Muro cortina modular y doble piel de vidrio

Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas

Máster en Fachadas Tecnológicas y Envolventes Sostenibles Benito Lauret Aguirregabiria Profesor Titular Universidad

> Octubre, 2018 http://oa.upm.es/52514/

11. MURO CORTINA MODULAR.

11.1 Descripción

Como evolución del sistema stick, la industria ha desarrollado el sistema de muro cortina modular (unitized) que aporta notables ventajas frente al stick, introduciendo la idea de una célula independiente, a saber, el módulo. La gran diferencia estriba en que tanto montante como travesaño se dividen en dos mitades, en su sentido longitudinal, lo que permite hacer el montaje del vidrio en la carpintería en taller. De este modo el "módulo" se ensambla en fábrica con sus medios montantes y medios travesaños. Su montaje en obra es módulo a módulo, que al adosarse van completando montantes y travesaños.

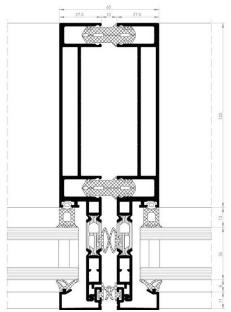


Figura 11.1: Sección típica de montante de muro cortina modular

La principal ventaja de este sistema es su mayor calidad, ya que el montaje y sellado del vidrio se hacen en taller con todas las garantías. Así se reducen mucho los trabajos en obra y en consecuencia los errores y defectos correspondientes se minimizan.

En el caso del muro cortina modular los componentes básicos son montante, travesaño y vidrio, desapareciendo el presor y la tapeta, que son propios del montaje en obra. Es cierto que el módulo viene con medio montante y medio travesaño, pero desde el punto de vista de la fachada se debe enfocar el conjunto ensamblado como un todo.

En cuanto a su montaje, cabe destacar que en el muro cortina modular éste se realiza por el interior, marcando una clara diferencia, y ventaja, con el muro cortina stick, ya que en este último se hace por el exterior. Esto implica, por lo tanto, que no es necesario montar andamios o medios auxiliares por el exterior, lo que implica que el sistema stick quede relegado a edificios de baja altura.

El sistema de anclaje del muro cortina modular es algo diferente al stick, puesto que se adapta a la necesidad de colgar sucesivamente los módulos. De esta manera, cada módulo entrega su peso en su parte superior al anclaje y está sujeto a retención horizontal en su parte baja, al encontrarse con el módulo inferior. Así un módulo jamás apoya en el de abajo, sino que tiene una unión deslizante vertical.



Figura 11.2: Izquierda: Montaje por el interior de muro cortina modular; derecha: anclaje con regulación tridimensional para sistema modular

Al igual que en el sistema de muro cortina stick, en el modular existen diversas variantes que consiguen dejar el exterior sin aluminio visto, y que se denominan sistemas SG (Structural Glazing), ya que están basados en la consabida silicona adhesiva o silicona estructural.

Por lo tanto, en comparación entre los dos sistemas de muros cortina, a saber, sistema stick y sistema modular, basados en carpinterías metálicas de aluminio, que son las más extendidas, se puede concluir que el sistema stick es de menor calidad, comportando un mayor trabajo en obra, mientras que el sistema modular es una evolución de mayor calidad, que implica una mayor industrialización, consecuentemente un menor trabajo en obra y, por consiguiente, mejores prestaciones generales.

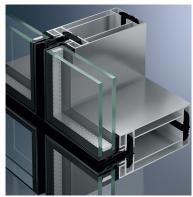


Figura 11.3: Imagen 3D de muro cortina modular SG.

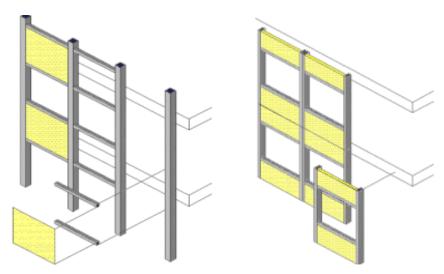


Figura 11.4: Comparación entre muro cortina stick (izquierda) y modular (derecha).

Existen dos tipos principales de muro cortina modular: ingletado y machihembrado. El primero es aquel cuyos medios montantes y medios travesaños son iguales. Su ensamblaje, en consecuencia, se produce gracias a otras piezas puente que se insertan en galces existentes al efecto.

El muro cortina machihembrado presenta diferencias entre los dos medios montantes, ya que no uno es macho y el otro hembra, es decir, uno tiene los salientes que se insertan en el otro. Lo mismo sucede con los medios travesaños.

Al igual que en el muro cortina stick, se respetan los principios de ventilación y drenaje de las cámaras interiores, tomando siempre en consideración que la primera barrera nunca es garantía de estanqueidad, sino que el agua que la haya rebasado, así como otras posibles humedades de condensación, pueden aparecer en el interior de la primera cámara creada entre las diferentes gomas de estanqueidad. Para evitar que el agua sea succionada por diferencia de presión estas cámaras tienen que tener alguna ventilación, lo que 'ecualiza' presiones.

La evacuación de esta humedad se consigue en las juntas horizontales del sistema, que reciben un tratamiento escrupuloso para garantizar su continuidad, algo contradictorio con la discontinuidad de los módulos. Es decir, estructuralmente los módulos tienen cierta capacidad de movimientos, pero desde el punto de vista de la estanqueidad y el drenaje, las juntas horizontales reciben un tratamiento especial. Las posibles filtraciones estarán localizadas planta a planta, gracias a la forma del caballete.

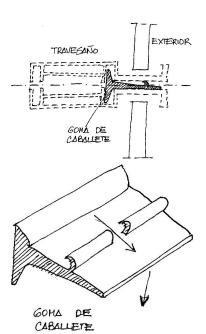


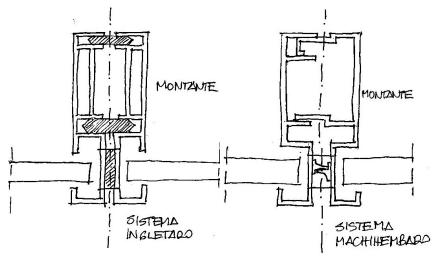
Figura 11.5: Arriba: Sección de travesaño para ver la ubicación de la goma de caballete; abajo: vista simplificada de goma de caballete

11.2 Componentes

Perfilería

Entre los componentes del sistema modular destacan los medios montantes y los medios travesaños. Cada medio montante se comporta frente a las cargas horizontales del mismo modo que en el sistema stick, es decir, como una viga vertical, apoyada en el anclaje a forjado y a la mecha del medio montante inferior.

Ahora las cargas horizontales correspondientes a la mitad del panel deben ser "completamente" resistidas por el medio montante. Igualmente, el peso del vidrio debe ser soportado por el medio travesaño inferior, cuya flecha no debe reducir peligrosamente el espacio existente con el medio travesaño adyacente ni hacer contacto con el aluminio del módulo inferior.



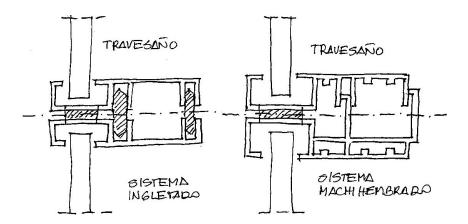


Figura 11.5: Perfilería del sistema modular, tanto ingletado (columna izquierda) como machihembrado (columna derecha)

11.3 Conexiones

Las conexiones entre los medios montantes y medios travesaños para formar cada módulo son más delicadas que en el sistema de muro cortina stick, pues deben permitir el trasiego del módulo sin afectar su integridad. Por el contrario, al realizarse en taller, en vez de en obra, su calidad y precisión es claramente superior, por lo que en general deberían ser mucho más confiables. Existen dos tipos principales, según si se trata de un sistema machihembrado o un sistema ingletado.

Las conexiones para sistemas machihembrados se hacen atornillando el medio montante al medio travesaño, gracias al diseño de la extrusión del travesaño. En cambio, las conexiones para el sistema ingletado se realizan mediante escuadras metálicas adicionales, que se insertan en el medio montante y el medio travesaño y se bloquean con tornillos. En cuanto a las juntas son muy similares a las del muro cortina stick, con excepción de las juntas continuas horizontales que reciben tratamiento especial.

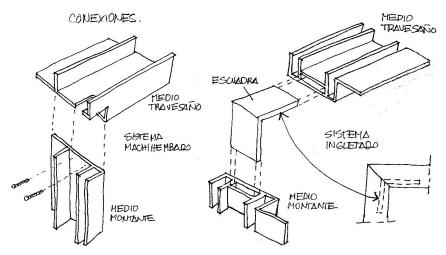


Figura 11.6: Tipos de conexiones en sistema modular.

11.4 Anclajes

Los anclajes del muro cortina modular son diferentes a los del sistema stick. Para empezar, el anclaje debe permitir la instalación sucesiva de los módulos, por lo que debe habilitar el apoyo independiente de cada medio montante. Por este motivo suelen tener forma de "L" que en su fijación al montante resuelve la absorción de tolerancias en el eje perpendicular al forjado. Finalmente, unos tornillos situados en las perchas permiten la regulación en altura y aplomado y nivelación del módulo.

De este modo, el anclaje para el sistema modular consta de dos partes: una ligada al forjado en forma de 'L' y otra ligada al módulo en forma de percha. Al igual que en el sistema stick, los anclajes "L" pueden ir fijados al forjado mediante carriles embebidos o tacos químicos o de expansión.

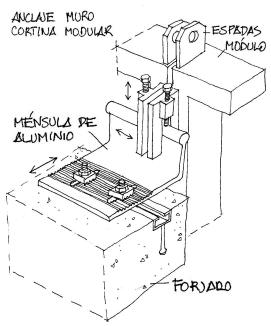


Figura 11.8: Anclaje muro cortina modular

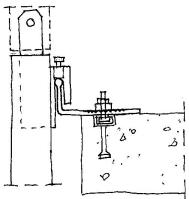


Figura 11.7: Anclaje de muro cortina modular

Figura 11.9: Elevación de módulo.

11.5 Ejemplos de fachada tipo modular

Melvin J. and Claire Levine Hall. Philadelphia, 2001.

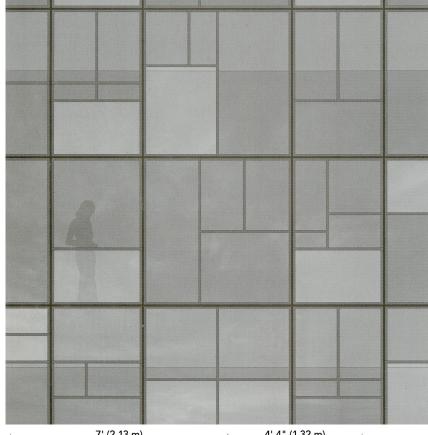
Este edificio tiene un muro cortina modular caracterizable por crear una cámara entre el acristalamiento exterior, envolvente térmica, y el interior, sin llegar a ser una fachada de doble piel. La cámara tiene 15cm y reclama funcionar como una fachada de doble piel activa, o sea, compartiendo el aire de la cámara con el aire interior según los casos.

Supuestamente esto otorga unas prestaciones energéticas mejoradas, estando el edificio situado en Pensilvania. Desde el punto de vista estético cada módulo está partido en unidades inferiores y una vez colocados no se distinguen, creando una textura más o menos continua e indiferenciada.





Figura 11.11: Arriba: vista interior. Derecha: alzado frontal de fachada.



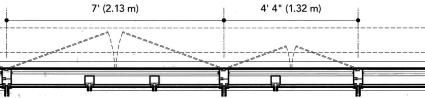
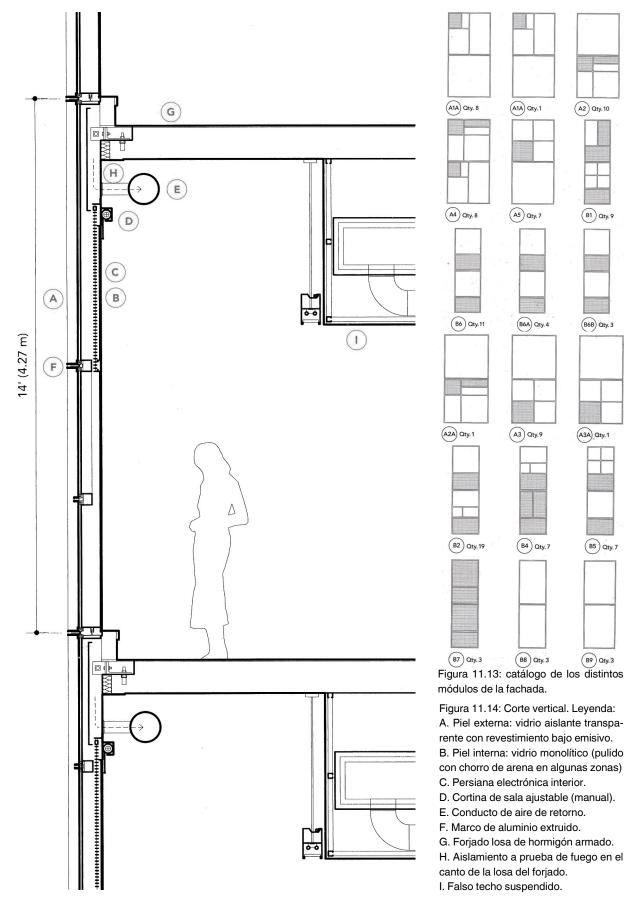


Figura 11.12: Corte horizontal de la fachada



Trutec Building. Seoul, Korea, 2006.

Este edificio tiene una interesante fachada de muro cortina modular, cuyos módulos a su vez están partidos en piezas menores. Esta partición no es ortogonal y, además, en algunos casos, se sale de su plano generando formas poliédricas.

Este artificio genera un asombroso efecto de facetado de la fachada, que finalmente se resolvió con solo dos tipos de módulos diferentes: uno plano y otro poliédrico, que a su vez pueden colocarse girados 180 grados. Los módulos aparecen fácilmente reconocibles como unidades en la fachada, si bien el efecto dinámico generado por la falta de ortogonalidad del despiece interior de los módulos junto con la combinación de módulos planos y poliédricos, es francamente notable, dando como resultado un edificio muy singular con dos variantes de módulo.



Figura 11.15: Imagen alzado frontal.





8' 10" (2.7 m)

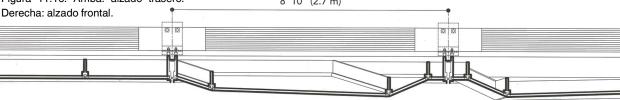
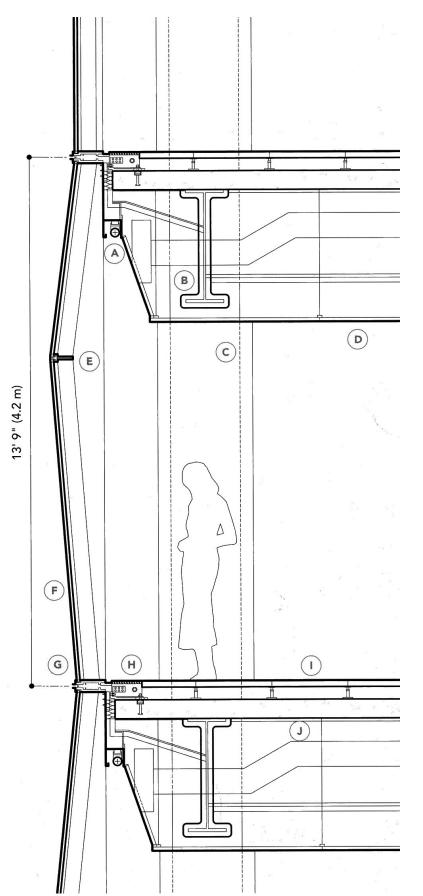


Figura 11.17: Corte horizontal de la fachada



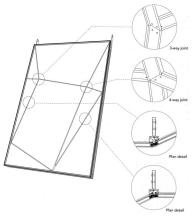


Figura 11.18: Despiece de módulo.

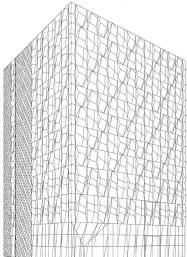


Figura 11.19: Axonometría de fachada.



Figura 11.20: Imagen desde el interior.

Figura 11.21: Corte vertical de fachada. Leyenda:

- A. Persiana antideslumbrante ajustable
- B. Viga de acero con resistencia al fuego.
- C. Columna de acero, revestimiento de metal galvanizado.
- D. Techo suspendido, panel de metal perforado galvanizado.
- E. Parteluz de aluminio extruido.
- F. Vidrio aislante con revestimiento de baja emisividad.
- G. Junta de pila de aluminio extruido.
- H. Registro de piso con convector y luz ascendente.
- I. Falso suelo elevado.
- J. Forjado de acero y hormigón armado

100 Eleventh Avenue. Nueva York, 2009.

Lo más destacable de esta fachada modular es la irregularidad visual de su despiece. Está formado por módulos de suelo a techo que van de 3'4 a 4'9 metros de altura, con anchos que oscilan entre 5'18 a 11'30 metros. Cada uno de estos módulos de magnitud considerable aloja una multitud de unidades menores, que giran respecto a la vertical, entran y salen y tienen tamaños muy variados, hasta un total de 1600 piezas diferentes.

El efecto estético es francamente notable, generando una textura que es como un mosaico de vidrios de tamaños aleatorios y pequeños cambios de inclinación, consiguiendo que a cierta distancia sea imposible identificar los módulos. Para reforzar este efecto los vidrios de las diferentes piezas tienen también diversos grados de reflectividad, colaborando a esta textura aleatoria e indiferenciada. El marco principal de los módulos es de acero.

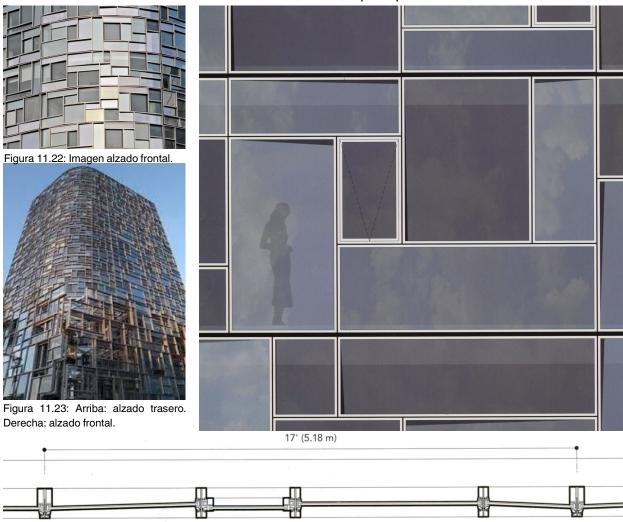
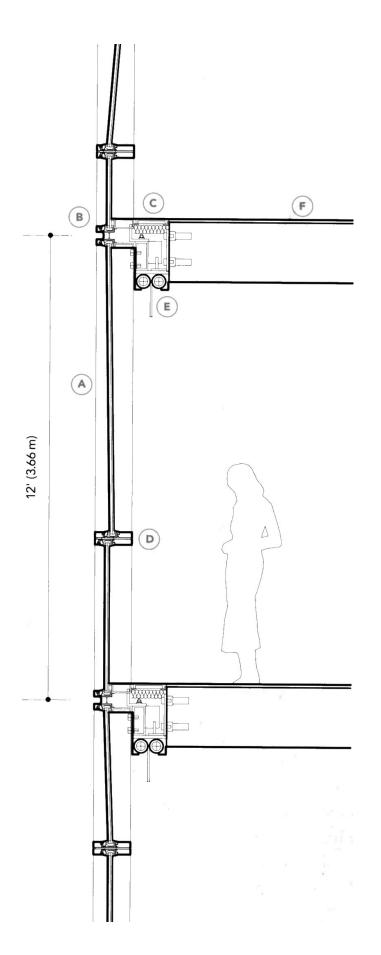


Figura 11.24: Corte horizontal de la fachada



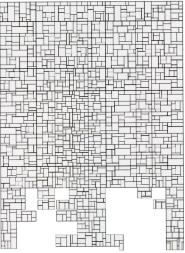


Figura 11.25: Dibujo de despiece de la fachada principal.

Figura 11.26: Corte vertical de fachada. Leyenda:

- A. Vidrio aislante laminado con recubrimiento de baja emisividad.
- B. Carpintería de aluminio extruido.
- C. Anclaje de muro cortina de acero y aislamiento a prueba de fuego en el borde de la losa.
- D. Parteluz horizontal de aluminio extruido.
- E. Cortinas ajustables.
- F. Suelo acabado sobre losa de hormigón armado.

166 Perry Street. Nueva York, 2009.

La fachada de este edificio persigue también cierto efecto dinámico creando cambios de plano respecto al vertical de fachada. Estos cambios de plano se producen en bandas verticales y los módulos que van de suelo a techo han de asumir estos cambios de plano en su despiece interior. El alto nivel de industrialización y prefabricación de estas fachadas ha permitido que los módulos se fabriquen en Shanghai, China, y se hayan llevado en barco hasta Nueva York, donde está ubicado el edificio. Si bien los cambios de plano se producen en bandas verticales fácilmente apreciables, la realidad es que el efecto dinámico conseguido hace que los módulos no puedan diferenciarse fácilmente, percibiéndose como un conjunto continuo.

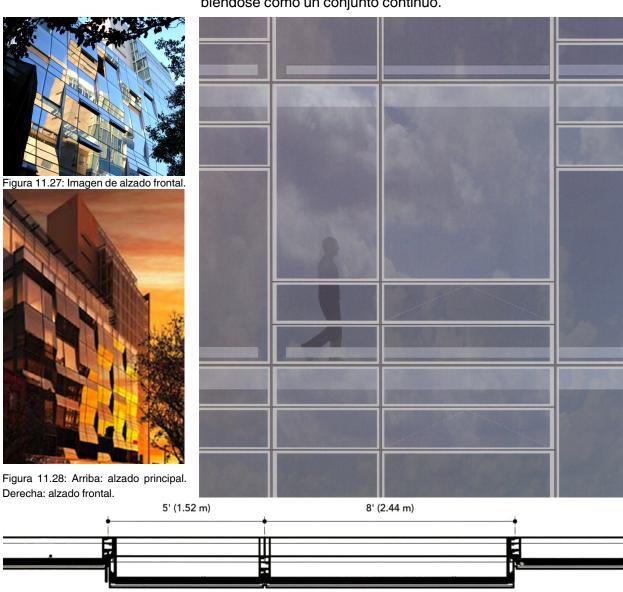
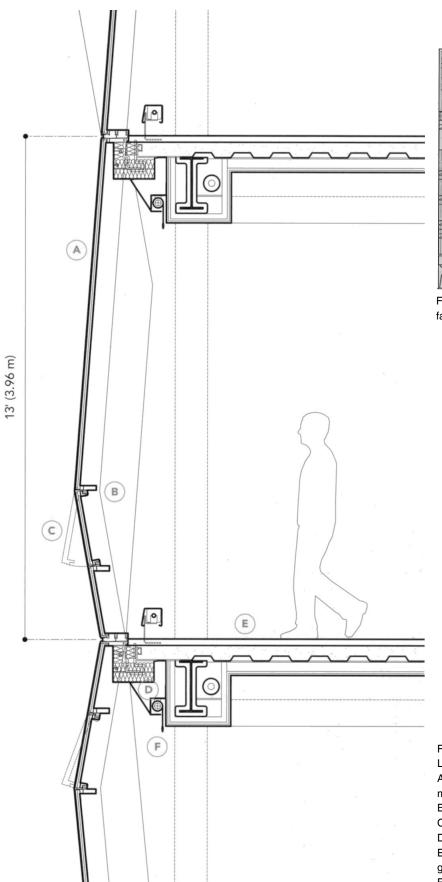


Figura 11.29: Corte horizontal de la fachada



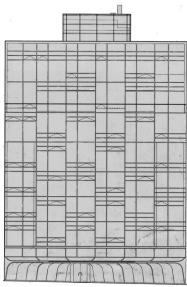


Figura 11.30: Dibujo de despiece de la fachada principal.

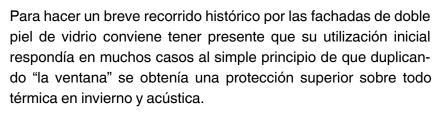
Figura 11.31: Corte vertical de fachada. Leyenda:

- A. Vidrio aislante laminado con recubrimiento de baja emisividad.
- B. Marco de aluminio extruido.
- C. Ventana oscilante operable.
- D. Aislamiento contra incendios.
- E. Suelo acabado sobre losa de hormigón armado.
- F. Cortinas ajustables.

11.6 Fachadas de doble piel de vidrio: evolución histórica.

Más que hablar de fachada ventilada de vidrio tiene sentido hablar de doble fachada, donde la hoja exterior es de vidrio y la interior puede o no serlo. Es decir que excluyendo aquellos edificios constan de una sola piel de vidrio, aparecen otro tipo de fachadas en las que el invariante fundamental es tener una hoja exterior de vidrio, una cámara de aire interior de magnitud variable y una hoja interior que suele incorporar aislamiento térmico de composición muy variable.

Debido a las propiedades de captación de energía del vidrio, ya conocidas desde mediados del siglo XIX, la ventilación de esta cámara adopta formas muy diversas: desde la nula ventilación con la existencia de cámaras completamente estancas, pasando por todo tipo de sistemas y artificios de ventilación al interior y al exterior.



Si las fachadas de vidrio de una hoja tienen su antecedente más notorio en el Crystal Palace de Joseph Paxton, el sector de los jardineros ingleses ya conocía previamente el potencial de captación solar del vidrio y en 1882 Edward Morse construyó el primer muro solar de la historia que constaba de una hoja exterior de vidrio, una chapa corrugada pintada de negro y un muro de fábrica detrás.

Mediante ingeniosas aperturas y rejillas Morse podía circular el aire de la cámara hacia el interior de la vivienda o hacia el exterior según necesidades térmicas de la casa.

En 1903 la Fábrica R, Setiff, Giengen on the Brenz es uno de los ejemplos más tempranos de doble fachada (sin ventilar) de vidrio. A principios del siglo XX las fachadas acristaladas se utilizaban frecuentemente en los edificios fabriles alemanes. Igualmente se conocían las ventajas de las dobles ventanas tradicionalmente utilizadas en Suiza y Austria. La combinación de estos dos principios parece haber inspirado esta fachada.



Figura 11.32: Casa Morse 1882



Figura 11.33: Fábrica Setiff, 1903

Hallidie Building, del año 1917 y sito en San Francisco, es otro temprano ejemplo de doble fachada de vidrio. En 1929, Le Corbusier enunció el principio del muro neutralizante "mur neutralisant" que intentó llevar a cabo en su edificio de la "Ciudad Refugio" en París. La idea era crear una envolvente por la que circulase aire a una temperatura constante de 18°, neutralizando de esta manera en el interior del edificio la influencia de los cambios meteorológicos.

Por falta de presupuesto este edificio se realizó sin la segunda piel de vidrio, y sin sistema de climatización, con una sola piel estanca que producía mucho calor en verano, mucho frío en invierno y unas condensaciones galopantes. Por este motivo hubo que instalar más tarde ventanas practicables en la fachada. El fracaso de este edificio por causas diversas no empaña ni un ápice la inspiración del concepto de cámara de aire de temperatura controlada.

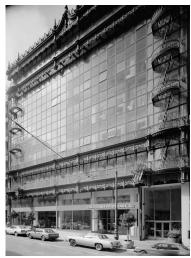
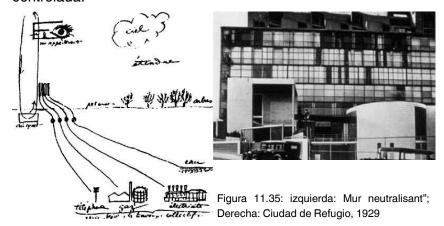


Figura 11.34: Hallidee Building, 1917



En 1961 se realiza la Vallasey School, de E. Morgan. Incorporaba una doble piel de vidrio con una cámara de 60 cm, siendo transparente la exterior y traslúcida la interior. En el interior de la cámara había otros paneles negros por una cara y de aluminio pulido por la otra permitían controlar la energía captada o reflejada por el cerramiento.

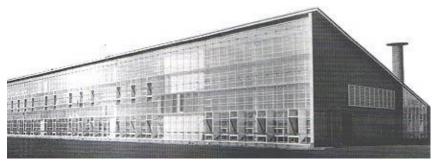


Figura 11.36: Vallasey School, 1961



Figura 11.37: Biblioteca de la Facultad de Historia, Universidad de Cambridge, 1964



Figura 11.38: Torre Novel, París 1969.

La biblioteca de la facultad de historia de la universidad de Cambridge, del arquitecto James Stirling, acabada en el año 1968, es otro ejemplo de doble fachada de vidrio para mejorar el aislamiento general del edificio, manteniendo altos niveles de iluminación natural.

Igualmente, en el año 1969, se construye en París, en la Defense, el primer rascacielos con fachada de vidrio de Francia, la Torre Novel. En su fachada participó Jean Prouvé, que propuso una doble piel de vidrio, con objeto de mejorar las prestaciones energéticas de la envolvente. Sin embargo, todavía se trata de una cámara de aire estanca que no prevé ventilaciones.

Con la incorporación de vidrios dobles se pueden conseguir aislamientos térmicos en las ventanas que anteriormente solo podían conseguirse con dobles ventanas.

Posteriormente aparecen comercialmente los vidrios tratados con capas metálicas de pequeño espesor, a saber los reflectantes intermedios y los de baja emisividad. Estas capas metálicas suelen incorporarse a vidrios dobles con cámara.

Existen dos tipos de capas: las pirolíticas y las magnetrónicas. Las pirolíticas pueden ir al exterior, mientras que las magnetrónicas deben ir en las capas interiores para protegerlas del desgaste producido por abrasión, debido a las constantes operaciones de limpieza.

En las fachadas de vidrio de una sola hoja se pueden distinguir partes transparentes, traslúcidas y opacas, que se pueden resolver con vidrio. En el caso de las fachadas de doble hoja se ha tenido a bien utilizar este criterio de división según transmisión lumínica ya que da lugar a una casuística que está bien reflejada en diversos edificios realizados.

De este modo, y atendiendo siempre a la predominancia de la hoja exterior, por ser la que da la imagen al edificio y se enfrenta en primera instancia con la intemperie, tendremos edificios en los que la hoja exterior es transparente, otros en los que es traslúcida u opaca.

Se plantea pues una clasificación en que se atiende de modo ponderado la importancia relativa de las variantes: A -Transparentes: con la hoja exterior transparente, que dan lugar a:

A-1: Hoja interior transparente.

A-2: Hoja interior traslúcida.

A-3: Hoja interior opaca.

Indudablemente se admite como excepción la aparición de ventanas que interrumpen el conjunto.







Figura 11.39: De izquierda a derecha: fachada tipo A-1, Edificio CAM, Federico Echevarría, Madrid 1989; fachada tipo A-2, Edificio Telefónica, Rafael de la Hoz, Madrid 2007; fachada tipo A-3, Escuela secundaria en Utrecht, Erick Van Egeraat, 1997.

B - Traslúcidas: con la hoja exterior traslúcida que da lugar a:

B-1: Hoja interior transparente.

B-2: Hoja interior traslúcida.

B-3-: Hoja interior opaca.







Figura 11.40: De izquierda a derecha: fachada tipo B-1, Edificio Castelar, Rafael de la Hoz, Madrid 1986; fachada tipo B-2, Kunsthaus Bregenz, Peter Zumthor, 1997; fachada tipo B-3, Torre Agbar, Jean Nouvel, Barcelona 2005.

C – Opacas: con la hoja exterior opaca. Solo se puede combinar con hojas interiores opacas. No tienen mucho sentido las otras variantes aunque tal vez puedan darse en el futuro.



Figura 11.41: Fachada tipo C, Teatros del Canal, Juan Navarro Baldeweg, Madrid 2007

Las envolventes más avanzadas se comportan como verdaderas "fachadas activas", desde el punto de vista de la eficiencia energética, ventilación e iluminación natural. El mayor coste inicial de estas fachadas debe enfocarse desde el punto de vista global de las prestaciones de control ambiental, ahorro energético y respeto al medio ambiente.

El vidrio es un captador universal de energía, ya que el llamado "efecto invernadero" permite atrapar el calor solar. Al realizar una fachada de doble hoja de vidrio puede establecerse un colchón de aire en la cámara correspondiente y permitir su calentamiento o enfriamiento mediante exposición al sol o ventilación. Este aire idealmente según Le Corbusier debería estar a 18 grados centígrados, lo que "neutralizaría" el efecto de la intemperie en el interior.

En la práctica es relativamente difícil mantener de modo natural dicha temperatura, si bien es posible actuar sobre ese aire calentándolo (exposición al sol) o enfriándolo (ventilación) según haga falta. El objetivo sería hacerlo de la manera más eficiente posible, es decir de un modo activo (que responde a los cambios exteriores) y controlado electrónicamente mediante sensores, microprocesadores y actuadores motorizados.

La intuición de que el control energético es posible en una fachada a través de la contribución del aire de la cámara ya se observa en las primeras realizaciones de este tipo, si bien en los últimos tiempos se ha avanzado bastante en su estudio. En efecto, mientras que en los primeros edificios con doble fachada de vidrio solo se pretendía minimizar los efectos nocivos del calentamiento de una fachada de vidrio, que había sido previamente elegida por razones estéticas, en ejemplos más recientes su utilización responde a planteamientos mucho más rigurosos sobre eficiencia energética, lo que inevitablemente ha influido en sistemas más sofisticados de control del aire de la cámara intermedia.

11.7 Ejemplos de fachada de doble piel.

En el Commerzbank de Norman Foster en Frankfurt, se crea una doble fachada para que el aire exterior no entre directamente al interior mediante las ventanas practicables de la hoja interior. Así, se logra dar respuesta a la exigencia alemana de que las oficinas tengan posibilidad de ventilación exterior en la fachada (debido a los problemas de enfermedades detectados en los edificios con fachada estanca) sin que al abrir la ventana se originen corrientes de aire indeseadas.



Figura 11.42: Arriba: Commerzbank, Norman Foster, Frankfurt 1996. Abajo: detalle de fachada.

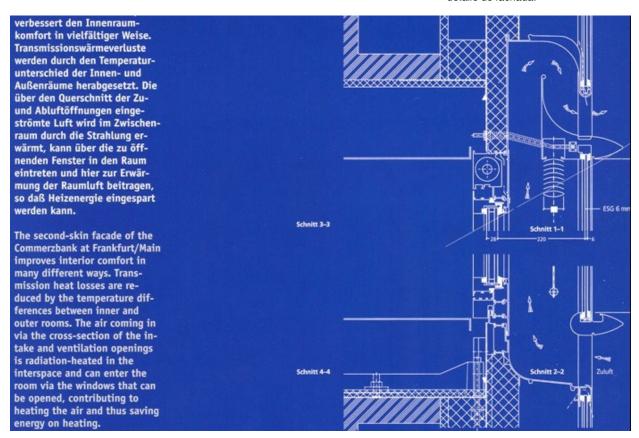


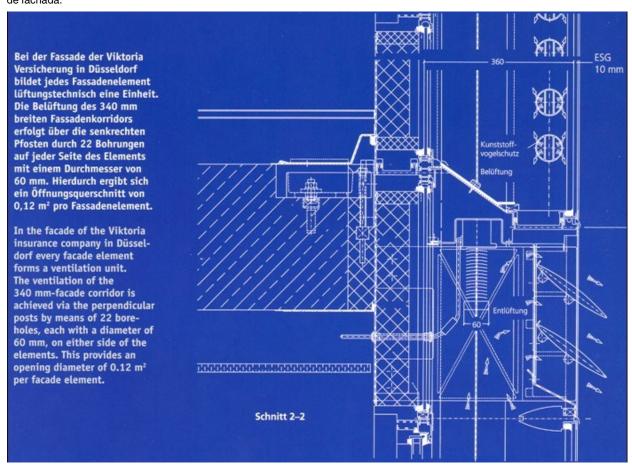


Figura 11.43: Arriba: Edificio Victoria Insurance, Dusseldorf. Abajo: detalle de fachada.

También se reducen en invierno las pérdidas originadas por esta ventilación gracias al precalentamiento natural del aire de la cámara, mientras que en verano las persianas integradas en ella impiden el soleamiento excesivo de las ventanas interiores, refrigerando el aire de la cámara por ventilación natural. La cámara tiene un espesor de 22cm y todos los dispositivos citados se operan manualmente.

En el edificio Victoria Insurance, de Hentrich-Petschnigg and Partners, Dusseldorf, se controla la entrada de aire en la cámara mediante los montantes verticales que constan de aberturas laterales. La ventilación hacia el exterior se controla mediante rejillas regulables.

La cámara, que tiene un espesor de 34 centímetros, incorpora las persianas para el control lumínico y el soleamiento de las ventanas interiores, que son practicables. Todos los dispositivos citados que se encuentran dentro de la cámara se operan manualmente. La cámara carece de continuidad vertical y esta cerrada a la altura de cada forjado.



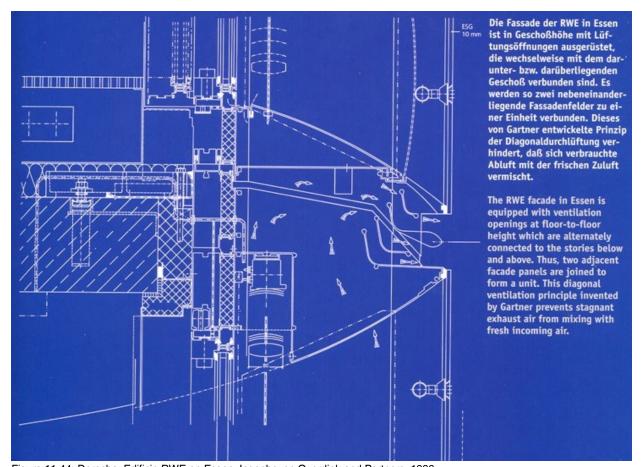


Figura 11.44: Derecha: Edificio RWE en Essen, Ingenhoven Overdiek and Partners, 1996; arriba: detalle de fachada.

En el edificio RWE, de Ingenhoven Overdiek and Partners, Essen 1996, se plantea una cámara de 50cm. En este caso se plantea un control centralizado de las persianas del edificio. Sin embargo la ventilación se produce de modo natural si bien se ha estudiado en profundidad el óptimo recorrido del aire. Para ello se disponen a la altura de los forjados unos conductos que abren continuamente al exterior con unas lamas que reducen la velocidad del aire y tienen alternativamente aberturas al interior en su parte superior e inferior a cada módulo de ventana para favorecer un recorrido de ventilación diagonal.

La cámara está sectorizada horizontal y verticalmente cada dos módulos de ventana corredera interior. Destaca el diseño de este conducto que tiene forma de "boca de pez" y sirve de continuidad al detalle de reducción progresivo en curva del espesor del entrepiso. En la práctica este conducto se conforma por unión de dos mitades, cada una integrante de un panel premontado de la fachada de doble piel. Además la hoja exterior está anclada por puntos con un sistema de tipo Planar.



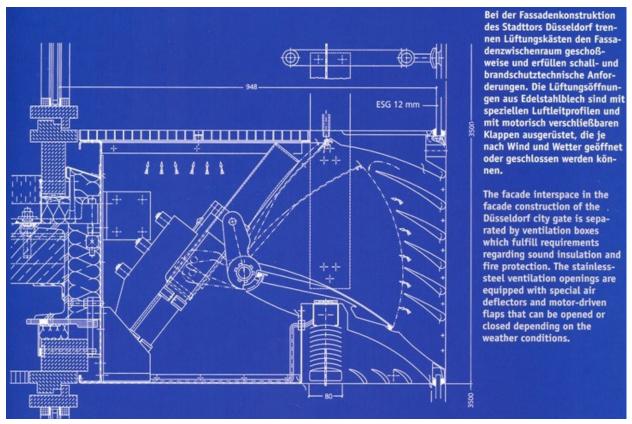




Figura 11.45: Izquierda: Edificio City Gate, Petzinka Pink and partners, Dusseldorf 1998; Arriba: detalle de fachada.

Igualmente en Dusseldorf, el edificio City Gate, de Petzinka Pink and partners cuenta con una generosa cámara de 94cm que queda interrumpida horizontalmente por unas "cajas de ventilación" con lamas regulables que permiten varias posibilidades de entrada y salida de aire, al tiempo que incorporan las correspondientes persianas de aluminio.

Finalmente el edificio sede de Götz cuenta con una cámara de aire sobre la que se ejerce un control exhaustivo para optimizar su eficiencia energética.

Por una parte, al tratarse de un edificio de baja altura el flujo vertical de aire se controla mediante aberturas en la base y en la coronación de la cámara, mediante convección natural. Lateralmente el flujo de aire se controla mediante ventiladores eléctricos situados en las esquinas del edificio. Igualmente cuenta con persianas de dos tipos: reflectantes y absorbentes.

Estas persianas están perforadas por lo que permiten la visión a su través y mejoran la iluminación natural. En invierno la cámara absorbe el máximo de calor en la fachada sur gracias a las persianas absorbentes y luego recircula el aire caliente al resto de las fachadas y al interior del edificio, ya que las ventanas interiores son practicables. En verano despliega las persianas reflectantes para protección de las ventanas interiores y ventila el calor sobrante en todas direcciones.

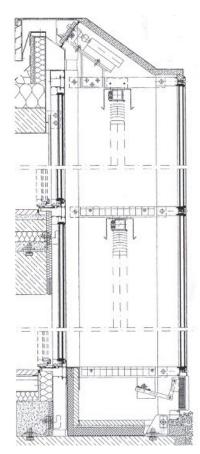
Todas estas operaciones se realizan automáticamente por el sistema de gestión centralizada del edificio. A pesar de todo, uno de los inconvenientes principales de este tipo de sistemas es la velocidad de reacción para el mantenimiento de unas condiciones óptimas en todo momento.

De esta manera, cabe pensar que un cierto factor de anticipación es necesario por lo que el edificio debería "aprender a anticiparse" a diferentes situaciones previsibles, para contrarrestar la a veces inevitable demora en el restablecimiento de los parámetros de confort.

Con este objetivo se ha incorporado un software con un módulo de lógica difusa, que permite un control con unos límites sin definir, es decir, basado en un cúmulo de variables de influencia que se manejan simultáneamente. Con un despliegue total de 250 sensores y cerca de 1000 actuadores, el sistema va corrigiendo sus operaciones en tiempo real para realizar aquellas que mejor y más efectivamente optimizan el comportamiento del edificio.



Figura 11.46: Sobre estas líneas: edifico Götz, Weber and Geissler, Würtzburg 1996. Banda lateral derecha, arriba: Detalle de corte vertical de la fachada; medio: Imagen del interior de la cámara; abajo: ventiladores dentro de la cámara.







The new 42nd Street Studios. Nueva York, 2000.

Figura 11.47: Imagen de la fachada.

La fachada tiene una doble piel en la que la envolvente térmica es la hoja interior, que incorpora un muro cortina stick. A la altura de los forjados se proyectan unas ménsulas metálicas que soportan la hoja exterior, que consta de una reja de acero con lamas de chapa de acero inoxidable perforadas, que actúan de protección solar. Entre las ménsulas discurre una pasarela de mantenimiento de 90cm de ancho con suelo de malla metálica de tramex. En el zócalo de esta pasarela se alojan las luminarias que crean efectos de luz sobre las lamas metálicas. En consecuencia, es una fachada de doble piel en la que la fachada real es la hoja interior y la exterior actúa como una celosía que filtra la luz y aporta efectos estéticos al edificio, pero por la que discurre el aire exterior libremente.

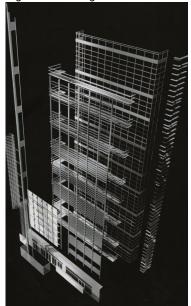
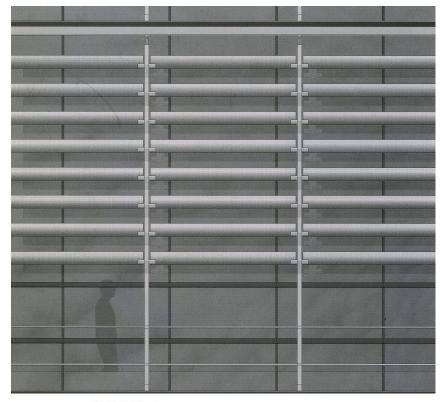


Figura 11.48: Arriba: Despiece en axonometría de todos los componentes de la fachada. Derecha: alzado frontal.



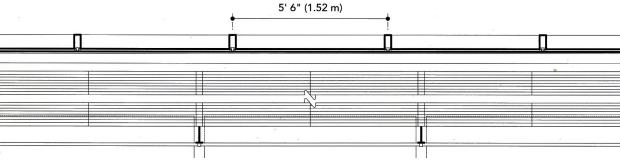
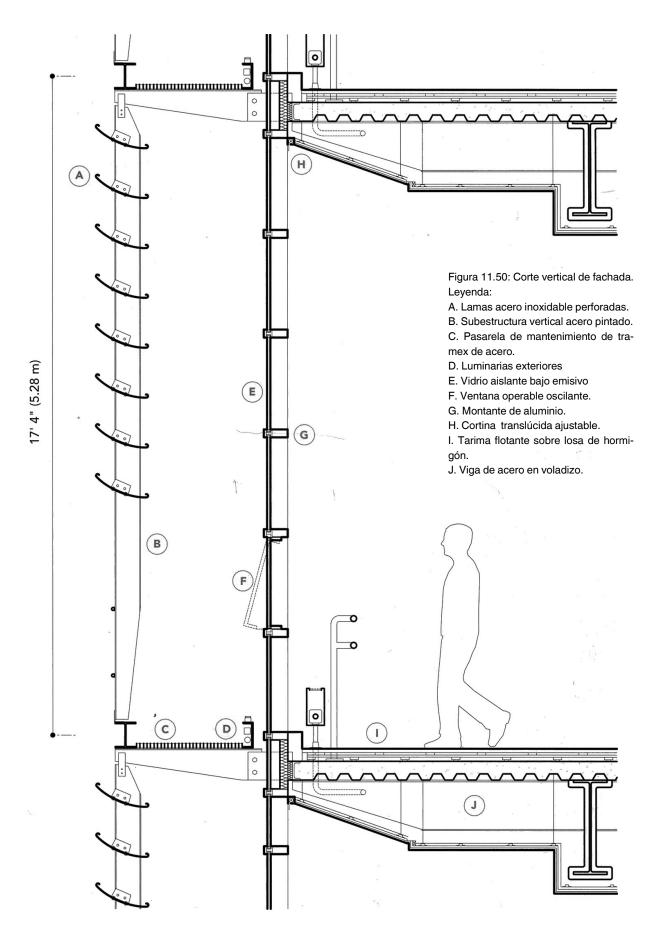


Figura 11.49: Corte horizontal de la fachada



William J.Clinton Presidential Center, Little Rock, 2004

En este edificio la envolvente térmica es la hoja interior. La hoja exterior a una distancia de unos 3 metros no está sujeta a los forjados, sino que tiene una estructura independiente colgada de una viga superior. Tanto la hoja exterior como la hoja interior de esta fachada de doble piel son de vidrio, siendo la exterior de vidrio abotonado y con junta abierta. Es un vidrio laminar, templado y extraclaro con un intercalario impreso.

La hoja interior es un sistema stick en el que los montantes han desaparecido y los travesaños están soportados verticalmente por tirantes de varilla metálica.



Figura 11.51: Imagen interior de la fachada.



Figura 11.52: Derecha: alzado frontal de la fachada.

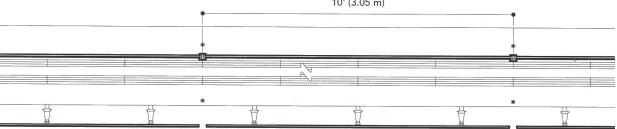


Figura 11.53: Corte horizontal de la fachada

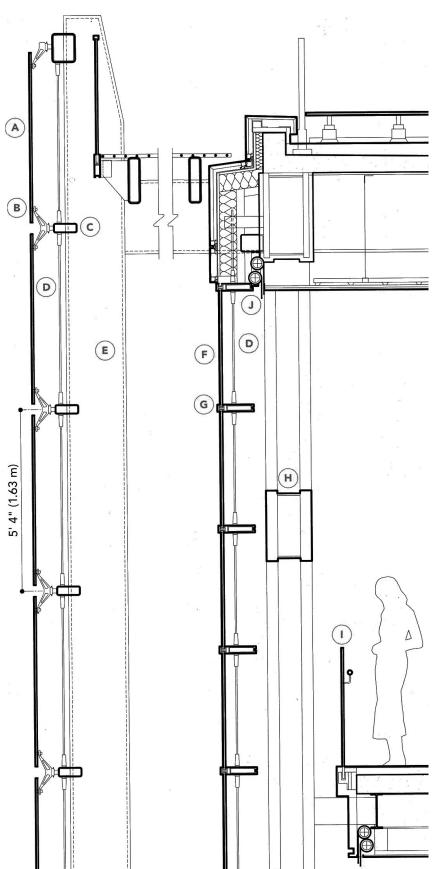


Figura 11.54: Corte vertical de fachada. Leyenda:

- A. Vidrio templado laminado bajo emisivo.
- B. Perno de acero inoxidable avellanado y accesorio de araña.
- C. Tubo de acero pintado.
- D. Varilla roscada de acero inoxidable.
- E. Columna de acero.
- F. Vidrio aislante laminado con revestimiento de baja emisividad.
- G. Montante de acero y aluminio con revestimiento de acero inoxidable.
- H. Armadura de acero.
- I. Barandilla de vidrio templado.
- J. Cortinas ajustables.

Terrence Donnelly Centre. Toronto, 2005

La fachada de doble piel de este edificio ejemplifica el concepto de fachada interactiva, es decir, con una cámara de aire controlada que solo intercambia aire con el exterior, con rejillas controladas en la parte inferior y superior de cada planta y sectorización vertical de la cámara en cada planta. Este tipo de fachadas mantienen cerradas las rejillas con tiempo frío y las abren con tiempo cálido. El espesor de la cámara es de 80cm y la interior incorpora ventanas practicables dentro de un sistema stick convencional. Unas ménsulas metálicas proyectantes soportan el muro cortina stick exterior, que incorpora un vidrio templado monolítico sujeto con grapas metálicas en un sistema sin tapeta.



Figura 11.51: Imagen interior de la fachada.

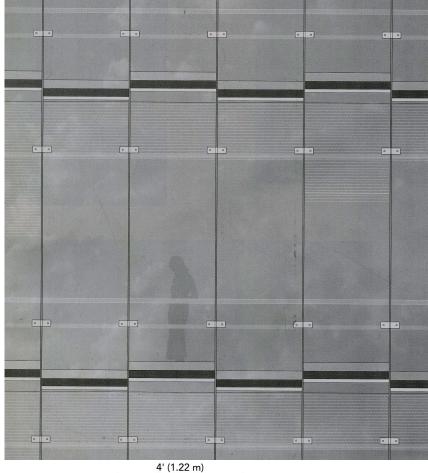


Figura 11.52: Derecha: alzado frontal de la fachada.

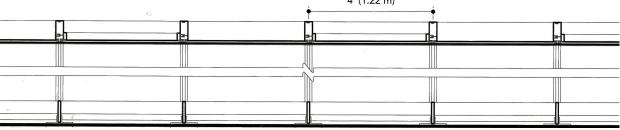


Figura 11.53: Corte horizontal de la fachada

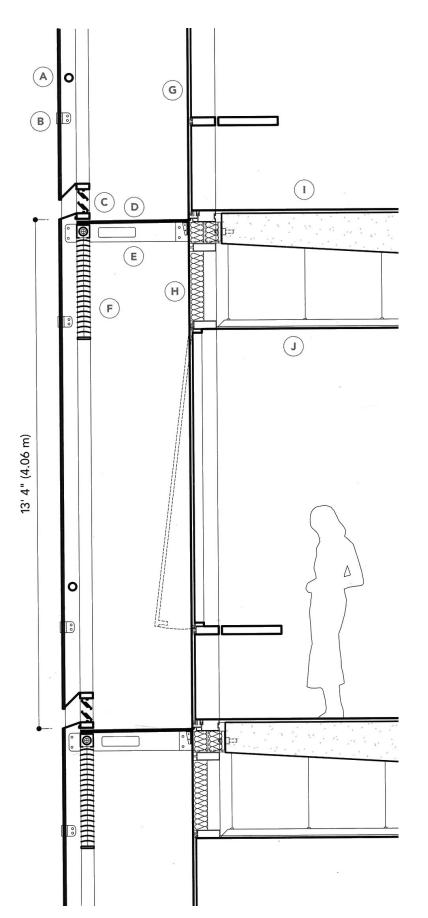


Figura 11.54: Corte vertical de fachada. Leyenda:

- A. Vidrio templado monolítico.
- B. Accesorio de acero inoxidable.
- C. Amortiguador de ventilación mecánica.
- D. Suelo de vidrio templado laminado.
- E. Escuadra de acero.
- F. Persianas automatizadas.
- G. Vidrio aislante con carpintería de aluminio extruido.
- H. Chapa de aluminio con aislamiento.
- I. Suelo acabado sobre losa de hormigón en voladizo.
- J. Falso techo suspendido.

Torre Agbar. Barcelona, España.

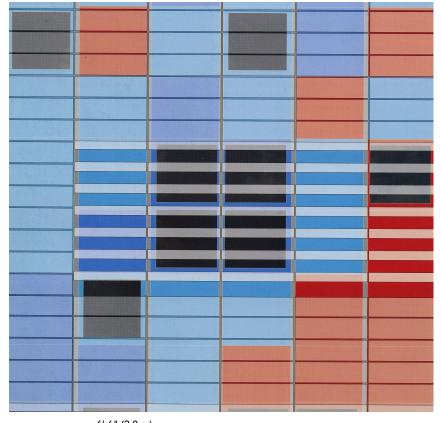
La fachada de la torre Agbar es una doble piel particular, con una fachada interior pesada de hormigón armado y una celosía de vidrio exterior para filtrar la luz y crear un efecto estético particular. Entre la hoja exterior y la interior transcurre una pasarela de mantenimiento de unos 90cm de anchura de tramex. La hoja exterior está soportada por una reja metálica de acero, que incorpora lamas de vidrio translúcido, todo ello soportado por ménsulas de acero ancladas a la pared de hormigón. Este vestido de lamas de vidrio tiene un efecto desmaterializador del edificio, fundiendo su masa con los colores del cielo. Por lo demás la envolvente térmica es la pared interior que tiene ventanas ciegas.



Figura 11.55: Cámara interior.



Figura 11.56: Arriba: Cámara interior; Derecha: alzado frontal de la fachada.



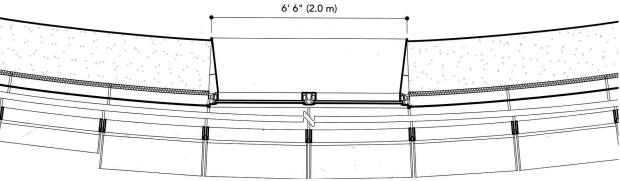


Figura 11.57: Corte horizontal de la fachada

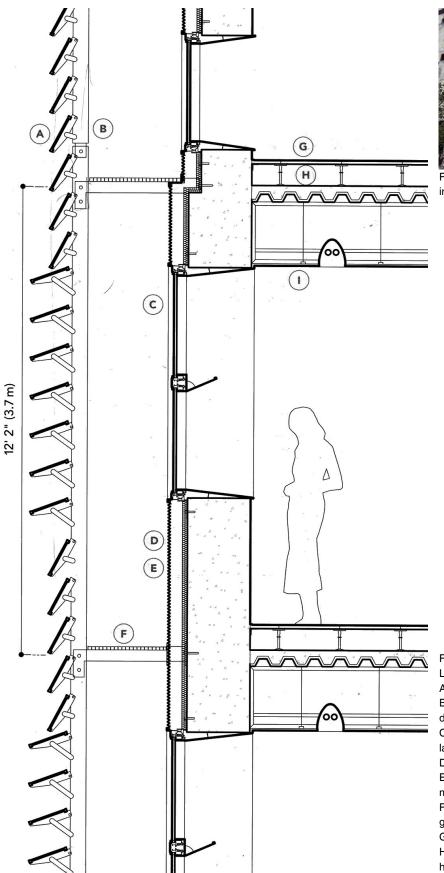




Figura 11.58: Colocación de ventanas interiores de la cámara.

Figura 11.59: Corte vertical de fachada. Leyenda:

- A. Lamas de vidrio laminado.
- B. Carril de aluminio extruido anodizado.
- C. Ventana de aluminio con vidrio aislante bajo emisivo.
- D. Hoja de aluminio corrugado pintado.
- E. Aislamiento de lana mineral sobre muro de hormigón armado.
- F. Pasarela de mantenimiento de acero galvanizado.
- G. Suelo técnico elevado.
- H. Forjado de chapa colaborante de hormigón sobre viga de acero.
- I. Falso techo suspendido.

Biomedical Science Research Building. Ann Arbor, 2006.

En este edificio se observa una fachada de doble piel, con una cámara interior de 1'20 metros de espesor. La envolvente térmica es la interior, si bien la hoja exterior también está sellada, aunque es de vidrio monolítico. La hoja interior es un sistema stick, mientras que la exterior es modular. La hoja exterior está soportada por ménsulas metálicas que se proyectan de los forjados, y toman la reja soporte de la hoja exterior. En el interior de la cámara hay pasarelas de mantenimiento de reja metálica tramex que permite el tiro vertical del aire. Así en invierno la rejilla superior de la cámara está cerrada, aprovechando el calentamiento solar de la cámara. En verano, en cambio, esta rejilla se abre facilitando el tiro vertical de toda la cámara y reduciendo así la acumulación de calor.

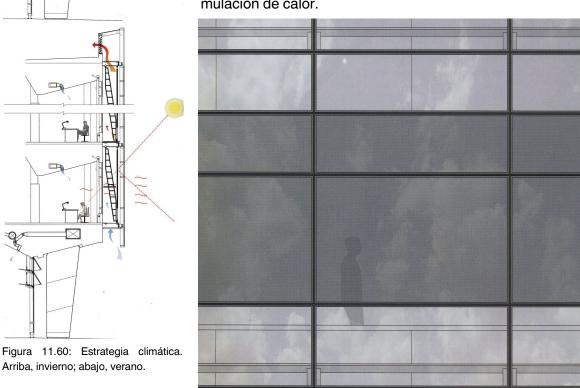
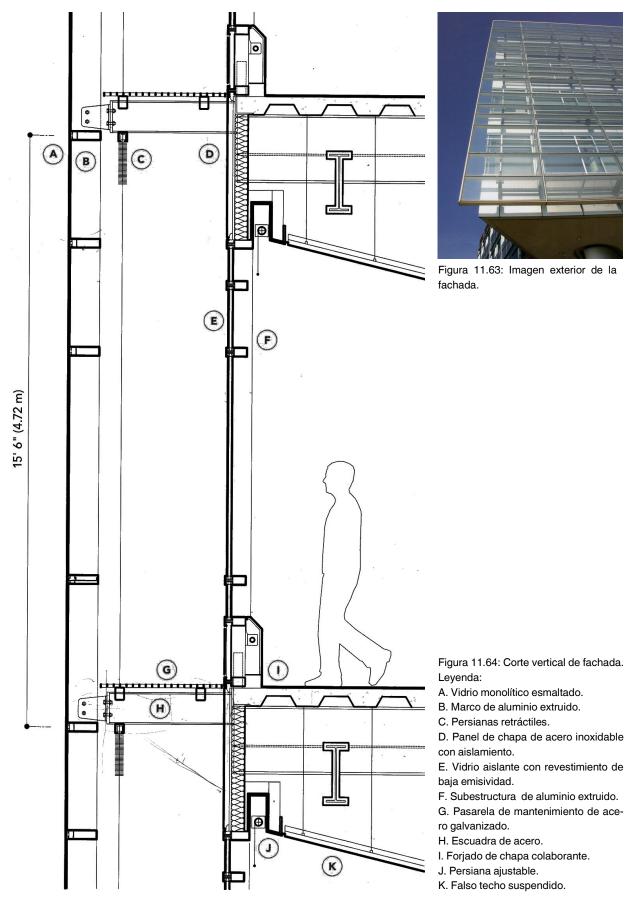


Figura 11.62: Corte horizontal de la fachada

9' (2.75 m)

Figura 11.61: Derecha: alzado frontal



Nelson-Atkins Museum of Art. Kansas City, 2007.

En este edificio la fachada de doble piel tiene una hoja exterior de 'U'Glass (Channel glass) translúcido, con un aislamiento translúcido de bolas de aerogel, proporcionando una primera barrera térmica y estanca. De este modo, la hoja interior se reduce a un vidrio laminar también translúcido. En este edificio la cámara de aire no tiene conexión con el exterior, por lo que actúa como filtro térmico, solar y acústico. La hoja exterior de 'U'Glass está soportada por una estructura colgada de una ménsula superior, mediante tirantes de varilla metálica que soportan elementos de acero horizontales en los que se apoya el 'U'Glass. Este tipo de cerramiento no requiere montantes verticales. La hoja interior es una fachada panel muy simple, ya que no recibe cargas de viento y está protegida de la lluvia.

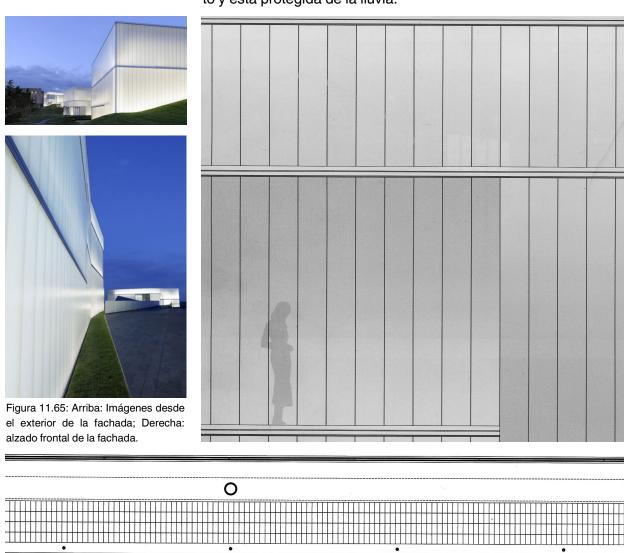


Figura 11.66: Corte horizontal de la fachada

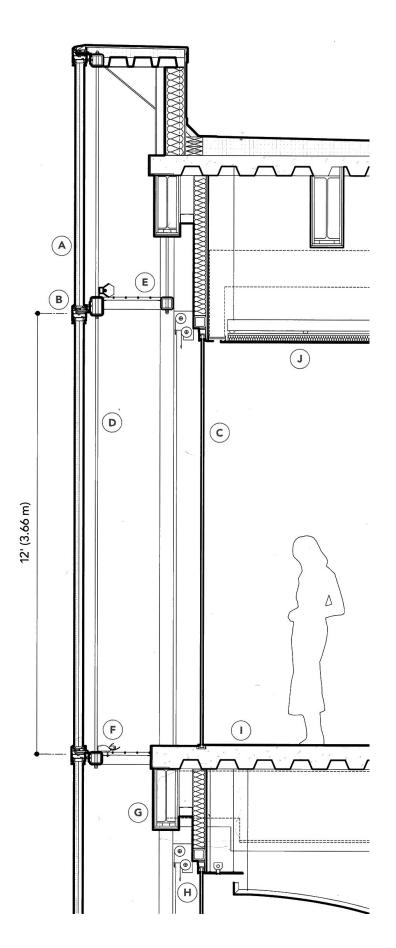


Figura 11.67: Corte vertical de fachada. Leyenda:

- A. Uglass con bajo contenido de arena y aislamiento translúcido.
- B. Junta de aluminio extruido enganchada al tubo de acero.
- C. Vidrio de seguridad laminado grabado al ácido.
- D. Varilla de suspensión de acero
- E. Pasarela de rejilla de acero galvanizado.
- F. Luminaria.
- G. Chapa de acero a prueba de fuego.
- H. Persianas automáticas.
- I. Losa de hormigón armado sobre estructura metálica.
- J. Falso techo suspendido.