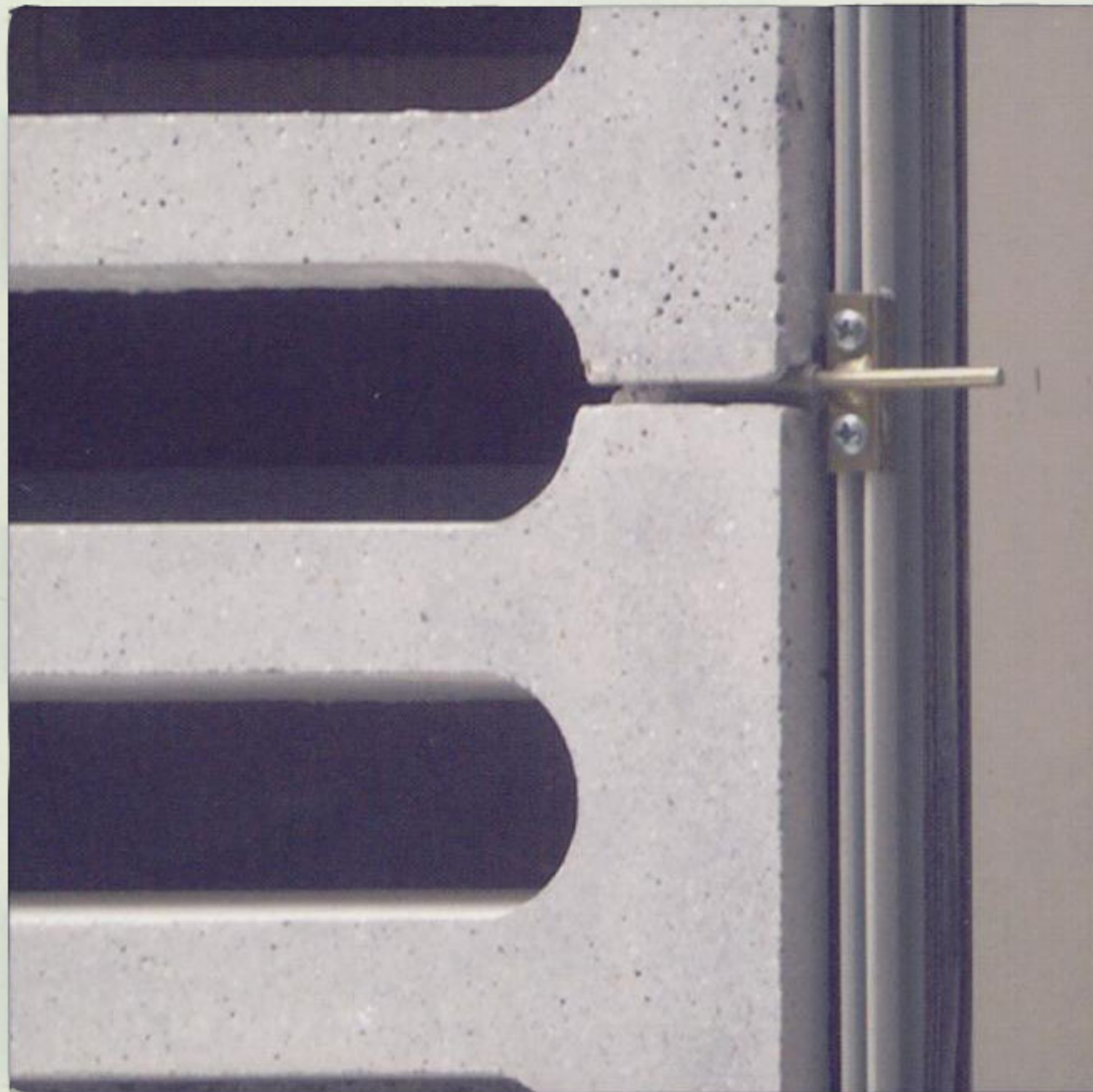


La fachada  
**Ventilada y Ligera**

**Cristina Pardal**  
**Ignacio Paricio**



## ÍNDICE

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>0. Búlgaros en Igualada</b>                                        | <b>5</b>   |
| <b>1. El estado de la cuestión</b>                                    | <b>7</b>   |
| 1.1 El modelo noreuropeo y la experiencia española                    | 9          |
| 1.2 La estanqueidad por geometría                                     | 12         |
| 1.3 Fachada ventilada apoyada versus colgada                          | 17         |
| <b>2. Técnicas convergentes</b>                                       | <b>21</b>  |
| 2.1 Las fijaciones de la piedra                                       | 22         |
| 2.2 El muro cortina                                                   | 25         |
| 2.3 La evolución del premarco: del cerco al bastidor                  | 28         |
| <b>3. Hoja exterior ligera</b>                                        | <b>33</b>  |
| 3.1 La imagen                                                         | 34         |
| 3.2 La junta                                                          | 41         |
| 3.3 La cámara                                                         | 46         |
| <b>4. Hacia la hoja interior ligera</b>                               | <b>53</b>  |
| 4.1 Montantes sobre albañilería                                       | 55         |
| 4.2 Montantes estructurales                                           | 61         |
| 4.3 La hoja intermedia                                                | 65         |
| <b>5. La composición en la fachada ligera: posibilidades formales</b> | <b>71</b>  |
| 5.1 Composición y estructura                                          | 72         |
| 5.2 El hueco y la estanqueidad                                        | 73         |
| 5.3 Expresando la yuxtaposición                                       | 77         |
| <b>6. La cuestión estructural</b>                                     | <b>81</b>  |
| 6.1 Maineles portantes                                                | 83         |
| 6.2 Pilares en fachada                                                | 85         |
| 6.3 Carpinterías portantes. Estructura a ritmo de carpintería         | 88         |
| <b>7. Perspectivas</b>                                                | <b>91</b>  |
| 7.1 Algunas conclusiones                                              | 91         |
| 7.2 Los mecanismos de adecuación al cambio                            | 93         |
| 7.3 Perspectivas de futuro                                            | 97         |
| <b>Bibliografía</b>                                                   | <b>98</b>  |
| <b>Referencias a industriales</b>                                     | <b>100</b> |
| <b>Créditos fotográficos</b>                                          | <b>102</b> |



## 0. BÚLGAROS EN IGUALADA

Hace unos meses, una gran empresa constructora presentó una alternativa para la construcción de la fachada de un importante edificio en Igualada. El sistema era poco seguro, -más adelante lo analizaremos con más atención-, pero lo que aquí es necesario señalar es que la propuesta era de un grupo griego que utilizaba unos paneles coreanos a imitación del Alucobond suizo, y que lo colocaba una subcontrata búlgara. La dilución de responsabilidades en un caso así es consecuencia directa de la globalización de la construcción y de la dispersión de subcontratas. Sólo la normativa y el seguro decenal pueden protegernos de ciertas propuestas. Pero eso supone un recurso a la normativa que sólo puede utilizarse reduciendo la ambición de los planteamientos del diseñador. El lento desarrollo de la legislación, siempre detrás de la realidad, implica que nuestros proyectos serán aún más conservadores.

Las garantías de la innovación se ven afectadas, además, por la sectorización del conocimiento. La fachada ventilada se está convirtiendo en un mercado muy atractivo para muchos productos. A ella se acercan, por ejemplo, las potentes empresas de gres porcelánico, los composites metálicos, la sofisticada industria de las fijaciones y subestructuras metálicas, los fabricantes de materiales adecuados a las hojas intermedias y la gran industria del cartón-yeso.

Pero en realidad, nadie puede explicarnos con precisión cómo funciona una fachada ventilada. Como veremos a lo largo de este texto, su estanqueidad es imprecisa, su comportamiento acústico diverso y su proceso constructivo dubitativo. Sin embargo, sus ventajas compositivas y constructivas son tan evidentes que se está imponiendo de



Hotel AC Forum, Barcelona  
(MAP Arquitectos).

manera casi universal en los edificios de vivienda. Para que podamos proyectar con seguridad este tipo de fachadas, sería necesario mucho más estudio e investigación de su comportamiento, una tipificación clara de sus variantes y una normativa que proteja su uso. A la espera de todo ello, desearíamos que este pequeño trabajo ayude a su conocimiento y uso en el proyecto.



Edificio de oficinas, Barcelona (W. Mc Donough).



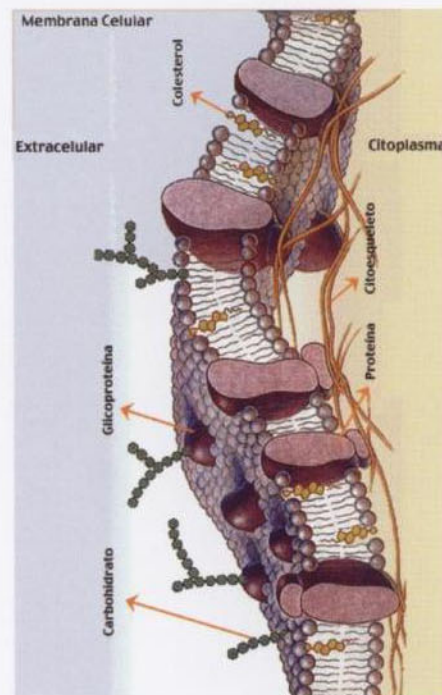
## 1. EL ESTADO DE LA CUESTIÓN

El mundo de la construcción arquitectónica vive un momento interesantísimo. Los cambios se producen a una velocidad cada vez más acelerada y las posibilidades de innovación se abren incluso para las formas más sencillas de la edificación. En muy pocos años hemos olvidado prácticas que parecían absolutamente consolidadas, como la cubierta convencional o el tabique de cerámica. Esta situación sería absolutamente deseable si tuviésemos una manera rápida y económica de controlar las consecuencias de cada alternativa y, sobre todo, si tuviésemos un modelo técnico de referencia, un objetivo ampliamente compartido con el que cotejar cada propuesta.

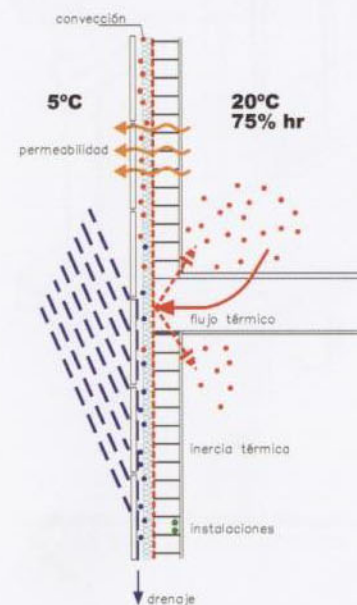
Está resultando especialmente difícil el tema del cerramiento exterior, sobre todo el cerramiento vertical, es decir, la fachada. La convergencia de conflictos es abrumadora: la fachada es la imagen que el edificio ofrece a la ciudad y eso sugiere intereses relacionados con la composición, la coherencia urbana o el prestigio. Además y, sobre todo, es un límite protector de diseño cada vez más sofisticado. Hasta hace pocos años todo lo resolvíamos con el espesor: más frío exterior, más grosor del cerramiento; más carga, más grosor; más lluvia, más grosor etc. Hoy superponemos delicados e inteligentes materiales para resolver una fachada cien veces más eficaz con un espesor escaso. Pero, como insistía el biólogo Ramón Folch, a los arquitectos nos cuesta aceptar que la fachada es una sofisticada membrana que tiene que diseñarse como tal. Una membrana a la que encomendamos el control de los más diversos aspectos (1):

- Control del flujo térmico
- Control del flujo de aire
- Control del flujo de vapor de agua
- Control del movimiento del agua
- Durabilidad de los materiales
- Comportamiento frente al fuego
- Resistencia y rigidez

La velocidad en la innovación es especialmente crítica en el campo de las soluciones constructivas de fachada. Hace ya unos diez años anun-



Membrana celular.



Membrana del edificio.



Criterios confusos en la construcción actual.

ciábamos la crisis de la fachada convencional. Las incoherencias de unos cerramientos insertos entre forjados, pero que fingen pasar por delante de su canto, han provocado muchos pequeños y algunos grandes fracasos constructivos. La solución empieza a ser muy criticada, pero no está claro que sean esas incoherencias las que estén arrumbando la solución, sino inconvenientes procedentes de otras áreas, sobre todo la composición arquitectónica. La forma lógica de construir con fábrica de ladrillo y estructura porticada contradice la imagen falseada de superficie continua, imagen que generalmente busca el arquitecto. La ejecución de la paredes medianeras evidencia cuales son las reglas compositivas coherentes con ese sistema constructivo.

La evolución hacia la fachada ventilada se ha consolidado en esta última década. Dejamos la hoja exterior de ladrillo como cerramiento libremente dilatable, para ir a buscar pieles exteriores diversas. En general se recurre a piezas poco pesadas que se cuelgan de la hoja interior o de entramados secundarios situados entre los forjados.

El pesimista cuadro general que describíamos al principio de estas líneas no niega el interés de las soluciones que empiezan a difundirse entre los arquitectos y constructores más inquietos. Dos mundos muy distintos conviven en el sector: uno está implicado en el desarrollo de nuevas tecnologías, su estudio teórico, impulsión y experimentación, con el riesgo que ello conlleva, y el otro, al margen del progreso, completamente conservador y estancado en el quehacer cotidiano, adopta una actitud reacia a cualquier cambio.

Sigue siendo cierta una afirmación de Hutcheon, tal como la redactó hace mas de cincuenta años: "El estado del conocimiento en la actualidad parece cada vez menos adecuado a los incrementos de calidad exigidos por la demanda" (2).

Medio siglo después Sergio Croce insiste: "La fiabilidad de los actuales sistemas constructivos tiende a reducirse cada vez más respecto al pasado en la medida en que el sistema mismo tiende a ser más complejo, a causa de la heterogeneidad de los materiales utilizados y de la mayor exigencia de prestaciones" (12).

Pero el sector de la construcción es muy amplio. Si por un extremo se sofisticaba hasta la exasperación, por el otro se mantiene en las prácticas más injustificadas y asistemáticas. Lo cierto es que gran parte de



lo que se construye podría agruparse dentro de lo que llamábamos en otro texto "construcción rupestre", una construcción empecinada en yuxtaponer los materiales más diversos rehuyendo cualquier concepto de "sistema" constructivo. (15)

Esta pequeña construcción próxima a Oviedo muestra la combinación impresentable de cualquier tipo de material contemporáneo (acero, termoarcilla, hormigón) yuxtapuesto sin la menor inquietud coordinadora. Aparejar, ¡qué bella idea!

### 1.1 El modelo noreuropeo y la experiencia española

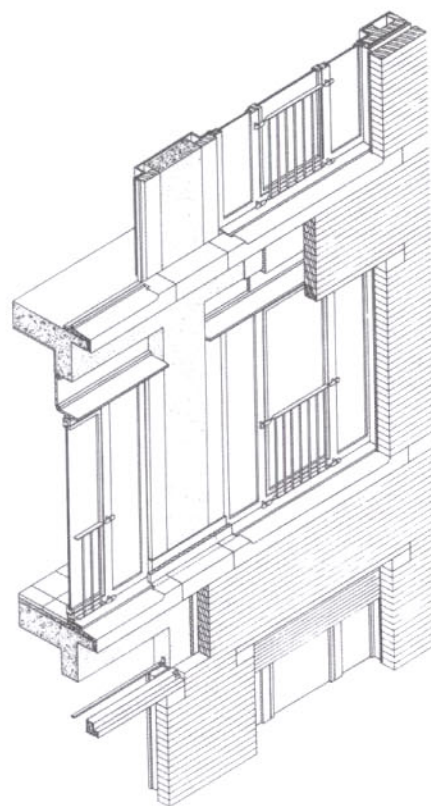
Durante unos años hemos creído que el modelo de los países noreuropeos se iba a extender entre nosotros. Proponíamos la fachada ventilada de albañilería como la opción más razonable, el camino a seguir que esos países más exigentes y adelantados nos habían abierto. Recordemos que esa fachada se basa en la construcción de una hoja de medio pie que pasa por delante de los forjados, es libremente dilatante y forma una cámara ventilada que oculta el aislamiento térmico. Es una solución impecable desde el punto de vista físico.

Su único inconveniente reside en la limitación que impone la estabilidad de una hoja tan esbelta. La normativa no permite llevar esa hoja exterior de medio pie más allá de los once metros de altura. Para edificios de más de tres plantas, eso supone buscar apoyo en los bordes de forjados, con lo que la solución continúa siendo válida, pero hace difícil reducir los puentes térmicos y complica mucho la ejecución.

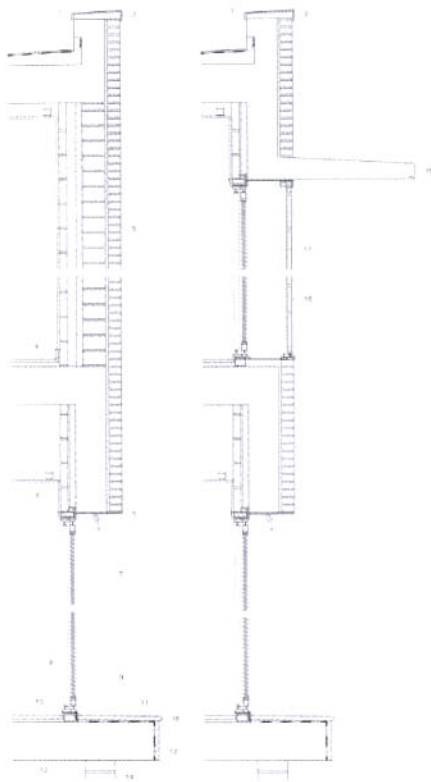
Esa altura se conseguía con una hoja de medio pie que ya resulta demasiado gruesa, onerosa y lenta de construcción para las exigencias contemporáneas. Sin embargo, la técnica de la albañilería no permitía adelgazar mucho ese grosor. Hemos llegado a trabajar con ladrillo de 9 cm para paramentos de trece metros de altura, como en la obra de Cabieces que comentábamos en otro texto (3).

No repetiremos aquí temas ampliamente desarrollados en otros lugares pero sí recordaremos los conceptos que resumen su legado:

- La hoja exterior debe poder moverse libremente. La frecuencia de juntas entre sus paramentos y las relaciones con la hoja interior debe diseñarse para permitir esos movimientos.



Axonométrica de fachada. Bloque de viviendas en la Vila Olímpica, Barcelona



- La cámara de aire garantiza la estanqueidad. Las relaciones entre hojas y entre éstas y el hueco deben diseñarse para asegurar la continuidad de esa protección.
- Es conveniente que el aislamiento térmico se coloque en la cara exterior de la hoja interior para revestir el canto de los forjados y garantizar la continuidad de su protección.

En esta evolución acelerada es muy importante tener claro los conceptos fundamentales para poder valorar las propuestas de los industriales o las ocurrencias de los constructores.

Más de un ejemplo en la arquitectura española adopta algunos aspectos de la fachada ventilada sin explotar sus posibilidades. Obsérvese la sección constructiva de esta vivienda unifamiliar. El objetivo compositivo lo satisface ese muro de fábrica de ladrillo que arranca del suelo y pasa por delante de los cantos de los forjados de la planta y la cubierta. Sobre los huecos, el muro se apoya en el premarco de acero o en un voladizo de hormigón que actúa a modo de visera.

Tras esta hoja se dispone un segundo muro de ladrillo encajado entre forjados. Resulta sorprendente que no se haya separado ligeramente la hoja exterior de la interior, creando así un espacio suficiente para constituir la cámara de aire y para disponer el aislamiento térmico. De esta forma se pasaría fácilmente a una solución de fachada ventilada de doble hoja pesada apoyada.

En este caso no se aprovechan las posibilidades funcionales de la hoja exterior de ladrillo pasante por delante de los forjados, quedándose únicamente con sus cualidades formales. El conjunto del cerramiento se resuelve según la manera más convencional utilizada en nuestro país, con cámara interior no ventilada y aislamiento, también interior, interrumpido en todo el perímetro de los forjados.







*Cavity wall.*

## 1.2 La estanqueidad por geometría

La característica técnica fundamental de este tipo de fachadas radica en el mecanismo que utiliza para conseguir la estanqueidad. Hasta hace pocas décadas, el recurso único era el espesor. Muchos autores coinciden en recordar una frase de Johanson en 1946, que ilustra las primeras dudas sobre la estanqueidad por espesor y sugiere el camino hacia las soluciones actuales: "Es claramente poco inteligente dejar que los muros, sean de ladrillo o mortero poroso, se mojen. Absorben agua como un secante, y sería un gran adelanto si alguna pantalla exterior repelente al agua pudiese añadirse por el exterior... Esa pantalla podría colocarse de manera que el vapor de agua proveniente del interior pudiese evacuarse por ventilación en el espacio entre pantalla y muro...". A continuación aconseja usar un material poroso y aislante en el muro así protegido.

El redactado es sugerente pero lo cierto es que, desde hacía siglos, la construcción estaba utilizando las cámaras drenadas para evitar la penetración del agua y, desde hacía algunas décadas, lo estaba aplicando al *cavity wall* anglosajón.

El objetivo de este mecanismo histórico es conseguir la desaparición de cualquier fuerza con alguna componente horizontal que actúe sobre el agua en el grosor de la fachada. Se trata de que la única acción sobre la gota de agua sea la de la gravedad, y de que esta fuerza mueva las gotas de líquido en una dirección conocida, de manera que un correcto dispositivo geométrico las conduzca hacia el exterior del edificio.

Veamos con detalle cuáles son esas fuerzas que mueven el agua a través de la pared, esos motores del agua que deben desactivarse.

Hemos dicho que, tradicionalmente, los cerramientos protegen del agua gracias a su espesor. Los materiales con los que siempre se han ejecutado los muros eran más o menos porosos y generalmente permeables. El agua migraba por su masa hacia el interior del edificio, pero su espesor solía ser suficiente como para que difícilmente llegasen a aparecer humedades en la cara interior. Antes de que eso ocurriese cesaba la lluvia, y la evaporación superficial reducía el agua en el plano exterior e invertía el sentido del proceso migratorio hasta secar completamente el muro.



Los aleros, cornisas, impostas y toda clase de bateaguas (o botaguas, que sería más preciso) intentan reducir la presencia de agua en el haz exterior de la fachada para formar así un primer obstáculo que impida su ingreso en el edificio.

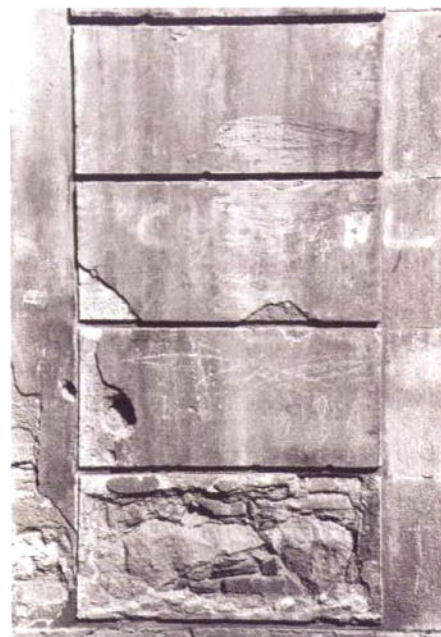
En los casos en los que el espesor difícilmente podía ser suficiente para resistir la duración de las lluvias se recurría a protecciones especiales como los empizarrados gallegos, las pinturas bituminosas valencianas o las cerámicas vidriadas de otros lugares.

Todavía hoy ese mecanismo hace posible la estanqueidad en la mayor parte de nuestras edificaciones. ¡Cuántas veces una sucesión especialmente larga de días de lluvia intensa hace que aparezca agua en el contorno de las ventanas o bajo algunas cubiertas, agua que normalmente no llegaba al interior porque los materiales la absorbían en el ingente volumen de poros de su masa!

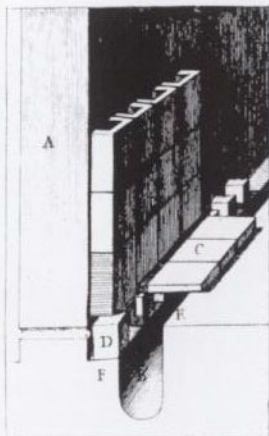
Los motores que mueven el agua hacia el interior del muro son varios aunque, a nuestros efectos, pueden resumirse en dos: la tensión superficial y la diferencia de presión. Ambos conducen el agua a través de la red de canalillos, poros conectados o micro fisuras del material de fachada.

La tensión superficial que “tira” del agua cuando ésta “moja” una pared de material poroso se hace especialmente grave cuando el fino tamaño de los conductos maximiza la tensión global perimetral respecto a la masa de agua que debe ser arrastrada: es la capilaridad. Sin entrar en cifras, la potencia de esa tensión se hace evidente cuando vemos humedades ascendentes, que superan los tres metros de altura de algunos zócalos impermeables, para asomar por encima de ellos. Si en muchos casos la mancha de humedad es más baja, se debe a la importancia de la evaporación que evacua el flujo ascendente limitando su progresión.

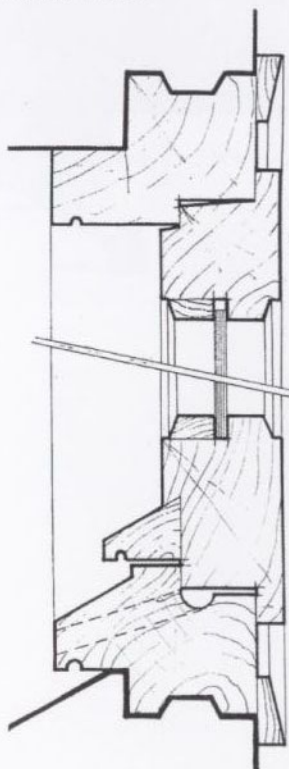
Las diferencias de presión pueden llegar a ser muy eficaces como motores impulsores del agua. La presión del viento en una fachada alcanza valores muy diferentes en los diversos puntos de su superficie en función de la proximidad a los bordes, el ángulo de incidencia, la presencia de resaltes, la altura, etc. Puede alcanzar valores de  $500 \text{ kg/m}^2$ , es decir,  $50 \text{ gr/cm}^2$ . Imaginen su importancia si actúa sobre un filete de agua de  $1 \text{ cm}^3$  depositado en una junta. El peso de ese volumen de agua es de  $1 \text{ gr}$ , luego sufre una fuerza horizontal cincuenta veces superior a su peso. Una fuerza de  $50 \text{ kg/m}^2$ , que corresponde a



Deterioro por humedades de capilaridad.



Drenaje ventilado en un grabado de la edición castellana de 1787 del Vitrubio.



Cámara drenada en una carpintería de madera.

un viento de aproximadamente 100 km/h, ya lo movería con una trayectoria prácticamente horizontal.

La eficacia de estos motores es, pues, tremenda. La mejor manera de proteger al cerramiento de la progresión del agua será invalidar su acción. Para ello nada mejor que romper el camino que conduce hacia el interior formando un espacio amplio en el que la capilaridad desaparezca y la presión se equilibre. Evitada la progresión hacia el interior, sólo nos quedará drenar ese espacio, evacuando el agua hacia el exterior para evitar que su acumulación vuelva a facilitar el progreso hacia el interior. Acabamos de enunciar la definición de las cámaras drenadas.

Después de la lectura del punto anterior y dentro del marco definido por el título de este libro, podría suponerse que las cámaras drenadas son una novedad de la moderna ciencia de la construcción. Nada más erróneo. Las cámaras drenadas son un invento cuyos orígenes no nos atrevemos a enunciar. Podrían encontrarse precedentes en algunas formas de protección en muros de sótano de edificios clásicos, pero su forma más perfecta y difundida aparece en el diseño tradicional de la carpintería de madera.

La junta entre hoja y marco, que debe permitir la apertura hacia adentro, planteó un problema difícilísimo a la carpintería tradicional. Por más que se provea al travesaño inferior de la hoja de un bateaguas proyectado hacia el exterior como la fyanca, y aunque se habilite en ésta un goterón, la presión del viento y la capilaridad moverán el agua acumulada sobre el alféizar hacia el interior.

La carpintería ha dibujado una junta laberíntica que gira hacia abajo sobre el marco y desemboca en una acanaladura de éste. Allí la estrecha junta se abre, formando una cámara donde se rompe la capilaridad y se reduce la presión. El agua se deposita en el fondo de la acanaladura y es drenada al exterior por un canalillo abierto en el grueso del marco.

Este minucioso mecanismo se repite magnificado en las balconeras gallegas. Allí el agua llega a penetrar en el umbral de granito después de atravesar el plano de la carpintería exterior. La cámara es todo el espacio interior, el canal se talla en el umbral y el canalillo atraviesa el granito para verter a la calle.



La tradicional cubierta de teja sobre los sobrados de la casa rural utiliza en realidad un mecanismo análogo. La teja es absolutamente permeable, su cara interior puede empaparse, pero esa superficie interior se secará por ventilación o las gotas descenderán por el intradós hasta salir fuera del edificio. Por eso es tan grave disponer bajo esas cubiertas una hoja interior estanca con el objetivo de mejorar la habitabilidad del espacio bajo cubierta, que en realidad es una cámara ventilada y drenante.

Ya en el mundo de los paramentos de fachada, la más maravillosa aplicación de la teoría de la cámara drenada es el tabique pluvial catalán. El muro de albañilería encuentra el espesor idóneo para equilibrar la migración del agua debida a las lluvias habituales en nuestras costas por encima del medio pie de ladrillo. Por ello, las fachadas son siempre de un pie de este material.



Balconera gallega

Tabique pluvial catalán.



Tabique pluvial a base de placas de pizarra propio de la tradición gallega

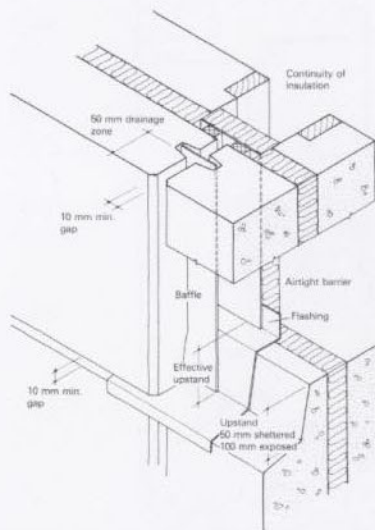
Para economizar en la construcción de las medianeras ese espesor se limitaba a medio pie, a la espera que la construcción vecina protegiese de las lluvias.

A la espera de que el vecino construya se levanta un tabique pluvial, cuya misión principal es formar la cámara. El tabique se empapa con las lluvias, pero la cámara impide la progresión del agua ya que, al llegar ésta a su cara interior, resbalará por gravedad hacia los agujeros abiertos en su parte inferior. La ventilación de la cámara contribuye al rápido secado de ese tabique cuando cesan las lluvias. Mientras, los valencianos pintaban las medianeras con asfalto, solución más económica, pero que queda al albur de las fisuras o poros de esa pintura y convierte a la medianera a oeste en un captador solar en vez de gozar de la evacuación térmica por convección que asegura el tabique pluvial.

Esta divergencia de caminos entre los partidarios de la impermeabilización continua exterior, que intenta impedir la menor penetración del agua con productos derivados del petróleo, y los de las sofisticadas cámaras drenadas, que dejan entrar el agua para dominarla y expulsarla, se ha mantenido hasta nuestros días. Es un pulso entre la química y la geometría que últimamente parecía decantado de forma definitiva hacia la sensatez de la geometría frente a la falsamente moderna confianza en la química orgánica. Recientemente, el progresivo interés de la industria química por la edificación está introduciendo en el mercado productos sorprendentemente eficaces para estos menesteres.

Durante las décadas centrales del siglo pasado la difusión de la construcción con grandes paneles de hormigón volvió a poner el tema sobre el tapete: las juntas entre paneles, sometidas a importantes movimientos térmicos, ¿debían sellarse para evitar que el agua penetrase, o era mejor dejar entrar al agua para detener su progresión y evacuarla hacia abajo y hacia el exterior por una canal drenada?

Los daneses se convirtieron en líderes de esta segunda solución y sus juntas se difundieron poco a poco por toda Europa. En América la polémica se mantenía. Los canadienses apuntaban a la solución nórdica, mientras que en USA aún se prefería el sellado en haces exteriores (1).



Cámara drenada en las juntas vertical y horizontal entre paneles prefabricados de hormigón.



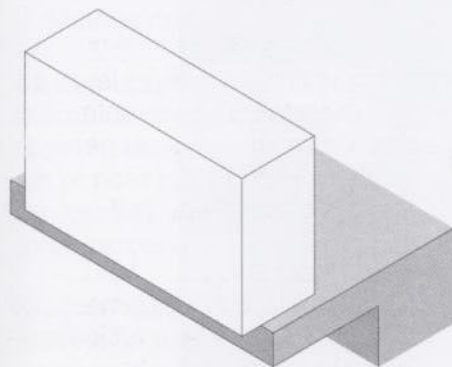
### 1.3 Fachada ventilada apoyada versus colgada

La fachada “estanca”, es decir, la que está formada por piezas selladas en su haz exterior, ha sido, pues, una alternativa hasta hace pocos años. Hoy está en pleno declive. Todos estamos ya de acuerdo en recurrir a las ventajas del drenaje que hemos descrito y el camino apunta de manera cada vez más firme hacia alguna de las formas de fachada ventilada.

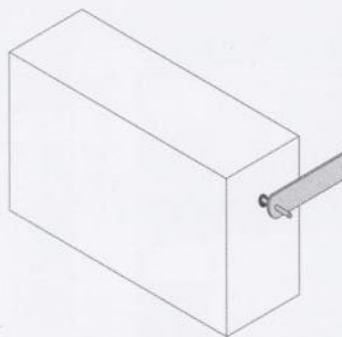
Hace ya una década, en esta misma pequeña editorial, publicamos un libro sobre lo que entonces parecía ser la solución con más futuro: la fachada ventilada de ladrillo. Hoy tenemos que reconocer que el éxito de la propuesta no corresponde al aval internacional que nos la trajo.

La dificultad de apoyo en cada forjado o el peso excesivo de la hoja exterior de albañilería no explican por sí solas el escaso éxito de la fachada ventilada apoyada. Podríamos añadir otros factores que pueden justificar la evolución hacia una hoja exterior más ligera, como una mano de obra carente de oficio, el deseo de mejorar calidades optando por sistemas más industrializados, la reducción de los plazos de entrega de las obras, etc. En definitiva, intentando minimizar costes mejorando la calidad, y para ello la industrialización es crucial.

No obstante, creemos que la razón fundamental del relativo fracaso de la fachada ventilada de albañilería reside en la limitación compositiva que impone. La ventana apaisada se hace difícil porque el dintel



APOYADA



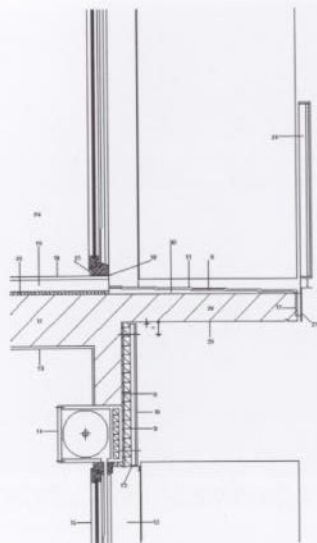
COLGADA



Bloque de viviendas en la Vila Olímpica, Barcelona (Ll. Clotet, I. Paricio).



Silodam Amsterdam, Países Bajos (MVRDV).



Viviendas en Lakua, Vitoria (R. Ercilla, M.A. Campo, F.J. Mangado).

debe colgarse del forjado superior para evitar flechas excesivas, y los macizos entre huecos deben ser capaces de llevar sus cargas hasta el forjado. Todo ello conduce a una imagen relativamente tradicional y bastante tectónica, en la que los huecos son de anchura limitada y la composición es predominantemente vertical.

La composición arquitectónica ha encontrado en la fachada de hoja exterior ligera la alternativa a la rigidez impuesta por la fachada convencional o la de hoja exterior pesada. Se trata de sustituir el muro apoyado de ladrillo por una hoja exterior, formada por unas piezas ligeras colgadas de la hoja interior mediante fijaciones.





Esta solución ofrece muchas ventajas a la composición arquitectónica. Por una parte, permite una gran libertad de materiales: la piedra, los plásticos, las chapas metálicas, las maderas y sus derivados se ofrecen como texturas diversas, como acabados capaces de cualquier color y casi cualquier despiece. Si a esa libertad de la hoja exterior colgada añadimos que su soporte es un entramado metálico vinculado a los forjados, conseguiremos que los huecos puedan tener cualquier forma y dimensiones. Las posibilidades compositivas son entonces inmensas.

Una hoja exterior colgada, formada por piezas más o menos ligeras, puede fingir cualquier despiece y adaptarse a cualquier tipo de huecos, puede cambiar de material y de color e, incluso, puede sustituirse con los años por otro revestimiento. Es lo que en otro lugar llamábamos, sin ningún ánimo despectivo, el juego de los «vestiditos de muñecas». Un juego que puede dar una salida muy honorable a las dificultades físicas de la fachada convencional.

Sin embargo, como tantas otras veces en el desarrollo de la construcción durante este último siglo, la evolución que estamos protagonizando parece profundamente desorientada. En ningún momento ningún organismo pensante en algún lugar del continente europeo ha promovido con fuerza suficiente una investigación para diseñar una solución constructiva que hiciese frente a las carencias de los sistemas anteriores y atendiese a los deseos de la arquitectura contemporánea. Nadie ha enunciado con rigor los objetivos que esa nueva fachada debe satisfacer, ni se ha asegurado que haya una combinación de materiales y detalles constructivos que los cumplan.

La evolución sucede de una manera absolutamente parcializada. Se introduce un material en la hoja exterior sin saber cómo afecta a los movimientos de aire en la cámara ventilada, se aligera la hoja interior sin pensar en las consecuencias acústicas o de estanqueidad al aire, se optimiza el macizo sin pensar en el hueco, se trabaja en la carpintería sin pensar en la protección solar, etc.

Muchas razones explican esa combinación de buenas intenciones con una visión parcial del problema. La más importante afecta a industrias y proveedores de materiales muy diversos. ¿Qué sabe el que cuelga la piedra de lo que ofrece el Pladur, cómo puede el fabricante de Alucobond afrontar su relación con el premarco-telar que hoy diseñan los arquitectos? ¿Quién debe explicar a los grandes fabricantes de semi-productos la necesidad del diseño y puesta en el mercado de un nue-

vo material para resolver la potencialmente interesantísima hoja central? ¿Qué sabe una empresa de gres porcelánico del funcionamiento de una cámara drenante?

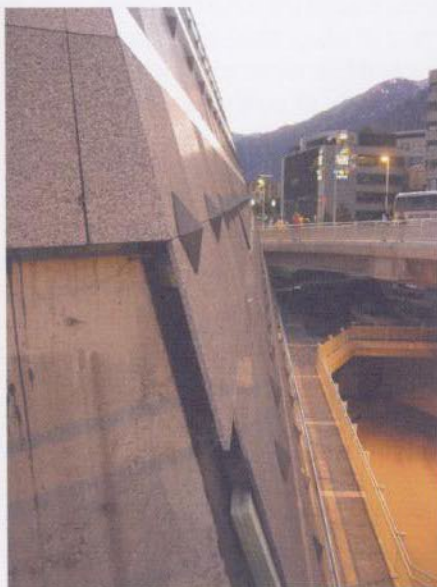
En los últimos años se han propuesto y ensayado una serie de técnicas constructivas, cada una de las cuales puede aportar soluciones a aspectos parciales de la fachada ligera. La sabia combinación de esas propuestas, ya comprobadas, podría ponernos en situación de diseñar colectivamente, como un *collage*, esa nueva fachada que hoy necesitamos, que aproveche lo mejor y más experimentado de cada propuesta y que se beneficie del éxito y las buenas perspectivas de algunas de ellas.



## 2. TÉCNICAS CONVERGENTES

La evolución hacia la fachada de hoja exterior colgada no supone un giro revolucionario en la concepción constructiva del cerramiento. Varias experiencias anteriores, hoy plenamente consolidadas, han servido de precedente y han puesto a punto el utillaje para poder afrontar su diseño sin sobresaltos:

- a) los aplacados de piedra colgada,
- b) la tecnología del muro cortina,
- c) la evolución de los premarcos.



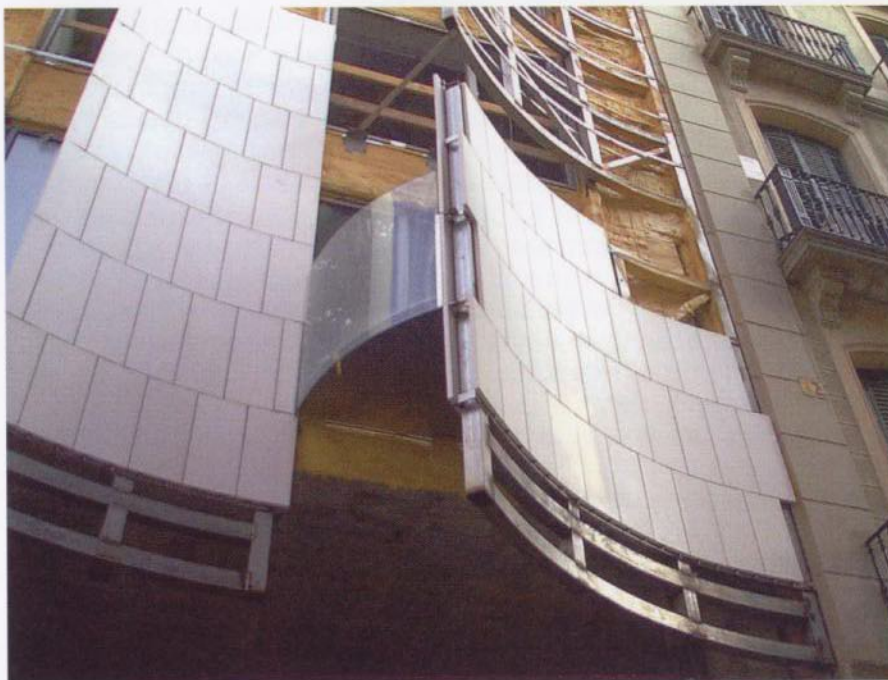
Aplacado de piedra.

Muro cortina.

Premarco telar en el edificio L'Illa Diagonal, Barcelona (I. de Solà Morales, R. Moneo).



Hotel Omm, Barcelona (J. Capella).



## 2.1 Las fijaciones de la piedra

La más conocida es la técnica de los revestimientos de piedra, que hace casi cincuenta años se despegaron de la parte más sólida de la fachada y empezaron a concebirse como piezas sueltas colgadas del muro mediante unas fijaciones que permitían su libre dilatación. Sin saberlo estábamos construyendo fachadas ventiladas de hoja exterior colgada. Sólo ha sido necesario aumentar la anchura de la cámara, interponer un aislamiento térmico y ajustar la separación de las piezas de piedra para convertir esa solución ya convencional en una moderna fachada de hoja exterior libremente dilatable y cámara ventilada y drenada (10).

Las primeras fijaciones que se emplearon para anclar la hoja exterior de la fachada ventilada consistían en elementos puntuales que no disponían de sistema de regulación espacial. La obtención de un plano de fachada bien aplomado y con juntas correctamente niveladas depen-



día exclusivamente del buen hacer del operario. Cada anclaje exigía una perforación en la hoja interior que actuaba de soporte, suponía un punto de contacto entre la hoja exterior y la interior, y, por lo tanto, una posible entrada de agua. Dependiendo del despiece proyectado para la hoja exterior y del tipo de anclaje escogido, podía variar el número de perforaciones.

Con el objetivo de minimizar el número de puntos de anclaje sobre la hoja interior y facilitar la nivelación de la hoja exterior, aparecen los sistemas de fijación por medio de rastreles. Se trata de disponer un elemento intermedio que reciba los anclajes puntuales que fijan los paneles de la hoja exterior, y que precise de pocos puntos para sustentarse a la hoja interior.

La correcta disposición del rastrel garantiza la verticalidad del plano exterior sin tener que recurrir a la nivelación manual de cada fijación. Por lo general estos rastreles se anclan a los cantos de los forjados y en uno o dos puntos a la hoja interior de fábrica de ladrillo.

En ningún momento esas nuevas formas de aplacado difundidas por los explotadores de las canteras españolas intentaban cambiar el funcionamiento general de la fachada. Es difícil pensar que nadie tuviese en mente el paralelismo de la cámara así formada con las soluciones de albañilería anglosajona. Ni siquiera se encuentran comentarios asociando esta solución a la idea de una cámara ventilada.

El objetivo de esta técnica era mejorar la fijación para evitar los cada vez más frecuentes desprendimientos por falta de adherencia de la solución amortiguada. Pero aún así, el resultado es igualmente interesante para nuestra historia: los industriales de la piedra llevan casi cincuenta años experimentando con sistemas de fijación que dan lugar a una hoja exterior libremente dilatable y que pueden formar con toda facilidad una cámara ventilada.

Muchos problemas que hoy nos plantea la fachada ventilada de hoja exterior ligera aparecieron ya con esos aplacados primerizos: las roturas en los zócalos por fragilidad de la piedra o defectos en su relación con la fijación, problemas de extracción de una piedra rota sin desmontar toda la fachada, dificultades para formar el telar o retorno de los aplacados en los huecos, etc.



El hotel Hilton, construido entre 1987 y 1990, resuelve la fachada con aplacado de piedra fijado sobre rastreles verticales que pasan por delante de los cantos de los forjados, y se ancla únicamente en ellos. Este sistema de fijación libera a la hoja interior de sus responsabilidades portantes y permite pensar en soluciones de fachada realmente ligeras en todas sus capas. Todo ese bagaje es útil para realizar fachadas ligeras y abordar soluciones de fijación cada vez más idóneas para las nuevas piezas de la hoja exterior y para la evolución de las hojas interiores y las formas de soporte.





## 2.2 El muro cortina

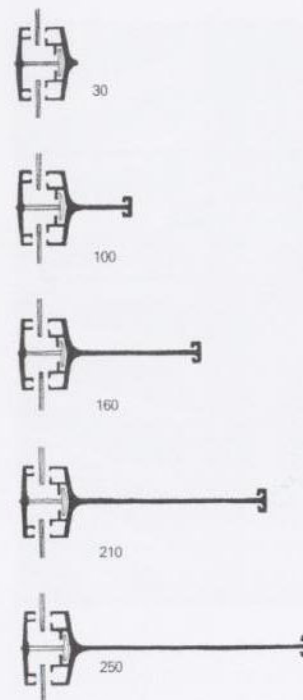
Hasta hace poco, por fachada ligera se entendía casi exclusivamente el muro cortina. Los muros cortina se popularizaron en los cincuenta como una solución ligera e industrializada que dignifica la imagen de los edificios de oficinas, una técnica de fachada bastante costosa en la que predomina el cerramiento de vidrio fijo. Sin embargo, de esta técnica también puede hoy aprender mucho la fachada ligera doméstica, con su predominio de macizos y composición no subordinada al subrayado vertical de los maineles de aluminio.

Efectivamente, el elemento básico del sistema es el montante, perfil vertical generalmente de aluminio que está diseñado para:

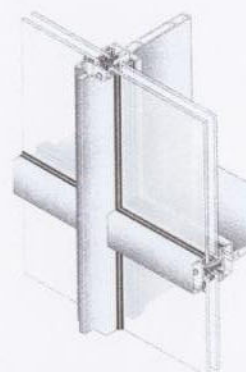
- Asumir las cargas horizontales de viento que reciben los paramentos y llevarlas hasta los forjados.
- Recibir los diversos tipos de paramentos que cierran la fachada asegurando la estanqueidad de las uniones.
- Garantizar la cohabitación de una geometría tan grosera como la del forjado con la precisión de las carpinterías de acero o aluminio.

El muro cortina, que popularmente se caracteriza por ser un cerramiento de fachada vidriado, no podría existir sin el tramo ciego. Todo perfil de muro cortina permite la inserción tanto de paneles de vidrio como de paneles sándwich que, además de cerrar el espacio interior, suplen la función de aislamiento térmico que en la parte vidriada aporta el vidrio con cámara.

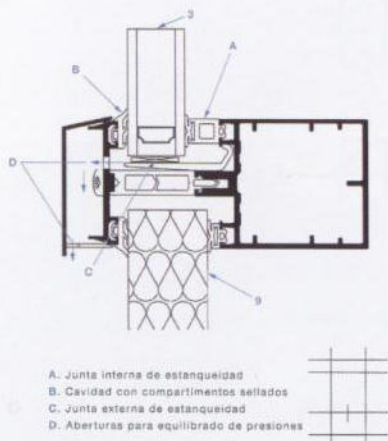
El montante principal del muro cortina recorre toda la verticalidad de la fachada con un trazado perfectamente aplomado, que pasa por delante de las testas de unos forjados cuyas proyecciones verticales pueden tener variaciones de muchos centímetros. Para resolver esa diferencia de precisión entre el trabajo incómodo y difícil del encofrador y la precisión exigida por el montante, se pusieron a punto en los años cincuenta y sesenta unos sistemas de tolerancia basados en angulares y agujeros colisos que se han incorporado al conocimiento tecnológico habitual y han sido utilizados para el soporte de entramados en las fachadas ventiladas ligeras.



Diseño de un perfil de muro cortina (J. Prouvé).



Detalle de la carpintería de un muro cortina de tapeta vista.



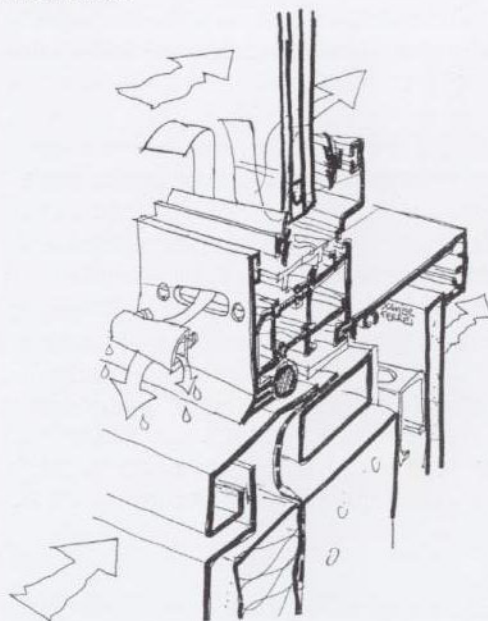
Travesaño de un muro cortina de tapeta vista, indicando los mecanismos de estanqueidad. Technal.

Si inicialmente los muros cortina confiaban en el sellado exterior para asegurar la estanqueidad, muy rápidamente evolucionaron para introducir todo tipo de conducciones internas conectadas entre sí que drenaban el agua y la conducían, de manera a veces bastante laberíntica, hacia el exterior. No inventaron nada nuevo, simplemente incorporaron sistemas heredados de las tradicionales carpinterías de madera.

Tal como muestran los dibujos de X. Ferrés publicados en el volumen de la revista *Tectónica* dedicado a los muros cortina, los mecanismos para conseguir la estanqueidad en las juntas entre los distintos materiales que forman el cerramiento son, básicamente, el equilibrado de presiones y las cámaras drenadas con un dubitativo recurso al sellado no protegido (11).

Analizando la sección del montante clásico de un muro cortina, podemos establecer un claro paralelismo con las tres líneas de defensa frente al ingreso del agua de las que hablaban Brown, Chown, Poirier y Rousseau en 1999 (6).

La primera barrera detiene la fuerza debida a la energía cinética que el viento transfiere a la gota de agua. A pesar de disponer de un sellado entre el vidrio y la perfilaría, no se confía plenamente en su buen funcionamiento a largo plazo ya que el sistema prevé una posible entrada de agua a la cámara que se forma entre el presor y la parte interior del montante.



Encuentro entre carpintería y antepecho ciego (dibujo de X. Ferrés).



La segunda y más importante barrera la establece esta cámara drenada. Acanaladuras conectadas entre sí a ambos lados del saliente que permite anclar el presor facilitan la rápida expulsión del agua. Dichas acanaladuras se conectan en el cruce entre montantes y travesaños estableciendo toda una retícula de desagüe. La cámara interrumpe el ingreso del agua por capilaridad.

Perforaciones estratégicamente dispuestas en el presor permiten establecer un equilibrio de presiones entre el exterior y la cámara drenada para anular cualquier posible fuerza de succión que facilite el ingreso del agua al interior de la cámara. La resolución de la cara interior de la cámara de aire debe garantizar la estanqueidad principalmente al aire, ya que la estanqueidad frente al agua debe haber quedado resuelta antes de llegar a este plano.

Todos estos mecanismos son los mismos que nos explican el funcionamiento de la fachada ventilada y eran, por lo tanto, perfectamente conocidos por los expertos en muro cortina. Pero la herencia más directa de esta técnica ha sido el montante externo a la estructura como soporte de la hoja exterior.

Los montantes diseñados para el muro cortina han empezado a ser utilizados fuera de su contexto como soportes de todo tipo de cerramientos. Diferentes tipos de materiales más o menos ligeros pueden colocarse sobre esos montantes para dar la imagen del edificio.

En el pequeño edificio administrativo anexo al mercado de la Boquería utilizamos unos montantes de este tipo y unos pasadores elementales como fijación de unas piezas prefabricadas de hormigón, que servían de rejas de ventilación.

Hoy, cada una de las múltiples empresas de carpinterías metálicas tiene su propio sistema de muro cortina y ha acumulado una larga experiencia en sistemas de fijación de paramentos sobre maineles verticales, valiosa para poder transformar el montante clásico en un soporte de hojas diversas cuyo conjunto cumpla las características exigibles a la fachada ventilada.

Poder anclar a la propia estructura del muro cortina una hoja exterior ligera, de cualquier material y con un alto grado de libertad de diseño, es un valor añadido al hecho de que esta hoja genere una fachada ventilada. Ventilando la cámara tras la hoja exterior llegamos a la fachada transventilada.



Anclaje del cerramiento de lamas de la fachada del edificio de oficinas de la Plaza de la Garduña, Barcelona (LI. Clotet, I. Paricio).



Colocación tradicional de un premarco.



Premarcos anclados directamente a los forjados.

## 2.3 La evolución del premarco: del cerco al bastidor

La técnica de la carpintería de aluminio, con su elaboración completa en taller, no permite ninguna adecuación dimensional al tamaño del hueco abierto en la albañilería. Por ello, cuando se difundieron las carpinterías de aluminio se impuso el uso del premarco, un elemento de tubo galvanizado que aporta el carpintero metálico a la obra para estar seguro de que, cuando llegue con la carpintería de aluminio, ésta podrá introducirse con precisión en su interior. Es fundamental que el premarco se coloque antes de completar la obra de albañilería, incluso antes de que ésta se inicie, si es posible. Sólo así podrá conseguirse una perfecta fijación del premarco y una correcta estanqueidad de la unión obrapremarco.

El premarco convencional acostumbra a ser un tubo de acero galvanizado de 20 x 40 mm, es decir, que tiene una dimensión máxima inferior a la de las carpinterías habituales y queda totalmente envuelto por ellas y sus tapajuntas. Para cumplir su misión -establecer con precisión el tamaño del hueco-, no necesita mayor sección.

Cuando el tamaño de los huecos aumenta se hace posible, y deseable, anclar el premarco a los forjados. Así pueden colocarse los premarcos con toda exactitud antes de iniciar la obra de albañilería de la fachada. La comprobación del replanteo de los huecos es muy sencilla y el albañil sólo tiene que rellenar con ladrillo los espacios entre premarcos.

Así, el premarco empieza a asumir cierta función mecánica. Debe ser capaz de soportar su propio peso hasta que se construya la albañilería, y deberá transmitir las acciones de viento sobre la carpintería y hasta los forjados a través de esos anclajes.

Si la carga de viento previsible es importante, estos premarcos de gran tamaño pueden verse sometidos a flexiones muy elevadas. Su sección debe incrementarse para poder asumirlas y trasladarlas hasta los forjados en los que se anclan. Nos encontramos fácilmente con elementos complejos formados por tubos verticales (montantes) y horizontales (travesaños), que llegan a superar los 100 x 50mm. Estos bastidores estructurales se rellenan con elementos de carpintería o con elementos opacos y forman un verdadero entramado estructural.



Este tipo de entramados se ha difundido en los últimos años, y la experiencia acumulada en su utilización brinda unos conocimientos muy útiles al diseño de soportes de las hojas de muchos tipos de fachada ventilada, que estudiaremos a continuación.

Por ejemplo, hemos aprendido a insertar los premarcos entre forjados, asegurándonos que transmiten las acciones horizontales sin asumir las que podrían implicarlos por la deformación de los forjados. Para ello disponemos desde las simplísimas pletinas hasta las más seguras mechas.

Las primeras son unas pletinas a modo de pestañas laterales en la testa del premarco. El elemento vertical no llega al forjado, pero la pletina se deforma para entrar en contacto con él y poder fijarse con cualquier tipo de anclaje.

Las mechas son tubos de corta longitud con una pletina en un extremo que se fija al forjado. Este tubo es de sección algo menor a la del premarco, y se introduce dentro del montante de manera que puede entrar más o menos sin transmitir nunca cargas verticales.

Es muy significativa la libertad compositiva que brinda un sistema de premarcos estructurales. En la “Illa de la Llum” de Diagonal Mar diseñamos unos paramentos de fachada entre los pilares y los forjados que vuelan para formar las amplias terrazas perimetrales. Como exis-



Anclaje de un bastidor al forjado superior. La mecha permite el libre movimiento del elemento estructural sin que el bastidor entre en carga.



ten tipos muy diferentes de viviendas, aparecen muchos diseños de plementería y, por lo tanto, de premarcos. La verdad es que creímos que íbamos a provocar un problema al industrial puesto que tenía que confeccionar a medida unos dos mil premarcos, casi todos diferentes. Sin embargo, éste montó un pequeño taller a pie de obra que resolvió perfectamente el problema. Editó unas páginas con etiquetas adheridas, de manera que cada página correspondía a un premarco y cada etiqueta a una de las diez o quince barras que lo formaban. Las dimensiones de los tubos que formaban el premarco se unificaron pasando a ser siempre de 100 x 40mm. El tubo llegaba al pequeño taller, donde se iba cortando a la longitud que la hoja indicaba, pegando a cada perfil cortado la etiqueta correspondiente. Un carrito transportaba todos los tubos de un premarco hasta una enorme mesaparaalex vecina. Allí se colocaban ordenadamente los trozos de tubo y se procedía a un rápido electrosoldado. El premarco estaba acabado y se subía hasta su posición en obra, siempre indicada en la correspondiente etiqueta.



Diferentes momentos de la elaboración y del montaje de los premarcos para el edificio de viviendas "Illa de la Llum" de Diagonal Mar, en Barcelona (Ll. Clotet, I. Paricio).





Cuando una o las dos hojas de la fachada en vez de colgar apoyan, el premarco debe soportar el peso del tramo de hoja que se sitúa sobre él actuando como si fuera un dintel.

Si se trata de una solución de hoja exterior pesada apoyada y que pasa por delante de los forjados, las cargas pueden llegar a ser muy importantes ya que la hoja de albañilería puede tener bastante altura. En esas condiciones la luz del hueco no puede ser muy grande aunque se refuerce el dintel del premarco. Cualquier pequeña flecha de ese dintel podría partir esas hojas exteriores, siempre esbeltas y frágiles, con el consiguiente desdoro de la imagen del edificio.

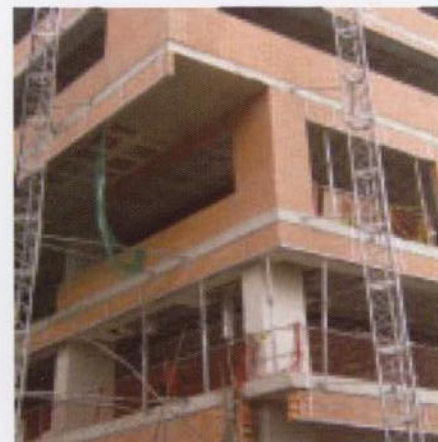
Este problema se ha resuelto muchas veces colgando ese dintel del forjado superior con todos los elementos metálicos que sean necesarios. No es una solución correcta. Recuérdese que el resto de la hoja exterior de albañilería está apoyada en algún elemento inferior. Si la parte de albañilería que queda sobre los huecos cuelga de los forjados superiores, su comportamiento frente a las deformaciones mecánicas, térmicas y geológicas será diferente al del resto del paramento y podrán producirse fisuras que normalmente llegarán a evidenciarse.

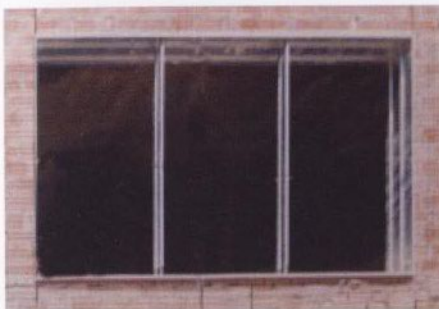
Lo correcto, en este caso, es que toda la fachada se apoye en los elementos inferiores. Si el hueco es demasiado ancho podremos colocar unos maineles o parteluces, unos esbeltos pilarcillos que apeen al dintel reduciendo su luz a unas dimensiones razonables. Utilizamos



Subestructura de acero colocada para soportar la pared de fábrica de ladrillo de la parte superior del hueco.

Hoja de fábrica de ladrillo de soporte mixto, colgado o apoyado.

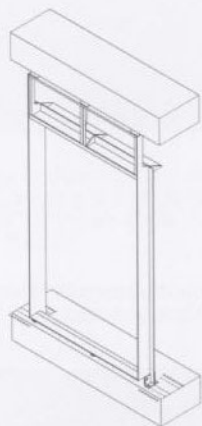




Edificio de viviendas en Solsona, Lleida (LI. Clotet, I. Paricio).

por primera vez esta solución en unas viviendas en Solsona. La hoja interior es de medio pie de ladrillo perforado, mientras que la exterior es de nueve centímetros de ladrillo hueco con acabado de mortero monocapa. El premarco de chapa galvanizada de 8 mm de grueso tiene en el dintel una pestaña vertical de 8 cm de altura que le capacita para soportar el peso de ambas hojas con una luz de 1,50 m. Como tenemos ventanas de 4 m de anchura, resolvimos disponer un mainel central. En realidad, y para facilitar el transporte, formamos dos premarcos yuxtapuestos. La jamba coincidente, en lugar de ser una chapa plana, es un perfil en "T" de 5 cm. El comportamiento solidario de los dos perfiles en "T" da lugar al mainel.

El sencillísimo premarco de tubo de 20 x 40 mm se ha convertido en pocos años en un mecanismo estructural que hace posible cualquier organización constructiva en el espacio entre forjados. Es una línea de experimentación todavía en proceso de desarrollo, pero que está siendo muy útil para el diseño de los entramados de soporte de la hoja exterior, e incluso interior, en la fachada ventilada ligera.



Premarco telar en las dependencias municipales de Sant Pere de Ribes, Barcelona (LI. Clotet, I. Paricio).



Edificio de viviendas en Solsona, Lleida (LI. Clotet, I. Paricio).

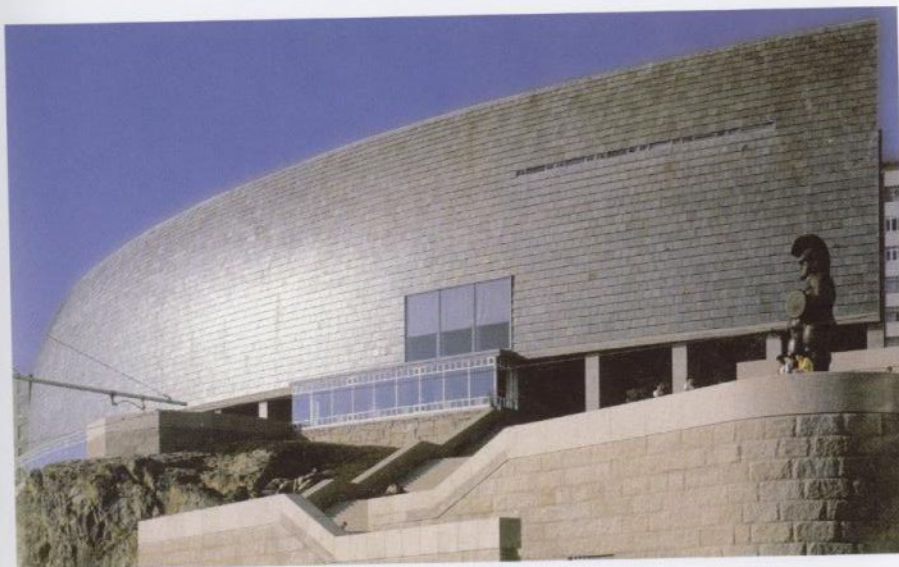


### 3. HOJA EXTERIOR LIGERA

Las experiencias descritas están permitiendo una fácil implementación de esta fachada ventilada, que resuelve los problemas de la fachada convencional y resulta tan atractiva para el diseño arquitectónico.

La composición primigenia de esta nueva fachada consiste en una hoja interior de ladrillo inserta entre los forjados y con su cara exterior enrasada con el canto de éstos. Dependiendo de las cargas que el resto de los elementos de la fachada transmitan a esta hoja interior, se resolverá con ladrillo hueco de 10 o 15 cm de grosor o con ladrillo perforado.

Sobre esta superficie continua se extiende el aislamiento térmico, generalmente formado por placas de poliestireno expandido o espuma de poliuretano proyectado, y del que emerge el sistema de anclajes que permitirá disponer la hoja exterior que conforma la cámara y da la imagen al edificio.



Domus-Casa del Hombre. La Coruña 1995.  
Solución de fachada de Proesga (A. Isozaki).

### 3.1 La imagen

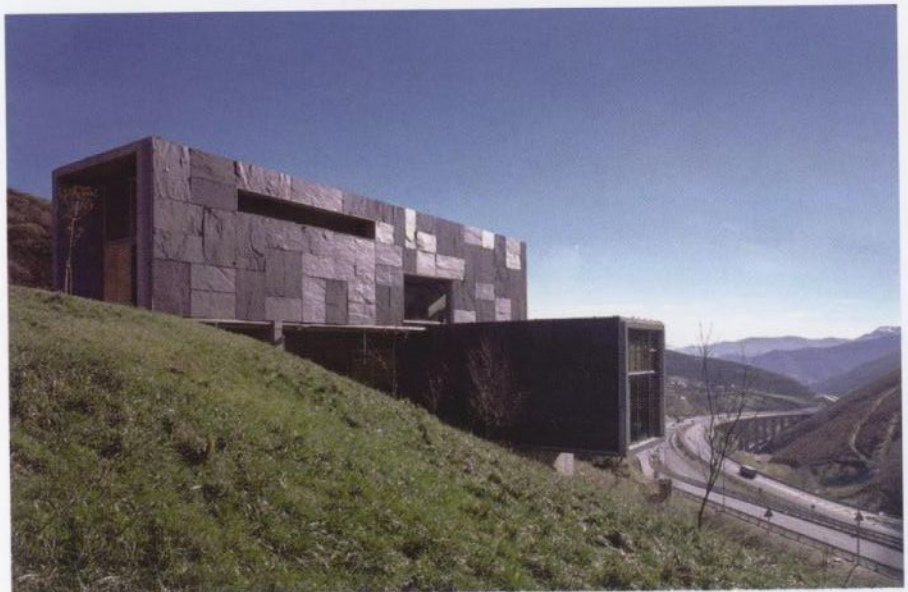
La hoja exterior tiene dos funciones principales:

- Dibujar la imagen exterior del edificio.
- Cerrar la cámara ventilada formando una primera barrera de protección.

La hoja exterior colgada suele estar formada por piezas de tamaño discreto y de materiales diversos. El proyectista dispone de un amplísimo abanico de posibilidades para vestir al edificio.

Podríamos distinguir una hoja exterior más pesada, formada por piezas de piedra natural o piedra artificial, de una ligera constituida a partir de materiales que, o bien tienen un peso específico bajo, tipo Naturvex o Prodema, o son materiales pesados como el acero, trabajados en láminas de poco espesor. En este caso son la geometría y el buen diseño de la pieza los que le aportan resistencia a la deformación. Se supone que estas soluciones ligeras no van más allá de los  $75 \text{ Kg/m}^2$ .

Conciliar la ligereza y esta resistencia a los esfuerzos de empuje y succión del viento implica en algunos casos la elección de productos compuestos, es decir, núcleos rígidos y ligeros revestidos del material de acabado. Tal es el caso del Alucobond.



Control de túneles. Piedrafita. Solución de fachada de Proesga (A. Franco Taboada).



En este juego formal hay sitio para todos los materiales imaginables. Las características particulares de cada uno de ellos establecen sus posibilidades de integración en la fachada. Éstas pueden llegar a variar mucho incluso entre materiales de una misma familia.

En el caso de la piedra, no será lo mismo trabajar con un granito o una arenisca. Cada una de ellas tendrá valores muy distintos para la resistencia, dureza, porosidad y cohesión, ofreciendo distintas posibilidades de acabados, formatos y sistemas de sujeción. También variarán los colores y veteados, ofreciendo al proyectista un campo casi inabarcable de posibilidades compositivas.

Los revestimientos de piedra son capaces de crear en el edificio efectos diversos, simplemente aplicando distintos acabados. Muchas piedras permiten ser abujardadas, flameadas, apomazadas, abrillantadas, pulidas, etc. También se pueden esculpir creando superficies con fuertes relieves. En el zócalo del Hotel AC del Forum de Barcelona se ha dejado la piedra tal cual sale de la cantera, con las marcas de los taladros, creando un efecto brutalista.

En la fachada del Hotel Four Seasons de Berlín la piedra se cortó y ensambló para formar una placa con una parte central inclinada, fijada en ambos lados a prismas verticales de sección rectangular. De esta manera se genera un juego de sombras horizontales en la fachada que le da un carácter más tectónico.



Zócalo del Hotel AC Forum, Barcelona 2004 (MAP Arquitectos).

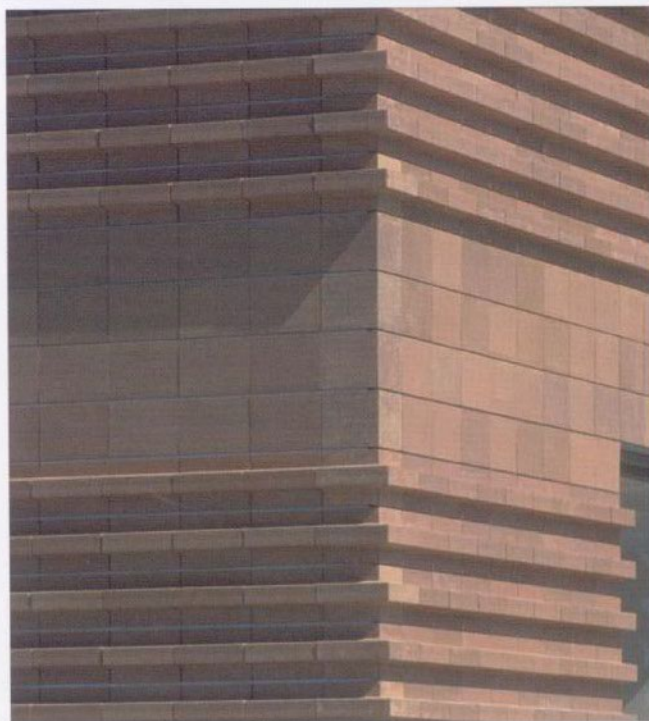


Revestimiento de piedra de basalto del Museo de Arte Moderno de Viena, Austria, 2001 (Ortner & Ortner).

La piedra es un material que se obtiene directamente de la naturaleza, por lo que ofrece pocas garantías de homogeneidad en su estructura interna. Se aconseja trabajar con espesores no inferiores a los tres centímetros. En casos muy concretos es posible trabajar con piedras del orden de 1 cm de grueso, pero siempre reforzándolas con un armado de malla de fibra de vidrio por la cara posterior.

Según como se muestre el grueso de la placa en los pliegues de fachada o en las juntas entre placas, se puede pasar de tener una lectura de piel tersa a aparentar un volumen pesado. Los formatos habituales no exceden el metro por lado. La placa debe tener un peso que permita ser colocada por un único operario. Son habituales los formatos de 60 x 40 cm. y similares.

El más serio competidor de este material natural es el gres porcelánico. El proceso de industrialización por prensado al que se somete la arcilla permite acabados similares a los de la piedra, tanto en colores como en texturas, pero en un material homogéneo y de comportamiento previsible. Su coeficiente de absorción es bajísimo, del orden del 0'1%, por lo que tiene un muy buen comportamiento a la intemperie. Es muy durable: su desgaste con el paso del tiempo es prácticamente nulo, ya que tiene una elevada resistencia superficial.



Archivo Regional de Castilla – La Mancha, Toledo (G. Vázquez Consuegra).



A los acabados más solicitados por arquitectos y promotores, que son los que imitan a los materiales naturales, se les suman todos aquellos que podemos imaginar, pensando siempre en una producción por prensado y en cadena de montaje: serigrafías, grabados, relieves, etc. El gres porcelánico se trabaja en espesores del orden del centímetro, por lo que da menos juego que la piedra para crear fachadas muy texturizadas.

Las posibilidades de la cerámica en fachada no terminan aquí. La cerámica tradicional, elaborada por un proceso de extrusión, facilita la obtención de formas de mayor complejidad pero más pobres en cuanto a los acabados. Las piezas que hoy nos ofrece el mercado permiten realizar fachadas que recuerdan a las tradicionales de obra de fábrica de ladrillo, pero en formatos mucho más modernos.

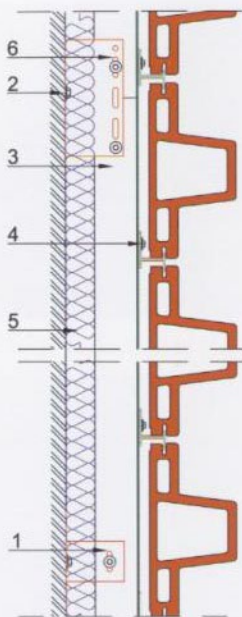
Renzo Piano ha sido precursor de este tipo de revestimientos en obras como las viviendas de la Rue de Meaux, que analizaremos más adelante, el Ircam de París, el Centro de Congresos de Lyon y los edificios de la Potsdamer Platz de Berlín.



Revestimiento cerámico de la fachada del Ircam de París, Francia (R. Piano).



Potsdamer Platz, Berlín, Alemania, 1998 (R. Piano).



Sección vertical de un tramo de fachada del Archivo Regional de Castilla-La Mancha, Toledo (G. Vázquez Consuegra).

Vázquez Consuegra es otro de los arquitectos que ha diseñado una serie de piezas específicas, en este caso para la fachada del Archivo Regional de Castilla-La Mancha. La combinación de pocas piezas, ligeramente distintas entre ellas, le permite obtener una superficie de fuerte textura donde se alternan partes ciegas con celosías.

La madera es un material de poca tradición en nuestro país como revestimiento de fachada, pero que cada vez tiene más adeptos. Ofrece grandes posibilidades, tanto utilizada según los formatos que se obtienen por el proceso de aserrado, como a partir de la infinidad de tipos de tablero que existen. Evidentemente, este apartado está dominado por lo que en realidad son productos derivados de la madera en forma de tableros prensados, fibras, etc., con un contenido de madera que puede ser prácticamente nulo.

A la variedad cromática que presenta la madera por sí misma se le deben sumar todas las posibilidades de acabado que aportan barnices, aceites, lasures, etc. Dejar la madera envejecer de forma natural le hace adquirir un elegante color grisáceo y conlleva un mantenimiento mínimo. Trabajar con las distintas formas de despiezar el árbol permite jugar con la dirección de las fibras, siempre teniendo presente las limitaciones de formato que esto puede suponer.



Parque Tecnológico IMPIVA, Castellón (C. Ferrater).



Frente a la calidez de la madera, los metales aportan unos valores completamente distintos. Resulta difícil hablar de metales de manera genérica, ya que existe una gran variedad de aleaciones con características muy distintas en cuanto a maleabilidad, corrosión, posibilidades de acabados, etc.

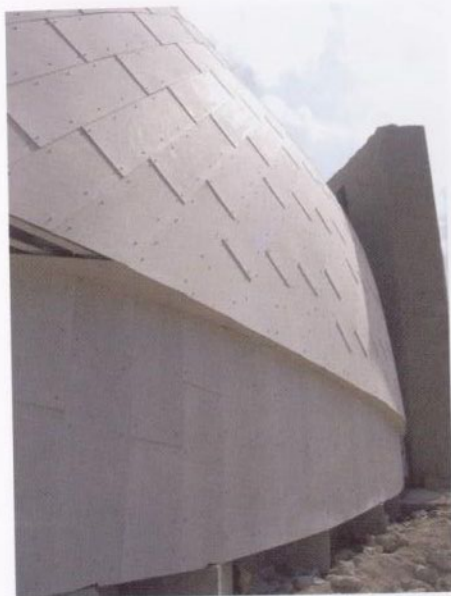
Las diferentes maneras de colocar las chapas en fachada, engatillada, en forma de grecas varias, completamente plana con base de composites, etc., sumada a la variedad en la resolución de las juntas y la dispersión de formatos que van desde los pocos centímetros a los varios metros, engrosan el abanico de soluciones compositivas.

Desde el verde pálido de las delgadas chapas de cobre oxidado, hasta el marrón anaranjado del recio corten o el gris plata de la frágil lámina de zinctitanio que dibuja los volúmenes del Guggenheim, las posibilidades son ilimitadas. Además, la plata se convierte en oro al ponerse el sol, y la suave textura de una lámina de zinc engatillado se vuelve agresiva con la luz rasante.

En el campo de las placas formadas por materiales aglomerados la variedad es infinita. Una primera distinción la establece la naturaleza



Detalle del cerramiento de lamas de cobre del conjunto de Embajadas de los Países Nórdicos en Berlín, Alemania (Berger & Parkkinen Arquitectos).



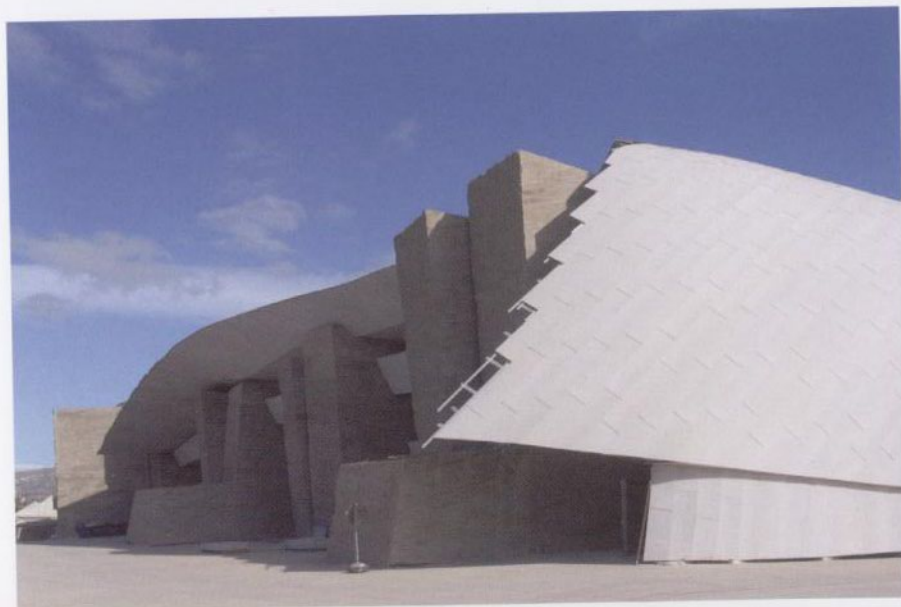
Palacio de Congresos Tenerife Sur. Solución de fachada de Proesga (AMP Arquitectos).

del material aglomerante, que puede ser a partir de cemento o de resina. El cemento aporta siempre un tono grisáceo, matizado con el color de las partículas aglomeradas. Dos ejemplos serían las placas de celulosacemento o las de maderacemento (Naturvex, Viroc, Betonyp...).

El empleo de resinas como material aglomerante permite obtener placas de colores más puros (Trespa, etc.). Dado que en ambos casos son productos del todo sintéticos, los acabados pueden ser absolutamente diversos. Dentro de esta línea de materiales se incluyen los hormigones polímeros. Un factor a considerar antes de decidirse por un material sintético es el análisis de su proceso de envejecimiento y la posible pérdida de color por culpa de la radiación solar.

La lista de materiales de aplicación en fachada ventilada se puede extender de forma ilimitada tratando las posibilidades que ofrecen las mallas metálicas, los textiles de P.V.C. y similares, los mantos vegetales, y todas aquellas soluciones que el lector pueda llegar a imaginar.

El vidrio es otro material habitual de aplicación en fachada, aunque normalmente se limita su uso a los huecos. Su posible colocación en la parte ciega de la fachada merece una especial atención, ya que nos sugiere el tema de las transparencias, que a su vez nos llevarán a analizar la repercusión de las capas posteriores a la hoja exterior en el aspecto de la fachada. Todo ello se trata en el capítulo 5.3.





### 3.2 La junta

Esta hoja exterior que puede ser de materiales tan diversos supone una primera barrera entre las condiciones del exterior y el interior del edificio. No garantiza la estanqueidad pero, evidentemente, supone un primer obstáculo para la gota de agua.

Antes de analizar su eficacia para constituir esa primera barrera, recordemos las maneras que tiene el agua de lluvia de penetrar a través de una junta:

#### La gota directa

La cámara no sirve de nada si las gotas de agua, impulsadas por la energía cinética que han adquirido empujadas por el viento, pueden atravesar la pantalla exterior por sus juntas, salvar la cámara y llegar hasta la parte interior de ésta. Para evitarlo, la junta de la hoja exterior debe diseñarse de manera que impida esa penetración, mediante juntas laberínticas, sesgadas hacia arriba, etc., o dificultarla de tal manera (por su estrechez), que el caudal total que atraviesa sea mínimo.

#### La gota empujada por las diferencias de presión

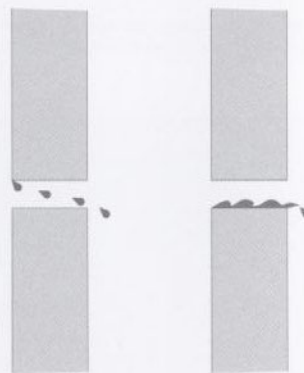
La diferencia de presión entre el exterior y la cámara puede empujar a la gota de agua hasta llevarla a la cara interior de la hoja exterior. Si el aporte de agua por este mecanismo no es excesivo y ese intradós está bien diseñado, siguiendo los criterios que fijaremos en el próximo punto, esa entrada de agua no es peligrosa. Recuérdese que la hoja exterior es sólo una primera barrera.

El primer punto exigirá que la anchura, profundidad y geometría de las juntas dificulte en todo lo posible el paso directo de la gota. Esa anchura debe garantizar siempre el libre movimiento de las piezas y no debe impedir que se cumpla el punto dos. Una junta demasiado estrecha no permite la entrada del agua directa pero puede facilitar su ingreso por capilaridad. Por ello, la mejor solución para evitar la entrada directa sin poner límite a la deformabilidad de las piezas es la junta laberíntica.

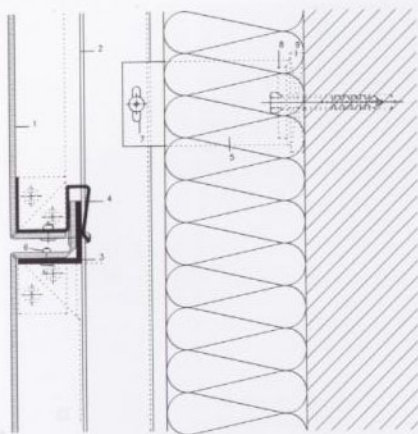
Cada material tiene unas posibilidades de conformación muy concretas que establecen, entre otras cosas, cuál va a ser el posible diseño de la junta. Las chapas permiten el doblado y, en muchos casos, el engatillado de unas con otras, además la madera es fácilmente tallada



Junta horizontal entre dos bandejas metálicas de la fachada de la Embajada de Dinamarca en Berlín, Alemania (Nielsen, Nielsen & Nielsen).



La gota directa. La gota empujada por las diferencias de presión.



Junta horizontal entre dos placas de Alucobond. El diseño dificulta la entrada de la gota directa pero no la de la impulsada por capilaridad, tensión superficial o diferencias de presión.

para conformar juntas por machihembrado... Hasta el momento, los tableros aglomerados, ya sea con cemento o bien con resinas, sólo permiten realizar formas planas o curvadas pero con amplios radios de curvatura, por lo que dan poco juego a la geometría de la junta.

En el caso de las uniones engatilladas, éstas se cierran por geometría generando una hoja exterior prácticamente estanca al agua. Salvo en el caso de la junta engatillada, no podemos ni debemos buscar la resolución de juntas absolutamente estancas al agua con los materiales que habitualmente se utilizan para ejecutar la hoja exterior en fachadas ventiladas.

El posible sellado de juntas no puede sustituir a la eficacia de la cámara puesto que ese sellado está expuesto a los rayos ultravioleta y sometido a fuertes tensiones mecánicas. Deben evitarse esas soluciones confusas que, aunque parecen corresponder al diseño de una fachada ventilada, en realidad confían la estanqueidad al sellado de las piezas de la hoja exterior.

Analicemos un poco el caso de un material de amplísimas posibilidades: el Alucobond. Es un compuesto de tres láminas, dos exteriores de aluminio y una central de polietileno. Esa composición da al material la calidad del metal, la ductilidad del plástico y la rigidez que sólo un «sándwich» puede tener. Es natural que uno de sus usos más habituales sea el de paneles de fachada formando bandejas, placas con los bordes plegados hacia el interior.

La confusión se crea cuando, fiados en la calidad de ese producto, se intenta formar una lámina continua y estanca. Una hoja exterior que intenta ser continua cierra la cámara impidiendo la equipresión y facilitando el paso del agua por capilaridad a través de los defectos de sellado. Difícilmente ningún sellado soportará los movimientos térmicos de la hoja exterior.

En algunos casos la resolución de las juntas no depende únicamente de la geometría de los cantos de las placas, y aparece un elemento auxiliar, normalmente un perfil metálico. Este perfil puede ser el propio montante de la estructura de soporte de la fachada, una pieza añadida de cara a mejorar el funcionamiento de la junta, o simplemente su imagen.





Revestimiento de Alucobond.

Muy pocas veces se ha recurrido a tapajuntas exteriores que afectan mucho a la imagen y no añaden muchas garantías. Si que es frecuente la colocación de perfiles interiores en forma de omega abierta hacia fuera con las alas pegadas a las placas exteriores vecinas. Esta solución la utiliza por ejemplo el citado Alucobond remachando las placas a las alas de la omega.

También se recurre a perfiles abiertos en el caso de materiales conformados como bandejas. El mismo Alucobond utiliza la solución colgando las bandejas de unos pasadores dispuestos en posición horizontal en el interior de unos montantes de sección en "U". Esta "U" impide la entrada directa del agua impulsada por el viento o a causa de la energía cinética que éste le confiere. No se debe creer que esta solución permita crear una junta estanca al agua ya que no evita la capilaridad ni la entrada debida a la tensión superficial. Es pues una solución valiosa y radicalmente diferente de los intentos de sellado descritos anteriormente.

Junta horizontal con perfil en "V" en un edificio de viviendas en la Meridiana, Barcelona (M. Ruiz Ortega).



La junta que diseña el arquitecto Manuel Ruiz Ortega para la fachada ventilada del edificio de viviendas situado en la Av. Meridiana de Barcelona tiene una voluntad muy distinta. Se trata de una hoja exterior resuelta con placas de Naturvex de gran formato, dispuestas según



Perfil guía de aluminio extrusionado soportando una hoja exterior de hormigón polímero. Ulma.

44

un despiece que enfatiza la directriz horizontal. El perfil de sección en "V" que coloca en las juntas horizontales le permite rigidizar las placas para que soporten mejor el empuje y la succión del viento, a la vez que aporta singularidad a la fachada. Al igual que el perfil en "U" de la solución anterior, evita la entrada directa del agua debida a la fuerza del viento o a causa de la energía cinética.

En definitiva, la opción de colocar perfiles en las juntas dificulta la entrada del agua impulsada por uno de los motores principales: el viento y la energía cinética. El ingreso debido a la capilaridad y a la tensión superficial se verá obstaculizado por el buen diseño de dicho perfil, que nunca deberá permitir que el agua progrese más allá de la cara interior de la hoja exterior.

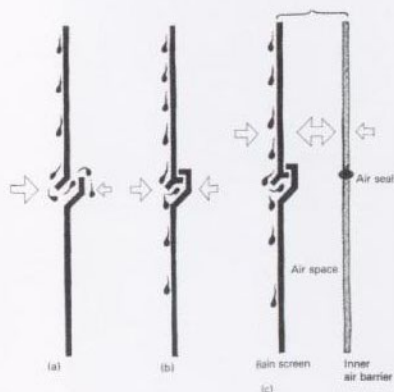
Existe una relación directa entre el ancho que debe tener la cámara ventilada y el diseño de la junta. Si la cámara tiene un ancho suficiente podemos suponer que la fuerza del viento no hará llegar la gota hasta la hoja interior, por lo que la junta puede ser de sección recta. En el caso de disponer de poco espacio para la cámara, es mejor garantizar la obstrucción de la fuerza del viento diseñando juntas laberínticas o colocando perfiles auxiliares.

El diseño de la junta no está ligado únicamente a requerimientos de estanqueidad. En efecto, el diseño de la junta contribuye inevitablemente a dibujar la imagen del edificio. Son muchos los ejemplos en la arquitectura reciente en los que una discreta variación en la dimensión de determinadas juntas hace variar la percepción del despiece, creando un nuevo ritmo que se superpone. En "L'Illa Diagonal" de Barcelona se alternan juntas de 6 y 15 mm.

En el Hotel Hilton, la junta vertical que queda centrada en el macizo entre ventanas es más ancha, enfatizando así el ritmo vertical que contrasta con la proporción apaisada de las ventanas.

En la Embajada Británica de Berlín, el ancho de las juntas horizontales va disminuyendo a medida que asciende su posición en la fachada, creando un cierto efecto de degradado.

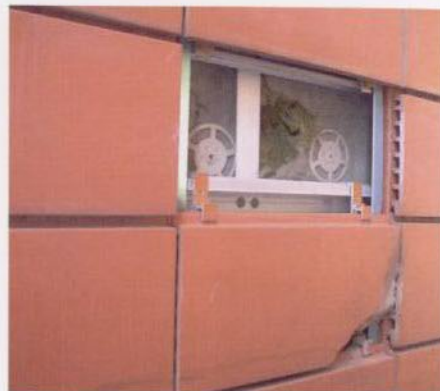
Es posible jugar con la dimensión de la junta de forma real alternando las piezas auxiliares que limitan su tamaño o variando ligeramente la distancia entre anclajes, pero también se debe considerar la posibilidad de crear un juego ficticio trabajando la sección de la junta por medio de escalonados. El valor de la junta en el diseño de fachada debe ser tenido en cuenta con el mismo interés que se plantea la elección de un material, su color, textura o acabado.



Relación entre el diseño de la junta y la equipresión de la cámara ventilada.



Por último es importante recordar que las juntas entre placas situadas en planta baja se acostumbran a sellar para evitar las acumulaciones de suciedad. Asimismo conviene que las placas sean poco rugosas y porosas y se traten con productos antigraffiti. Los requerimientos específicos de la planta baja varían igualmente con respecto al resto de la fachada, en cuanto a las acciones mecánicas a las que están sometidas las placas. Las acciones más importantes que actúan sobre la hoja exterior a nivel de la calle son de origen vandálico.



Dos ejemplos de rotura de la hoja exterior a nivel de planta baja, causados por acciones mecánicas localizadas.

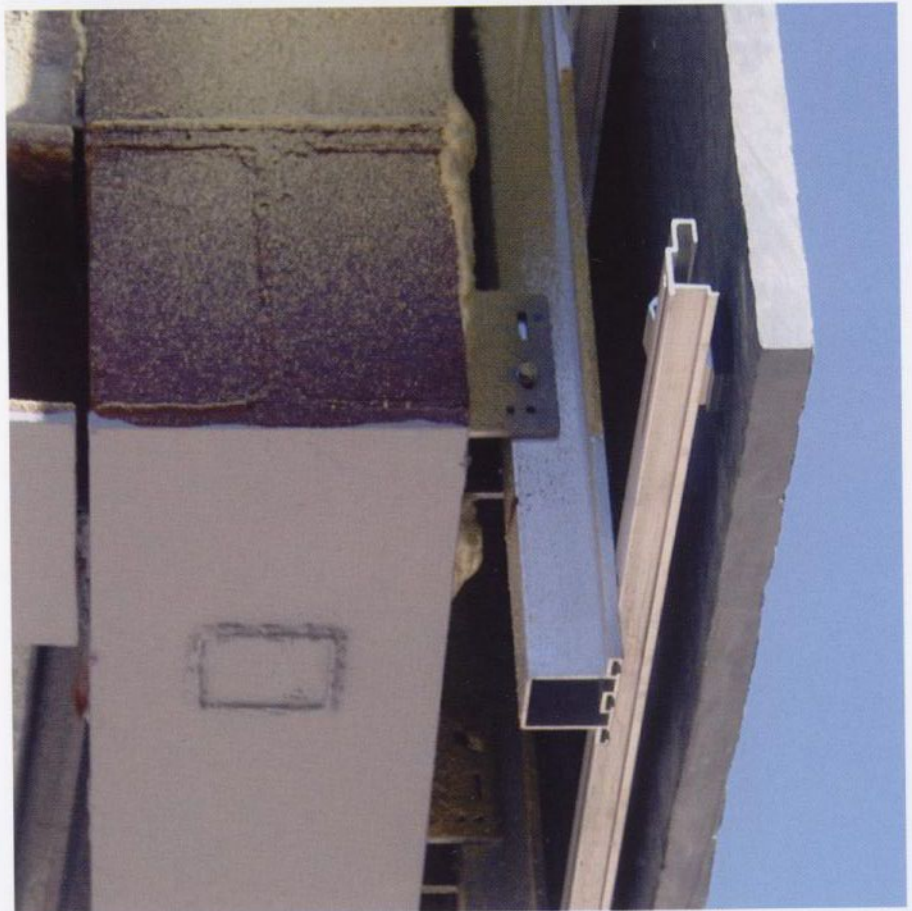


Complejidad de la cámara de la fachada ventilada en la Ciudad de la Cultura de Santiago de Compostela. Sistema de fachada de Proesga (P. Eisenmann).

### 3.3 La cámara

De entre la sucesión de hojas de materiales diversos con un alto grado de especialización que conforman las fachadas hoy en día, la hoja más importante no es de material constructivo alguno. Es el aire que llena la cámara, el material más eficaz en la satisfacción de nuestro objetivo prioritario: la estanqueidad. Parece una paradoja, pero es así. Disponer el mismo número de hojas, de idénticas características, pero sin preservar entre ellas el grueso del vacío, provoca la ineficacia de la envolvente.

El agua puede llegar a la cámara, tal como hemos dicho anteriormente. En ella la componente horizontal del vector de fuerza que provoca su desplazamiento debe desaparecer por completo. El movimiento del agua en el interior de la cámara debe ser únicamente vertical en sentido descendente. Los problemas a evitar son:



Cámara ventilada mostrando la subestructura que aloja en su interior. Proesga.



## La gota directa

Hemos visto que, en muchos casos, no podremos evitar que alguna gota penetre en la cámara, impulsada por la energía acumulada en su movimiento en el exterior del edificio. Para que esa gota no llegue a la cara exterior de la hoja interior, la cámara deberá tener una anchura suficiente como para agotar la energía cinética y llevar la trayectoria de la gota hasta una perfecta vertical.

Los estudios de Jaume Avellaneda determinan que, entre los 7 y los 29 cm, la anchura de la cámara no es determinante en la cantidad de agua que alcanza la hoja interior. Falta saber qué ocurre con valores por debajo de 7 cm, donde la resolución de la junta sí será un factor clave. En los ensayos de Avellaneda, cuyos resultados vemos recogidos en la ponencia que presentó para el "I Congreso de Ventanas y Fachadas Ligeras", las juntas con las que trabaja son de 4, 6, 8 y 10 mm, siendo el espesor de la placa de 30 y 40 mm (8).

Veíamos en el apartado anterior que, cuanto menor es la cámara de aire, más importancia cobra el buen diseño de la junta para evitar la entrada directa del agua a causa del empuje del viento o la energía cinética.

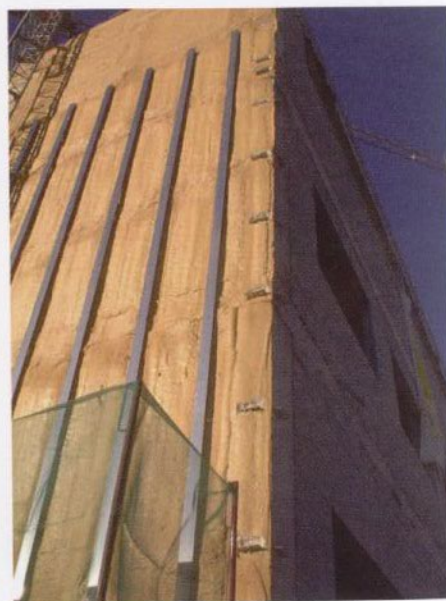
## La gota empujada por las diferencias de presión. La cámara equipresurizada

La diferencia de presión entre el exterior y la cámara y entre diversas zonas de la cámara no puede ser excesiva. De esta manera se evita que se produzcan turbulencias que hagan que la gota de agua "vuele" por el interior de la cámara y llegue a mojar la cara exterior de la hoja interior. La fuerza más importante de todas las que actúan sobre el agua en la cámara debe ser siempre la gravedad.

Para equilibrar las presiones tendrá que cuidarse el diseño de la junta exterior y, si es necesario, la compartimentación de la cámara entre zonas de presiones muy diferentes.

La presión del viento sobre las piezas de fachada puede llegar a ser muy elevada. En un estudio reciente para una torre en Barcelona llegamos a los 4500 Pa. En el interior de la cámara la presión puede ser muy distinta. La diferencia de presión puede llegar a romper la pieza de fachada y es seguro que contribuirá a arrastrar gotas de lluvia hacia el interior.

Refuerzo de la estructura de soporte de la hoja exterior en el encuentro en esquina de dos paños de fachada.



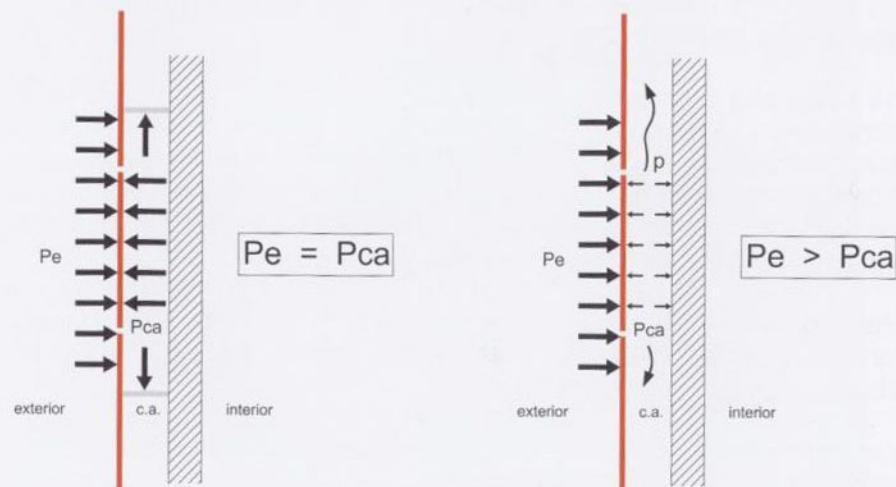
La presión exterior depende de la altura, la forma del edificio, la proximidad a las esquinas, etc. Los valores alcanzados por la succión suelen ser del mismo orden que los de la presión.

Si la presión no es constante en signo y fuerza en el exterior del edificio, tampoco puede serlo en el interior de la cámara ventilada, ya que ambos espacios están ligados a través de las juntas entre placas.

Las fachadas situadas a barlovento están sometidas a una presión de signo positivo que se transmite al interior de las cámaras. Las fachadas que quedan a sotavento tendrán, pues, signo negativo y lo mismo pasará en sus cámaras.

Si entre la cámara de una fachada a barlovento y una a sotavento no se coloca un elemento de separación, las presiones de signos contrarios provocarán fuertes turbulencias que someterán a grandes tensiones a los elementos colindantes.

Puesto que la dirección del viento es variable, no se puede concretar cuáles son las fachadas que quedan a barlovento y cuáles a sotavento. Es aconsejable sectorizar las cámaras en todos los cambios de plano de fachada o reforzar en estos puntos los sistemas de anclaje de las placas.



Comparación entre el comportamiento de una cámara equipresurizada y otra que no lo está.



G.K. Garden estableció en 1960 unos criterios de compartimentación. Según estos criterios, la distancia entre elementos separadores no debe superar los 6 m de ancho y alto en el centro del paño de fachada. Será menor, del orden del metro, cerca de las esquinas, rincones y albardillas por ser éstas las zonas donde se prevé que habrá más turbulencias. Para la compartimentación se usarán perfiles de metal o tiras de plásticos aislantes (7).

Los anglosajones llaman a esta solución “fachada con cámara equipresurizada” (PER: *pressure equalized rainscreen*). Es una cámara diseñada para que su presión interior se equilibre rápidamente con la exterior, intentando que el diferencial de presión no supere los 25 Pa (5).

El mayor problema lo plantean las presiones dinámicas, es decir, las ráfagas de viento.

Las conclusiones que se publican en el NRCC n°17 de 1998 son fruto de experimentaciones realizadas sobre fachadas de hoja interior y exterior de albañilería. De ellas se concluye que la suma de la superficie de todas las perforaciones de ventilación de la hoja exterior debe dar un valor igual o superior al volumen encerrado en la cámara dividido por 50 (5).

$$\text{Sup. de ventilación (m}^2\text{)} \geq \text{Vol. sectorizado (m}^3\text{)} / 50 \text{ (m)}$$

Por ejemplo: un lienzo de fachada de 100 m<sup>2</sup> con una cámara de 10 cm encierra un volumen de 10 m<sup>3</sup>, que dividido por 50 m exige 0'2 m<sup>2</sup> de perforaciones. En un tabique pluvial eso supone del orden de 27 huecos de 15 x 5 cm.

Sin embargo, según esta fórmula, en fachadas de hoja exterior colgada, donde las juntas entre placas quedan abiertas, los valores para el ancho de la junta que aseguran la equipresión son muy bajos. Una fachada con placas de 1 x 3 m y 10 cm de cámara tendrá suficiente con una junta de 0'15 cm de ancho.

$$(0'1 \times 1 \times 3 \text{ m}^3) / 50 \text{ m} = 0'006 \text{ m}^2$$

Como la longitud de la junta es de 4 m;

$$0'006 \text{ m}^2 / 4 \text{ m} = 0'0015 \text{ m}$$



Tabique pluvial tradicional donde se puede apreciar la frecuencia y el tamaño de los huecos de ventilación.

La superficie de ventilación necesaria será mayor (y el coeficiente menor) si la cámara es muy ancha o sus superficies envolventes muy deformables (flexibles). En estos casos el coeficiente puede ser 25 m o menos (5).

El Código Técnico de la Edificación considera cámara ventilada aquella cuyo espesor este comprendido entre 3 y 10 cm y disponga de un área efectiva de ventilación mínima de 120 cm<sup>2</sup> (0,012 m<sup>2</sup>) por cada 10 m<sup>2</sup> de paño de fachada entre forjados, repartida al 50 % entre la parte superior y la inferior. Este valor resulta inferior al que se desprende del *NRCC* n°17.

Además, la junta debe diseñarse de acuerdo con las presiones estáticas. En efecto: suponiendo una cámara perfectamente compartimentada, si sus límites son deformables o permeables irá perdiendo presión estática y por lo tanto exigirá también un ancho de junta para compensarla. Pero aquí no vamos a entrar en la complejidad de estos cálculos, que dependen de mediciones demasiado precisas sobre elementos muy poco consistentes.

Tanto la sectorización horizontal dentro de un único plano de fachada, como la que se aconseja realizar en vertical entre distintos planos, tienen como valor añadido la función de cortafuegos. En caso de no haber dispuesto un material de aislamiento térmico ignífugo, un posible incendio que progrese del interior del edificio hasta la cámara se verá retenido en un sector sin avanzar por toda la cámara.

### **La gota mal conducida por la gravedad**

Siendo la gravedad prácticamente la única fuerza que actúa sobre la gota de agua dentro de la cámara, tendremos que estar seguros de que su acción la conduce hacia las zonas de evacuación hacia el exterior.

Los elementos que conectan la hoja exterior y la interior no deben ser puentes por los que el agua se mueva hacia el interior. Para ello, las fijaciones deben tener goterón o tener pendiente hacia fuera. Es básico que este goterón quede en la cámara, y no oculto en el grueso del aislamiento térmico, ya que de ser así perdería su función.



Los planos horizontales, como los baberos de evacuación, deben ser estancos y los planos verticales no deben permitir que unas gotas de descenso dubitativo se muevan hacia el interior empujadas por la tensión superficial o una mínima depresión.

Lamentablemente aún resultan frecuentes los casos de fachadas ventiladas donde no se ha entendido la función drenante de la cámara y el cuidado que requieren la resolución de cualquier elemento que se aloje dentro de ella.

El ancho de la cámara está directamente relacionado con las exigencias dimensionales del sistema de anclajes que se dispone en su interior con el fin de soportar la hoja exterior. Es evidente que parte de este sistema quedará embebido en el grueso del aislamiento térmico.

No podemos abandonar estos comentarios sobre la cámara sin plantear sus problemas en planta baja.



Desmontaje de una placa de la hoja exterior de una fachada ventilada, para resolver el paso de la instalación eléctrica de la marquesina que cubre el acceso al edificio.

A los esfuerzos horizontales que actúan sobre la fachada provocados por fenómenos naturales como son el sismo y el viento, se deben sumar los provocados por el hombre, que suelen ser más violentos y más localizados. Las posibilidades de refuerzo son dos: o bien se da más grueso a la placa para que trabaje mejor a flexión, o se colocan más puntos de apoyo a la misma para minimizar las luces que debe cubrir.



#### 4. HACIA LA HOJA INTERIOR LIGERA

En la fachada ventilada de hoja exterior colgada hemos sustituido la hoja pesada de ladrillo apoyada en los forjados por unas piezas soportadas por la hoja interior. Suponemos hasta aquí que esa hoja interior sigue siendo una hoja de albañilería capaz de asumir esas cargas. Esta hoja interior pesada cumple otras muchas funciones cuya importancia sólo percibimos cuando intentamos sustituirla por una hoja ligera.

La voluntad de superar la construcción artesana de la hoja interior, y de liberar definitivamente la composición de la fachada de las exigencias tectónicas de la albañilería, está impulsando la evolución hacia diversos tipos de soluciones técnicas para aligerar la hoja interior y reducir el número de funciones que se le encomiendan.

53



Ejecución de pruebas de fachada sobre una pared de fábrica.

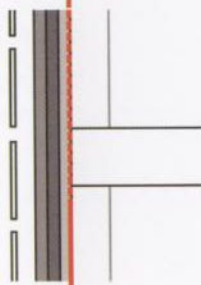
1



2



3



Recordemos las funciones de la hoja interior que tendrá que asumir el nuevo material ligero o algún otro elemento interpuesto.

La primera función, la **estanqueidad al aire**, era poco analizada en la fachada pesada puesto que la asumía con facilidad la hoja interior de albañilería inserta entre forjados. Al evolucionar hacia soluciones más ligeras, esa estanqueidad merece cada vez más atención. Recuérdese que la cámara de aire está sometida a cambios de presión provocados por el viento, con lo que cualquier perforación de un tabique interior puede producir intercambios de aire con el espacio habitable. Este problema se ha dado en fachadas en las que la hoja interior se reducía a una lámina simple de cartón yeso que era perforada por las cajas de instalaciones eléctricas.

La **estabilidad frente a las acciones del viento**, la segunda función, también era asumida con facilidad por la albañilería de la hoja interior. Al ir utilizando soluciones más ligeras, esa función pasa a ser responsabilidad de algún otro elemento con capacidad estructural, como pueden ser montantes metálicos o láminas con cierta capacidad mecánica, que se sitúan tanto insertos entre forjados como tendidos por el exterior de sus cantos.

Sin embargo, la **planeidad** de la hoja exterior, la tercera función, no es inmediata en la solución de hoja interior pesada. Si no se ha levantado la albañilería con un control general de la nivelación en el conjunto de toda la fachada, tendrá que ajustarse con el anclaje de la hoja exterior. Esta dificultad puede simplificarse mucho con las nuevas soluciones.

La hoja interior cumple otras funciones significativas que, aunque no inciden en nuestra argumentación, creemos que deben reseñarse aquí:

- soportar el aislamiento térmico,
- aportar inercia térmica,
- mejorar el aislamiento acústico,
- facilitar el paso de las instalaciones,
- proteger del fuego,
- mejorar la seguridad a la intrusión.
- y contribuir a una tercera barrera al paso del agua previendo el fallo ocasional de las anteriores.



Todas estas funciones tendrán que tenerse en cuenta cuando se intenta sustituir la hoja interior de albañilería por otra solución más ligera. El Código Técnico es muy conservador por lo que respecta a las soluciones constructivas de la hoja interior. En sus apartados descriptivos (HS1.....) sólo prevé dos posibilidades: medio pie de ladrillo hueco o bloque cerámico de doce centímetros. Esperemos que se acepten rápidamente nuevas soluciones constructivas para que el código no se convierta en un freno para la evolución de la fachada ventilada.

Para tipificar las soluciones de fachada ventilada ligera atenderemos a la localización de las tres funciones específicas listadas inicialmente:

- la garantía de planeidad de la hoja exterior,
- la estabilidad frente a las acciones horizontales,
- la estanqueidad al viento.

Los diferentes tipos se distinguirán por la progresiva expulsión de esas funciones, fuera de los cantos de los forjados, desde su localización original en la hoja interior pesada.

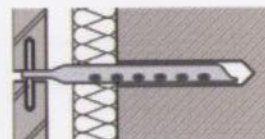
Podemos llamar **1** a la solución que expulsa hacia el exterior al control de la planeidad, **2** a la que, además, coloca fuera de los cantos a la capacidad mecánica, y **3** a la que añade en el exterior a la estanqueidad frente al viento, es decir, que sitúa en el exterior a las tres funciones.

#### 4.1 Montantes sobre albañilería



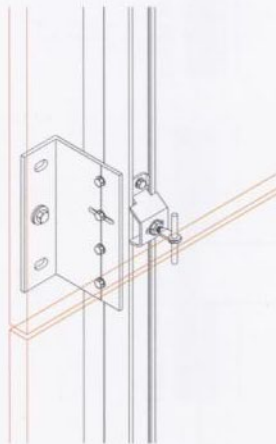
Hemos visto que el primer desplazamiento funcional desde la hoja interior hacia la exterior fue la garantía de planeidad de esta última. Originalmente, la planeidad quedaba encomendada a la habilidad del operario en la inserción de los anclajes puntuales. El anclaje de la hoja exterior pieza a pieza exige una puesta en obra muy artesanal, puesto que los primeros anclajes puntuales no disponían de sistema de regulación tridimensional. Esto hacía muy lenta la ejecución.

Anclaje puntual de varilla sin sistema de nivelación tridimensional.





Anclaje puntual regulable para piedra de Halfen-Deha.



Anclaje puntual regulable montado sobre rastrel de Sistema Masa.

Ranurado de dos placas de granito para que la mecanización del canto no se manifieste en el encuentro en esquina. Solución de Proesga.

En esta solución, cada vez menos utilizada, ha de tenerse en cuenta que la hoja interior debe soportar las acciones transmitidas por la hoja exterior, el peso propio y el viento, básicamente. Cuando el peso propio es elevado, la excentricidad (distancia entre placas de la hoja exterior y albañilería) es importante, o la altura entre pisos es grande, es posible que una hoja de medio pie de ladrillo hueco no sea suficiente. En el caso de "L'Illa Diagonal", con 4 cm de travertino, 8 cm de separación a eje de la piedra y 3,75 m de luz libre entre forjados, la hoja interior tuvo que ser de 30 cm de grueso.

La industria ha ido desarrollando anclajes puntuales cada vez más complejos para permitir una más fácil regulación, pero se está extendiendo progresivamente el uso de unos rastreles entre forjados con los que es más fácil asegurar la planeidad general del soporte de la hoja exterior. Esos rastreles tienen que ser capaces de aguantar la carga vertical de la hoja exterior y de transmitir a la hoja interior las acciones del viento y el sismo. Es habitual que se apoyen también en la hoja interior, si es de albañilería, para poder reducir su inercia y por lo tanto su coste.





Cada anclaje se fija a un montante en posición vertical que, a su vez, se fija a la hoja interior. Esta solución aporta grandes mejoras a la hora de conseguir la planeidad de la fachada. El operario ya no debe nivelar cada anclaje, sino que asegurando la verticalidad y coplanaridad de los montantes, ya queda dibujado el plano de fachada. Un agujero coliso en posición horizontal, situado en la fijación que une el montante con la hoja portante, facilitará el replanteo de éste en cuanto a la profundidad.

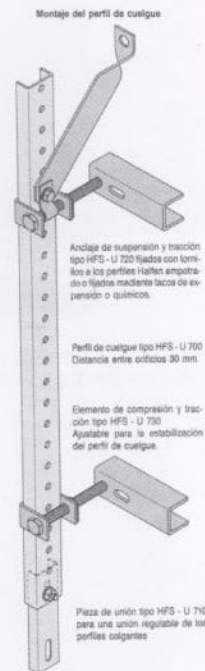
Los montantes se resuelven con perfiles en "T" ó "Ω". Existen también perfiles tipo guía por los que desplazar el anclaje hasta la posición adecuada. Todos estos perfiles son, por lo general, de aluminio o acero galvanizado.

Han quedado prácticamente en desuso los montantes de acero mecanizados en fábrica que se empleaban habitualmente para fijar piedra. El hecho de ir perforados cada uno o dos centímetros, obligaba a disponer de anclajes con regulador propio para acabar de nivelar la posición de la placa al milímetro. La tendencia es emplear montantes que permitan ser perforados en obra. Los de acero galvanizado se utilizan básicamente para soportar placas de poco peso, de manera que el grueso no tenga que ser excesivo y se puedan perforar con facilidad.

En el caso concreto de los montantes de sección en "U", que disponen de pasadores de cuelgue fijos, la nivelación en vertical no se puede regular en la unión de la placa con el montante sino que se debe hacer en la fijación del montante con la hoja portante o estructura posterior. No es un sistema adecuado para despieces horizontales; está diseñado para que domine el formato vertical.

En definitiva, la disposición de montantes verticales entre el anclaje a la placa y la hoja portante posterior facilita la nivelación en el sentido de las coordenadas Y y Z, así como minimiza el número de puntos de perforación de la hoja interior.

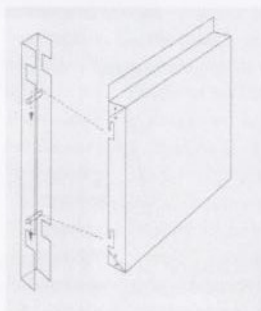
La nivelación en el sentido de la X aún depende del buen hacer del operario. Para facilitar su labor pueden añadirse otros rastreles a modo de travesaños horizontales que desliguen el despiece de la hoja exterior del ritmo de montantes, que ya sólo dependerá de las cargas que deba transmitir a la hoja interior.



Sistema HFS para anclaje de aplacados de fachada de piedra natural de Halfeneisen.



Subestructura de fachada formada por rastrel vertical, horizontal y anclaje puntual a la placa.



Bandeja de composite de aluminio conformada para poderse colgar del montante en "U" propio del sistema. Solución de Alcan.

Se ha conseguido tecnificar la nivelación según los tres ejes del espacio:

**X** travesaño

**Y** montante

**Z** coliso situado en la fijación a la hoja interior

En estas soluciones resulta aconsejable aprovechar las posibilidades que da el aluminio para conformar por extrusión la sección de perfil deseada. Así, el propio travesaño resuelve la fijación de la placa sin precisar pieza de anclaje específica. Prescindir de ella también dependerá de las posibilidades de conformación del material de la placa a colgar.

En este último caso, los rastreles horizontales se consideran, más que travesaños, anclajes lineales.

La hoja interior en todos estos casos será de medio pie, por lo menos, para poder asegurar la estanqueidad y la resistencia al viento.

Cada vez son más las soluciones que sirven para ilustrar este capítulo. Desde las más sencillas y no por ello menos interesantes, a otras más complejas, al menos en cuanto a volumen de perfilaría empleada.



Perfil guía de aluminio extrusionado lacado en negro, anclado a un rastrel vertical también de aluminio. La hoja exterior que soportan es de placas de granito. Solución Sistema Masa.

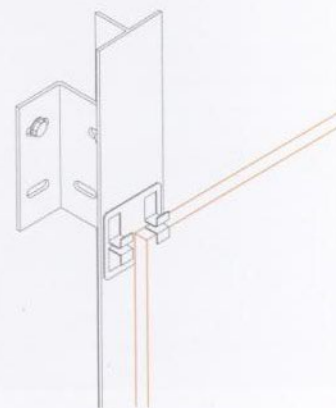


Un caso prototípico es el de la fachada del Hospital del Espíritu Santo en Santa Coloma de Gramenet. En su resolución se utilizó una hoja interior de bloque de hormigón como elemento portante, sobre la que se dispusieron perfiles de aluminio de sección en "T", y a los que se anclaron las grapas de fijación del gres porcelánico.

Los perfiles en "L" que fijan las "T" al soporte permiten conseguir, por medio de colisos, su perfecto aplomado.

Dado el poco espesor del gres porcelánico empleado, 9 mm, las "T" de aluminio se lacaron en negro para que no se vieran a través de la junta.

Dentro de este tipo de soluciones, la complejidad del sistema de subestructura interpuesto entre la hoja interior y las placas de la hoja exterior puede incrementarse para facilitar la perfecta planeidad del aplacado y la seguridad de su fijación. Todas las soluciones que vimos en el punto 3.3 pueden utilizarse dentro de este grupo siempre que no se encomiende a esa estructura la transmisión al forjado de las acciones del viento, y esa misión la asuma la hoja interior pesada.



Fijación de la placa de gres porcelánico que conforma la hoja exterior en la fachada del Hospital del Espíritu Santo en Santa Coloma de Gramenet, Barcelona (F. Pernas, J. Soler).



Proceso de montaje de una de las fachadas del Hospital del Espíritu Santo en Santa Coloma de Gramenet. Fachada de Proesga (F. Pernas, J. Soler).



Sistema de anclaje de la hoja exterior de Mekanotubo (F. Trias de Bes).

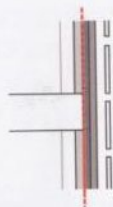
En la solución de fachada que el arquitecto Trias de Bes ha adoptado para un bloque de viviendas situado en la parte alta de Barcelona puede verse un ejemplo de la última versión descrita en los párrafos anteriores. En concreto se ha empleado el sistema Karrat de Mekanotubo. Los montantes verticales de sección rectangular de aluminio se disponen sobre una hoja interior pesada, pasando por delante de los cantos de los forjados y atornillándose a estos y a la hoja interior. Entre ellos se inserta el aislamiento térmico. Sobre esos montantes, que ya definen un plano, se fijan unos travesaños horizontales del mismo material y sección abierta. El aplacado está ranurado de forma continua por la parte posterior, de manera que permite fijar los perfiles de cuelgue que entregan contra el travesaño de la estructura de fachada. Con esta solución, aunque evidentemente se coloque más material que con la escueta fijación puntual, se consigue una mecanización total para la satisfacción de la exigencia de planeidad, además de facilitar el montaje de las placas e incrementar el grado de seguridad gracias a la fijación lineal.



Edificio de viviendas en la zona alta de Barcelona. Fachada de Mekanotubo (F. Trias de Bes).



## 4.2 Montantes estructurales



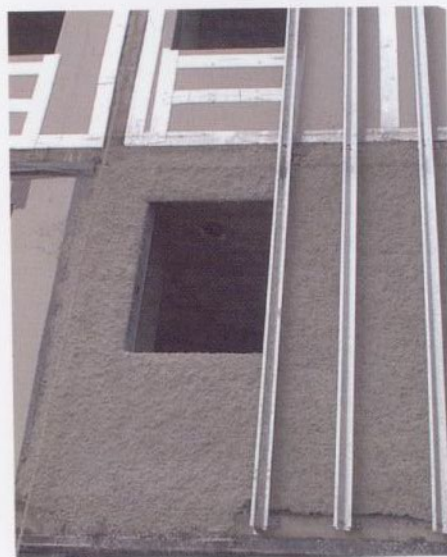
Es una solución más atrevida, pero que tiene ya muchos adeptos. La hoja interior pierde su responsabilidad mecánica y suele reducirse a un tabique ligero. Generalmente es un multicapa formado por una lámina de cartón-yeso al interior y una de cemento al exterior. Unos rastreles, de una capacidad mecánica suficiente como para asumir las cargas del viento y el sismo, se colocan tangentes a la cara exterior de los forjados. A su perfecta colocación se encomienda también la planeidad. La hoja exterior cuelga de esos rastreles, que tienen que trasladar a los forjados sus acciones horizontales y verticales.

Un ejemplo de este tipo es el desarrollado por el estudio de arquitectos RGA en unas viviendas de promoción pública construidas para el Ayuntamiento de Terrassa. Se trata de una solución exactamente como la descrita, en la que se dispone el aislamiento térmico entre las dos láminas del tabique ligero interior y también sobre la cara exterior del mismo para cubrir los cantos de los forjados. La hoja exterior en este caso es de Naturonda, placas de fibras minerales aglomeradas con cemento de 8 mm de espesor. Su acabado es pintado en tres tonos diferentes de gris, según el diseño de la fachada.

Las placas van ancladas de forma mecánica con fijaciones vistas sobre perfiles "Ω". de acero galvanizado. Los perfiles verticales abarcan la altura de dos plantas. Su sección les permite cubrir la luz entre forjados sin elementos de apoyo intermedios. La unión con los cantos de los forjados se realiza por medio de perfiles en "L", también de acero galvanizado.

La hoja interior la soporta una estructura formada por perfiles de acero galvanizado, dispuesta tal como se hace habitualmente para construir tabiquería seca. La distancia entre montantes es de 40 cm.

La cámara de 90 mm de espesor que genera esta estructura está rellena de lana de roca.



Muestra de fachada ejecutada en obra, donde se aprecian los pasos sucesivos previos a colocar la placa de la hoja exterior en una de las tres torres de viviendas de protección oficial, en Terrassa, Barcelona (RGA Arquitectos).



Diferentes momentos en el proceso de montaje de las fachadas de las tres torres de viviendas de protección oficial, en Terrassa, Barcelona (RGA Arquitectos).

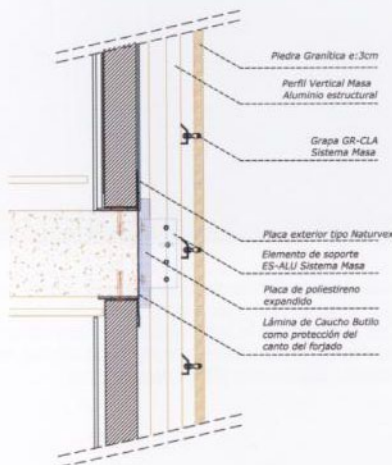


Un panel de composición similar al Naturonda, pero de 6 mm de espesor, se coloca por la cara exterior, enrasando la parte exterior con los cantos de los forjados. Por la parte interior se dispone una placa de yeso laminado de 15 mm de grueso. El correcto sellado de las diversas juntas garantiza la estanqueidad de la hoja interior.

Esta solución también fue utilizada por la empresa Biosca & Botey en el Hotel AC del Forum de Barcelona. En este caso se dispuso aislante térmico únicamente en el interior del tabique de la hoja interior; el aislamiento térmico en los cantos de los forjados tuvo que resolverse de forma específica para evitar así el puente térmico.

La hoja exterior es de piezas de 3 cm de espesor, de granito o mármol, según requiera el diseño de la fachada. Para la sujeción de la piedra se han empleado distintos sistemas de anclaje. El que se ha utilizado de forma general es el de grapas de acero inoxidable, que agarran la piedra por ranuras ejecutadas en sus cantos superior e inferior.

El rastrel vertical que recibe todas estas grapas es de aluminio extruido. Tal como sucedía en el ejemplo anterior, su sección le permite cubrir la luz libre entre forjados sin precisar de ningún apoyo intermedio. Los anclajes de los rastreles verticales a los cantos de forjado se realizan por medio de perfiles en "L".



Encuentro de fachada con el forjado en el Hotel AC Forum, Barcelona. Fachadista Biosca & Botey, industrial Sistema Masa (MAP Arquitectos).



La hoja interior la soporta una estructura propia de la tabiquería de yeso laminado rellena de lana de roca. Los montantes se colocan cada 40 cm. Un panel hidrofugado de fibra de vidrio se ancla por la parte exterior de esta estructura, mientras que por la parte interior se coloca una doble capa del mismo tipo de panel.

La estanqueidad de la hoja interior la garantiza el correcto sellado de las juntas entre placas y la ejecución de baberos, a partir de láminas de butilo de 1 mm de espesor, en los encuentros entre distintos materiales o sistemas.

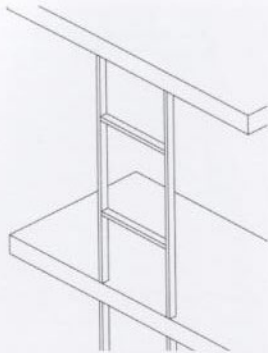
En algunos casos empieza a utilizarse la chapa metálica como cara exterior de la hoja interior. Esta es una solución habitual en las obras del arquitecto M. Ruiz Ortega. Para la hoja que da la imagen final, utiliza tanto piezas de gres porcelánico como láminas de Naturvex.



Fachada del Hotel AC en construcción. Fachadista Biosca & Botey, industrial Sistema Masa (MAP Arquitectos).



Conjunto del Hotel AC y las Oficinas CZF. (MAP Arquitectos).



En el bloque de viviendas de la Ronda Guinardó, la hoja exterior es de placas de Naturvex de 8 mm coloreadas en masa, que van fijadas por medio de remaches a perfiles "Ω". de acero galvanizado. Dichos perfiles se colocan cada 60 cm, anclados a los cantos de los forjados por medio de pletinas en "L".

La sección de las "Ω". les permite cubrir la luz entre forjados sin elementos de apoyo intermedios.

La hoja interior la soporta, como en los ejemplos anteriores, una estructura propia de la tabiquería seca con montantes cada 40 cm.

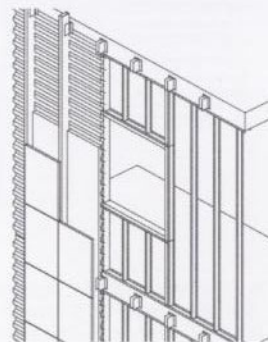
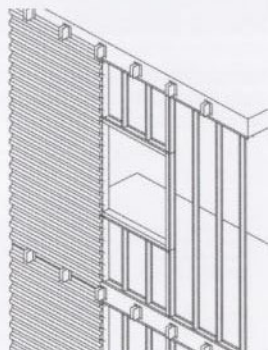
La cámara de 90 mm de espesor que genera esta estructura está rellena de lana de roca. Por la parte interior se coloca una placa de yeso laminado de 15 mm de grueso.

La gran diferencia respecto a otros ejemplos descritos es la sustitución en esta hoja interior de la placa exterior, que normalmente cerraría el tabique de yeso laminado, por una chapa grecada de acero galvanizado.

La estanqueidad al aire debe quedar garantizada en esta hoja de chapa grecada por medio de solapes.

Una manta de lana de vidrio de 50 mm de espesor se coloca sobre la cara exterior de la chapa, quedando retenida con los montantes que fijan la hoja exterior. De esta manera, el aislamiento térmico pasa de forma continua por delante de los cantos de los forjados.

En esta solución se esboza un nuevo tipo que plantea el germen de una hoja central. La chapa grecada genera una lámina que comienza a diferenciarse del tabique interior.



Sucesión de esquemas explicativos del proceso de montaje de la fachada de un edificio de viviendas en Ronda Guinardó, Barcelona (M. Ruiz Ortega).



### 4.3 La hoja intermedia

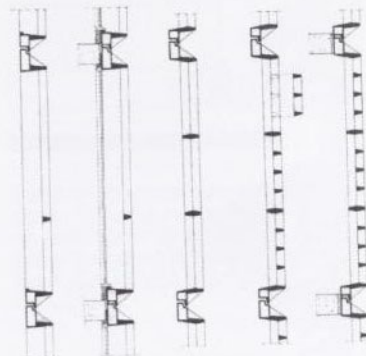
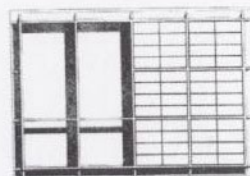


Este tipo presenta un cambio radicalmente innovador. Fuera del canto de los forjados debe aparecer algún tipo de superficie continua que garantice la estanqueidad al aire. Entre los forjados sólo queda un trasdosado como acabado interior. Entre ambos pueden disponerse las instalaciones, puesto que esa cámara no está en contacto con el exterior.

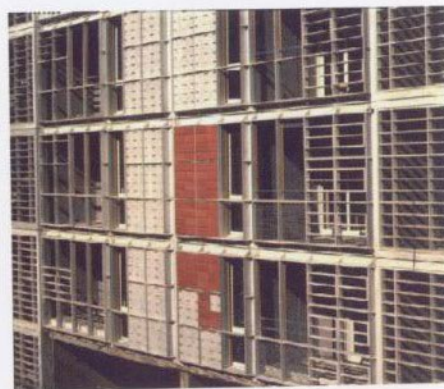
Dentro de este tipo, la solución más simple consiste en colocar unos rastreles que asumen la resistencia mecánica y la planeidad como en el caso anterior, y luego disponer sobre ellos una lámina continua para conseguir la estanqueidad al viento. La importancia y continuidad de esta lámina, siempre separada de la hoja exterior por la cámara ventilada, hace que podamos hablar de una hoja central.

Es sorprendente el escaso éxito de una solución aparentemente muy lógica: colocar en el exterior de los forjados una lámina con capacidad portante para soportar el viento y capaz de asegurar, además, la planeidad y la estanqueidad. Una sola pieza podría resolver los tres problemas. Evidentemente, será difícil conseguir que la colocación de esas placas sobre los irregulares cantos de los forjados asegure esos objetivos.

La fachada de las viviendas de la Rue des Meaux en París, de Renzo Piano, es ya un paradigma histórico. Se trata de uno de los primeros casos que conocemos en el que aparece una hoja intermedia que, al parecer, cumple todas esas funciones. Utiliza una placa premoldeada de GRC que se fija a los cantos de los forjados. Por la parte exterior, esta placa tiene unos elementos salientes que permiten colgar unas piezas cerámicas especialmente fabricadas para ello. Hacia el interior se coloca un aislamiento térmico y una lámina de cartón yeso. Esta situación interior del aislamiento y la continuidad e impermeabilidad de la hoja central desvirtúan un poco la inclusión de esta solución entre las fachadas ventiladas, pero abre sugerentes caminos para la evolución de la composición de estas fachadas.

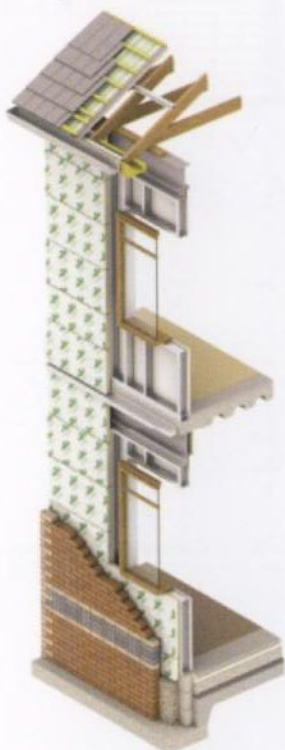


Panel de fachada de GRC revestido con piezas cerámicas, en las viviendas de la Rue Meaux de París, Francia (R. Piano).



Fachada interior de las viviendas de la Rue Meaux en proceso de ejecución (R. Piano).

Bastidor de fachada que propone la empresa Kingspan a modo de *ballon frame*.



66

Axonométrica de uno de los sistemas constructivos para fachadas que ha desarrollado la empresa inglesa Kingspan.



Algunas empresas, en otros países, ofrecen materiales y sistemas para realizar fachadas ventiladas de este tipo. La inglesa Kingspan, por ejemplo, tiene un amplio repertorio de soluciones entre las que nos interesan especialmente las que disponen de una hoja intermedia formada por un panel de partículas de madera y cemento. Se basan en una estructura de montantes de acero galvanizado que puede disponerse por delante de los forjados o entre ellos. Por el exterior de esos montantes se dispone un panel de partículas y cemento de 10 mm de grueso, que asegura la estanqueidad al viento y mejora el comportamiento acústico.

A partir de ese conjunto estructura-panel y hacia el interior, un nuevo panel completa el aislamiento acústico y da el acabado interior. Además, se le puede encomendar la protección contra el fuego, que se resuelve con diversos tipos de semiproductos.

Versatilidad de la hoja exterior. La tradición inglesa, muy marcada por el muro de fábrica de ladrillo visto, ha llevado a que soluciones muy industrializadas como la que propone la empresa Kingspan deban incorporar la posibilidad de soluciones de fachada ventilada con hoja interior ligera y exterior pesada.

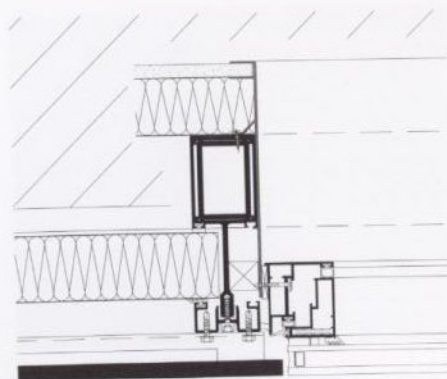




Hacia el exterior, unos perfiles de aluminio sirven para soportar cualquier tipo de hoja exterior. En realidad, estos montantes se fijan a través de la hoja intermedia a los montantes estructurales de acero galvanizado, ya que se disponen con las mismas separaciones de 60 cm.

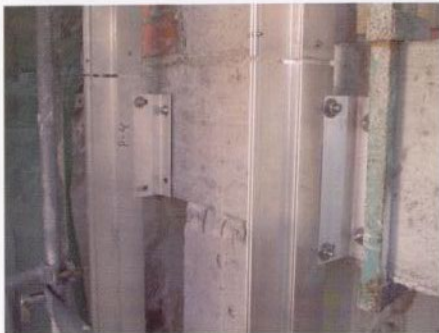
En nuestro país, alguna empresa está empezando a ensayar soluciones de este tipo. Mekanotubo, por ejemplo, utiliza en una de sus soluciones un panel sándwich prefabricado de chapa de acero y aislamiento térmico interior como lámina estanca. La estructura que sirve para fijar las hojas exterior y central la forman perfiles de aluminio extruido dispuestos a modo de montantes y travesaños. Su sección es similar a la de la perfilería que se emplea en los muros cortina de tapeta vista, ya que trabajan de la misma manera. Las imágenes que acompañan este texto ilustran esta solución, en el caso concreto de un bloque de viviendas en Piera, obra del arquitecto Joan Barba.

Los montantes van anclados a los cantos de los forjados por medio de ménsulas de acero. Cada montante cubre la luz de una planta. Se unen entre ellos por medio de mechas que permiten el libre movimiento vertical.



Sección horizontal tipo por la jamba del hueco de fachada, que propone Mekanotubo en un sistema integral de fachada ventilada totalmente industrializado. Se aprecian las tres hojas que forman el conjunto del cerramiento de fachada.

Fijación por medio de rastrel horizontal de aluminio extruido de las placas de gres porcelánico que forman la hoja exterior en el edificio de viviendas de Piera, Barcelona, resuelto con un sistema de fachada de Mekanotubo (J. Barba).



Anclaje de los rastreles verticales a los cantos de los forjados. Las ménsulas disponen de colisos en horizontal para nivelar la plomada, y los montantes van mechados entre ellos para permitir el libre movimiento en vertical (J. Barba).

La hoja central la forman paneles sándwich compuestos por dos chapas de acero galvanizado y un núcleo de lana de roca. Se fijan a los montantes por medio de presores que los retienen como si fueran los vidrios de un muro cortina. Burletes de material polimérico conformado garantizan la estanqueidad de la unión entre el perfil y el panel.

La hoja exterior se cuelga de unos travesaños atornillados a los presores de los montantes. La interior es un trasdosado de yeso laminado que puede ser autoportante, o fijarse por medio de omegas dispuestas en horizontal a la estructura que soporta la fachada.

El paralelismo entre esta solución de fachada ventilada y la de un muro cortina convencional de tapeta vista es tal que la resolución de las entregas habituales entre distintos elementos, véase la entrega del canto del forjado con el paramento vertical, se pueden resolver exactamente de la misma manera para garantizar la sectorización por plantas frente a la propagación del fuego.



Proceso de construcción de una fachada con uno de los sistemas diseñados por Mecanotubo, a modo de muro cortina ciego.



La empresa Proesga practica una ligera variante, porque aplaza el objetivo de la planeidad. Coloca los rastreles estructurales en el canto de los forjados, fija una lámina formada por una chapa metálica que puede quedar ligeramente alabeada, y sobre ella dispone unos nuevos rastreles cuya única misión es conseguir la planeidad final.

La hoja central la forma esta chapa grecada de acero galvanizado que pasa por delante de los forjados, creando un plano continuo sobre el que se proyecta espuma de poliuretano.

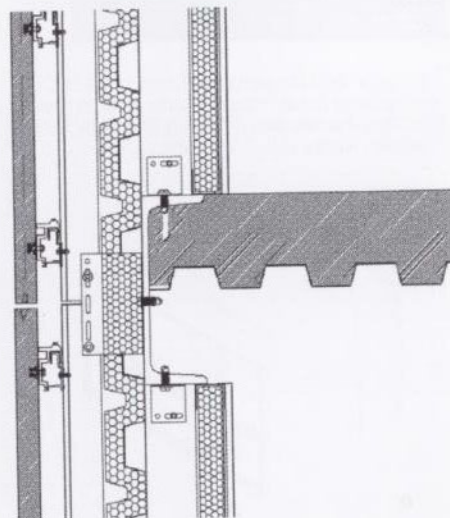
La hoja exterior la forman placas del material de acabado que requiera el proyecto.

Para reducir la luz que cubren los perfiles que sustentan la hoja exterior, éstos se retienen a viento apoyándose en la chapa en los tramos entre forjados, por medio de perfiles en "L".

La hoja interior es un trasdosado autoportante de placa de yeso laminado con lana de roca en su interior.

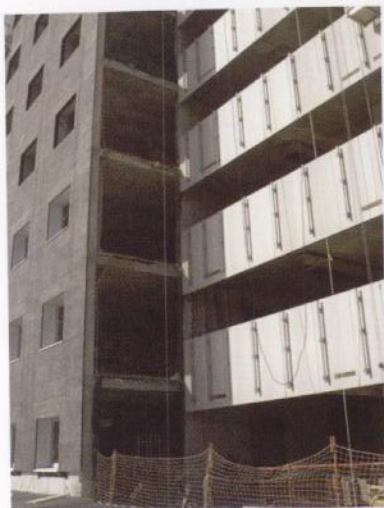


Hoja intermedia de chapa grecada de acero galvanizado, sobre la que se fijan los montantes de la hoja exterior. Solución de Proesga.

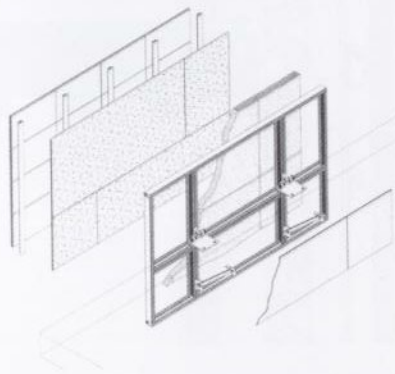


Detalle tipo del encuentro de la fachada con el canto del forjado propuesto por Proesga. La tercera hoja de la fachada ventilada queda de manifiesto.

Ciudad de la Cultura de Santiago de Compostela. Fachada de Proesga (P. Eisenmann).



Fachada del bloque de oficinas para el Consorcio de la Zona Franca, Barcelona, en construcción. Fachadista Biosca & Botey, industrial Sistema Masa (MAP Arquitectos).



Esquema axonométrico de estudio de la propuesta de panel de fachada, de Sistema Masa.

Hoja intermedia y rastreles de soporte de la hoja exterior en la fachada de las Oficinas CZF. Fachadista Biosca & Botey, industrial Sistema Masa (MAP Arquitectos).

La empresa de anclajes Sistema Masa, a raíz de su intervención en el proyecto del Hotel AC, y sobre todo en la fachada del edificio de oficinas CZF situado junto a éste, vieron la posibilidad de plantear una solución de fachada ventilada global industrializada. El objetivo era evitar problemas de coordinación entre distintos industriales y, evidentemente, aumentar su participación en el proyecto. Desde entonces han estado trabajando en una solución de panel ligero a base de un bastidor revestido de Naturvex por ambas caras, y sobre el que se colocan las guías donde anclar la hoja exterior. El aislamiento térmico se dispone entre la perfilería del bastidor.

El motivo de no incluir todas las capas que forman la fachada, en concreto las placas de la hoja exterior, en la pieza prefabricada trasladada a obra, es la posibilidad de acceder a las juntas de los paneles para sellarlas y así garantizar la estanqueidad al aire. El panel aún está en estudio, y por lo que parece, no será ésta la solución definitiva.





## 5. LA COMPOSICIÓN EN LA FACHADA LIGERA: POSIBILIDADES FORMALES

Siempre es discutible la agrupación de unos tipos constructivos bajo unos calificativos sencillos que intentan reducir su complejidad a una simple y única característica. Si calificábamos la hoja exterior de albañilería como una lámina “apoyada”, por oposición consideraremos una solución “colgada” a aquella formada por piezas sueltas, sea como sea la fijación que transmite su peso a los soportes.

Lo importante es que en este segundo caso la estabilidad de cada placa no depende de sus contiguas. Es decir, cada pieza tiene su propio sistema de soporte y, por lo tanto, puede tener cualquier forma o tamaño. En estas condiciones no existe ninguna exigencia mecánica que limite la libertad compositiva en cuanto a despieces, disposición de huecos e incluso libres usos de la cámara ventilada.

Veamos, pues, las posibilidades compositivas que nos abren estas nuevas láminas “colgadas”.



Silodam Amsterdam,  
Países Bajos (MVRDV).

## 5.1 Composición y estructura

El recurso a una hoja interior más o menos ligera y a unos rastreles portantes de la hoja exterior, y quizás de la interior, confiere a la composición de la fachada una absoluta libertad.

El conjunto de rastreles portantes de fachada debe asumir el ritmo que le impone su función estructural, y ligarla con los caprichos compositivos del despiece. Para ello es habitual que la estructura se desdoble en un sistema primario de montantes y uno secundario de travesaños. Establecida la retícula, cualquier despiece es factible.

Recurrir a despieces anárquicos puede acarrear la necesidad de disponer de una cantidad de montantes y travesaños que hagan inviable la solución, ya sea por su excesivo coste o por un exceso de complejidad en la ejecución. Todo es posible, pero no todo es lógico y deseable.



Edificio de oficinas en Barcelona (William Mc Donough).

El mismo sistema de rastreles portantes ayuda a resolver los huecos. Cuando la solución compositiva de fachada pide huecos apaisados, aparece el problema de la resolución del dintel. Toda la carga que recae sobre la parte superior de la ventana debe desviarse a las jambas. Para dimensiones medias de la luz ya aparecen flexiones en el dintel que pueden producir fisuras o roturas.



Como hemos comentado anteriormente, la solución convencional consiste en colgar el supuesto dintel del forjado superior. En este caso se debe prestar atención al hecho de que el conjunto del cerramiento no trabaja todo como un único elemento. Una parte apoya sobre el forjado inferior, mientras que la otra cuelga del superior. Movimientos diferenciales entre ambos forjados se manifestarán en dicha pared. Si la hoja interior es de fábrica de ladrillo, es preciso formar juntas para el control de esos movimientos diferenciales.

En este caso, es mejor disponer maineiles partiendo la luz del hueco y reduciéndola a medidas poco superiores al metro. De esta manera, la carga que llega al dintel pasa al antepecho y al forjado inferior a través de esos maineiles, asegurando el comportamiento homogéneo de todo el lienzo de fachada.

Cuando la estructura de fachada es más ligera y los elementos que la forman pasan a colgar de una o varias estructuras, las cosas son más fáciles. La fachada entre el forjado superior y la ventana ya no pesa sobre un dintel que tiene que transmitir su carga a los macizos entre huecos, sino que se soporta en esos rastreles. No importa, pues, que la ventana sea apaisada y que su dintel mida varios metros. Ya no nos preocuparán las deformaciones de esos dinteles, puesto que toda la fachada se comportará como una piel sobre la trama de rastreles, en la que cualquier perforación es posible.

En el edificio de viviendas de la Gran Vía del arquitecto Carlos Ferrater, la desaparición del dintel permite plantear un juego de huecos y macizos a modo de damero. Ocultar completamente el canto de los forjados es posible si la fachada cuelga de los mismos en lugar de apoyar.

## 5.2 El hueco y la estanqueidad

La ventana plantea un difícil problema a la fachada ventilada. Vimos que la garantía de estanqueidad de estas fachadas la aportaba la cámara de aire. En las zonas opacas su misión es impedir que las gotas de agua puedan pasar más allá de la cara interior de la hoja exterior.

En la ventana, por el contrario, la carpintería y los sellados de ésta con su perímetro garantizan la estanqueidad. ¿Cómo pasar de una concepción a la otra? La respuesta, aparentemente, depende de la situación de la ventana en el grosor de la fachada.



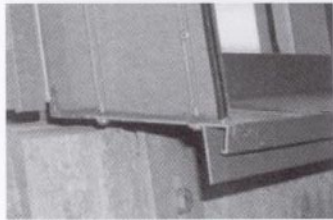
Apoyos sometidos a posibles movimientos diferenciales para un mismo paño de pared.



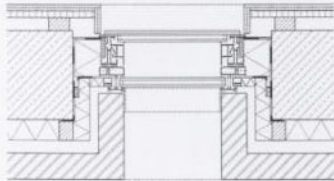
Edificio de viviendas en la Gran Vía de les Corts Catalanes, Barcelona (C. Ferrater).



Sellado entre la hoja intermedia de una fachada ventilada y el premarco.



Premarco telar elaborado para impedir el progreso de la gota de agua hacia el interior de la cámara, empujada por la tensión superficial.



Sección horizontal de uno de los huecos del Museo de Arte Moderno de Viena, Austria, donde se aprecia cómo la hoja exterior retorna hacia el interior para resolver las jambas (Ortner & Ortner).

Desde este punto de vista, lo importante será la relación entre la carpintería y la cámara de aire. La carpintería debe tener continuidad con la hoja interior, puesto que la exterior, además de no ser estanca, debe poder moverse libremente con los cambios de temperatura. Si dejamos la carpintería inserta en la hoja interior, detrás de la cámara, su fijación a esa hoja o a los rastreles que la soportan será muy sencilla. También será fácil garantizar la estanqueidad de la junta entre ambas. Pero el agua que moje la hoja interior en el perímetro de la ventana habrá traspasado la cámara de aire y no encontrará ningún obstáculo para llegar al interior del edificio.

Aunque la carpintería se mueva hacia fuera, llegando a enrasarse con la hoja exterior, el problema seguirá sin resolverse. La carpintería deberá fijarse siempre a la hoja interior. Si la carpintería es exterior, la hoja interior siempre puede retornar hacia fuera. Es más sencillo, pero en este caso deberá llevarse hasta ese borde exterior tanto la estanqueidad como el aislamiento térmico.

La primera solución, el retorno de la hoja exterior hacia el interior, puede utilizarse en algún caso, pero es de compleja construcción. Es la solución preferida de Siza Vieira en sus fachadas aplacadas de granito, pero le lleva a necesitar piezas en ángulo de elevado precio, despieces complicados o fijaciones imposibles para las piezas de dintel que tiene que colgar del forjado con anclajes de seguridad. La ventaja es que, al retornar la hoja exterior de piedra, la fachada adquiere un grueso virtual de ese material y una imagen tectónica y simbólica muy atractiva.

Será necesaria una embocadura perimetral del tipo premarco-telar, como así la hemos nombrado anteriormente, recuperando la voz "telar" como el lugar geométrico resultante de la suma de lo que llamamos alféizar, jambas y dintel. Es una solución a la que se recurre desde hace años para ocultar la sección de la cámara ventilada en el perímetro del hueco. Suele ser una pletina metálica tan ancha como casi toda la fachada que llega hasta el haz exterior.

Si utilizamos este tipo de premarco ya no tendrá importancia en qué lugar coloquemos la carpintería, a efectos de la estanqueidad del perímetro. En efecto, el problema siempre será el mismo: por la junta abier-

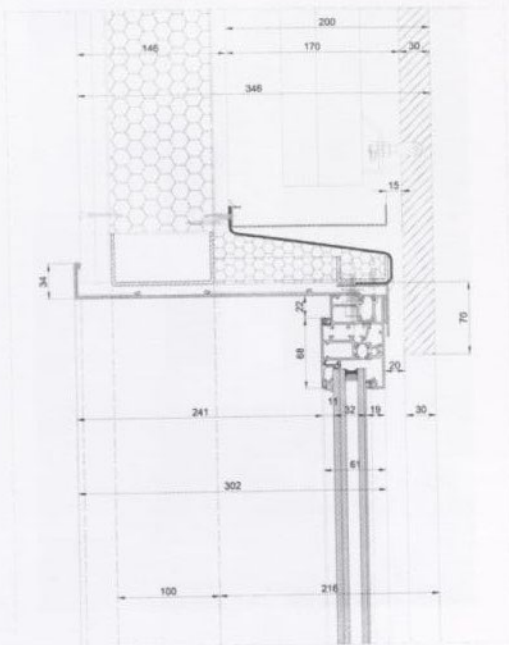


ta entre premarco y piezas de la hoja exterior puede colarse cierta cantidad de agua, por lo que ese premarco telar se convierte en un puente que puede conducirla hasta la hoja interior. En otras palabras, el problema será asegurar la impermeabilidad de esa hoja interior en el perímetro del premarco.

Es habitual colocar una lámina de estanqueidad soldada al premarco, cubriendo veinte o treinta centímetros de la hoja interior. Sería preferible resolver el problema recurriendo a la geometría y la gravedad, es decir, colocando un perfil en "U" hacia el exterior que recoja el agua que pueda llegar hasta esa junta y la evacue hacia fuera.

Cuando utilizamos una lámina continua en la hoja interior o media, el problema es el mismo porque, aunque la superficie sea estanca, la junta con el premarco no lo será.

La Illa Diagonal de Barcelona es uno de los edificios que difundieron en España la imagen del premarco telar, en este caso magnificado por el material, acero inoxidable, y la profundidad, más de treinta centímetros.



Sección vertical por la parte superior de un hueco de fachada, mostrando el encuentro entre el premarco telar, el babero y la carpintería situada en el plano exterior. Detalle de Sistema Masa.

75

Resolución de uno de los huecos de fachada del Hotel AC. Se puede apreciar tanto el babero perimetral al hueco, como el que resuelve el encuentro entre la hoja interior y el canto del forjado. Fachadista Biosca & Botey (MAP Arquitectos).



Premarco telar en el edificio L'Illa Diagonal, Barcelona. El enmarcado de color negro de los huecos de las ventanas muestra los baberos impermeables que garantizan la estanqueidad (I. de Solà Morales, R. Moneo).

El premarco telar se coloca, como debe hacerse con cualquier premarco, antes de la ejecución de la albañilería. Por ello debe disponer de unas patas u otro sistema de fijación que lo ancle a los forjados, sea cual sea su altura o su anchura.

Para sacar el máximo rendimiento de esta nueva pieza constructiva, pueden elaborarse un poco cada uno de sus componentes. Es habitual que el alféizar evacue aguas hacia fuera y forme un pequeño goterón en vuelo. Pero también podría formarse una bandeja de recogida de aguas y verterlas con gárgola para evitar los ensuciamientos del antepecho. Las jambas se pliegan a veces para dar más rigidez al plano vertical y poder encomendarle la estabilidad del conjunto. También pueden preverse las fijaciones de los elementos de protección solar, sobre todo si se utiliza el acero galvanizado en caliente, como solemos hacer. Por fin, el dintel puede resolver la función estructural del cargadero del mismo nombre si conformamos la chapa por plegado, o de otra manera con una pestaña vertical que le dé rigidez ante las cargas.

En algunos casos se aprovechan las posibilidades de este tipo de embocaduras para proyectar la carpintería más allá de la hoja exterior. Es el caso del Hotel AC proyectado por el estudio MAP Arquitectos, donde se diseñaron varios tipos distintos de premarcos para poder resolver ventanas a diferentes profundidades con respecto al plano de fachada.







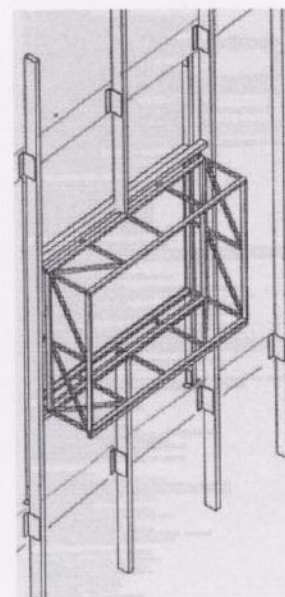
Hotel AC Forum, Barcelona, 2004 (MAP Arquitectos).

### 5.3 Expresando la yuxtaposición

La ligereza de la hoja exterior, la diversidad de materiales posibles y la libertad de despieces han abierto camino a unas formas de composición de raíz neoclásica que están siendo asumidas con entusiasmo por algunos arquitectos.

Sin embargo, la yuxtaposición de capas de la fachada ventilada sugiere unas posibilidades compositivas que han sido poco explotadas por la arquitectura contemporánea.

La obra de Herzog & de Meuron nos aporta los mejores ejemplos de utilización de este tipo de recursos. El empleo de vidrios serigrafiados en la hoja exterior de la fachada permite entrever la estructura de soporte de esta hoja y el material de aislamiento. Si, hasta el momento, a un aislamiento térmico sólo se le pedía, evidentemente, que aislara térmicamente, que fuera resistente al agua y que permitiera un cierto grado de transpirabilidad, ahora también le pediremos que aporte cualidades formales.



Bastidor de la estructura de soporte de la hoja exterior de la fachada del Hotel AC. Fachadista Biosca & Botey (MAP Arquitectos).



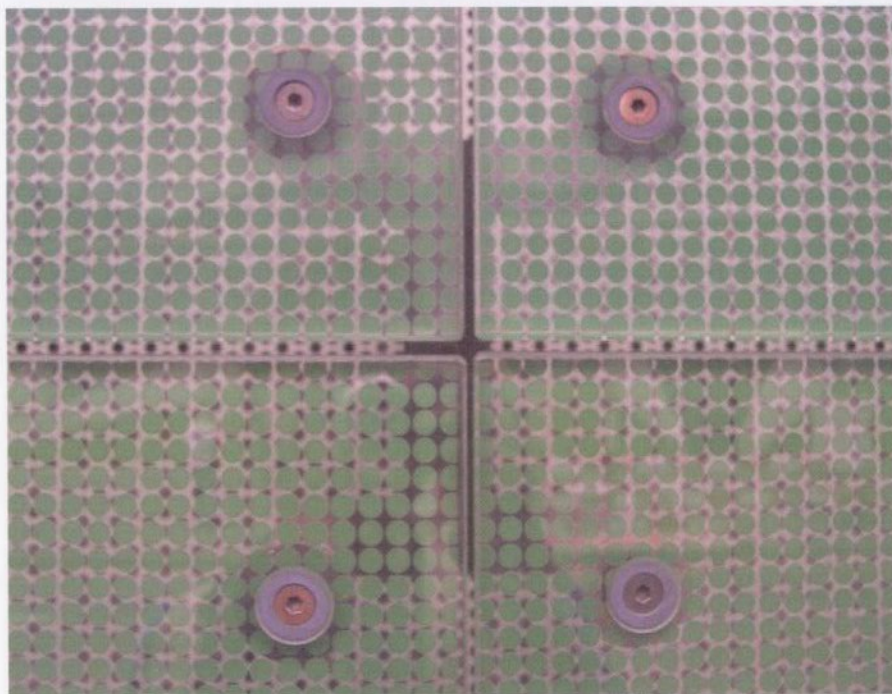
Detalle de fachada del Centro Plaffenhof (Herzog & de Meuron).

Probablemente, Herzog & de Meuron no habrían puesto paneles ligeros multicapa de lana de madera y aglomerante mineral como aislamiento térmico en el Centro Plaffenhof, si éste no les hubiera dado pie a establecer un juego formal con la serigrafía de los vidrios de la hoja exterior.

Descolgar dicha hoja exterior por delante de los huecos les permite desdibujar el macizo y el hueco, a la vez que aportan protección solar al espacio interior.

En el edificio farmacéutico del Hospital de Basel se establece un juego similar entre la hoja exterior de vidrio y la chapa microperforada del interior de la cámara. Cobran importancia los anclajes de la hoja exterior que, a modo de patas de araña, llenan el hueco de la cámara.

Las lamas de cobre del Conjunto de Embajadas de los Países Nórdicos en Berlín también realizan esta doble función de cerrar la cámara ventilada en las partes ciegas, y orientarse para facilitar las vistas allí donde simplemente actúan como protección solar o como cerramiento del espacio interior comunitario.



Transparencia de la hoja exterior de vidrio serigrafiado que resuelve la fachada ciega del Edificio Farmacéutico del Hospital de Basel, Suiza (Herzog & de Meuron).



Si la hoja exterior permite vestir el edificio como si de muñecas recor-  
tables se tratara, diríamos que ahora en la composición se llevan las  
transparencias.

En el Club de Campo Zuasti, P. Mangado da protagonismo a la estruc-  
tura interior de la fachada ventilada dejándola emerger respecto al pla-  
no de la hoja exterior. Esta estructura marca el ritmo de toda la facha-  
da, estableciendo asimismo el ancho de los huecos.

La cámara abierta sugiere la posibilidad de utilizar su espacio para  
introducir la persiana cuando está recogida. Eso es fácil, sobre todo  
en el caso de la hoja interior pesada, puesto que es deseable no ex-  
tender esa hoja por encima del dintel y utilizar ese amplio espacio.

En cualquier caso, el diseño deberá cuidar que no se produzcan puen-  
tes que permitan el paso del agua desde la hoja exterior hacia la inter-  
rior. La hoja exterior puede estar soportada por el entramado general,  
si existe, o por una estructura metálica específica que cuelgue del  
borde del forjado.



Visibilidad desde el espacio central del con-  
junto de las Embajadas y a través del cerra-  
miento de lamas de cobre. Embajadas de los  
Países Nórdicos, Berlín, Alemania (Berger &  
Parkkinen Arquitectos).

Club de Campo Zuasti cercano a Pamplona  
(P. Mangado).



Fachada del Colegio Mayor Sant Jordi, Barcelona, en construcción (MAP Arquitectos).

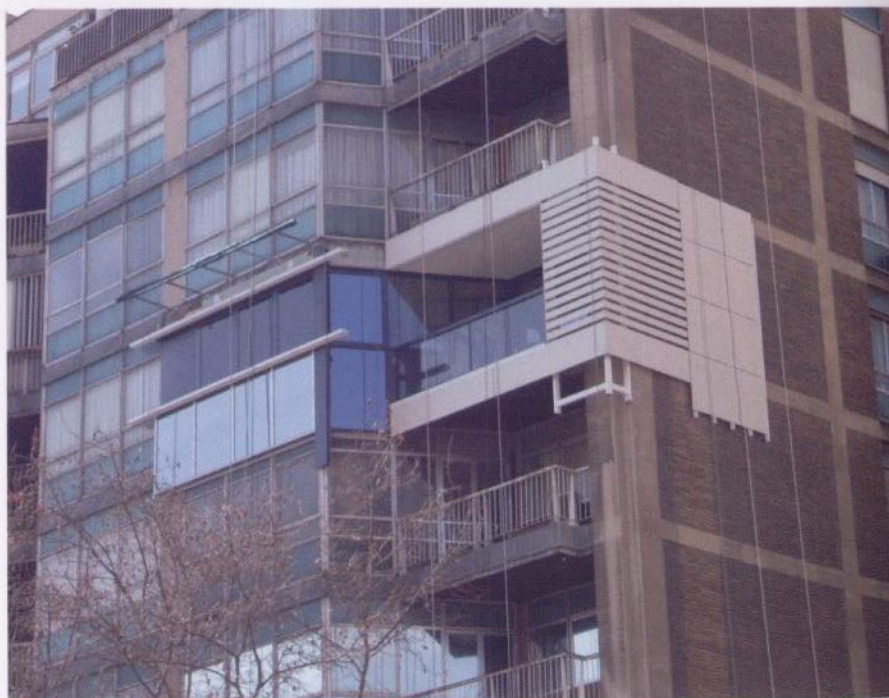
El colegio mayor Sant Jordi del estudio MAP Arquitectos, situado en la calle Can Rabia de Barcelona, plantea la posibilidad de jugar con el no paralelismo de las diferentes hojas que forman la fachada. Ninguno de los requerimientos de la cámara de aire exige que ésta tenga una dimensión constante.

La cámara de aire permite desligar la geometría de la hoja interior de la exterior, descargando a esta última de requerimientos funcionales que no le son propios y dándole mucha más libertad compositiva.

Esta hoja exterior que viste el edificio permite fácilmente cambiar la imagen de edificios antiguos, ya sea por motivos estéticos, como para resolver patologías constructivas.

La intervención no requiere demoler el cerramiento existente, sino simplemente añadir una hoja exterior que genere la cámara drenada y que garantice la estanqueidad (*rain screen*).

En el ejemplo de la Avenida Sarrià de Barcelona, la unión entre forjados y muros de fábrica de ladrillo de la solución original difícilmente resolvía la estanqueidad de forma satisfactoria.

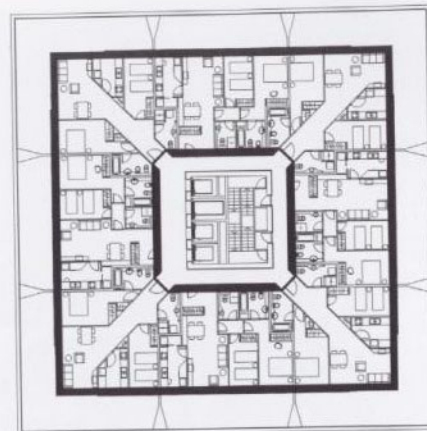


Propuesta para cambiar el aspecto exterior de un edificio en Av. Sarrià con Av. Josep Tarradellas, en Barcelona.



## 6. LA CUESTIÓN ESTRUCTURAL

La libertad, y evolutividad, de la distribución interior de los edificios que nos exigen los rápidos cambios de la sociedad contemporánea encuentran siempre un obstáculo en los elementos estructurales que pautan el espacio arquitectónico. Esta es la razón del progresivo desplazamiento de los elementos estructurales hacia los elementos arquitectónicos inevitables, e inmutables, de la planta. La fachada y los núcleos de accesos o instalaciones no van a sufrir alteraciones con los años. La primera porque es fruto de un pacto de la arquitectura con el espacio público, y los segundos porque vertebran la organización general del espacio y suelen relacionar propiedades diferentes.



Planta de una de las torres del conjunto de viviendas "Illa de la Llum" en Diagonal Mar, Barcelona (Ll. Clotet, I. Paricio).



Bloque de viviendas "Illa de la Llum" en Diagonal Mar, Barcelona (Ll. Clotet, I. Paricio).



Estructura a modo de *ballon frame* y detalle de las escamas de titanio en el Guggenheim (F. O. Gehry).

82



Construcción tradicional en Sequeiras, Salamanca.



Aparecen así unas plantas que podríamos llamar de “núcleo y corona”, en las que los accesos y servicios agrupados en el centro del edificio y la fachada perimetral concentran unos elementos estructurales que permiten liberar todo el espacio arquitectónico posible.

La concentración de elementos estructurales lineales en los muros de fachada no es una novedad contemporánea y tiene una larga tradición en nuestro país, como muestran esas imágenes de entramados de madera tradicionales tan próximos a las «ballon frames», y precedentes del Guggenheim bilbaíno en la estructura y el revestimiento.

### **6.1 Maineles portantes**

El recurso a los maineles que anunciábamos al estudiar los premarcos en la ventana apaisada ha sido habitual en la historia de la arquitectura. Las fachadas portantes tradicionales, formadas por macizos muros de carga, conseguían un aventanamiento horizontal recurriendo a frecuentes pilarcillos portantes que transmiten la carga del dintel al antepecho. En la arquitectura contemporánea todavía se recurre al juego de elementos verticales (maineles, pilares y montantes de carpintería) para resolver la composición de la fachada.

Por otra parte, ya hemos visto cómo los premarcos han ido asumiendo un papel cada vez más importante en la mecánica de la fachada ventilada. La altura libre de las plantas lleva a montantes de dimensiones cada vez más importantes para asumir las acciones de viento sin que se produzcan flechas que los cerramientos no podrían soportar. Pero, además, en la fachada ventilada esos montantes tienen que soportar el peso de toda la hoja exterior.

Sus problemas se complican cuando esa estructura de premarcos y maineles tiene que soportar las cargas de la albañilería superior. En el caso más sencillo se trata de las tres o cuatro hiladas que quedan entre el hueco y el forjado superior. En las dependencias municipales

de Sant Pere de Ribes la hoja exterior de albañilería, de ladrillo perforado, pasaba por delante de los forjados y llegaba a tener 10 metros de altura sobre los huecos. En este caso utilizamos unos premarcos de gran tamaño, pero las cargas se llevaban cada 1,8 m desde el dintel al alféizar, con unos pilarejos cilíndricos de 10 cm de diámetro a modo de maineles. Los premarcos y maineles reconstruyen la continuidad del muro portante y hacen posible una absoluta libertad en la composición del aventanamiento. Los huecos no son necesariamente rectángulos simples, e incluso la ortogonalidad de los ángulos puede obviarse.

Para edificios de pocas plantas de altura es razonable inquietarse por la superposición de dos elementos estructurales relacionados o próximos a la fachada: unos maineles cada vez más potentes para poder asumir las acciones horizontales y algunas cargas verticales de la fachada, y unos pilares estructurales cuyas dimensiones no son mucho mayores si las acciones horizontales sobre el conjunto del edificio las asumen unos núcleos estabilizadores y si estos pilares son frecuentes. Por ello, es razonable plantearse si esos pilares no pudiesen alojarse definitivamente en la fachada, o lo que es lo mismo, si los maineles no pudiesen jugar el papel de pilares de la estructura del edificio volviendo a soluciones herederas de esas estructuras insertas en la fachada que veíamos al iniciar este apartado.



Premarco telar con maineles portantes en las Dependencias Municipales de Sant Pere de Ribes (Ll. Clotet, I. Paricio).



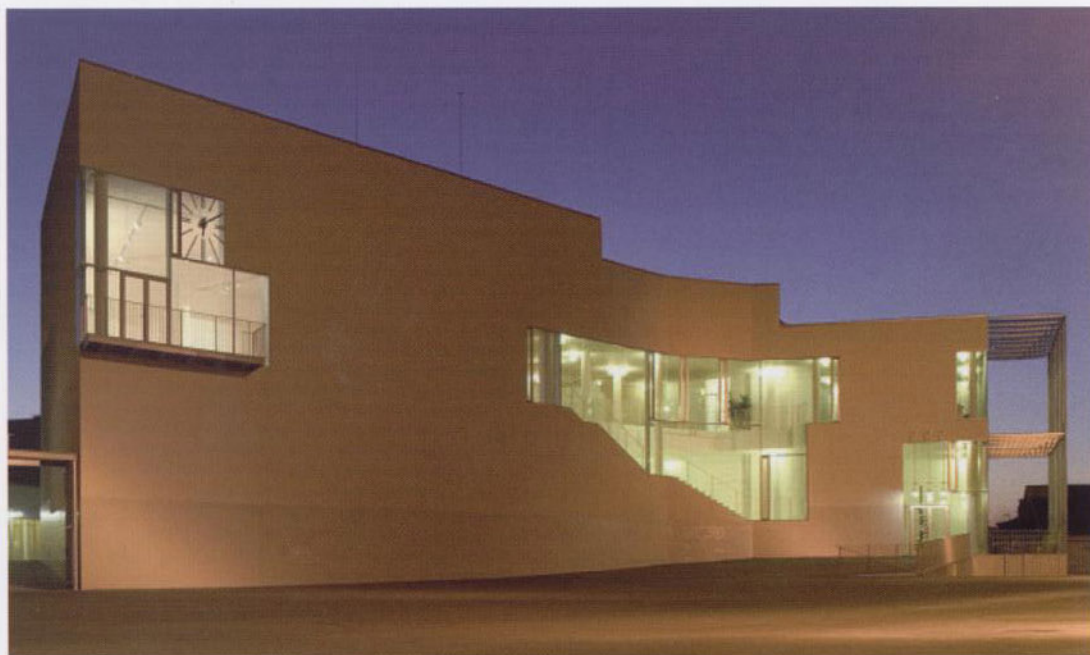
## 6.2 Pilares en fachada

En el diseño de las plantas de vivienda siempre se ha intentado aprovechar la fachada para colocar en ella una primera serie de pilares. Desgraciadamente, el tamaño de los pilares de hormigón a los que hoy nos obliga la norma llega a un mínimo de 25 cm de lado. Eso hace muy difícil su inserción total dentro de unas fachadas cada vez más delgadas. Más todavía si, tal como exige la concepción de la fachada ventilada, queremos pasar el aislamiento térmico, la cámara y la hoja exterior por delante de la estructura. En este caso, el pilar sólo puede insertarse en una hoja interior que no suele medir más de quince centímetros.

En la Vila Olímpica, con la normativa de diseño y ejecución de las estructuras de hormigón que estaba entonces en vigor, todavía pudimos colocar unos pilares de 20 cm dentro de una fachada que tenía un grosor total de 38 cm. En realidad, la cara exterior de esos pilares enrasaba con la cara exterior de la hoja interior de ladrillo hueco. Hacia su exterior se disponía la lámina de aislamiento térmico, la cámara de aire y la hoja exterior de ladrillo de 9 cm de grueso. Gracias a esa disposición inserta de los pilares, a unos núcleos verticales formados por pantallas de hormigón y a unas jácenas paralelas a fachada, pudimos evitar la aparición de pilares en los espacios interiores.



Estructura lineal que conforma y soporta los muros del Pabellón Mies van der Rohe, en Barcelona (imagen de la reconstrucción de F. Ramos, I. de Solà Morales).





Interior de la ampliación antes de colocar las placas de yeso laminado, que conformarán la última hoja de la envolvente (Ll. Clotet, I. Paricio).

En las viviendas de Sant Pere de Ribes, hoy en construcción, hemos conseguido disponer unos pilares de 20 cm de canto en la fachada, comprometiendo con la casa de control un seguimiento exhaustivo de la ejecución de cada pilar. Forzando los espesores de cada capa hemos llegado a una fachada de 35 cm de espesor. El planteamiento inicial de fachada ventilada con hoja exterior de Naturvex evolucionó, por deseo del promotor, hacia una fachada convencional revestida con un monocapa.

Decididos a reducir un grueso de fachada que el coste del suelo hoy no permite, empezamos a utilizar pilares metálicos para construir edificios de poca altura y a diseñar estructuras insertas en la fachada formadas por frecuentes tubos de acero de poco diámetro, que convierten la piel en un continuo estructural sobre el que se insertan las diversas láminas de cerramiento.

En el año 1998 iniciamos la construcción de una vivienda unifamiliar en Valldoreix, que consiste en la ampliación de una antigua construcción decimonónica. En ella utilizamos unos pilares metálicos que quedan totalmente embebidos en el grueso de fachada. Los pilares tienen 8 m de altura y los forjados se forman con chapa colaborante entre esos pilares. Los premarcos se sueldan a ellos y el resto de la fachada se construye sobre una chapa de acero ondulada que forma la hoja media. Hacia el interior se dispone un aislamiento térmico de poliuretano proyectado y un cartón yeso como acabado interior. Hacia el exterior se colocan unas placas de Trespa fijadas a los premarcos y otros rastreles.



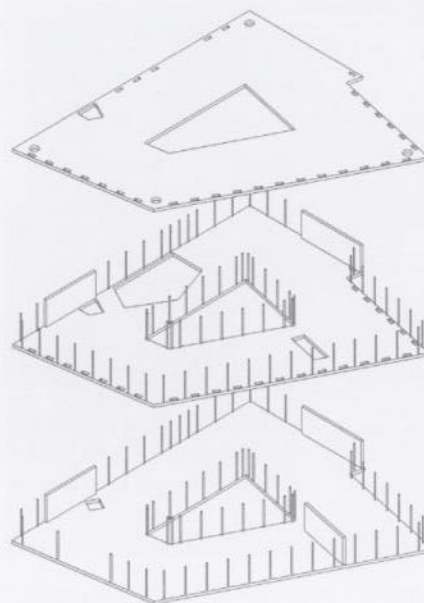
Estructura portante de la ampliación de la vivienda, donde se aprecian los perfiles que van a definir los huecos de las ventanas (Ll. Clotet, I. Paricio).





Los pilares metálicos quedan insertos entre la chapa metálica y el Pladur. Gracias a su frecuencia, su diámetro no es muy grande. La superficie interior de la vivienda queda completamente libre. Algunos pilares atraviesan los huecos formados por las ventanas apaisadas y aparecen detrás de ellas como unos clásicos maineiles.

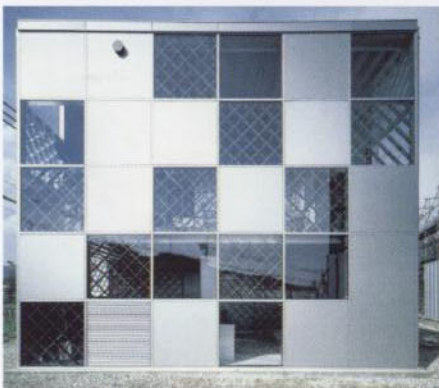
Para finalizar, en las oficinas de una fábrica en Riudellots estamos experimentando una solución similar con un cerramiento de fábrica de ladrillo. Se trata de una banda edificada alrededor de un patio interior. Esa banda tiene una anchura aproximada de 5 metros. El edificio tiene dos plantas únicamente. Los dos forjados se apoyan en unos pilares metálicos cilíndricos situados en los perímetros exterior e interior. La separación entre pilares es de 2 metros. La hoja exterior de albañilería se apoya en unas pletinas metálicas horizontales fijadas a los pilares, a modo de premarcos. Estas pletinas recorren toda la fachada dando lugar a amplios huecos horizontales. Las plantas quedan absolutamente libres para la distribución de oficinas y vestuarios. Ningún saliente en el intradós de la fachada obstaculiza el amueblamiento o la compartimentación. Los pilares aparecen cortando verticalmente los huecos por delante de las carpinterías, como si fueran simples maineiles.



Axonométrica de las oficinas de Riudellots (LI. Clotet, I. Paricio).



Estructura portante del edificio de oficinas de Riudellots, pautada al ritmo que establece el cerramiento de fachada (LI. Clotet, I. Paricio).



Prototipo de vivienda modular con estructura de aluminio, construido por SUS Corporation (Riken Yamamoto).

### 6.3 Carpinterías portantes. Estructura a ritmo de carpintería

Hace unos años, Lluís Clotet amplió su casa con un espacio anexo a la vieja construcción india. El objetivo era una especie de invernadero habitable, con cubierta ligera pero muy confortable. Para ello tenía que conseguirse un perfecto control de la temperatura en condiciones exteriores muy variables. La fachada tiene una doble carpintería practicable y entre las dos hojas una protección solar. Los marcos son, pues, de dimensiones importantes. En el momento de enfrentarse al soporte de la cubierta la pregunta estaba cantada: ¿y si no pudiéramos pilares y nos apoyásemos en los marcos de aluminio?

No podíamos pensar que unos años después nos plantearíamos ese mismo tema para construir un edificio de cierta envergadura. En el tiempo transcurrido habían pasado muchas cosas: nosotros habíamos tenido algunas experiencias con premarcos y otros elementos que ya hemos comentado, y habíamos hecho muchas obras internacionales con desplazamientos de la estructura a formas diversas de la carpintería de fachada, como unas torres en Diagonal Mar con núcleo central y estructura en el perímetro de unos treinta metros de lado.



Estructura modular de SUS Corporation (Riken Yamamoto).



Entre las muchas obras del panorama internacional que reivindican esas estructuras-carpintería, es interesante el sistema modular de construcción de viviendas con estructura de aluminio que ha diseñado Riken Yamamoto para la empresa nipona SUS Corporation, que trabaja de forma exclusiva con este material. La construcción puede alcanzar hasta 7,20 m de altura y sus «pilares» están formados por dobles pletinas de aluminio unidas aproximadamente cada 40 cm para limitar el pandeo. La estabilidad ante las acciones horizontales la garantizan las celosías diagonales que ocupan algunos de los huecos y las cruces de refuerzo que rigidizan los nudos entre los distintos módulos. El módulo de la trama estructural es de 1,20 m.

El edificio que Herzog & de Meuron han construido en Tokio para Prada recurre a una solución similar, aunque la trama se diagonaliza, con lo que asume con facilidad los esfuerzos horizontales a cambio de complicar mucho su capacidad de soporte frente a los verticales.

Otro ejemplo sería el del edificio para Alicia (Alimentación y Ciencia), la institución de la fundación Caixa Manresa dedicada a la investigación alimentaria y dirigida por Ferran Adrià, que está actualmente en fase de construcción. Se trata de un edificio de una sola planta, cuya estructura se concentra en el perímetro de fachada para soportar luces de hasta nueve metros, con unos pilares formados por tubulares de 70 x 70 mm. Cuatro núcleos de servicios e instalaciones agrupan los elementos estructurales interiores. La fachada, con su secuencia continua de pilares portantes, se mueve libremente dibujando el perímetro más adecuado al entorno y a la organización funcional prevista.



Edificio de Prada en Tokio, Japón (Herzog & de Meuron).

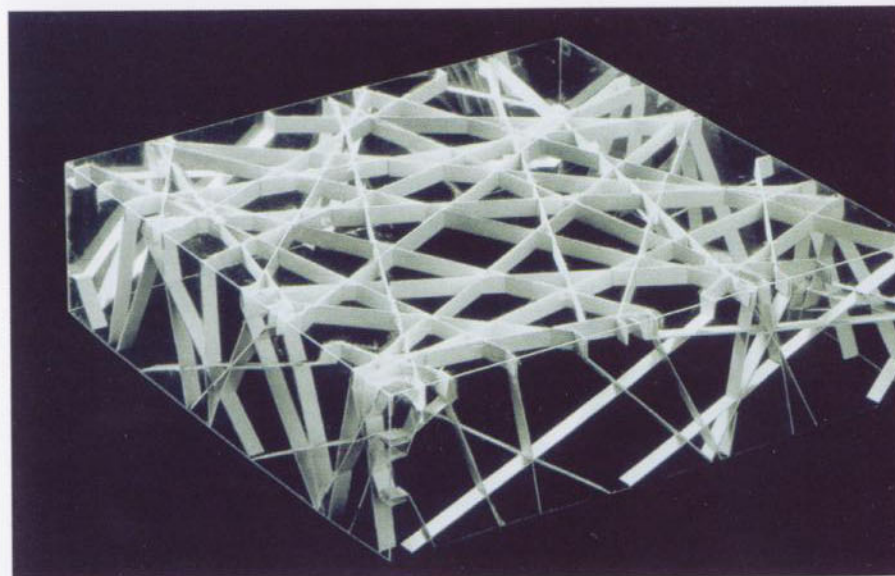


Alicia, Sant Benet de Bages, Barcelona (Ll. Clotet, I. Paricio).



En una vivienda unifamiliar ya en construcción estamos utilizando el mismo sistema. Aquí se trata de un simple rectángulo de 7 x 20 metros. La losa nervada de hormigón armado se apoya principalmente en los dos lados largos. La estructura perimetral está formada por unos tubos de 80 x 80 mm que sirven a la vez para asumir las acciones de viento. Un perfil en "T" se fija a la cara exterior de los pilares para recibir a los vidrios, asumiendo las diferentes tolerancias entre ambos sistemas constructivos. Los vidrios son con cámara y baja emisividad. La protección solar está asegurada por unas persianas horizontales proyectadas hacia el exterior desde el dintel de la fachada vidriada.

A la vista de estas soluciones, es evidente que la fachada ventilada puede evolucionar, dando el carácter estructural a los montantes que exige la construcción de la envolvente; es decir, acercando los pilares que naturalmente ya se insertan en su perímetro, reduciendo su separación hasta que tomen un ritmo adecuado a la capacidad mecánica de las carpinterías, con lo que se evitará la superposición de elementos verticales que hoy sufrimos y se liberará la planta de la presencia de unos elementos estructurales, que imponen un orden ajeno a la organización del espacio arquitectónico.



Pabellón Serpentine Gallery en Londres, Gran Bretaña (Toyo Ito).



## 7. PERSPECTIVAS

El objetivo de este cuaderno es el análisis de la fachada ventilada y de sus perspectivas inmediatas. Para ello nos hemos basado en su situación actual, hemos recorrido sus antecedentes y hemos visto las técnicas de las que podríamos aprender para mejorarla en algunos aspectos. Hemos echado la vista atrás, hecho autocrítica y mirado a nuestros vecinos, a la vez que reflexionábamos sobre el concepto de estanqueidad, las cualidades arquitectónicas de la fachada ventilada o la importancia del hueco. Llegados a este punto, sacar conclusiones podría resultar muy complejo si intentáramos abarcar todos los temas que abre el porvenir de nuestras fachadas ventiladas. Por ello, este punto sólo tratará aquellos aspectos puntuales que nos preocupan, pero no pretenderemos en absoluto sacar conclusiones sobre la evolución previsible de todos los agentes involucrados en esta evolución caótica y que confluyen en el punto que todos hemos acordado llamar fachada ventilada.

### 7.1 Algunas conclusiones

La sustitución del ladrillo de la hoja exterior por otros materiales más ligeros apenas ha tenido consecuencias negativas en la calidad de la fachada ventilada. Entre ellas quizás se encuentren la mayor fragilidad de las plantas bajas u otros lugares accesibles, y la posibilidad de utilizar materiales cuya durabilidad ofrezca menos garantías que la cerámica. Pero, en cualquier caso, la hoja de medio pie de ladrillo parece excesiva en su grosor, coste y laboriosidad de colocación para, simplemente, cerrar una cámara de aire.

Sin embargo, el balance del aligeramiento de la hoja interior no resulta tan evidentemente positivo. La hoja interior de cerámica o de bloque ofrecía masa, grosor, continuidad, resistencia mecánica y protección frente al fuego.

La masa mejora la protección acústica y la inercia térmica. En una fachada de hoja interior ligera será necesario conseguir la protección con otros medios, probablemente la absorción. En cuanto a la inercia



Hotel Port Olímpic en la Vila Olímpica, Barcelona (A. Giralt, E. Ferusic, J. Bermejo, L.Manuseva).

térmica, deberemos renunciar a ella y mejorar la eficacia del aislamiento térmico.

El grosor facilita el paso de las instalaciones empotradas. No es que en la nueva fachada no pueda resolverse, pero deberá tenerse muy en cuenta su incidencia en la satisfacción de las exigencias de estanqueidad.

La continuidad garantizaba la estanqueidad al aire. En la nueva fachada ligera no siempre es fácil conseguir esa continuidad, que puede verse afectada por muchos accidentes, como el paso de las instalaciones. En este sentido, las fachadas de tres hojas son una muy buena solución ya que disponen de una cámara interior para el paso de instalaciones, que libera a la hoja que delimita la cámara ventilada desde el interior de esta función.

La resistencia mecánica puede sustituirse, incluso con ventaja, por la de montantes y travesaños, pero deben tenerse en cuenta las nuevas exigencias de resistencia a la compresión y succión que implica el nuevo eurocódigo. Fuerzas de 3.000 PA (300 kg/m<sup>2</sup>) deberán preverse en muchos casos.

En las nuevas soluciones, la protección frente al fuego se ve mermada en varios aspectos.

La hoja interior de fábrica de ladrillo inserta entre forjados evita la necesidad de resolver cortafuegos en los cantos de los forjados como si se tratara de un muro cortina. A medida que la hoja interior se hace ligera y va expulsando funciones fuera de los cantos de los forjados esto ya no es así.

Garantizar la estabilidad de la fachada en caso de incendio exige disponer de materiales con una alta resistencia al fuego en la hoja interior que protejan la estructura de soporte.

Como en toda fachada ventilada, la cámara actúa como una chimenea que facilita la propagación del fuego. Disponer elementos cortafuegos adecuados y frecuentes es una exigencia que, cada vez más, no debemos obviar.

A cambio de todo ello, la hoja interior ligera nos ofrece, frente a la hoja interior de albañilería, un montaje rápido e industrializado y un ahorro



de espesor. En cuanto al primer punto, resulta evidente la incoherencia de construir los cada vez más fragmentados paramentos de los grandes edificios con obra de albañilería de ladrillo nuevo.

El segundo punto no debe infravalorarse. La fachada ventilada ya había ganado 10 ó 12 cm aligerando la hoja exterior, y puede ganar casi otro tanto haciendo lo mismo con la interior. A los precios de venta del metro cuadrado útil, esas reducciones de espesor pagan cualquier innovación o material.



## 7.2 Los mecanismos de adecuación al cambio

Resulta ya un lugar común, pero no por ello pierde vigencia. El cambio es la esencia de nuestro siglo y asimilarlo es la exigencia fundamental de nuestra cultura. En el campo de la arquitectura, éste es un requisito al que la fachada ligera puede responder con especial eficacia. Si hace unas páginas hablábamos de los vestiditos de muñecas, ¿por qué no cambiarles el vestido a nuestros edificios cuando convenga? Eso nos permitiría adecuarlos a nuevas exigencias, incluso volverlos mas transparentes, o más macizos. Sobre este tema podemos describir propuestas que ya se están introduciendo en el sector.

La perfectibilidad es la cualidad de ser susceptible de perfeccionamiento. En el mundo de la producción, el concepto de «perfectibilidad» se refiere a la capacidad de la industria de ofrecer productos inicialmente sencillos pero que puedan completarse y hacerse más complejos con el tiempo, en función de la evolución de las exigencias y de las posibilidades económicas del ocupante.

Si un producto no es perfectible, cuando nuestras exigencias sean mayores tendremos que tirarlo y comprar otro. La máquina fotográfica tradicional era un ejemplo de perfectibilidad. La máquina digital no lo es: un megapíxel más supone la compra de otra máquina, no la sustitución de un chip.

A la industria contemporánea no le interesa la perfectibilidad. Es más rentable promover nuevas exigencias y darles respuesta con nuevos productos. Posiblemente, eso es inevitable con ciertos productos de consumo, pero no debemos permitir que ocurra lo mismo con la edificación. Es demasiado costosa como para tener que sustituir algo que, simplemente, puede mejorarse.

En el mundo de la construcción la perfectibilidad se entiende tanto

aplicada a elementos concretos como al edificio en su conjunto. La vida de los edificios es muy larga en relación con la velocidad de cambio de la sociedad. Un buen proyecto de arquitectura debe contemplar la posibilidad de varios cambios de uso a lo largo de su vida útil.

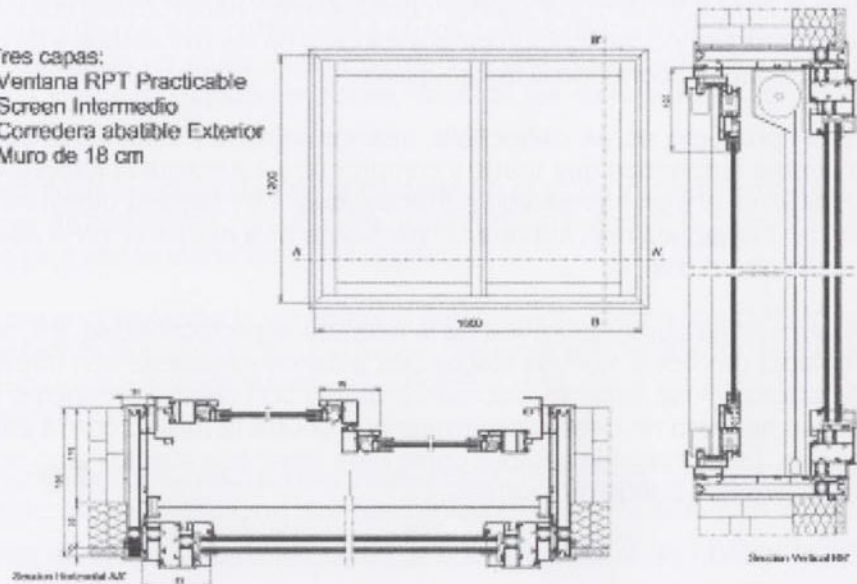
La incorporación del concepto de perfectibilidad en las envolventes de los edificios comienza actuando en el hueco. Es en éste donde se establece una relación más compleja entre el espacio interior y el exterior. En este tramo de fachada se deben resolver la estanqueidad y el confort térmico como requerimientos básicos, y adquieren gran importancia el control de la radiación solar, la ventilación o las vistas. A mayor complejidad de requerimientos, mayor será el abanico de accesorios a incorporar.

Para hacer posible esta alternativa, la ventana puede ser elemental en primera instancia pero debe tener previstas todas las adiciones que la completarán. Esto supone la confianza en que esa evolución del hueco pueda hacerse de manera fácil y relativamente económica con el recurso a especialistas o simplemente con las posibilidades de trabajo del propio ocupante.

La perfectibilidad del hueco puede posibilitarse a partir de un premarco telar. Sobre él pueden fijarse una o varias carpinterías o cualquier

Tres capas:

- Ventana RPT Practicable
- Screen Intermedio
- Corredora abatible Exterior
- Muro de 18 cm



La ventana perfectible presentada en el Proyecto Casa Barcelona de Construmat 2001 (I. Paricio con Technal).



otro accesorio protector. El proyecto de ventana perfectible que planteamos con Technal en el marco del proyecto Casa Barcelona en Construmat 2001 se basaba en un premarco básico, que crecía mediante la adición de piezas "clipeadas" con profundidad hasta conformar un premarco telar.

En el ámbito creado por este profundo premarco podían disponerse toda clase de "mejoras" de la ventana. Primero, una segunda carpintería para hacer frente al ruido y a los rigores del clima. En la cámara así formada era fácil colocar una protección solar que podía ser muy económica ya que estaba protegida del viento. El conjunto de dos carpinterías y una protección solar es un magnífico captador solar en invierno, si puede manipularse convenientemente. La separación entre carpinterías podría llegar a albergar un aparato acondicionador de aire cuyo funcionamiento era posible, porque el primer premarco ya disponía de una base eléctrica y una evacuación de condensados. Mosquiteras, jardineras de protección solar y muchas más clases de equipos podrían añadirse a esa ventana perfectible.

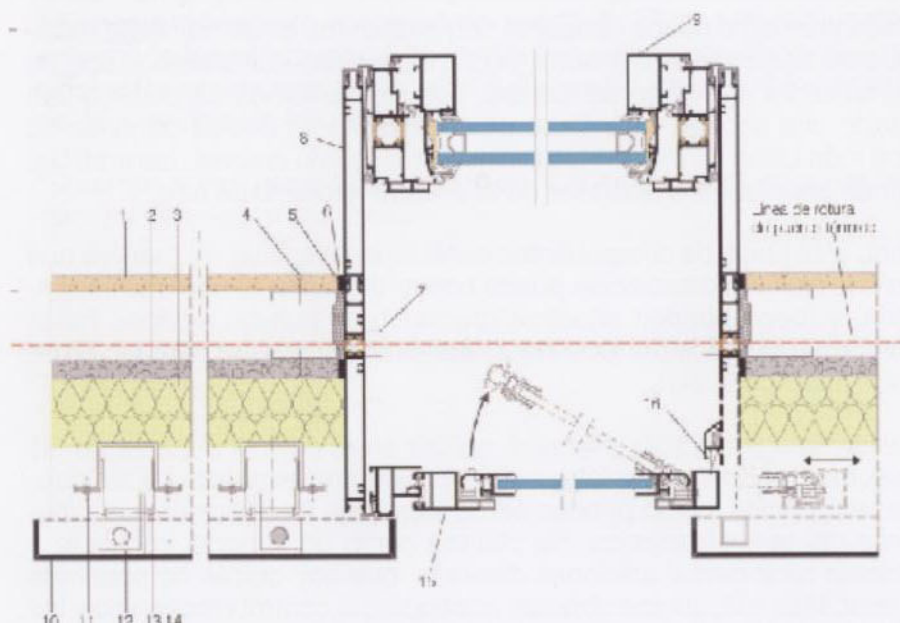
El concepto de perfectibilidad puede extenderse al conjunto de la fachada, con lo que se hará posible su completa industrialización y se abrirá la puerta a cualquier evolución, incluso la sustitución de macizos por huecos y viceversa.

Podría pensarse que el intercambio puede basarse en paneles completos de forjado a forjado, es decir, en un sistema de componentes



Prototipo de fachada perfectible en el Proyecto Casa Barcelona de Construmat 2005.

Sección horizontal tipo de fachada perfectible (C. Ferrater e I. Paricio con Technal).



compatibles. Los innumerables intentos que desde los años sesenta se han hecho para introducir los componentes compatibles han conducido a sucesivos fracasos. La adecuación al lugar, la voluntad de dejar la impronta del arquitecto en la empresa propietaria, y la dificultad de almacenar costosos stocks han hecho imposible este sueño de la razón.

El camino parecen ser los sistemas basados en semiproductos, en montantes verticales y horizontales que forman una retícula que cuelga de los cantos de los forjados y donde se insertan paneles ciegos, vidriados, practicables...

Cualquier paramento de la fachada puede ser opaco o vidriado, fijo o practicable. Dentro de los paramentos vidriados aparecen premarcos aditivos que se yuxtaponen a los primarios para dar lugar a telares de mayor profundidad. Las carpinterías pueden colocarse dentro o fuera de esos premarcos y también en ambas posiciones a la vez, con lo que se forma una cámara practicable en la que pueden alojarse toda clase de complementos, como las cortinillas, visillos, venecianas, estores, o aparatos de calefacción.

Technal ofrece una carpintería de aluminio modular formada por unos premarcos fijos al canto de los forjados que permiten la inserción de los elementos más diversos. Sobre cualquiera de esos premarcos de 18 cm de canto puede fijarse otro premarco igual, hacia dentro y hacia fuera, obteniendo profundidades de 36 y 54 cm.

Cada premarco puede ocuparse con elementos de plementería maciza o de carpinterías vidriadas, pudiendo incluso cambiarse el tipo de cerramiento a lo largo del tiempo. Los elementos de carpintería van desde una sencilla hoja fija o practicable hasta dobles carpinterías con toda clase de elementos interpuestos, como estores, barandillas, lamas orientables o aparatos de acondicionamiento de aire.

Todo este juego de componentes es fácilmente aditivo, de manera que en una primera disposición puede contar únicamente con una carpintería, y luego pueden añadirse premarcos y nuevos equipos hasta conformar el hueco perfectamente adecuado al uso y la orientación de cada caso particular.

La fachada perfectible permitirá aplicar en el edificio algunas de las mejoras que se van a ir introduciendo para dar respuestas a las nuevas exigencias, como pueden ser la captación fotoeléctrica o las mejoras del control acústico. Se plantea como un soporte frecuente y potente para recibir adiciones diversas, que hoy quizás no podemos prever. Más allá, las membranas continuas, el control electrónico y los materiales inteligentes deben estar esperando.



### 7.3 Perspectivas de futuro

Es difícil imaginar lo que le espera a la fachada ligera más allá de lo descrito. Podríamos aventurar que la presión de algunas arquitecturas y los caminos abiertos por algunos nuevos productos llevarán a la progresiva disolución de las fronteras entre cubierta y fachada. El descenso de cargas y la conducción de las aguas obedeciendo a las leyes de la gravedad establecían hasta ahora radicales diferencias entre la manera de resolver sus problemas en los elementos verticales u horizontales. Las inmensas posibilidades de la técnica contemporánea permiten imaginar que las estructuras epidérmicas, asociadas a la envolvente, harán cada vez más fácil esa confusión, mientras que los nuevos productos de estanqueidad como las membranas líquidas garantizarán la absoluta estanqueidad de cualquier forma arquitectónica, aunque estén colocadas sobre los soportes más diversos, acabando con el ingenio de las cámaras drenadas.

Todo parece indicar que las innovaciones descritas son sólo el inicio de una profunda revolución en el diseño de la fachada del siglo XXI. Los caminos que adoptará son difícilmente previsibles. Es probable que se acentúe su consideración como membrana envolvente del espacio habitable, y que eso lleve a la introducción de filtros específicos para los diversos flujos que la atraviesan, que serán menos físicos y probablemente más químicos que los actuales. Filtros activables con controles electrónicos como el vidrio electrocrómico o las pantallas de cristal líquido ya utilizadas en algunos casos para conformar instantáneamente la imagen o imágenes de un edificio. Filtros que recuperen la energía de los intercambios de ventilación y aireación, filtros que modifiquen la temperatura y humedad del aire utilizando cambios de estado (siguiendo la teoría del botijo).

"Veremos a ver" como la composición, y la arquitectura en su globalidad, asimilan esos cambios.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) *The Performance of Exterior Walls*. G.O. Handegord. Building Science Forum 1982. Nacional Research Council Canada Institute for Research in Construction.
- (2) *Fundamental Considerations in the Design of Exterior Walls for Buildings*. Hutcheon, N.B. Annual Meeting of the Engineering Institute of Canada, Halifax, May 1953. Nacional Research Council Canada Institute for Research in Construction.
- (3) *La Construcción de la Arquitectura* – Vol. 2 “Los Elementos”. Ignacio Paricio. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya - ITEC. 3ª edición, Marzo 1996.
- (4) *Evolution of Wall Design for Controlling Rain Penetration*. G.A. Chown, W.C. Brown y G.F. Poirier. Construction Technology Update No. 9, Dec. 1997. Nacional Research Council, Canada Institute for Research in Construction.
- (5) *Pressure Equalization in Rainscreen Wall Systems*. M.Z. Rousseau, G.F. Poirier y W.C. Brown. Construction Technology Update No. 17, July 1998. Nacional Research Council, Canada Institute for Research in Construction.
- (6) *Designing Exterior Walls According to the Rainscreen Principle*. W.C. Brown, G.A. Chow, G.F. Poirier y M.Z. Rousseau. Construction Technology Update No. 34, July 1999. Nacional Research Council, Canada Institute for Research in Construction.
- (7) *Rain Penetration and his control*. G.K. Garden. Canadian Buidin Digest nº 40, 1963. Nacional Research Council, Canada Institute for Research in Construction.
- (8) *Impermeabilidad al agua en fachadas de placas ligeras con juntas abiertas*. Jaume Avellaneda. I Congreso de Ventanas y Fachadas ligeras, 1997. Centro de Investigación Tecnológica, CIDEMCO.
- (9) *Façanes lleugeres ventilades. Criteris per al disseny constructiu*. Jaume Avellaneda. Papers de Construcció, 1997 – Departament de Construccions Arquitectòniques I.



(10) *Los revestimientos de piedra*. Jaime Avellaneda, Ignacio Paricio. Ed. Bisagra, 1999.

(11) *Muro Cortina*. R. Araujo y X. Ferrés. *Tectónica* nº16 – Diciembre 2003.

(12) *La tenuta all'aria e all'acqua degli edifici*. Paul Marsh. BEMA Editrice, Milano. Sept. 1979.

(13) *Cladding of buildings*. A.J. Brookes. Construction Press, London and New York. 1983.

(14) *Building Systems, Industrialization, and Architecture*. Barry Russell. John Wiley & Sons. London, New York, Sydney, Toronto. 1981.

(15) *Construcciones para iniciar un siglo*. Ignacio Paricio. Ed. Bisagra, 2000.

(16) *Facciate Ventilare. Architettura, prestazioni e tecnologia*. Frida Bazzocchi. Ed. Alinea, 2002.

(17) *Designing the exterior wall. An architectural guide to the vertical Envelope*. Linda Brock. Ed. John Wiley & Sons, Inc., 2005.

## **REFERENCIAS A INDUSTRIALES**

### **ALCAN**

Elaboración de productos varios con aluminio, a destacar los paneles compo-  
sites.

<http://www.alcan.com>

<http://www.alucobond.com>

<http://www.alusuissecomp.com>

### **BIOSCA & BOTEY**

Consultoría especializada en el diseño y construcción de fachadas.

<http://www.bioscabotey.com>

<http://www.bioscabotey.com/web2004arquitectura>

### **ELEX GROUP - EURONIT - Naturvex**

Placas de cemento

<http://www.euronit.es>

### **GRUPO MECANOTUBO – MECANOFAS**

Fabrica y monta fachadas ventiladas con sistemas desarrollados por su equi-  
po técnico.

<http://www.mecanotubo.es>

<http://www.mecanofas.com>

### **HYDRO – TECHNAL**

Empresa especializada en la elaboración de carpinterías y muros cortina de  
aluminio. Asesora en la concepción de la fachada.

<http://www.hydro.com>

<http://www.technal.es>

### **KNAUF USG SYSTEMS**

Tabiquería seca a base de placas de yeso laminado y estructura de acero  
galvanizado. Placa de cemento "Aquapanel" para exterior.

<http://www.knauf.es>

### **NATURONDA**

Productos de fibrocemento sin amianto.

<http://www.naturonda.com>

### **PROESGA**

Desarrolla sistemas constructivos a partir de la combinación de nuevos mate-  
riales y técnicas.

<http://www.proesga.com>



**SISTEMA MASA**

Fabrica y monta aplacados flotantes en fachadas transventiladas mediante anclajes ocultos.

<http://www.sistemamasa.com>

**ULMA**

Especialista en el diseño y fabricación de piezas prefabricadas de hormigón polímero.

<http://www.ulma.com>

**URALITA Pladur**

Tabiquería seca a base de placas de yeso laminado y estructura de acero galvanizado.

<http://www.uralita.com>

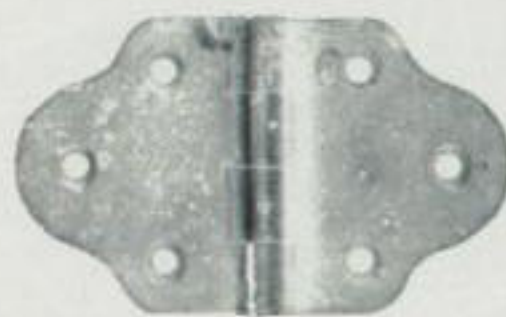
## CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS

Posición en las páginas

- A Superior al margen
- B Central al margen
- C Inferior al margen
- D En columna de texto

- 10A Revista Detail
- 18A Revista A+T
- 18D Revista A+T
- 25B Reynaers
- 33D G A Architect 15
- 34D Proesga
- 40A Proesga
- 40D Proesga
- 44A Ulma
- 46D Proesga
- 63D X. Ferres
- 68 D Mecanotubo
- 69 A Proesga
- 69 D Proesga
- 70 A Sistema Masa
- 70 C Sistema Masa
- 70 D Sistema Masa
- 71 D Revista El Croquis
- 75 D X. Farrés
- 88 A Revista AV Monografías
- 88 D Revista AV Monografías
- 89 A Revista AV Monografías
- 90 A Revista AV Monografías
- 90 D Revista AV Monografías





Las ventajas compositivas y constructivas de la fachada ventilada explican su rápida difusión. Emergen ofertas de productos y sistemas desde los orígenes más dispersos del sector. Estos brindan la posibilidad de industrializar el cerramiento y liberar la imagen del edificio. Pero esa diversidad de orígenes e intereses provoca cierta confusión en la síntesis de soluciones. Adelgazar el grueso del cerramiento o dotarlo de la función portante son algunos de los valores añadidos más sugerentes de cara a la optimización de la envolvente vertical. Este libro quiere contribuir a ordenar este poliédrico conjunto.