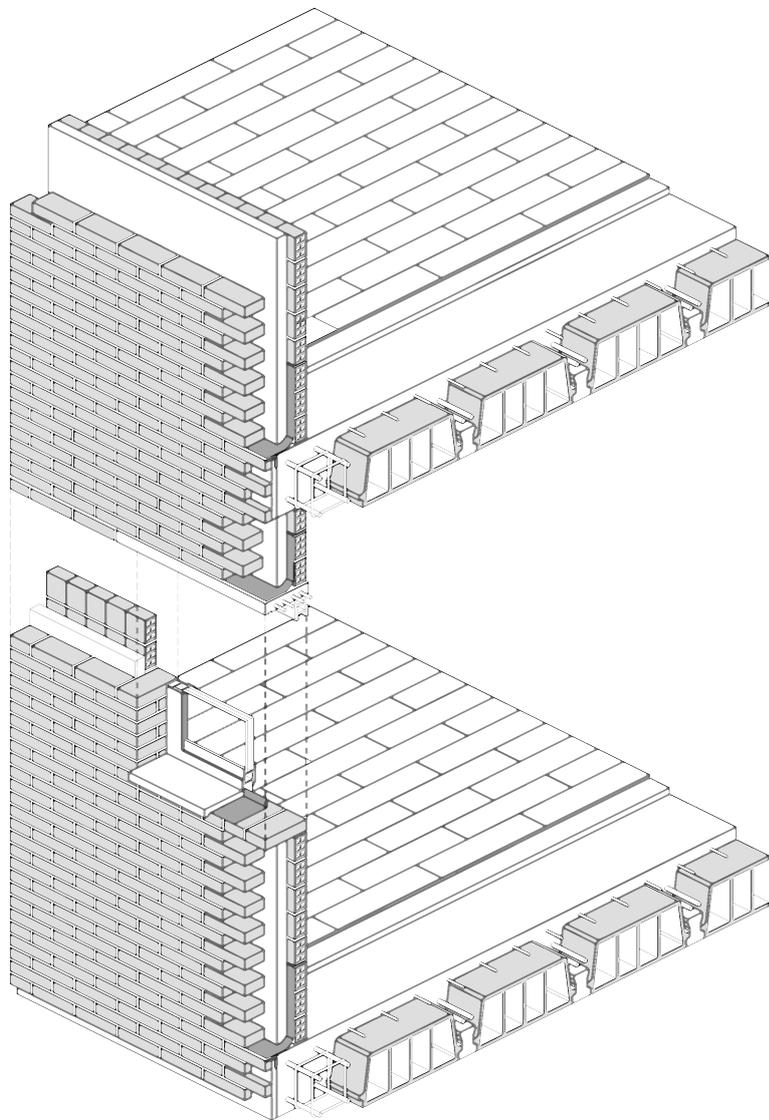


UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO ETSAV 2014-2015

ANÁLISIS DE CERRAMIENTOS TRADICIONALES EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA



AUTOR: HAMZAQUI, HASSAN
TUTOR: BLASCO GARCÍA, VICENTE

' La arquitectura moderna no significa el uso de nuevos materiales, sino utilizar los materiales existentes de una forma más humana '

Alvar Aalto

ÍNDICE

RESUMEN	4
OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	5
INTRODUCCIÓN	6
DESARROLLO	7-59
1. FUNCIONES DEL CERRAMIENTO	7
2. CLASIFICACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS	12
3. CERRAMIENTO TRADICIONAL CERÁMICO	13
3.1 INTRODUCCIÓN	13
3.2 CONTEXTO HISTÓRICO Y EVOLUCIÓN	17
3.3 CERRAMIENTO PORTANTE	20
3.4 CERRAMIENTO NO PORTANTE: FACHADA TRADICIONAL CONTEMPORÁNEA	23
- FACHADA CONVENCIONAL INSERTA EN LA ESTRUCTURA	24
- FACHADA VENTILADA	31
3.5 LA HERENCIA DE GRANDES MAESTROS	38
- MIGUEL FISAC	38
- FRANCISCO DE ASÍS CABRERO	42
- ANTONIO ESCARIO	48
- RAFAEL MONEO	53
3.6 ACTUALIDAD: FÁBRICA ARMADA	57
CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ÍNDICE DE IMÁGENES	62
DIBUJOS	63

RESUMEN

El cerramiento tradicional que se conoce en arquitectura es el que se realiza con fábrica de ladrillo, un material cerámico de lejano origen en la historia de la construcción. A pesar de ello, no es hasta el siglo XIX cuando los cerramientos experimentan una gran evolución debido al desarrollo industrial del siglo XIX y a la aparición de las estructuras porticadas a principios del XX. De este modo, se abandona la condición portante (de los muros) y se desarrollan nuevas tipologías constructivas que definen el cerramiento tradicional de la arquitectura contemporánea: cerramiento inserto en la estructura y fachada ventilada. Sin embargo, estas transformaciones han hecho que la capacidad expresiva del material, tan característica en la arquitectura del siglo XIX, se haya visto relegada a un segundo plano. A pesar de ello, maestros de este siglo como Miguel Fisac, Francisco Cabrero, Antonio Escario o Rafael Moneo han conseguido dejar huella con su obra, en la que el cerramiento tradicional de fábrica de ladrillo es protagonista de la arquitectura proyectada.

Palabras clave: *Construcción, ladrillo, historia, evolución, composición.*

RESUM

El tancament tradicional que es coneix en arquitectura és aquell que es realitza amb fàbrica de rajola, un material ceràmic d'origen llunyà en la història de la construcció. Tot i això, no és fins el segle XIX quan els tancaments experimenten una gran evolució gràcies al desenvolupament industrial del segle XIX i a l'aparició de les estructures porticades a principis del XX. D'aquesta manera, s'abandona la condició portant (dels murs) i es desenvolupen noves tipologies constructives que defineixen el tancament tradicional de l'arquitectura contemporània: tancament inserit en l'estructura i façana ventilada. No obstant, estes transformacions han fet que la capacitat expressiva del material, tan característica en l'arquitectura del segle XIX, s'haja vist relegada a un segon pla. Malgrat això, mestres d'este segle com Miguel Fisac, Francisco Cabrero, Antonio Escario o Rafael Moneo han aconseguit deixar empremta amb la seua obra, en la qual el tancament tradicional de fàbrica de rajola és protagonista de l'arquitectura projectada.

Paraules clau: *Construcció, rajola, història, evolució, composició.*

SUMMARY

The traditional building envelope known in architecture is constructed with brickwork, a ceramic material with a distant origin in the history of construction. Nonetheless, it is not until the XIXth century when building enclosures experience a significant evolution due to the industrial development undertaken throughout this century, along with the appearance of portal structures in the beginning of the XXth century. In line with this, the load bearing condition of structural walls is abandoned and new constructive typologies are developed leading to the definition of the traditional enclosures of contemporary architecture: enclosure inserted between the structure and ventilated facades. However, these transformations have led the expressiveness of the material, fundamental characteristic in the architecture of the XIXth century, to be dimmed in the background. Despite this loss in expressivity, masters of this century such as Miguel Fisac, Francisco Cabrero, Antonio Escario or Rafael Moneo have been capable of leaving a footprint through their oeuvre, in which the traditional brickwork envelope is the protagonist of the designed architecture.

Keywords: *construction work, brickwork, history, evolution, composition.*

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Esta memoria pretende realizar un estudio técnico de los distintos tipos de cerramientos tradicionales que se conocen hoy en la arquitectura contemporánea, entendiendo ésta desde su origen en el Movimiento Moderno (1930) hasta la actualidad. El objetivo principal es dar una visión global de los sistemas de cerramientos y materiales más representativos (esencialmente ladrillo), acompañados de una descripción detallada de las soluciones constructivas actuales.

Otro de los cometidos principales es dar a conocer la evolución del cerramiento tradicional. Se pretende estudiar el contexto histórico (origen en el siglo XIX) en que empieza a desarrollarse, así como su evolución hasta la actualidad.

La metodología de trabajo consiste en realizar un desarrollo teórico de las diferentes soluciones constructivas acompañadas con secciones y axonometrías. Éstas ayudan a identificar los diferentes componentes y su disposición, con el fin de entender el encuentro de las distintas partes del cerramiento en su definición de hueco: dintel, jambas y alféizar.

El estudio se inicia con una clasificación de los diferentes tipos de cerramientos, así como las funciones que deben cumplir. Después de estudiar el contexto histórico y evolución, se resumen las tipologías generales que caracterizan la arquitectura contemporánea.

Posteriormente, se escogen una serie de obras que por su interés arquitectónico y constructivo suponen un valor añadido en la concepción del cerramiento. Estas obras se analizan con mayor profundidad y se detallan. Se trata de añadir una componente histórica y arquitectónica en el desarrollo del trabajo.

El estudio finaliza con un apartado de conclusiones.

INTRODUCCIÓN

El cerramiento tradicional que se conoce en la arquitectura es el que se realiza con fábrica de ladrillo. A lo largo de la historia de la construcción, el cerramiento tradicional se componía de una sola hoja gruesa realizada mediante técnica de aparejo. Esta tradición constructiva, de muro de carga portante, se prolonga hasta finales del siglo XIX y principios del siglo XX, en la que un muro macizo satisfacía las exigencias estructurales y de confort gracias a su gran espesor. Una fachada con una hoja de pie y medio de ladrillo, de unos 40 cm de espesor, era capaz de soportar importantes cargas, dar respuesta a las exigencias térmicas y garantizar la estanqueidad.

Con el movimiento moderno (1930) y la introducción de las estructuras porticadas de hormigón armado, la función de la fachada se reduce exclusivamente a la de cerramiento. Así, el escenario técnico de la construcción cambia radicalmente de concepto, donde las fachadas liberadas de su función portante, pudieron afinar sus grosores llevando al límite la esbeltez de todos los elementos verticales. Entonces, aparece el cerramiento tradicional multihoja caravista, objeto de esta memoria.

Así pues, los cerramientos unihoja de gran espesor dejan paso a muros más delgados liberados de su función estructural. Sin embargo, en sus inicios, este esquema dio como resultado la aparición de problemas de estanqueidad y aislamiento térmico reflejo de una escasa preocupación por las condiciones de confort, posiblemente debido la rápida evolución que estaba experimentando la técnica constructiva. Con el tiempo, y la aparición de las normas técnicas, surge la cámara de aire y el aislamiento térmico como solución constructiva tradicional: cerramiento no portante de dos hojas, ladrillo macizo, cámara, aislante y doblado con ladrillo hueco doble por el interior. Más tarde, aparece la fachada ventilada, otra evolución del cerramiento tradicional de la arquitectura contemporánea.

De este modo, las soluciones constructivas que hoy en día se utilizan para las fachadas son fruto de una larga evolución a base de prueba y error confirmado por la experiencia constructiva. La voluntad de ligereza del cerramiento introdujo la cerámica hueca, la necesidad de aislamiento la cámara de aire, y con ello se inició la evolución del cerramiento tradicional, dando lugar a múltiples respuestas para la fachada, variadas y todas aceptables entre sí, siendo el ladrillo el elemento protagonista.



Imagen 1: Muuratsalo house, Alvar Aalto (1953)

DESARROLLO

1. FUNCIONES DEL CERRAMIENTO

En la composición y definición del cerramiento intervienen múltiples factores, debiendo cumplir unas exigencias proyectuales y de confort. Por tanto, esta relación entre exigencias técnicas y de diseño es la que define el carácter de los distintos tipos de cerramientos¹.

Fundamentalmente, el cerramiento ha de cumplir:

- Función proyectual
- Función técnica

FUNCIÓN PROYECTUAL

Es la definición del cerramiento como piel del edificio, y por tanto, de su expresividad y adaptación al entorno. Hablamos de una cuestión material, de textura, pero también recoge el aspecto compositivo: relación entre huecos y macizos, disposición del material, color y volumen. En definitiva, la función proyectual es la *arquitectura observada*.

FUNCIÓN TÉCNICA

El cerramiento es la piel que delimita el espacio exterior del interior y, por tanto, ha de cumplir unas exigencias de confort, habitabilidad y resistencia (estabilidad).

- **Estabilidad mecánica:** El cerramiento puede ser portante o no portante, y en los dos casos debe cumplir unas exigencias de estabilidad mecánica frente a cargas verticales (gravitatorias) y horizontales (viento, sismo).
- **Estanqueidad:** El cerramiento ha de impedir la entrada de agua al interior.
- **Aislamiento:** El cerramiento ha de asegurar un grado de confort adecuado mediante la incorporación de un aislamiento térmico.

Para cumplir con estas exigencias, de carácter general podemos distinguir en un cerramiento las siguientes capas:

- Acabado exterior
- Hoja exterior
- Cámara
- Aislante
- Impermeabilización
- Hoja interior
- Acabado interior
- Llaves de unión y atado

En base a conseguir estas funciones, los cerramientos adoptan diversas tipologías desde cerramientos monocapa o de una sola hoja hasta evolucionar a cerramientos multicapa o de varias hojas². Hablamos, por tanto, de un sistema multicapa en el que habrá que asegurar la correcta disposición de los distintos elementos que componen nuestra fachada con el fin de cumplir con las exigencias antes señaladas.

1. Cerramientos de obra de fábrica. Diseño y tipología. Ángeles Más Tomás. Pg 7
2. Cerramientos de obra de fábrica. Diseño y tipología. Ángeles Más Tomás. Pg 9

1.1 FUNCIÓN TÉCNICA: ESTABILIDAD MECÁNICA

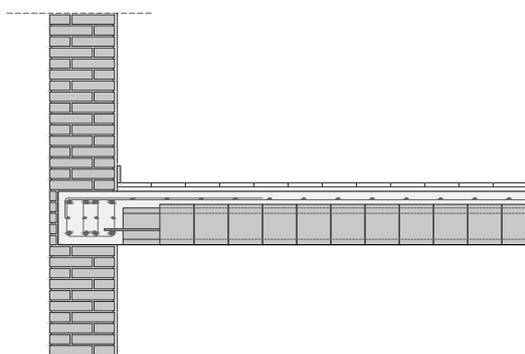
Tal y como señalamos anteriormente, uno de los requisitos que ha de cumplir el cerramiento es el de estabilidad mecánica y resistencia³.

- **Estabilidad:** Atado y trabado de las piezas
- **Resistencia:** Ante cargas verticales (gravitatorias) y horizontales (viento y sismo)

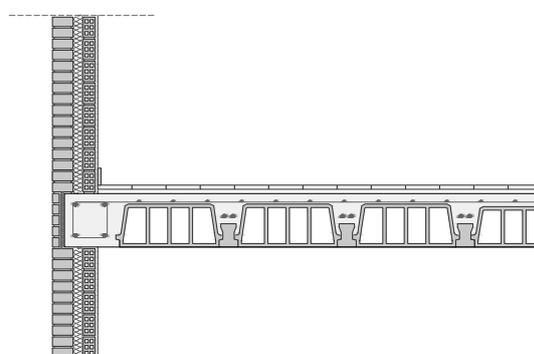
Una primera clasificación de los cerramientos sería distinguir entre cerramientos portantes o no portantes. En la actualidad, esta última tipología es la más frecuente debido a la evolución que supuso la aparición de las estructuras porticadas, donde el cerramiento queda libre de cualquier función portante.

En cambio, un cerramiento portante asume la función de muro de carga y sirve de apoyo para el forjado. En esta tipología el cerramiento forma parte del sistema estructural y, por tanto, el grosor del muro es mucho mayor.

CERRAMIENTO PORTANTE

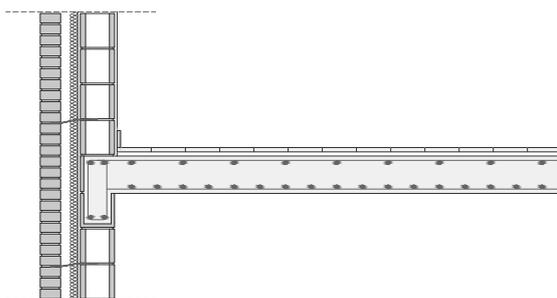


CERRAMIENTO NO PORTANTE

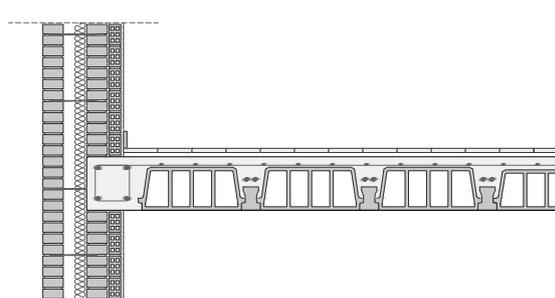


Los dos esquemas que observamos, portante y no portante, forman parte del mismo sistema constructivo en el que el cerramiento se apoya en el forjado. Sin embargo, como podemos constatar también, los cerramientos no portantes se componen de varias capas, pudiendo distinguir la hoja exterior de la hoja interior. De este modo, dentro de los cerramientos no portantes podemos realizar una segunda clasificación en función de la capacidad portante o no portante de la hoja interior. En estos esquemas, la hoja exterior puede apoyarse en el forjado del mismo modo que en el esquema anterior, o bien discurrir por delante del forjado. En caso de discurrir por delante del forjado, hay que asegurar la estabilidad mecánica de las dos hojas mediante la incorporación de llaves de atado.

HOJA INTERIOR PORTANTE



HOJA INTERIOR NO PORTANTE



3. Cerramientos de obra de fábrica. Diseño y tipología. Ángeles Más Tomás. Pg 13
Dibujos de autor

1.2 FUNCIÓN TÉCNICA: ESTANQUEIDAD

El segundo de los requisitos que ha de cumplir el cerramiento es el de estanqueidad. La presencia de agua se encuentra principalmente⁴:

- En el terreno
- A través de la superficie
- En forma de vapor

EN EL TERRENO

El agua puede estar con o sin presión. En el primer caso, el agua puede estar con carga hidráulica, lo que explica la penetración de agua procedente del nivel freático o de bolsas y corrientes de agua. En el segundo caso, el agua penetra debido a la succión del propio material debido a fenómenos de tensión superficial.

A TRAVÉS DE LA SUPERFICIE

El agua es capaz de atravesar la superficie con una cierta presión procedente de la acción directa del agua de lluvia. El agua atraviesa el cerramiento con mayor o menor velocidad en función de la permeabilidad de éste, de su espesor y de la presión del agua.

Al igual que en el caso anterior, el agua puede entrar en contacto por la succión del agua por capilaridad de unos materiales con otros. Cuánto más poroso sea el material, más susceptible es de absorber agua.

EN FORMA DE VAPOR

El vapor puede proceder tanto del aire exterior como de cualquier fuente artificial que lo produzca en el interior. El vapor de agua atraviesa el cerramiento por difusión y se desplaza por la diferencia de presiones entre el interior y el exterior.

Una vez conocidos los medios de difusión, los factores que influyen en la penetración del agua se pueden agrupar en dos tipos en función de:

- Las características del edificio
- Condiciones de exposición

CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

- Grado de exposición de los cerramientos
- Impermeabilidad de los materiales, juntas y componentes constructivos
- Mecanismos de transporte del agua

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN

- Dirección dominante de viento y lluvia
- Intensidad de exposición

En definitiva, en la definición del cerramiento hay que tener en cuenta lo anteriormente expuesto mediante la incorporación de láminas de impermeabilización o morteros hidrófugos que garanticen la estanqueidad de nuestro cerramiento. Además de ello, hay que cuidar su disposición en función de la tipología constructiva. La lámina impermeable tiene la doble función de detener el ascenso de la humedad y la de evacuar el agua infiltrado en la cámara de aire.

4. Cerramientos de obra de fábrica. Diseño y tipología. Ángeles Más Tomás. Pg 97

1.3 FUNCIÓN TÉCNICA: AISLAMIENTO

El tercer de los requisitos técnicos a cumplir es el de aislamiento. Por tanto, el cerramiento debe plantearse teniendo en cuenta los aspectos de temperatura, soleamiento y vientos dominantes, es decir, la climatología. El fin es lograr unas condiciones de confort y habitabilidad a la vez que se controle el consumo energético, y ello se alcanza mediante la estabilidad de la temperatura interior: limitar las pérdidas y mantener un consumo energético moderado⁵.

Los materiales que componen el cerramiento ofrecen una resistencia al paso de calor denominada resistencia térmica R, que depende del espesor y la conductividad del material. Así pues, podemos plantear los cerramientos de 2 formas diferentes:

- **Materiales de poca conductividad térmica y poco espesor**
- **Materiales con mayor conductividad pero de mayor espesor**

En la actualidad, las soluciones constructivas optan por escoger materiales de poca conductividad térmica y poco espesor, además de la incorporación de materiales aislantes. En los modelos más tradicionales de muro de carga, los cerramientos conseguían cumplir la función de aislamiento debido al gran espesor de los muros (inercia térmica). Aún así, en algunos casos de muro de carga pueden aparecer materiales aislantes.

Por otro lado, la transmisión de calor que se produce a través de los cerramientos no es sólo función de la resistencia térmica del mismo, sino también de la capacidad acumuladora (energía calorífica absorbida). Por tanto, dado que el régimen de temperaturas es variable a lo largo del día, el factor determinante es la inercia térmica que ofrece el cerramiento con el fin de aprovechar la energía acumulada.

Una forma de valorar la inercia es a partir del coeficiente de estabilidad térmica, factor alfa, que define el cociente entre la amplitud de temperaturas interiores y exteriores. Valores próximos a la unidad implican que el cerramiento carece de capacidad acumuladora y que cualquier alteración exterior se nota inmediatamente en el interior. En cambio, valores inferiores a 0,5 implican que la temperatura interior consigue mantenerse constante y próxima a la media del día.

En su aplicación práctica, en las regiones áridas y de climas extremos, donde las temperaturas varían considerablemente entre el día y la noche, nos interesa un coeficiente alfa bajo para alcanzar las condiciones de confort. En cambio, en climas fríos donde la temperatura media exterior es inferior a la de confort, nos interesa desarrollar cerramientos de alta resistencia térmica que limiten las pérdidas de calor.

En definitiva, la disposición de capas aislantes puede ser significativa en el comportamiento del cerramiento e influye en el factor alfa de estabilidad térmica.

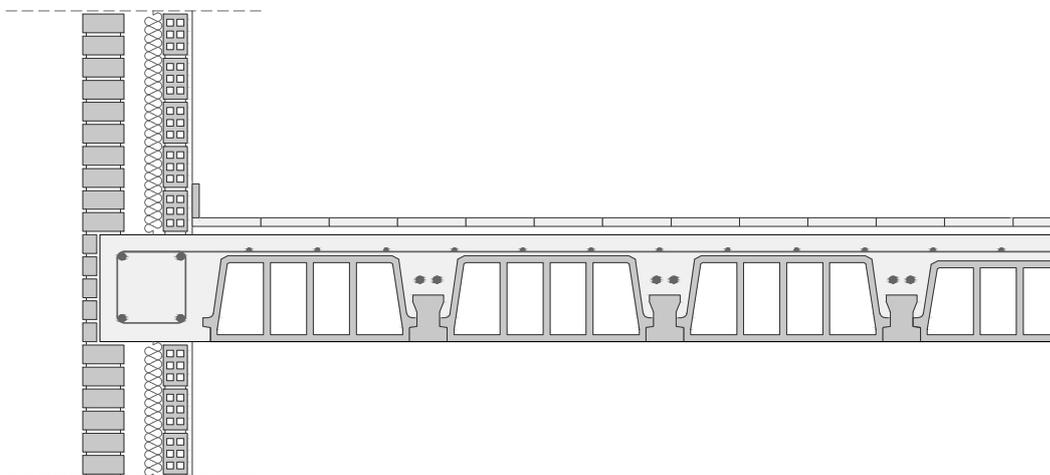
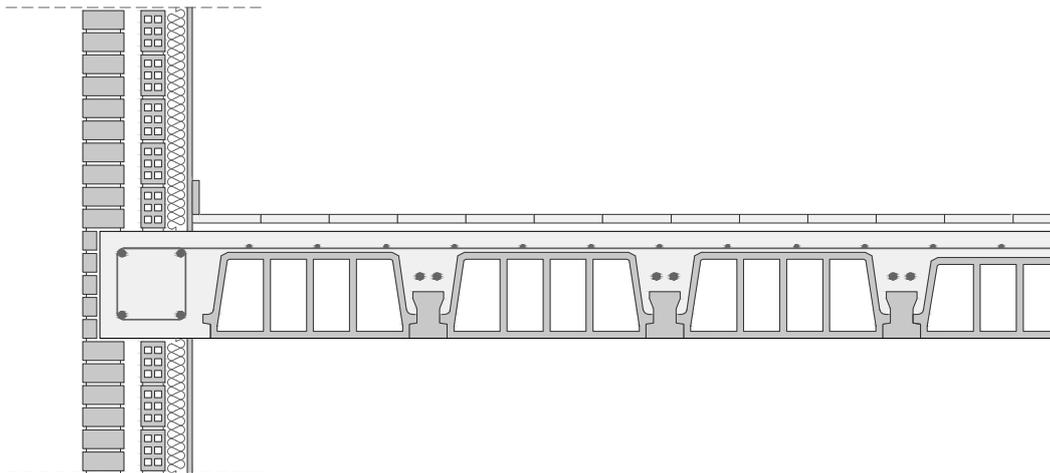
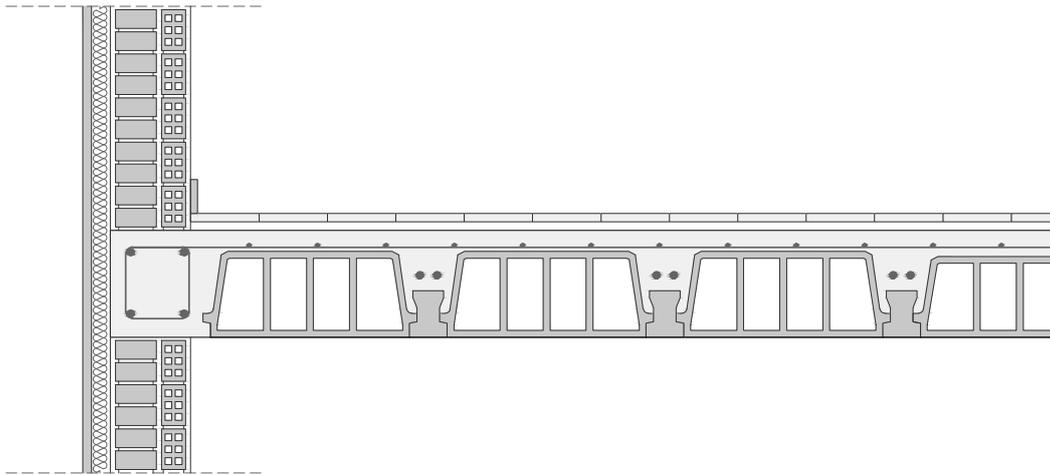
- **Posición exterior**
- **Posición intermedia**
- **Posición interior**

Por ejemplo, en un cerramiento pesado no nos interesa colocar el aislante en la parte interior pues estaríamos desaprovechando su capacidad acumuladora. Es decir, cuando queramos aportar inercia térmica a nuestro cerramiento, el aislante lo colocaremos por la parte exterior.

Para concluir, un aspecto muy importante en la disposición de los aislantes térmicos es cuidar su colocación, así como la configuración general del cerramiento, con el fin de evitar puentes térmicos. La colocación de un aislante térmico no siempre garantiza alcanzar las condiciones de confort.

5. Cerramientos de obra de fábrica. Diseño y tipología. Ángeles Más Tomás. Pg 49

POSICIÓN DEL AISLANTE



2. CLASIFICACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS

Los cerramientos podemos clasificarlos en función de:

- **Tipología constructiva**
- **Materialidad**

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA

- **Cerramiento portante**
 - Hoja inserta en la estructura
- **Cerramiento no portante**
 - Ninguna hoja portante
 - Hoja exterior inserta en la estructura
 - Hoja exterior corrida
 - Hoja interior portante
 - Hoja exterior corrida

MATERIALIDAD

- Cerramientos de piedra
- **Cerramientos cerámicos de fábrica de ladrillo**
- Cerramientos de envolventes ligeros

3. CERRAMIENTO TRADICIONAL CERÁMICO

3.1. INTRODUCCIÓN

La construcción cerámica ha estado presente en numerosas culturas empleándose a lo largo de miles de años en zonas climáticas muy diferentes y para distintas tipologías arquitectónicas. Pocos materiales resisten el paso del tiempo conservando sus características mecánicas y estéticas sin apenas cuidados de mantenimiento como lo hace el ladrillo. Por otro lado, su variedad cromática y de texturas, y de juego con los aparejos y las juntas, potencian enormemente su capacidad expresiva⁷.

La fábrica de ladrillo surge de aplicar estrictamente la lógica constructiva cuando se pretende construir con ladrillos un elemento arquitectónico: cimentación, muro, arco, pilar, bóveda, pavimento... que alcance un comportamiento resistente homogéneo. Dicho comportamiento se consigue cohesionando entre sí los ladrillos con un material conglomerante, el mortero, y evitando la formación de planos débiles por los cuales se podría romper la fábrica cuando entre en carga.

Los cerramientos de ladrillo tienen una larga tradición en la historia de la construcción y se puede decir que han seguido un proceso paralelo desde su inicio como función de cerramiento estructural, a su disposición actual como simple paño vertical entre una estructura porticada⁸.

FABRICACIÓN

Podemos considerar la fábrica de ladrillo (cerámica) como una piedra artificial obtenida por endurecimiento de mezclas amasadas de arcilla, agua y otro tipo de áridos, mediante un proceso de cocción. Este tradicional método de fabricación que consiste en cocer mezcla de arcillas es uno de los más antiguos en la historia de la construcción, y su origen remonta a la época del neolítico, evolucionando hasta obtener productos tan sofisticados como la porcelana en el siglo XVII.

Así pues, el material básico para la fabricación de la cerámica es la arcilla, una roca fragmentaria disgregada cuyo mineral esencial es el caolín, acompañado de otros minerales en mayor o menor proporción que le otorgan otras cualidades físicas como la textura y el color.

El proceso de fabricación consta de diferentes fases:

- **Extracción**
- **Homogeneización**
- **Moldeo**
- **Secado**
- **Cocción**

Las arcillas suelen extraerse en canteras a cielo abierto a partir de medios mecánicos. Para que puedan ser utilizadas se requiere su previa homogeneización mediante un proceso de limpieza que elimine las impurezas, pues la tierra se puede encontrar apelmazada o formando terrones.

Posteriormente, se realiza el moldeo de las piezas. Actualmente, el sistema más utilizado es el de prensas en vacío denominadas galleteras, de cuyas boquillas surge la arcilla compacta y húmeda que se va cortando con un alambre para obtener la pieza cruda. Este sistema también se conoce bajo el nombre de extrusión.

Otro método de moldeo es el de prensado. La masa de arcilla se coloca entre dos moldes y se ejerce presión con una prensa, dando lugar a piezas cerámicas con un acabado impecable.

7. Tectónica 15: cerramientos cerámicos. Pg 20

8. Cerramientos verticales - fachadas. Joan Garí, Santiago Soto. Pg 53-54

Las piezas así obtenidas deben seguir un proceso de secado antes de cocerse para eliminar el agua del amasado y evitar cualquier rotura durante el proceso de cocción. Cocer directamente las piezas sin previo secado provoca su rotura por la rápida pérdida del agua, efecto de las altas temperaturas dentro del horno. Entre el proceso de secado y el de cocción la pieza puede experimentar una reducción de hasta el 20% de su volumen inicial⁹.

Durante la fase de cocción se alcanzan temperaturas que superan los 1000°C en el interior del horno, donde las arcillas experimentan reacciones físicas y químicas que hacen del ladrillo un material resistente a compresión, insoluble y de porosidad limitada. La cocción suele realizarse en un horno continuo en túnel en la que el material se va moviendo sobre unas vagonetas, entrado por un extremo y saliendo por otro. A partir de los 700°C, la arcilla se convierte en cerámica dejando atrás su estado plástico y moldeable.

En la actualidad, la industria fabrica productos homogéneos con propiedades físicas bien caracterizadas. El ladrillo viene definido por su resistencia a compresión y su porosidad, entre otras. Antiguamente, las propiedades de los ladrillos eran bastante aleatorias, debido a métodos de fabricación rudimentarios propios de la época, donde las mezclas arcillosas, sus propiedades químicas y la temperatura de cocción no estaban controladas.

FORMATO

La forma del ladrillo es, en general, ortoédrica. Las diferentes caras y aristas, pudiendo variar en cada país y región, son:

- **Soga:** arista mayor
- **Tizón:** arista intermedia
- **Grueso:** arista menor

- **Tabla:** cara mayor del ladrillo
- **Canto:** cara mediana del ladrillo
- **Testa:** cara menor del ladrillo

Un ladrillo estándar tiene unas dimensiones de 25,0 x 12,0 x 5,5 cm. Para facilitar la ejecución de las fábricas se requiere una determinada relación entre soga, tizón y grueso, permitiendo así una correcta coordinación en la disposición del material:

- **1 soga:** 2 tizones + 1 junta
- **1 tizón:** 2 gruesos + 1 junta

TIPOS

Podemos clasificar los ladrillos según su forma:

- **Ladrillo normal:** Ortoedro macizo
- **Ladrillo de mocheta:** Ladrillo con encaje para cerco de carpintería
- **Ladrillo aplantillado:** Responde a necesidades funcionales concretas (esquinas)

Los ladrillos también podemos clasificarlos según su densidad:

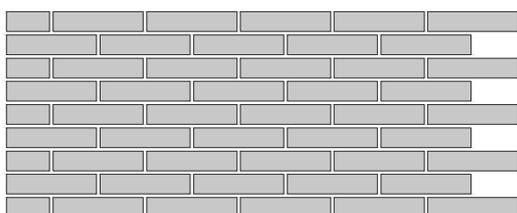
- **Ladrillo macizo:** Ladrillo que tiene orificios en una proporción inferior al 10%
- **Ladrillo perforado:** Ladrillo que tiene orificios en una proporción mayor al 10%
- **Ladrillo hueco:** Ladrillo con agujeros en las caras laterales (canto)

APAREJOS

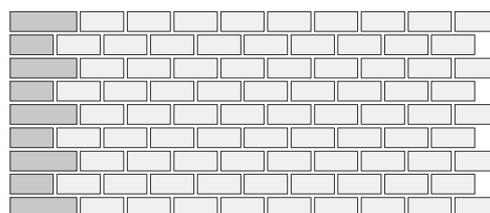
El aspecto exterior de la fábrica de ladrillo depende de varios factores: tipo de ladrillo, color, textura, formato, tipo de junta y del tipo de aparejo utilizado. El aparejo es la geometría de traba que rige la colocación de los ladrillos dando lugar a múltiples composiciones. Ello se consigue mediante la combinación de las distintas aristas del ladrillo (soga, tizón y grueso).

El aparejo se tiene que adaptar al espesor que tenga el cerramiento así como a los encuentros en las esquinas y cruces entre muros ejecutados a partir de una misma fábrica¹⁰.

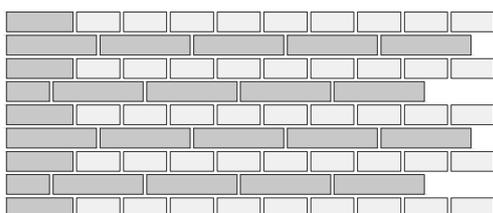
APAREJO A SOGAS



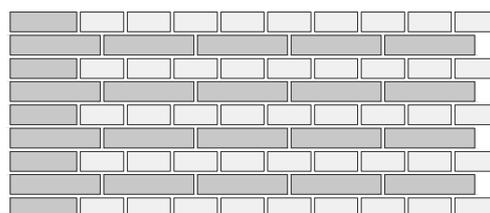
APAREJO A TIZONES



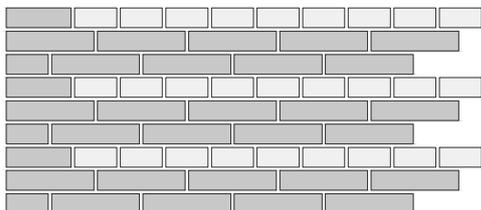
APAREJO INGLÉS EN CRUZ/BELGA



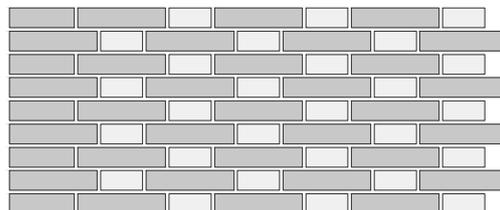
APAREJO INGLÉS



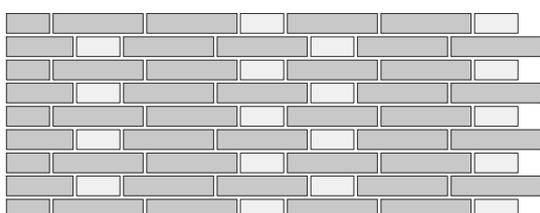
APAREJO INGLÉS ANTIGUO



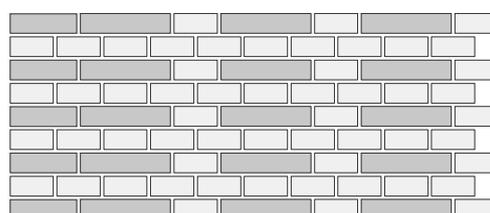
APAREJO FLAMENCO/GÓTICO



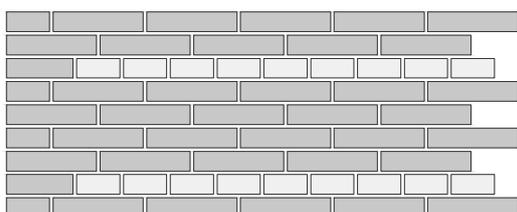
APAREJO FLAMENCO/GÓTICO DOBLE



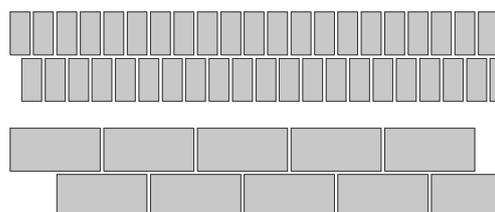
APAREJO HOLANDÉS



APAREJO AMERICANO



APAREJO A SARDINEL/PANDERETE



10. Tectónica 15: cerramientos cerámicos. Pg 25
Dibujos de autor

JUNTAS

En cuanto a las juntas, su acabado exterior afecta tanto al aspecto de la fábrica como al comportamiento de la misma. En general, suelen tener un espesor de 1 cm, y por su forma exterior puede ser:

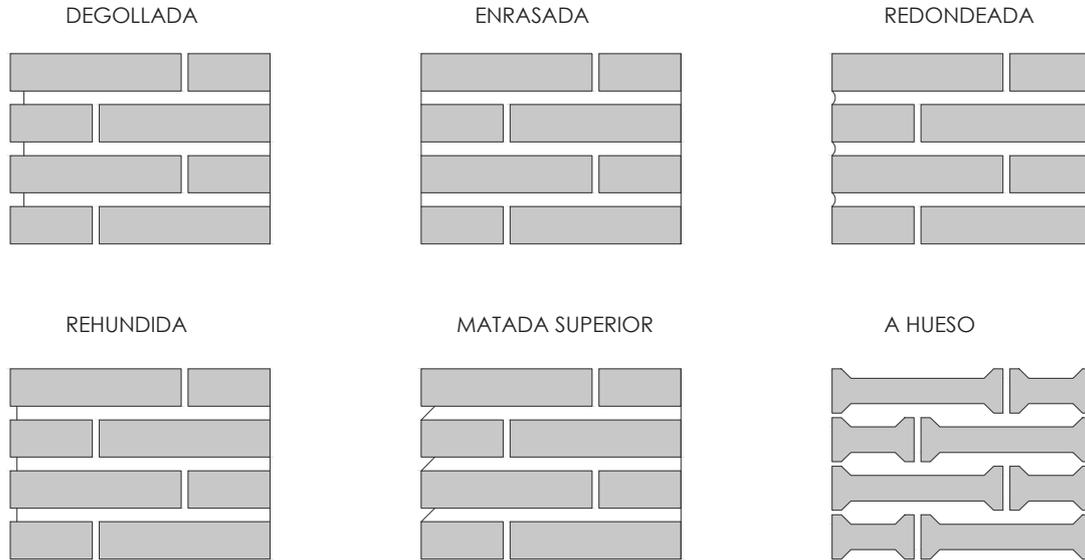


Imagen 2: Casa Erich Wolf, Mies Van Der Rohe (1926)

En la imagen superior, Mies Van Der Rohe emplea ladrillos de poco espesor en la casa Erich Wolf en Guben, por la precisión en la escala que ofrecían. El cerramiento se resuelve con aparejo flamenco¹¹.

11. Tectónica 15: cerramientos cerámicos. Pg 25
Dibujos de autor

3.2. CONTEXTO HISTÓRICO Y EVOLUCIÓN

La arquitectura realizada con ladrillo entre mediados del siglo XIX y principios del XX explotaba las posibilidades técnicas y formales del material, siguiendo la corriente de racionalidad constructiva imperante en los inicios de la era industrial. Durante este período se desarrolla una importante e interesante arquitectura por toda Europa, en la que la fábrica de ladrillo es el denominador común¹².

El ladrillo, como ya indicamos anteriormente, ha sido utilizado a lo largo de la historia (desde el Neolítico), pero es en el siglo XIX, junto a los procesos de industrialización, cuando empieza a desarrollar un carácter más importante consiguiendo alcanzar un valor significativo en la arquitectura proyectada.

El punto de inflexión se halla en los avances tecnológicos y la industrialización del material. Los hornos hormigueros se sustituyen por los hornos tipo túnel (vagoneta), aumentando la productividad y mejorando las prestaciones técnicas del material al ser métodos más controlados. Además, con la industrialización surge también la modulación del material, dejando atrás las piezas de proporción 1x1 para dar entrada a piezas de proporción 2x1. Ello dio lugar a la configuración de los diferentes tipos de aparejo, que además de otorgar una función compositiva al cerramiento, mejoraban su comportamiento mecánico mediante el trabado de las piezas, un hecho que no se podía alcanzar con las piezas cuadradas.

Estos cambios permitieron revalorizar el ladrillo y otorgarle un nuevo comienzo. Así pues, adquiere un carácter modulador y compositivo en base a principios constructivos que también mejoraban su estabilidad. En consecuencia, se desarrolla una nueva arquitectura donde la fábrica vista es protagonista.

Esta arquitectura de ladrillos puede considerarse una respuesta popular a la arquitectura culta clasicista. En ella, los maestros artesanos y albañiles reflejan su libertad, ajustándose a las sencillas leyes del aparejo y sus proporciones. Un reflejo de sinceridad y racionalidad constructiva que aparece por toda Europa, siendo también significativas las corrientes pintorescas desarrolladas por John Ruskin y William Morris¹³.



Imagen 3: Casa Robbie, Frank Lloyd Wright (1908)

12. La arquitectura de ladrillos del siglo XIX: Racionalidad y modernidad. Josep María Adell Argilés.
13. Informes de la construcción, vol. 44 nº 241. Septiembre/Octubre 1992, pg 11.

Por otro lado, además del lenguaje artístico, tanto el aspecto formal como el técnico debían converger. Se plantea una homogeneización en la organización de la fábrica de ladrillo con una progresiva disminución de su grueso gracias a la regularización de las piezas y sus juntas, lo que permite disminuir el espesor de los muros. En esta época aún es vigente el carácter estructural del cerramiento (muro portante) y, por tanto, influye en el diseño del edificio y la composición de las fachadas. El factor más importante en esta tipología constructiva es el trabado de las piezas que aseguren la estabilidad mecánica del cerramiento, y ello se consigue mediante los diferentes aparejos. Se trata, por tanto, de una solución constructiva y compositiva, basada en ese principio de racionalidad constructiva que comentamos anteriormente.



Imagen 4: Muuratsalo house, Alvar Aalto (1953)

El resultado es una arquitectura que explota la expresividad del material en un discurso técnico-formal basado en la disposición del material. Un ejemplo particular es la formación de arcos de descarga para la apertura de grandes huecos. No se trata únicamente de una razón formal y estilística de compleja composición, sino también de una solución estructural. El cierre en arco obliga al material, el ladrillo, a trabajar a compresión. La configuración del hueco puede recuperar, en ocasiones, antiguas tradiciones estilísticas, en las que la riqueza expresiva del discurso técnico-formal alcanza una mayor amplitud.



Imagen 5: Plaza de Toros de Las Ventas, José Espelius (1929)

Un contexto particular en el que la cerámica vista adquiere un gran protagonismo es el de Holanda. Grandes figuras del modernismo holandés como De Bazel, Kromhout y Van Der May, acompañaron a H.P. Berlage en la definición de una corriente artística que reformaba el neoclocisismo, consiguiendo definir un nuevo estilo regional.

En ella, los elementos góticos y naturalistas se encuentran relacionados y mezclados sin distinción alguna. Los muros de fábrica vista adquieren una gran expresividad apoyándose en una nueva tecnología que revalorizaba el material. De este modo, el ladrillo encuentra diversas líneas de aplicación expresando su capacidad compositiva¹⁴.

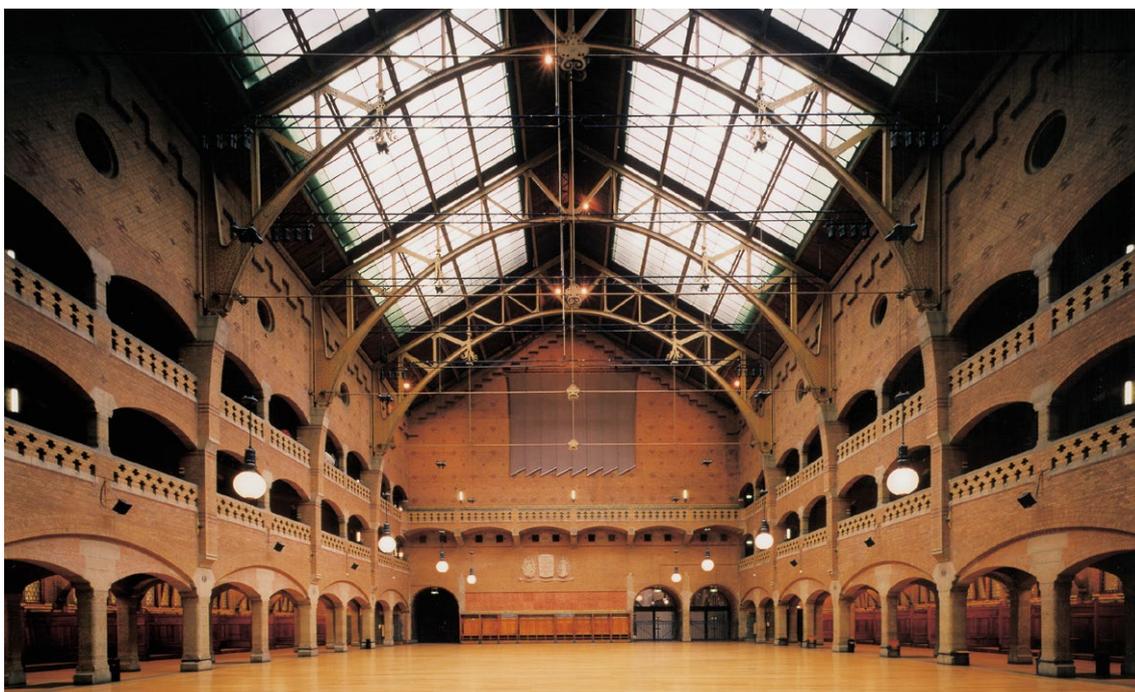


Imagen 6: Caja Postal, H.P. Berlage (1904)

Sin embargo, y concluyendo el contexto de evolución del material, entrado ya el siglo XX, el acero y el hormigón armado pasan decididamente a formar parte de la arquitectura, revolucionando completamente la definición de muro de cerramiento que hasta entonces se concebía. La evolución experimentada por el muro portante y el arco de descarga han hecho que la arquitectura posterior abandone los repertorios formales y las técnicas constructivas convencionales hasta el momento, dejando poco margen de evolución de las fábricas.

Con la entrada de sistemas estructurales porticadas, el muro de carga unihija se transforma en muro de cerramiento multihija de menor espesor al abandonar su función portante. En consecuencia, la apertura de huecos se ha de resolver mediante elementos sometidos a flexión denominados cargaderos (dintel).

Así pues, se revoluciona completamente la manera de construir. La capacidad a tracción del acero junto al hormigón armado, cambian la racional composición vertical impuesta por el ritmo entre huecos y macizos (aparejo), arcos y estribos, por la horizontal en el tratamiento de las obras de fábrica¹⁵. De este modo, a lo largo del siglo XX se va configurando y desarrollando el cerramiento tradicional (multicapa) que se conoce hoy en la arquitectura contemporánea.

14. Conarquitectura nº 22. Pg 86

15. Informes de la construcción, vol. 44 nº 241. Septiembre/Octubre 1992, pg 15

3.3. CERRAMIENTO PORTANTE

El muro estructural más sencillo es un plano de fábrica de ladrillo de pie y medio de espesor. A través suyo se transmiten las acciones gravitatorias que lo solicitan hasta alcanzar la cimentación y el terreno. Si el muro está sometido además a acciones de viento paralelas a su plano, se produce el mismo mecanismo de transmisión de cargas¹⁶.

La resistencia a compresión de un muro es inferior a la resistencia de la fábrica de la que está constituido. Ello se debe a los efectos de pandeo y la excentricidad de las cargas. Mientras la resultante de las cargas que actúan sobre el muro tenga una excentricidad inferior al 1/6 de su espesor, la fábrica estará sometida a unas tensiones relativamente uniformes. En cambio, cuando aumenta la excentricidad, el muro se enfrenta a mayores solicitaciones de compresión ya que una parte del muro deja de trabajar a compresión para empezar a trabajar a tracción. La esbeltez del muro (relación entre su altura y su espesor) es el factor que determina en gran medida su comportamiento resistente, pudiendo producirse agotamientos por pandeo.

Antiguamente, los muros de fábrica tenían espesores de pie y medio que permitían apoyar adecuadamente el forjado sobre el muro de cerramiento. Ello hacía que la resultante de las cargas gravitatorias tuviera una pequeña excentricidad, logrando que el muro trabaje uniformemente y con tensiones de compresión bastante bajas.

Sin embargo, este sistema constructivo queda bastante limitado, pues a partir de las 3 plantas el entramado resistente de muros portantes empieza a debilitarse. Pero existen ciertas alternativas que mejoran el comportamiento resistente de estos muros:

- **Disponer muros transversales de arriostramiento**
- **Aumentar espesor utilizando muros apilastrados**
- **Armar o postesar verticalmente los muros**

En caso de adoptar esta última solución, si aparecen tensiones de tracción, éstas serían absorbidas por la armadura. Mientras, el postesado permite centrar las cargas evitando la excentricidad de la resultante. Esta solución se utiliza preferentemente en grandes muros estructurales.

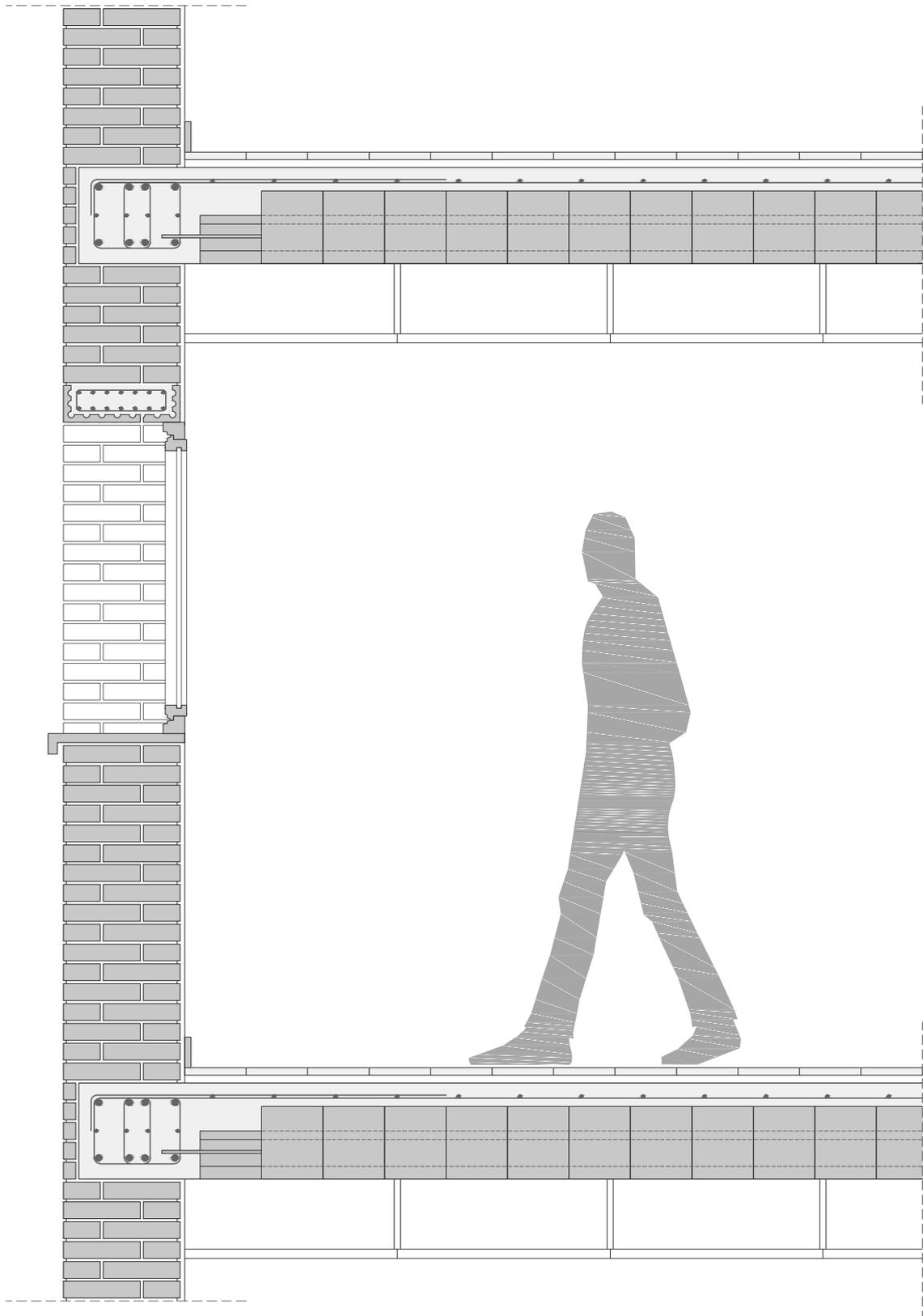
En cuanto a la apertura de huecos, hay que poner especial cuidado para que las cargas puedan ser reconducidas de nuevo al muro para que continúen su descenso hasta la cimentación. Para ello, se pueden disponer arcos de fábrica de ladrillo, aunque esta tendencia es poco común. Lo más corriente es optar por dinteles (cargaderos) de acero, hormigón armado o madera laminada. Estos elementos se apoyan en las jambas del hueco y transmiten los esfuerzos sin generar empujes laterales.

En ocasiones se recurre al armado de los tendeles del antepecho del hueco. Este armado refuerza a cortante el encuentro entre una parte del muro no sometida a esfuerzos de compresión, y otra que sí lo está, evitando de esta manera la aparición de posibles fisuras.

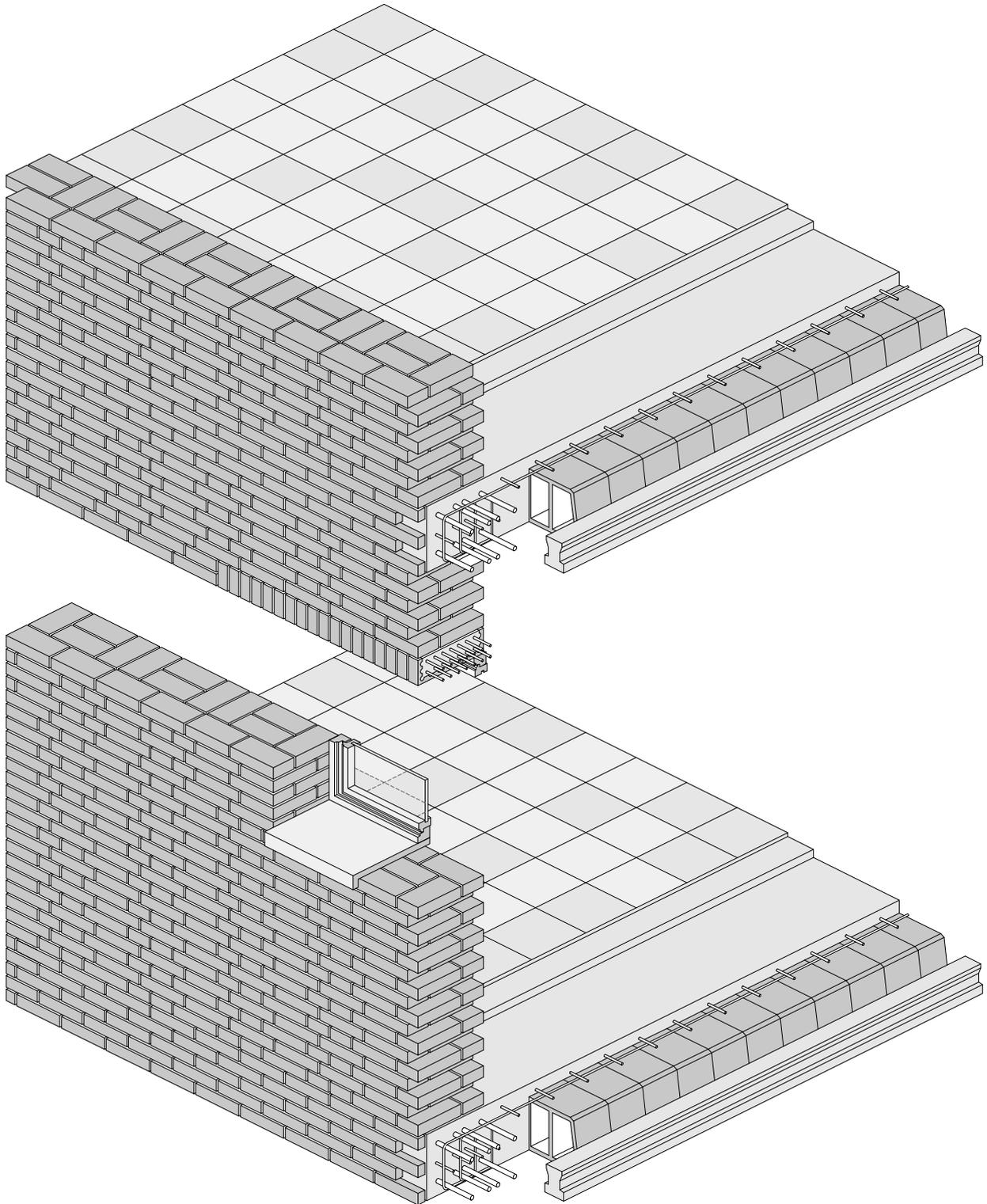
En definitiva, las estructuras de muros portantes confieren al edificio resistencia, estabilidad y rigidez suficiente que aseguran un buen comportamiento mecánico, pero con ciertas limitaciones de uso. Dentro de este sistema, cada elemento puede desempeñar una función distinta. Podemos encontrarnos ante muros que soportan cargas gravitatorias mientras que otros se encargan de los empujes de viento y el arriostramiento (atar la estructura en sus dos direcciones). Sin embargo, en zonas de actividad sísmica considerable este tipo de estructuras no son capaces de absorber esfuerzos de cortantes, por lo que no son recomendables su utilización.

16. Tectónica 15: cerramientos cerámicos. Pg 28

CERRAMIENTO PORTANTE



CERRAMIENTO PORTANTE



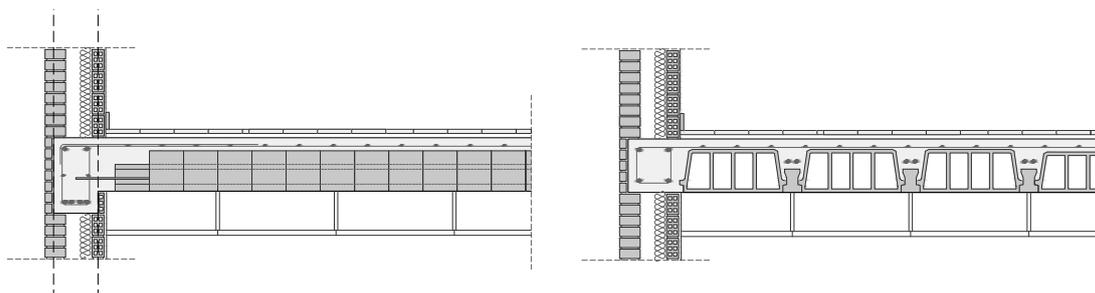
3.4. CERRAMIENTO NO PORTANTE: FACHADA TRADICIONAL CONTEMPORÁNEA

NUEVO ESCENARIO TÉCNICO Y CONSTRUCTIVO

Los cerramientos que hoy conocemos en la arquitectura contemporánea son fruto de un largo proceso de evolución de los sistemas constructivos que nos han ido dejando tipologías muy variadas, donde los cerramientos portantes han sido paulatinamente desplazados por las estructuras porticadas de acero y hormigón armado.

Los cerramientos, liberados de su función portante, se empezaron a insertar en las estructuras sin mayor investigación de su nuevo papel en un contexto constructivo que había cambiado radicalmente. La fachada ya no es parte integrante de la estructura y su función se reduce exclusivamente a la de protección contra la intemperie y de forro de la estructura.

Sin embargo, en las primeras experiencias constructivas quedaron evidentes numerosas carencias técnicas. Por una parte, los pilares de fachada debían quedar embebidos en la fábrica de ladrillo y ésta, al no ser homogénea, dificultaba la puesta en obra, siendo necesarias fábricas de diferente tizón. Por otra parte, la hoja exterior que debe pasar exenta de los pilares debía apoyarse parcialmente en el forjado para permitir el recubrimiento de los cantos, siendo este enlace agarrado con simple mortero, bastante débil. Además, en las estructuras de hormigón armado el acabado de los cantos de forjado no es perfectamente liso y vertical, siendo bastante comunes abombamientos localizados, lo que afectaba al apoyo de las fábricas de la hoja exterior¹⁷.



COMPATIBILIDAD CERRAMIENTO - ESTRUCTURA

En este nuevo modelo constructivo se supone que el cerramiento es no portante y que la transmisión de los esfuerzos se realiza a través de vigas y pilares, donde la fábrica de ladrillo se encarga únicamente de forrar y proteger nuestra estructura. Sin embargo, la realidad es otra, donde la retracción del hormigón, las deformaciones diferidas y los fenómenos de dilatación acaban haciendo trabajar la obra de fábrica.

Este fenómeno ha ido empeorando a medida que se fueron incrementando las luces de proyecto, haciendo que la estructura pierda rigidez y gane en flexibilidad. En consecuencia, se originan esfuerzos de compresión y cortante considerables que provocan lesiones importante en el cerramiento, que no estaba concebido para ello.

Con el paso del tiempo, la industria y la tecnología fue introduciendo sistemas de armado y atado de las hiladas de ladrillo que fueron mejorando su comportamiento mecánico, así como la disposición de juntas de dilatación para su libre movimiento.

17. Tectónica 15: cerramientos cerámicos. Pg 31
Dibujos de autor

FACHADA CONVENCIONAL

A día de hoy, la fachada convencional se considera una solución constructiva tradicional, se construye de fuera a dentro y se compone de:

- **Hoja exterior de medio pie de ladrillo**
- **Cámara de aire**
- **Aislamiento térmico**
- **Impermeabilización**
- **Trasdosado interior con ladrillo hueco**

La cámara de aire puede estar o no ventilada y actúa sobre todo de barrera que impide el paso del agua, si bien mejora ligeramente el comportamiento del aislante térmico. En ocasiones, se puede aplicar también un mortero hidrófugo en la cara interior de la hoja exterior, que permite que el aire circule y, además, sirve para dar mayor rigidez a la fábrica exterior.

En cuanto al aislante térmico, si el espesor es suficiente y las condiciones de humedad en el interior son estándar, no tendrían que producirse condensaciones superficiales. Por ello, en función de las exigencias climáticas, hay que tener precaución en los encuentros con pilares y frentes de forjado.

Retomando el desarrollo realizado en el apartado 1.1 sobre las funciones del cerramiento, éste se aplica igualmente a las distintas partes que componen el cerramiento en su definición del hueco, debiendo asegurar la estabilidad mecánica, estanqueidad y aislamiento en:

- **Dintel**
- **Jambas**
- **Alféizar**

El principio general en que se basa esta tipología es asegurar el trabado de la hoja exterior e interior. Para ello, hay que recurrir a un dintel único que recoja ambas hojas que asegure su estabilidad. En caso de que hoja exterior y hoja interior no entren en contacto, se pueden colocar llaves de unión que aseguren el trabazón. La condición de estanqueidad se resuelve mediante la incorporación de láminas impermeables que impiden la entrada de agua.

En este tipo de soluciones hay que tener precaución en la colocación de los ladrillos en los frentes de forjado, siendo habituales los desprendimientos. Por ello, es necesario recurrir a angulares metálicos que limiten los esfuerzos y garanticen siempre que la fábrica apoye como mínimo en al menos 2/3 de su espesor.

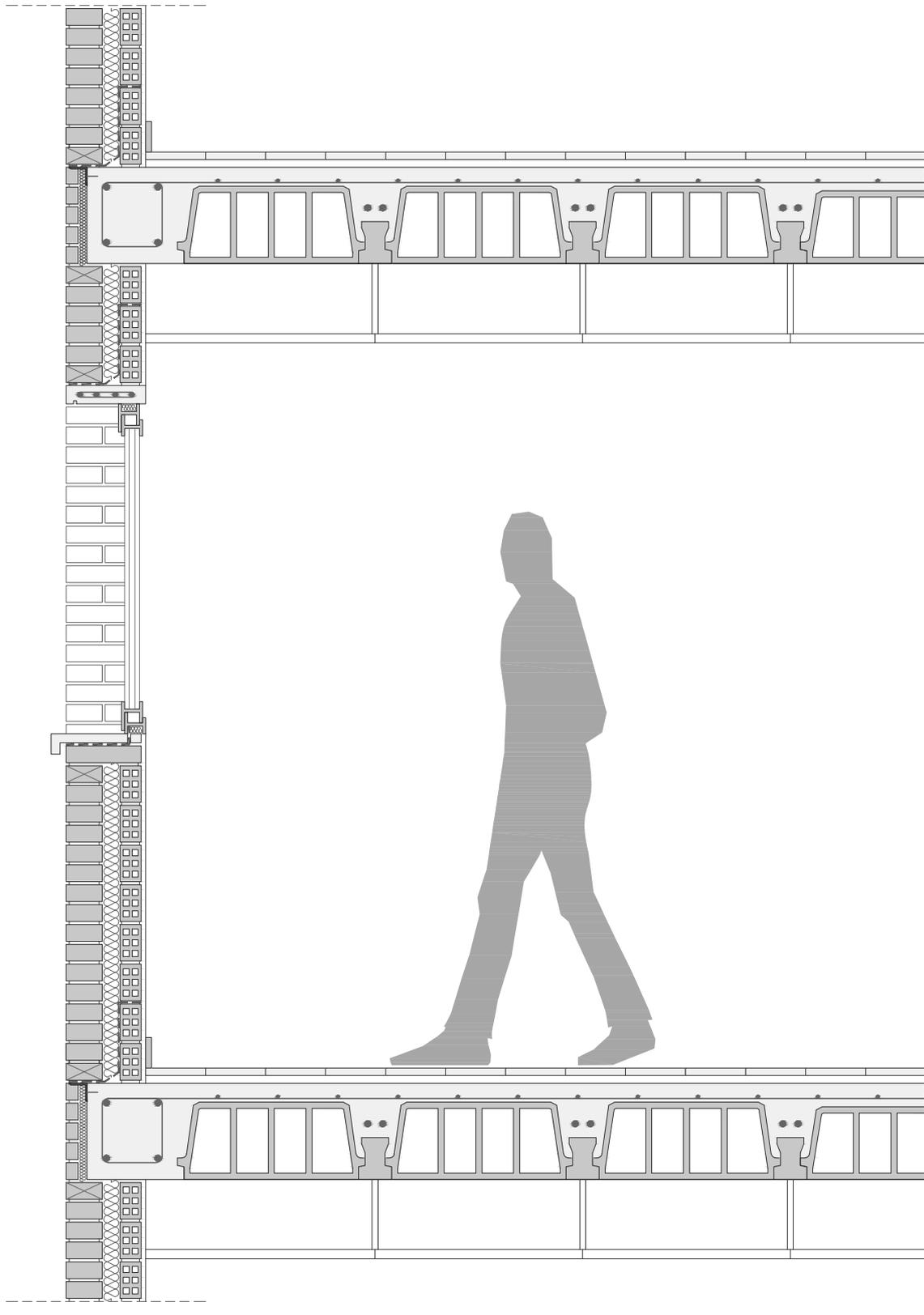
LIMITACIONES¹⁸

- **Protección térmica**
- **Estanqueidad**
- **Estabilidad**

En los primeros años de desarrollo de esta tipología se cometieron errores por la ignorancia del comportamiento de esta solución. Por ejemplo, los elementos de aislamiento quedaban sueltos, lo que anulaba completamente su función al moverse el aire a su alrededor. Puesto que esta tipología se construye desde fuera hacia dentro, una correcta disposición del aislante resulta difícil. Los problemas de estabilidad se pueden resolver mediante angulares en los frentes de forjado de cada planta, pero resultan insalvables los abombamientos en estas zonas, lo que no garantiza una perfecta planeidad de la fachada. Por último, la estanqueidad puede quedar comprometida en los encuentros con pilares y forjados debido a deformaciones relativas.

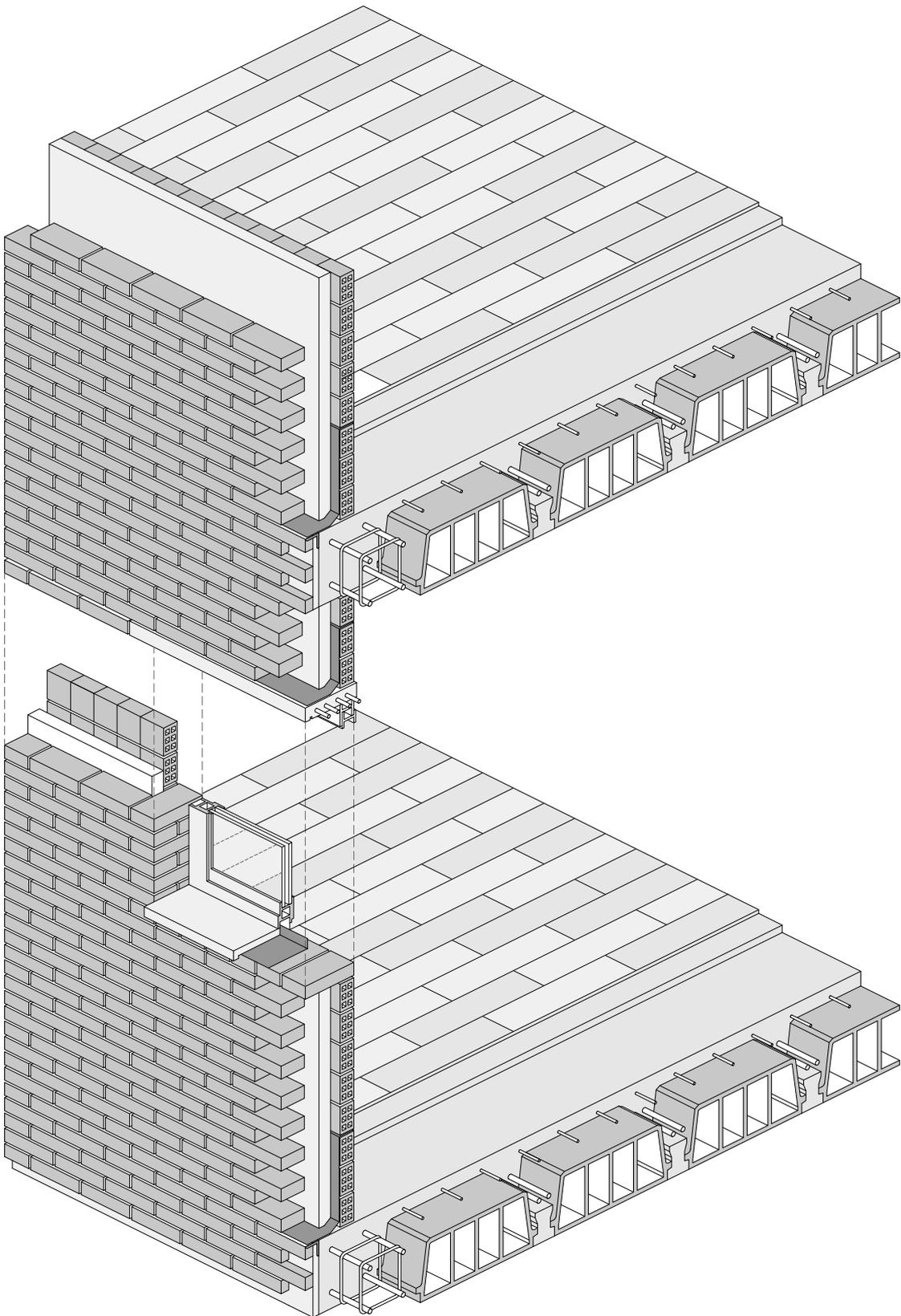
¹⁸. La fachada de ladrillo. Ignacio Paricio. Pg 11

FACHADA CONVENCIONAL SIN CÁMARA DE AIRE

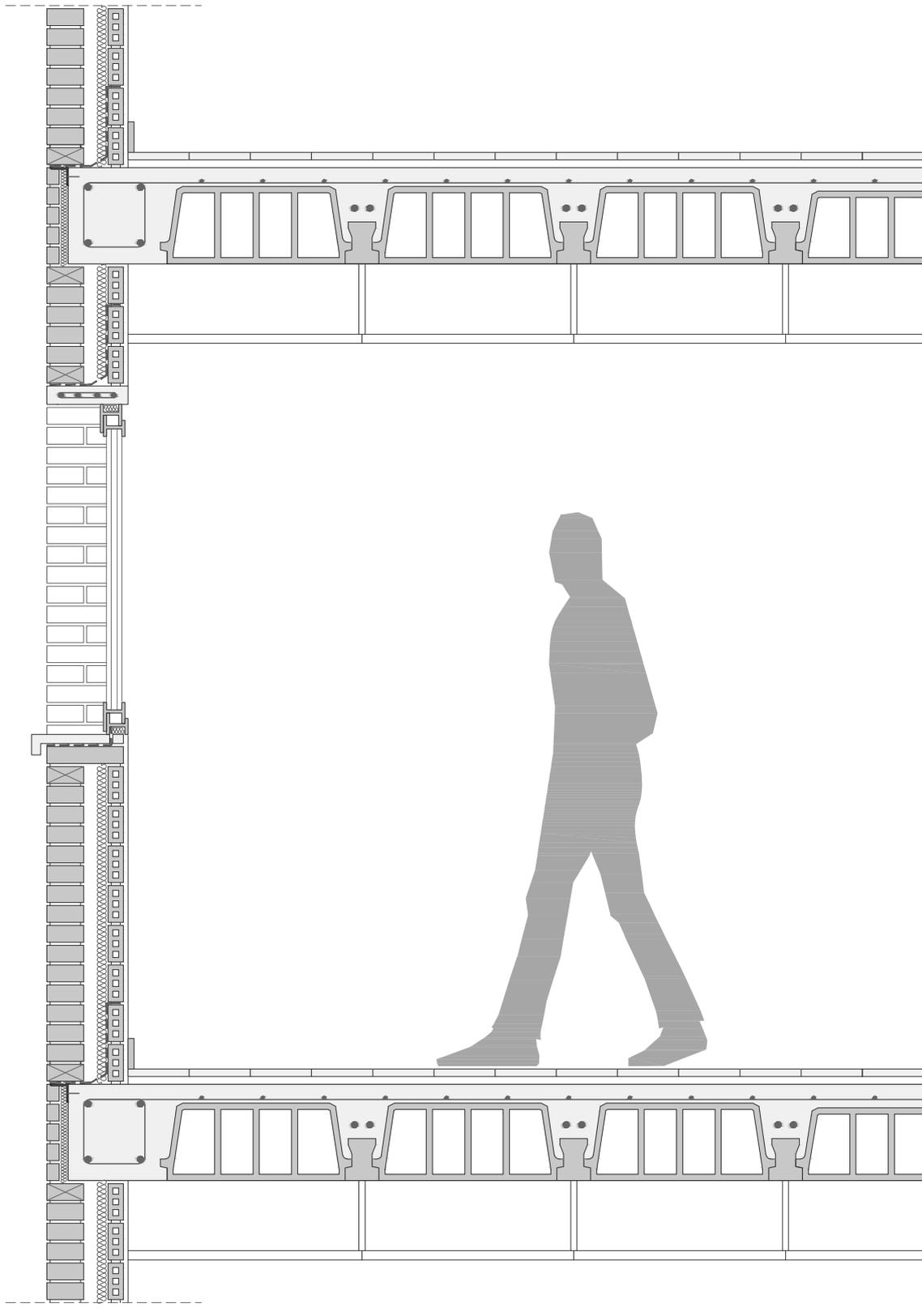


Dibujo de autor

FACHADA CONVENCIONAL SIN CÁMARA DE AIRE

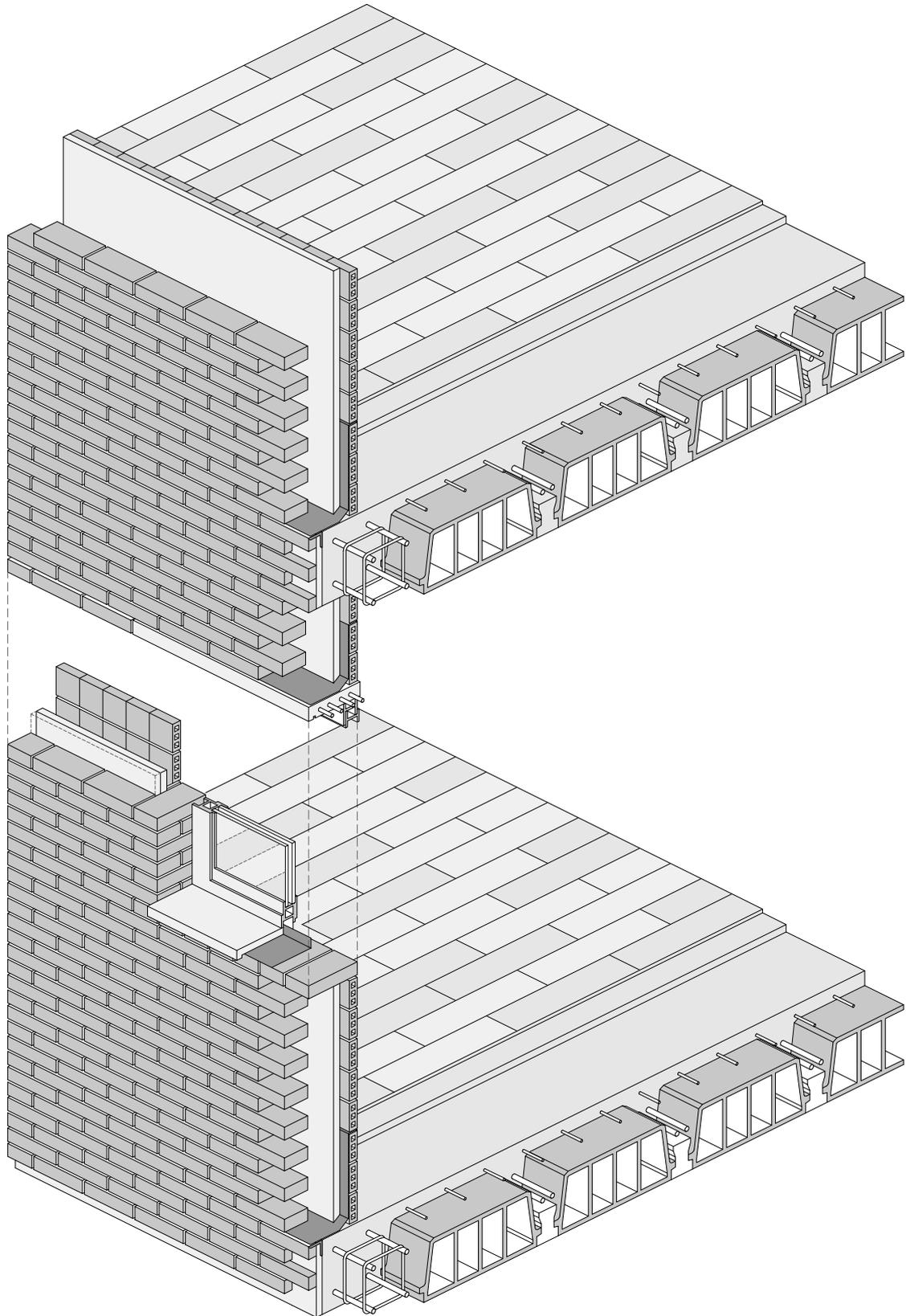


FACHADA CONVENCIONAL CON CÁMARA DE AIRE



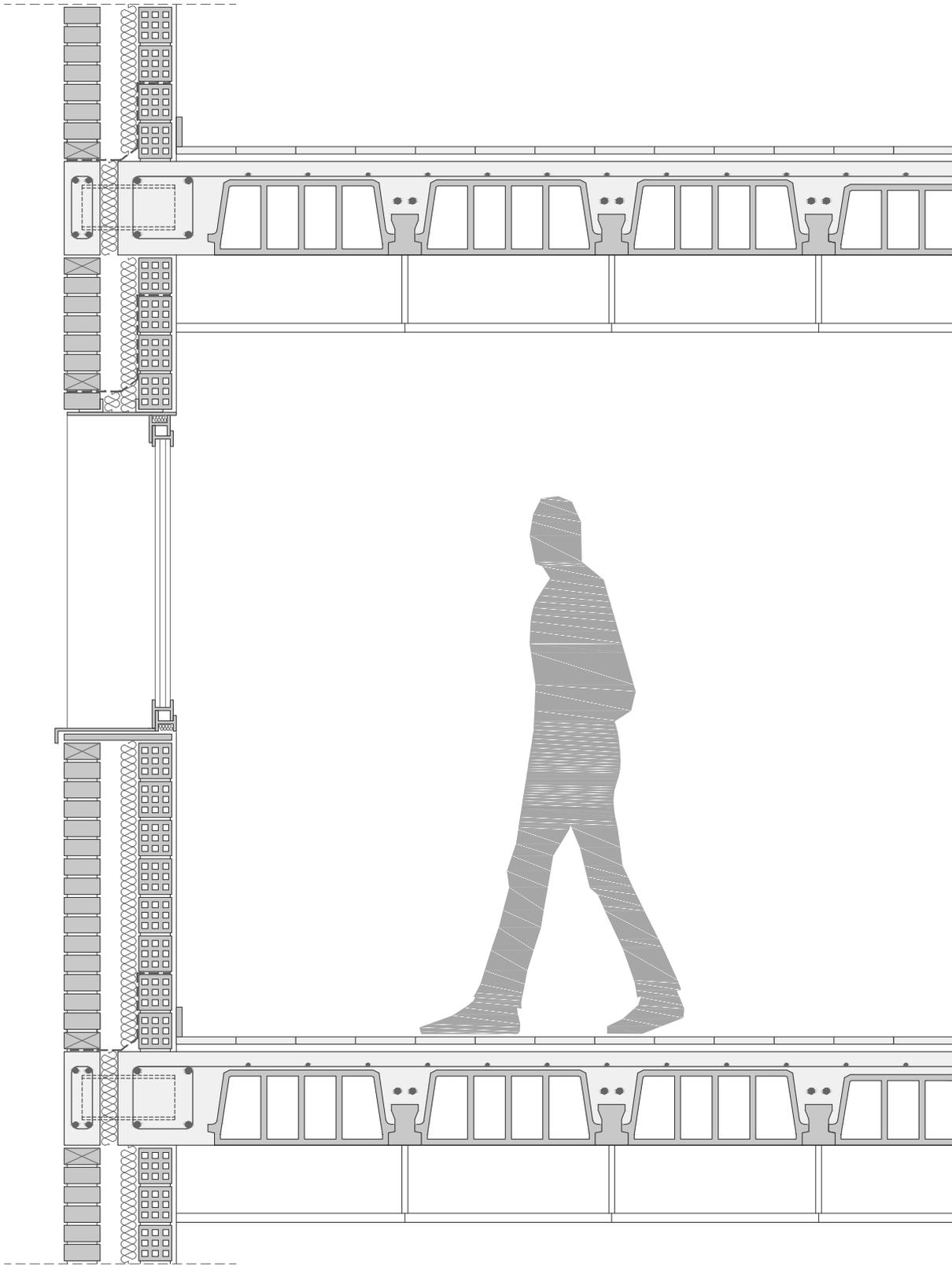
Dibujo de autor

FACHADA CONVENCIONAL CON CÁMARA DE AIRE



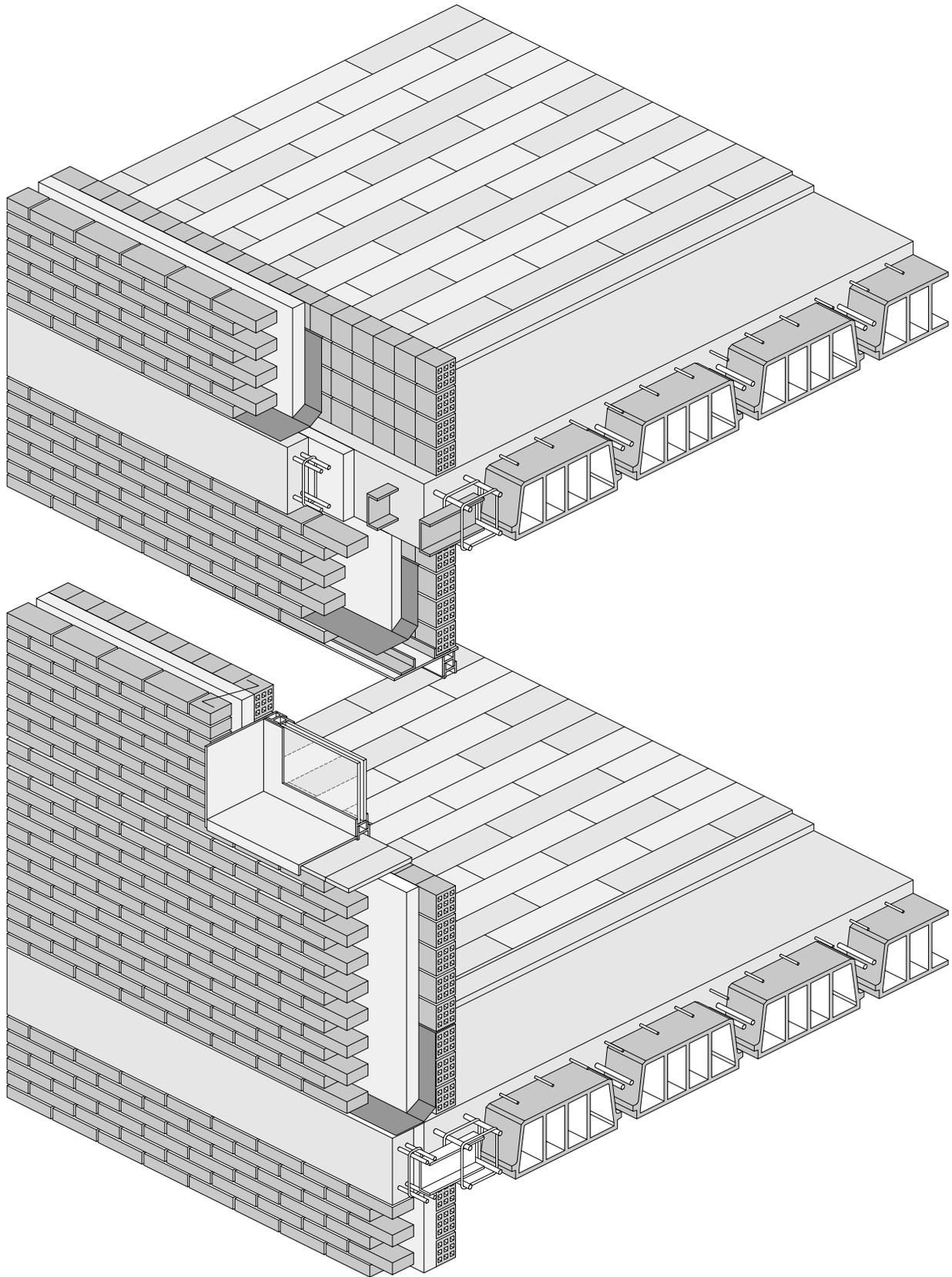
FACHADA CONVENCIONAL: CANTOS DE FORJADO VISTOS

Cuando el diseño compositivo quiere manifestar los cantos de forjados, se puede sugerir esta solución constructiva que cumple con las exigencias de estabilidad, aislamiento y estanqueidad.



Dibujo de autor

FACHADA CONVENCIONAL: CANTOS DE FORJADO VISTOS



FACHADA VENTILADA

Para hacer frente a los problemas de la fachada convencional (hoja exterior inserta en la estructura), ésta evoluciona hacia la progresiva separación de las dos hojas hasta separarlas por completo. Así pues, la hoja exterior discurre por delante del forjado, dejando en su cara interior una cámara ventilada en toda la altura de la fachada. La composición del cerramiento es idéntica a la del cerramiento convencional, sólo que en este caso, se modifica la disposición de los distintos elementos. Por tanto, habrá que tener en cuenta otras consideraciones para asegurar su estabilidad, estanqueidad y aislamiento.

En este caso, un aspecto fundamental va a ser garantizar el libre movimiento de esta hoja exterior. Su gran superficie de exposición, su esbeltez y su comportamiento mecánico exigen una gran libertad de movimientos diferenciales respecto de la hoja interior y de los elementos estructurales¹⁹. Por tanto, en esta tipología, hoja exterior e interior se convierten en dos elementos constructivos con funciones y relaciones distintas respecto al edificio. Ello se aplica también en la definición del hueco, donde por ejemplo, la disposición del dintel se compone de dos cargaderos separados. En el alféizar, se suelen recurrir a chapas metálicas para no tener que colocar láminas impermeables, puesto que hoja exterior y hoja interior no pueden entrar en contacto. A partir de aquí, podemos desarrollar dos tipologías distintas.

La hoja interior forma parte de la estructura del edificio y se apoya en él. Puede desarrollar una función portante recibiendo las cargas del forjado, o bien reducirse a una simple función de *cerramiento*. En cualquiera de los dos casos, la hoja interior queda apoyada en el forjado, y su enlace ha de garantizar la estanqueidad al tratarse de un elemento que nos separa del exterior.

En general, la hoja interior puede componerse de un ladrillo macizo acompañado de un ladrillo hueco doble, un ladrillo triple hueco o únicamente de un bloque de hormigón, de manera que el espesor sea mayor a los 15 cm y tenga un mínimo de estabilidad.

La hoja exterior se entiende como una envolvente de la fachada, siendo ésta un elemento independiente de libre movimiento. Su función se reduce a cumplir exigencias proyectuales y de diseño, de manera que esta cara exterior es la que define la forma, color, textura e imagen de nuestro edificio. Por tanto, no es necesario que tenga un espesor considerable²⁰.

Sin embargo, dada la esbeltez que puede adoptar esta hoja exterior, resulta imprescindible garantizar la estabilidad mecánica frente a los empujes de viento. Para ello, se recurre a una subestructura de perfiles metálicos que ancla la hoja exterior a la hoja interior (llaves de atado).

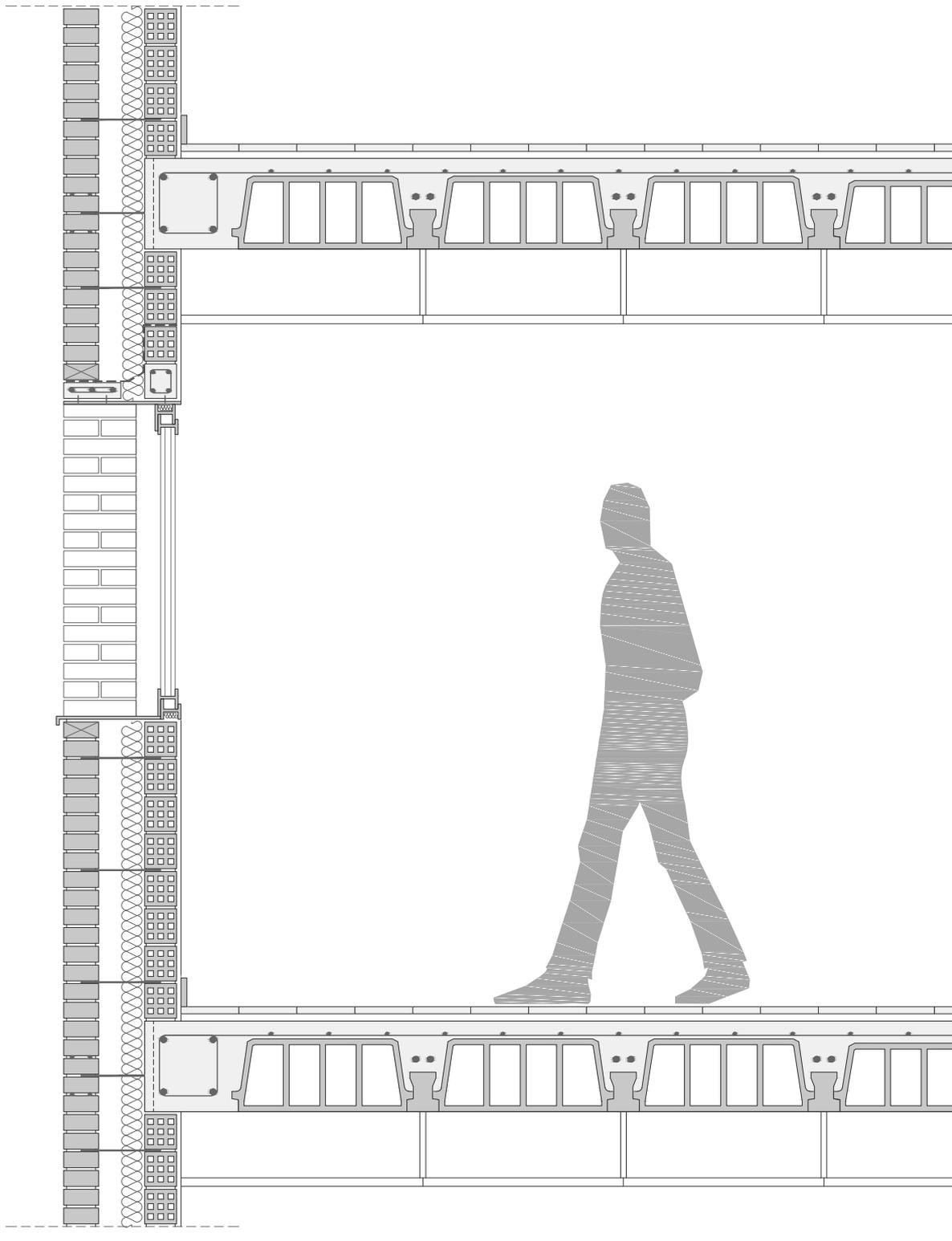
En cuanto a la ventilación de la cámara, ésta se consigue mediante aperturas situadas en la base y en la cima de la fachada. Si está lo suficientemente ventilada, permite eliminar el vapor de agua que se transmite desde el interior a través del trasdosado y el aislamiento. A su vez, evita también el sobrecalentamiento del aire interior mejorando el comportamiento térmico en verano.

Para concluir, esta tipología constructiva ha evolucionado hacia un tipo de fachada en el que el muro de fábrica de ladrillo exterior tiende a adelgazarse hasta convertirse en un revestimiento de placas cerámicas, o un sistema de aplacado de piedra, en el que las piezas se fijan mecánicamente a la hoja interior mediante una subestructura metálica.

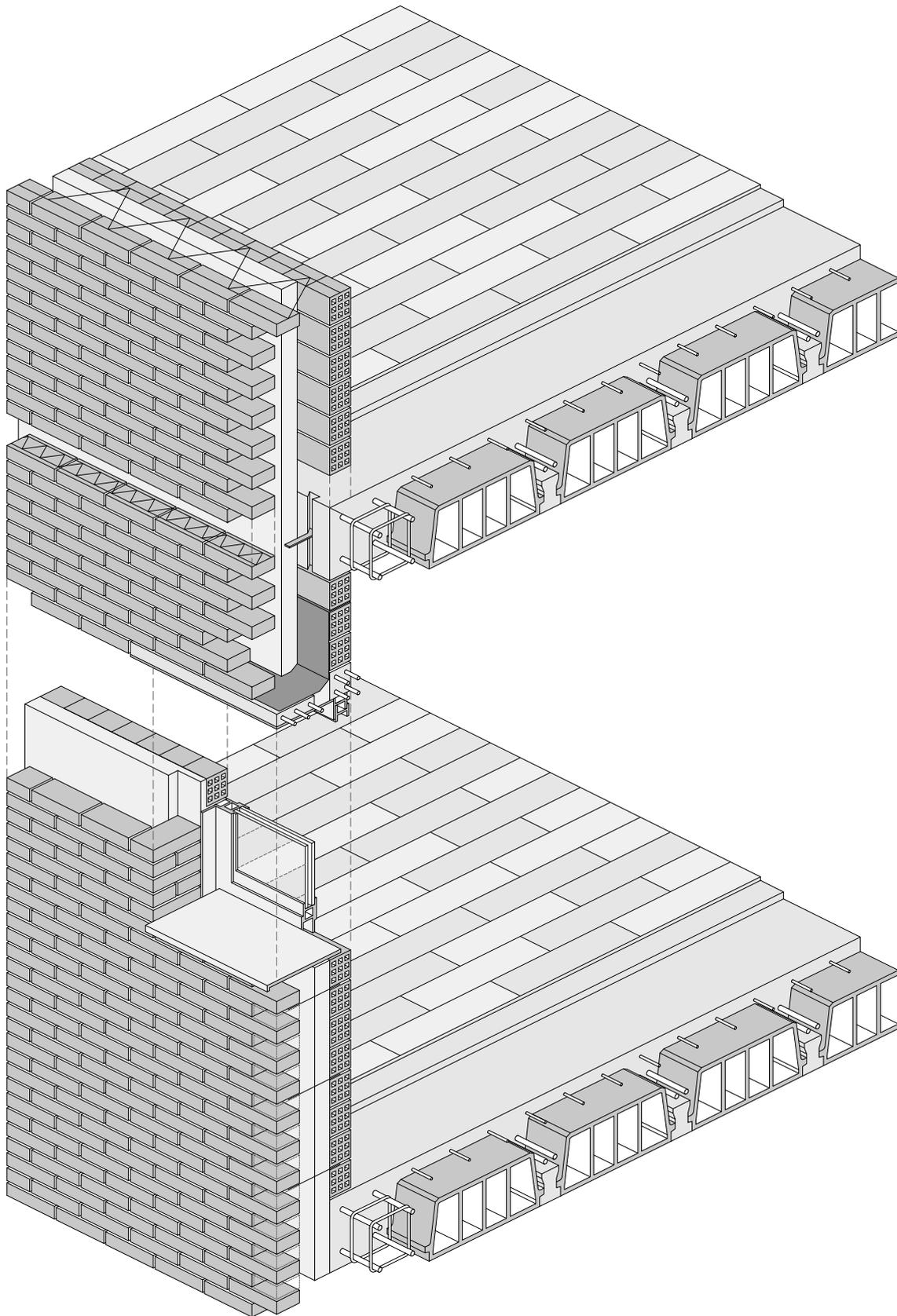
19. La fachada de ladrillo. Ignacio Paricio. Pg 14

20. La fachada de ladrillo. Ignacio Paricio. Pg 22

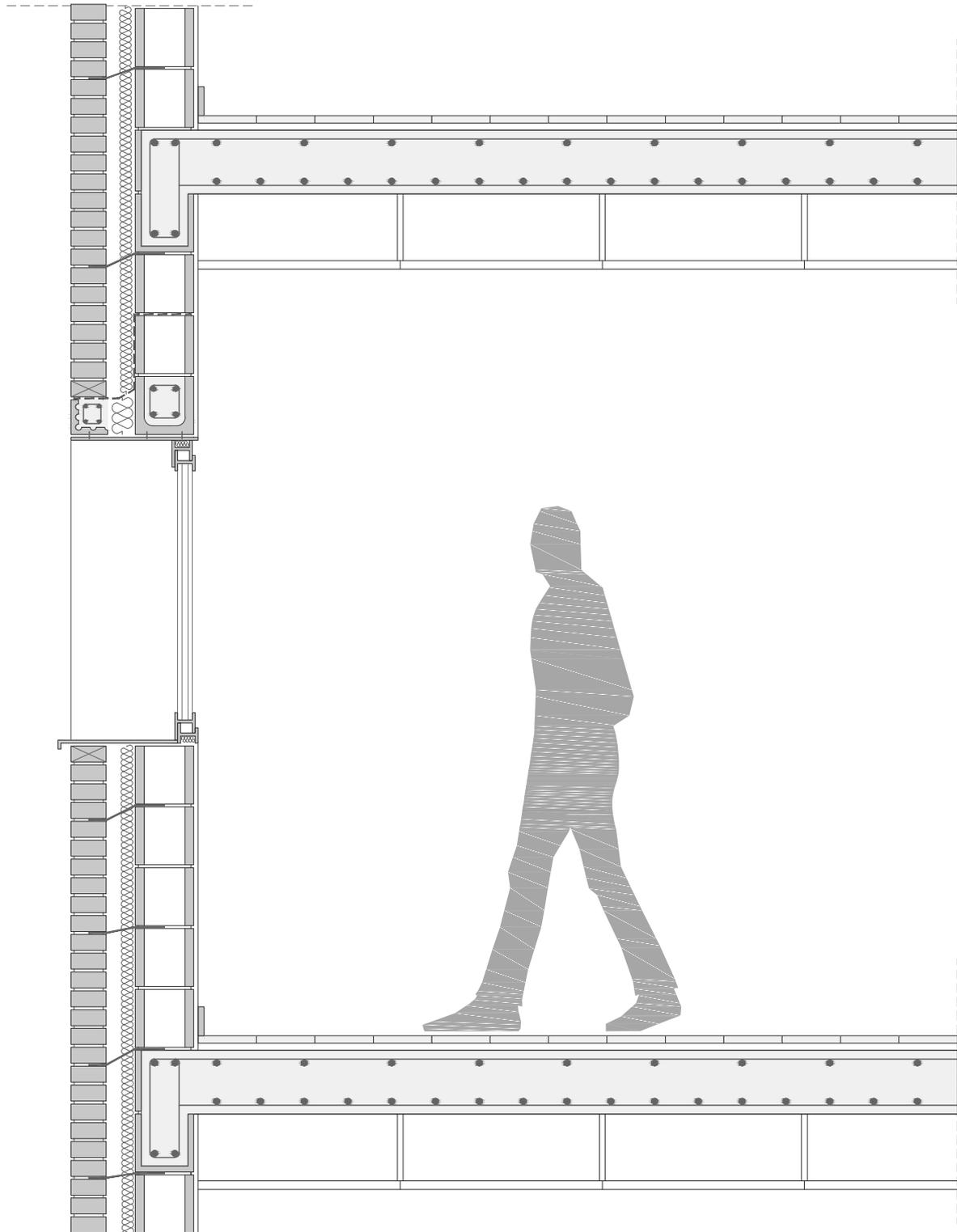
FACHADA VENTILADA: HOJA INTERIOR NO PORTANTE



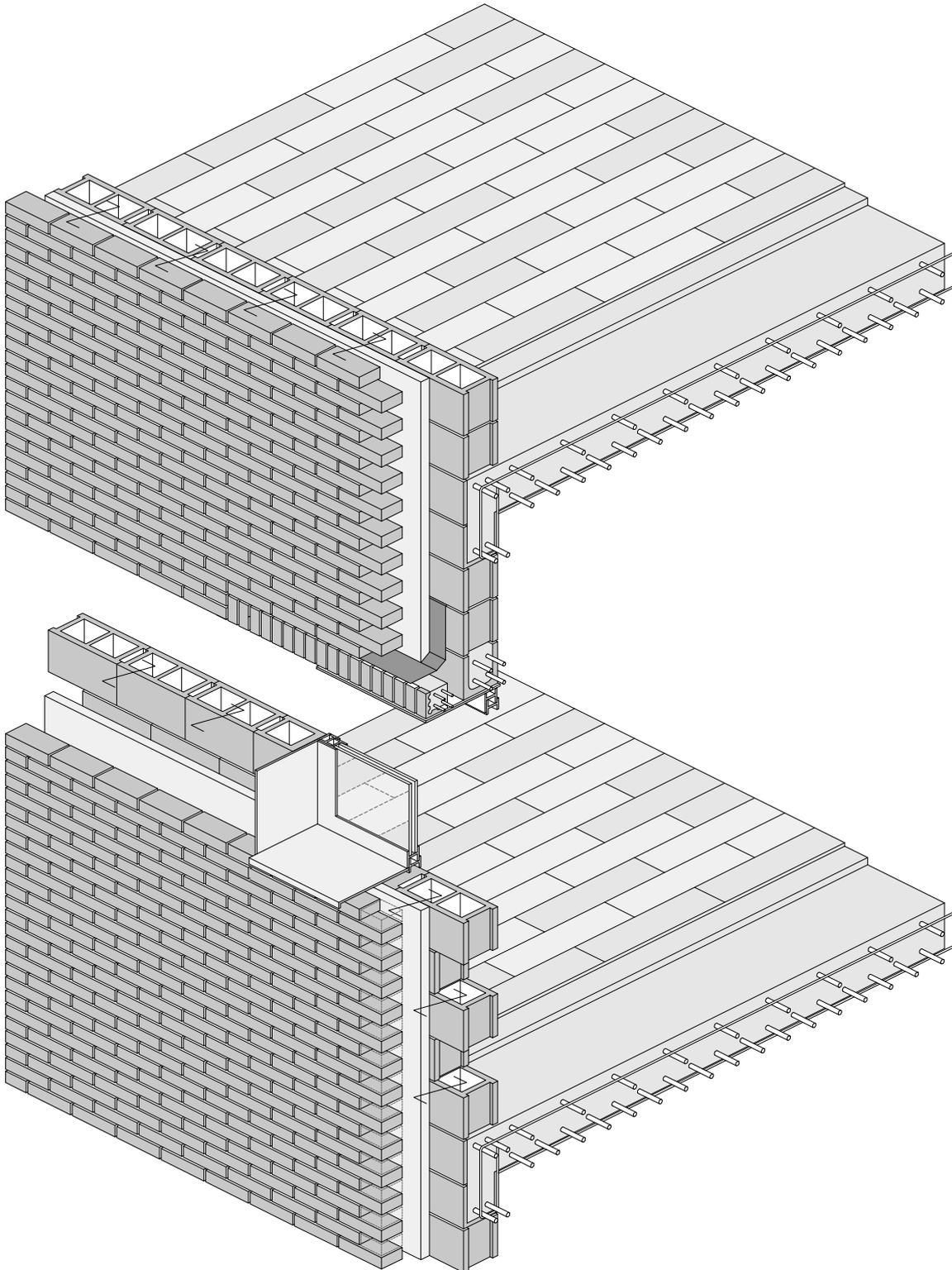
FACHADA VENTILADA: HOJA INTERIOR NO PORTANTE



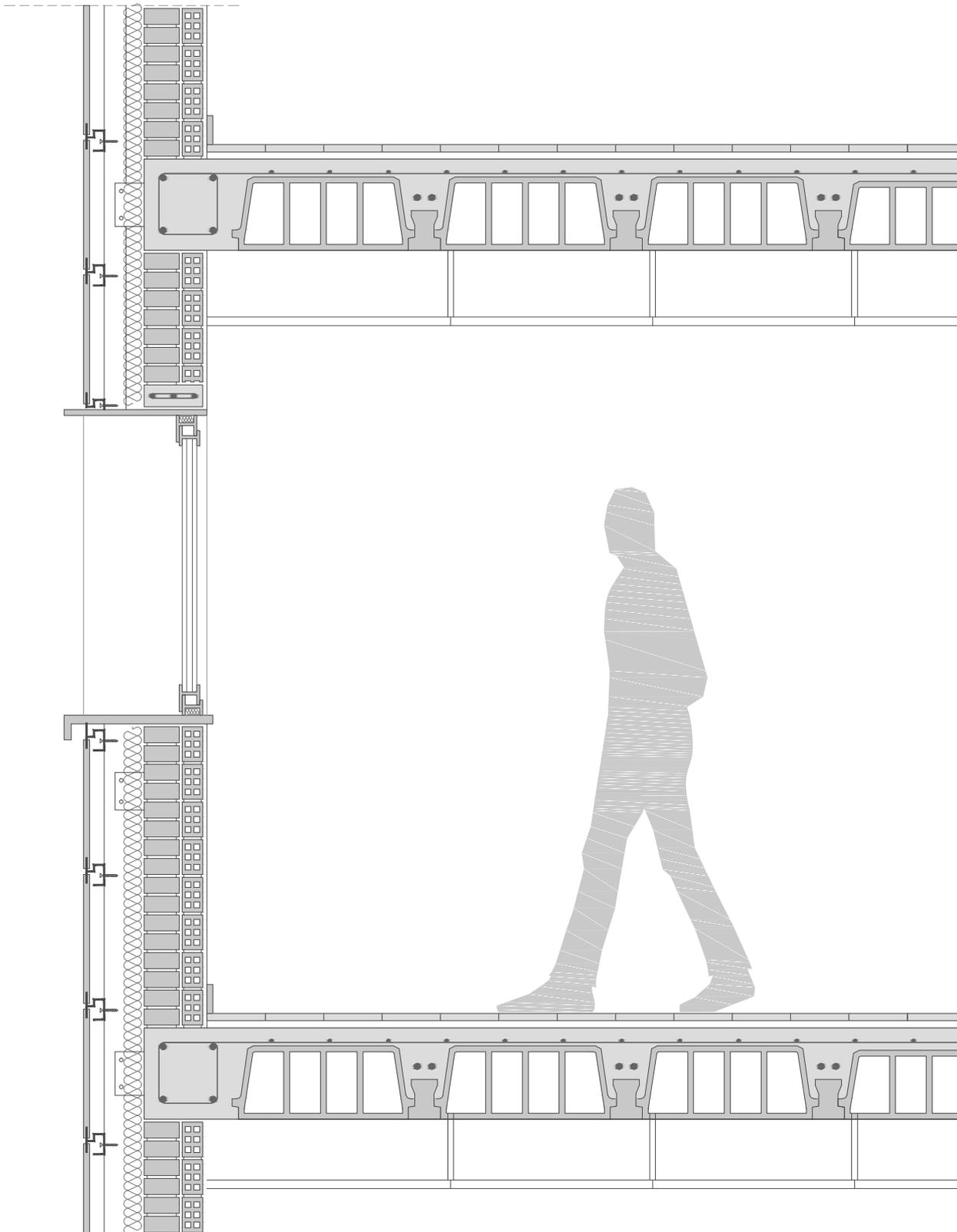
FACHADA VENTILADA: HOJA INTERIOR PORTANTE



FACHADA VENTILADA: HOJA INTERIOR PORTANTE



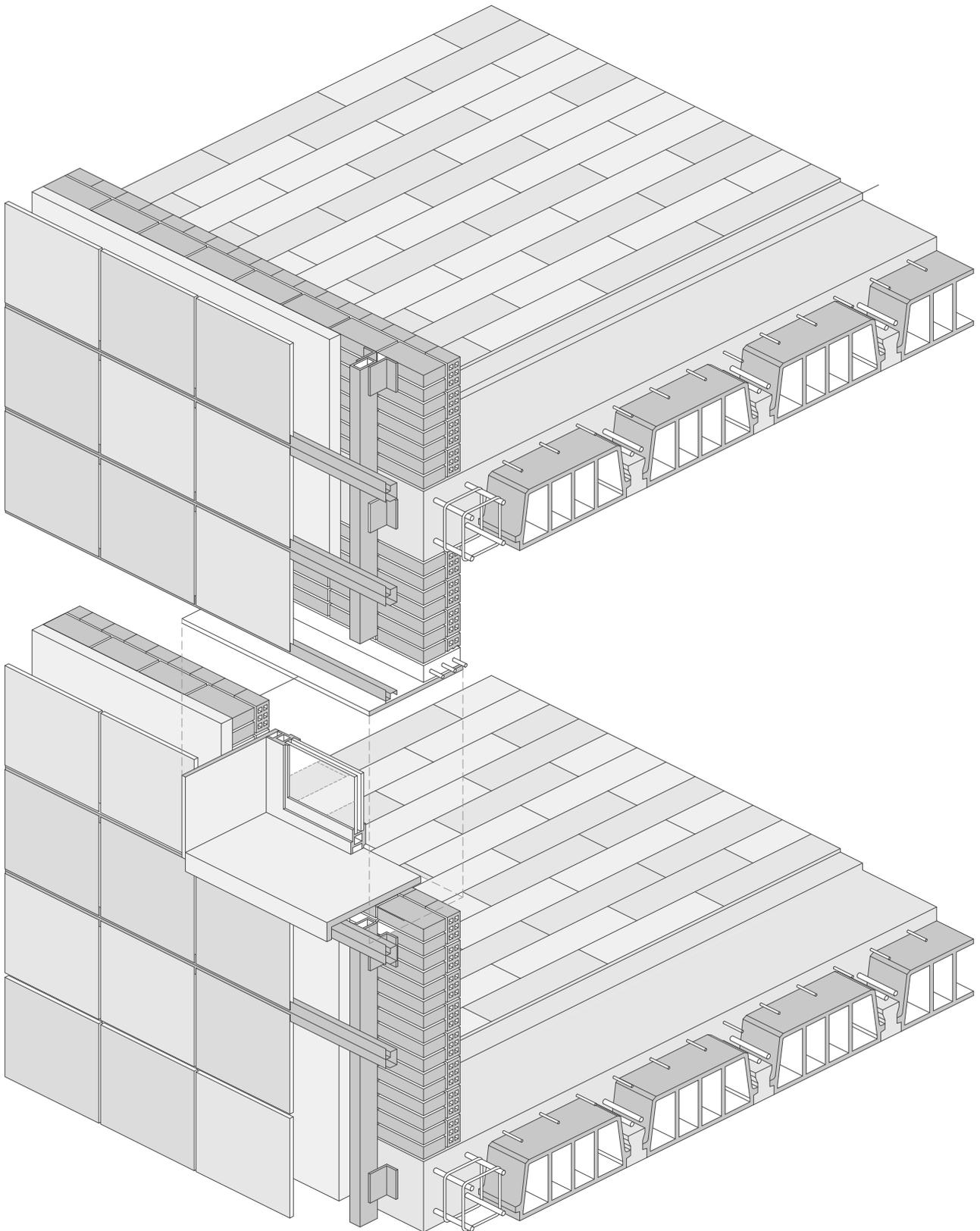
FACHADA VENTILADA: APLACADO



Dibujo de autor

HAMZAOUI, HASSAN

FACHADA VENTILADA: APLACADO



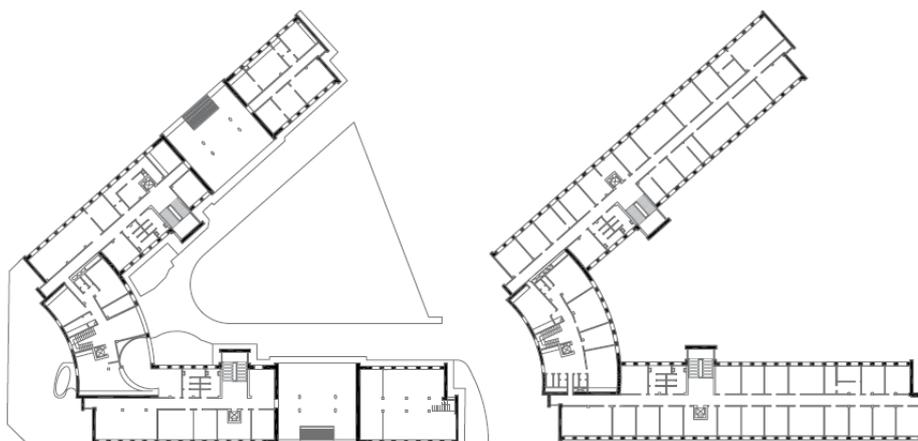
3.5. LA HERENCIA DE GRANDES MAESTROS

MIGUEL FISAC

INSTITUTO DE MICROBIOLOGÍA RAMÓN Y CAJAL , MADRID (1949-1956)²¹

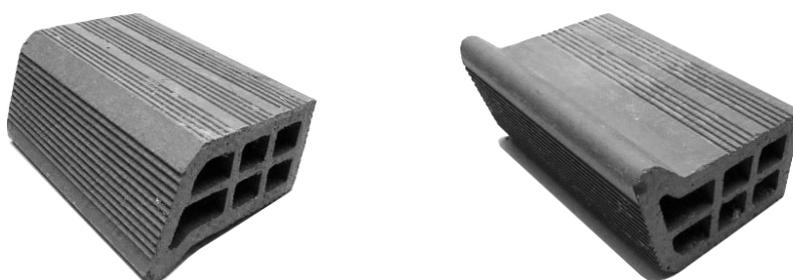
En un lugar próximo al campus del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pero fuera del recinto, en la esquina que forman las calles Velázquez y Joaquín Costa, este organismo quiso levantar un instituto de microbiología, para lo cual encargó en 1949 el proyecto a Miguel Fisac.

Para ello, Fisac concibe un edificio con planta en V ajustado a las alineaciones de las dos calles, que corta su vértice mediante un cuerpo de mayor altura y curvatura cóncava hacia el exterior dejando un gran patio ajardinado y abierto hacia el mediodía. Las dos alas longitudinales alojan los laboratorios, en tanto que el torreón curvo contiene las dependencias para los animales de experimentación, de forma que se establece una clara separación en tres bloques edificados que funcionan de modo independiente aunque enlazados en algunas de las plantas.



Tanto la piel visible de este volumen central y los pliegues que iluminan los pasillos de los dos bloques de laboratorios están contruidos en ladrillo macizo y aparejado con llaga rehundida. Mientras, todas las caras fenestradas de los bloques laterales y el lado interior del torreón se cierran con un tipo de ladrillo hueco diseñado por el propio Fisac.

Este invento es la primera patente de una larga serie de indagaciones que hace Miguel Fisac en la búsqueda de un lenguaje coherente con las nuevas técnicas constructivas, y nace de la reflexión acerca de las fachadas cuando ya han perdido su sentido estructural y masivo al colgarse de una estructural portante porticada. Ve carente de sentido el emplear el pesado ladrillo macizo para asegurar el necesario aislamiento, pero por otro lado no quiere renunciar al uso de la cerámica, un material seguro y más económico que las elementos prefabricadas de metal, plástico o madera. Estudia entonces un ladrillo hueco con la cara exterior inclinada y rematada con un goterón que produce el solape de cada hilada con la inferior.



21. Fundación Miguel Fisac. www.fundaciónfisac.org

De ese modo se garantiza la estanqueidad ante la lluvia y se consigue una presencia plástica "interesante", que acusa la naturaleza ligera de tales lienzos y recuerda en cierto modo al entablado de las construcciones nórdicas en madera. El aislamiento se consigue mediante una cámara rellena de aislante y un doblado interior del muro con rasilla. Entre ambas capas se insertan las ventanas de madera pintadas de blanco que tienen la peculiaridad de ser basculantes y formadas por dos vidrios que alojan entre ambos una cámara que contiene la persiana graduable.



Imagen 7 - 8: Instituto de microbiología Ramón y Cajal. Miguel Fisac (1948-1956)

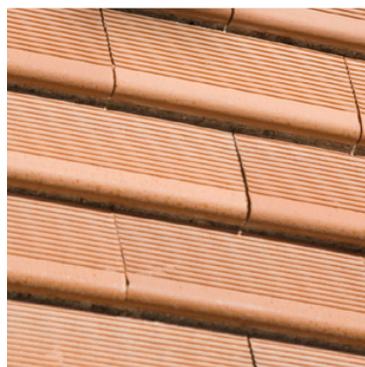
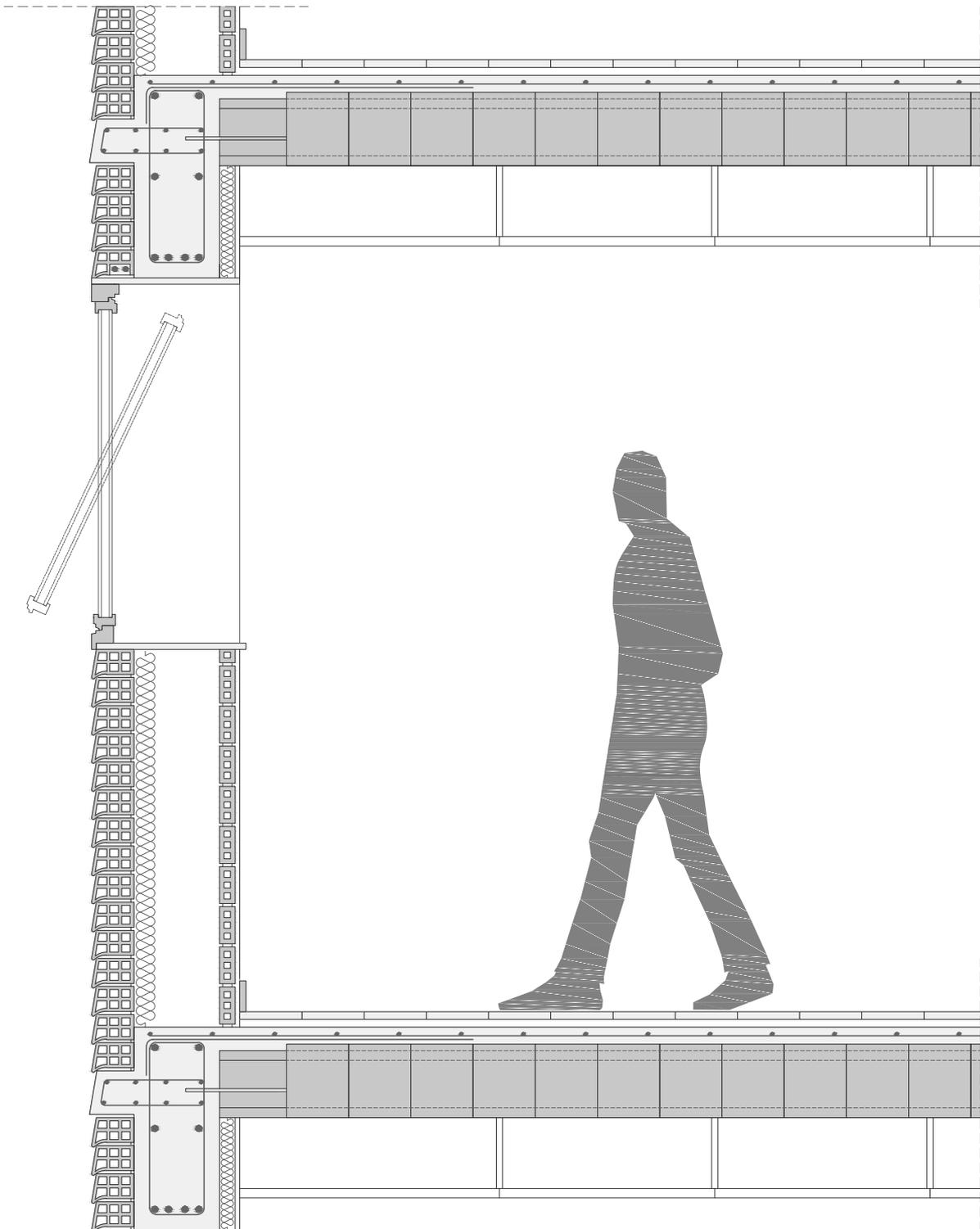


Imagen 9 - 10 - 11: Instituto de microbiología Ramón y Cajal. Miguel Fisac (1948-1956)

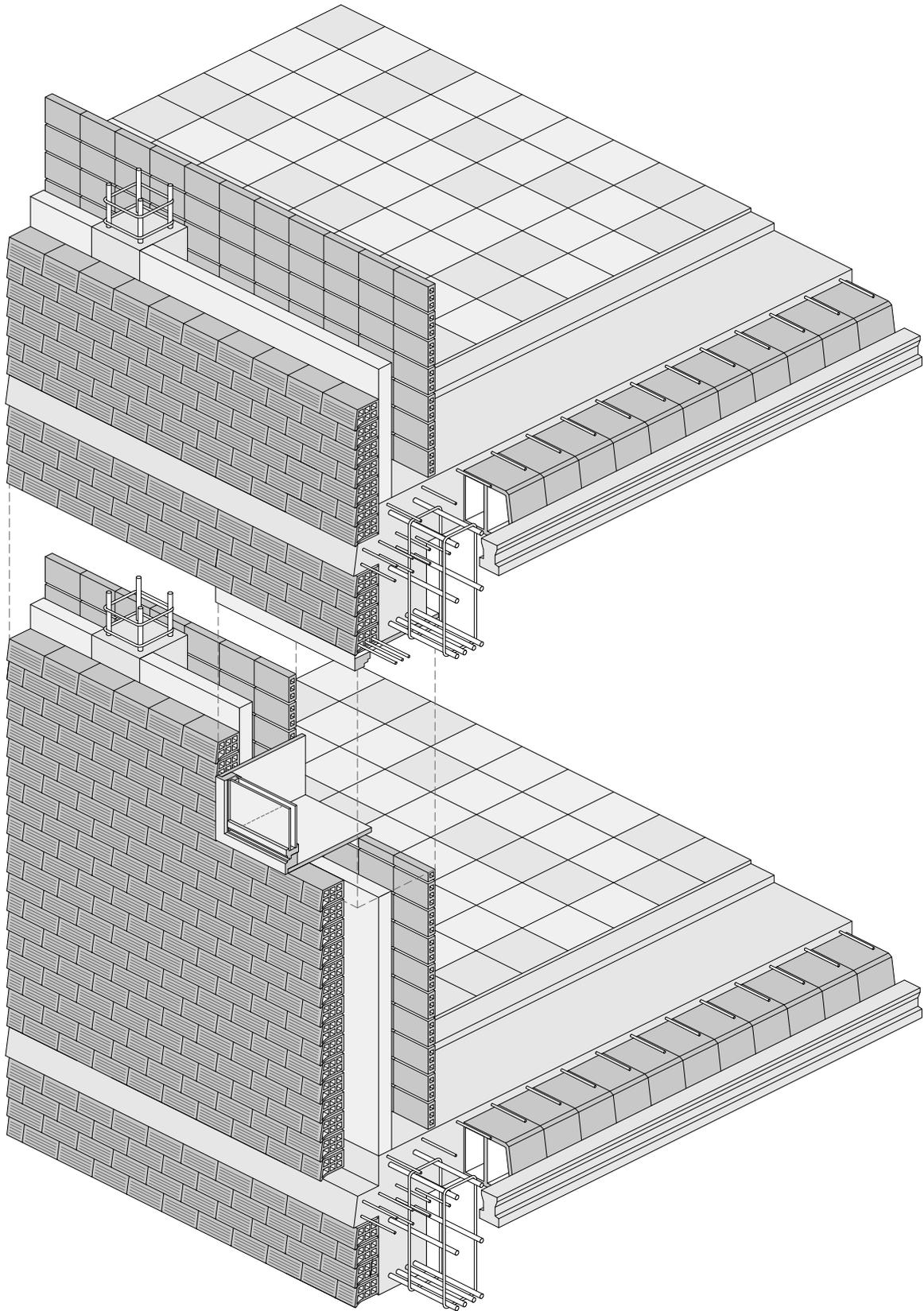
CERRAMIENTO INSTITUTO DE MICROBIOLOGÍA RAMÓN Y CAJAL, MIGUEL FISAC



Dibujo de autor

HAMZAQUI, HASSAN

CERRAMIENTO INSTITUTO DE MICROBIOLOGÍA RAMÓN Y CAJAL, MIGUEL FISAC



FRANCISCO DE ASÍS CABRERO

CASA SINDICAL (1948-1956)²²

En 1948 se convocó el concurso para la Casa Sindical con el fin de alojar la sede del sindicato único del Régimen, actual MINISTERIO DE SANIDAD. El solar se encontraba en el paseo del Prado, frente al Museo. Fue una ocasión única en una España dedicada a la reconstrucción, y se presentaron muchos de los arquitectos más ilustres del momento: Coderch, Aburto y Corrales, entre otros.

Francisco Cabrero respondió con un edificio que quería ser al tiempo, institucional y moderno. Lo primero lo requería el encargo, lo segundo sus convicciones. Para resolver esta innegable contradicción de fondo recurrió a una solución que había visto en Italia, que no había utilizado antes y que hará, como veremos, estilísticamente suya.

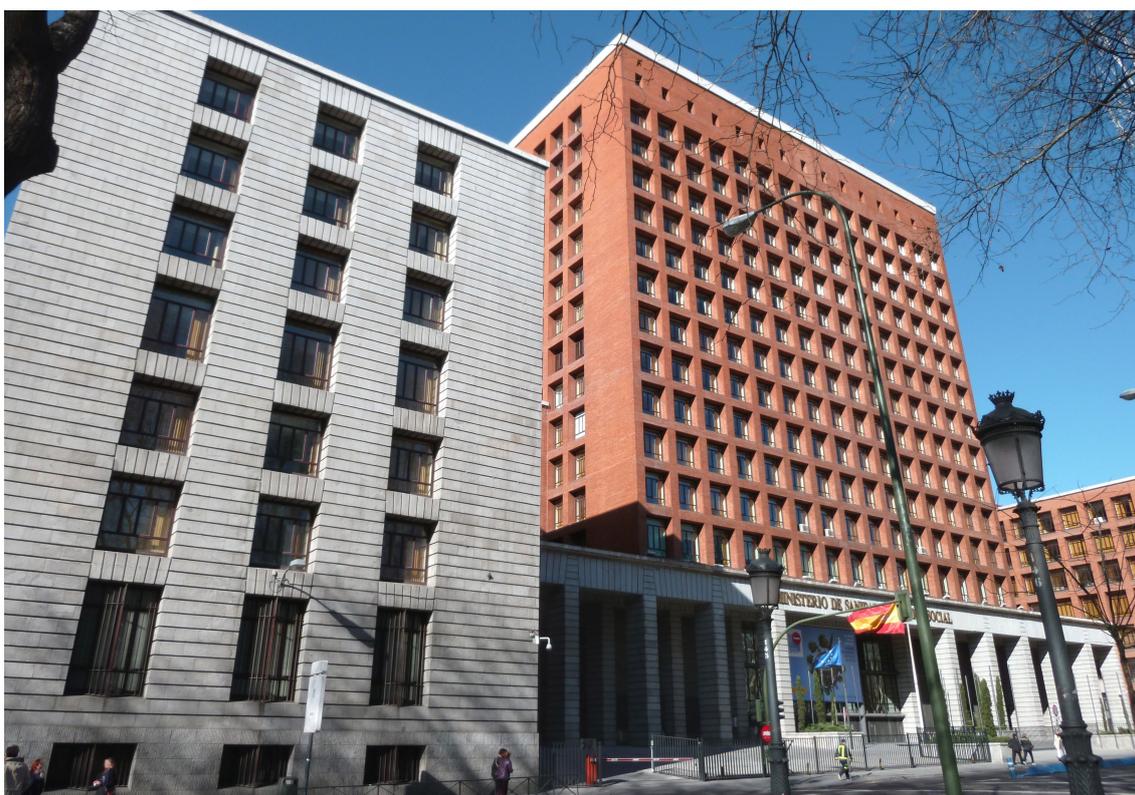


Imagen 12: Casa Sindical, actual MINISTERIO DE SANIDAD. Francisco de Asís Cabrero (1948-1956)

La condición institucional la consigue mediante la disposición: una composición en 5 cuerpos, el central mucho más alto y retranqueado, un vacío a cada lado y en los extremos unos cuerpos de dimensiones semejantes a las casas vecinas. Se trata de una respuesta ajustada al entorno.

La fachada es reflejo de una planta ordenada como la suma de partes funcionales diversas. En fachada, una cuadrícula abstracta en la que las líneas horizontales y verticales tienen el mismo ancho nos hace hablar de huecos más que de ventanas. Así pues, se trata de una búsqueda de sinceridad volumétrica, equilibrio de masas, simplicidad formal, proporción y orden geométrico. La influencia del racionalismo Italiano (Terragni) se encuentra presente.

Para ello, los materiales escogidos son, en palabras de la propia memoria: ' estructura de acero; fachadas de sólido basamento de granito, sobre el que descansa el gran cuerpo central de fábrica de ladrillo, verdadero dominador del conjunto; remates de piedra blanca de Colmenar.

22. Francisco de Asís Cabrero. Legado 02. Fundación COAM. Pg 40

En fachada, la retícula de acero se reviste directamente con ladrillo cerámico fabricado especialmente para esta obra, de dimensiones 30,0 x 8,0 x 4,0 colocado a soga y solape a 1/4. El basamento del edificio se termina en granito, siendo el pórtico de acceso la pieza importante, con despiece horizontal en pilastras y vertical en dinteles que se adovelan al llegar al soporte.

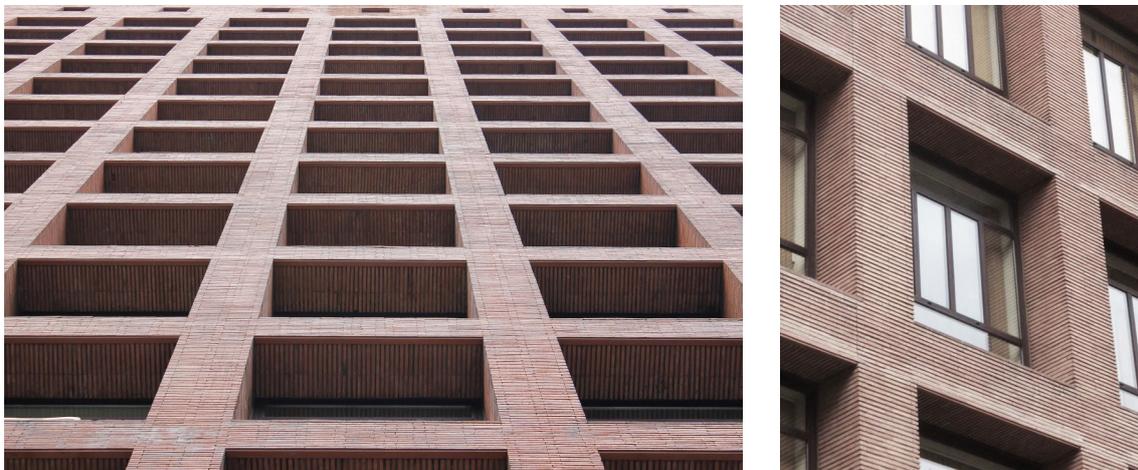
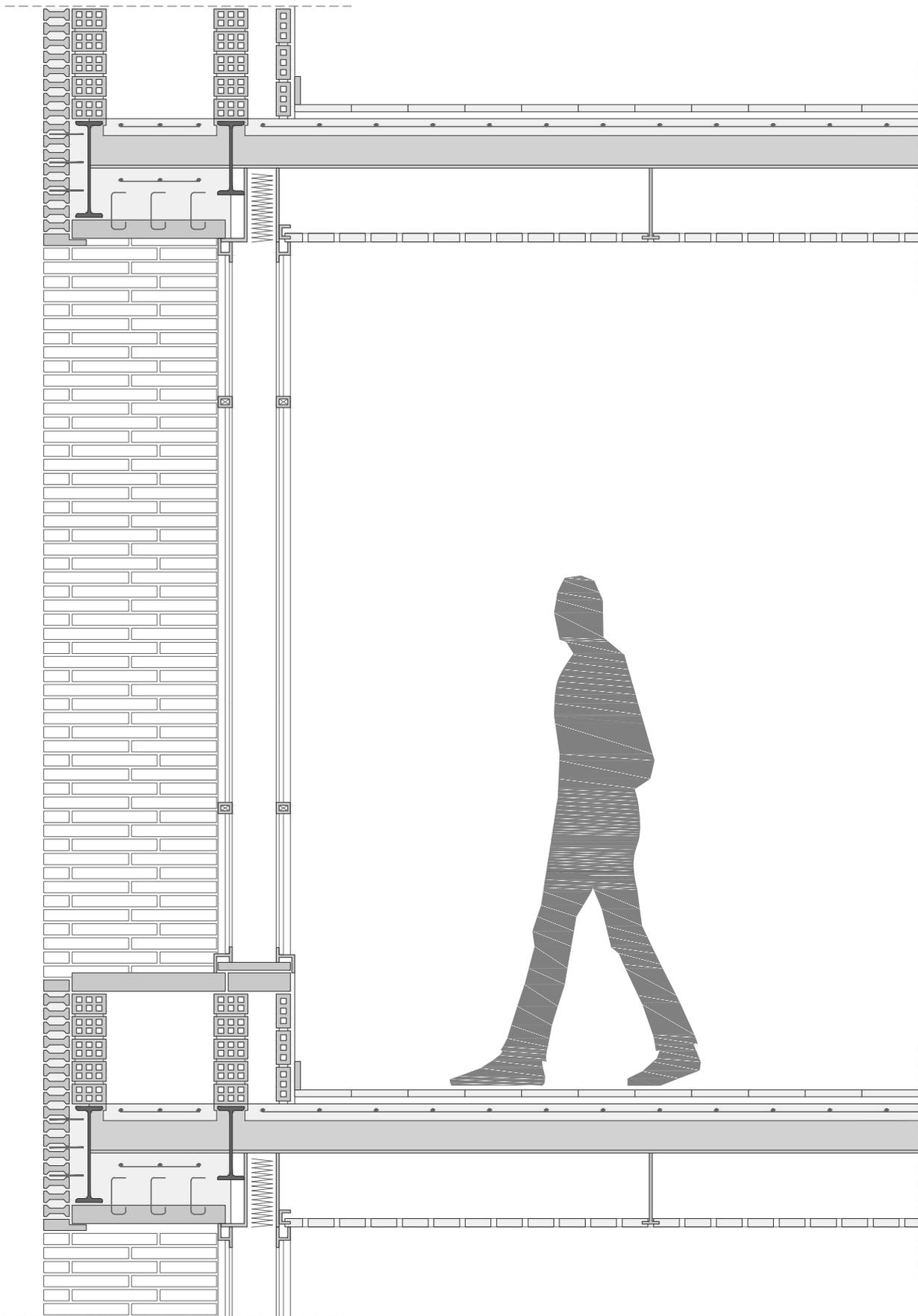


Imagen 13-14: Casa Sindical, actual MINISTERIO DE SANIDAD. Francisco de Asís Cabrero (1948-1956)

Los huecos tipo de la fachada principal son de 2,30 x 2,60 m siendo de mayor altura en la planta noble. Están totalmente acristalados y se descomponen en 3 bandas. La parte superior e inferior se resuelven mediante fijos de 2,30 x 0,65 m y la central, con 1,30 m de altura y cuatro vanos de 0,60. En ellos, dintel y alféizar se resuelven con piezas cerámicas, tipo bardo, con las juntas rehundidas. En el cargadero se realiza un macizado de hormigón, y se disponen unas armaduras que se alojan entre estas piezas. A su vez, unas llaves permiten agarrar los ladrillos colocados en el frente de forjado.

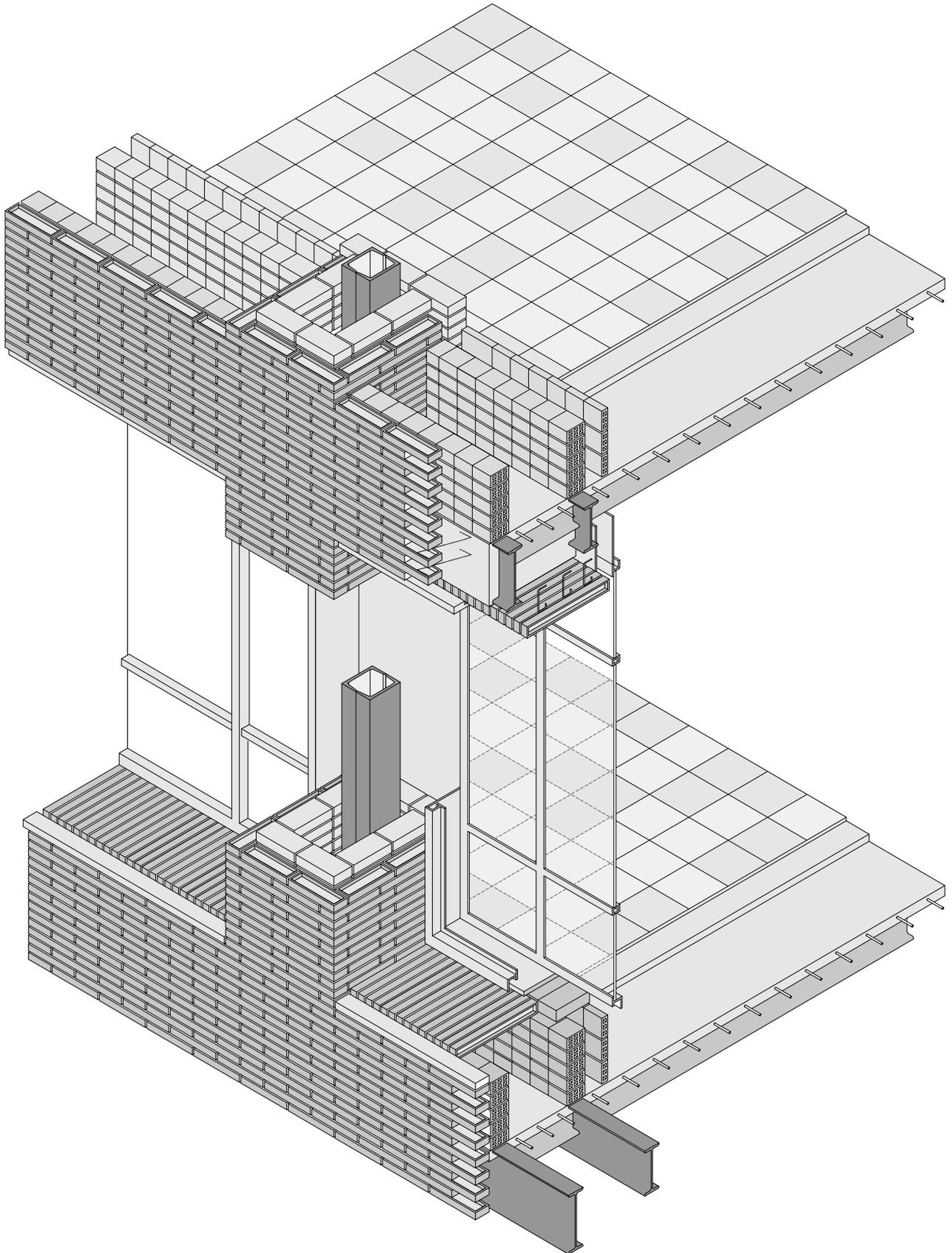
CERRAMIENTO CASA SINDICAL, FRANCISCO DE ASÍS CABRERO



Dibujo de autor

HAMZAOU, HASSAN

CERRAMIENTO CASA SINDICAL, FRANCISCO DE ASÍS CABRERO

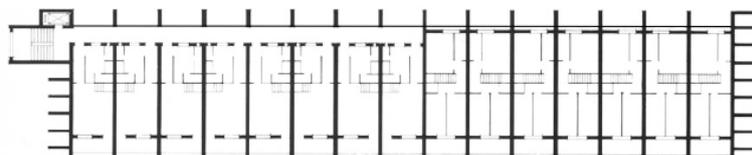


Dibujo de autor

HAMZAQUI, HASSAN

CASAS DÚPLEX VIRGEN DEL PILAR (1948)²³

En estos mismos años, Francisco Cabrero diseña un edificio de viviendas tipo casas dúplex, en Virgen del Pilar (Madrid), consiguiendo alcanzar un valor arquitectónico y constructivo ajenos al tiempo y a las circunstancias del momento.

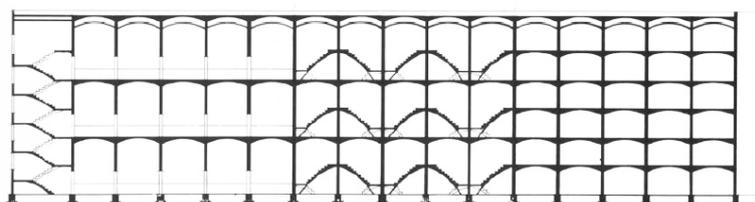


El edificio exhibe en su apariencia formal la estructura que lo soporta mediante un conjunto seriado de muros medianeros con contrafuertes de arriostramiento en ambos extremos. La unidad formal y constructiva esta conferida a las tres viviendas duplex que entre dos muros sucesivos tienen como división horizontal bóvedas de doble tabica. Todas las viviendas poseen una terraza de dos alturas, fuertemente acusadas al exterior por la sombra producida por las bóvedas y por el variado colorido de su paramento frontal. La cubierta del edificio es plana y ventilada.



Imagen 15: Edificio de viviendas Virgen Del Pilar. Francisco de Asís Cabrero (1948)

El concepto básico es minimizar el empleo del acero. Para ello, se utiliza una estructura horizontal a base de bóvedas de rasilla trabajando en compresión, produciendo empujes paralelos al eje longitudinal del edificio. Los empujes de bóvedas se compensan entre sí y en los extremos son absorbidos por contrafuertes de ladrillo. Para homogeneizar el comportamiento general se establecen cadenas y zunchos longitudinales anclados a machones de hormigón situados en los contrafuertes. El acero trabaja como un tirante, a tracción, y las cargas verticales son asumidas por muros de carga perpendiculares al eje longitudinal.



23. La construcción de la Arquitectura de Postguerra en España (1939-1962). Enrique Azpilicueta Astarloca. Pg 84

Así pues, la estructura vertical la componen muros de carga perpendiculares a la fachada de pie y medio de grosor, asentado con mortero del cal y arriostrados por los muros del cerramiento. El núcleo de escalera está resuelto igualmente con muros de carga de ladrillo visto.

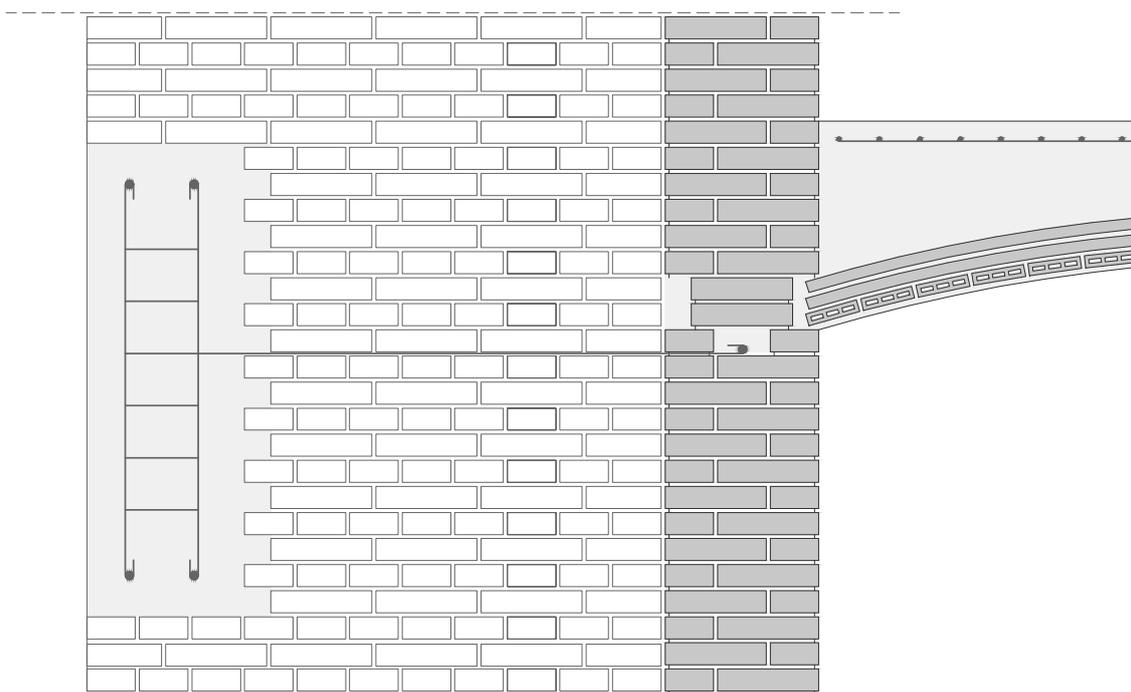
En cuanto a la estructura horizontal, ésta se resuelve con bóvedas tabicadas de 4m de luz construidas con 3 roscas de rasilla, la primera recibida con yeso y las dos siguientes con mortero de cemento. Para obtener una superficie superior horizontal, se maciza el intradós con hormigón aligerado.

Las bóvedas finales son ancladas a los contrafuertes mediante tirantes, que se anclan en enanos de hormigón, armados igualmente formando parte del contrafuerte. En los niveles de cimentación y en los forjados, existen zunchos perimetrales en las líneas exteriores de la fachada para dar estabilidad y atado al conjunto del entramado estructural.

Por último, los cerramientos de fachada, que no son estructurales, se resuelven con:

- Enlucido exterior
- Medio pie de ladrillo macizo
- Cámara de aire de 10 cm
- Tabique de ladrillo hueco doble

SECCIÓN TRANSVERSAL: ENCUENTRO BÓVEDA - CONTRAFUERTE



ANTONIO ESCARIO

TORRE RIPALDA, LA PAGODA (1969-1973)

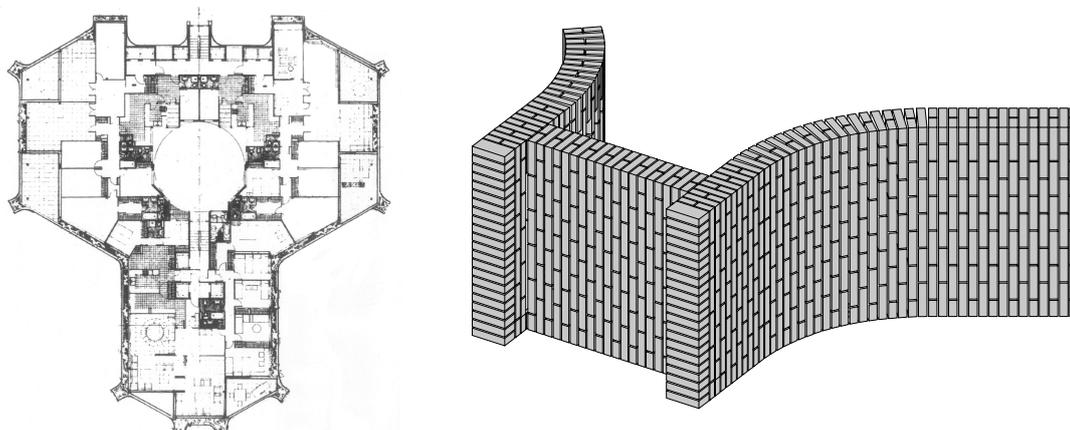
Su situación privilegiada junto al antiguo cauce del río Turia, la Alameda y al centro histórico, y su reconocida ejecución han convertido esta torre de viviendas en uno de los hitos arquitectónicos y paisajísticos más característicos de la ciudad de Valencia. Su forma parte de dos direcciones principales, la Alameda a la que vuelca y el puente del Real al que mira y por el que se enfoca al centro histórico. Estas son las directrices de su reconocible forma hexagonal que se escalona en altura para dotar al conjunto de mayor esbeltez.

La particularidad de esta obra se halla en su ejecución con ladrillo cerámico que se abre en las esquinas con sutil gesto curvo, lo que le valió el sobrenombre de La Pagoda. Sus generosas viviendas siguen siendo de las más valoradas de la ciudad gracias a sus excepcionales acabados y sus amplias terrazas, cuyas jardineras conversan directamente con los principales jardines de la capital valenciana ²⁴.



Imagen 16: Torre Ripalda, La Pagoda. Antonio Escario (1969-1973)

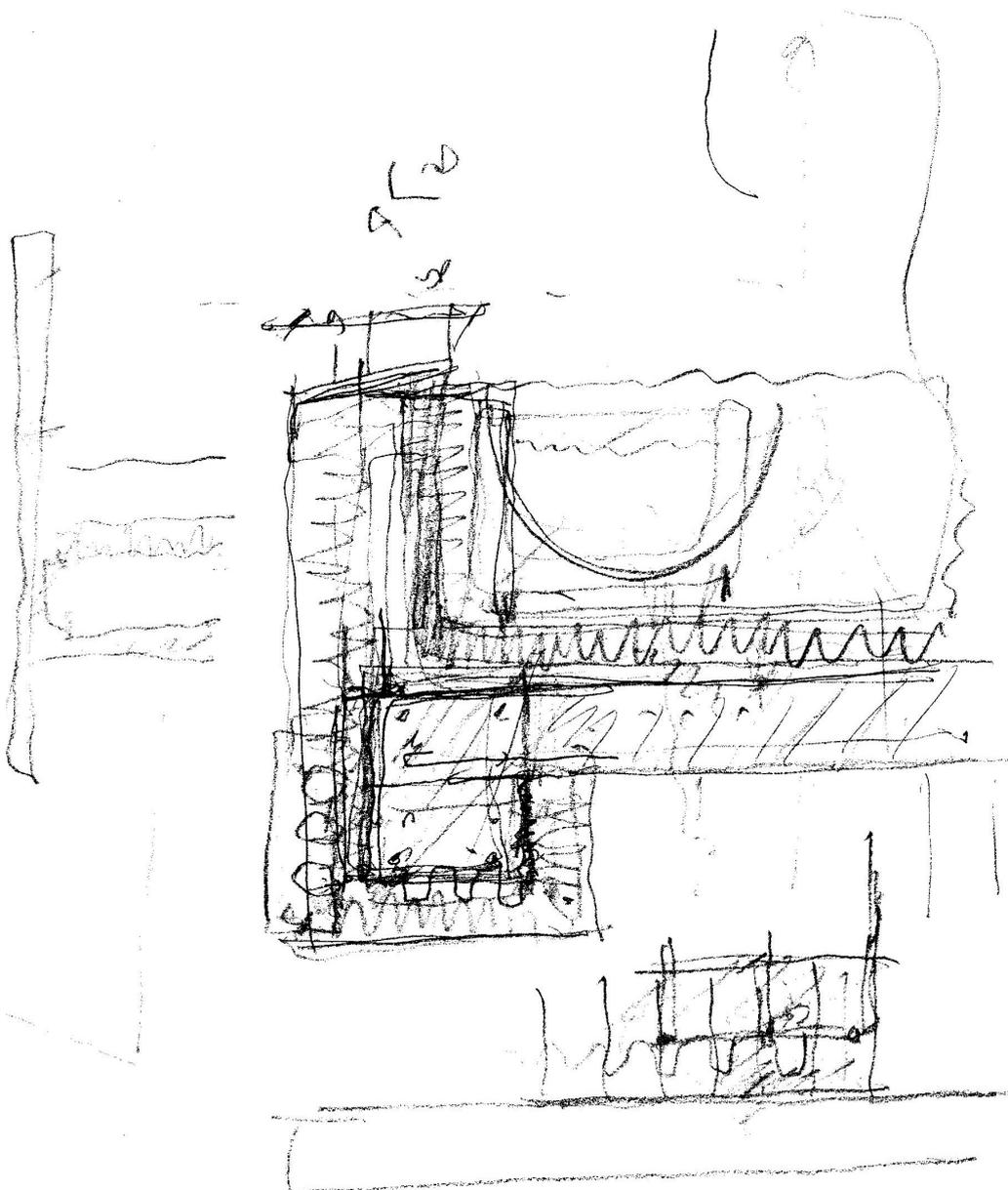
A pesar de lo que podría parecer, éste gesto no es un capricho proyectual. La ejecución con ladrillo cerámico exige un control en la modulación y un correcto solape entre las piezas. Para ello, Antonio Escario opta por abrir y girar las esquinas, permitiendo así el trabazón de las piezas en un ángulo de 90°. De este modo, evita la aparición de una arista que no es capaz de resolver correctamente la pieza ortoédrica. Se trata de una respuesta geométrica que parte de una reflexión constructiva y proyectual.



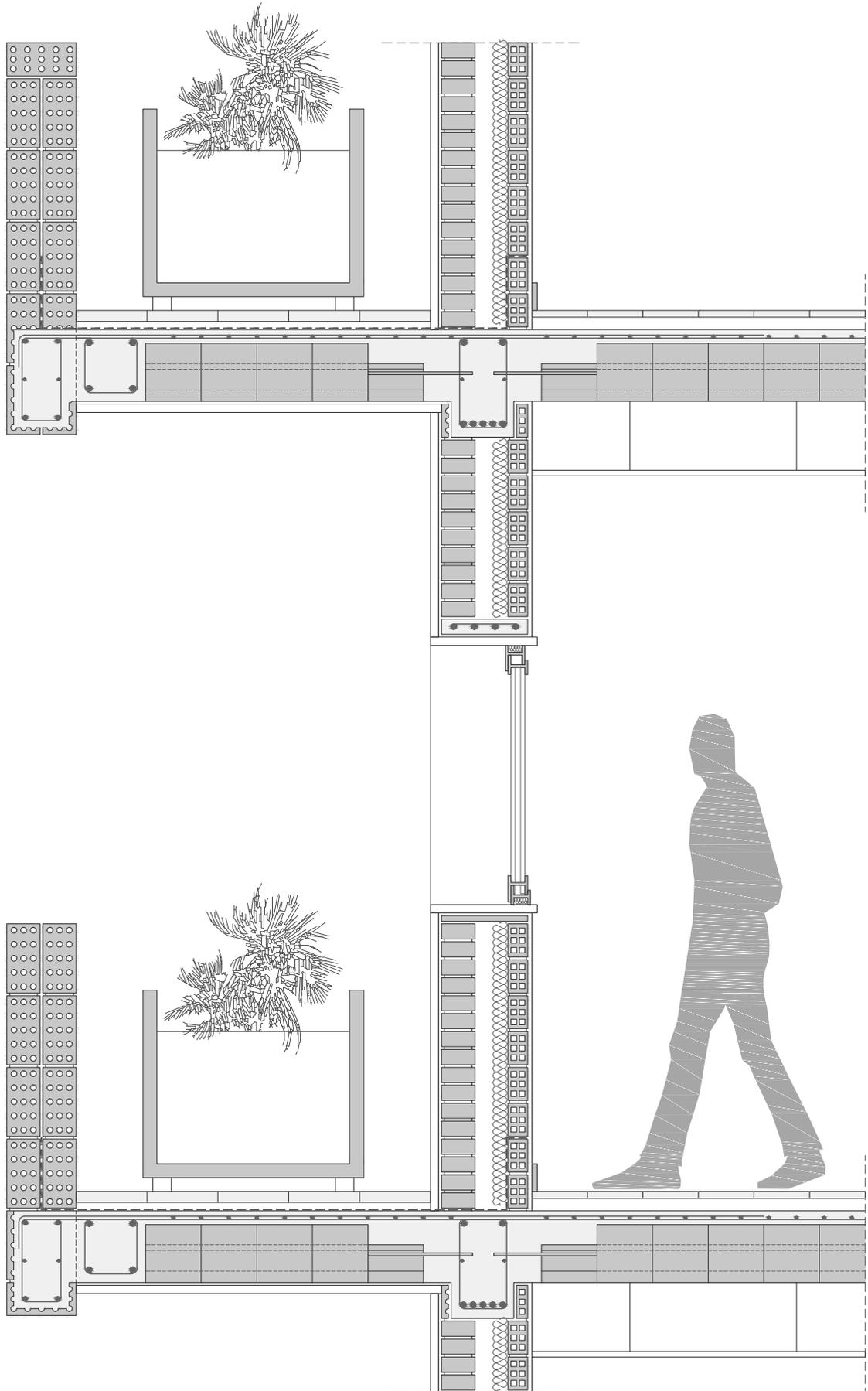
24. Antonio Escario, Ruta Mestres d'Arquitectura. COACV. Pg 6.

Otro reflejo de buen hacer es la definición constructiva de los antepechos y las jardineras colocadas en los balcones. Ejecutada la estructura principal, se dejan armaduras en espera para realizar un segundo hormigonado, en el que las propias piezas cerámicas recortadas en L y en pistola, sirven de encofrado perdido. De este modo, se consigue un buen agarre de las piezas con el hormigón y se evita una colocación de la fábrica a posteriori, que además de dificultosa ejecución, sería susceptible de desprendimientos.

Por último, para evitar problemas derivados de un contacto directo entre la tierra vegetal y el edificio, se disponen jardineras móviles que recogen la vegetación, teniendo que colocar únicamente una impermeabilización para las aguas exteriores. El concepto es fruto de la observación de las casas mediterráneas, donde los maceteros se colocaban sobre simples angulares colgando de los balcones.

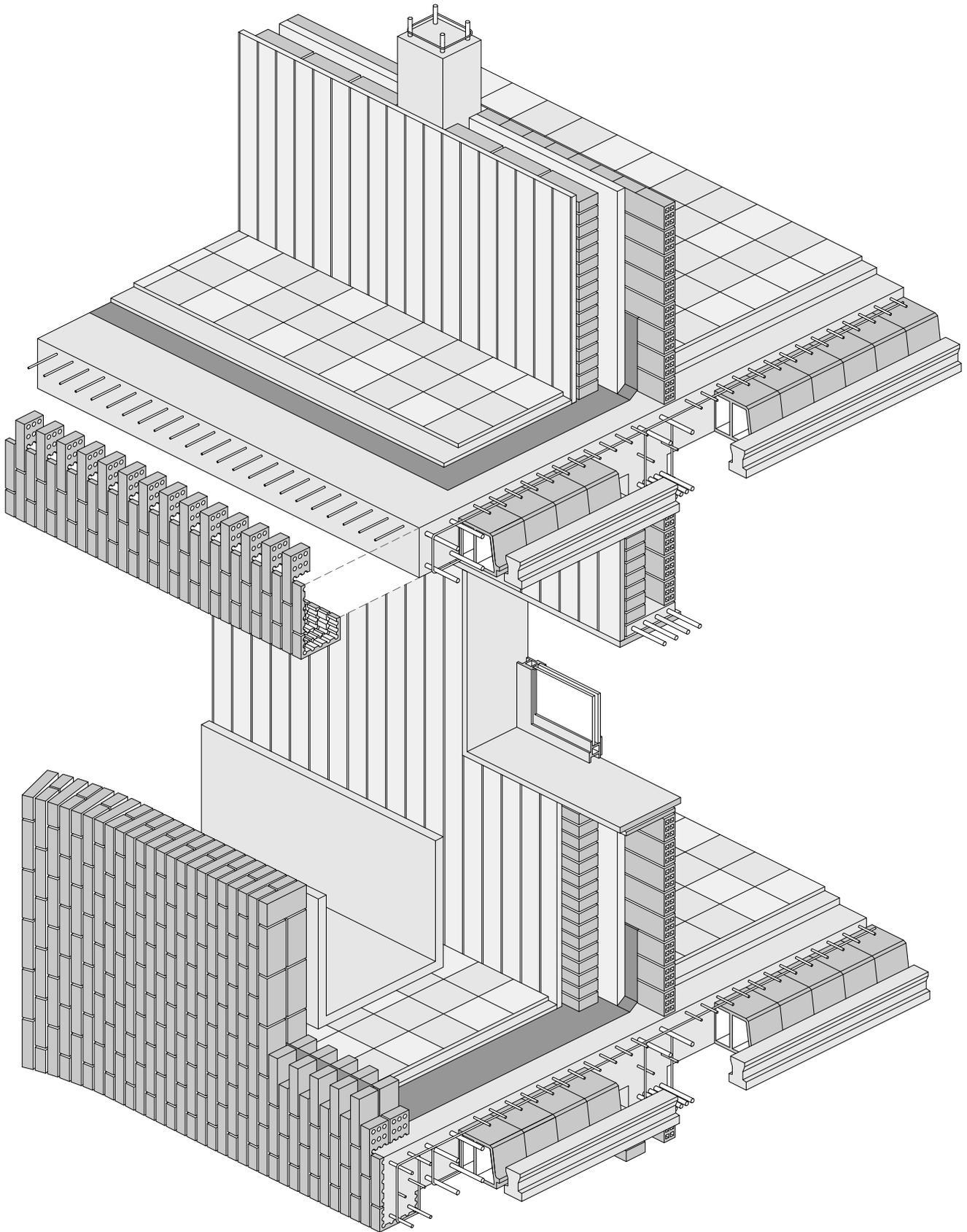


TORRE RIPALDA, ANTONIO ESCARIO



Dibujo de autor

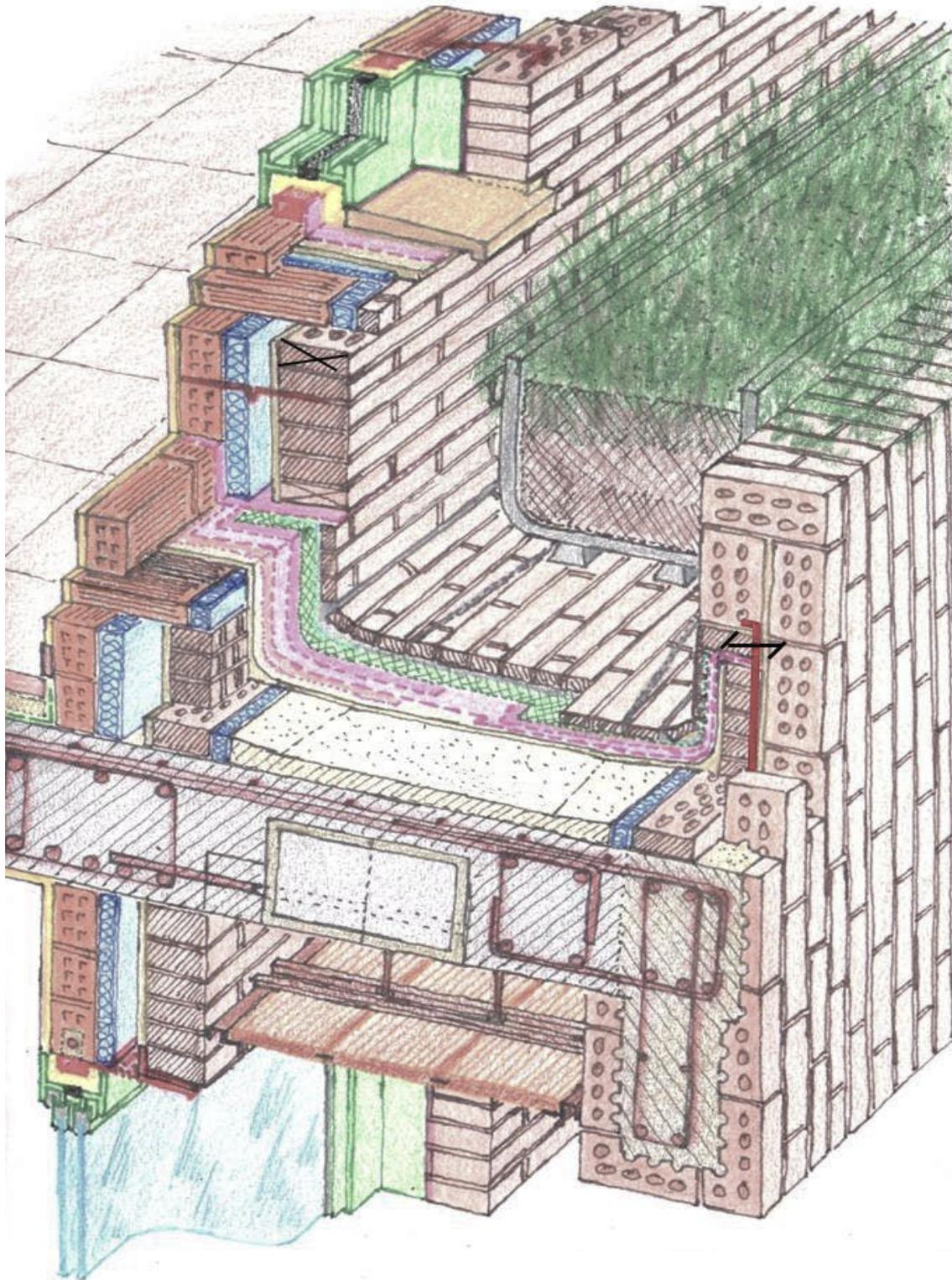
TORRE RIPALDA, ANTONIO ESCARIO



Dibujo de autor

HAMZAOU, HASSAN

TORRE RIPALDA, ANTONIO ESCARIO
INTERPRETACIÓN PERSONAL DE BLASCO GARCÍA, VICENTE



RAFAEL MONEO

BANKINTER (1976)

Esta obra, realizada junto a Ramón Bescós, ha de resolver el difícil encaje entre el protegido palacete del Paseo de la Castellana y los edificios de vivienda posteriores con sus servidumbres obligadas. Rafael Moneo resuelve el problema con extraordinaria sencillez, con su acostumbrada lectura y respeto por el contexto urbano al no abrumar a ninguna de estas dos construcciones. Es más, da continuidad a las viviendas posteriores respetando la altura y las hileras de balcones y ventanas, y recrea un muro-telón de fondo para el palacete principal. La sutileza con la que el edificio se dobla y se abre en su cara posterior, visible desde la calle del Marqués de Riscal, es un gesto que resume parte del carácter constructivo de Moneo, alejado desde siempre de la arquitectura espectacular y singular para desarrollar *contexto urbano*²⁵.



Imagen 17 : Edificio Bankinter, Rafael Moneo (1976)

Pero más allá de su carácter urbano y la inserción en un medio predeterminado, es posible destacar en este edificio muchas influencias externas que moldearon la arquitectura de Rafael Moneo durante estos años y que siguen presentes a día de hoy. Si nos limitamos a un análisis básico del edificio entenderemos que éste está concebido desde la concepción racionalista y moderna de la arquitectura. Sin embargo, una visión más profunda nos permite encontrar una serie de elementos tomados de distintas arquitecturas pero reinterpretados por Moneo. Podemos señalar el tratamiento de las ventanas o los dinteles con bajorrelieves en las plantas altas, que nos recuerdan a las imágenes de los rascacielos del Chicago de principios de siglo y de los edificios de Louis Sullivan. En ciertas disposiciones, podemos observar el reflejo de las influencias que los escritos de Robert Venturi pueden haber tenido en Moneo, aunque no es posible pensar en una influencia directa de su arquitectura. Es también posible descubrir a Louis Kahn en la disposición de las ventanas del ingreso o nuevamente en el uso del ladrillo.

Rafael Moneo pretende también recurrir a la historia al elegir un material tan significativo en la arquitectura española como el ladrillo y que enlaza con la fachada principal del Edificio Sindicatos de Francisco Cabrero. Una idea de arquitectura estilizada y casi libre de artificio, en búsqueda de esa idea de depuración de elementos artificiales y decorativos. Poner en clave moderna estos elementos es una actitud clave de esta obra, tan rotunda y sobria que no se olvida del toque artístico al colocar en las últimas plantas unos murales escultóricos, para lo que cambia el tamaño y ritmo de las ventanas.

25. El Paseo de la Castellana. Bankinter. www.madridmasd.org

Así pues, para resumir, podemos decir que el edificio Bankinter más allá de su propuesta urbana, conjuga una serie de elementos que lo hacen único en este período de la arquitectura española, incluso fuera de sus fronteras. Muchos de estos elementos se repiten en la obra de Rafael Moneo a lo largo de estos últimos treinta años constituyendo un sello particular de sus edificios. En Bankinter encontramos algunos de ellos: el uso del material como respuesta a una técnica constructiva y como imagen arquitectónica; el trabajo artesanal del ladrillo, eliminando las juntas e intentando simbolizar un material monolítico; la disposición de las ventanas de la torre de manera regular, enfrentándose al edificio histórico con un sentido de neutralidad y como significado de un espacio libre y flexible, donde no se destacan los diferentes niveles y se conforma un todo uniforme; la compacidad del volumen; y finalmente la singularidad de la que habla Robert Venturi en la composición con la diagonal²⁶.

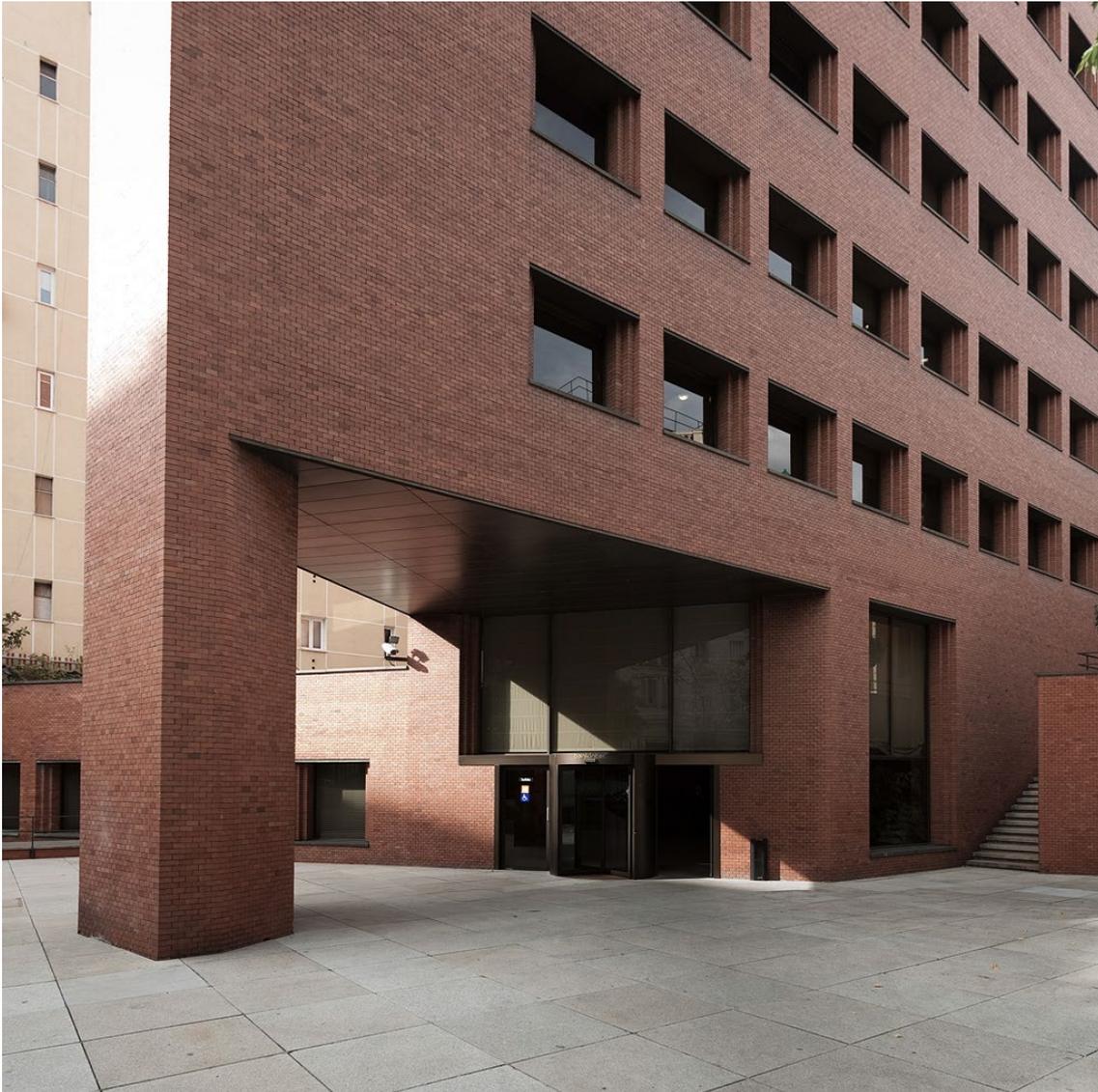
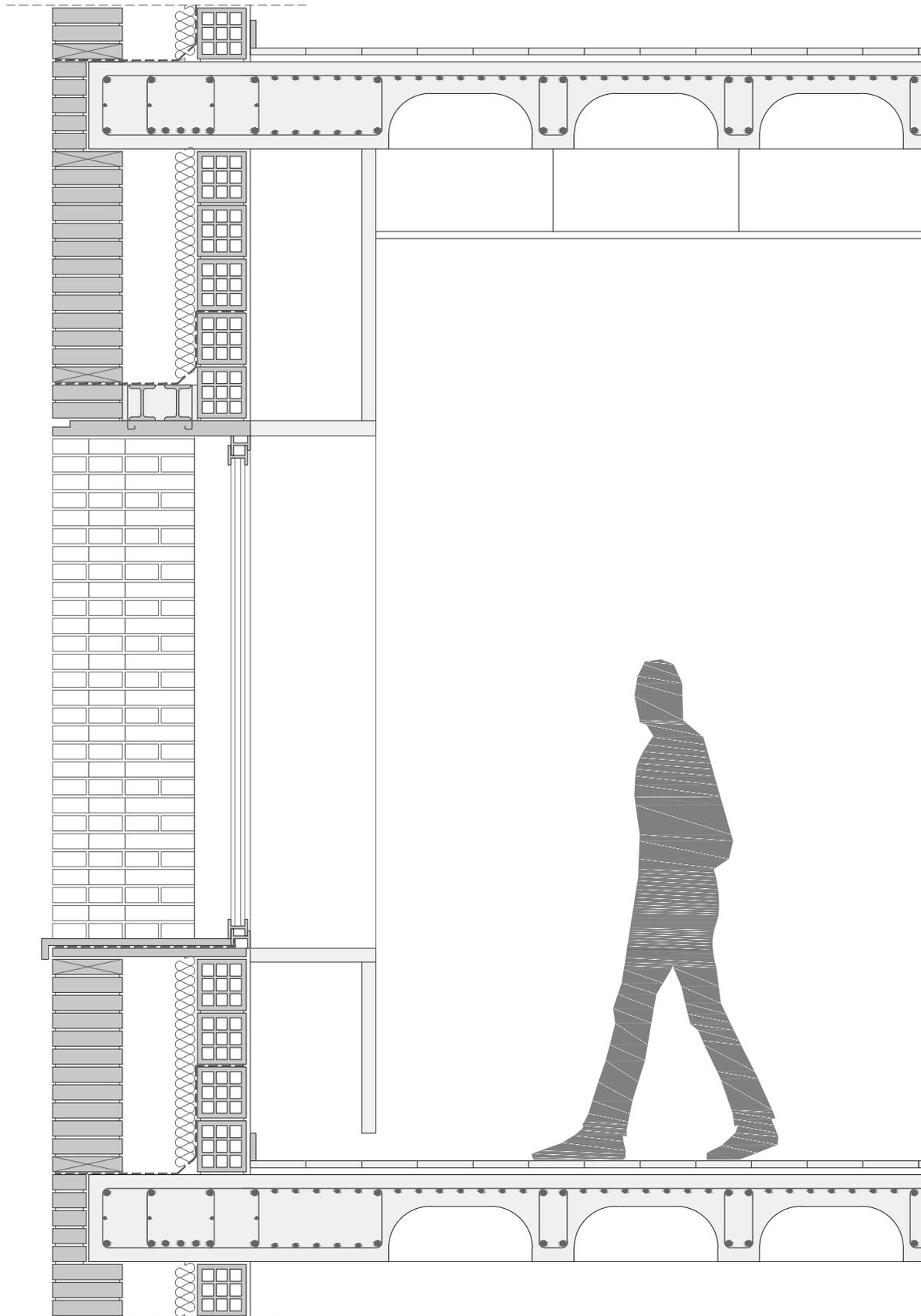


Imagen 18 : Edificio Bankinter, Rafael Moneo (1976)

26. Tres proyectos, tres décadas: La arquitectura de Rafael Moneo. Álvaro Farrú B. Pg 5

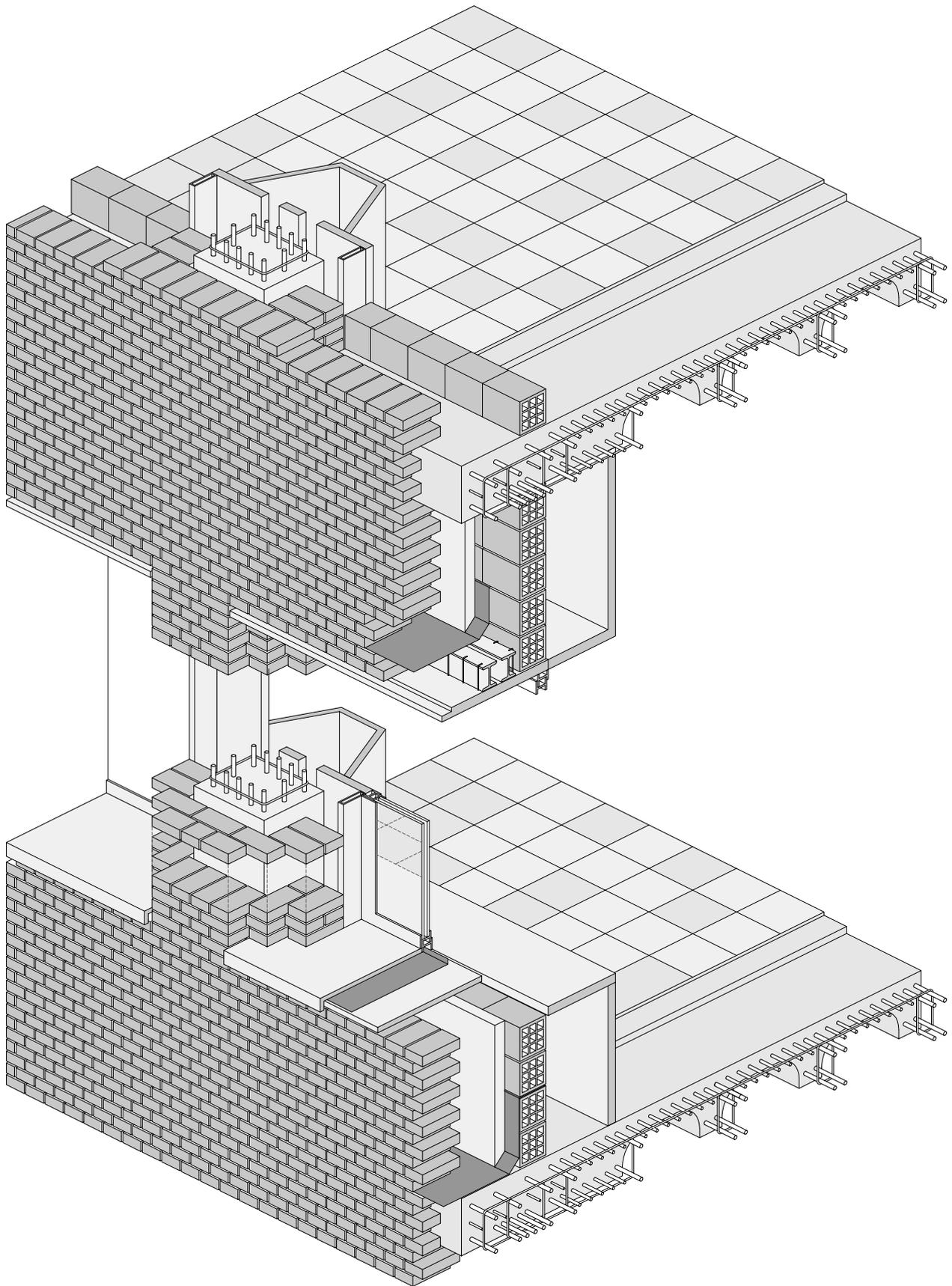
CERRAMIENTO EDIFICIO BANKINTER, RAFAEL MONEO



Dibujo de autor

HAMZAQUI, HASSAN

CERRAMIENTO EDIFICIO BANKINTER, RAFAEL MONEO



Dibujo de autor

HAMZAOUI, HASSAN

3.5. ACTUALIDAD: FÁBRICA ARMADA

INTRODUCCIÓN

Las ideas preconcebidas asociadas con materiales y técnicas constructivas impiden a menudo el desarrollo de nuevas técnicas. En el campo de la cerámica, al contrario de lo que sucede en el bloque de hormigón hueco, se ha mantenido la tradición de material que no requiere armado y que funciona sólo a compresión. Sin embargo, la introducción del armado en la albañilería supone un gran salto cualitativo hacia adelante²⁷.

El concepto de fábrica armada es distinto del de fábrica reforzada. Éste último se refiere a un armado localizado, mientras que la fábrica armada implica disponer de forma homogénea el acero en la albañilería.

Los antiguos cerramientos portantes eran muros gruesos y homogéneos que cumplían simultáneamente funciones estructurales y de cerramiento. Su gran resistencia y su grueso permitían su estabilidad mecánica sin agotar su capacidad resistente, hasta tal punto de poder considerar un comportamiento plástico del muro, fruto de la reacomodación de las tensiones de tracción.

Pero con la introducción de las estructuras porticadas, el cerramiento ha llegado a su mínima dimensión, desperdiciando su capacidad estructural y generando problemas debido a su excesiva esbeltez. Así pues, la solución pasa por el armado de la fábrica, aprovechando los tendeles para introducir armaduras cada 40 o 60 cm en altura, lo que supone además varias ventajas:

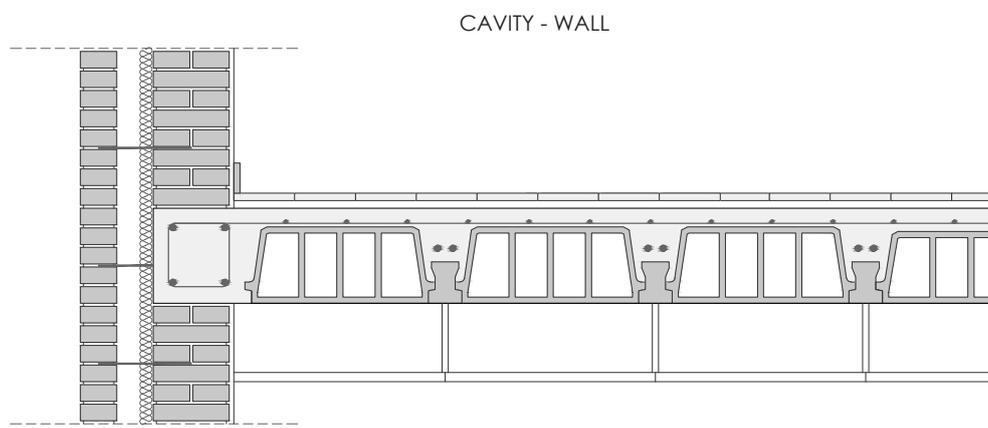
- Soportar deformaciones impuestas por la retracción y dilatación térmica
- Flexiones verticales debidas a la carga de un dintel
- Flexiones horizontales impuestas por el empuje del viento

De este modo, se confiere ductilidad al cerramiento y se previene la fisuración, mejorando sus prestaciones técnicas frente a las deformaciones del forjado o a la acción del viento.

FACHADA CONTEMPORÁNEA: SISTEMA LADRIFLOR²⁸

Líneas de desarrollo más actuales responden a nuevos criterios, como la presencia de juntas de movimiento verticales y horizontales, empleo de anclajes que permitan libertad de movimiento o ladrillos patentados que incluyen su propio sistema de armado.

El origen y fundamento del armado en la albañilería remonta al cavity wall, un antiguo sistema inglés que presenta un muro interior cargado y una hoja exterior que dilata libremente, y que se ata a la interior mediante el empleo de múltiples llaves.



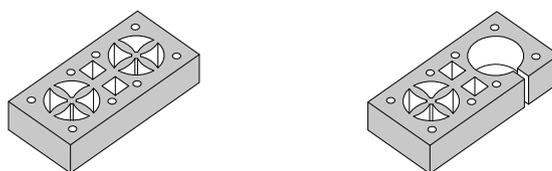
27. Tectónica 15: Cerramientos cerámicos. Pg 36
28. Ladriflor: sistema sujeto a patente. Derechos reservados.

La disposición de armado horizontal en los tendeles no puede resolver por sí solo todos los planteamientos estructurales. En algunos casos es necesario armar verticalmente la fábrica, aunque sea en una situación localizada. La solución pasa por combinar un armado vertical y horizontal para obtener un comportamiento mecánico óptimo.

Así pues, se estudia la posibilidad de armar la fábrica en dos direcciones, manteniendo su aparejo y su caravista, con el mismo proceso de ejecución por niveles. Gracias a la investigación y al desarrollo técnico, se ha podido llegar a un sistema integral de fábrica armada, que incluye²⁹:

- **Pieza cerámica: Ladriflor**
- **Costillas verticales**
- **Anclajes y fijaciones**
- **Apoyo metálico**

El fundamento de la investigación se centra en el diseño de la pieza cerámica, siendo su principal característica su versatilidad. Desarrolla unas perforaciones haciendo que la pieza sea válida para cuando se arma y para cuando no se quiera armar. Estas pequeñas perforaciones tienen el tratamiento adecuado para permitir ser ampliadas hasta conformar amplios huecos donde poder armar verticalmente y evitan que se cuele una excesiva cantidad de mortero.



El armado vertical dota a la albañilería de nervios resistentes creando muros capaces de funcionar como placas frente a los empujes de viento. De este modo, se evita la necesidad de disponer soportes en fachada donde poder anclar el cerramiento. Estas costillas pueden estar embebidas en mortero, hormigón, adhesivo o quedar al aire total o parcialmente.

Los anclajes y fijaciones garantizan la independencia del cerramiento respecto de la estructura, entiendo en cuenta los deslizamientos admisibles y las restricciones de movimientos.

Por último, el apoyo metálico puede ser continuo o discontinuo, y se dispone sobrevolando el frente de forjado. Permite construir la hoja pasante, y facilita la ventilación del trasdós.

Dentro de este sistema patentado, podemos encontrar 3 variantes:

- **Autoportante**
- **Colgado**
- **Prefabricado**

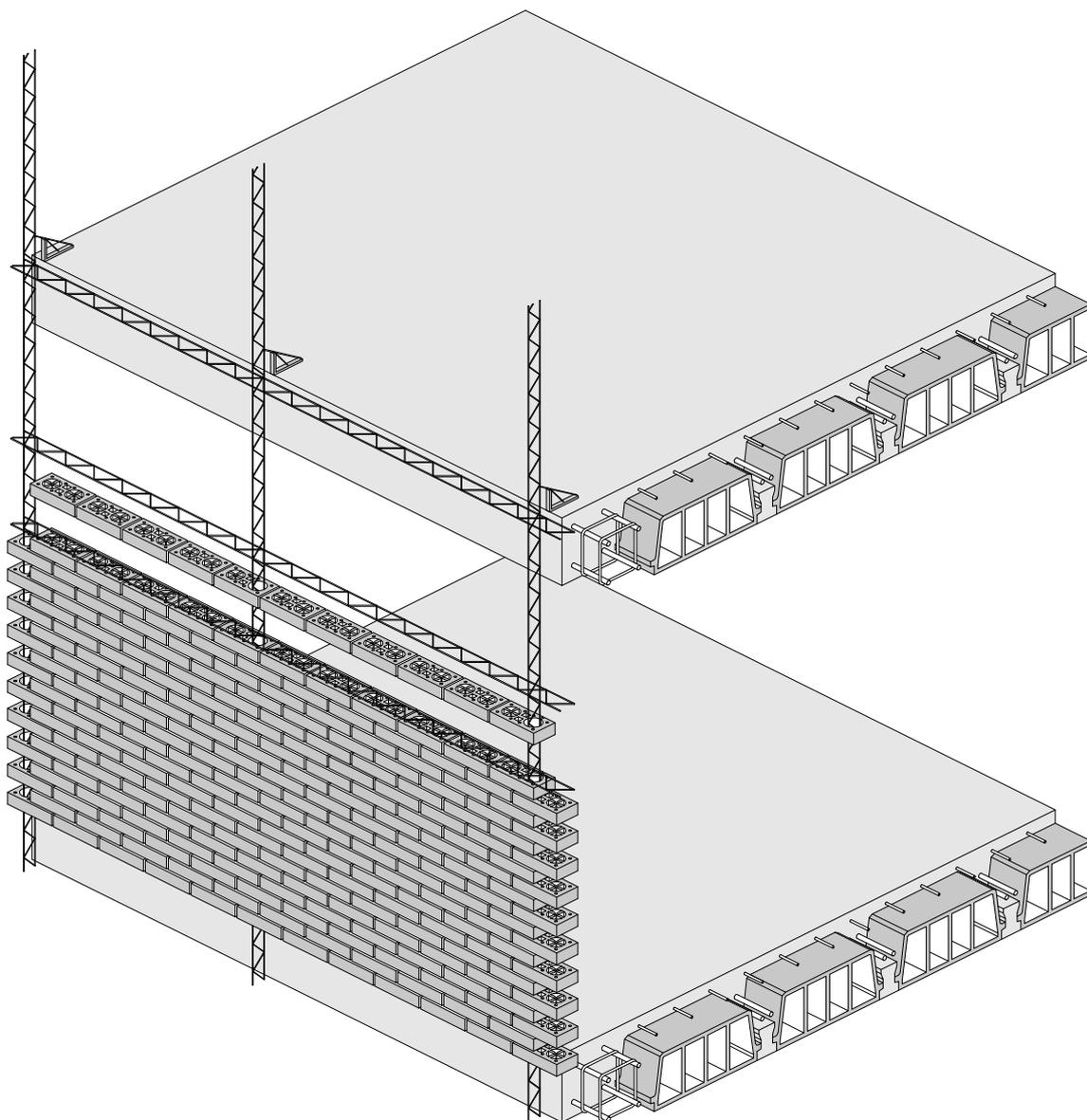
En el primer sistema, el autoportante, la hoja exterior es pasante por delante de la estructura y se arma cada 40 cm en altura, sin conexiones a la hoja interior ni juntas horizontales en los forjados. La hoja está construida en continuidad vertical y se apoya en la cimentación o sobre una viga de canto. Este sistema es válido para edificios de hasta 4 plantas. Para edificios de mayor altura, se deben colocar bandejas o apoyos en los forjados cada 3 plantas.

29. Tectónica 15: Cerramientos cerámicos. Pg 41
Dibujos de autor

El segundo sistema se compone de una hoja exterior colgada y armada en horizontal cada 40 cm en altura. Las juntas horizontales se disponen a nivel de cada forjado y la hoja se fija en cada planta con anclajes a nivel frontal y superior del forjado. Es un sistema apto para edificios en altura.

Por último, el sistema prefabricado consiste en preparar 'paneles de fachada' prefabricados que se colocan posteriormente sobre el edificio. Pueden realizarse in situ o prepararse a pie de obra, en posición vertical u horizontal. En cada panel, se deben ajustar al menos dos costillas verticales en los extremos con sus correspondientes fijaciones para permitir su posterior anclaje y regulación.

En definitiva, la introducción del armado en la fábrica de ladrillo, junto a los avances técnicos que se producen en este campo, abren un amplio abanico de posibilidades y nuevas vías de desarrollo. No sólo se mejora su estabilidad mecánica, su comportamiento frente a la fisuración o a los empujes de viento, sino que se introduce un sistema de prefabricación sofisticado más sencillo y eficaz.



CONCLUSIONES

Con el desarrollo de esta memoria hemos podido observar cómo el cerramiento tradicional cerámico ha evolucionado considerablemente en este último siglo a pesar de su lejano origen en la historia de la construcción.

El primer punto de inflexión que empieza a caracterizar los cerramientos de fábrica de ladrillo se halla en los avances técnicos que se conocen en el siglo XIX. La industrialización mejora sus capacidades resistentes, y con ella surge también la modulación del material, dando lugar a la aparición de diferentes tipos de aparejos. De este modo, no sólo se consiguió mejorar la estabilidad mecánica del cerramiento, sino que la función compositiva y expresiva de éste adquirió mayor protagonismo. El resultado es el desarrollo de una arquitectura realizada con ladrillo que explotaba las posibilidades técnicas y formales del material.

El segundo punto de inflexión, siendo éste el que caracteriza el cerramiento tradicional de la arquitectura contemporánea, se halla en la difusión de las estructuras porticadas. Hasta finales del siglo XIX y principios del XX, los sistemas estructurales se apoyaban en muros de carga. Con la introducción del acero y el hormigón armado, el cerramiento se liberó de su función portante y empezó a afinar sus grososres. Se revoluciona completamente el panorama constructivo, y la definición de los cerramientos se halla en soluciones multihoja.

Las primeras soluciones constructivas desarrollaron tipologías que seguían apoyándose en los forjados. La rapidez con la que se implementaron estas soluciones junto a las carencias técnicas en los primeros años de evolución, no tardaron en evidenciar la aparición de patologías: estanqueidad, aislamiento, problemas de estabilidad y desprendimientos. Así pues, empezaron a reglamentarse las primeras normas técnicas y se asentó el cerramiento tipo convencional (hoja exterior inserta en la estructura): media hoja exterior de fábrica vista, cámara de aire, aislante térmico, lámina de impermeabilización y ladrillo hueco doble interior.

A pesar de ello, esta solución seguía sin resolver la totalidad de las carencias técnicas y constructivas. Para hacer frente a estos problemas, la fachada convencional evoluciona hacia la progresiva separación de las dos hojas dando aparición a la fachada ventilada. En ella, la hoja exterior discurre corrida por delante del forjado, siendo importante garantizar el libre movimiento de ésta, a la vez que debe asegurarse su estabilidad mecánica frente a cargas verticales y horizontales con la disposición de llaves de atado. Pero la evolución no acaba aquí. El desarrollo de la industria y la investigación permitieron desarrollar soluciones patentadas de fábrica armada que mejoraron considerablemente las soluciones de fachada ventilada a la vez que abrieron nuevos caminos y vías de desarrollo de la fábrica de ladrillo.

Sin embargo, con la introducción de estas tipologías constructivas en la arquitectura contemporánea, hemos podido observar una pérdida en la capacidad expresiva del cerramiento. La evolución de las distintas tipologías ha estado más pendiente de la normativa y las carencias técnicas, y la función de diseño ha quedado relegada a un segundo plano. A pesar de estos cambios, grandes *maestros* dejaron huella en esta gran época de evolución constructiva. Sea Miguel Fisac, Francisco de Asís Cabrero, Antonio Escario o Rafael Moneo, todos ellos han conseguido dejar huella con su obra, en la que el cerramiento tradicional de fábrica de ladrillo es protagonista de la arquitectura proyectada.

Para finalizar esta memoria, cabe citar que líneas más actuales están volviendo al origen del material para recuperar su capacidad expresiva, pero en su condición de cerámica. La fábrica de ladrillo parece que va a mantenerse, por ahora, en un segundo plano, y la *nueva arquitectura* se centra en la investigación y el desarrollo de nuevas piezas cerámicas de nueva expresión.

BIBLIOGRAFÍA

- LIBROS, REVISTAS Y ARTÍCULOS

Análisis y proyectos edificios modernos de ladrillo [16]. (2007). Cátedra Hispalyt. Conarquitectura ediciones.

Antonio Escario. *Ruta Mestres d'Arquitectura* (2014). Valencia. COACV

Astarloa, E. A. (2004). *La construcción de la arquitectura de postguerra en España (1939-1962)*. Tesis de doctorado. Madrid.

ATC Ediciones, S. (Ed.). (2007). *Tectónica 15: Cerramientos cerámicos*.

Barreiro, P. (1995). *Francisco Cabrero, poeta de la esencia arquitectónica*. *Arquitectura* nº 301, 89-97.

Dos obras de Miguel Fisac. (2006). *Informes de la construcción Vol. 58*, 65-87.

González Capitel, A. (1990). *Abstracción plástica y significado en la obra de arquitectura de Francisco Cabrero*. *Arquitectos* 118, 12-25.

Joan Garí, S. S. (2002). *Cerramientos verticales - fachadas*. Barcelona: Grupo editorial ceac.

Legado Francisco de Asís Cabrero. (2007). Madrid: Fundación Cultural COAM.

La arquitectura de ladrillos del siglo XIX: Racionalidad y modernidad (1992). *Informes de la construcción Vol. 44*, 65-87.

Paricio, I. (2000). *La fachada de ladrillo*. Barcelona: Bisagra.

Ramón Bescós, E. G. (1994). *Bankinter 1972-1977: Ramón Bescós, Rafael Moneo*.

Rodrigo, J. D. (2014). *La arquitectura de Antonio Escario Martínez*. Valencia.

Tomás, Á. M. (2005). *Cerramientos de obra de fábrica: diseño y tipología*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de Valencia.

Tomás, Á. M. (2007). *Huecos en cerramientos de obra de fábrica*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de Valencia.

- ENLACES WEB

<http://www.fundacionfisac.org>

<http://franciscocabrero.com>

<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl>

<http://www.coacv.org>

<http://portal.coam.org>

<http://tectonicablog.com>

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Muuratsalo, Alvar Aalto

<https://blocdecasanostra.files.wordpress.com/2014/10/casanostra-casa-experimental-aalto-pati-patchwork1.jpg>

Imagen 2: Casa Erich Wolf, Mies Van Der Rohe

<https://g1pe0809.files.wordpress.com/2009/03/casaesters.jpg>

Imagen 3: Casa Robbie, Frank Lloyd Wright

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/Robie_House_designed_by_Frank_Lloyd_Wright_1909.jpg

Imagen 4: Muuratsalo, Alvar Aalto

<https://alrededordelaarquitectura.files.wordpress.com/2013/05/muratsalo2.jpg>

Imagen 5: Plaza de Toros De Las Ventas, José Espelius

http://2.bp.blogspot.com/-M1RSx7Bi2HE/ULU4A8PN4JI/AAAAAAAAACEc/6PV_AZwPeD4/s1600/Las+Ventas_0477.JPG

Imagen 6: Bolsa de Ámsterdam, H.P. Berlage

https://classconnection.s3.amazonaws.com/663/flashcards/3384663/jpg/1_amsterdam_exchange_hp_berlage_1-13F46963F085916FBAF.jpg

Imagen 7: Instituto de Microbiología Ramón y Cajal, Miguel Fisac

http://www.metalocus.es/es/system/files/file-images/ml_Fisac_cajal_2_1200.jpg

Imagen 8: Instituto de Microbiología Ramón y Cajal, Miguel Fisac

<http://es.paperblog.com/visitando-algunos-fisac-386234/>

Imágenes 9 - 10 - 11: Instituto de Microbiología Ramón y Cajal, Miguel Fisac

http://www.caravistahdr.com/fachadas_singulares.php#

Imagen 12: Casa Sindical, Francisco Cabrero

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/61/Ministerio_de_Sanidad_de_España_%28Madrid%29_01.jpg

Imagen 13: Casa Sindical, Francisco Cabrero

<https://pbs.twimg.com/media/BzGT2bKCYAAAtnc9.jpg>

Imagen 14: Casa Sindical, Francisco Cabrero

http://farm3.staticflickr.com/2209/2395071577_420cd3b94f_z.jpg?zz=1

Imagen 15: Viviendas dúplex Virgen del Pilar, Francisco Cabrero

Imagen obra de autor realizada a partir de Google Maps

Imagen 16: Torre Ripalda, La Pagoda, Antonio Escario

http://1.bp.blogspot.com/-AcU7StBveFw/UgnuOd-hIEI/AAAAAAAAAEU/X4QaW-68ghAs/s1600/DSC_0185-LaPagoda.JPG

Imagen 17: Edificio Bankinter, Rafael Moneo

<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/d5/c2/15/d5c2152966f7242885ed-38b6414e4787.jpg>

Imagen 18: Edificio Bankinter, Rafael Moneo

https://c1.staticflickr.com/9/8197/8201768218_7dc39069e0_b.jpg

DIBUJOS

Los dibujos que aparecen en esta memoria (alzados, secciones y axonometrías constructivas) son obra del autor de esta memoria.