



ARQ

ISSN: 0716-0852

revista.arq@gmail.com

Pontificia Universidad Católica de Chile
Chile

Vásquez Z., Claudio
EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CERRAMIENTO
ARQ, núm. 82, 2012, pp. 6-11
Pontificia Universidad Católica de Chile
Santiago, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37525388017>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CERRAMIENTO

CLAUDIO VÁSQUEZ Z.

Diversos conceptos se utilizan para caracterizar el sistema de cerramiento de los edificios. Al llamarlo *piel*, por ejemplo, se lo compara con la protección biológica de los cuerpos frente al medio externo. El término **envolvente** lo describe como aquello que protege algo interior, a la manera de una envoltura. Cuando se habla de *fachada* se refiere a su aspecto visual y compositivo; al hablar de *cerramiento* a su capacidad de contener y temperar. Esta múltiple caracterización da cuenta de la complejidad inherente a su determinante rol espacial, es decir, la relación interior y exterior, que supone la vinculación de tres ámbitos que determinan sus condiciones de diseño: el exterior, el interior y el plano de cerramiento. La manera de relacionarse entre ellos determina en gran medida las condiciones de uso y confort interior, o *desempeño del edificio*.

Se abordará cada ámbito por separado para orientar respecto de las condiciones que cada uno impone al diseño de un sistema de cerramiento.

EXTERIOR

El ambiente exterior está determinado por el clima, que depende principalmente de las condiciones geofísicas y de la **latitud** del lugar donde se desarrolla un proyecto. Sus características se deducen del registro —durante

varias décadas— de sus condiciones meteorológicas, entre las cuales son relevantes para el diseño de un sistema de cerramiento: la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa y el viento¹ (D'Alençon, 2008).

Si bien las características climáticas de un lugar son conocidas, no son suficientes por sí mismas. Para enfrentar el diseño de un sistema de cerramiento, porque hay factores propios del emplazamiento que los modifican. Es sabido que la acción humana ejerce influencias sobre las condiciones exteriores en las zonas urbanas, ya que estas se comportan como islas de calor —*heat islands*— por su diferencia tectónica con el medio natural circundante (FIG.01). Las superficies urbanas reciben radiación de onda corta y la reirradian en onda larga en función de su **componente de cielo** y de su **albedo**, pero también pueden reflejarla y aportar por esta vía energía a sus vecinos. El equilibrio entre ganancias y pérdidas determina el balance térmico urbano global según las particularidades de cada ciudad (Santamouris, 2001) y, por lo tanto, no es algo generalizable. Es así que al diseñar un edificio, no solamente es necesario considerar datos meteorológicos si no que es fundamental analizar el comportamiento del contexto inmediato, natural o artificial.

En general, las condiciones exteriores determinan la forma y materialidad global de los

Claudio Vásquez Z. / Arquitecto y Magíster en Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile; Doctor Arquitecto, Universidad Politécnica de Cataluña, España. Profesor, investigador y coordinador de la línea de materialidad y sistemas, Escuela de Arquitectura, UC.

edificios, ya que hay mejores y peores maneras de responder a los diferentes climas. Por ejemplo, se considera adecuada una proporción en planta 1:2 a 1:3 en zonas cercanas al Ecuador, donde la posibilidad de interactuar con el exterior es deseable. Se tiende a proporciones más cuadradas en las latitudes más bajas, donde lo deseable es conservar y gestionar la energía interior. Por otra parte, se recomienda disponer el eje principal del edificio en sentido oriente-poniente, para que la fachada principal sea Norte o Sur, con el objetivo de minimizar la acción penetrante de la radiación solar proveniente del Oriente y del Poniente. Un edificio organizado longitudinalmente de Norte a Sur, puede llegar a consumir 1,5 veces lo que consume un edificio en igualdad de condiciones dispuesto de Oriente a Poniente (Yeang, 1999) (FIG.02).

En la optimización de las demandas de un edificio influye tanto la relación volumen-envolvente como su forma general. Un concepto asociado a la forma, y que permite prever su potencial consumo energético, es la **compacidad** que corresponde al cociente entre su volumen —potencial de energía almacenada— y la superficie de su **envolvente** —potencial intercambio energético interior-exterior—. Se ha demostrado que la potencial demanda de climatización es inversamente proporcional a la **compacidad** en climas fríos como el de París (Depecker, et ál., 2001). También se ha expuesto, a través de simulación en más de dieciocho mil casos, que un factor determinante para la selección de una u otra es el clima² (Tiberiu, et ál., 2008). El inverso de la compacidad es el **factor forma**. En climas cálidos y húmedos se recomiendan factores forma elevados ($f > 1,2$), que permitan grandes aberturas para facilitar la ventilación. En climas fríos, en cambio, se sugiere factores forma bajos que permitan aislar más fácilmente (Rey Martínez, 2006).

En síntesis, aquello que llamamos ámbito exterior determina las condiciones generales de la forma, sus proporciones y tamaño, cuestión que no es menor y que muchas veces resulta difícil por restricciones urbanísticas o normativas.

FIG.01 >



¹ Para entender el clima en su totalidad, a los parámetros anteriores debe agregarse las precipitaciones y la nubosidad.

² Se llama factor forma a la compacidad, cuestión que ocurre normalmente por tratarse de conceptos íntimamente relacionados; sin embargo, el cálculo que se hace corresponde a la compacidad.

EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CERRAMIENTO

CLAUDIO VÁSQUEZ Z.

Diversos conceptos se utilizan para caracterizar el sistema de cerramiento de los edificios. Al llamarlo *piel*, por ejemplo, se lo compara con la protección biológica de los cuerpos frente al medio externo. El término **envolvente** lo describe como aquello que protege algo interior, a la manera de una envoltura. Cuando se habla de *fachada* se refiere a su aspecto visual y compositivo; al hablar de *cerramiento* a su capacidad de contener y temperar. Esta múltiple caracterización da cuenta de la complejidad inherente a su determinante rol espacial, es decir, la relación interior y exterior, que supone la vinculación de tres ámbitos que determinan sus condiciones de diseño: el exterior, el interior y el plano de cerramiento. La manera de relacionarse entre ellos determina en gran medida las condiciones de uso y confort interior, o *desempeño del edificio*.

Se abordará cada ámbito por separado para orientar respecto de las condiciones que cada uno impone al diseño de un sistema de cerramiento.

EXTERIOR

El ambiente exterior está determinado por el clima, que depende principalmente de las condiciones geofísicas y de la **latitud** del lugar donde se desarrolla un proyecto. Sus características se deducen del registro —durante

varias décadas— de sus condiciones meteorológicas, entre las cuales son relevantes para el diseño de un sistema de cerramiento: la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa y el viento¹ (D'Alençon, 2008).

Si bien las características climáticas de un lugar son conocidas, no son suficientes por sí mismas. Para enfrentar el diseño de un sistema de cerramiento, porque hay factores propios del emplazamiento que los modifican. Es sabido que la acción humana ejerce influencias sobre las condiciones exteriores en las zonas urbanas, ya que estas se comportan como islas de calor —*heat islands*— por su diferencia tectónica con el medio natural circundante (FIG.01). Las superficies urbanas reciben radiación de onda corta y la reirradian en onda larga en función de su **componente de cielo** y de su **albedo**, pero también pueden reflejarla y aportar por esta vía energía a sus vecinos. El equilibrio entre ganancias y pérdidas determina el balance térmico urbano global según las particularidades de cada ciudad (Santamouris, 2001) y, por lo tanto, no es algo generalizable. Es así que al diseñar un edificio, no solamente es necesario considerar datos meteorológicos si no que es fundamental analizar el comportamiento del contexto inmediato, natural o artificial.

En general, las condiciones exteriores determinan la forma y materialidad global de los

Claudio Vásquez Z. / Arquitecto y Magíster en Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile; Doctor Arquitecto, Universidad Politécnica de Cataluña, España. Profesor, investigador y coordinador de la línea de materialidad y sistemas, Escuela de Arquitectura, UC.

edificios, ya que hay mejores y peores maneras de responder a los diferentes climas. Por ejemplo, se considera adecuada una proporción en planta 1:2 a 1:3 en zonas cercanas al Ecuador, donde la posibilidad de interactuar con el exterior es deseable. Se tiende a proporciones más cuadradas en las latitudes más bajas, donde lo deseable es conservar y gestionar la energía interior. Por otra parte, se recomienda disponer el eje principal del edificio en sentido oriente-poniente, para que la fachada principal sea Norte o Sur, con el objetivo de minimizar la acción penetrante de la radiación solar proveniente del Oriente y del Poniente. Un edificio organizado longitudinalmente de Norte a Sur, puede llegar a consumir 1,5 veces lo que consume un edificio en igualdad de condiciones dispuesto de Oriente a Poniente (Yeang, 1999) (FIG.02).

En la optimización de las demandas de un edificio influye tanto la relación volumen-envolvente como su forma general. Un concepto asociado a la forma, y que permite prever su potencial consumo energético, es la **compacidad** que corresponde al cociente entre su volumen —potencial de energía almacenada— y la superficie de su **envolvente** —potencial intercambio energético interior-exterior—. Se ha demostrado que la potencial demanda de climatización es inversamente proporcional a la **compacidad** en climas fríos como el de París (Depecker, et ál., 2001). También se ha expuesto, a través de simulación en más de dieciocho mil casos, que un factor determinante para la selección de una u otra es el clima² (Tiberiu, et ál., 2008). El inverso de la compacidad es el **factor forma**. En climas cálidos y húmedos se recomiendan factores forma elevados ($f > 1,2$), que permitan grandes aberturas para facilitar la ventilación. En climas fríos, en cambio, se sugiere factores forma bajos que permitan aislar más fácilmente (Rey Martínez, 2006).

En síntesis, aquello que llamamos ámbito exterior determina las condiciones generales de la forma, sus proporciones y tamaño, cuestión que no es menor y que muchas veces resulta difícil por restricciones urbanísticas o normativas.

FIG.01 >



¹ Para entender el clima en su totalidad, a los parámetros anteriores debe agregarse las precipitaciones y la nubosidad.

² Se llama factor forma a la compacidad, cuestión que ocurre normalmente por tratarse de conceptos íntimamente relacionados; sin embargo, el cálculo que se hace corresponde a la compacidad.

FIG.09 Reacción de la luz frente a distintos tipos de superficie. Fuente: elaboración propia.

LEYENDA A y B: Reflexión
C: Refracción.

FIG.10 Esquema de percepción de la luz. Fuente: elaboración propia.

FIG.11 Iluminancias de acuerdo al tipo de actividad. Fuente: DS 594 MINSA.

FIG.12 Espectro de diferentes tipos de sonidos. Fuente: elaboración propia.

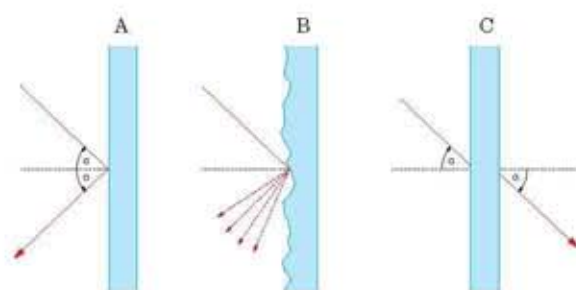


FIG.09 >

Lugar	Iluminancia en Lux
Pasillos, bodegas, comedores. No se necesita discriminación fina.	150
Trabajo prolongado y leve. Discriminación de detalles.	300
Lectura continua, trabajos finos, uso de herramientas.	500
Laboratorios y salas de consulta.	500 a 700
Costura, cortes y trazados.	1000
Trabajo prolongado y alta discriminación de detalles.	1500 a 2000
Sillas dentales y de autopsias.	5000
Mesa quirúrgica.	20000

FIG.11 >

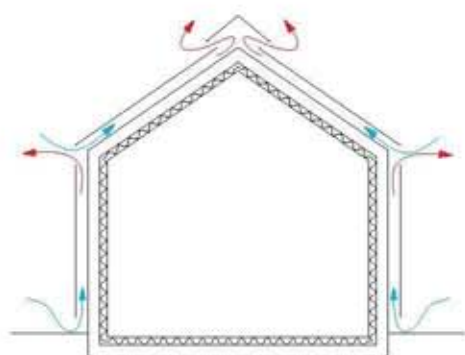


FIG.08 >

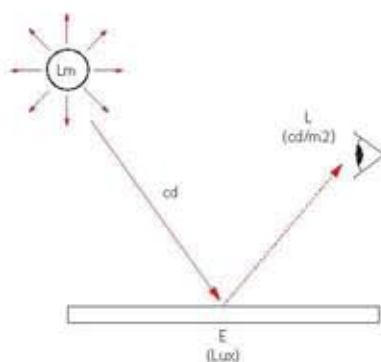


FIG.10 >

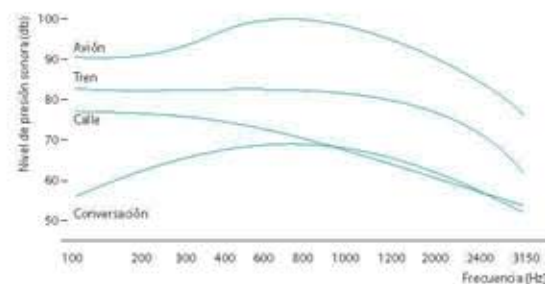


FIG.12 >

Para controlar el flujo de transmisión (Q_T) de las envolventes es posible usar una ventilada, que consiste en separar la envolvente térmica de la hidrófuga a través de una cámara de aire, que disipa el calor que genera el flujo de radiación solar (Q_S) antes de que llegue a la envolvente en contacto directo con el espacio interior. El **flujo por transmisión** (Q_T) por lo tanto, disminuye (FIG.08).

Confort visual / La luz forma parte de la radiación solar y puede ser reflejada o refractada cuando incide sobre un cuerpo (FIG.09). Los cuerpos lisos y opacos la reflejan en un ángulo simétrico a la normal del plano sobre el cual incide (A); los opacos y rugosos la reflejan en múltiples direcciones (B); y los transparentes la refractan para transmitirla al interior (C).

Considerando una fuente de luz dada –que puede ser el sol o un foco–, el **flujo luminoso** corresponde a la porción de **energía radiante** emitida por dicha fuente como luz, en todas direcciones y su unidad es el lumen (lm); por su parte la **intensidad luminosa** es el flujo en una dirección determinada y su unidad es la candela (cd). De ambas se deducen los dos conceptos básicos para entender el confort visual interior: la **iluminancia**, que es el flujo recibido por una superficie, cuyo símbolo es E y su unidad el lux (lm/m^2); y la **luminancia** que es el flujo percibido por el ojo en una posición determinada con respecto al flujo en esa dirección, cuyo símbolo es L (cd/m^2) (FIG.10).

Para lograr interiores lumínicamente confortables se busca que la iluminancia en el plano de trabajo sea suficiente para realizar la actividad en cuestión. Las iluminancias requeridas para cada actividad están normadas y pueden ser calculadas (FIG.11), sin embargo el problema es que la intensidad luminosa decrece en cada **reflexión** o **refracción** que la luz tiene en su tránsito desde la fuente al plano de trabajo. Por lo tanto su manejo depende de dos factores principales: tipo de superficie –determina cuánta luz y cómo será reflejada– y ángulo con que las distintas superficies conducen el flujo luminoso hasta llegar al plano de trabajo.

Entre los fenómenos que producen **disconfort** lumínico está el **deslumbramiento**, que no permite realizar las actividades normalmente puesto que el ojo solo se acostumbra a ambientes con luminancias uniformes. Este es un fenómeno común de los espacios interiores y se controla con filtros o pantallas que disminuyen la intensidad luminosa. Para lograr interiores bien iluminados, los suelos y los cielos deben ser considerados como planos lumínicamente activos, que pueden reforzarse con otras estrategias, como los conductos de sol –que permiten transportar luz hasta un punto deseado de la planta–, o las bandejas de sol, que se disponen en la fachada para reflejar el flujo luminoso hacia el cielo interior y lo sacan del campo visual.

Confort acústico / El **sonido**³ es un fenómeno mecánico producido por la **vibración** de un medio elástico, ya sea sólido, líquido o gaseoso,

³ En los textos especializados en acústica se hace la distinción entre ruido y sonido. El ruido está compuesto por un número infinito de sonidos puros, pero, para efectos de este texto, la palabra sonido se utiliza en el sentido que los especialistas dan al ruido.

FIG.09 Reacción de la luz frente a distintos tipos de superficie. Fuente: elaboración propia.

LEYENDA A y B: Reflexión
C: Refracción.

FIG.10 Esquema de percepción de la luz. Fuente: elaboración propia.

FIG.11 Iluminancias de acuerdo al tipo de actividad. Fuente: DS 594 MINSA.

FIG.12 Espectro de diferentes tipos de sonidos. Fuente: elaboración propia.

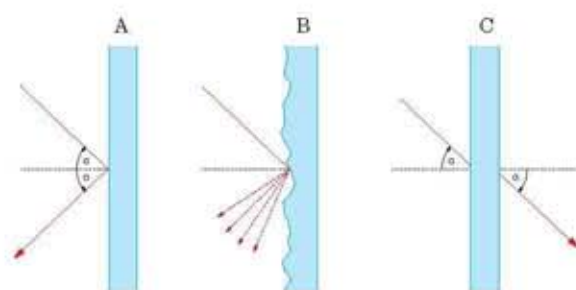


FIG.09 >

Lugar	Iluminancia en Lux
Pasillos, bodegas, comedores. No se necesita discriminación fina.	150
Trabajo prolongado y leve. Discriminación de detalles.	300
Lectura continua, trabajos finos, uso de herramientas.	500
Laboratorios y salas de consulta.	500 a 700
Costura, cortes y trazados.	1000
Trabajo prolongado y alta discriminación de detalles.	1500 a 2000
Sillas dentales y de autopsias.	5000
Mesa quirúrgica.	20000

FIG.11 >

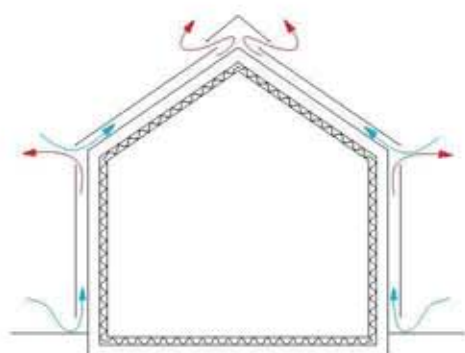


FIG.08 >

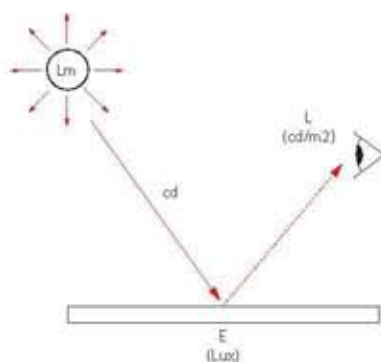


FIG.10 >

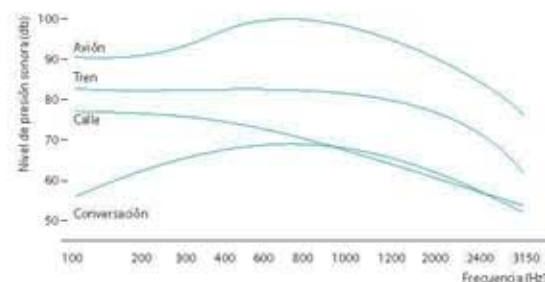


FIG.12 >

Para controlar el flujo de transmisión (Q_T) de las envolventes es posible usar una ventilada, que consiste en separar la envolvente térmica de la hidrófuga a través de una cámara de aire, que disipa el calor que genera el flujo de radiación solar (Q_S) antes de que llegue a la envolvente en contacto directo con el espacio interior. El **flujo por transmisión** (Q_T) por lo tanto, disminuye (FIG.08).

Confort visual / La luz forma parte de la radiación solar y puede ser reflejada o refractada cuando incide sobre un cuerpo (FIG.09). Los cuerpos lisos y opacos la reflejan en un ángulo simétrico a la normal del plano sobre el cual incide (A); los opacos y rugosos la reflejan en múltiples direcciones (B); y los transparentes la refractan para transmitirla al interior (C).

Considerando una fuente de luz dada –que puede ser el sol o un foco–, el **flujo luminoso** corresponde a la porción de **energía radiante** emitida por dicha fuente como luz, en todas direcciones y su unidad es el lumen (lm); por su parte la **intensidad luminosa** es el flujo en una dirección determinada y su unidad es la candela (cd). De ambas se deducen los dos conceptos básicos para entender el confort visual interior: la **iluminancia**, que es el flujo recibido por una superficie, cuyo símbolo es E y su unidad el lux (lm/m^2); y la **luminancia** que es el flujo percibido por el ojo en una posición determinada con respecto al flujo en esa dirección, cuyo símbolo es L (cd/m^2) (FIG.10).

Para lograr interiores lumínicamente confortables se busca que la iluminancia en el plano de trabajo sea suficiente para realizar la actividad en cuestión. Las iluminancias requeridas para cada actividad están normadas y pueden ser calculadas (FIG.11), sin embargo el problema es que la intensidad luminosa decrece en cada **reflexión** o **refracción** que la luz tiene en su tránsito desde la fuente al plano de trabajo. Por lo tanto su manejo depende de dos factores principales: tipo de superficie –determina cuánta luz y cómo será reflejada– y ángulo con que las distintas superficies conducen el flujo luminoso hasta llegar al plano de trabajo.

Entre los fenómenos que producen **disconfort** lumínico está el **deslumbraimiento**, que no permite realizar las actividades normalmente puesto que el ojo solo se acostumbra a ambientes con luminancias uniformes. Este es un fenómeno común de los espacios interiores y se controla con filtros o pantallas que disminuyen la intensidad luminosa. Para lograr interiores bien iluminados, los suelos y los cielos deben ser considerados como planos lumínicamente activos, que pueden reforzarse con otras estrategias, como los conductos de sol –que permiten transportar luz hasta un punto deseado de la planta–, o las bandejas de sol, que se disponen en la fachada para reflejar el flujo luminoso hacia el cielo interior y lo sacan del campo visual.

Confort acústico / El **sonido**³ es un fenómeno mecánico producido por la **vibración** de un medio elástico, ya sea sólido, líquido o gaseoso,

³ En los textos especializados en acústica se hace la distinción entre ruido y sonido. El ruido está compuesto por un número infinito de sonidos puros, pero, para efectos de este texto, la palabra sonido se utiliza en el sentido que los especialistas dan al ruido.

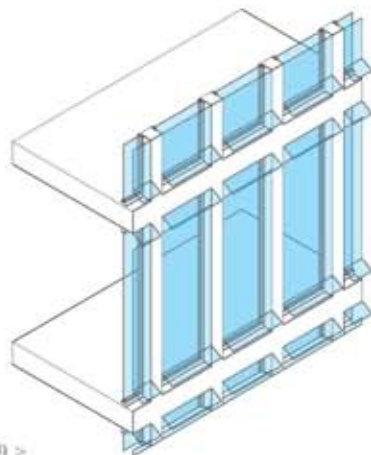


FIG.19 >

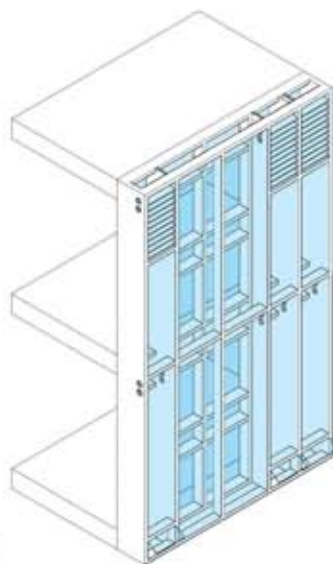


FIG.20 >

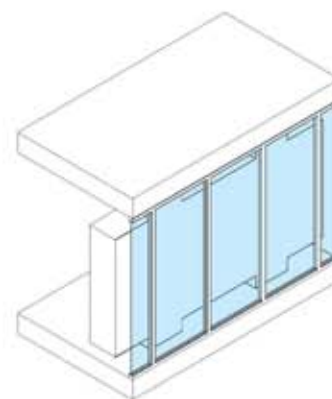


FIG.21 >

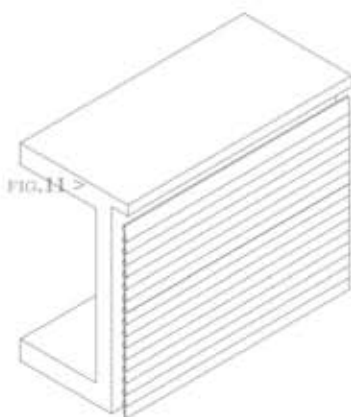


FIG.22 >

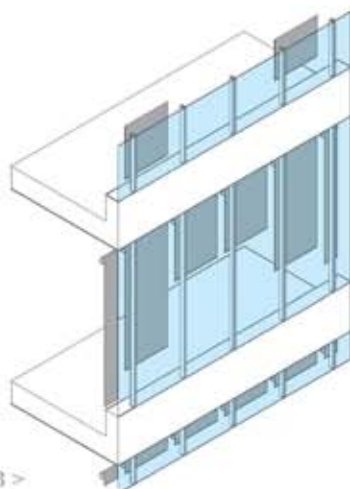


FIG.23 >

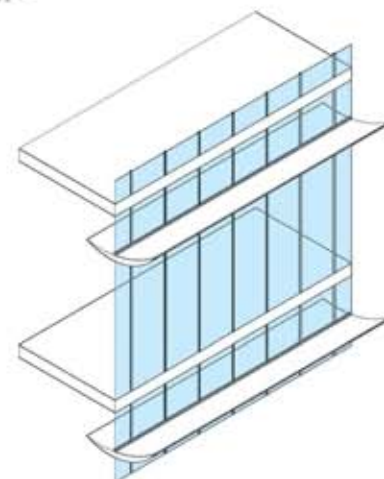


FIG.24 >

lación visual interior-exterior como el **factor de sombra** del cerramiento (FIG.16).

Control térmico (Ct) / La conductividad térmica (λ) es una propiedad de los materiales que expresa su facultad para transmitir calor. Los sistemas de cerramiento normalmente están compuestos por diferentes capas de materiales, entre las cuales puede haber cámaras de aire estancas o convectivas. Su capacidad es descrita por su **transmitancia térmica**, o valor U.

Las estrategias destinadas al control térmico son principalmente dos: modificar la temperatura exterior en contacto con el cerramiento para bajar su exigencia de trabajo, y así disminuir la potencia energética requerida para climatizar el interior, o aislar el interior para conservar la energía de climatización.

Entre los sistemas de cerramiento capaces de ejercer esta función se encuentran:

- **Doble piel:** se trata de un plano de vidrio que genera una cámara de aire que se ventila natural o artificialmente. La cámara funciona como un colchón térmico que amortigua el rendimiento del sistema de climatización. Su funcionamiento es muy sensible al flujo solar (Q_s) y requiere un complejo cálculo de los flujos

de aire, por lo que su uso eficiente se restringe a ciertos climas y a ciertas condiciones de gestión. Existen diferentes configuraciones que también responden a este principio (FIG.17).

- **Doble piel corredor:** se trata de una doble piel cerrada por cada piso para estimular que el aire fluya en sentido horizontal y así ventilar el espacio intermedio. Depende de la existencia de estructuras horizontales que también funcionan como parasoles (FIG.18).

- **Doble piel cajón:** en ella el aire ventila en un módulo de un vano, por lo tanto, la ventilación y la temperatura de la cámara se controla de forma localizada. Permite la ventilación del interior a través de la cámara (FIG.19).

- **Doble piel shaft:** doble piel cajón combinada alternadamente con módulos shafts de toda la altura de la fachada. Los cajones ventilan a través del shaft por convección (FIG.20).

- **Muro trombe o fachada colectora:** se utiliza el efecto invernadero para acumular calor en un muro de alta **inercia térmica**, el cual acumula calor y lo libera al interior en un régimen horario inverso al de la radiación (FIG.21).

- **Fachada ventilada:** usa una cámara de aire sobrepuesta al cerramiento, cuyo flujo convectivo se estimula por la radiación solar que

recibe la capa exterior. Esta estrategia amortigua el efecto del flujo solar (Q_s) en elementos opacos y sirve como estrategia de control térmico en verano (FIG.22).

- **Doble vidriado hermético (DVH):** el uso de este tipo de componentes vidriados tiene el objetivo de controlar el flujo de transmisión (Q_T) de calor a través de los elementos transparentes de la envolvente. Gracias a la cámara de aire, los DVH tienen un valor U muy inferior al de un vidrio simple y además es posible usar dobles o triples cámaras para llegar a valores más óptimos. Su combinación con vidrios reflectivos o absorbentes puede mejorar todavía más el desempeño de los componentes transparentes del sistema de cerramiento.

Control lumínico (Cl) / Tiene el objetivo objetivo de minimizar el uso de iluminación artificial, a través de una distribución del flujo luminoso que asegure que no se producirá deslumbramiento y que la iluminancia será suficiente para realizar las actividades propias del programa del edificio.

Entre las estrategias que permiten el control lumínico a través del sistema de cerramiento se encuentran:

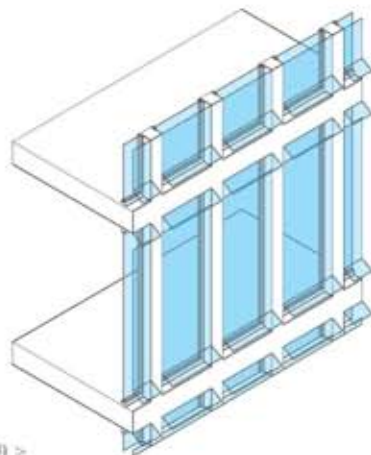


FIG.19 >

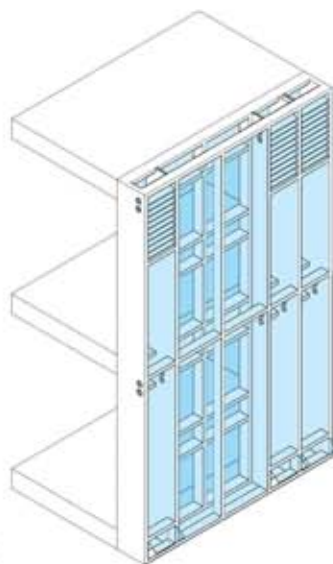


FIG.20 >

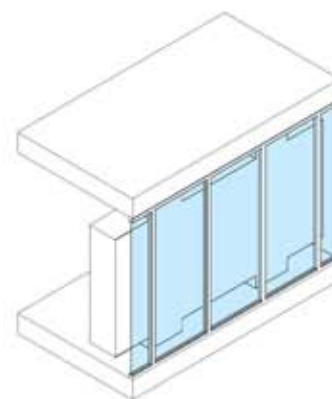


FIG.21 >

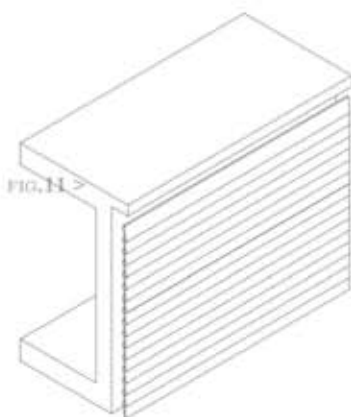


FIG.22 >

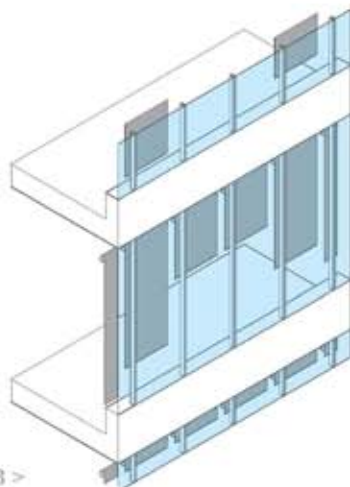


FIG.23 >

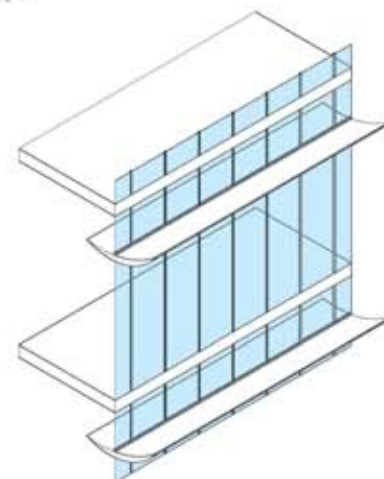


FIG.24 >

lación visual interior-externa como el **factor de sombra** del cerramiento (FIG.16).

Control térmico (Ct) / La conductividad térmica (λ) es una propiedad de los materiales que expresa su facultad para transmitir calor. Los sistemas de cerramiento normalmente están compuestos por diferentes capas de materiales, entre las cuales puede haber cámaras de aire estancas o convectivas. Su capacidad es descrita por su **transmitancia térmica**, o valor U.

Las estrategias destinadas al control térmico son principalmente dos: modificar la temperatura exterior en contacto con el cerramiento para bajar su exigencia de trabajo, y así disminuir la potencia energética requerida para climatizar el interior, o aislar el interior para conservar la energía de climatización.

Entre los sistemas de cerramiento capaces de ejercer esta función se encuentran:

- **Doble piel:** se trata de un plano de vidrio que genera una cámara de aire que se ventila natural o artificialmente. La cámara funciona como un colchón térmico que amortigua el rendimiento del sistema de climatización. Su funcionamiento es muy sensible al flujo solar (Q_s) y requiere un complejo cálculo de los flujos

de aire, por lo que su uso eficiente se restringe a ciertos climas y a ciertas condiciones de gestión. Existen diferentes configuraciones que también responden a este principio (FIG.17).

- **Doble piel corredor:** se trata de una doble piel cerrada por cada piso para estimular que el aire fluya en sentido horizontal y así ventilar el espacio intermedio. Depende de la existencia de estructuras horizontales que también funcionan como parasoles (FIG.18).

- **Doble piel cajón:** en ella el aire ventila en un módulo de un vano, por lo tanto, la ventilación y la temperatura de la cámara se controla de forma localizada. Permite la ventilación del interior a través de la cámara (FIG.19).

- **Doble piel shaft:** doble piel cajón combinada alternadamente con módulos shafts de toda la altura de la fachada. Los cajones ventilan a través del shaft por convección (FIG.20).

- **Muro trombe o fachada colectora:** se utiliza el efecto invernadero para acumular calor en un muro de alta **inercia térmica**, el cual acumula calor y lo libera al interior en un régimen horario inverso al de la radiación (FIG.21).

- **Fachada ventilada:** usa una cámara de aire sobrepuesta al cerramiento, cuyo flujo convectivo se estimula por la radiación solar que

recibe la capa exterior. Esta estrategia amortigua el efecto del flujo solar (Q_s) en elementos opacos y sirve como estrategia de control térmico en verano (FIG.22).

- **Doble vidriado hermético (DVH):** el uso de este tipo de componentes vidriados tiene el objetivo de controlar el flujo de transmisión (Q_T) de calor a través de los elementos transparentes de la envolvente. Gracias a la cámara de aire, los DVH tienen un valor U muy inferior al de un vidrio simple y además es posible usar dobles o triples cámaras para llegar a valores más óptimos. Su combinación con vidrios reflectivos o absorbentes puede mejorar todavía más el desempeño de los componentes transparentes del sistema de cerramiento.

Control lumínico (Cl) / Tiene el objetivo objetivo de minimizar el uso de iluminación artificial, a través de una distribución del flujo luminoso que asegure que no se producirá deslumbramiento y que la iluminancia será suficiente para realizar las actividades propias del programa del edificio.

Entre las estrategias que permiten el control lumínico a través del sistema de cerramiento se encuentran: