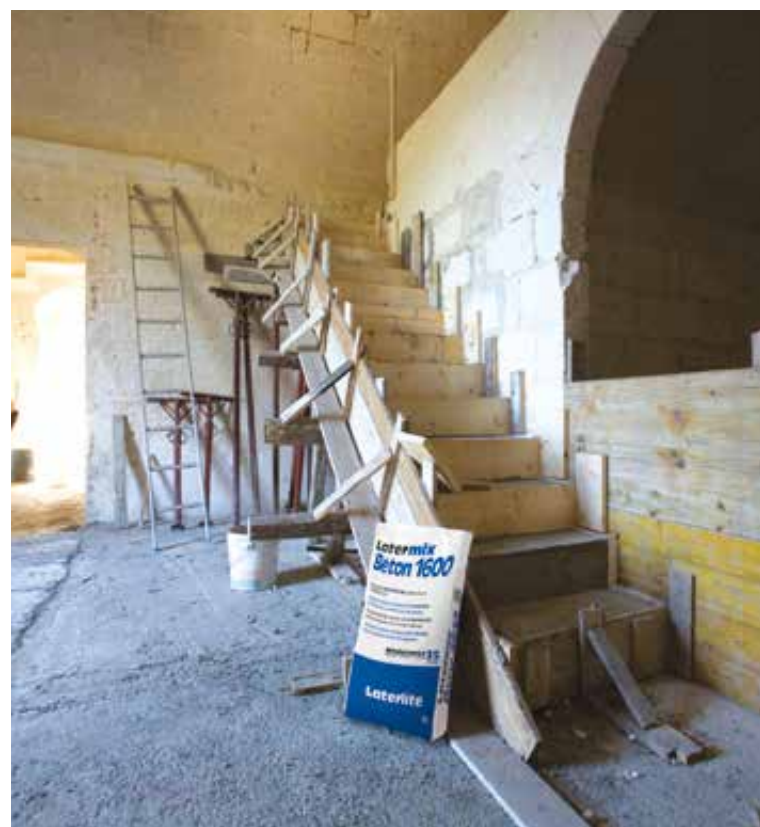
Añadir por cada saco

4 L DE AGUA

Amasar durante



CONSISTENCIA "SEMIFLUIDA"



Latermix Béton 1600

HORMIGÓN ESTRUCTURAL LIGERO
35 MPa

LATERMIX BÉTON 1600

HORMIGÓN LIGERO ESTRUCTURAL PREMEZCLADO DE ALTA RESISTENCIA, Y FÁCIL APLICACIÓN

USOS

- Para soleras estructurales o elementos prefabricados.
- En cualquier sitio que necesitemos un hormigón estructural y de alta resistencia.
- El hormigón Latermix Béton 1600 responde plenamente a la Norma.
- Técnica de Construcción (D.M. 14/01/08) y "la circular del 2 de febrero 2009" (instrucciones a la Norma técnica de la construcción).

CONDICIONES DE USO

PREPARACIÓN DEL SOPORTE

El sustrato debe de estar limpio, sin piezas inconsistentes, polvo u otros residuos; debe de estar preparado para recibir el hormigón. Por lo tanto, deben de estar colocadas ya las armaduras, los espaciadores y conectores.

PREPARACIÓN DE LA MASA

Latermix Béton 1600, no requiere la adición de otros materiales o aditivos. La mezcla es fácilmente preparada con hormigoneras o mezcladores "de gusano" habituales.

- Poner en la hormigonera uno o más sacos (no más del 60% de su capacidad);
- Agregar unos 4 litros de agua por cada saco de 25 litros de Latermix Béton 1600.
- Mezclar durante 3 minutos hasta consistencia "semi-fluida".

La dosis de agua que indicamos es por nuestra experiencia. El operario deberá evaluar cuidadosamente sobre la consistencia de la masa y también las condiciones de trabajo: por ejemplo, en el verano puede ser conveniente aumentar el agua. No alargar el tiempo de mezcla. El uso de bombas tradicionales para preparación requiere una mayor cantidad de agua a la mezcla.

APLICACIÓN Y ACABADO

Latermix Béton 1600 se instala como un hormigón tradicional.

APLICACIÓN COMO CAPA DE COMPRESIÓN

PREPARACIÓN DEL SOPORTE

El sustrato debe de estar limpio, sin piezas inconsistentes, polvo u otros residuos; debe de estar preparado para recibir el hormigón. Por lo tanto, deben de estar colocadas ya las armaduras, los espaciadores y conectores.

ACABADO

Una losa de hormigón no es un mortero de acabado y no debe de ser interrumpido por la inserción de equipos (tubos hidráulicos, drenajes, electricidad etc...) ya que produciríamos una pérdida de resistencia en esa solera. Por lo tanto, necesitamos un mortero de acabado, recomendando el uso de productos ligeros (familia Latermix).

Si no necesitásemos la inserción de las instalaciones, el revestimiento final puede ir colocado directamente sobre el hormigón Latermix Béton 1600, como lo haríamos en un hormigón tradicional. En este caso debe poner mucha atención a la ejecución de la superficie (lisura y planeidad) y el uso de materiales y técnicas adecuadas para pegar el revestimiento (cemento cola adecuado, formatos, juntas...). También debe considerar las consecuencias de las imperfecciones en la superficie del hormigón ligero así como el contenido de humedad residual antes de pegar. A fin de no afectar la resistencia final debe de controlarse estrictamente la cantidad de agua de amasado (no colocarlo con consistencia a "tierra húmeda").

Latermix Béton 1600

HORMIGÓN EXTRACTURAL LIGERO
35 MPa

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| | |
|---|---|
| Densidad de amasado | 1300 Kg/m ³ aprox. |
| Densidad (UNI EN 206-1) | 1600 Kg/m ³ aprox. |
| Tiempo de aplicación (a 20°C) | 45 minutos |
| Temperatura de aplicación | entre + 5 °C y + 35 °C |
| Peatonabilidad | 12 h de la colocación |
| Resistencia característica a la compresión certificada (laboratorio) a 28 días. | R _{ck} = 35 N/mm ² (cúbica) f _{lck} = 31,5 N/mm ² (cilíndrica) |
| Resistencia media a la compresión cúbica a 28 días. (en obra). | R _{cm} = 35 N/mm ² |
| Resistencia característica a compresión cúbica (considerada para el cálculo) a 28 días. | R _{ck} = 30 N/mm ² |
| Modulo elastico certificado | E = 20.000 N/mm ² |
| Conductividad térmica declarada (UNI 10351) | λ=0,54 W/mK |
| Conductividad térmica de cálculo (UNI EN ISO 10456) | λ=0,59 W/mK |
| Rendimiento en obra (incluido asentamiento) | Sobre 0,47 sacos/m ² por m ² y. 1 cm |
| Factor de resistencia al vapor de agua (UNI EN 12524) | μ=100 (campo secco) |
| Permeabilidad al vapor (UNI 10351) | δ=1,9*10 ⁻¹² kg/msPa |
| Capacidad térmica específica Cp [J/(kgK)] | 1000 |
| Reacción al fuego (D.M. 10/03/2005) | Euroclase A1 (Incombustible) |
| Presentación | Palet de madera con 48 sacos de 25 litros, total 1,2 m ³ /palet |
| Condiciones de conservación (D.M. 10 Mayo 2004) | Conservar en envases originales, a cubierto y lugares frescos |
| caducidad (D.M. 10 Mayo 2004) | Máximo 6 meses (6) desde la fecha de fabricación |
| Ficha de seguridad | en el sitio www.laterlite.es |
| Conformidad | D.M. 14/01/2008 (norma Técnica de la edificación). Circular 02/02/2009 (Instrucción de la NTC). Norma UNI EN 206-1. |

ADVERTENCIAS

- Recuerde que más agua es sinónimo de menor resistencia: el producto, en la aplicación, no debe convertirse en "Autoniveladoras": instalación debe hacerse vibrando poco tiempo en diferentes puntos.
- Para premezclados de Latermix Béton no se aconseja amasados manuales. No añadir cemento, cal, yeso, agregados, aditivos, etc..
- Proterger en verano el hormigón ligero si preveemos un secado excesivamene rápido o con fuerte ventilación. Proteger también si colocamos el hormigón ligero sobre materiales muy absorbentes (tipo mampostería de ladrillo).
- Rendimiento como un hormigón tradicional.
- .Se aconseja la colocación del mallazo para facilitar el reparto de cargas y evitar fisuraciones.
- Usar Latermix Béton con temperaturas entre + 5 ° C y hasta + 35 ° c.
- Tiempo de aplicación (20 ° C): aprox. 45 minutos.
- Compatible con aditivos anticongelantes.

Latermix Béton 1600

HORMIGÓN EXTRACTURAL LIGERO
35 MPa

- Las intervenciones de losas armadas con hormigones ligeros estructurales deben de realizarse bajo la supervisión de un técnico cualificado como marcan las leyes y reglamentos en vigor.
- No adecuado para introducir el material en silos.
- No es adecuado para aplicaciones de caravista.
- La consistencia del amasado no debe de ser “tierra-húmeda”
- Solicitar una hoja de datos de seguridad
- Todos los valores de resistencia a compresión se han realizado cogiendo muestras de amasado a pie de obra, con la cantidad de agua indicada en la ficha técnica, realizado, curado y probado según la ley vigente de la norma UNE.
- El Latermix Béton 1600 no resulta fácilmente bombeable en obra mediante bombas neumáticas. Necesitaremos un compresor mínimo de 5000 l/min, y una manguera de diámetro interno de 90 mm. Para más datos contactar con la asistencia técnica de Laterlite.

ESPECIFICACIONES

Hormigón ligero estructural Latermix Béton 1600 premezclado en sacos a base de arcilla expandida Laterlite Estructural, agregados naturales, cemento Portland y aditivos.

Densidad indicada en el hormigón (UNI EN 206-1) es alrededor de 1600 kg/m³.

Resistencia media a compesión, a 28 días, determinado mediante probetas a pie de obra, 35 N/mm².

La confección de la masa se ha hecho de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

Para más información, se aconseja leer el catálogo general de productos, manual de hormigón ligero o visitar nuestra página web www.laterlite.es


Laterlite
soluciones ligeras y aislantes

Calle Aragón 290 1ºB - 08009 Barcelona - España
zona Cataluña (Delegado comercial) 619 006 864
zona Levante (Delegado comercial) 685 495 638
zona Norte (Delegado comercial) 639 429 679
clientes nacionales y otras zonas 649 758 314

info@laterlite.es - www.laterlite.es

Las especificaciones y requisitos que hemos establecido por nuestra experiencia son meramente indicativos. Es responsabilidad del usuario el establecer si el producto es apto o no para el uso previsto. LATERLITE SpA se reserva el derecho de cambiar la fabricación y el embalaje sin previo aviso. Verificar que esta ficha técnica es la actual en vigor. Los productos Laterlite son destinado sólo para uso profesional.

Edición 03/2013- Revisión 01


Laterlite