



## **Análisis de la ubicación de aberturas en la ventilación de viviendas**

**Autor:** Margarita Arroba Fernández

**Institución:** IE Universidad

## Resumen

Al realizar las instalaciones de ventilación de viviendas siguiendo el Código Técnico de la Edificación (en su Documento Básico HS-3), se ubican las aberturas de toma de aire, paso y extracción prácticamente siempre de la misma forma:

- Entrada en la parte alta de una pared exterior (por encima de 1,80 m según normativa).
- Paso en la parte inferior de las puertas.
- Extracción en la parte superior de las paredes de las zonas húmedas.

Sin embargo, ¿son estas ubicaciones siempre las más adecuadas independientemente de la climatología exterior o de los contaminantes que se han generado en el interior de los locales?

Un análisis energético (exterior más frío o más cálido que el interior, necesidad de calefacción o refrigeración) y de calidad del aire permite cuestionar estas ubicaciones en muchos lugares y situaciones de contaminación interior.

La presente comunicación pretende efectuar un estudio de las ubicaciones óptimas en función de dicho análisis.

**Palabras clave:** Calidad del aire, ventilación, ahorro energético, refrigeración pasiva

## Introducción

El desarrollo técnico que han sufrido en las últimas décadas las carpinterías de las ventanas, buscando la minoración de las pérdidas térmicas a través de las mismas y las infiltraciones incontroladas de aire exterior, ha tenido, sin embargo, una imprevista consecuencia perniciosa: la estanqueidad de nuestros edificios se ha incrementado hasta extremos desconocidos.

Si unimos este considerable grado de estanqueidad a las modalidades actuales de tipo de vida, en que se permanece en el hogar mucho menos tiempo y, por ende, se dedica también mucha menor atención a las tareas domésticas cotidianas, la consecuencia es que las viviendas actuales adolecen de una desagradable falta de ventilación, sobre todo, en las localidades de clima más frío. Las consecuencias en estos casos se traducen, no sólo en un considerable empeoramiento de la calidad del aire interior de nuestros hogares, sino en la aparición de condensaciones, tanto intersticiales como superficiales, en las áreas más frías del cerramiento de dichas viviendas y, en los casos más graves, las consiguientes patologías.

Para paliar los efectos de este fenómeno, el Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico HS3, obliga a incorporar a las viviendas un sistema de ventilación constante –las veinticuatro horas del día–, de tipo híbrido o mecánico (en punto 1 del apartado 3.1.1 de dicho Documento Básico, descarta taxativamente la ventilación sólo natural, infiriendo, bajo mi punto de vista correctamente, que por una parte la cantidad de ventilación dependerá de un usuario que generalmente ignora los problemas que pueden presentarse con poca ventilación y, por otra parte, que en los tradicionales shunts, el tiro de aire no está garantizado en todas las épocas del año pudiéndose producir tiro insuficiente, nulo o incluso inversión del tiro).

Dicho sistema de ventilación se basa en la instalación de una serie de entradas de aire desde el exterior a los locales secos de la vivienda, –permanentemente abiertas–, otra serie de aperturas de paso entre estas estancias secas y las áreas de comunicación y entre las áreas de comunicación y las zonas húmedas y, finalmente, una serie de aperturas de extracción forzada o híbrida ubicadas en las zonas húmedas.

Estas aberturas de toma de aire, paso y extracción se ubican prácticamente siempre de la misma forma:

- Entrada en la parte alta de una pared exterior (por encima de 1,80 m según el punto 1.e del apartado 3.1.1 del DB–HS3 del Código Técnico de la Edificación, normativa actualmente vigente en España al respecto).
- Paso en la parte inferior de las puertas.
- Extracción en la parte superior de las paredes de las zonas húmedas.

Sin embargo, los flujos de aire no son iguales con diferentes relaciones de temperaturas interior-exterior y las necesidades de extracción pueden requerir que se extraiga el aire de la parte inferior de los locales si los contaminantes existentes fueran más densos que el aire de la zona.

Asimismo, esta ubicación de aperturas puede interferir en el funcionamiento de diversas estrategias bioclimáticas de calefacción o refrigeración pasiva, impidiendo en funcionamiento correcto de la calefacción/refrigeración pasivas, de la ventilación o de ambas.

En estos casos debería modificarse la ubicación de las aberturas de esta instalación adaptándose a los lugares más idóneos.

## 1. Análisis de los posibles contaminantes habituales en las viviendas

Se denomina *contaminante* a cualquier sustancia o forma de energía que potencialmente pueda producir riesgos, daños o molestias graves a las personas, ecosistemas o bienes en determinadas circunstancias.

Tanto los contaminantes procedente del exterior como los generados en el interior del edificio se denominan primarios si son vertidos directamente a la atmósfera o secundarios si su presencia en la atmósfera surge como consecuencia de transformaciones o reacciones químicas y fotoquímicas efectuadas entre los contaminantes primarios.

La concentración máxima o umbral permitido de los posibles contaminantes se ha determinado generalmente en ambientes industriales o en la atmósfera exterior, donde dichas concentraciones son más altas y, por tanto, peligrosas. Sin embargo, aunque en los edificio climatizados no industriales esos umbrales máximos no se suelen generalmente superar (efectuando la salvedad de que hoy en día se ha verificado que el aire interior de edificios de oficinas de mediano tamaño, grandes centros comerciales o de espectáculos, centros sanitarios, recintos lúdicos-deportivos, etc., puede estar más contaminado que el aire de las ciudades más industrializadas, y de que contaminantes como el radón o los formaldehídos se encuentran casi exclusivamente en el aire interior, mientras que en el aire exterior presentan concentraciones prácticamente despreciables), lo cierto es que la presencia de dichas sustancias sigue afectando de forma importante a los ocupantes. Se considera que esto es debido al efecto sinérgico que se da con la presencia simultánea de varios contaminantes, lo que ocasiona que no sea necesario superar el umbral máximo permitido de ningún contaminante para que se presente el síndrome del edificio enfermo. Éste es el motivo de que sea muy difícil determinar la causa exacta que produce la enfermedad del edificio.

Los seres humanos perciben la calidad del aire mediante dos sentidos: el olfato, situado en la cavidad nasal y que es capaz de percibir miles de olores, y otro sentido que forma parte del tacto, que podríamos denominar químico, y que se encuentra en las mucosas, principalmente las de la nariz y las de los ojos. Este último sentido es sensible a un número también muy grande de sustancias irritantes. La respuesta combinada de ambas sensaciones es lo que determina nuestra percepción de la calidad del aire y es tan potente que, usando ambos sentidos, somos capaces de detectar cerca de medio millón de compuestos químicos.

Hay que tener en consideración que el cuerpo humano tiene un mecanismo de adaptación que hace que nos acostumbremos poco a poco al olor, hasta dejar de percibirlo al cabo de aproximadamente 15 minutos, y lo mismo ocurre, aunque mucho más rápidamente, con la sensación de irritación causada por los diversos contaminantes: las mucosas son desactivadas por el cerebro tras una exposición intensa o prolongada (es un efecto similar al que causa el deslumbramiento perturbador ocular: un exceso de luz provoca una reacción química tan aguda en nuestra retina que el cerebro la bloquea hasta que las sustancias químicas que en ella existen se estabilizan. En ese intervalo dejamos de ver; en nuestro caso, el cerebro mantiene el bloqueo sobre las sustancias químicas de las mucosas generalmente hasta que el estímulo cesa). Es por ello que la primera sensación es esencial en la calificación de la calidad del aire: el aire debe ser percibido como aceptable de forma instantánea y este es un hecho que hay que tener en consideración en la instalación que garantice la calidad del aire en las viviendas dado que la estancia en las mismas es usualmente prolongada y resulta muy habitual que sus habitantes no detecten que se encuentran inmersos en un ambiente contaminado.

Además, nuestras mucosas pueden adaptarse a un cierto tipo de contaminantes y convivir con ellos: generalmente nos adaptamos sin problemas a los bioefluentes (la contaminación generada por nosotros mismos) y normalmente toleramos con menor o mayor grado el humo del tabaco (excepto los compuestos que irritan las mucosas –enrojecimiento de ojos, lagrimeo, moqueo, etc.–), que son precisamente los que más fácilmente encontramos en las viviendas, aunque no solemos adaptarnos a la mayor parte de los contaminantes emitidos por los materiales de construcción o los productos de limpieza.

Adicionalmente, hay que controlar las posibles variaciones que pueden producirse en la emisión de contaminantes en una vivienda: por ejemplo, si aumenta el nivel de actividad aumentará nuestra producción de contaminantes y lo mismo ocurrirá en el caso de que fumemos. En la tabla 1 podemos ver distintos valores promedios de contaminación por ocupante, en edificios donde existe un porcentaje variable de ocupantes fumando o en que se desarrollen otros grados de actividad.

Si la analizamos, veremos que basta que exista un 20% de fumadores para que la emisión de contaminación se duplique, incluso con una actividad sedentaria, que es la que se suele realizar en las viviendas.

	Contaminación ( <i>olf</i> /ocupante)
<b>Actividad Sedentaria (1 – 1,2 met)</b>	
0% de fumadores	1
20 % de fumadores **	2
40 % de fumadores **	3
100 % de fumadores **	6
<b>Actividad física más intensa</b>	
Nivel Bajo (3 met)	4
Nivel Medio (6 met)	10
Nivel Alto (atletas) (10 met)	20
** promedio de fumador: 1,2 cigarrillos a la hora	

Tabla 1.- Carga de contaminación causada por las personas en diversas circunstancias (Fuente: P.O. Fanger).

Desde que comenzó a estudiarse el problema se han establecido multitud de clasificaciones de contaminantes.

En Europa, una primera clasificación de contaminantes fue establecida por la Sra. Squarzialupi en un informe redactado en nombre de la Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Protección del Consumidor del Consejo de las Comunidades Europeas en 1988.

En dicho informe, basándose en datos del Prof. Alessandro Cavalleri, titular de la Cátedra de Medicina Laboral de la Universidad de Módena, se clasificaban lo que denominaba “Factores de Alteración de las Condiciones Atmosféricas Internas” en tres tipologías:

a) Físicos.

Entre los factores físicos mencionaba a los factores microclimáticos (temperatura, humedad, velocidad del aire), la iluminación, el ruido y las radiaciones (tanto ionizantes como no ionizantes).

b) Químicos.

En los contaminantes químicos distinguía dos subgrupos: gaseosos o polvos.

b.1.- Agentes químicos gaseosos.

- Formaldehído.
- Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
- Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH).
- Amoniaco (NH<sub>3</sub>)
- Hidrocarburos policlorados (PCB).
- Otros ocasionales (Freón, insecticidas, productos de limpieza, etc.)

b.2.- Polvos.

- Asbesto.
- Fibras artificiales (MMAF).
- Negro de humo de gas natural.
- Pólenes

c) Biológicos

- Esporas de hongos.
- Bacterias.
- Virus.

Hoy se sabe que existen además otros tipos de contaminantes no contemplados en esta clasificación, pero, en general no suelen encontrarse en las viviendas, con la excepción del agua.

El agua es quizás, en determinadas circunstancias, el contaminante líquido más abundante. En el exterior de los edificios, el agua es sobre todo un contaminante en tanto en cuanto es un agente de penetración de sustancias químicas tóxicas disueltas en ella (las aguas fluviales, marítimas y freáticas son contaminadas por los desechos de la alimentación de animales, las fugas de desagües sanitarios y de fosas sépticas y los drenajes, sobre todo de actividades mineras, por materia coloidal y en suspensión y por desechos radioactivos).

En el interior, también puede ser un contaminante en sí misma, ya que un alto valor de humedad relativa puede favorecer la proliferación de microorganismos patógenos y dañar los materiales de construcción, al igual que el agua absorbida por capilaridad o condensación tanto superficial como intersticial. Además, las superficies húmedas son el lugar perfecto para servir de medio de vida a organismos bióticos a los que también, dependiendo del tipo de material, pueden servir como alimento

Es muy sencillo que el agua se contamine en fase líquida o en fase de vapor a baja temperatura con organismos vivos y con materia orgánica e inorgánica soluble, debido a sus propiedades físicas, químicas y biológicas que la convierten en el medio ambiente líquido universal para la materia viva. Sin embargo, no es tan fácil, aunque sí es factible, contaminarla en fase sólida (hielo) o en fase de vapor a alta temperatura, ya que en estos estados no resulta un medio ambiente tan adecuado. Desgraciadamente, en las viviendas encontraremos el agua como contaminante en las formas más idóneas para servir de sustrato a otros contaminantes, es decir, sólo en forma líquida o de vapor a baja temperatura, aunque la subsanación de la presencia de agua líquida en la vivienda no tiene, en general, nada que ver con la ventilación.

Entre los contaminantes de la relación anteriormente establecida que podemos encontrar en la vivienda, usualmente sólo tendremos el CO<sub>2</sub>, el vapor de agua y los contaminantes procedentes del humo de tabaco y de malos procesos de combustión, así como los procedentes de insecticidas y productos de limpieza, aunque estos últimos usualmente en pequeñas concentraciones. Excepcionalmente podremos encontrar radón si se han utilizado en la vivienda piedras naturales contaminadas con dicho elemento, pero esto suele ser extremadamente poco frecuente.

Prácticamente todos ellos son más ligeros que el aire. La excepción son el monóxido de carbono y el radón.

El radón, como hemos indicado, suele ser excepcional, mientras que el monóxido de carbono, anteriormente originado por equipos de combustión atmosférica y culpable de algunas muertes, se encuentra cada vez menos en nuestros hogares debido a los cambios legislativos que obligan a que los equipos de combustión (calderas, calentadores de agua, etc.) sean de tipo estanco, por lo que sólo se presenta ahora procedente del humo del tabaco.

Por tanto, podemos concluir que las aperturas de extracción están bien colocadas en la parte superior de los locales, sin embargo, no sucede lo mismo con las aperturas de paso entre los locales secos y los húmedos: su ubicación en la parte inferior de las puertas obliga a los contaminantes estratificados en la parte superior de los locales a descender y penetrar en la zona ocupada. Estas aperturas de paso deberían ubicarse también en la parte superior de los paramentos de separación entre zonas secas y húmedas de las viviendas para que los contaminantes estratificados en la parte alta de los locales sean evacuados sin penetrar en la zona ocupada por los habitantes de las viviendas.

Excepcionalmente nos podremos encontrar que se genera en las zonas húmedas una cantidad de vapor de agua que carga el aire incrementando su densidad. En verano en climas medios o en climas cálidos en toda época, no existirá tanta diferencia de temperatura entre el aire seco de la estancia y el aire muy húmedo que se esté generando, lo que hará que éste se estratifique en la parte inferior de las estancias contaminadas. En estos casos (que pueden ser muy frecuentes en climatologías muy cálidas) debería establecerse algún tipo de mecanismo para evacuar este contaminante de la parte inferior del local afectado, que prácticamente siempre será una zona húmeda de la vivienda, por lo que la solución del fenómeno no afectará a la ubicación de las aperturas de paso, pero sí a las de extracción.

Este mecanismo puede consistir simplemente en instalar aperturas motorizadas, tanto en la parte inferior como en la parte superior de los locales, así como una detección del vapor de agua a dos alturas que permitirá decidir si se extrae por la parte superior o por la inferior del local.

Una solución más sencilla si se dispone de extractores de caudal variable, sería instalar detectores de humedad relativa en la parte inferior de los locales y, al detectar el fenómeno, incrementar el caudal de extracción, sin embargo, puede ser una solución energéticamente prohibitiva si la vivienda dispone de refrigeración, puesto que estaremos incrementando las cargas por ventilación.

## **2. Comportamiento del aire con diversas relaciones de temperaturas exterior-interior.**

En los puntos 1.c y 1.e del apartado 3.1.1 del DB-HS3 del CTE se marcan sendos requisitos que pueden llegar a interferir con el funcionamiento de diversas estrategias bioclimáticas usadas en los edificios de viviendas. La redacción de dicho punto 1.c dice: *«cuando las carpinterías exteriores sean de clase 2, 3 ó 4 según la norma UNE EN 12207:2000 deben utilizarse, como aberturas de admisión, aberturas dotadas de aireadores o aberturas fijas de la carpintería; cuando las carpinterías exteriores sean de clase 0 ó 1 pueden utilizarse como aberturas de admisión las juntas de apertura»*, es decir, este apartado del CTE, de obligado cumplimiento, no contempla otra opción que no sea la entrada de aire a través de las ventanas –sea por simple infiltración a través de sus carpintería, sea por incorporar una abertura en las mismas que permita la entrada de aire–, aunque en la actualidad se acepta e incluso potencia la introducción del aire exterior de forma centralizada mediante conductos, lo que permite la incorporación de elementos de recuperación de energía.

En el caso de introducir el aire a través de las carpinterías de las ventanas, deberemos observar que en el punto 1.e de dicho apartado indica que estos aireadores deben ubicarse a una distancia del suelo mayor que 1,80 m. Esto evidentemente se justifica en el interés por parte del redactor de este DB de que la entrada de aire se efectúe fuera de la denominada zona ocupada del RITE, considerando que este aire exterior estará en unas condiciones de temperatura desfavorables y que, por tanto, no debe incidir sobre los usuarios de las viviendas antes de haberse mezclado con el aire ambiente, atemperando sus condiciones térmicas.

Estas decisiones son totalmente correctas en climatologías frías, para su funcionamiento invernal, pero no tanto verano o en climas cálidos como los que constituyen más de la mitad del territorio español, ya que la introducción del aire fuera de la zona ocupada impedirá su uso para la refrigeración pasiva del recinto. Tampoco son totalmente compatibles con el uso de las estrategias bioclimáticas anteriormente citadas, pudiendo alterar significativamente su comportamiento.

### **2.1. Funcionamiento de dos estrategias clásicas de calefacción pasiva: muro trombe e invernadero adosado.**

El efecto invernadero es el fenómeno por el cual la radiación entra en un espacio y queda atrapada en él debido a que esa radiación solar calienta los paramentos interiores que, una vez calientes, emitirán la radiación en forma infrarroja –de longitud de onda mayor– a la que el vidrio es opaco; este cambio de longitud de onda de la radiación permite mantenerla en el interior del local, calentando, por tanto, ese espacio.



Este efecto invernadero puede lograrse mediante captación directa simple, pero también puede mejorarse utilizando la captación directa y añadiendo convección controlada (usando el calor captado para crear un corriente de aire caliente en el interior del local a calefactar) o con una solución mixta que combina la captación directa con la acumulación y aprovechamiento solar retardado de dicha captación. Las dos primera soluciones suelen denominarse soluciones bioclimáticas de tipo invernadero adosado y la última es la que denomina muro trombe.

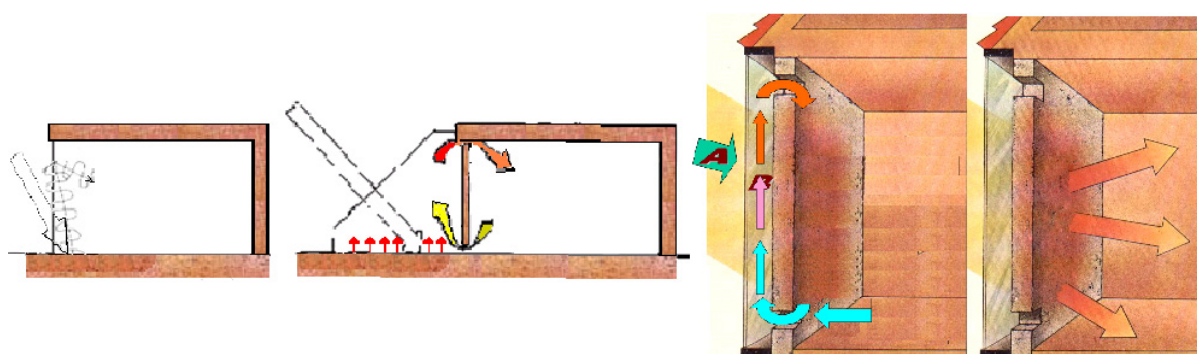


Figura 1.- Funcionamiento de invernaderos con captación directa simple, de invernadero adosado con captación directa con convección controlada y de muro Trombe.

En el muro trombe, la cámara de invernadero es muy estrecha, pero el funcionamiento se basa en el mismo principio: la radiación solar de onda corta (A) atraviesa el vidrio y calienta al muro, produciéndose un efecto invernadero: cuando la radiación de onda larga emitida por el muro no puede atravesar otra vez el vidrio, calienta el aire que hay en la cámara (B), en la que encontramos dos conjuntos de orificios, uno en la parte superior del muro y otro en la inferior que comunican dicha cámara con el interior del local adyacente. El aire de la cámara se calienta, asciende por convección natural y, atravesando el muro por los orificios superiores, pasa al interior del local. El vacío que se crea en la cámara de aire succiona, a través de los orificios inferiores del muro, el aire frío del interior del local, que se encuentra estratificado por su temperatura. De esta forma se crea el llamado bucle convectivo que hace circular el aire frío de la estancia a la cámara de aire; en esta cámara se calienta, y vuelve a entrar al interior del local por su parte superior. Se trata de un fenómeno similar al que se produce en el segundo caso –captación directa con convección controlada– pero con mayor tiro ya que la estrechez de la cámara potencia el fenómeno convectivo.

El efecto directo del muro trombe coincide con los momentos de incidencia de la radiación solar, es decir, la circulación del aire estancia–cámara–estancia cesa en el momento en el que la radiación deja de calentar el aire en el interior de la cámara.

Es en este momento cuando cobra importancia la capacidad calorífica del muro. Mientras recibe la radiación solar, el muro va acumulando energía que luego, al cabo de un cierto tiempo, acaba atravesando el muro y aflorará en la cara interior, calentando la habitación por convección y transmisión hacia ésta.

De los tres efectos, el primero se consigue en cualquier ventana a la que llegue radiación solar, el segundo podemos encontrarlo en los tradicionales miradores y el tercero es el que menos frecuentemente podemos hallar en las tipologías normales de construcción de viviendas en España.

## 2.2. Alteraciones del funcionamiento de estas estrategias de calefacción pasiva con la incorporación de la ventilación controlada.

La introducción de aire exterior por la parte superior de los cristales, puede alterar estos funcionamiento, sobre todo si el aire introducido es frío, ya que se producirá una caída de la vena de aire exterior debido a su temperatura que, si no es contrarrestada rápidamente calentando dicho aire, ocasionará su entrada en la zona ocupada y la consiguiente incomodidad.

En el primero de los casos, evitaremos que la introducción de aire frío ocasione la caída de la vena potenciando su pronta mezcla con el aire caliente procedente de la corriente de convección. Si esta corriente convectiva no se establece cerca de la ventana –porque el sol no es capaz de introducirse en el local a determinadas horas (dependerá de la orientación de la ventana o del apantallamiento de que disponga, e incluso de la altura solar), o porque no se produce acumulación– se debería garantizar ubicando el elemento de calefacción previsto justo debajo de la ventana por la que se introduce el aire.

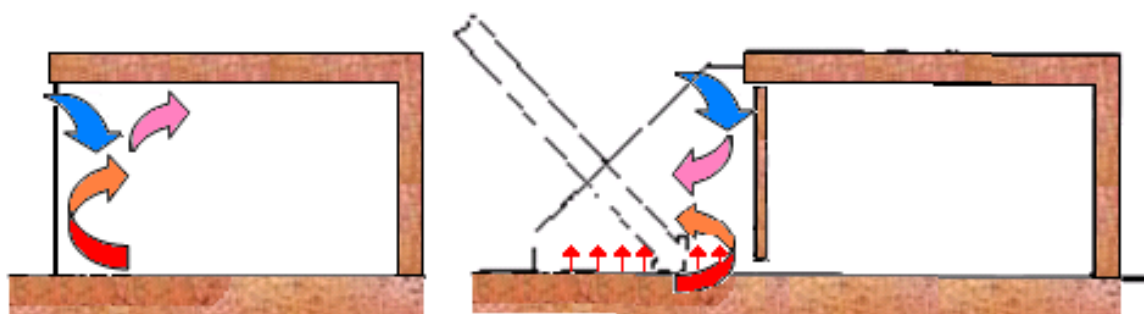


Figura 2.- Alteración de los flujos de aire en un invernadero con captación directa simple (ventana soleada) y en un invernadero en el que vemos que ya no se produce la convección controlada.

El caso del invernadero adosado es más complejo, ya que, en principio, no es tan vital evitar la caída de la vena de aire frío exterior por no tratarse específicamente de una zona ocupada. Sin embargo, la introducción de una vena de aire frío por la parte superior podrá, si el flujo convectivo hacia arriba no es muy fuerte, desviar dicho flujo y mezclarse con él, no produciéndose el efecto de corriente caliente en el interior del local adyacente que supuestamente se pretende calentar.

En el caso del muro trombe este efecto se ve aún más potenciado, debido a que la mezcla se produce en un espacio mucho menor y a que la corriente convectiva es mucho más fuerte, pudiendo llegar, si la caída de la vena de aire es muy brusca (cosa que sucederá con aire exterior extremadamente frío), a ocasionar turbulencias en el interior de la cámara, aunque con la climatología española la posibilidad de que se generen estas turbulencias será poco frecuente.

En cualquier caso, si se prevé que puede producirse este efecto, podremos instalar una entrada de aire dotada de un obturador que permita bloquearla manualmente e impedir que entre el aire exterior (este obturador será útil también en el caso de que la velocidad del aire se eleve tanto como para, por efecto Venturi, incrementar en demasía el caudal de aire que entre por el aireador).

Tanto en el caso del muro trombe como en el caso del invernadero adosado, si las aberturas de entrada de aire se colocan a media altura (en el límite de 1,80 metros, tal y como indica el CTE) la mezcla del aire exterior se efectuará sólo en los laterales de la cámara y con un aire menos caliente, que sube, por tanto a menor velocidad. La posibilidad de turbulencias será mucho menor y, aunque se ralentizará la velocidad de la corriente convectiva, el régimen de la misma se habrá, previsiblemente estabilizado cuando llegue a las aberturas de conexión de con el local adyacentes, sitas, como se ha visto, en la parte superior del muro.

El ligero efecto Venturi ocasionado por la corriente convectiva no será, en ningún caso suficientemente fuerte como para producir el arrastre del aire frío introducido e incrementar el tiro, ni siquiera en los casos en que el aire exterior no sea demasiado frío.

La mejor solución en el caso de que se prevea la inclusión en la vivienda de un invernadero adosado o un muro trombe será la colocación de las aberturas de aire en otro lugar, independientemente de lo que dice el CTE (recordemos que es prestacional, lo que nos permitirá no utilizarlo literalmente).

La industria ha considerado que este caso se puede dar y nos facilita aireadores específicamente diseñados para su ubicación en pared, y usándolos, podremos introducir el aire de forma correcta por encima del elemento bioclimático. En la figura 3 podemos ver como en este caso, el aire frío se mezclaría a mucha menor velocidad con el aire caliente procedente de la cámara del muro trombé o de la emisión infrarroja nocturna del mismo, sin producir turbulencias y sin que el aire frío entre en la zona ocupada; el mismo efecto, con leves matices, se ocasionaría en el caso del invernadero adosado. En la misma figura observamos entradas de aire murales de la empresa AERECO.

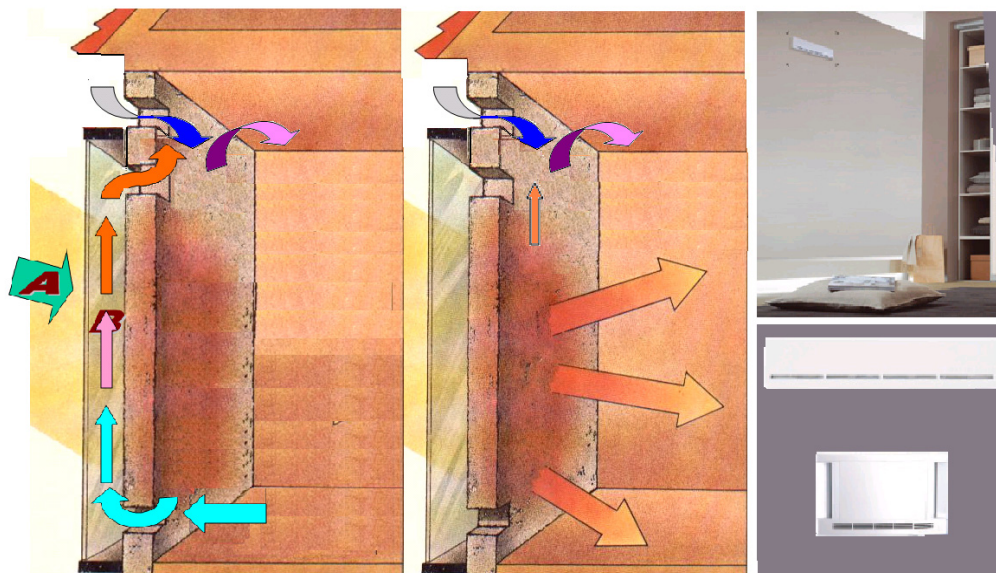


Figura 3.- Funcionamiento de un muro trombé utilizando aireadores murales ubicados sobre él. Entradas de aire hidrorregulables (regula el caudal de aire en función del porcentaje de humedad relativa) de la firma AERECO, diseñadas para su instalación en pared o en cajón de persiana.

### **2.3. Funcionamiento de estrategias clásicas de refrigeración pasiva en climas cálidos. Ventilaciones cruzadas.**

Otro problema que presenta la ventilación controlada es el flujo de aire cruzado en diagonal que se produce ubicando la entrada en la parte alta de la ventana y la abertura de paso en la parte baja de la puerta de la habitación (esta es la forma más habitual de instalación de esta ventilación). Este flujo cruzado descendente ocasiona un efecto perjudicial en tanto en cuanto vuelve a introducir en la zona ocupada los contaminantes que la estratificación térmica había concentrado en el área más cercana al techo (todos los contaminantes que podemos encontrar en una vivienda son más ligeros que el aire excepto el radón) pero se realiza así para obligar al aire caliente del local –estratificado en su parte superior– a bajar hasta la zona ocupada; sin embargo, esto no es necesario si los techos no son excesivamente altos (como es habitual en las viviendas).

Si el efecto convectivo de la instalación de calefacción está suficientemente bien diseñado, se produciría una mezcla suave del aire de la habitación con el introducido mediante la ventilación, por lo que lo ideal sería que el flujo de ventilación se mantuviera en la parte alta del local, en paralelo al techo, evacuando los contaminantes que hubieran subido con el aire caliente de la habitación, es decir, será más recomendable que las aberturas de paso también se ubicaran en la parte alta de la habitación. Esto será todavía más deseable en los climas cálidos, en los que se evacuaría además de esta forma el aire más caliente de la habitación, mejorando las condiciones térmicas de la misma.

Así pues, en climas cálidos, podemos utilizar la obligada ventilación controlada de las viviendas para conseguir efectos térmicos y mejorar aún más la calidad del aire, ya que si en lugar de buscar una ventilación diagonal, establecemos un flujo de aire de ventilación horizontal y cercano al techo conseguiremos dos efectos beneficiosos:

- 1.- Extraer de forma más eficiente los contaminantes del ambiente (excepto el radón, la totalidad de los contaminantes que suelen encontrarse en el interior de las viviendas son más ligeros que el aire).
- 2.- El calor se acumula en la parte alta del local, por lo que esta corriente de aire lo evacuaría más eficientemente, evitando que la estratificación térmica ocasionara una asimetría radiante muy perjudicial para el confort.

Pero quizá la forma más interesante de efectuar la ventilación en estos climas es con flujo diagonal, invertido con respecto al indicado en el CTE: si colocáramos las aberturas de admisión en la parte baja de la pared y las aberturas de paso en la parte alta, conseguiríamos un barrido de la habitación con un flujo cruzado de aire que atravesaría la zona ocupada. En un clima cálido, esta corriente de aire sería siempre deseable, incluso con caudales mucho mayores de lo marcado en el CTE.

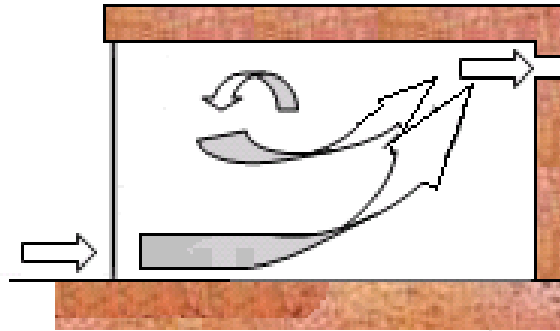


Figura 5.- Flujo cruzado de aire ideal en clima muy cálido.

De hecho, si el caudal y la velocidad de esta corriente de aire fueran suficientemente grandes (aunque esto signifique incrementar considerablemente los caudales fijados en el CTE), el efecto Venturi producido arrastraría la totalidad de los contaminantes del local, intensificando la limpieza del mismo.

### 1. Conclusiones

Las aberturas de paso se deberían instalar por defecto siempre en la parte superior de los paramentos, para evacuar los contaminantes –incluido en exceso de calor en los climas cálidos– sin introducirlos en la zona ocupada.

Las aberturas de extracción se deberían colocar, tal y como indica en el CTE, en la parte superior de los locales húmedos, excepto en aquellos lugares cálidos en que una alta producción de vapor de agua implique la estratificación del aire húmedo, en los que se deberían prever aberturas tanto en la parte superior como en la inferior de los locales húmedos.

En cuanto a las aberturas de entrada, siempre será más eficaz en climas fríos o medios, la utilización de sistemas centralizados de introducción de aire con incorporación de recuperadores de calor, pero si se opta por colocar aberturas en las paredes exteriores de los locales secos, en los casos en que se diseñen estrategias bioclimáticas de captación solar térmica del tipo muro trombe o invernadero adosado, la incorporación de las mismas no debe asociarse a ellos, sino que será preferible ubicarlas sobre ellos, o, en su defecto, en cualquier otra ventana o, en caso de no existir ésta, en pared, aunque esto pudiera contradecir la interpretación literal de lo indicado en el punto 1.c del apartado 3.1.1 de dicho DB.

En casos de climas cálidos, también será más recomendable la utilización de sistemas centralizados de introducción de aire (dotados de recuperadores de calor si el aire interior está más fresco que el exterior), pero en caso de introducción directa de este aire exterior, será conveniente que el flujo del aire producido por la ventilación controlada se lleve en paralelo al techo, por la parte alta de la habitación o, con climas aún más cálidos, se aproveche la ventilación controlada, potenciando un flujo cruzado de aire de mayor caudal y velocidad en dirección ascendente (de abajo a arriba en diagonal). En el primero de los casos –flujo paralelo al techo–, las aberturas de entrada deberían colocarse en la parte superior de las paredes exteriores de los locales secos, mientras que en el segundo –refrigeración pasiva por ventilación cruzada– deberían ubicarse en la parte inferior de dichos paramentos y sobredimensionarse con relación a lo marcado en la Código Técnico.