



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

Las tesinas de Belgrano

**Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera de Arquitectura**

Doble envoltente transparente

Nº 393

Juliana Sofía Dómina

Tutora: Valentina Serra

Departamento de Investigaciones
Abril 2010

Contenidos

Agradecimientos.....	5
Abstract	5
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Generalidades de la doble piel de vidrio	6
1.2 Historia	6
1.3 La política energética en Europa.....	7
1.4 Un nuevo concepto de fachada.....	8
1.5 Primeros sistemas de doble piel	8
1.6 Definición del sistema de doble piel de vidrio	9
2. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DE FACHADA DE DOBLE PIEL	10
2.1 El tipo de sistema de ventilación	10
2.2 Las particiones o divisiones de la fachada	10
2.3 Los modos de ventilación del espacio intermedio	12
3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	13
3.1 Vidriado interior y exterior.....	13
3.2 El espacio entre pieles	15
3.3 El sistema de parasoles	16
3.4 Estrategia HVAC.....	17
3.5 Esquema de una fachada de doble piel de vidrio ventilada	19
4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FACHADA DE DOBLE PIEL DE VIDRIO	20
4.1 Ventajas.....	20
4.2 Desventajas.....	20
5. EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FACHADAS	21
6. DIEZ PASOS A RESOLVER EN EL PLANEAMIENTO DE LA FACHADA.....	22
7. EJEMPLOS DE EDIFICIOS CON FACHADA DE DOBLE PIEL DE VIDRIO.....	23
8. ESTUDIO DE PROYECTO: ESCUELA TECNOLÓGICA EN TORINO – ITALIA	30
9. CONCLUSIONES.....	44
10. BIBLIOGRAFÍA.....	45

Agradecimientos

Mi primer pensamiento va obviamente a mi familia, sin la cual no podría haber llegado hasta este punto. No me refiero solo al sustento económico que seguramente fue indispensable, sino al apoyo y fe en todas mis decisiones. A pesar de los 1200 km, formaron parte del día a día de mi carrera y de mi vida.

Quisiera agradecer muy especialmente al Arq. Ricardo Kina, mi profesor tutor, por toda su dedicación a lo largo de esta investigación.

A mis compañeros y amigos de estudio, viaje y aventuras, porque gracias a ellos seguí para adelante siempre, sin bajar los brazos en los momentos duros.

A mis profesores de Italia, que permitieron que esto fuera posible.

A las autoridades de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, por su sugerencia, comentarios y colaboración que oportunamente hicieron en pro de mi futuro profesional.

Y a mis amigos, por su amistad, sostén y dedicación, en ayudarme y acompañarme siempre.

GRACIAS!!!

Abstract

Durante los últimos veinte años, la idea de crear superficies acristaladas que pudieran mejorar el nivel de confort interior, trajo como consecuencia la invención de nuevas tecnologías en productos de vidrio e innovadores sistemas de fachada como la doble piel de vidrio.

Este sistema, procreado en Europa llamó poderosamente mi atención durante mi estadía en Italia, mientras realizaba el programa de Doble Diploma. El interés por el medio ambiente y el ahorro de energía se percibe no solo en las políticas ambientales sino también en las cátedras de arquitectura. Me encontré con una conciencia más extendida sobre la necesidad de una arquitectura preocupada y exigente con las consecuencias inmediatas de su impacto medio ambiental.

El enfoque de ésta tesina será primariamente investigar el sistema de doble piel de vidrio para luego concluir con un caso estudio que fue desarrollado en la cátedra de proyecto tecnológico en Italia.

La preservación del medio ambiente es actualmente una preocupación a nivel mundial. Conseguir la plena integración de la arquitectura con los elementos de sostenibilidad que provienen de nuestro lenguaje y nuestra técnica es un objetivo irrenunciable. Es un desafío para nosotros, que recién empezamos a tener contacto con la vida profesional, investigar y poner en práctica nuevos métodos para preservar nuestro contexto.

1. Introducción

Antes de mediados del siglo XIX, los edificios se construían con los muros exteriores como soporte de la carga de toda la estructura. El desarrollo y uso extendido del acero estructural y del hormigón armado permitió reducir el tamaño de las columnas para resistir grandes cargas y las paredes exteriores de los edificios ya no eran necesarias para el soporte estructural. Por lo tanto, los muros exteriores podían ser más ligeros que los muros de mampostería previamente utilizados. Esto dio paso a una mayor utilización del vidrio para la fachada exterior, y de esta manera nace el muro cortina.

Muro cortina es un término utilizado para describir una fachada que no recibe cargas del edificio sino que soporta su propia carga. Estas cargas se transfieren a la estructura principal del edificio a través de conexiones con losas o columnas del mismo.

Se considera al edificio Hallidie (San Francisco -1918), de Willis Polk como el primer edificio de muro cortina que abrió camino a la modernidad de la arquitectura transparente. Sin embargo, al principio, el amplio uso del vidrio fue caracterizado por el bajo rendimiento térmico y por los problemas relacionados al confort interno.

Por estas razones los nuevos edificios de fachadas transparentes no podían ser pensados sin un sistema de aire acondicionado. Todos los famosos rascacielos de cristal construidos en ese entonces, con el soporte del sistema de acondicionamiento, aseguraban un buen ambiente interno pero a su vez altos niveles de consumo de energía.



Esos elevados niveles de consumo energético derivaron en una gran preocupación luego de la crisis del petróleo de 1973.

El nacimiento de las primeras inquietudes por el medio ambiente

El Occidente industrializado, sobre todo Estados Unidos, solía disponer de petróleo abundante y barato. Las ciudades norteamericanas dependían del automóvil como principal medio de transporte, de modo que se necesitaba combustible de forma masiva. Entre 1945 y finales de los 70, Occidente y Japón consumían más petróleo que nunca. Con un 6% de la población mundial, Estados Unidos consumía el 33% de la energía de todo el mundo.

El petróleo, sobre todo el procedente de Oriente Medio, se pagaba en dólares estadounidenses, con los precios también fijados en dólares. Durante el mandato del presidente Richard Nixon, el modelo económico norteamericano estaba ya agotado, el crecimiento era nulo, y la inflación empezaba a ser preocupante.

Una combinación de factores marcó el final de un período de notable crecimiento. La declaración de inconvertibilidad del dólar en 1971 y las devaluaciones del dólar entre 1971 y 1973 pusieron fin al sistema monetario de Bretton Woods¹, que había estado en vigor desde el fin de la Segunda Guerra Mundial. La decisión de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) de aumentar el precio del petróleo en 1973 —y nuevamente en 1979— terminó con el petróleo barato que había favorecido el crecimiento de posguerra.

Como consecuencia de estos cambios se frenó el ritmo del crecimiento económico. Creció la inflación, se redujeron las tasas de crecimiento y aumentó el desempleo. Importantes industrias se vieron obligadas a reconvertirse: debieron introducir innovaciones tecnológicas, ahorrar energía, reducir sus plantas de personal, etc.

Esto transportó a una reflexión sobre la utilización del vidrio en la arquitectura y el necesario uso de fuentes de energías renovables para calefacción, enfriamiento, iluminación y ventilación del edificio. Desde ese momento, la industria vidriera desarrolló nuevos productos que evitaban el excesivo calentamiento en verano, la indeseada pérdida de calor en invierno y que optimizaban la luz del día.

Al mismo tiempo, muchos arquitectos experimentaban diseñando edificios que pudieran mejorar el uso de la energía solar y la ventilación natural.

1.1. Generalidades de la doble piel de vidrio

La doble piel de vidrio surge a partir de la preocupación ambiental del ahorro energético, luego de la crisis del petróleo.

Fundamentalmente está motivada por:

- La minimización de uso de energía durante el uso del edificio.
- La necesidad práctica de mejorar el ambiente interno.
- La ambición de mejorar las condiciones acústicas en edificios ubicados en áreas de alto nivel de ruido.
- El deseo estético de una fachada enteramente vidriada que concluye en un aumento de la transparencia.

1.2. Historia

Algunos autores atribuyen la primera instancia de doble piel de vidrio al Steiff Factory en Giengen, Alemania (1903). Las prioridades eran maximizar las horas de luz natural mientras que se tenía en cuenta



1. Los Acuerdos de Bretton Woods son las resoluciones de la *Conferencia Monetaria y Financiera de las Naciones Unidas*, realizada en el complejo hotelero de Bretton Woods en 1944, donde se establecieron las reglas para las relaciones comerciales y financieras entre los países más industrializados del mundo. En él se decidió la creación del Banco Mundial y del Fondo Monetario Internacional y el uso del dólar como moneda internacional.

el clima frío y los vientos fuertes de la región. La solución era una estructura de tres niveles, con un nivel de planta baja propuesto para zona de depósito y dos niveles superiores destinados a espacio de trabajo. El edificio fue un éxito y se sumaron dos niveles construidos en 1904 y 1908 con el mismo sistema de doble piel, pero usando estructura de madera en lugar de acero, por razones de presupuesto.

También en 1903 Otto Wagner gana la competición por el Post Office Savings Bank en Vienna–Austria. El edificio, construido en dos fases desde 1904 a 1912, tiene una claraboya de doble piel en el hall principal.



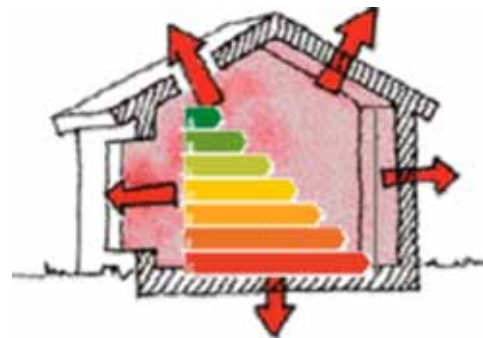
Una preocupación ambiental

La doble piel de vidrio toma protagonismo en fachadas, estableciendo al medio ambiente como argumento principal. De esta forma, se yuxtapone la preocupación ambiental con la búsqueda del efecto estético de las múltiples capas de vidrio; ensayando las diferentes posibilidades de transparencias y reflejos mediante la combinación de diversos cristales.

En los años 90 se comienzan a difundir las fachadas de doble piel. La preocupación del medio ambiente comienza a intervenir en el diseño arquitectónico tanto a nivel técnico como político, el cual promueve a los “edificios verdes” como una buena imagen para la arquitectura corporativa. De esta manera, nacen normativas para promover el ahorro energético en el campo de la construcción.

1.3 La política energética en Europa

En la actualidad, la UE cuenta con numerosas disposiciones sobre energía, como las relativas a la eficiencia energética de los edificios, la generación combinada de calor y electricidad, el diseño ecológico, el comercio de emisiones de CO2 o la eficiencia en el uso final de la energía. Su efecto combinado, como estima la propia Comisión Europea, provocaría un ahorro del 20% del consumo de energía actual, lo que representa unos 60.000 millones de euros anuales o el equivalente al consumo de energía total de Alemania y Finlandia.



Con el decreto legislativo DM 192/05 y el sucesivo DM 311/06 se incorporó la Directiva europea 2002/91/CE sobre “la eficiencia energética en los edificios”. Con esta Directiva, la Unión Europea intenta tomar las medidas necesarias para respetar el Protocolo de Kyoto (2), teniendo en cuenta el hecho de que la energía utilizada en el sector residencial y terciario representa alrededor del 40% del consumo total. Con estrategias apropiadas sería posible conseguir un ahorro de energía del 20%, con evidentes repercusiones ambientales y económicas.

La certificación energética

Desde el 1 de enero del año 2007 la certificación energética (del decreto legislativo ya mencionado) es un requisito indispensable para tomar ventaja de las reducciones de los impuestos en un 55% del costo de la recalificación energética de los edificios.

A partir del 1 de julio de 2007, el certificado de eficiencia energética interesa a los edificios

Clase	Consumo energético	Equivalente en litros de gasoleo	Equivalente en m3 de metano
A	≤ 30 kWh/m ²	3	3
B	≤ 50 kWh/m ²	5	5
C	≤ 70 kWh/m ²	7	7
D	≤ 90 kWh/m ²	9	9
E	≤ 120 kWh/m ²	12	12
F	≤ 160 kWh/m ²	16	16
G	> 160 kWh/m ²	>16	>16

con superficie útil de más de 1000 m2. Luego, en el 2008 se hizo obligatorio para los edificios de menos de 1000m2 siempre y cuando se trate de un caso de compra-venta de la totalidad del inmueble. A partir del 2009 será también obligatorio para aquellos casos de compra-venta de departamentos.

La certificación energética cuantifica el consumo de energía de un edificio, informando a los usuarios la eficiencia energética del edificio mismo. Analizando los factores que determinan los consumos en un edificio (la envoltente del edificio, el equipamiento, suministros de energía a partir de fuentes renovables,

etc.) se orienta sobre las medidas que deben aplicarse para una utilización más racional y eficiente de la energía, en otras palabras reducir el consumo de la misma.

(2) Protocolo de Kyoto: acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones del año 1990.

La Directiva 2002/91/CE exige que los edificios nuevos y las reestructuraciones importantes cumplan ciertas normas mínimas para la necesidad energética del edificio. Fija también los valores mínimos de transmitancia térmica de la estructura opaca vertical, horizontal o inclinada y de los cerramientos transparentes.

La certificación energética debe autenticar el consumo anual de energía de un edificio en relación con el uso de metros cuadrados.

1.4 Un nuevo concepto de fachada

En 1978 Richard Rogers, hablando sobre los futuros usos del vidrio, dijo “un edificio es un camaleón que se adapta. Un apropiado y equipado edificio puede monitorear todas las variables internas y externas, temperatura, niveles de iluminación, radiación solar, etc; para determinar la mejor ecuación de energía en base a esas condiciones y modificar de esta manera los sistemas internos del edificio. No es mucho pedir que se incorpore al sistema nervioso del edificio, el más básico vestigio de una capacidad adaptable.”

Las fachadas de doble piel de vidrio son presentadas generalmente como “sistemas de fachadas inteligentes”, un término que estrictamente se usa para edificios que pueden cambiar automáticamente su rendimiento en relación a las condiciones climáticas. De hecho, existen varios tipos de fachadas de doble piel de vidrio y sólo en algunos ejemplos su funcionamiento está controlado por sistemas inteligentes de sensores.

El edificio inteligente es aquél que puede crear condiciones personales, ambientales y tecnológicas para incrementar la satisfacción y productividad de sus ocupantes, dentro de un ambiente de máximo confort y seguridad, sumado al ahorro de recursos energéticos a partir del monitoreo y control de los sistemas comunes del edificio. De ello se ocupa el “Building Management System” (BMS) que es un sistema computarizado de control y monitoreo del funcionamiento mecánico y eléctrico del equipamiento del edificio. Por ejemplo interviene en los sistemas de fachada, de acondicionamiento, de iluminación, de energía, de incendio, de seguridad; trabajando en forma conjunta de modo de obtener un sistema integrado dentro del edificio.

Por lo tanto no debemos confundir el término “edificio inteligente” con “edificio inteligentemente diseñado”.

De esta manera, se puede decir que la doble piel es “apropiada” (y no inteligente) cuando son juiciosamente diseñadas para satisfacer todos los requerimientos de los ocupantes en términos de calefacción, acondicionamiento e iluminación, usando energías naturales y renovables lo máximo posible.

1.5 Primeros sistemas de doble piel

El concepto de un edificio que se puede adaptar a las condiciones climáticas externas no es nueva. En parte viene de la vieja tradición de crear una barrera térmica con una piel de vidrio removible, como por ejemplo el bow window y las barandas de vidrio.

Sin embargo, el primer sistema moderno norteamericano de doble fachada fue diseñado por los arquitectos Helmut, Obata y Kassabaum en 1980 para el Occidental Chemical Centre en las cataratas del Niagara (Canada). El edificio cuenta con una fachada ventilada mediante un sistema motorizado que permite un flujo de aire ascendente desde la parte inferior de la fachada hasta la superior.

Probablemente el primer ejemplo de doble piel de vidrio con cámara de aire naturalmente ventilada sea la del Business Promotion Centre en Duisburg (Alemania), construido en 1993 por Foster and Partners. En este sistema el aire es introducido por la base de la fachada, sube por efecto chimenea removiendo el calor de los parosoles y se expulsa en la parte superior del edificio. De todas maneras, los dos edificios cuentan con un sistema





de aire acondicionado y el aire que fluye por la cámara intermedia no es utilizado para ventilación natural de las oficinas. Para ello debemos recurrir a las Galeries Lafayette en Berlín-Alemania, construido por Jean Nouvel en 1995. En este edificio, el aire entra en la cámara de aire y sale de la misma por aberturas ubicadas en cada piso y que se encuentran abiertas permanentemente. La fachada es naturalmente ventilada durante la mayoría del año. Pero si la temperatura externa es muy elevada o demasiado baja, se activa un sistema de ventilación mecánica.

En Alemania hay otros edificios diseñados en los últimos diez años que son el resultado de un constante estudio para mejorar el rendimiento de la doble piel de vidrio. De hecho, como se ha convertido en un símbolo de la arquitectura y la innovación

tecnológica, se ha implementado para edificios de gran envergadura en las ciudades más importantes de Alemania. Algunos ejemplos son el Commerzbank en Frankfurt, el Düsseldorf Stadttor y el edificio ARAG Insurance en Dusseldorf, el nuevo edificio para la administración del Deutsche Messe en Hanover, el Post Toser en Bonn, el Bebis y el GSW headquarters en Berlín.



1.6 Definición del sistema de doble piel de vidrio

En esta parte, se muestran diferentes definiciones para introducir a los autores más importantes y describir brevemente como definen al sistema de doble piel.

“Una doble fachada ventilada puede definirse como dos fachadas simples tradicionales, una al interior y otra al exterior, esencialmente de vidrio. Cada una de estas fachadas es comúnmente llamada piel, mientras que la denominación del conjunto se llama “doble piel de vidrio”. Una capa ventilada, con un ancho que varía desde pocos centímetros hasta varios metros, se localiza entre esas dos pieles.

Existen conceptos de fachada donde la ventilación de la capa entre pieles es controlable por ventiladores y/o aberturas, y otros conceptos donde la ventilación no es controlable. La piel interior y exterior no son necesariamente herméticas. Equipos automáticos, como parasoles, aberturas o ventiladores motorizados, son comúnmente integrados a la fachada. La diferencia principal entre la doble fachada ventilada y el múltiple vidriado hermético (dvh), sin tener en cuenta el sistema de soleamiento entre pieles, se basa en la posible ventilación intencional y controlable de la cámara entre la doble fachada.” [Belgian Building Research Institute [BBRI]: Ventilated double facades – Classification and illustration of facade concepts, Department of Building Physics, Indoor Climate and Building Services, (2004)]

“Esencialmente un par de “pieles” de vidrio separados por una cámara de aire. El estrato principal de vidrio por lo general está aislado. El espacio de aire entre las pieles de vidrio actúa como aislante de temperaturas extremas, vientos, y ruidos. Equipos de soleamiento son localizados entre las pieles.” [Harrison K. & Meyer-Boake T.: The Tectonics of the Environmental Skin, University of Waterloo, School of Architecture, (2003)]

“Un par de pieles de vidrio separadas por un corredor (también llamado cámara de aire o espacio intermedio) con un ancho de entre 20cm a varios metros. La piel de vidrio puede cubrir la totalidad de la estructura o una parte de ella. La piel de vidrio principal, generalmente aislada, opera como muro cortina, mientras que la otra piel es por lo general vidrio simple y se coloca por delante o por detrás de la piel principal. Las pieles hacen que el espacio entre ellas actúe a favor del edificio, principalmente, como aislante de temperaturas extremas y ruidos”. [Uuttu, tesis en ingeniería estructural y física de la construcción: Estudio de estructuras de doble piel de vidrio. Departamento de ingeniería civil y ambiental. Universidad de Tecnología de Helsinki - Finlandia. (2001)]

“La fachada de doble piel es un sistema que consiste de dos pieles de vidrio ubicados de tal forma que el aire fluya en la cámara de aire intermedia. La ventilación de ésta cámara de aire puede ser natural, con ventiladores o de forma mecánica. Aparte del tipo de ventilación dentro de la cámara de aire, el origen y destino del aire puede variar dependiendo de las condiciones climáticas, el uso, la ubicación y las horas útiles del edificio. La piel de vidrio puede ser simple o de doble vidrio con distancias desde 20 cm hasta 2 m. Frecuentemente, para la protección de la radiación solar se colocan parasoles dentro de la cámara de aire.” [Harris Poirazis: Double Skin Façades for Office Buildings – Literature Review. Division of Energy and Building Design, Department of Construction and Architecture, Lund Institute of Technology, Lund University]

2. Clasificación del sistema de fachada de doble piel

El uso de la doble fachada ha ido creciendo rápidamente y en consecuencia, las soluciones a implementar se han multiplicado. Hoy en día, el término “Fachada de doble piel de vidrio” se refiere a un grupo variado de sistemas que son aparentemente similares, pero que de hecho son totalmente diferentes si consideramos el funcionamiento y rendimiento:

- Sistemas donde el espacio intermedio está cerrado y funciona solo como una barrera térmica y sonora.
- Sistemas con ventilación mecánica entre las pieles que actúa como aislamiento acústico, pero también para control del rendimiento térmico de la fachada.
- Sistemas con una ventilación natural de la cámara de aire, donde el rendimiento acústico y térmico son variables y el flujo de aire puede también ser utilizado como ventilación del espacio interno del local. En este caso el aire fluye naturalmente desde la abertura inferior a la superior de la fachada.

La última solución es lo que los alemanes llaman la “Zweite-Haut-Fassaden” (Fachada de Doble Piel de Vidrio) y representa el sistema más innovador. Otorga la posibilidad de mantener las oficinas naturalmente ventiladas aún en edificios de gran altura. Al mismo tiempo reduce el uso de sistemas de aire acondicionado y previene el llamado Síndrome del Edificio Enfermo (SEE), término que se aplica a aquellos edificios en los que el personal presenta una serie de síntomas (dolor de cabeza, picor de ojos, fatiga, tos, catarro, sinusitis, etc.). La peculiaridad es que estos síntomas desaparecen cuando se abandona el edificio. Los factores que ocasionan el mayor número de quejas de trabajadores/as en oficinas son, por este orden, la temperatura inadecuada, el aire viciado, la mala iluminación, el ruido y el humo del tabaco.

La fachada de doble piel cumple un rol importantísimo para evitar el SEE. De ella dependerá el nivel de iluminación para evitar los dolores de cabeza o fatiga visual; la ventilación de modo de hacer un constante recambio de aire; el aislamiento acústico para que los ruidos externos no disturben a los ocupantes del edificio; entre otros.

Se suelen utilizar varios términos para nombrar a la fachada de doble piel de vidrio. Términos como “fachada activa”, “fachada pasiva”, “fachada híbrida” son frecuentemente utilizados; pero no siempre definen correctamente el concepto. Existen tres criterios principales para clasificar a las fachadas de doble piel de vidrio:

- El tipo de sistema de ventilación, lo cual define si es una fachada activa, pasiva, etc;
- Las particiones o divisiones de la fachada, lo cual determina el espacio entre pieles;
- Los modos de ventilación del espacio intermedio, lo cual influencia en el flujo de aire.

2.1. El tipo de sistema de ventilación

Se refiere a los medios que originan la ventilación del espacio entre pieles. Se deben distinguir tres tipos de ventilación:

- *Ventilación natural*, la cual se basa en las diferencias de presión del aire sin el apoyo de elementos eléctricos. Este caso se trata de una fachada pasiva.
- *Ventilación mecánica*, donde existen componentes eléctricos que ayudan al movimiento del aire. Este caso se trata de una fachada activa.
- *Ventilación híbrida*, la cual es la sumatoria de sistemas de ventilación natural y mecánica. Por lo general, en este sistema se usa mayoritariamente la ventilación natural. La ventilación mecánica se activa en caso que no se alcancen los objetivos deseados con la ventilación natural. Un sistema de control permite cambiar de un tipo de ventilación al otro. Se debe destacar que muy pocas fachadas de doble piel utilizan este prototipo de ventilación.

Cabe destacar que el tipo de ventilación ejerce una influencia considerable en el comportamiento térmico de la fachada y en su variación en el tiempo. De hecho, mientras que es posible garantizar el rendimiento de un sistema mecánico de ventilación, no es necesariamente lo mismo para el caso de la ventilación natural. Esencialmente, el rendimiento de ésta última funciona dependiendo de las condiciones meteorológicas (viento y diferencias de temperatura) y de orientación.

2.2. Las particiones o divisiones de la fachada

Se refiere a las particiones del espacio intermedio entre pieles de vidrio. De acuerdo a cómo esté diseñado ese espacio, las fachadas de doble piel de vidrio pueden ser clasificadas entre las siguientes cuatro clases:

- *Fachada tipo múltiples pisos*; donde el espacio intermedio no está dividido entre los diferentes pisos y presenta aberturas de ventilación solo en la base y en la culminación de la fachada. Generalmente, en edificios que adoptan este sistema, las habitaciones son ventiladas de forma

mecánica y las aberturas de la fachada interna son utilizadas solo para mantenimiento y limpieza.

- *Fachada corredor*, donde el espacio intermedio está dividido por piso, siendo éste transitable y permitiendo una buena ventilación natural en ese espacio.
- *Fachada tipo box-window*, que consiste en un marco con entradas de aire. El espacio intermedio está cerrado horizontal y verticalmente evitando la transmisión de sonidos y olores de habitación en habitación, pero no siempre se puede asegurar una buena ventilación natural del espacio intermedio.
- *Fachada tipo shaft-box*, donde se instala el sistema box-window conectado a un eje vertical, que permite un flujo mayor de aire, mejorando la ventilación de la fachada. Reduce a su vez la cantidad de aberturas en la piel exterior y proporciona un mejor aislamiento acústico. Este tipo de fachada se utiliza en caso de ventilación natural.

Ejemplo de **fachada tipo múltiples pisos** – **Nokia House**, Espoo (Finlandia). Arquitectos: Pekka Helin, arquitecto de proyecto Harri Koski



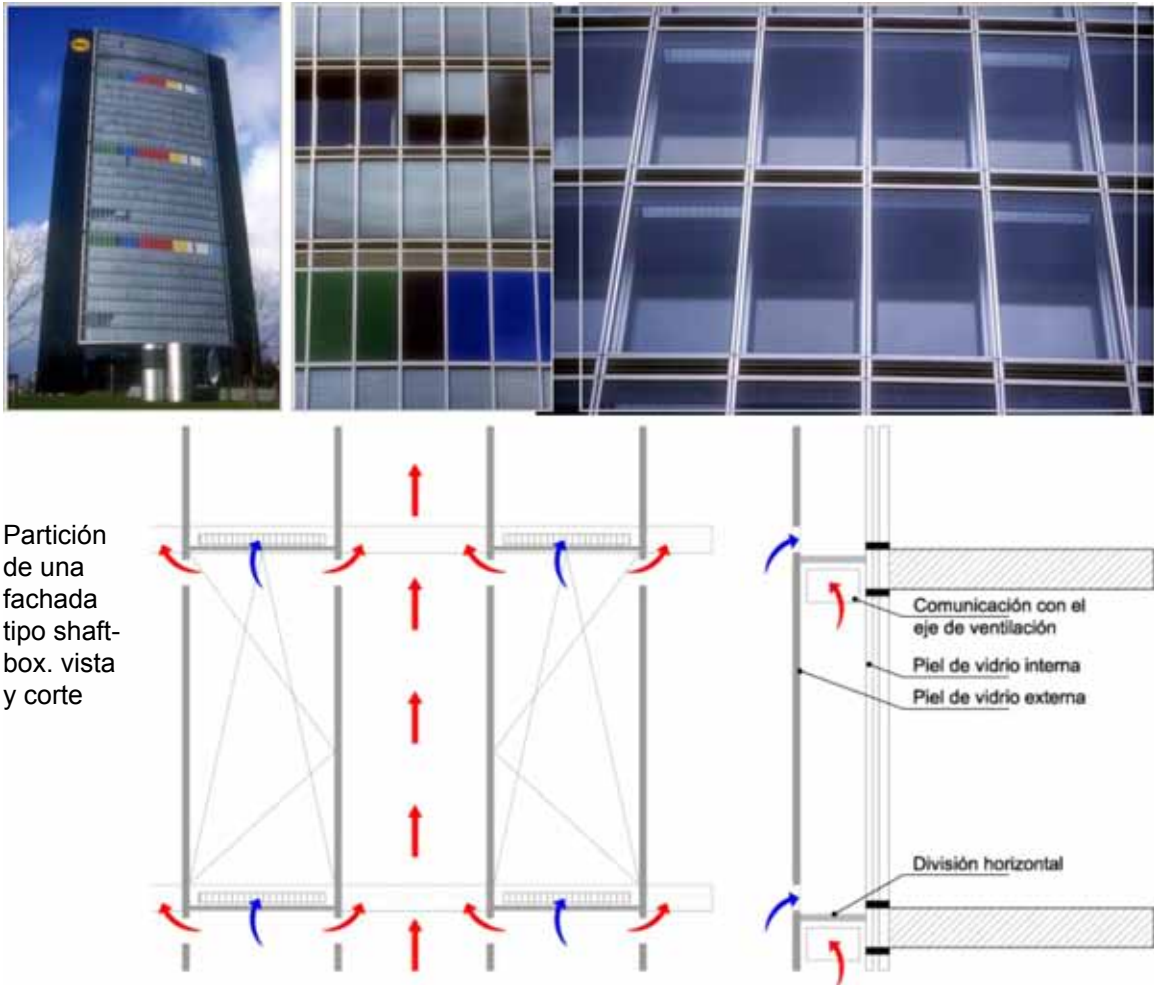
Ejemplo de **fachada tipo corredor** – **Düsseldorfer Stadttor**, Düsseldorf (Alemania) Arquitectos: Petzinka Pink and Partners. En este caso las aberturas se encuentran en cada piso. En la 3er fotografía se ven las rejillas de toma y extracción de aire, en el piso y cielorraso respectivamente.



Ejemplo de **fachada tipo box-window** – **edificio Victoria Insurance**, Düsseldorf (Alemania) Arquitectos: Hentrich, Petschnigg and Partners.



Ejemplo de **fachada tipo shaft-box** – **Edificio ARAG Insurance**, Düsseldorf (Alemania) Arquitectos: Rhode Kellermann Wawrosky and Partners (RKW) en cooperación con Foster and Partners. En este caso, cada tres paños hay un eje de extracción de aire, abierto en la parte superior de edificio.

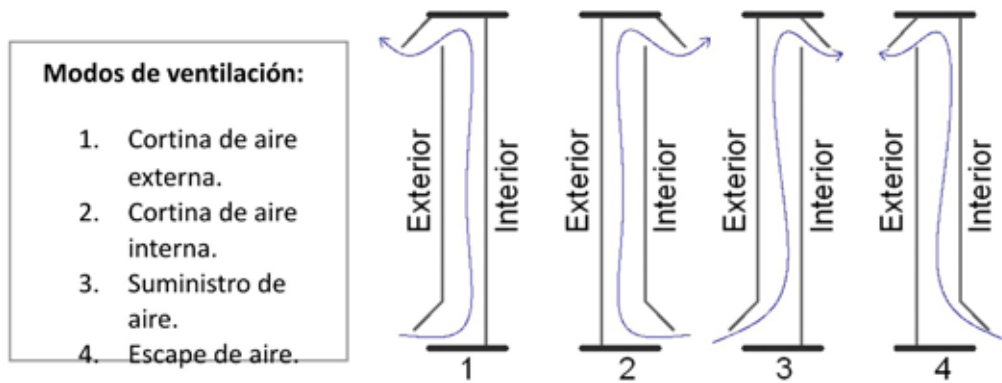


2.3. Los modos de ventilación del espacio intermedio

Se diferencian cuatro modos de ventilación dependiendo del origen y el destino del aire que circula. El modo de ventilación es independiente del tipo de sistema aplicado (natural, mecánico o híbrido).

No todas las fachadas son capaces de adoptar cualquier modo de ventilación. La diferencia entre los modos de ventilación se basa en función de los componentes utilizados.

- *Cortina de aire externa.* En este modo de ventilación, el aire introducido al espacio intermedio proviene del exterior y es inmediatamente expulsado hacia el exterior. La ventilación de la cámara de aire forma una cortina de aire que envuelve la fachada externa.
- *Cortina de aire interno.* El aire proviene del interior del local y es devuelto al interior del mismo. La ventilación de la cámara de aire forma una cortina que envuelve la fachada interna.
- *Suministro de aire.* La ventilación de la fachada se crea con aire del exterior, el cual ingresa al interior del local o dentro de un sistema de ventilación. Entonces, la ventilación de la fachada hace posible el suministro de aire al edificio.
- *Escape de aire.* El aire proviene del interior de la habitación y es expulsado hacia el exterior. Entonces, la ventilación de la fachada permite extraer el aire del edificio.



Puede darse la coexistencia de varios modos de ventilación en una sola fachada de doble piel, es el ejemplo de las fachadas ventiladas naturalmente. El cambio de un modo a otro es en función de aberturas motorizadas. Por ejemplo en invierno tendremos un modo de ventilación del tipo suministro de aire y en verano se cerrarán las aberturas para obtener una cortina de aire externa y mantener la fachada adecuadamente ventilada. En la figura se puede observar una apertura motorizada, la cual hace posible el cambio de modo de ventilación.



3. Descripción técnica

3.1 Vidriado interior y exterior

Las características del vidrio han mejorado mucho a través del tiempo. En la actualidad nos encontramos con una amplia gama de posibilidades a la hora de elegir el tipo de vidrio a utilizar:

- *Vidrio templado*: se caracteriza por una superficie de alta resistencia mecánica. Este tipo de vidrio es usado como vidrio de seguridad, con riesgos prácticamente nulos de producir accidentes ya que si se rompe lo hace en pequeños trozos. Como falencia tienen que no pueden ser pulidos, perforados o cortados después de ser templados.
- *Vidrio tintado*: es un vidrio coloreado para reducir los efectos de la radiación solar (infrarroja y ultravioleta). El tintado aporta una disminución del calor transferido hacia el interior y asimismo mantiene un elevado nivel de transmisión luminosa. Se obtiene mediante la incorporación de agentes colorantes (óxidos metálicos, hierro, cobalto, selenio) a la mezcla fundida.
- *Vidrio reflejante*: es un vidrio de control solar, que se obtiene al depositar una capa de silicio sobre una de sus caras. De esa forma se consigue un factor solar bajo ya que se refleja la energía solar no deseada que penetra en la habitación. Un vidrio reflectante es un regulador importante que evita el aumento de energía solar en el interior y al mismo tiempo ahorra energía.
- *Vidrio esmaltado*: contienen una capa de esmalte cerámico resistente a los fenómenos atmosféricos.
- *Vidrio laminado*: Son dos o más láminas de vidrio que están acopladas por una lámina que se interpone entre ellas; esta lámina mayormente es de Polivinilo de Butiral (PVB) o resina. La lámina puede ser tanto transparente como translúcida, asimismo puede poseer colores o puede incluir telas, papel con dibujos, Diodos LED, entre otras.
- *Vidrio de baja emisividad*: es un vidrio desarrollado para reducir las pérdidas de calor desde el interior. Está recomendado para zonas frías en las que es necesario aprovechar al máximo el

calor generado en el interior, así como el que proviene del sol exterior y obtener el máximo aprovechamiento de la luz natural. Su aspecto es casi el mismo que el de un vidrio incoloro. Puede ser templado, endurecido, curvado y laminado. El valor K de transmisión térmica para unidades con una cámara de aire de 12 mm de ancho con vidrio normal es de 2.8 W/m²K y con Vidrio de Baja Emisividad el K=1.8 W/m²K.

- **Vidrio serigrafiado:** se caracteriza por tener depositada en una de sus caras, esmaltes vitrificables por el sistema de impresión serigráfica. Posteriormente, se someten al proceso de templado. En dicha operación el esmalte queda vitrificado integrándose con el vidrio y adquiriendo las mismas propiedades que el vidrio templado normal, excepto su resistencia al choque mecánico, la cual queda condicionada por la cantidad de superficie esmaltada, el espesor de los esmaltes, las dilataciones futuras, etc.

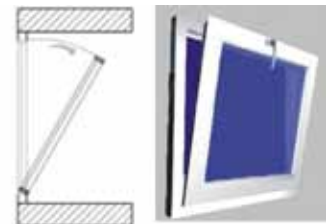
La elección del tipo de vidrio para el interior y el exterior de la fachada depende de la tipología de la misma. Para la piel interior de la fachada se usa generalmente un doble o triple vidrioado con cámara de aire con argon o krypton (DVH). Para la piel exterior se suele utilizar un vidrio templado simple o laminado.

Funcionamiento: La piel de vidrio interna suele poder abrirse. Es decir, puede ser abierta por los usuarios o por medios automáticos. Existen diferentes formas de abrir el paño interior.

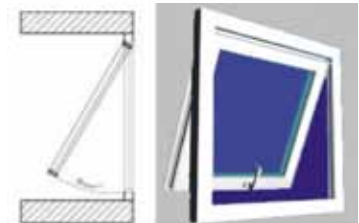
- **ventana de abrir:** Es el tipo de abertura más común. En fachadas de doble piel, se suele utilizar con la abertura hacia el interior del local, para que no quite lugar en el espacio intermedio.



- **ventana abatible:** Se abren en la parte alta. Tienen a dejar entrar el aire caliente del espacio intermedio hacia el interior del local cuando el flujo de aire circula desde abajo hacia arriba.



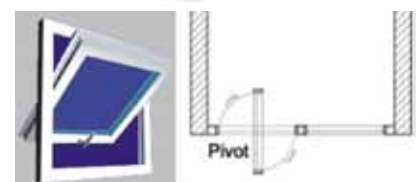
- **ventana proyectante:** Se asemejan a las abatibles, con la diferencia que se abren en la parte inferior.



- **ventana corrediza:** Los paños corren en el sentido horizontal o vertical. En este último caso, se las llamas "guillotina".



- **ventana pivót:** Pueden ser pivotantes en el sentido horizontal o vertical. Restringen el uso de parasoles ya que quitan lugar en el espacio intermedio de las pieles.



- **ventana oscilobatiente:** Es una combinación entre la ventana de abrir y la abatible. Son las más utilizadas en fachadas de muro cortina y doble piel.



3.2 El espacio entre pieles

La ventilación de éste espacio puede ser totalmente natural, ayudado por un ventilador (sistema híbrido) o totalmente mecánico. El ancho puede variar de los 20cm a los 2m, en función del concepto aplicado. El ancho influencia las propiedades físicas de la fachada y la manera en que ésta será mantenida. Cuanto mayor es la complejidad del edificio, mayor suele ser el ancho de dicho espacio.

Criterio del ancho del espacio intermedio

Clase	Descripción
< 50mm	Estos anchos raramente se encuentran en la práctica
50 a 200mm	Para dobles fachadas ventiladas mecánicamente. Ej: Edificio UCB Research facilities
200 a 500mm	Es el ancho mínimo para evitar el sobre calentamiento. El espacio intermedio no es accesible.
500 a 2000mm	Fachadas con espacio intermedio accesible. Ej: Edificio Brussimo
>2000mm	El espacio intermedio se transforma en atrio. Ej: Edificio Commerzbank



Edificio UCB Reserch
Facilities



Edificio Brussimo -
Bruselas



Edificio Commerzbank
- Frankfurt

3.3 El sistema de sombreado

El sistema de sombreado se instala en el espacio entre pieles de modo de protegerlo del viento y de la lluvia. Este espacio queda dividido en dos partes por el sistema de sombreado, por ende las características y posición del sistema influyen en el rendimiento del espacio intermedio porque éste absorbe y refleja la radiación solar.

Cuanto menor sea el espacio, mayor serán las ganancias de calor. Si el sistema se coloca justo frente a la fachada interna y el espacio intermedio no está correctamente ventilado, el aire frente a la piel interna puede calentarse en exceso. Por ende, debe colocarse en la mitad externa del espacio intermedio. Tampoco debe ir demasiado cerca de la piel externa, para evitar el sobre calentamiento de dicha piel. Se recomienda una distancia de 15cm entre el sistema de sombreado y la piel exterior de la fachada.

En consecuencia, la selección del sistema debería hacerse luego de estudiar una buena combinación entre el tipo de vidrio, la geometría del espacio intermedio y la estrategia de ventilación.

- *Pantallas de tejidos.* Se desmontan para su mantenimiento y se las vuelven a colocar una vez limpias. Se las suele limpiar cada 4 o 5 años cuando se encuentran dentro del espacio intermedio.



- *Persianas venecianas.* Se usan en la mayoría de los casos por su práctica manipulación. Comparadas con las telas, son más fáciles de mantener. La frecuencia de limpieza dependen del color de las mismas y de las condiciones climáticas del exterior.

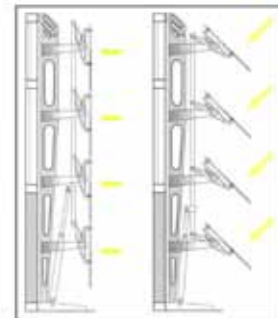


- *Parasoles exteriores metálicos (fijos o móviles):* No requieren de alto mantenimiento, salvo los móviles, donde es necesario un seguimiento debido a su sistema mecánico.

Parasoles exteriores fijos



Parasoles exteriores móviles



- *Paneles fotovoltaicos:* Las células fotovoltaicas pueden ser integradas a la piel externa. En este caso, la Universidad de Norway combina un sistema de doble piel con un sistema fotovoltaico integrado y puede producir tanto electricidad como calor. Asimismo, las células producen sombra en el interior de los locales.



- *Parasoles cerámicos:* Es el caso del edificio del New York Times. Las fachadas son una combinación de muro cortina y una pantalla de tubos cerámicos blancos. Esa pantalla, posicionada a 60cm de la estructura, actúa como protección solar.



- *Parasoles de vidrio:* Es el caso de la torre Agbar en Barcelona, la cual tiene una piel externa de parasoles de vidrio que rodea el edificio.



3.4 Estrategia HVAC

Las siglas HVAC corresponden al acrónimo inglés de *Heating, Ventilating and Air Conditioning* (Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado), que engloba el conjunto de métodos y técnicas que estudian y analizan el tratamiento del aire en cuanto a su enfriamiento, calentamiento, (des)humidificación, calidad, movimiento, etc. Estas tres funciones de calefacción, ventilación y aire acondicionado están íntimamente relacionadas; buscando el confort térmico, una buena calidad de aire en el interior, una buena instalación y bajos costos de mantenimiento y operación. Los sistemas de HVAC proveen ventilación, reducen las infiltraciones de aire, y mantienen las relaciones de presión entre los espacios.

El sistema HVAC puede ser utilizado de tres maneras diferentes en la doble piel de vidrio:

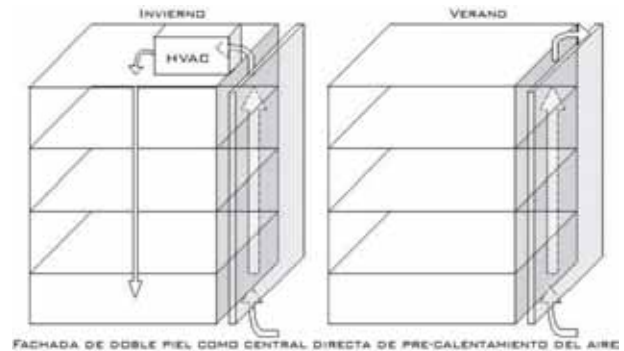
1. *Sistema HVAC full* (la fachada no es parte del HVAC) que utiliza una gran cantidad de energía. Por el otro lado, el usuario puede seleccionar cuando prefiere un control mecánico o una ventilación natural con el uso de la fachada de doble piel.
2. *Sistema HVAC limitado* (la fachada contribuye parte del sistema HVAC o cumple el rol principal para crear el correcto clima interno). De esta forma la fachada cumple el papel de:
 - pre-calentamiento para el aire de ventilación
 - conducto de ventilación
 - pre-enfriador (mayormente en el enfriamiento durante la noche)
3. *Ningún sistema de HVAC.* Cuando la doble fachada cumple todos los requerimientos del sistema HVAC. Este es un caso ideal que logra un bajo uso de energía.

Dentro del sistema HVAC limitado, que es el que se utiliza con mayor frecuencia, se pueden distinguir dos categorías:

A) Utilización de la fachada como inyección de aire

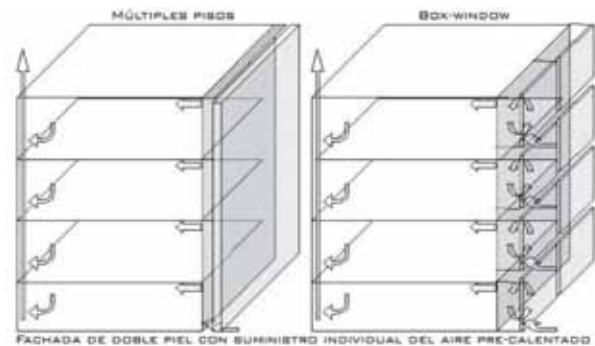
1. Central directa de pre-calentamiento de aire

Durante el invierno, el aire exterior puede ser ingresado desde la base de la fachada y pre-calentarse en el espacio intermedio. Las aberturas exteriores controlan el flujo de aire y por ende la temperatura. Luego, por el sistema de ventilación central, el aire entra al edificio con una temperatura apropiada. Durante el verano, el aire puede ser extraído por la parte más alta de la fachada. Esta estrategia es generalmente aplicada en fachadas de múltiples pisos. Este tipo provee mejores temperaturas durante el invierno pero durante el verano incrementa la posibilidad de sobre-calentamiento. La fachada en este caso sería del tipo múltiples pisos.



2. Suministro individual del aire pre-calentado

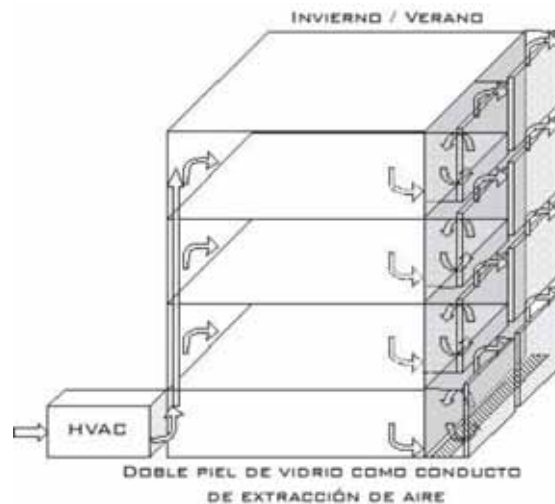
La posibilidad de usar la fachada como suministro individual del aire pre-calentado también existe. Esta estrategia puede ser aplicada tanto en la fachada de múltiples pisos como en la box-window. Un sistema de ventilación exhaustivo mejora el flujo de la cavidad hacia la habitación y hacia el conducto de extracción. Esta solución no se aplica para las condiciones de verano ya que la temperatura del aire dentro del espacio intermedio es más alta que los niveles de confort térmico.



B) Utilización de la fachada como extracción de aire

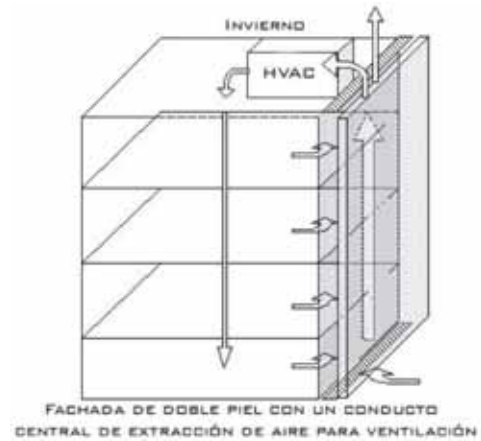
1. Conducto de extracción de aire

Durante todo el año, el espacio entre pieles puede ser utilizado como un conducto de expulsión de aire sin posibilidad de recuperar el calor para el sistema HVAC. Puede ser aplicado tanto en invierno como en verano. El objetivo principal de esta configuración es mejorar las propiedades de aislamiento en invierno y reducir las ganancias de calor por la radiación solar en verano. Este es el caso de una fachada tipo box-window o shaft-box.



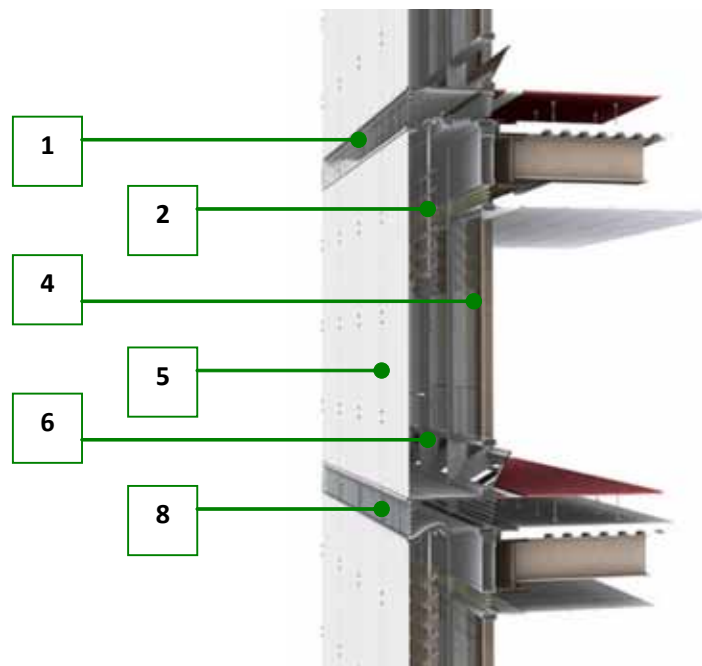
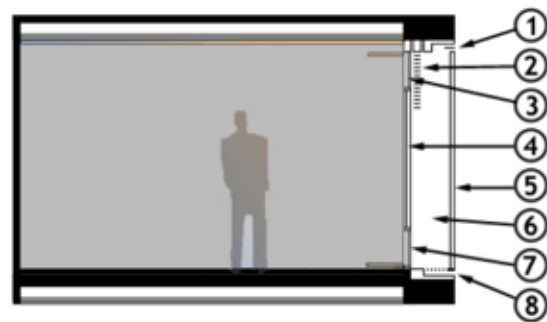
2. Conducto de extracción y ventilación

Finalmente, el espacio intermedio puede ser utilizado como conducto central de extracción y para la ventilación. El aire entra por la parte inferior del espacio intermedio. El suministro del sistema de ventilación estimula el flujo desde el local hacia el espacio intermedio. Este es el caso de una fachada tipo múltiples pisos.



3.5 Esquema de una fachada de doble piel de vidrio ventilada

1. Abertura superior de extracción de aire
2. Dispositivo de control solar
3. Ventana interna superior abrible (aire saliente)
4. Ventana fija o abrible
5. Piel exterior de vidrio
6. Espacio intermedio
7. Ventana interna inferior abrible (aire entrante)
8. Abertura inferior de ingreso de aire



* Los puntos 3 y 7 (ventanas abribles) pueden no estar, dependiendo del tipo de ventilación requerida. En el primer gráfico, existe una ventilación desde el interior del local hacia la cámara intermedia. No es así en el segundo gráfico.

4. Ventajas y desventajas de la fachada de doble piel de vidrio

4.1. Ventajas

- *Aislamiento acústico*: es una de las razones más importantes por las cuales se elige la doble piel de vidrio. Es indiscutible que esto depende del número de aberturas de la fachada.
- *Aislamiento térmico*: Muchos autores aseguran que el sistema de doble piel de vidrio mejora el aislamiento térmico gracias a la piel exterior tanto en invierno como en verano.
 - Durante el invierno, la piel exterior mejora el aislamiento ya que aumenta la resistencia de la transmisión de calor externo. A pesar de que el valor de transmisión de calor - Valor U - para una fachada permanentemente ventilada será menor que en una fachada simple, el resultado mejora si el espacio intermedio está cerrado parcial o completamente durante el período de calentamiento (invierno). La baja velocidad del flujo de aire y las elevadas temperaturas en el interior del espacio intermedio reducen las pérdidas de calor. Entonces habrá una temperatura alta en la superficie interna de la piel. Algunos estudios demuestran que cuando el espacio intermedio es más pequeño, los valores de recupero de calor serán más altos. Esto se debe a que la velocidad del aire es mayor dentro del espacio intermedio y por lo tanto habrá un mayor coeficiente de transmisión de calor.
 - Durante el verano, el aire caliente dentro del espacio intermedio puede ser extraído por medio de la ventilación natural o mecánica. Para una buena ventilación del espacio intermedio es sumamente importante estudiar la combinación de vidrios y parasoles para no sobrecalentar este espacio y por ende el interior del edificio. El alto, el ancho del espacio intermedio y el tamaño de las aberturas son cruciales para las temperaturas intermedias y para el flujo de aire. Otro parámetro importante que debe ser considerado es la posición de los parasoles. Estos deben ser ubicados en la mitad más externa del espacio intermedio. De esta forma, la mitad interna será ventilada constantemente sin obstáculos que se interpongan.
- *Ventilación nocturna*: Durante los meses de calor, los ambientes internos se sobrecalientan fácilmente. En este caso, se ahorrará energía si se pre-enfría el ambiente durante la noche usando ventilación natural. De esta forma, durante la mañana habrá una temperatura menor proveyendo confort térmico y mejorando la calidad del aire de los usuarios.
- *Ahorro de energía y reducción del impacto ambiental*: En principio, la fachada de doble piel de vidrio ahorra energía cuando está bien diseñada. Asimismo, ahorra recursos naturales reduciendo el consumo de energía durante el uso del edificio.
- *Mayor protección de parasoles*: Como los parasoles se instalan dentro del espacio intermedio de la doble piel, son protegidos del viento y de la lluvia.
- *Reducción de los efectos de la presión del viento*: Gracias al efecto “barrera” del espacio intermedio, se pueden reducir las fluctuaciones de presión producidas por el viento.
- *Transparencia*: En muchos textos se menciona el deseo arquitectónico de usar mayores superficies de vidrio.
- *Ventilación natural*: Una de las mayores ventajas de la fachada de doble piel de vidrio es que permite usar una ventilación natural (o ayudada con ventiladores). Distintos tipos de ventilación pueden ser aplicados dependiendo del clima, de la orientación y del tipo de edificio.
- *Confort térmico*: Como el aire dentro del espacio intermedio tiene una temperatura más elevada comparada con el exterior durante el período de invierno, la parte interior de la fachada puede mantener temperaturas con mayor confort térmico (comparado con fachadas simples). Por otro lado, durante el verano es importante que el sistema esté bien diseñado para que la temperatura dentro del espacio intermedio no aumente demasiado. Esto depende de las aberturas, tipo y posición de los parasoles, etc.
- *Valores bajos de “U” y “g”*: Dos de las ventajas principales de la fachada de doble piel son la baja transmisión térmica (valor U) y el bajo coeficiente de ganancia solar (Valor g).

4.2 Desventajas

- *Alto costo de construcción* comparado con fachadas convencionales. La construcción de la segunda piel y del espacio intermedio hace más complejo al edificio.
- *Protección contra el fuego*: Aún no está totalmente claro si la fachada de doble piel de vidrio es efectiva o no en cuanto a la protección contra el fuego y su propagación.
- *Reducción del espacio útil*: El espacio intermedio quita espacio utilizable del edificio.
- *Costos y mantenimiento adicionales*: Comparado con fachadas convencionales, la doble piel de vidrio tiene mayores costos de construcción, limpieza, operación, inspección y mantenimiento.

- *Problemas de sobre-calentamiento:* Si la fachada no está correctamente diseñada es posible que la temperatura del aire del espacio intermedio se eleve paulatinamente, sobre calentando los locales del edificio. La clave está en el ancho del espacio intermedio y el criterio de las aberturas de ventilación.
- *Aumento del peso de la estructura:* Como es esperado, una piel adicional aumenta las cargas del edificio y por ende el costo.
- *Luz natural:* Se reduce la entrada de luz natural como resultado de la piel adicional.

5. Evaluación de los diferentes tipos de fachada

Se evaluará: aislamiento acústico, protección contra la propagación del fuego y la calidad del aire cuando la ventilación es natural.

	Box window	Shaft-box	Corredor	Múltiples pisos
Aislamiento acústico	Se utiliza cuando el nivel de ruidos externos es elevado o cuando existen requerimientos de aislamiento de sonido.	Cuanto menos aberturas (comparado con el box window) mejor será el aislamiento.	Pueden haber problemas de transmisión de sonido de local a local.	Es adecuado cuando en el exterior hay niveles altos de ruido. Pero hay problemas de transmisión de ruidos de local a local mediante el espacio intermedio.
Protección contra la propagación del fuego	Bajo nivel de riesgo ya que los locales no están comunicados.	Bajo nivel de riesgo ya que los locales están comunicados solo por los conductos de ventilación.	Riesgo medio ya que los locales del mismo piso están comunicados.	Alto nivel de riesgo ya que todos los locales están comunicados.
Calidad del aire (ventilación natural)	Ventanas abribles, propicias para la ventilación natural.	Se debe tener cuidado en la manera en que se organizan los flujos de aire, en cavidades en la fachada o dentro de un solo eje de ventilación.	Se debe prestar atención a que el aire expulsado de un local no entre al local superior.	Como regla, los locales detrás de la fachada tienen que estar ventilados mecánicamente.

6. Diez pasos a resolver en el planeamiento de la fachada

1ro: Chequear las restricciones

Se deben estudiar las limitaciones de los respectivos sistemas, así como las propiedades requeridas de la doble piel para nuestro edificio. Al mismo tiempo, este análisis proveerá una idea de la viabilidad económica de la forma de construcción propuesta comparándola con la construcción de una fachada simple. Las restricciones se refieren a:

- Clima (radiación solar, temperatura exterior, etc)
- Ubicación y las obstrucciones del edificio (latitud, luz natural disponible, etc)
- Regulaciones de diseño del edificio.

2do: Determinar el tipo de construcción

Se deben direccionar los conceptos de arquitectura y de sistemas de enfriamiento. De esta manera, se establecen los requerimientos que guiarán la forma de construcción de la doble piel. Es necesario tener presente el uso del edificio, las actividades.

Esta etapa es sumamente importante ya que se determinan las bases para el dimensionamiento, y si posteriormente se debe cambiar alguna necesidad, se deberá comenzar de nuevo con el proceso de selección de fachada y sistema de enfriamiento.

3ro: Asegurar un buen suministro de aire

Una vez determinado el tipo de fachada de doble piel, se pueden planear las dimensiones de las aberturas y flujos de aire hacia las habitaciones. No debe olvidarse lo que se debe esperar de la ventilación natural: cuando las ventanas internas están totalmente abiertas, ocurrirá lo que se llama ventilación repentina con un cambio de aire perceptible. Si no se percibe ese cambio de aire, los usuarios sentirán una sensación de discomfort. La impresión de que no cambia el aire se llama "efecto acuario" y puede ser crítico en cuanto a lo sensitivo.

4to: Evitar el sobre calentamiento del espacio intermedio de la fachada

Cuando se deciden las dimensiones de las aberturas, se debe prestar atención a las ganancias de calor en verano dentro del espacio intermedio, para asegurar un confort térmico en las habitaciones. El flujo de aire debe estar diseñado de manera que no aumenten las ganancias de calor de piso a piso. Con fachadas de múltiples pisos, la temperatura será mayor en los pisos más altos.

5to: Optimizar el flujo de aire

Los siguientes parámetros determinan como puede ser optimizado el flujo de aire y limitar el exceso de temperatura: tamaño y posición de las aberturas; diseño adecuado de las secciones por donde pasa el flujo de aire; propulsión adicional donde se requiera.

Las fuerzas del viento ayudan al flujo de aire. Pero en el centro y norte de Europa no es confiable la sola utilización del viento debido a las condiciones extremas del verano. Se utilizan ventiladores mecánicos para mover grandes cantidades de aire y lograr una contribución significativa.

6to: Planear las condiciones de operación

Para proveer de aislamiento acústico y térmico en invierno, las aberturas de la fachada deberían ser pequeñas, todo lo contrario a lo requerido para una buena ventilación y bajas ganancias de calor en verano. Ambos requerimientos pueden ser instalados con aberturas que varíen en tamaño y que puedan cerrarse. Pero eso eleva la cuestión de operación, activación y control. Los ejemplos varían desde aberturas que se ajustan dependiendo de la estación a solapas que responden con las variaciones del viento.

7mo: La construcción del todo

El especialista en fachadas o consultor debe participar desde las primeras etapas para discutir el diseño aerodinámico, los flujos de aire, etc. De esta forma se optimizará el funcionamiento de la fachada y no se tendrán que hacer cambios significativos en la misma.

8vo: Poner las dimensiones a prueba

Una vez que se conocen las características físicas y estructurales del edificio, junto con la tecnología de ventilación; la información se puede integrar al sistema de aire acondicionado. De esta forma se determinarán las dimensiones de los servicios mecánicos. En la mayoría de los casos se pueden utilizar tests de simulación, ya que las ventajas de la doble piel radican en la coordinación de ciertas variables (tipo de vidrio, ancho del espacio intermedio, tipo de ventilación, etc).

9no: Integrar al cliente en el proceso de planeamiento

En todos estos pasos es esencial que el cliente y, en lo posible, sus futuros usuarios, reflejen sus necesidades para que no hayan falsas expectativas con respecto al funcionamiento de las aberturas y su ventilación en la fachada. Una expectativa común, por ejemplo, es que la ventilación por ventanas reemplace a un sistema de aire acondicionado; una cosa que es físicamente imposible. Todas las partes deben involucrarse en el planeamiento, asumiendo y compartiendo la responsabilidad.

10mo: Tomar el control de los mecanismos

Las fachadas de doble piel de vidrio son relativamente jóvenes en cuanto a la tecnología. La construcción es nueva para el sector de edificación. Por ende, debe haber colaboración entre los planificadores y las empresas constructoras para que no hayan disgustos una vez que los usuarios estén utilizando el edificio.

7. Ejemplos de edificios con fachada de doble piel de vidrio

El objetivo principal de esta sección es proveer de referencias con descripciones breves. Se ordenarán por país.

ALEMANIA**- Düsseldorf city gate (Düsseldorfer Stadttor)**

Fachada sur del edificio



Espacio intermedio



Aberturas de la piel interna

Arquitecto: Petzinka

Ubicación: Dusseldorf

Año de construcción: 1995-1997

Nº de plantas: 19

Superficie de planta: el total de la planta en forma de rombo tiene 50m x 68m. Dentro se incluyen 2 torres de 16 niveles (800m² cada una) + una culminación de 3 niveles con 2200m² en cada piso.

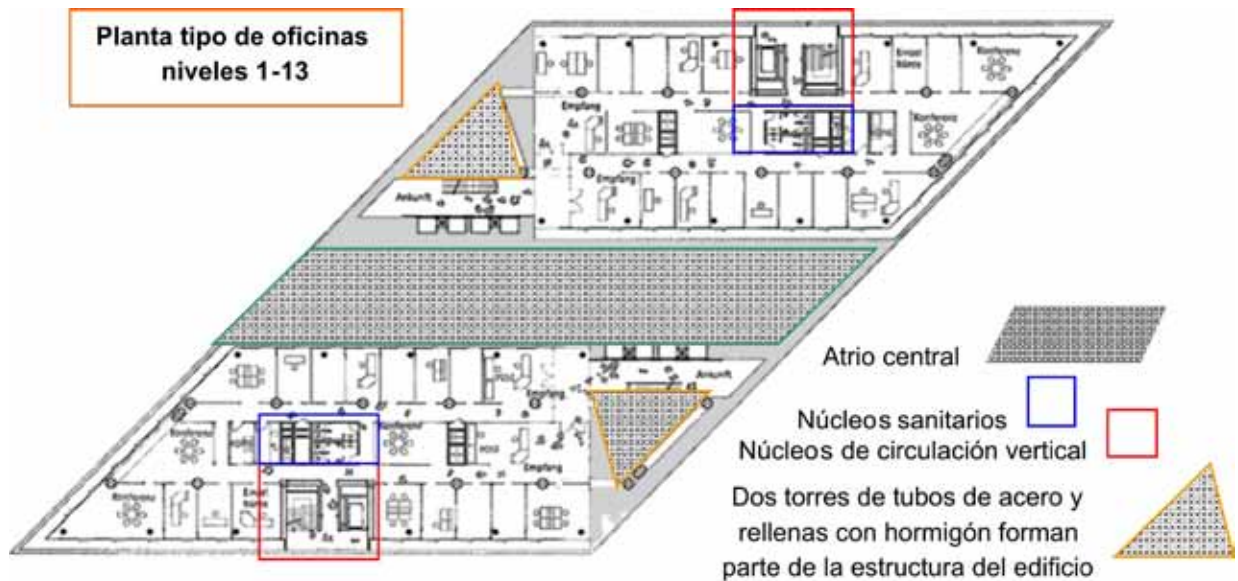
Altura máxima: 72,55 m

Tipo de fachada: Corredor. El espacio intermedio de las dos pieles está cerrado en cada nivel de piso.

Ventilación del espacio intermedio: Las aberturas de ventilación están situadas en el piso y el cielorraso del espacio intermedio.

Tipo de muro cortina: La piel exterior consiste de un vidrio de seguridad de 12mm y la interior es un vidrio bajo-emisivo con marco de madera. El espacio intermedio es de 140cm de ancho, de modo que se puede circular por él.

Sistema HVAC: La ventilación natural del espacio intermedio permite mantener los locales ventilados con aire exterior durante largos períodos de tiempo en el año. Los primeros años de operación mostraron que el edificio puede ser ventilado de forma natural el 70%-75% del año.



Critica personal: Considerando que la planta total tiene 3400m² (50m x 60m²) y que las dos torres tienen 800m² cada una, resta una superficie de 1800m² del atrio central en planta baja que recorre en altura los 16 pisos de las torres. Es grandiosa la idea de crear visuales hacia un amplio atrio y permitir a las oficinas respirar hacia este espacio. De todos modos, considero excesiva la pérdida de más del 50% de la superficie en cada planta de oficinas por tener dicho espacio central.

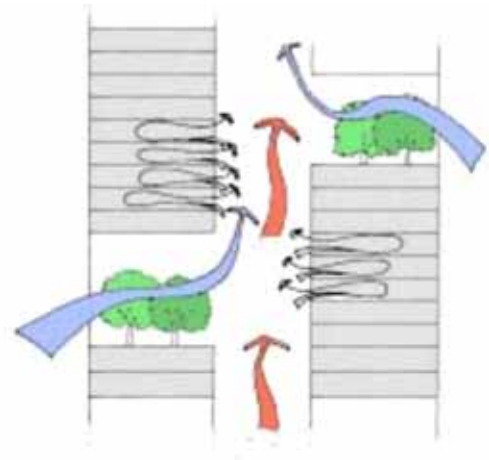
- Headquarters of Commerzbank



Vista aérea



Jardín interno



Ventilación

Arquitecto: Foster and Partners

Ubicación: Frankfurt

Año de construcción: 1994 - 1997

Nº de plantas: 53

Superficie de planta: 86,000 m²

Altura máxima: 300m

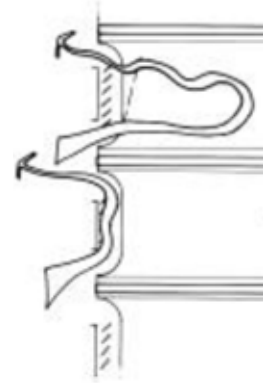
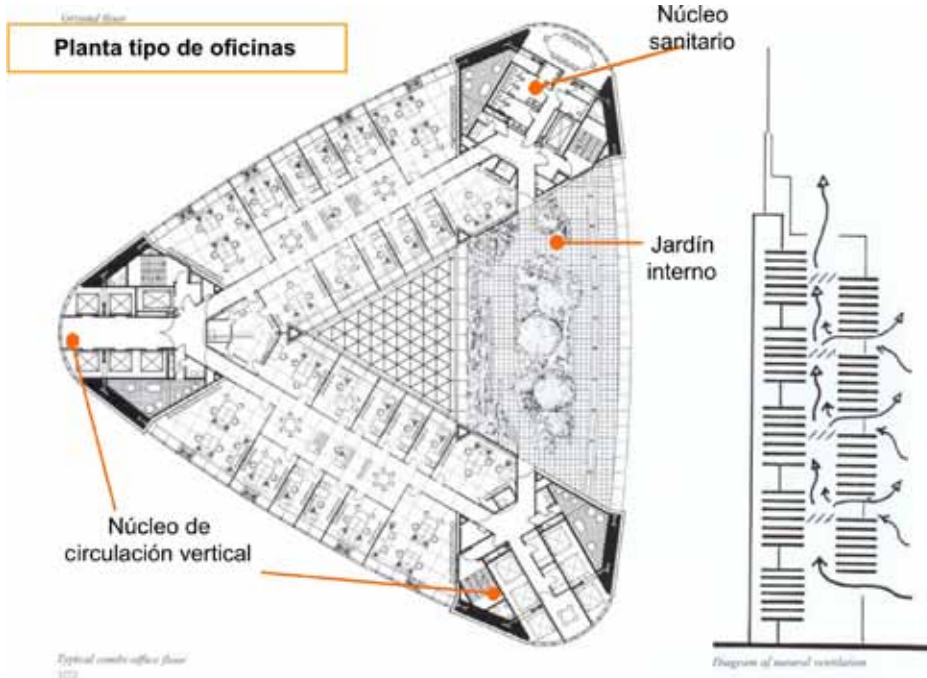
Tipo de fachada: Tipo shaft-box. Consiste en una fachada tanto interna como externa con ventanas abribles.

Ventilación del espacio intermedio: Se utilizaron dos variaciones para lograr una ventilación natural en las oficinas: como una doble fachada y como un jardín de invierno.

Tipo de muro cortina: La piel exterior consiste de paños de 1,40m x 2,25m de vidrio templado de 8mm. Las aberturas de ventilación de 12 cm de alto fueron colocadas en la base y culminación del vidrio. Estas aberturas están siempre abiertas.

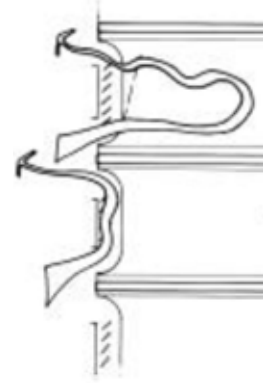
Sistema de sombreado: Los parasoles se colocaron dentro del espacio intermedio de las pieles.

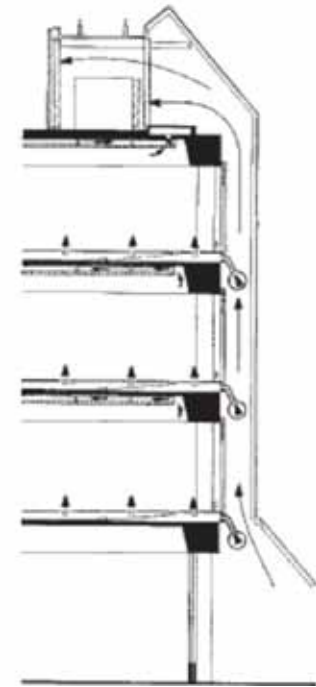
Sistema HVAC: En invierno la piel interna permanece cerrada y funciona un sistema de aire acondicionado **(A)**. La ventilación del espacio intermedio continúa funcionando ya que las aberturas de la piel externa no son ajustables. En cambio en verano, las ventanas internas se abren para lograr una ventilación natural de las oficinas **(B)**.



Critica personal: Al igual que el ejemplo anterior, creo que con la construcción del atrio central sumado a los patios intermedios, se pierde un gran porcentaje de la superficie útil. De todas formas, es importante el hecho de reducir la necesidad de luz artificial incorporando al edificio los jardines internos. Al mismo tiempo, dichos jardines permiten vistas continuas hacia espacios abiertos, que indudablemente mejoran la calidad de trabajo dentro del edificio.

En cuanto al sistema de ventilación del espacio intermedio, mientras en invierno la piel interna permanece cerrada, el recorrido del flujo del aire parece acertado **(A)**. Por otro lado, en verano cuando las ventanas internas se abren **(B)**, resulta teórico el recorrido del flujo del aire en el sentido que considero difícil que el aire entre, recorra la habitación íntegramente y luego salga; renovándose continuamente la totalidad del aire dentro de la oficina. Sí es probable que se verifique una buena ventilación, pero siempre a una determinada distancia de la doble piel de vidrio.



INGLATERRA**Briarcliff House**

Arquitecto: Arup Associates

Ubicación: Farnborough

Año de construcción: 1978-1983

Nº de plantas: 4

Tipo de fachada: Predominantemente es una fachada activa de múltiples pisos.

Ventilación del espacio intermedio: El espacio intermedio está ventilado de forma mecánica. En períodos de alta radiación solar, el calor que es absorbido por los parasoles, se remueve por ventilación.

Tipo de muro cortina: Piel externa de doble vidrio de 10mm de espesor, un espacio intermedio de 150mm y una piel interna de vidrioado simple. El objetivo principal de esta doble piel es proteger al edificio de los ruidos externos ya que el aeropuerto se encuentra muy cerca al mismo.

Sistema de sombreado: Persianas venecianas de control automático fueron instaladas en el espacio intermedio.

Sistema HVAC: La fachada activa es combinada con una unidad manual de aire para proveer confort térmico, mientras la ventilación es utilizada para el control de la humedad y calidad de aire interno.

BÉLGICA**- Aula Magna**

Arquitecto: Samyn & Partners

Ubicación: Luvain

Año de construcción: 1996

Superficie de planta: 2232m² (31m x 72m)

Tipo de fachada: Fachada sin divisiones horizontales – de múltiples pisos.

Ventilación del espacio intermedio: No hay interacción entre el aire utilizado para la ventilación del edificio y el de la venti-

lación de la fachada. Esta última es ventilada naturalmente, no hay ventiladores mecánicos que ayuden al sistema natural. Cuando la temperatura del espacio intermedio excede los valores preestablecidos, se abren ventanas motorizadas en la base y en la culminación de la fachada.

Tipo de muro cortina: Tanto la fachada interna como la externa tienen doble vidrio. El espacio intermedio posee 70mm de ancho. El sistema de control solar fue instalado dentro del espacio intermedio.

Sistema de sombreado: Persianas venecianas instaladas cerca de la piel interior.

Sistema HVAC: Todo el edificio está equipado con sistemas de ventilación mecánica.

NORUEGA

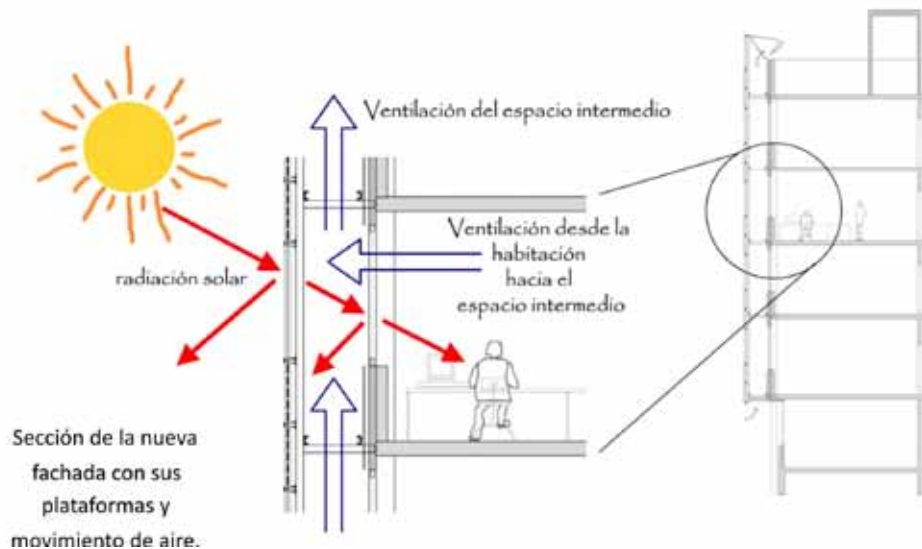
- Universidad de Noruega

Basada en células solares fotovoltaicas, la fachada de la Universidad de Noruega combina un sistema de doble piel con un sistema fotovoltaico integrado y por lo tanto puede producir tanto electricidad como calor.

Edificio existente de la Universidad de Noruega

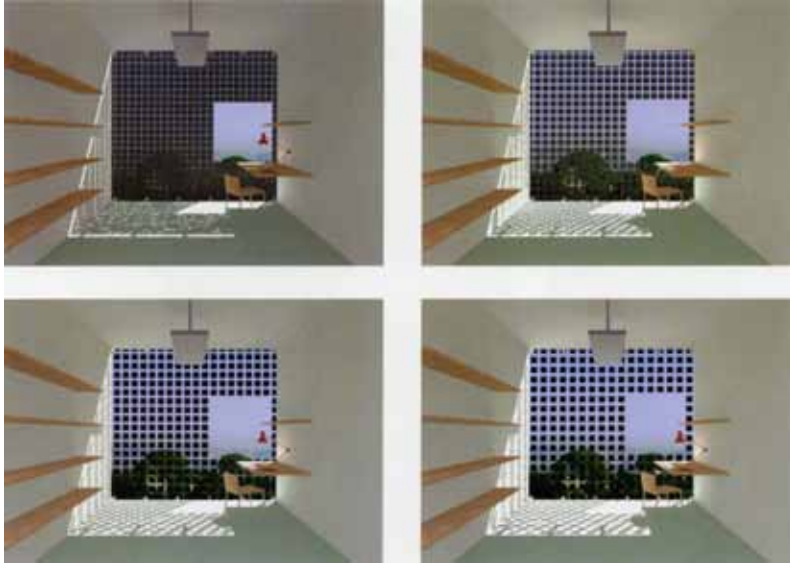


Diseño de la fachada propuesta



Aplicando células fotovoltaicas a la envolvente de un edificio que se ubica a altas latitudes, la radiación solar absorbida será muy parecida a la de aquellas células orientadas para la máxima radiación.

En este caso, las células fotovoltaicas han sido integradas a la piel externa.



Cabe destacar que aproximadamente el 15% de la radiación solar es transformada en electricidad y que además las células producen sombra sobre el interior del ambiente para el sol del verano.

Es interesante ver los estudios que han hecho con modelos en 3d para evaluar distintas alternativas. Una consideración importante fue el efecto del espaciado entre las células, ya que influye directamente sobre el interior de los ambientes.

La doble piel fue construida con paneles de vidrio montados en una estructura de aluminio. La piel exterior se constituye de montantes verticales de acero, que a su vez están conectadas a las losas del



edificio existente. Se instalaron pasarelas en cada piso para conseguir un óptimo monitoreo, mantenimiento y limpieza.

El espacio intermedio de 80cm es ventilado mediante ventanas ubicadas en la parte superior e inferior de la fachada y controladas mecánicamente por sensores de temperatura.

Una preocupación latente fue la seguridad en cuento al fuego, por el problema de la propagación a través del espacio intermedio. Por ello, los diseñadores decidieron instalar un sistema de detectores y rociadores dentro del espacio intermedio.



8. Estudio de proyecto: escuela tecnológica en Torino - Italia

“Una escuela con 12 aulas, gimnasio, comedor y la última tecnología para ahorrar energía” fue la consigna que introdujeron en la cátedra de proyecto tecnológico en Italia, para suplantar a una vieja escuela que había en Torino.

Objetivos y alcances del estudio

Este será un ejercicio sobre la doble piel del hall principal de la escuela, con un nivel de anteproyecto, analizando la implantación, los materiales y estudiando el comportamiento térmico mediante un software de cálculo. Será un estudio desde el punto de vista del diseño, sabiendo que el próximo paso necesitaría del apoyo de especialistas para los ensayos y cálculos de mayor profundidad de la doble piel.

Implantación de la escuela

Comenzamos por un estudio de sombras y vientos, lo cual tenía como objetivo ubicar la zona más favorable del terreno.





Como se puede observar en los gráficos, la sombra de verano no afecta a la escuela. Por otro lado, en invierno los edificios dan sombra a una parte del terreno. Por lo tanto la escuela se tratará de ubicar donde haya menos superficie en sombra.

En cuanto al viento, preocupa más el invierno, que es cuando la escuela será utilizada; ya que en verano cierra sus puertas. El sector más perjudicado (viento del nor-oeste) será tema de estudio para la implantación del edificio.

Una vez ubicada la zona más favorable del terreno, comenzamos a proyectar el edificio. La idea principal fue otorgar cierta privacidad y seguridad a los usuarios de la escuela, es decir a los alumnos. Para ello, se separó el edificio de la calle por medio de un jardín. De esta forma se logra también reducir el nivel de ruidos de la calle.

Mediante el mismo recurso, se planteó utilizar el parque ubicado a la izquierda del terreno (mirando desde la calle) para crear un acceso verde a la escuela. Este parque no forma parte del terreno, pero la propuesta nace con la idea de generar un ambiente natural alrededor de la escuela.

El proyecto

Como veremos a continuación, el edificio se implanta con forma de "L", con dos volúmenes que se interponen. La "L" se ubica en el sector de menor sombra invernal y a su vez crea una barrera contra la estela de viento que se produce por los edificios del entorno.

El edificio consta de tres plantas organizadas alrededor de una triple altura, que es el corazón del proyecto. En ese espacio central se encuentra la doble piel de vidrio.

En la planta baja se dispone el acceso con un sector de administración y control, una zona de laboratorios, un comedor para la escuela y un gimnasio; unidades que demandaba el programa del proyecto.


En el 1er piso se ubicó la biblioteca, la dirección de la escuela, seis de las doce aulas que pedía el programa y un auditorio.

En el 2do piso se dispusieron las otras seis aulas, destinadas a los alumnos más pequeños.



Se analizaron detalladamente los lugares de paso para no obtener zonas sin uso. De esta forma, si recorremos la escuela veremos que constantemente encontramos zonas de exposiciones destinadas a trabajos de los alumnos, áreas de descanso con sillones y máquinas expendedoras o mesas para sentarse a tomar algo en los recreos, etc.

PROYECTO ESCUELA


TERRENO ACTUAL







IMPLANTACION DE LA ESCUELA ACTUAL

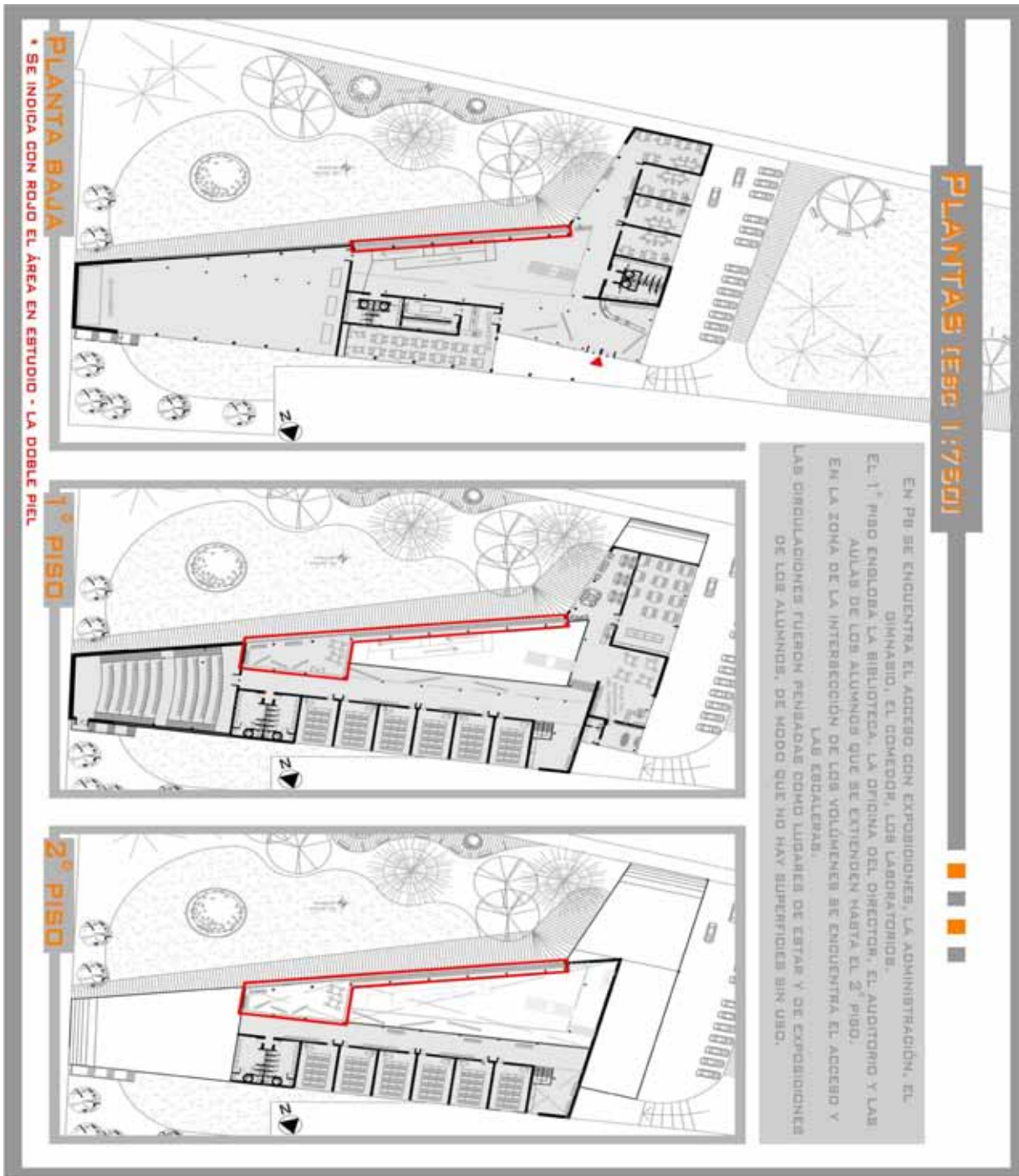


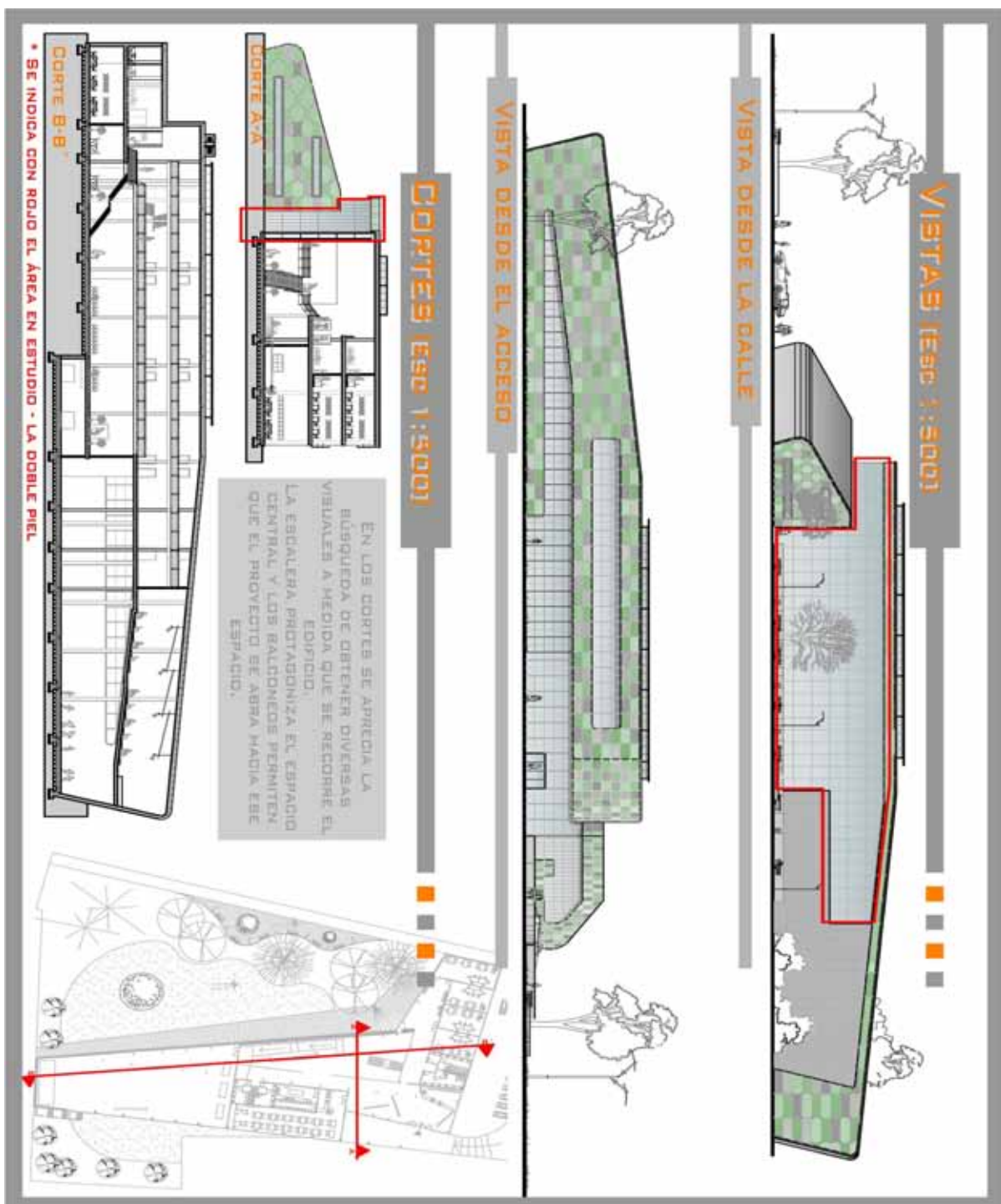
PROPUESTA EN TERRENO
ESP. 1:500



JUEGO FORMAL DE DOS VOLÚMENES ENCASTRADOS QUE DELIMITAN UN JARDÍN. ESTE SEPARA LA VÍA PÚBLICA DEL EDIFICIO.







Estudio de la doble piel

Se estudiarán los diez pasos a resolver en el planeamiento de la fachada que hemos visto previamente.

1ro: Chequear las restricciones

Restricción	Detalle	Solución
Implantación	La escuela está ubicada en Torino y el estudio se realizó en Argentina.	El análisis de los materiales para el diseño de la doble piel se hará en relación a la base de datos del software WIS.
Vientos	La escuela se ubicó en el terreno de manera de crear una barrera contra los vientos, pero la doble piel necesita que haya una buena circulación de aire.	En el caso que sea necesario, se pensará en un sistema de ventiladores para ayudar a la circulación del flujo de aire dentro del espacio intermedio.
Estructura de la doble piel	El anclaje de las dobles pieles normalmente se realiza sobre las losas del edificio. En nuestra escuela, la doble piel se encuentra en el hall central y con una altura de tres pisos.	Se diseñará una estructura independiente de la estructura del edificio y única para las dos pieles.

2do: Determinar el tipo de construcción

La doble piel fue ubicada hacia el sur, donde tenemos el mejor sol, tratándose de Torino.

Las particiones o divisiones de la fachada

Nos encontramos ante un caso de *Fachada tipo múltiples pisos*; donde el espacio intermedio no está dividido entre los diferentes pisos y presenta aberturas de ventilación solo en la base y en la culminación de la fachada. Este caso se asemeja al edificio Nokia House que estudiamos anteriormente.

El espacio intermedio

La cámara es transitable, haciendo más fácil su mantenimiento y/o reparación.

Las pieles

El espacio intermedio separa las dos pieles que, como veremos más adelante, cuentan con estructuras diferentes pero unidas entre sí, de modo de crear una única estructura sólida y autoportante. Tanto en el exterior como en el interior se utilizó un sistema de silicona estructural para crear una superficie limpia, sin perfiles a la vista. La piel exterior cuenta con aberturas en la parte superior e inferior de la fachada y el vidrio elegido fue un laminado de 5+5. Por otro lado, en la piel interior hay ventanas abatibles que permiten la ventilación en verano. El vidrio de la piel interior es un DVH bajo emisivo de 6+8 con cámara de argón de 12 cm.

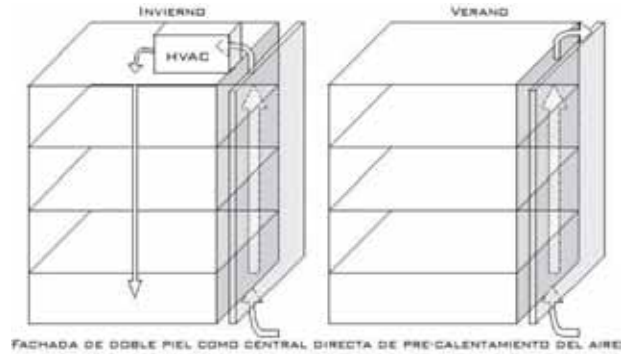
3ro: Asegurar un buen suministro de aire

Tipo de ventilación

La fachada posee un sistema de ventilación natural. Si los cálculos demostraran que no alcanza con una ventilación natural, se podrían incorporar elementos eléctricos para ayudar a la circulación del flujo de aire.

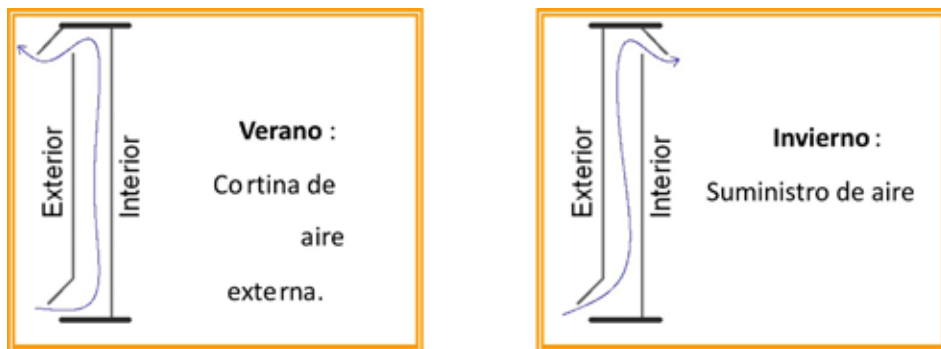
Sistema HVAC

El modo de ventilación es natural, por lo tanto la fachada debe adecuarse a la estación del año para aprovechar el sol de la mejor manera. La fachada funciona como central directa de pre-calentamiento del aire en invierno. Es decir que en esa época del año se cierra la salida superior hacia el exterior de manera de crear un efecto invernadero dentro de la cámara de aire. Este modo de ventilación es del tipo *suministro de aire*, el cual entra en una unidad de tratamiento de aire para luego calefaccionar a los locales. Así, se reducen los equipos de calefacción, ya que el aire se calienta antes de entrar en el edificio.



4to: Evitar el sobre calentamiento del espacio intermedio de la fachada

En verano cuenta con un modo de ventilación del tipo *cortina de aire externo*, ya que el aire ingresa por la parte inferior y egresa por la parte superior, ventilando continuamente la fachada y evitando el sobre-calentamiento de la misma. La doble piel controla la entrada de calor y al mismo tiempo aísla la contaminación acústica que llega desde la calle; permitiendo al mismo tiempo la entrada de luz natural.



5to: Optimizar el flujo de aire

Si bien se plantea una ventilación natural, si fuese necesario se podrán utilizar ventiladores mecánicos para mover mayor cantidad de aire.

6to: Planear las condiciones de operación

Para proveer de aislamiento acústico y térmico en invierno, la fachada interna permanece cerrada, mientras que en verano es posible abrir ventanas para permitir la ventilación. Por otro lado, el sistema de sombreado se dispuso con parasoles móviles. Estos son controlados mediante pistones ubicados en cada módulo (1,50 m) de la fachada.

En las últimas cuatro etapas del estudio, intervienen los especialistas para calcular, dimensionar, verificar y ensayar la doble piel de vidrio. Es este el momento para hacer tests de simulación y prueba.

Por último, pero no menos importante cabe destacar que es necesario incorporar al usuario constantemente alrededor de todas las etapas para entender qué esperan de la doble piel. Todos deben involucrarse en el diseño de la misma.

7mo: La construcción del todo

En la fase de diseño de un edificio con sistema de fachada de doble piel de vidrio, es fundamental prever el rendimiento energético de la fachada. La posibilidad de modelar una fachada con programas de simulación tiene un rol importante y permite confrontar diversos conceptos de diseño.

Preanunciar el rendimiento energético de una doble piel de vidrio ventilada es una cuestión compleja donde interactúan el proceso térmico y el desenvolvimiento del flujo de aire. Estos procesos dependen de la geometría, las propiedades termo-físicas, ópticas y la aerodinámica de los componentes de la fachada.

Con el software WIS, se puede predecir el rendimiento térmico y solar de una fachada de doble piel de vidrio.

8vo: Poner las dimensiones a prueba

Con el software WIS veremos como se comporta la fachada propuesta con sus dimensiones y características.

Confrontaremos la fachada ventilada naturalmente con la de ventilación forzada y veremos los resultados de los reportes.

Primero se decide el ambiente donde está ubicada la fachada. En este estudio, se hará el cálculo en las siguientes condiciones:

- *En invierno:*

Correspondiente a diciembre: con una temperatura externa de 0°C, una temperatura interna de 20°C y una radiación solar de 50w/m2 (cielo cubierto), 300 w/m2 (cielo intermedio), 600 w/m2 (cielo sereno).

Correspondiente a octubre/febrero: Con una temperatura externa de 10°C y las mismas condiciones de radiación que en diciembre.

- *En verano:*

Correspondiente a julio: con una temperatura externa de 35°C, una temperatura interna de 26°C y una radiación solar de 600w/m2 (cielo sereno).

Luego se define la estratigrafía de la fachada. En este ejercicio se asumirá una fachada compuesta (desde el exterior al interior) por: un vidrio laminado de 10mm de espesor; una cámara de aire de 150mm de ancho; un sistema de parasoles; otra cámara de aire de 600mm de ancho; y un vidrio bajo emisivo de 6+8 con cámara de argón de 12mm, que mejora el aislamiento térmico de la fachada, reduciendo la dispersión de calor.

Posteriormente se hace el cálculo, y éstas son las tablas con los resultados de los reportes:

Cálculo para la fachada con una ventilación forzada en invierno:

DATOS DEL REPORTE		Invierno						Verano
		Diciembre			Octubre/Febrero			600 w/m2
		50 w/m2	200 w/m2	500 w/m2	50 w/m2	200 w/m2	500 w/m2	
Ventilación		Forzada	Forzada	Forzada	Forzada	Forzada	Forzada	Natural
Valor U = W/(m2.k)		1,599	1,599	1,599	1,604	1,604	1,604	1,683
Factor solar (g)		0,153	0,155	0,151	0,155	0,153	0,152	0,134
Temperatura sobre la superficie externa (°C)		1,5	4,6	10,5	11,3	14,2	20,0	42,0
Temperatura sobre la superficie interna (°C)		17,9	19,4	22,2	19,2	20,6	23,5	31,0
Temp. a la salida (°C)	gap 2	3,000	8,500	18,202	12,376	17,480	27,099	40,50
	gap 3	5,410	9,260	22,060	13,399	18,833	30,271	39,50
Velocidad del aire (m/s)	gap 2	0,133	0,130	0,130	0,133	0,133	0,133	1,30
	gap 3	0,033	0,030	0,033	13,399	0,033	0,033	0,22
Flujo el aire (dm3/s)	gap 2	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	195,80
	gap 3	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	137,00

Cálculo para la fachada con una ventilación natural:

DATOS DEL REPORTE		Invierno						Verano
		Diciembre			Octubre/Febrero			600 w/m2
		50 w/m2	200 w/m2	500 w/m2	50 w/m2	200 w/m2	500 w/m2	
Ventilación		Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Valor U = W/(m2.k)		1,660	1,660	1,660	1,651	1,651	1,651	1,683
Factor solar (g)		0,135	0,135	0,136	0,140	0,141	0,132	0,134
Temperatura sobre la superficie externa (°C)		1,0	2,9	6,5	10,9	12,9	16,2	42,0
Temperatura sobre la superficie interna (°C)		17,5	18,6	20,6	19,0	20,1	21,7	31,0
Temp. a la salida (°C)	gap 2	1,111	2,660	5,432	11,030	12,825	15,091	40,50
	gap 3	1,780	2,587	3,336	11,258	11,790	14,052	39,49
Velocidad del aire (m/s)	gap 2	0,637	1,016	1,473	0,584	1,007	1,369	1,31
	gap 3	0,163	0,194	0,217	0,132	0,154	0,234	0,23
Flujo el aire (dm3/s)	gap 2	95,5	152,4	220,9	87,6	151,0	205,3	195,82
	gap 3	97,7	116,2	130,1	78,9	92,2	140,3	137,03

9no: Integrar al cliente en el proceso de planeamiento y 10mo: Tomar el control de los mecanismos

En todos estos pasos se debe integrar al cliente y al futuro cliente con los planificadores y la empresa constructora. Obviaré este punto porque el proyecto no es real y por lo tanto no hay un cliente real.

Conclusiones del estudio

Respecto al control térmico y solar, debemos primero definir el Valor "U" y el Factor solar (g).

Valor "U": La transmitancia térmica U es el flujo de calor medio que pasa, por metro cuadrado de superficie, a través de una estructura que delimita dos ambientes de temperaturas diversas. Como el objetivo del ahorro energético es minimizar la dispersión de calor, es necesario que los elementos de la envolvente del edificio tengan un valor bajo de transmitancia térmica, y de esa forma reducir la cantidad de calor disperso.

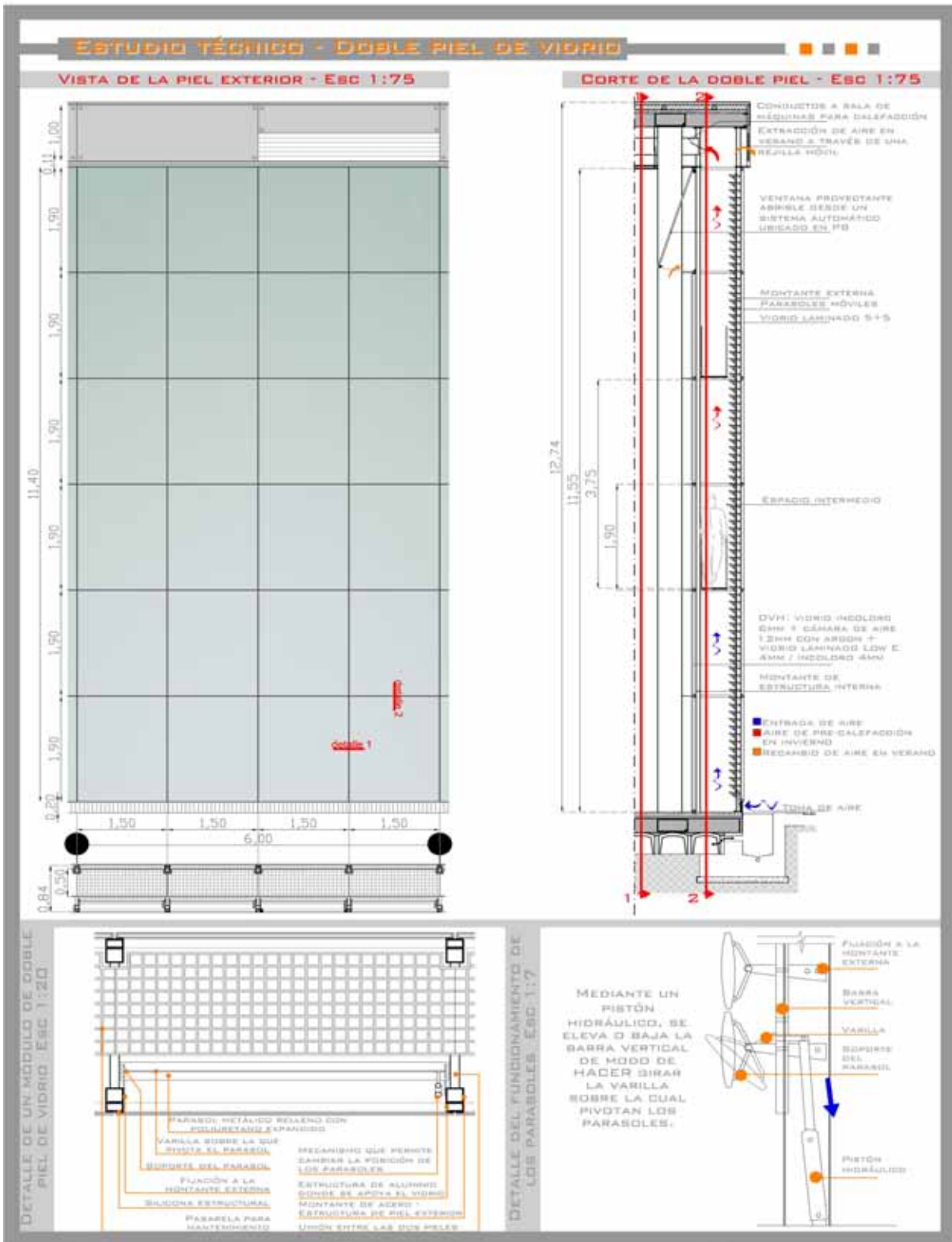
Factor solar (g): Es la relación entre la energía térmica proveniente del sol y que entra al interior, y la energía que llega a la superficie externa. Como índice porcentual, el factor solar es útil para evaluar la prestación energética de un elemento vidriado, sobretudo en el caso de vidrios con control solar. A menor valor "g", mayor protección solar tendrá ese elemento. Se usa un bajo "g" cuando es necesario evitar el sobre calentamiento y disminuir la captación solar en verano.

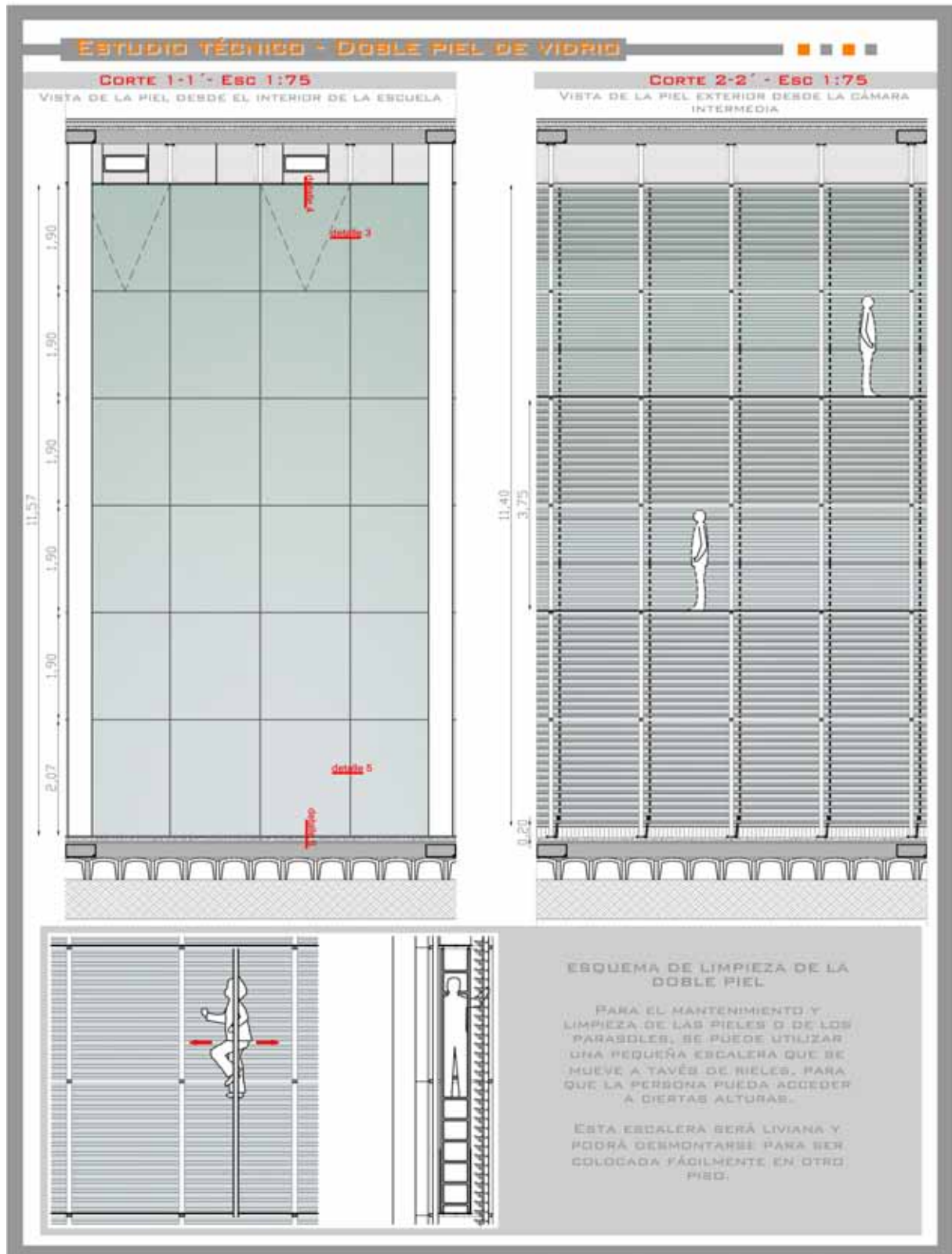
Entonces, vemos que el resultado sobre el control térmico es muy favorable tanto en invierno como en verano. Si además comparamos los dos tipos de ventilación, vemos que conviene tener una fachada con ventilación forzada ya que el valor "U" es más bajo.

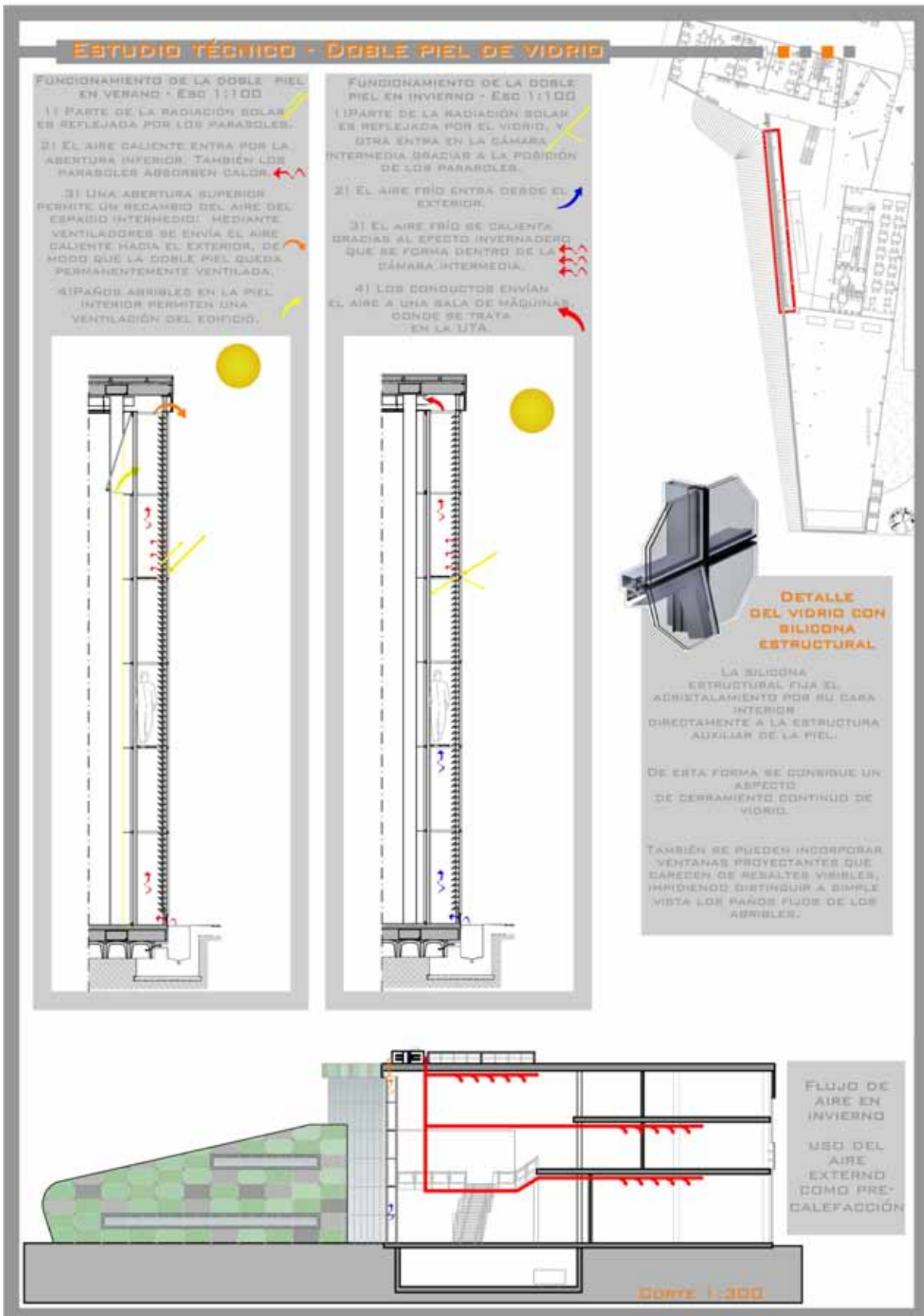
Contrariamente, el factor solar es un poco más alto en la fachada de ventilación forzada.

Confrontando las temperaturas a la salida, podemos señalar que la posibilidad de recuperación térmica con una ventilación natural en diciembre es prácticamente nula, mientras que mejora en las estaciones medias. Asimismo, con una ventilación forzada, se potencia la posibilidad de la recuperación térmica.

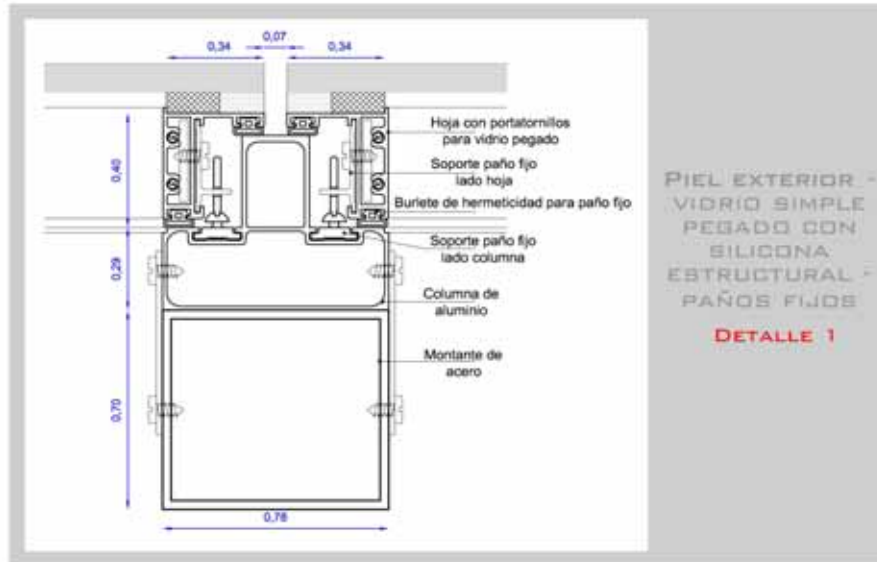
Con relación al confort interno, si examinamos las temperaturas sobre la superficie interna, se puede probar que los valores son muy buenos tanto en invierno como en las medias estaciones, mientras que en el período estival son un poco más altos aunque no excesivos.





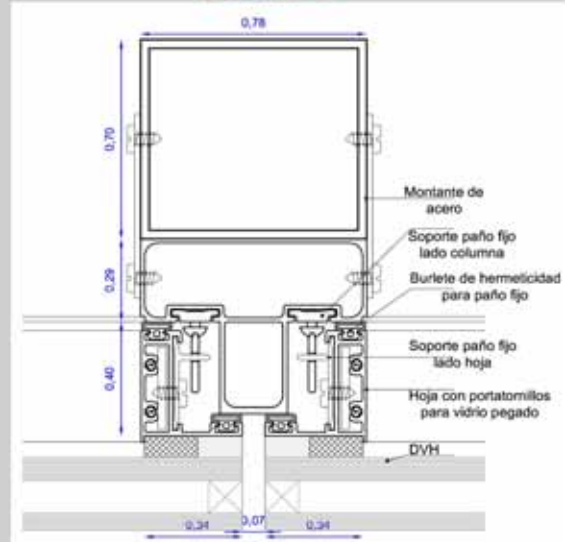
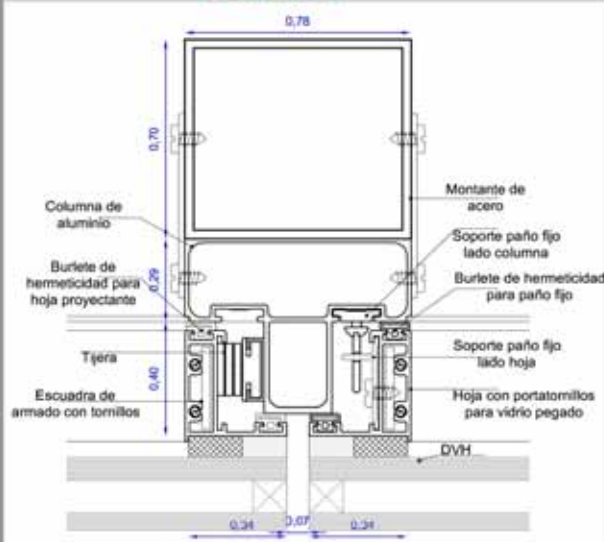


DOBLE PIEL DE VIDRIO - DETALLES CONSTRUCTIVOS
SECCIONES HORIZONTALES - EBO 1:2

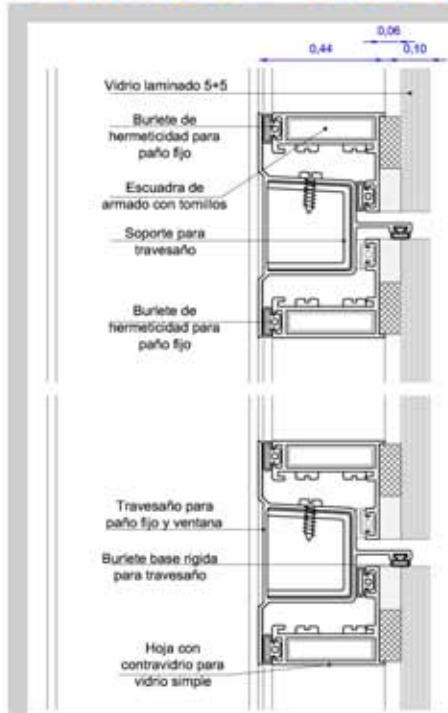


PIEL INTERIOR - DVH PEGADO CON SILICONA ESTRUCTURAL - VENTANA PROYECTANTE
DETALLE 3

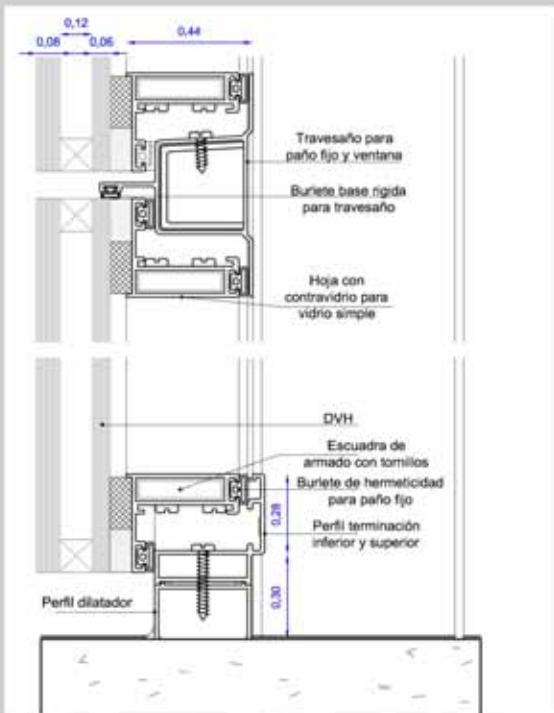
PIEL INTERIOR - DVH PEGADO CON SILICONA ESTRUCTURAL - PAÑOS FIJOS
DETALLE 5



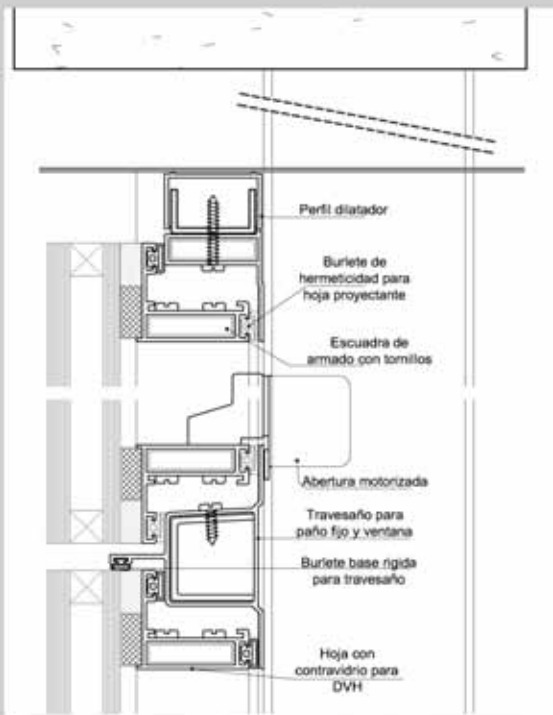
DOBLE PIEL DE VIDRIO - DETALLES CONSTRUCTIVOS
SECCIONES VERTICALES - ESO 1:2



PIEL EXTERIOR - VIDRIO SIMPLE PEGADO CON SILICONA ESTRUCTURAL - PAÑOS FIJOS
DETALLE 2



PIEL INTERIOR - DVH PEGADO CON SILICONA ESTRUCTURAL - VENTANA PROYECTANTE
DETALLE 4



PIEL INTERIOR - DVH PEGADO CON SILICONA ESTRUCTURAL - PAÑOS FIJOS
DETALLE 6

9. Conclusiones

Con los cristales de última generación los proyectistas de los edificios vidriados ya no tienen que preocuparse por los efectos del sol. Los nuevos vidrios con recubrimientos de baja emisividad, los cristales de alto rendimiento, las serigrafías cerámicas y los paneles de doble vidriado hermético con gas en su interior son las últimas herramientas que controlan el calor solar que ingresa a un edificio.

La principal desventaja de las fachadas de vidrio es que producen grandes pérdidas de calor en invierno y sofocantes ganancias térmicas durante el verano. Ambos defectos producen un alto consumo de energía para acondicionar los ambientes.

Para detener la radiación solar sin perder la transparencia y la luminosidad que generan las fachadas de vidrio, varios diseñadores están experimentando el sistema de doble piel de vidrio. Hoy en día la doble piel está revolucionando el concepto del tradicional curtain-wall.

El sistema de doble piel depende mucho de las condiciones exteriores de temperatura, radiación solar, ya que influyen en el ambiente interior. Es obvio que la fachada debe ser diseñada para ciertos tipos de lugares y la orientación de la misma es muy importante para que el sistema sea satisfactorio. Por otro lado, el diseño requiere conceptos integrados de energía, que permiten una interacción entre el medio ambiente y los servicios del edificio. Esto conlleva a un aumento de la complejidad en el diseño, lo cual debe ser enfrentado con un planeamiento interdisciplinario entre arquitectos, diseñadores de fachada, ingenieros y usuarios del edificio.

La geometría del espacio intermedio resulta primordial en la fachada de doble piel, ya que influye en el flujo de aire y la temperatura a diferentes alturas del edificio. Asimismo, la elección del tipo de vidriado y parasoles es crucial para el funcionamiento de la fachada. Diferentes vidriados pueden influir en la temperatura del aire y por ende en el flujo de aire en caso de una fachada ventilada naturalmente. La geometría y propiedades de los parasoles también afectan al flujo de aire dentro del espacio intermedio. No se debe pasar por alto el tipo, tamaño y posición de las aberturas internas o externas del espacio intermedio, ya que influyen al tipo de flujo de aire, a su velocidad, y por ende a la temperatura dentro del espacio intermedio. El diseño de las aberturas es fundamental para el confort interno de los usuarios. Es de suma importancia entender el funcionamiento del sistema de doble piel estudiando las características físicas del espacio intermedio. La geometría de la fachada, la elección de los paños de vidrio y parasoles, el tamaño y posición de las aberturas determinan el uso de la fachada de doble piel y la estrategia de HVAC para mejorar el ambiente interno reduciendo el uso de energía. El diseño individual de la fachada y una buena integración es la clave para un buen rendimiento.

Las opiniones sobre la construcción y el mantenimiento de la fachada resulta a veces contradictorio. En algunos documentos, el sistema de doble piel es denominado "fachada de ahorro de energía". En otros, la energía que se consume durante el uso del edificio y por ende el costo, son señalados como la mayor desventaja.

Sin ninguna duda, la construcción y el mantenimiento de la fachada de doble piel de vidrio es mayor a una fachada simple (de una sola piel). De todos modos, si la fachada está diseñada correctamente, es posible reducir el consumo de energía, mayormente de calefacción, acondicionamiento y ventilación del edificio.

La doble piel de vidrio es un sistema tecnológico relativamente nuevo y por lo tanto representa un campo de investigación que influye a todos en el proceso de construcción del edificio. Sin embargo las últimas experiencias llevadas a cabo en los países desarrollados han demostrado que los sistemas de doble piel permiten ahorros de hasta 30% en el consumo energético de un edificio. De todos modos, actualmente, la variedad de ejemplos de doble piel de vidrio demuestra que no existe un sistema "ideal" y que para cada proyecto se necesitan verificar los parámetros de manera de encontrar una solución apropiada. De hecho en el proyecto de la escuela, la doble piel podría haber sido diseñada de otra forma, con la elección de otros cristales, con otra distancia entre pieles o con la utilización de otro tipo de parasoles, por nombrar algunos ejemplos. O quizás si se cambia la altura total de la superficie vidriada, variaría también el flujo de aire. Asimismo, cambiarían los resultados si la escuela fuera ubicada en otro lugar que no sea Torino.

Con ello quiero destacar que cada doble piel construida es una prueba en sí misma. Es decir que no se llegó a una sistematización como sí se ha establecido con el muro cortina. Viendo los edificios construidos hasta el día de hoy, se puede decir que es temprano sacar conclusiones para saber si el diseño funcionó como lo previsto. Para ello habría que medir el gasto energético en la producción de la doble piel así como en el mantenimiento o uso de la misma; mediante el monitoreo y estudio de los edificios. Asimismo, la falta de procedimientos normalizados de cálculos para determinar el rendimiento energético de la doble piel, conlleva a que cada proyectista desarrolle su propio sistema de procedimiento.

De todos modos, no debemos dejar de investigar y experimentar este tipo de tecnologías que permiten

obtener edificios más “amigables” con el medio ambiente. Es necesario que terminemos de tomar conciencia sobre la importancia del cuidado de nuestro planeta; que si bien suele ser el disparador principal al momento de proyectar, muchas veces terminan siendo sólo palabras. Debemos estudiar las diferentes técnicas y tecnologías que se están utilizando en el extranjero para incorporarlas apropiadamente en nuestro país.

10. Bibliografía

Libros:

- Oesterle, Lieb y Lutz, Heusler: **“Double skin facades – Integrated Planning”** - Editorial Prestel.
- Carlos J. Vial: **“Un Vitruvio Ecológico: Principios y practica del proyecto arquitectonico sostenible”** – Editorial CSCAE
- Leonard Bachean: **“Integrated buildings – The systems basis of architecture”** – Editorial John Wiley & sons, inc.

Archivos del Belgian Building Research Institute:

- Loncour, Flamant, Wouters, L'heureux : **“Ventilated double facades – Real-scale testing of ventilated double skin facades”**
- Loncour, Deneyer, Blasco, Flamant, Wouters: **“Ventilated double facades – Classification and illustration of facade concepts”**
- Loncour, Flamant, Wouters: **“Performance assessment of active facades in outdoor test cells”**
- Loncour, Blasco, Flamant, Wouters: **“Impact of double ventilated facades in buildings”**

Archivos de la provincia de Torino:

- “Redazione dell'allegato energetico ambientale tipo ai regolamenti edilizi dei comuni della provincia di torino.”

Archivos de diversas universidades:

- Bodart Magalie, Gratia Elisabeth: **“Bibliography study of control strategies in buildings equipped with ventilated double skin facades”** – Université Catholique de Louvain (UCL).
- Bodart Magalie, Gratia Elisabeth: **“Ventilated double facades project: Maintenance and durability of ventilated double facades”** – Université Catholique de Louvain (UCL).
- Wendy Meguro: **“Beyond blue and red arrows: Optimizing natural ventilation in large buildings”** – University of Hawaii
- **“The tectonics of the environmental skin”**; University of Waterloo School of Architecture
- **“Best practice for double skin facades”**; Graz University of Technology
- Jui-Chen Chang: **“Effectiveness and performance of double-skin airflow facades”** – Massachusetts University of Technology
- Daniel Arons: **“Properties and applications of double skin facades”** – Master de ciencias sobre la tecnología en edificios – Massachusetts Institute of Technology.
- Andreotti, Giulia: **“Genesi e generazione delle facciate a doppio involucro. Analisi critica dei sistemi disponibili allo stato attuale delle conoscenze”**, Tesis de Doctorado en Tecnología de la arquitectura, Università degli studi di Firenze.
- Harris Poirazis: **“Double skin facades for office buildings”** – Tesis de la Universidad de Tecnología de Lund.
- Florencia Galvani: **“El aspecto sustentable de la piel en edificios inteligentes”** – Tesis de la Universidad de Belgrano.

Publicaciones en diarios:

- Diario Clarín (Argentina): **“El control solar en los edificios”** – Publicación: 18/12/2000
- Diario El Mercurio (Chile): **“Edificios de oficinas: La segunda piel llega para quedarse”** – Publicación: 19/04/2007

Internet:

- http://dspace.mit.edu/search?rpp=10&etal=0&query=double+skin+facade&page=2&order=DESC&sort_by=0

- <http://designadvisor.mit.edu/design/>
- <http://web.mit.edu/>
- www.focchi.it/tecnologia/doppia-pelle/
- http://dspace.mit.edu/search?rpp=10&etal=0&query=double+skin+facade&page=2&order=DESC&sort_by=0
- <http://designadvisor.mit.edu/design/>
- <http://web.mit.edu/>
- www.Glassfiles.com
- www.construmatica.com
- www.stadtfor.de
- www.murocortina.es
- <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2516>
- www.torinoenergiambiente.com/ITA/index.aspx
- www2.ebd.lth.se/ebdhome/avd_ebd/main/personal/Project_home_page/default.html
- www.autorita.energia.it/docs/riferimenti/legge_10_91.htm
- www.ape.ud.it/?page_id=138
- www.aluar.com.ar

