



# MD 7:

## Ventanas y aberturas

## **7. Ventanas y aberturas**

<b>7.1. Introducción. Propiedades generales de ventanas .....</b>	<b>3</b>
<b>7.1.1. Función de ventanas, aberturas y puertas .....</b>	<b>3</b>
<b>7.1.2. Cargas térmicas en ventanas .....</b>	<b>9</b>
<b>7.1.3. Control solar .....</b>	<b>13</b>
<b>7.2. Ventanas y aberturas .....</b>	<b>21</b>
<b>7.2.1. Tipos de ventanas .....</b>	<b>21</b>
<b>7.2.2. Materiales para ventanas.....</b>	<b>22</b>
<b>7.2.3. Montaje y puentes térmicos.....</b>	<b>27</b>
<b>7.3. Características físicas de ventanas / vidrios .....</b>	<b>31</b>
<b>7.3.1. Características físicas relevantes para conducción .....</b>	<b>31</b>
<b>7.3.2. Características físicas relevantes para radiación solar .....</b>	<b>33</b>
<b>7.3.3. Cálculo de ganancias y pérdidas de calor .....</b>	<b>36</b>
<b>7.4. Marco normativo para aberturas y ventanas .....</b>	<b>38</b>
<b>7.4.1. Normas para ventanas .....</b>	<b>38</b>
<b>7.4.2. Normas para la envolvente de edificios .....</b>	<b>40</b>
<b>7.4.3. Código de Edificación de Vivienda .....</b>	<b>44</b>
<b>7.5. ANEXO.....</b>	<b>45</b>

## 7.1. Introducción. Propiedades generales de ventanas

Este capítulo explica las funciones que cumplen las aberturas, ventanas y puertas, además, la estrecha relación que guardan con la eficiencia energética de un edificio, así como los principios básicos de control solar.

### 7.1.1. Función de ventanas, aberturas y puertas

Las ventanas, aberturas y puertas forman parte de la envolvente arquitectónica de los edificios. La envolvente es la capa externa de un edificio que separa los espacios interiores con el exterior; ya sea, el aire libre, el agua, el terreno o una colindancia. Funciona como regulador de las condiciones exteriores para crear un ambiente interior (temperatura, luz y ventilación naturales)<sup>1</sup>. Una envolvente arquitectónica está integrada por:

- A. Cubiertas, techos, losas, volados
- B. Muros y piel del edificio
- C. Aberturas, puertas y ventanas
- D. Superficie de contacto con el terreno: pisos

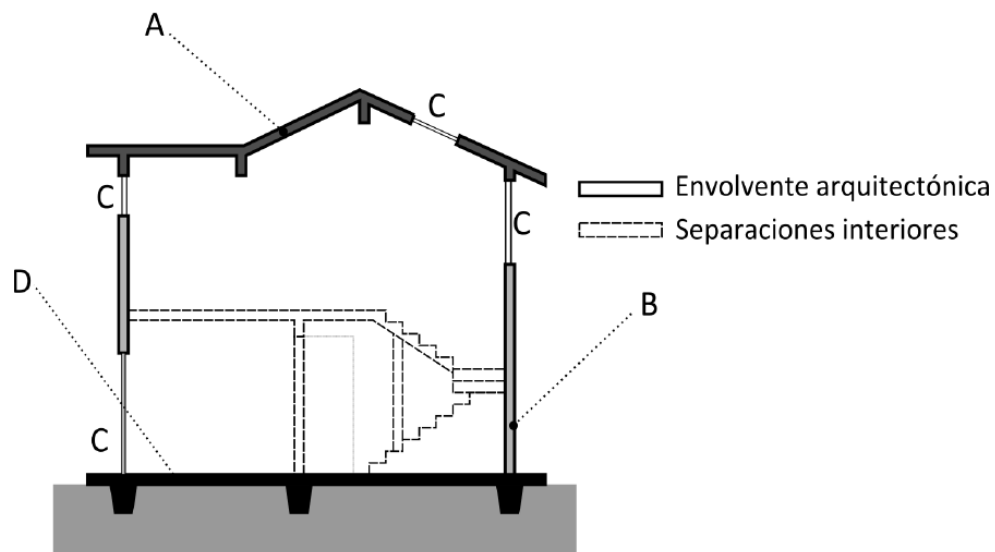


Figura 1: Envolvente térmica

<sup>1</sup> John Straube. "The Building Enclosure", *Building Science Digest 18*/ Building Science Press, 2006

Para garantizar el confort del edificio y de su ambiente interior se requiere una buena ventana, que debe cumplir con **cinco funciones principales**:

- Proveer de vista al exterior.
- Permitir el uso de la luz natural.
- Aislamiento térmico: reducir pérdidas de calor en situaciones frías, reducir ganancias de calor en situaciones calurosas.
- Aprovechar ganancias solares (en situaciones frías).
- Permitir una ventilación controlable (p.e. ventilación nocturna en verano).

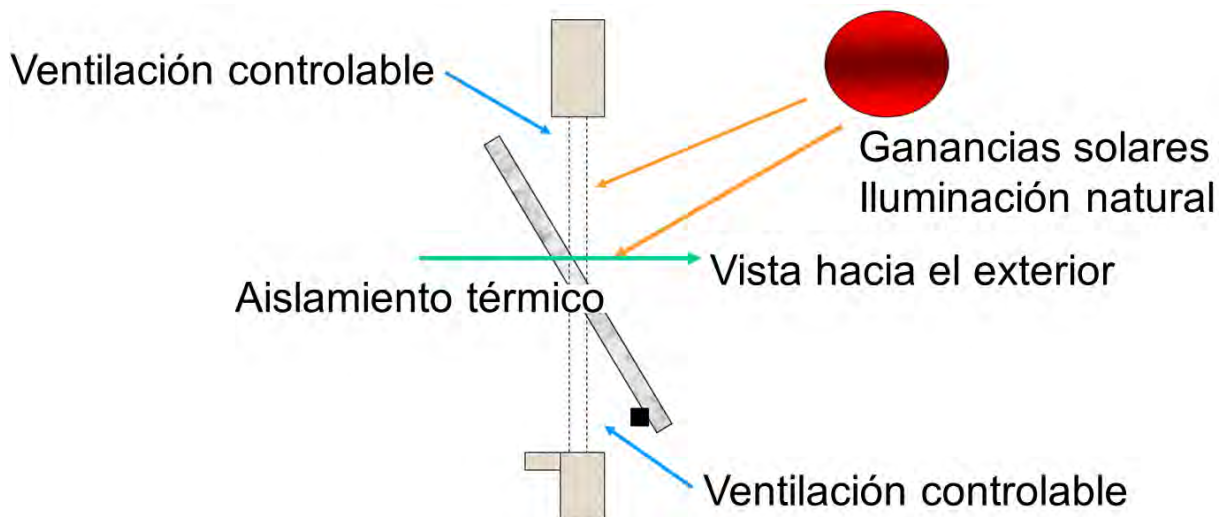


Figura 2: Funciones básicas de ventanas

Aparte de las funciones que cumplen en el diseño bioclimático de la vivienda o el edificio, las ventanas deben cumplir con una serie de funciones adicionales. Una buena ventana protege contra el ruido y es hermética, es decir, impide la entrada de viento, agua y polvo. La ventana debe proveer seguridad contra el robo y contra incendios. Su material debe ser durable y resistente a la intemperie y los rayos ultravioletas. La entrada de la luz se puede controlar mediante dispositivos de sombreado; y la entrada de insectos se evita instalando mosquiteros. Finalmente las ventanas también son elementos de diseño arquitectónico, a los que se les conoce como los “ojos de la casa”.

A continuación se explican con más detalle algunas de las funciones mencionadas anteriormente.



### 7.1.1.1. Aislamiento térmico

La principal característica de un material aislante es su baja conductividad térmica. Esta es la capacidad del material para permitir la transferencia de calor (véase también MD 2, 2.1.1 Introducción al aislamiento). En México no es muy común el uso de sistemas vidriados aislantes, a pesar de los beneficios que conlleva su instalación.

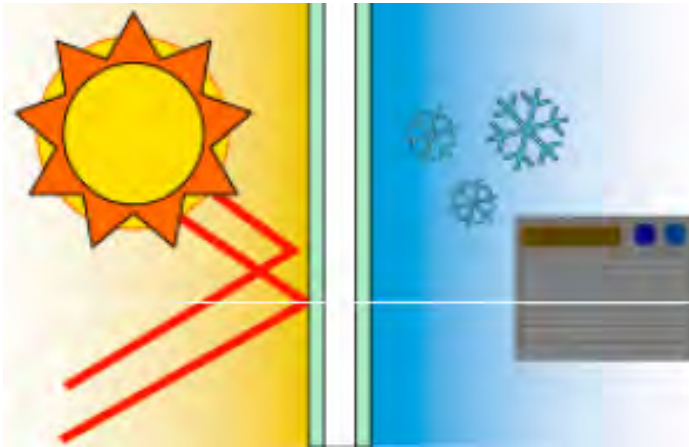


Figura 3: Ventana aislante en clima cálido

En los climas cálidos, una ventana aislante nos ayuda a reducir las ganancias de calor por la ventana, como consecuencia, el espacio interior se calienta menos y se consume menos energía eléctrica en los equipos de aire acondicionado para enfriar la casa.

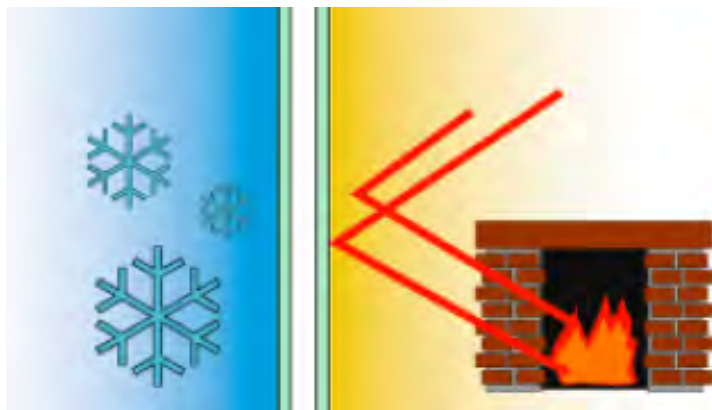


Figura 4: Ventana aislante en clima frío

En las zonas frías una ventana aislante nos ayuda a reducir las pérdidas de calor del interior hacia el exterior, en consecuencia, la casa se enfría menos y se consume menos energía para calentar la casa.

### 7.1.1.2. Protección contra el ruido

El ruido tiene una influencia importante en el bienestar y la salud. Una conversación normal puede alcanzar alrededor de 55 dB (decibel, símbolo dB, es la unidad para expresar el nivel de intensidad del sonido). Un coche puede producir 80 dB. A partir de 65 dB de carga continua existe un mayor riesgo para sufrir enfermedades cardiovasculares.<sup>2</sup> Por ello es importante saber que una buena ventana puede proteger contra el ruido.

Las propiedades de protección contra el ruido de una ventana dependen principalmente de la selección del vidrio. También depende de la hermeticidad y del montaje de la ventana.

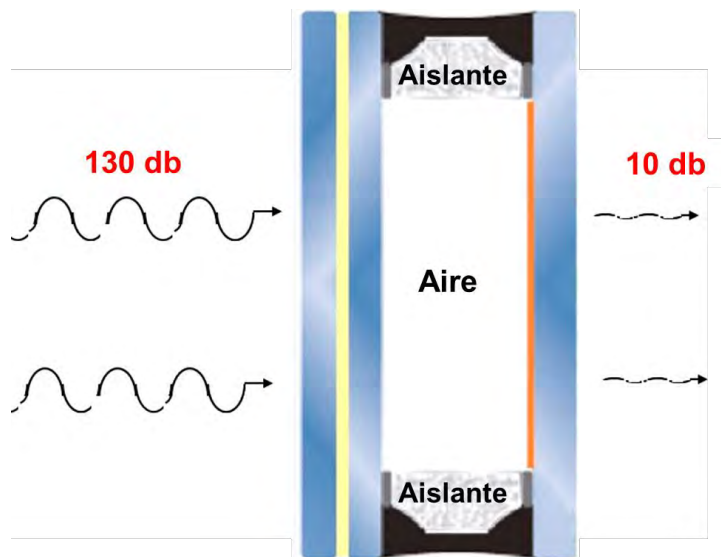


Figura 5: Aislamiento acústico

La figura 3 muestra el corte de un vidrio con buen aislamiento acústico. Entre mayor es el grosor de la capa de aire (entre los dos vidrios), mayor es el aislamiento acústico. Además, un grosor diferente en la capa de vidrio interior y exterior aumenta la protección contra el ruido. Entre más flexible el vidrio, más amortigua las ondas del sonido. Actualmente, esto se lleva a cabo a través de un vidrio laminado con capas intermedias de película de polivinil butiral (PVB) o por una película especial de absorción de sonido.

Una ventana de doble vidrio, además de otorgar mayor capacidad de aislamiento térmico, brinda también propiedades de aislamiento acústico. Este doble beneficio puede ser buen argumento para la selección de un sistema vidriado, por ejemplo en una ventana que da hacia una calle transitada.

---

<sup>2</sup> Aluplast 2013. *WindowWIKI Basiswissen Fenstertechnik. Das Kunststofffenster – Eigenschaften, Ausführungen und Einbaulösungen*, Aluplast, Alemania (inédito).

### 7.1.1.3. Hermeticidad

Las ventanas deben brindar protección contra las inclemencias climáticas, como el viento, la lluvia, el frío o el calor. Para impedir la entrada de viento, agua y polvo, las ventanas deben ser herméticas.

En caso de que sea necesario climatizar una casa mediante refrigeración o calefacción, una ventana hermética reduce la demanda de energía que se necesita para mantener una temperatura de confort dentro de la casa. Cualquier fuga en las ventanas, puertas u otros huecos debilitan el aislamiento e impiden la hermeticidad de un edificio, lo que en consecuencia conlleva a una infiltración elevada de aire desde el exterior. Una infiltración elevada por fugas en ventanas y puertas aumenta el número de cambios de aire por hora en la casa.



Imagen 1: Prueba 'Blower-Door'

Por ejemplo, en verano en un clima cálido, el aire caliente infiltrado se tiene que enfriar. Por lo tanto, entre más cambios de aire por hora se realicen debido a una infiltración elevada, mayor es la energía que se consume para enfriar la casa a una cierta temperatura.

La hermeticidad de una ventana depende de la hermeticidad de las juntas entre el marco y la hoja de la ventana y entre el marco y la estructura de la pared que le rodea, así como del mecanismo de cierre. El montaje y la conexión con el muro requieren de especial cuidado en la planeación y ejecución.

Mediante el método 'Blower Door' se puede medir la hermeticidad de un edificio. Para ello, en una ventana o una puerta, se instala un ventilador con un dispositivo de medición y se genera una diferencia de presión de 50 Pascal entre el interior y el exterior. Se mide el número de cambios de aire por hora, el cual es el indicador para la hermeticidad del edificio y nos indica la existencia o inexistencia de infiltraciones en las conexiones con puertas, aberturas, ventanas y en perforaciones de la envolvente para la conexión de tubos o ductos.



#### 7.1.1.4. Ventilación

Una ventilación controlada de la casa es necesaria para garantizar la calidad e higiene del aire. La calidad del aire interior de un edificio depende de la calidad del aire aportado por la ventilación desde el exterior, de las actividades que se desarrollan en el interior de la vivienda o el edificio como el cocinar o los procesos de limpieza, de la ocupación por seres vivos, animales y plantas, así como de la temperatura y de la humedad. Hay que garantizar un cambio de aire suficiente para mantener un nivel adecuado de oxígeno al interior de la casa, así como que evacuar olores y contaminantes.

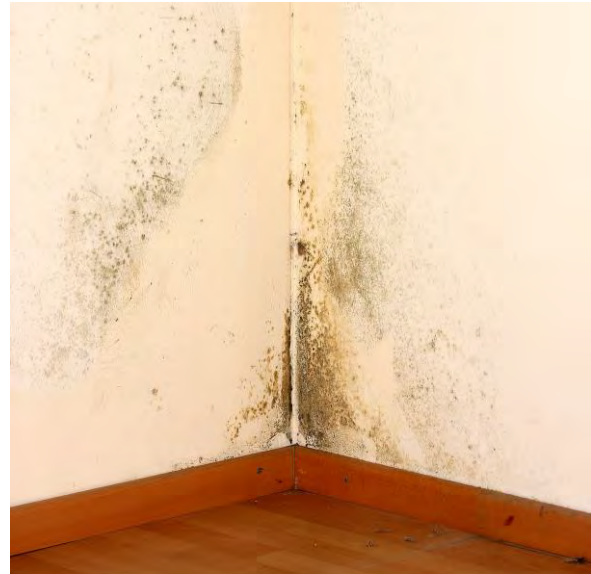


Imagen 2: Formación de moho

Dependiendo de la diferencia de temperatura en el exterior y en el interior de la casa, la ventilación también permite controlar la temperatura interior. Por ejemplo en un clima templado en verano, la ventilación nocturna permite evacuar el calor que se acumuló en la casa durante el día.

Además hay que controlar el nivel de la humedad en el interior. El ser humano produce de tres a cinco litros de vapor de agua al día, a la que tenemos que añadir el vapor desprendido de los alimentos al cocinar, de los baños y duchas, del lavado de la ropa y tendido interior de la misma, desprendido de las plantas, de los materiales de construcción, de las filtraciones y demás. Si la humedad es excesiva, se condensa agua en las superficies frías, paredes y cristales, y perjudica a los habitantes por la formación de mohos y proliferación de bacterias y virus, deteriorando a la vez los muebles, pinturas y paredes de la casa.<sup>3</sup>

En México existen ciudades donde el uso del aire acondicionado es usual y donde se presentan altas temperaturas y altas humedades relativas. En estas circunstancias deberán aplicarse barreras para vapor, para evitar la condensación dentro de los materiales de construcción y los daños que el agua puede causar. En el Material Didáctico 2 (2.1.3 Aplicación de aislantes térmicos en la construcción) se explica con más detalle el concepto de barreras de humedad y/o de vapor, así como el concepto de temperaturas y condensaciones en la envolvente.

---

<sup>3</sup> Soler & Palau México 2013, <<http://www.soler-palau.com.mx/ventilacion4.php>>.

#### 7.1.1.5. Seguridad

Aberturas, puertas y ventanas deben brindar la protección necesaria contra el robo. Para el caso de las ventanas se debe evitar que se puedan abrir desde el exterior.

En edificios multifamiliares es importante que las ventanas, aberturas y puertas brinden la protección necesaria para evitar por ejemplo la propagación de un incendio de un piso a otro más alto. En caso de incendio es importante saber cómo se comporta un material ante el aumento de temperatura o fuego. Materiales “ignífugos” retardan el desarrollo y la propagación del fuego.

#### 7.1.2. Cargas térmicas en ventanas

Para lograr la eficiencia energética de un edificio no es suficiente hacer una sola adecuación / adaptación o modificación sino más bien un conjunto de ellas. En los temas anteriores se habló de *eficiencia energética*, de *aislamiento térmico*, de *arquitectura bioclimática* y de *fachadas y cubiertas*. Pues bien, aberturas<sup>4</sup>, ventanas y puertas son uno más de estos elementos. Su diseño adecuado es crucial para tener buena iluminación natural y ventilación de la casa o del edificio. Además la adecuada selección e instalación contribuye a importantes ahorros de energía en las edificaciones por conceptos de acondicionamiento de aire, calefacción e iluminación.

##### 7.1.2.1. Balance energético de un edificio<sup>5</sup>

El calor puede transmitirse por uno o más de los **tres mecanismos básicos** siguientes:

**Conducción.** Se habla de “conducción” cuando el calor se transmite a través de un cuerpo por la transferencia de la cantidad de movimiento de sus partículas o átomos sin que exista mezcla. Ejemplo: transmisión de calor a través de ladrillos de un horno.

**Convección.** Se habla de “convección” cuando el calor se transmite entre zonas con diferentes temperaturas por mezcla de las partes calientes con las frías de un mismo material. La convección está restringida al caso de fluidos (líquido o gas).

**Radiación.** Es la transmisión de la energía, a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas. Si encuentra materia en su camino, la radiación será transmitida, reflejada o absorbida. Únicamente la energía absorbida es la que nos interesa ya que es la que aparece en forma de calor, y su transformación es cuantitativa.

---

<sup>4</sup> Aberturas: Vanos vidriados, tales como huecos, domos, tragaluces y láminas traslúcidas.

<sup>5</sup> Szokolay, SV 2008, *Introduction to Architectural Science. The Basis of Sustainable Design*. Elsevier, London.

Un edificio se puede considerar como un **sistema térmico**, el cual tiene una serie de entradas de calor (ganancias) y de salidas de calor (pérdidas). Este sistema se puede describir con la ecuación siguiente:

$$Q_i + Q_c + Q_s + Q_v + Q_e = \Delta S$$

$Q_i$	Ganancias internas de calor (p.e. el calor que emite un cuerpo humano o una computadora)
$Q_c$	Ganancias o pérdidas de calor por conducción
$Q_s$	Ganancias de calor por radiación solar
$Q_v$	Ganancias o pérdidas de calor por ventilación
$Q_e$	Pérdidas de calor por evaporación

En esta ecuación la suma  $\Delta S$  representa la cantidad de calor guardado dentro del edificio. Cuando  $\Delta S$  es mayor a cero, la temperatura interior aumenta, pero cuando  $\Delta S$  es menor a cero, la temperatura interior disminuye (véase también MD 5, 5.2.3. Cargas térmicas en un edificio).

Para el caso de las ventanas es importante señalar que los tres mecanismos básicos de transmisión de calor mencionados anteriormente también aplican, es decir:

- Ganancias o pérdidas de calor por **conducción** (transmitancia) a través del vidrio y el marco.
- Ganancias de calor por **radiación** solar, a través de las partes transparentes (vidrios).
- Ganancias o pérdidas de calor por **convección**, por la ventilación, por ejemplo cuando ventilamos en la noche en verano, para enfriar la casa, o por medio de fugas.

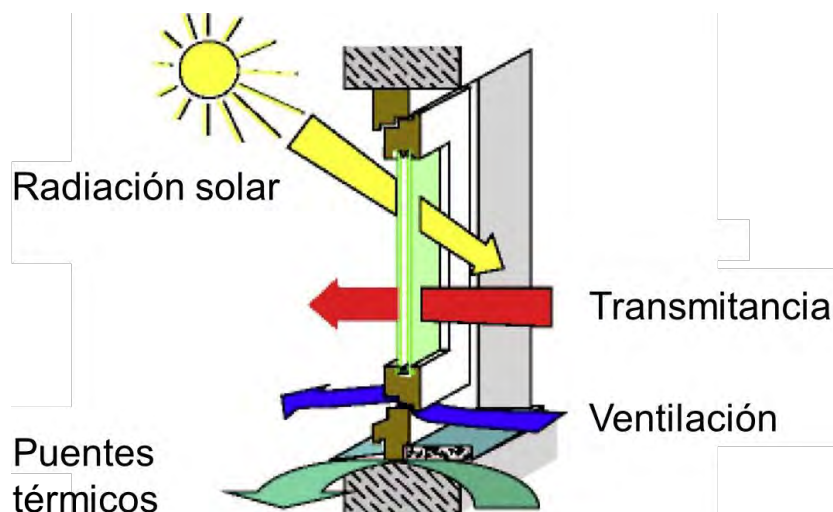


Figura 6: Flujos de calor en una ventana

En el Material Didáctico 2 (2.1.2. Medidas para ahorrar energía en la edificación) hemos visto que en un edificio de uso residencial, un 10% de las pérdidas o ganancias de calor se debe a las ventanas, y otro 15% se pierde o gana por ventilación.

Las siguientes variables de diseño nos ayudan a controlar estas tres entradas/salidas de calor por las ventanas, con el fin de contribuir al control de la temperatura interior<sup>6</sup>.

- a) **Tamaño, posición y orientación de la ventana.** Afecta la penetración por el sol y por ello la ganancia de calor por radiación solar. También afecta la ventilación, especialmente cuando deseamos ventilación cruzada.
- b) **Vidrio.** Existen diferentes tipos de vidrio simple, doble o de múltiples capas, así como diferentes calidades del vidrio. Existen vidrios especiales que absorben o reflejan el calor, que nos permiten regular la entrada de calor por radiación solar, así como vidrios aislantes que nos permiten regular los flujos de calor por conducción.
- c) **Mecanismo de cierre.** Del mecanismo de cierre depende la aptitud para permitir la ventilación regulada. También de ello depende la hermeticidad de la ventana.
- d) **Persianas internas y cortinas.** Pueden disminuir las ganancias solares ligeramente, mediante la reducción de la radiación de los rayos (directos), pero se calientan y emitirán calor, lo que conlleva a ganancias de calor por convección.
- e) **Dispositivos de sombreamiento exterior.** Son la manera más positiva de controlar las ganancias de calor por radiación solar. Aunque se tiene que tener en mente el efecto que tienen estos dispositivos al viento (ventilación), a la iluminación natural y a las vistas hacia el exterior.
- f) **Mosquiteros** (como parte de la ventana). Suelen ser una necesidad en climas cálido-húmedos. Hay que saber que los mosquiteros reducen el caudal de aire y la iluminación natural. Para obtener el mismo efecto de ventanas sin mosquitero, se tiene que incrementar el tamaño de la ventana.

Existen programas de computadora (*software*) que calculan el balance energético de una vivienda o de un edificio. Por ejemplo el Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde - Sisevive-Ecocasa - estima el nivel de desempeño energético y medioambiental de la vivienda y evalúa la arquitectura de la vivienda en función de sus materiales, características de diseño, sistemas constructivos y ecotecnologías incorporadas. Para ello, mediante la herramienta

---

<sup>6</sup> Szokolay, SV 2008, *Introduction to Architectural Science. The Basis of Sustainable Design*. Elsevier, London.

Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda - DEEVi<sup>7</sup>, se calcula el balance energético de la vivienda, para una ubicación y arquitectura determinada, bajo un régimen operacional previamente definido.

Como parte del balance energético, la herramienta DEEVi permite simular las ganancias o pérdidas de calor por ventanas y el efecto de las variables de diseño mencionadas anteriormente, como tamaño, posición y orientación de la ventana, tipo de vidrio, hermeticidad de la ventana, así como dispositivos de sombreado pasivos y temporales. En el manual de la herramienta DEEVi se puede encontrar información más detallada sobre las variables que influyen el desempeño energético de una ventana.

Además DEEVi incorpora una herramienta que facilita el cálculo de la NOM-020-ENER-2011, permitiendo de este modo informar al desarrollador sobre el nivel de cumplimiento con dicha norma.

#### Actividad : Cargas térmicas en ventanas



1/ ¿Cuál es la diferencia entre convección y radiación?

2/ ¿Cuáles de las medidas anteriores son aptas para reducir las ganancias de calor por radiación solar?

3/ ¿Cuáles de las medidas anteriores son aptas para reducir las ganancias de calor por conducción?

---

<sup>7</sup> La herramienta DEEVi fue desarrollada a partir de la metodología de cálculo del software Passive House Planning Package, del Passivhaus Institut de Alemania (Institución pionera en el desarrollo de software de modelación de balance energético), tomando en cuenta las condiciones de México.



### 7.1.3. Control solar

La radiación solar representa la entrada de energía (calor) más significativa en el balance térmico de una casa. Es por ello que uno de los factores más importantes a tomar en cuenta al momento de diseñar un edificio, es el control solar. La primera tarea es determinar cuándo la radiación solar será bienvenida (para calentar una casa en invierno) o cuándo se deberían excluir las ganancias de calor por radiación (en el verano), para evitar el sobrecalentamiento del edificio.

El buen diseño del control solar de un edificio nos permite, en el caso de climas calientes, reducir las ganancias solares, y en consecuencia, reducir la demanda de energía para climatizar, mediante equipos de aire acondicionado. En climas fríos nos permite aprovechar las ganancias de calor por radiación solar, de esta manera reducir la demanda de energía que fuese necesaria para calentar la casa o el edificio.

En cuanto a las ventanas, podemos controlar las ganancias de calor por radiación solar directa mediante dispositivos de sombreado o mediante la aplicación de vidrios especiales que sólo dejan pasar parte de la energía solar al interior de la vivienda o el edificio, como veremos en el capítulo 7.2.2.

#### 7.1.3.1. Sombreamiento

Los dispositivos de sombreado se pueden clasificar en: **pasivos** y **activos**. En el Material Didáctico 5 se habló de estos dos tipos de sombreado y se mostraron algunos ejemplos. (Véase también capítulo 5.2. Funciones energéticas y aspectos físicos de la fachada). Los elementos de **sombreamiento pasivo** son aquellos totalmente estáticos, como por ejemplo elementos que considera la norma NOM-020-ENER-2011 (aleros, partesoles, ventanas remetidas). Los elementos de **sombreamiento activo** son mecánicos e incluso robotizados (elementos activos) para ajustar el nivel de sombreado de acuerdo a la latitud del lugar, hora del día y la estación del año.

Además se distinguen los dispositivos de sombreado según su posición con respecto a la ventana: **sombreamiento interno** y **sombreamiento externo**. Dispositivos de sombreado temporal interno, como persianas y cortinas pueden disminuir las ganancias solares, mediante la reducción de la radiación de los rayos solares directos, pero se calientan y emitirán este calor, lo que conlleva a ganancias de calor por convección. Por ello los dispositivos de sombreado exterior son la manera más positiva para controlar ganancias de calor por radiación solar. En ambos casos se tiene que tomar en cuenta el efecto que tienen estos dispositivos al viento (ventilación), a la iluminación natural y a las vistas hacia el exterior.



1. Persiana enrollable interior



2. Persiana láminas interior



3. Partesol y persiana láminas exterior



4. Persiana enrollable exterior



5. Toldo



6. Partesol de láminas orientables

Imagen 3: Ejemplos de dispositivos de sombreado interiores y exteriores

### 7.1.3.2. Diseño de los dispositivos (verticales y horizontales)

Existen tres categorías básicas de dispositivos de sombreamiento. Se caracterizan por su geometría:

- Dispositivos verticales (partesoles)
- Dispositivos horizontales (aleros)
- La combinación de ambos (p.e. ventanas remetidas).

**Dispositivos verticales**, p.e. partesoles, se caracterizan por el *ángulo horizontal de sombreamiento* (AHS o HSA en inglés). Por convenio, el AHS se mide desde la dirección de la orientación (p.e. la superficie del partesol), positivo en el sentido del reloj y negativo en contrasentido del reloj. No puede ser mayor a  $90^\circ$ , o menor a  $-90^\circ$  ya que esto significaría que el sol estaría detrás del edificio. Se distingue entre el AHS del dispositivo (como indicado en figura 5) y el

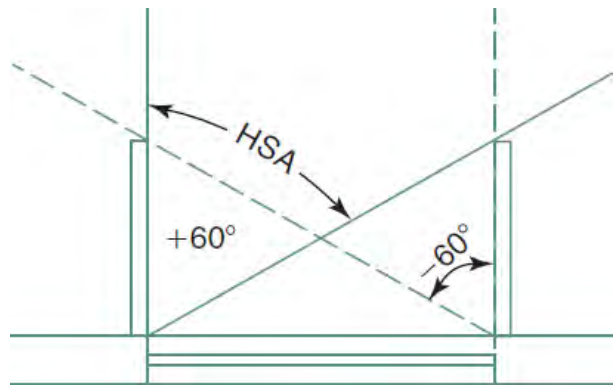


Figura 7: Dispositivo vertical en planta

‘AHS solar’ que indica el desempeño requerido en un momento específico. Es decir con referencia a la dirección de los rayos solares en un momento dado. Su eficiencia es mayor cuando el sol está orientado transversal a la dirección en la que está orientada la ventana.

**Dispositivos horizontales**, p.e. volados o aleros, o venecianas. Se caracterizan por el *ángulo de sombreamiento vertical* (ASV o en inglés VSA). La eficiencia de estos dispositivos es mayor cuando el sol se encuentra frente a la ventana en cuestión.

Una ventana en dirección del ecuador (sur en el hemisferio norte y norte en el hemisferio sur) es el caso más fácil a tratar: cuando el sol está directamente enfrente de la ventana, el ‘ASV solar’ (el ángulo entre los rayos solares y el plano de la ventana) es igual al ángulo de la latitud del lugar.

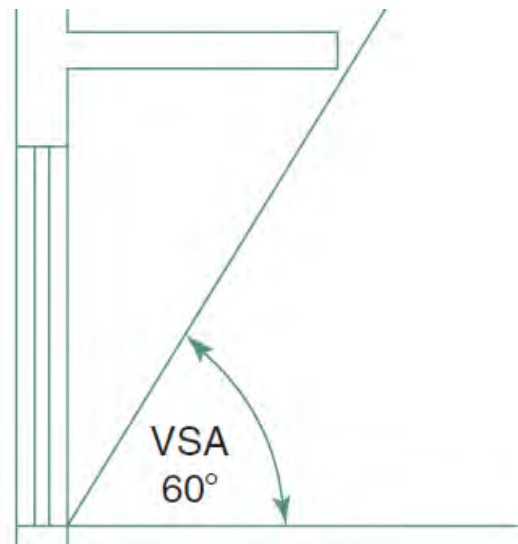


Figura 8: ASV (Sección de ventana)

Esta ventana que puede proporcionar un ajuste estacional “automático”: sombreado completo en verano, mientras al mismo tiempo permite ganancias solares en invierno. Para impedir la entrada del sol durante los 6 meses del verano, el ‘ASV solar’ debe ser  $ASV = 90^\circ - \text{ángulo de latitud del lugar}$ ; p.e. en caso de latitud  $19.5^\circ$  el ASV será  $ASV = 90^\circ - 19.5^\circ = 70.5^\circ$ .

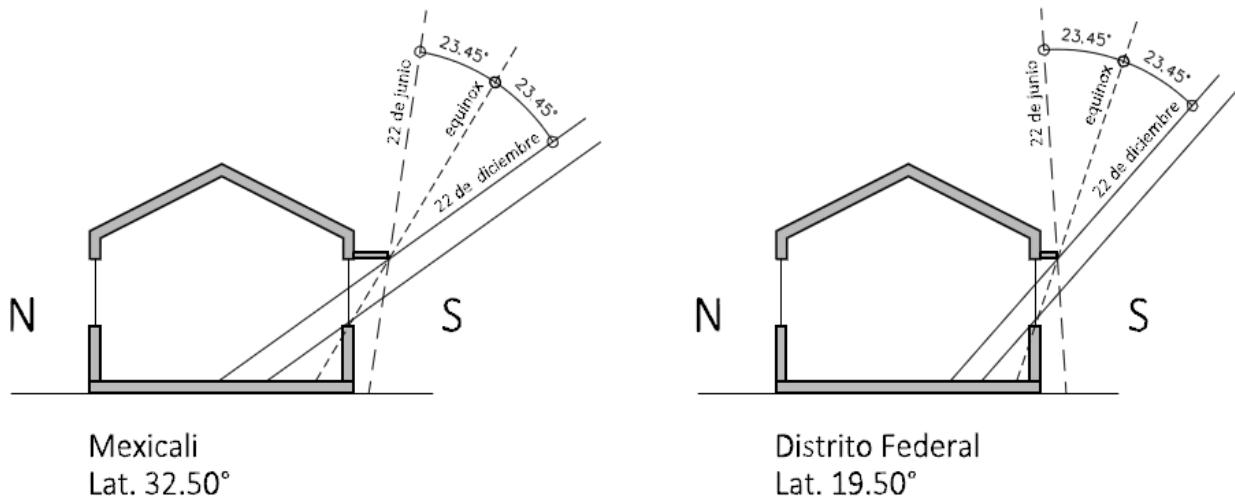


Figura 9: Alero con ajuste estacional “automático” en Mexicali y en el Distrito Federal

En la figura 7 vemos una ventana orientada hacia el ecuador en Mexicali (latitud  $32.50^\circ$ ) y en la Ciudad de México (latitud  $19.50^\circ$ ). En ambos casos las ventanas disponen de un alero con ajuste estacional “automático”, ajustado para impedir la entrada del sol durante los seis meses del verano. Veremos como el ángulo de los rayos solares cambia en función de la latitud del lugar. En Mexicali (más hacia el polo norte) es necesario un alero más profundo.

Para orientaciones diferentes a norte y sur la situación es más compleja. Una combinación de elementos verticales y horizontales puede ser la solución más apropiada (Véase imagen 4).

La norma mexicana NOM-020-ENER-2011, *Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltante de edificios para uso habitacional*,<sup>8</sup> establece un método para calcular el efecto de sombreado para los diferentes dispositivos de sombreado pasivo. Mediante las dimensiones de la ventana y del dispositivo de sombreado, se calcula el factor de corrección de sombreado exterior. Este factor nos indica el porcentaje de sombra que proyecta el dispositivo en la parte translúcida. En el apartado 7.4.2 se ilustran los diferentes dispositivos de sombreado pasivo contemplados en la norma.

<sup>8</sup> Para familiarizarse con la norma se recomienda consultar el ‘Manual técnico para la aplicación de la NOM-020-ENER-2011’ de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).





Imagen 4: Fachada con elementos horizontales y verticales de sombreamiento

Existen programas de computadora (*software*) que permiten calcular los ángulos solares de interés, usando como datos la latitud del lugar. La herramienta DEEVi (véase apartado 7.1.2.1 Balance energético de un edificio), calcula de manera automatizada el efecto de dispositivos de sombreamiento pasivos y de sombreamiento temporal (p.e. persianas). Además DEEVi incorpora una herramienta que facilita el cálculo de la NOM-020-ENER-2011. Esta herramienta determina de manera automatizada los factores de corrección de sombreado según la metodología que establece la norma.



En el documento “Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables en México”, la Comisión Nacional de la Vivienda<sup>9</sup> publicó las siguientes recomendaciones para el diseño del control solar en diferentes zonas climáticas de México.

		Recomendaciones Guía CONAVI
<b>Cálido-húmedo</b>	Norte	Protección solar completa por alero
	Este/Oeste	Parteluces Alero según comportamiento solar
	Sur	Alero de mayor dimensión
<b>Cálido-seco extremo</b>	Norte	Ventana remetida / Aleros Parteluces para protección en las tardes y en verano
	Este/Oeste	Ventana remetida / Aleros En las fachadas este y oeste se debe considerar parteluces
	Sur	Ventana remetida / Aleros Alero grande para evitar asoleamiento por las tardes, combinado con parteluces
<b>Templado</b>	Norte	Aleros combinados con Parteluces
	Este/Oeste	Parteluces en ventanas de fachada este y oeste, combinados con aleros
	Sur	Alero para evitar ganancia directa en primavera y verano
<b>Semifrío</b>	Norte	---
	Este/Oeste	Parteluces en ventanas de la fachada oeste, para evitar las ganancias de primavera
	Sur	Aleros en ventanas de fachada sur para evitar sobrecalentamiento de primavera y verano

Tabla 1: Recomendaciones para sombreado en función de la zona climática

<sup>9</sup> Comisión Nacional de Vivienda 2008, *Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables en México*, CONAVI, México, <<http://www.conavi.gob.mx/estudios-investigaciones-publicaciones>>.

## Actividad 2: Control solar



La misma ventana, de lado izquierdo tiene un volado, de lado derecho unas venecianas.

¿Cuál dispositivo da más sombra?

¡Discute con tus compañeras o compañeros!



### 7.1.3.3. Orientación

Tomando en cuenta la orientación de la casa se puede determinar la ubicación de puertas y ventanas para conseguir una buena iluminación natural para el ahorro de electricidad durante el día y lograr además una adecuada ventilación, que nos permita tener buena calidad de aire, sin necesidad de instalar equipos adicionales.

Para la orientación de las ventanas también hay que considerar que la radiación solar que recibe una ventana o pared depende de la orientación. La radiación solar es más fuerte sobre una superficie horizontal. En cuanto a las cuatro puntos cardinales, norte, este, oeste, sur, en México es más importante la incidencia solar en las orientaciones este y oeste que en las orientaciones sur y norte.

La Norma Oficial Mexicana, NOM-020-ENER-2011<sup>10</sup>, indica el factor de ganancia solar promedio que reciben las diferentes orientaciones en promedio al año (véase tabla 2). El **factor de ganancias solar (FG)** se define como el promedio de radiación solar que recibe cada orientación, determinada en *watts* por metro cuadrado. Este factor es la potencia de la radiación solar. Si lo multiplicamos con las horas durante las cuales una superficie recibe esta potencia, el resultado es la energía que incide sobre esta superficie. P.e. una ventana de orientación oeste en Mexicali recibe en un mes por metro cuadrado de superficie:

$$24 \text{ (horas/día)} * 30 \text{ (días/mes)} * 164 \text{ (W/m}^2\text{)} = 118,080 \text{ Wh/m}^2 * \text{mes} = 118.08 \text{ kWh / m}^2 * \text{mes}.$$

	RADIACIÓN				
CIUDAD	TRANSPARENTE				
	Factor de ganancia solar promedio	FG (W/m <sup>2</sup> )			
	Tragaluz y domo	N	E	S	O
Mexicali, Baja California	322	70	159	131	164
Distrito Federal, D.F.	272	102	140	114	134
Morelia, Michoacán	274	91	137	118	146
Cancún, Quintana Roo	284	95	152	119	133

Tabla 2: Factor de ganancia solar, NOM-020-ENER-2011

### Actividad 3: Control solar y orientación

1/ Calcula la cantidad de energía que recibe una ventana de 1.50 m de altura y de 1.20 m de ancho en una pared orientada hacia el este en Mexicali en un año.

2/ Calcula la cantidad de energía que recibe una ventana con las mismas medidas en una pared orientada hacia el norte en Mexicali en un año.



<sup>10</sup> Para familiarizarse con la norma se recomienda consultar el 'Manual técnico para la aplicación de la NOM-020-ENER-2011' de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).

## 7.2. Ventanas y aberturas

Los vanos en la envolvente de un edificio se pueden clasificar según su objetivo operacional en:

**Ventanas.** Ventanas y ventanas que sirven como puerta.

**Aberturas.** Vanos vidriados, tales como huecos, domos, tragaluces y láminas traslúcidas.

**Puertas.** Puertas de acceso al exterior (puertas de acero, puertas de seguridad, puertas decorativas).

### 7.2.1. Tipos de ventanas

La figura 8 nos muestra los diferentes mecanismos de cierre y los tipos de suspensión.

#### Tipos de Ventanas

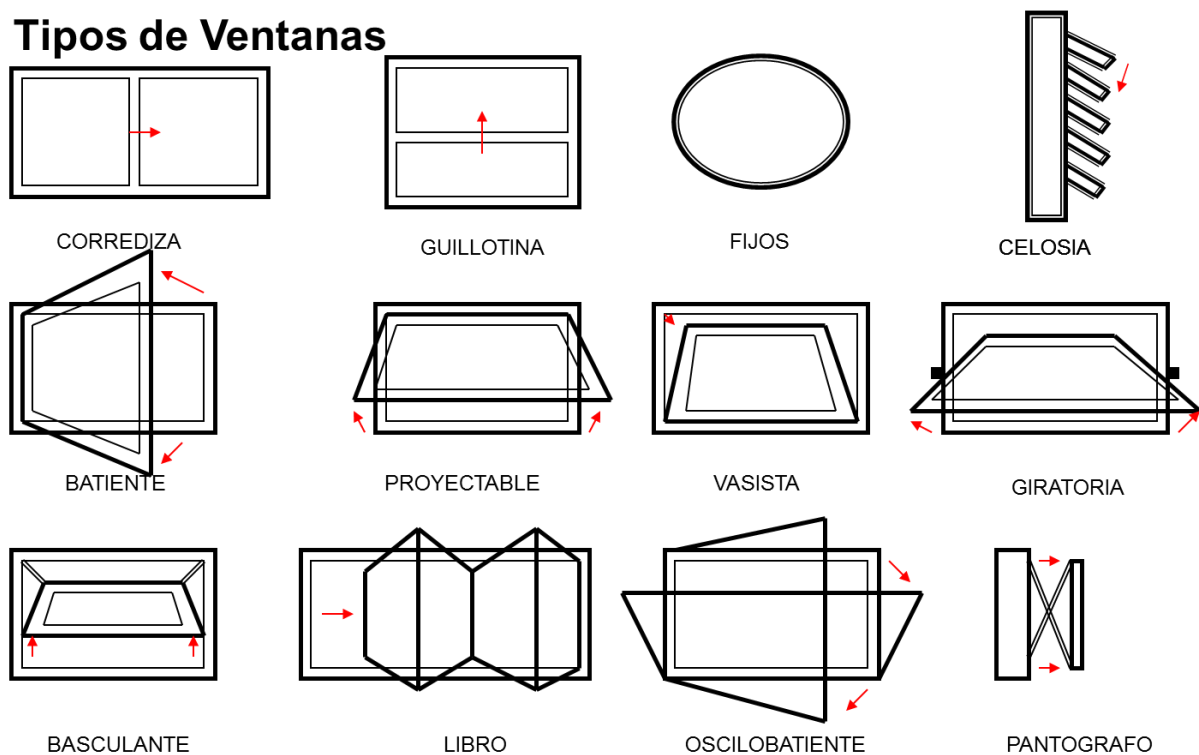


Figura 10: Tipos de ventanas

## 7.2.2. Materiales para ventanas

### 7.2.2.1. Tipos de vidrio<sup>11</sup>

Los vidrios pueden clasificarse en distintos grupos por el número de capas y por la calidad del vidrio, es decir, los diferentes tipos de revestimiento que mejoran sus prestaciones de aislamiento térmico y control solar. Por **número de capas** se puede distinguir:

**Vidrio sencillo (monolítico).** En él se agrupan aquellos tipos formados por una sola capa de vidrio y aquellos formados por dos o más hojas unidas entre sí por toda su superficie (vidrios laminares)

**Unidad de vidrio aislante (UVA).** Llamados anteriormente como de doble acristalamiento o vidrio de cámara, hace referencia al conjunto formado por dos o más láminas de vidrios monolíticos separados entre sí por uno o más espaciadores herméticamente cerrados a lo largo de todo el perímetro. Las UVA aprovechan la baja conductividad térmica del aire, limitando el intercambio de calor por convección y conducción. Como beneficios brindan una mayor eficiencia térmica, reduciendo los gastos en energía para refrigeración o calefacción, eliminan la condensación interna, protegen contra el ruido, así como aumentan la resistencia a las presiones del viento.

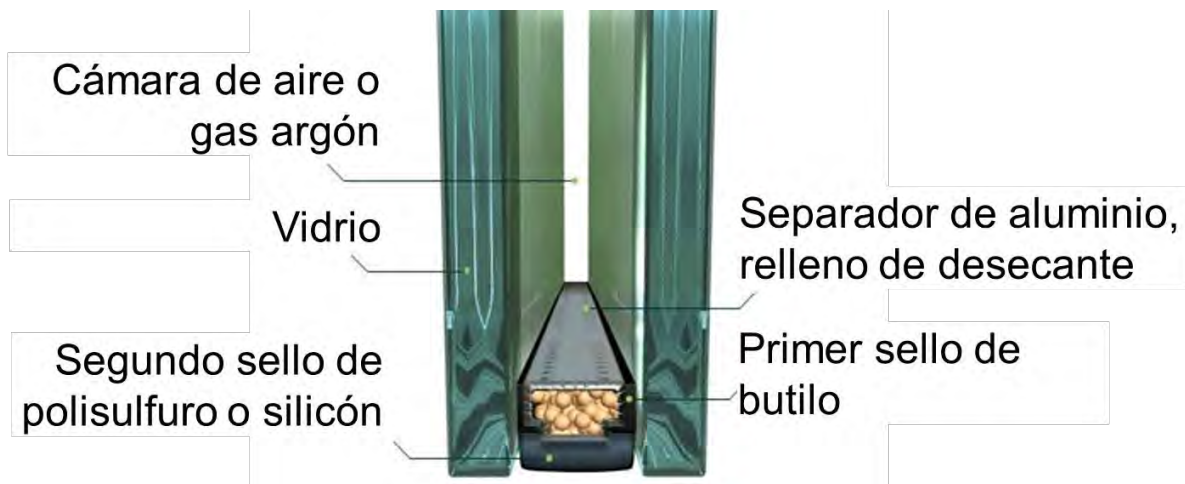


Figura 11: Elementos de una unidad de vidrio aislante

<sup>11</sup> ONNCCE 2009, *Norma Mexicana NMX-C-460-ONCCE-2009*, DOF 18-08-2009, ONNCCE, México. <<http://net.imcyc.com/biblio/concreta/tiendaonncce/>>.



Por la **calidad del vidrio** podemos distinguir entre vidrios especiales que absorben o reflejan el calor. Los anteriores se pueden utilizar para mejorar el desempeño mediante la reducción de las ganancias de calor por radiación solar, pero sus cualidades son constantes y reducen no solamente las ganancias de calor solar, sino también la iluminación natural.

**Vidrios de baja emisividad.** Se trata de vidrios monolíticos sobre los que se ha depositado una capa de óxidos metálicos extremadamente fina, proporcionando al vidrio una capacidad de aislamiento térmico reforzado. Por lo general este tipo de vidrios va montado en una UVA, ofreciendo así sus máximas prestaciones de aislamiento térmico.

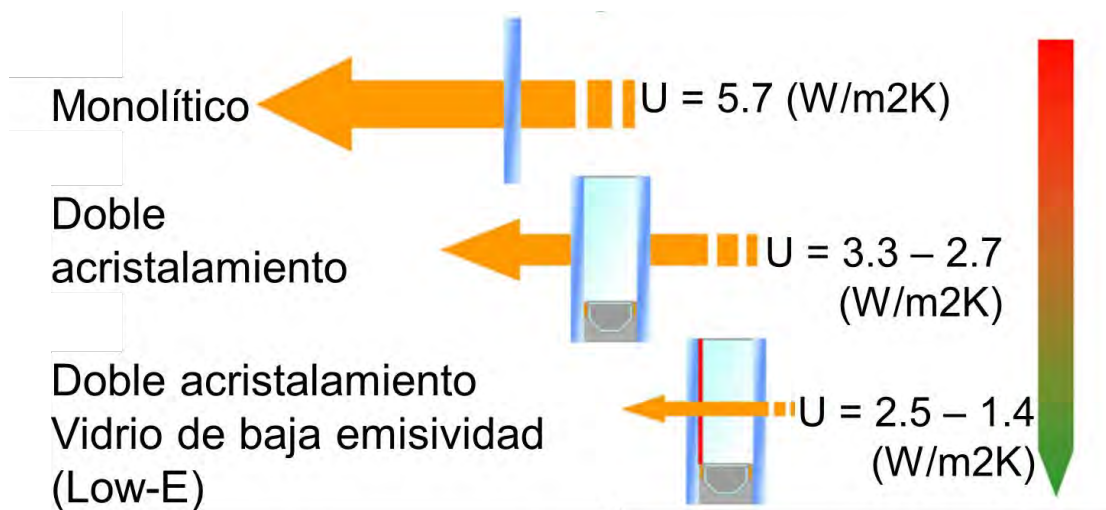


Figura 12: Diferentes tipos de vidrio

**Vidrios de control solar.** Bajo ésta denominación se pueden agrupar vidrios de muy distinta naturaleza: de color, serigrafiados o de capa. Las distintas capas y la posibilidad de aplicarse en distintos sustratos vítreos, permiten una amplia gama de posibilidades con diferentes estéticas, cuyas propiedades en térmica de control solar pueden variar. Aparte del vidrio con revestimiento de control solar, también existen películas y filtros a aplicar sobre un vidrio.

Mediante los vidrios de control solar se pueden reducir de manera significativa las ganancias de radiación solar, se impide el paso de rayos ultravioletas e infrarrojos. Los productos tienen diferentes niveles de reducción de la luz visible transmitida. Estas medidas son permanentes, por ello es importante considerar el efecto de la reducción de la luz visible transmitida, para asegurar una buena iluminación natural.

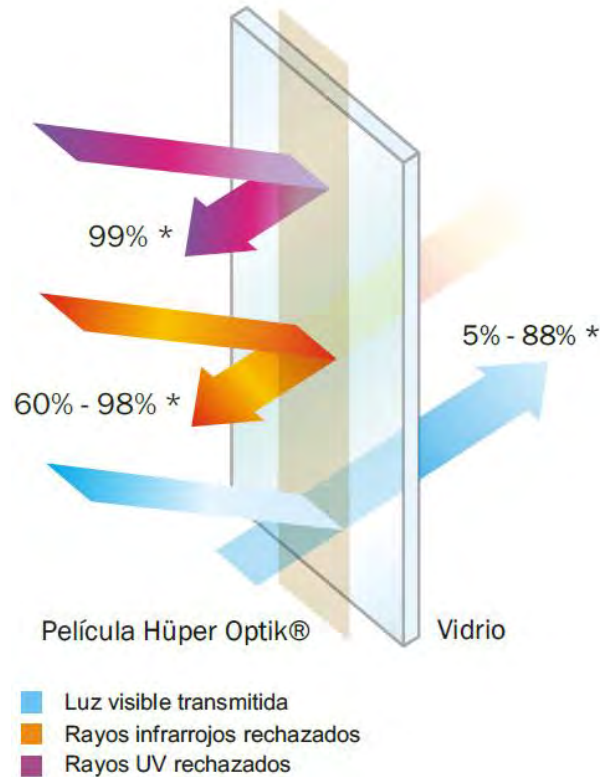


Figura 13: Propiedades de un vidrio con película de control solar

#### Actividad 4: Tipos de ventanas

1/ ¿Qué se debe considerar al elegir un vidrio, si se busca minimizar las ganancias de calor a través del vidrio?

2/ ¿Qué tipo de vidrio utilizarías en Monterrey, D.F. y Tuxtla Gutiérrez?

¡Discute con tus compañeras o compañeros!



### 7.2.2.2. Sistemas de ventanas y perfiles (marcos)

El PVC (vinil), madera y aluminio, o combinaciones de estos materiales son los principales materiales con los que se fabrica la cancelería residencial. La tabla 3 muestra los diferentes valores de transmitancia térmica de estos materiales, siendo el marco metálico el valor K (o valor U por sus siglas en inglés) mayor, y por ello el que permite el mayor flujo de calor. Marcos de alto rendimiento pueden alcanzar un valor K (o valor U) por debajo de 0,8 W/m<sup>2</sup>K.

Material del marco	Transmitancia térmica U (W/m <sup>2</sup> K)
Metálico	5,7
Metálico RPT (4 mm ≥ d ≥ 12 d)	4,0
Metálico RPT d ≥ 12 mm	3,2
Madera dura (ρ = 700 kg/m <sup>3</sup> y 60 mm de espesor)	2,2
Madera blanda (ρ = 500 kg/m <sup>3</sup> y 60 mm de espesor)	2,0
Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)	2,2
Perfiles huecos de PVC (3 cámaras)	1,8

Tabla 3: Valores K (o valores U) para diferentes materiales de marcos, según la NMX-C-460-ONNCCE-2009

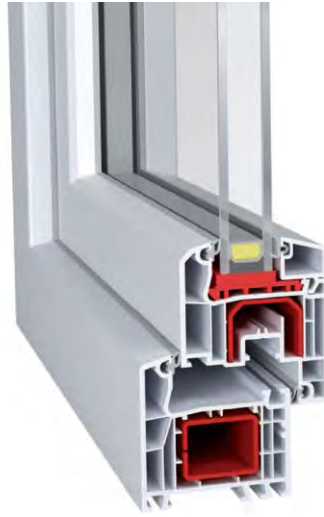
Además de las propiedades térmicas, los marcos deben cumplir con diferentes propiedades como: buena durabilidad y resistencia a la intemperie o resistencia estructural. La tabla 4 muestra las diferentes propiedades para PVC (vinil), madera y aluminio. A pesar de que el PVC y la madera cuentan con diferentes ventajas, en México en el sector residencial es todavía muy común el uso de marcos de aluminio.

	Vinil	Madera	Aluminio
Buen aislante térmico	✓	✓	X
Buen aislante acústico	✓	✓	X
Resistencia estructural	✓	✓	✓
Durabilidad	✓	✓	✓
Bajo mantenimiento	✓	X	✓
Resiste condensación	✓	✓	X
Resiste la corrosión	✓	✓	X
Perfiles multicámara	✓	X	X

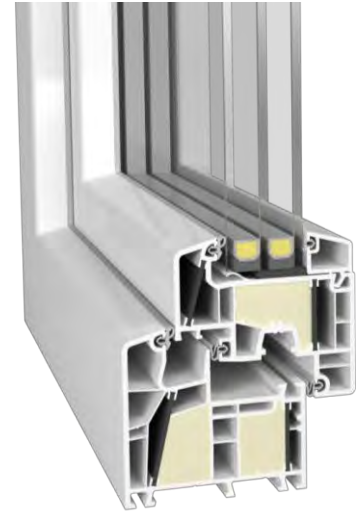
Tabla 4: Propiedades de diferentes materiales de marcos de ventanas



1. Marco de aluminio



2. Marco de PVC



3. PVC con aislamiento



4. Marco de madera



5. Madera con aluminio



6. Aluminio con corte térmico

Imagen 5: Diferentes materiales de marcos de ventanas

### Actividad 5: Ventajas / desventajas de diferentes materiales de marcos de ventana

En México es muy común el uso de un vidrio simple de 3mm de espesor, con un marco de aluminio.

¿Crees que se deberían utilizar otros materiales en las viviendas? ¿Por qué?



### 7.2.3. Montaje y puentes térmicos

#### 7.2.3.1. Factores a considerar al diseñar una ventana.<sup>12</sup>

Las ventanas están expuestas a diversas condiciones del lado interior y exterior que afectan la junta de conexión. Por ello, al momento de planear el montaje de las ventanas es necesario poner especial atención en ésta área, considerando una serie de aspectos como p.e.:

- Fijación y cargas de la ventana
- Aislamiento térmico de la junta de conexión
- Junta impermeable al aire (al interior)
- Junta impermeable a la lluvia (al exterior)
- Evitar la acumulación de humedad inadmisibles/ nociva en el área de conexión

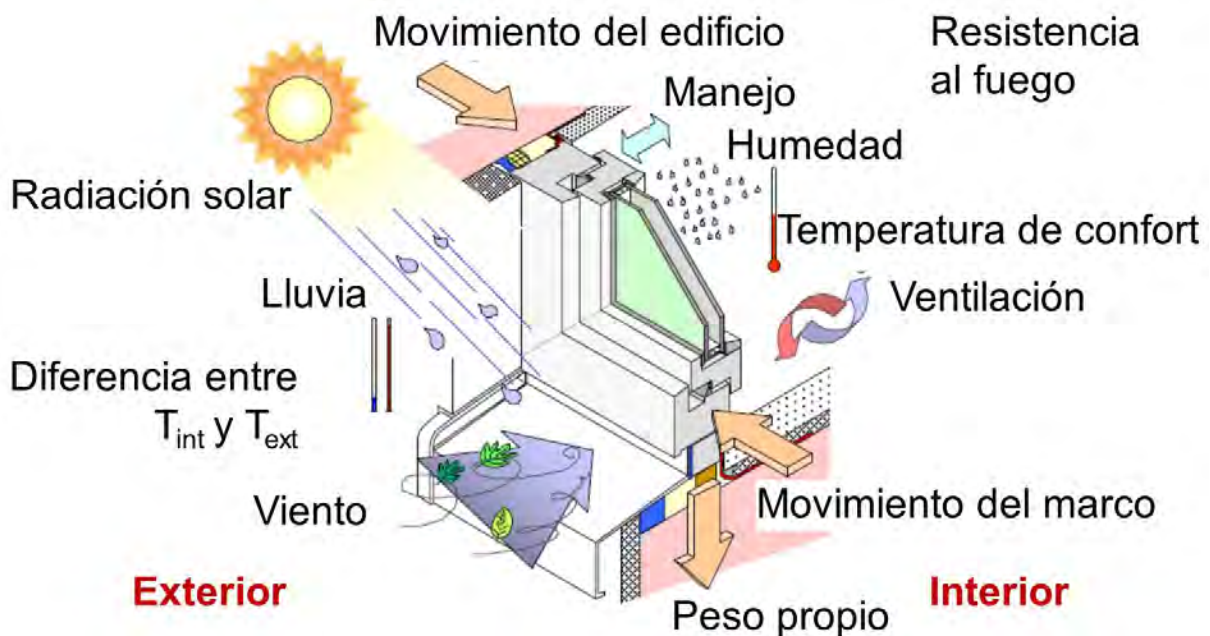


Figura 14: Influencias a la ventana

<sup>12</sup> Aluplast 2013. *WindowWIKI Basiswissen Fenstertechnik. Das Kunststofffenster – Eigenschaften, Ausführungen und Einbaulösungen*, Aluplast, Alemania (inédito).



A la hora de proyectar y dimensionar los elementos de fijación se deberán considerar los siguientes factores:

**Cargas muertas:** pesos de los vidrios (considerar formato de las hojas y tipo de abertura); cargas suplementarias (sistemas de protección solar y similares).

**Cargas vivas:** carga por viento (tamaño de la ventana, altura de montaje); cargas suplementarias (peso de una persona colgada en la hoja, esfuerzo de impacto al cerrar y abrir).

Por regla general se utilizarán tacos, anclajes, bridas, tirantes, patillas de anclaje, rieles de montaje o planchas soldadas.

En cuanto a la impermeabilización de la junta, entre el marco y el muro colindante, se aplica fundamentalmente la regla: el interior debe ser menos permeable a la difusión del vapor que el exterior, para asegurar que el vapor puede difundirse hacia fuera. El lado interior debe ser impermeable al aire, proveyendo una barrera contra la difusión del vapor de agua. El lado exterior debe ser estanco a las lluvias torrenciales, y permeable para la difusión del vapor de agua.

En climas húmedos y subhúmedos, es razonable efectuar la junta al exterior impermeable al aire. En caso contrario, el aire podría transportar la humedad al interior de la construcción y traer daños estructurales.

### Actividad 6: Montaje de ventanas

1/ ¿Por qué el interior de la junta entre al marco y el muro colindante debe ser menos permeable a la difusión del vapor que el exterior?

2/ ¿Para qué caso se usan tacos, anclajes, bridas, tirantes, patillas de anclaje, rieles?

¡Discute con tus compañeras o compañeros!



### 7.2.3.2. Puentes térmicos<sup>13</sup>

Un puente térmico es parte del cerramiento de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente. Esto puede ser debido a un cambio de geometría (esquina, cambio de espesor), un cambio de materiales con diferentes coeficientes de conductividad ( $\lambda$ )<sup>14</sup>, o una combinación de ambos factores.

El calor fluye en dirección del gradiente de temperatura más pronunciado, como el agua fluye en dirección de la pendiente con mayor inclinación. Un ejemplo es el de una ventana de vidrio aislante con un marco de aluminio. El doble cristal es un aislante muy bueno, pero el aluminio es un excelente conductor térmico, y por eso deja escapar el calor. A veces, en invierno se pueden ver *sudar* (pequeñas gotas de agua condensada a los marcos y, sin embargo, el cristal no *suda*).

Cuando se usan ventanas aislantes, es importante evitar puentes térmicos. Por un lado hay que utilizar un marco de ventana con un valor K (o valor U) adecuado, y por el otro lado es importante una instalación adecuada de la ventana, para evitar un puente térmico a lo largo del perímetro de instalación de la ventana (Véase figura 15).

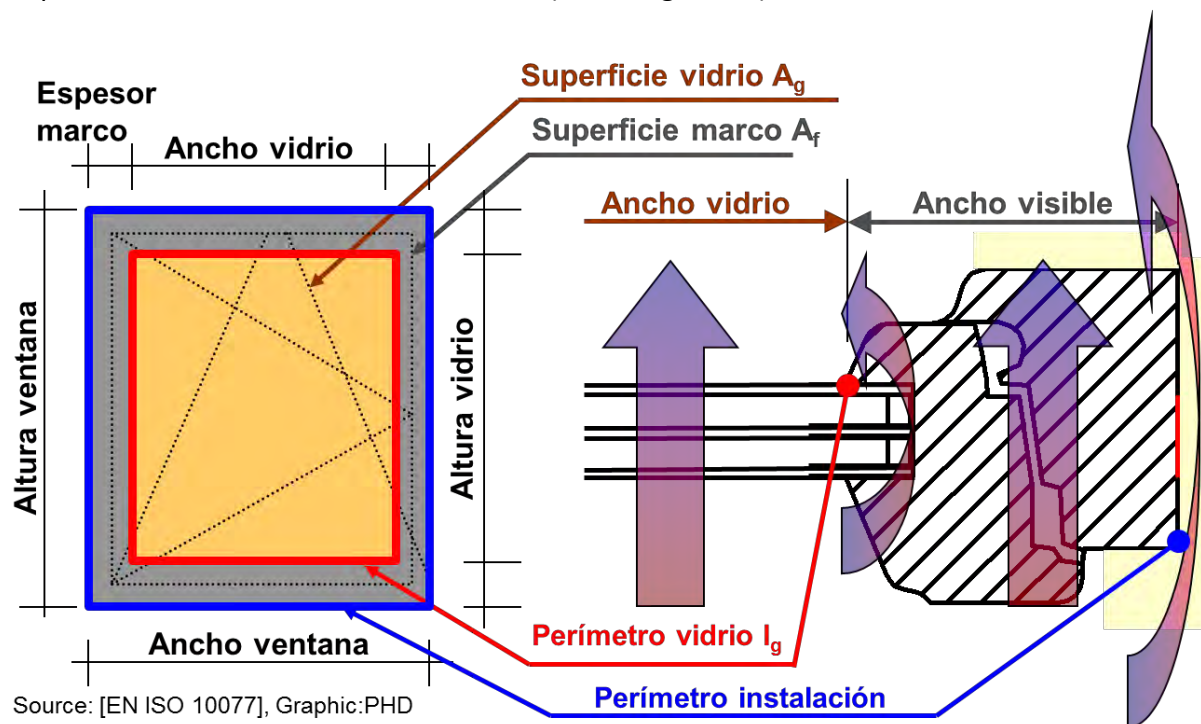


Figura 15: Puentes térmicos en ventanas

<sup>13</sup> Szokolay, SV 2008, *Introduction to Architectural Science. The Basis of Sustainable Design*. Elsevier, London.

<sup>14</sup> El Coeficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ ) indica la cantidad de calor que permite pasar el material por metro líneal.

## Actividad 7: Montaje y puentes térmicos

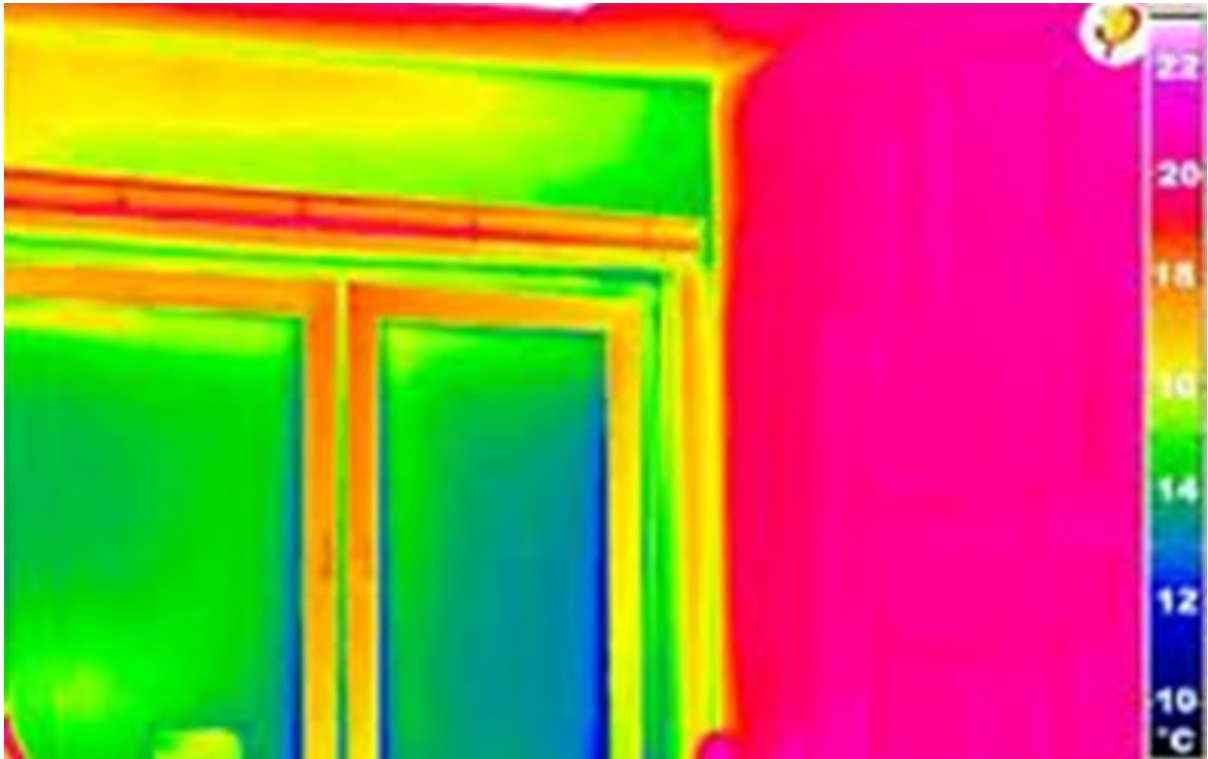


Imagen 6: Termografía

Esta termografía fue tomada al interior en un clima frío.

$$T_{\text{interior}} = 20^{\circ}, T_{\text{exterior}} = -5^{\circ}$$

Revisa la termografía e identifica los puentes térmicos.

¿De qué material son vidrio y marco?

¿Cómo sería la imagen en Monterrey en mayo a las cinco de la tarde con una temperatura interior de 25°?

¡Discute con tus compañeras o compañeros!



## 7.3. Características físicas de ventanas / vidrios

Los vidrios o sistemas vidriados son materiales o compuestos de materiales con varias características físicas, de las cuales depende la transmitancia de la luz visible, la vista a través del material, la entrada del calor solar, así como al aislamiento del flujo de calor de un lado al otro.

La propiedad principal del vidrio es la transparencia, permitiendo elevados aportes de luz natural que contribuyen al bienestar en el interior de la vivienda o el edificio.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética, las principales características del acristalamiento que se deben tomar en cuenta son su coeficiente “U” o transmitancia térmica y su coeficiente de ganancia de calor solar. A continuación se explican las características físicas relevantes para la conducción y radiación solar.

### 7.3.1. Características físicas relevantes para conducción

A continuación repasamos las definiciones de los conceptos relacionados con el aislamiento térmico (véase también MD 2 Aislamiento, capítulo 2.3. Características físicas de materiales aislantes).

La **Conductividad térmica ( $\lambda$  – “lambda”)** es la cantidad de calor que permite pasar el material por metro lineal. Se mide como la densidad del flujo de calor ( $W/m^2$ ) en un cuerpo de un espesor de 1 m (es decir, la longitud del trayecto del flujo de calor es 1m), con 1 grado de diferencia de temperatura en las unidades  $W \cdot m/m^2K = W/m \cdot K$ . La conductividad térmica es una propiedad del material independiente de su forma o tamaño.

La característica equivalente de un cuerpo físico (p.e. un muro) es la **Conductancia térmica (C)**, la cual se mide entre las dos superficies del muro. Para una capa homogénea, es la Conductividad térmica, dividida por el grosor ( $\lambda/g$ ). Esta unidad casi nunca se usa.

EL **Coficiente global de transferencia de calor (K)** incluye los efectos de superficie y es la unidad de uso más frecuente. En el caso de los vidrios, es la densidad de transferencia de calor por unidad de superficie y por unidad de diferencia de temperatura entre los ambientes a cada lado del sistema vidriado. Se mide para el sistema vidriado completo.

Este valor describe la densidad del flujo de calor ( $W/m^2$ ) con  $1^\circ K$  de diferencia de temperatura ( $\Delta T$ ) entre el aire interior y el aire exterior, en las unidades  $W/m^2K$ . Este valor también es **comúnmente conocido como valor “U”**.

Cuanto menor es el Coeficiente global de transferencia de calor  $K$ , mayor es la capacidad aislante de la ventana, y en consecuencia menor la energía que necesitamos para enfriar o calentar la casa.

La NOM-024-ENER-2012 establece la obligación que el fabricante, comercializador o importador indica el coeficiente global de transferencia de calor de sus productos, además determina el método para su cálculo. Para los vidrios o sistemas vidriados no es necesario su cálculo.

Para el cálculo del flujo de calor de un vidrio o sistema vidriado por conducción es importante conocer el Coeficiente global de transferencia de calor ( $K$ ). Este valor es comúnmente conocido como valor “ $U$ ”.

Con el valor  $K$  (o valor  $U$ ) se mide la densidad de calor por unidad de superficie y por unidad de diferencia de temperatura entre los ambientes a cada lado del sistema vidriado.

Las unidades de medida son:

$W/m^2K$  (en el sistema internacional); y

$BTU/ft^2 \cdot ^\circ F \cdot h$  (en el sistema inglés)

### Actividad 8: Características físicas de ventanas

1/ ¿Cuál es la diferencia entre el valor  $K$  (o valor  $U$ ), el valor  $C$  y el valor  $\lambda$ ?



2/ ¿Qué relevancia tiene el valor  $K$  (o valor  $U$ ) en un clima cálido y en un clima frío?



### 7.3.2. Características físicas relevantes para radiación solar

El **Coefficiente de ganancia de calor solar (CGCS)** es la proporción de la ganancia de calor transmitida que entra a través de un sistema vidriado por la radiación solar incidente. Es un valor adimensional entre 0 y 1, donde 1 significa que el 100 por ciento de la ganancia de calor por la radiación solar incidente atraviesa el sistema vidriado.

$$CGCS = \frac{\text{Ganancia de calor transmitida}}{\text{Radiación solar incidente de la superficie de la ventana}}$$

Parte de la radiación solar incidente es transmitida ( $t$  = parte transmitida), otra parte es reflejada ( $r$  = parte reflejada) y la resta ( $a$  = parte absorbida) es absorbida dentro del cuerpo del vidrio.

$$t \text{ (parte transmitida)} + r \text{ (parte reflejada)} + a \text{ (parte absorbida)} = 1$$

La parte absorbida calienta el vidrio. Parte de este calor se emite al exterior y la otra parte al interior mediante re-radiación y convección (véase figura 16). La ganancia de calor solar transmitida (el CGCS) se compone de la radiación solar transmitida directamente y la fracción de la radiación absorbida, que se transfiere por radiación o convección hacia el espacio interior.

$$CGCS = T_e + q_i$$

En donde:

- $T_e$  Es la transmitancia solar, es decir, es la cantidad de radiación solar que se transmite a través del sistema vidriado compuesto por la radiación ultra-violeta, visible e infrarroja.
- $q_i$  Es el factor de transferencia de calor secundario hacia el interior de la edificación.

El CGCS también se denomina factor  $g$ . Por su abreviación en inglés es conocido como SHGC (Solar Heat Gain Coefficient).

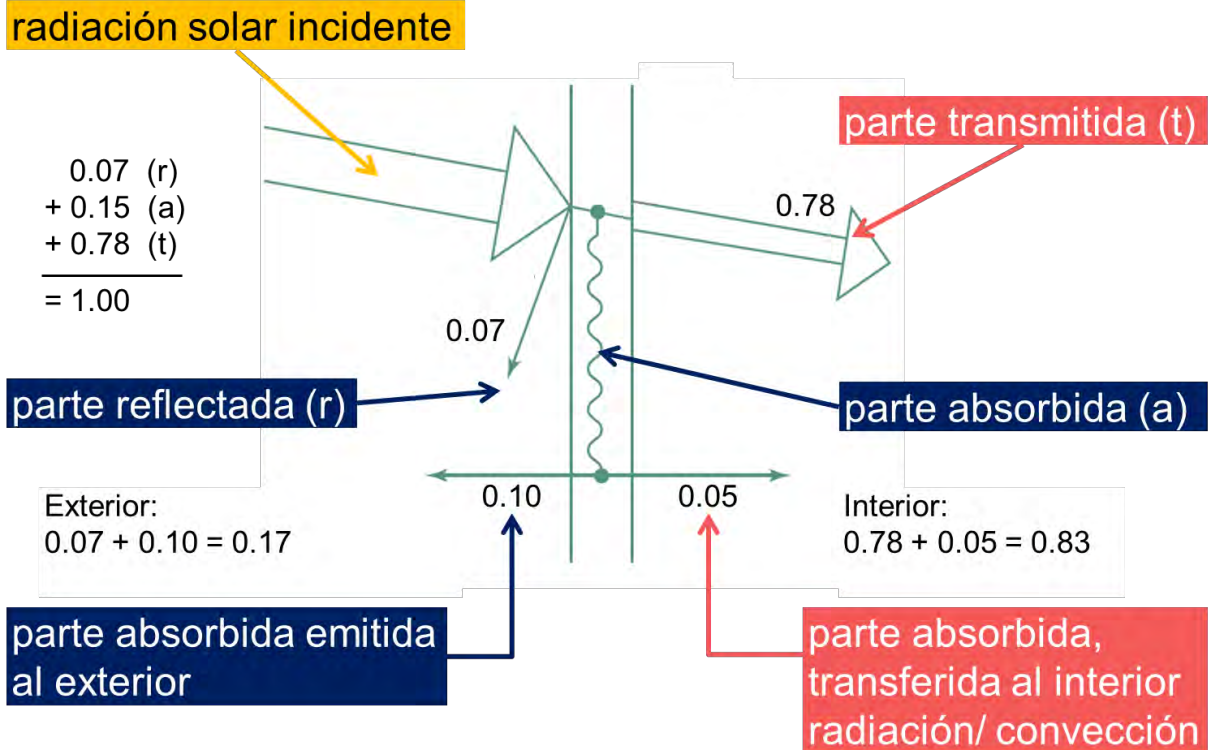


Figura 16: Comportamiento de la radiación solar a través de un vidrio

El **Coefficiente de sombreado (CS)** es la razón entre el calor por radiación solar que se gana a través de un vidrio específico y el calor por radiación solar que se gana a través de un vidrio claro de 3 mm de espesor, bajo idénticas condiciones. Este valor se necesita para el cálculo de las ganancias de calor por radiación solar según la NOM-020-ENER-2011. El coeficiente de sombreado se calcula:

$$CS = \frac{CGCS}{0.87}$$

En donde,

CGCS Es el coeficiente de ganancia de calor solar del vidrio específico.

0.87 Corresponde al coeficiente de ganancia de calor de un vidrio claro de 3 mm de espesor.

La **Transmitancia visible ( $\tau_v$ )** es la fracción de la radiación incidente transmitida en un material con relación a la radiación incidente. Indica la cantidad de luz de día que pasa a través de la ventana. Se expresa en porcentaje.

La NOM-024-ENER-2014 establece la obligación del fabricante, comercializador o importador, de indicar el Coeficiente de ganancia de calor solar (CGCS) y el Coeficiente de sombreado (CS) de sus productos. Como estos valores están dados en el certificado del producto no es necesario calcularlo.

Para el cálculo de las ganancias de calor por radiación solares es importante conocer el Coeficiente de Ganancia de Calor Solar (CGCS), y/o el Coeficiente de Sombreado (CS).

El coeficiente de ganancia de calor solar se conoce también como factor  $g$ , o como SHGC por sus siglas en inglés.

Con el CGCS se mide la porción de la radiación solar incidente, que se transmite como ganancia de calor hacia el interior. La ganancia de calor transmitida es la suma de la radiación solar transmitida directamente y la fracción de la radiación absorbida, que se transfiere por radiación o convección hacia el espacio interior.

EL CGCS es un valor adimensional entre 0 y 1.

Con el CS se mide el desempeño del CGCS de un vidrio específico con referencia al CGCS de un vidrio claro de 3 mm de espesor.

El CS se usa en el cálculo de ganancias de calor por radiación solar según la NOM-020-ENER-2011.

Es un valor adimensional entre 0 y 1.

### Actividad 9: Características físicas de ventanas

1/ ¿Cuál es la diferencia entre al valor  $K$  (o valor  $U$ ) y el CGCS?

2/ ¿Qué relevancia tiene el CGCS en zonas cálidas y en zonas frías?



### 7.3.3. Cálculo de ganancias y pérdidas de calor

#### 7.3.3.1. Valor K de una ventana

El valor K (o valor U) de una ventana depende del tipo del vidrio (simple, doble, múltiple), del material del marco (madera, metal, PVC), del ancho del marco (10 – 30% de la superficie de la ventana). El valor K de una ventana se calcula mediante los valores K y la proporción que tienen estos elementos sobre la superficie total de la ventana. Según la normatividad internacional, también se toman en cuenta los puentes térmicos a lo largo del perímetro del vidrio y del perímetro de la instalación. (Véase capítulo 7.2.4.3. Puentes térmicos).

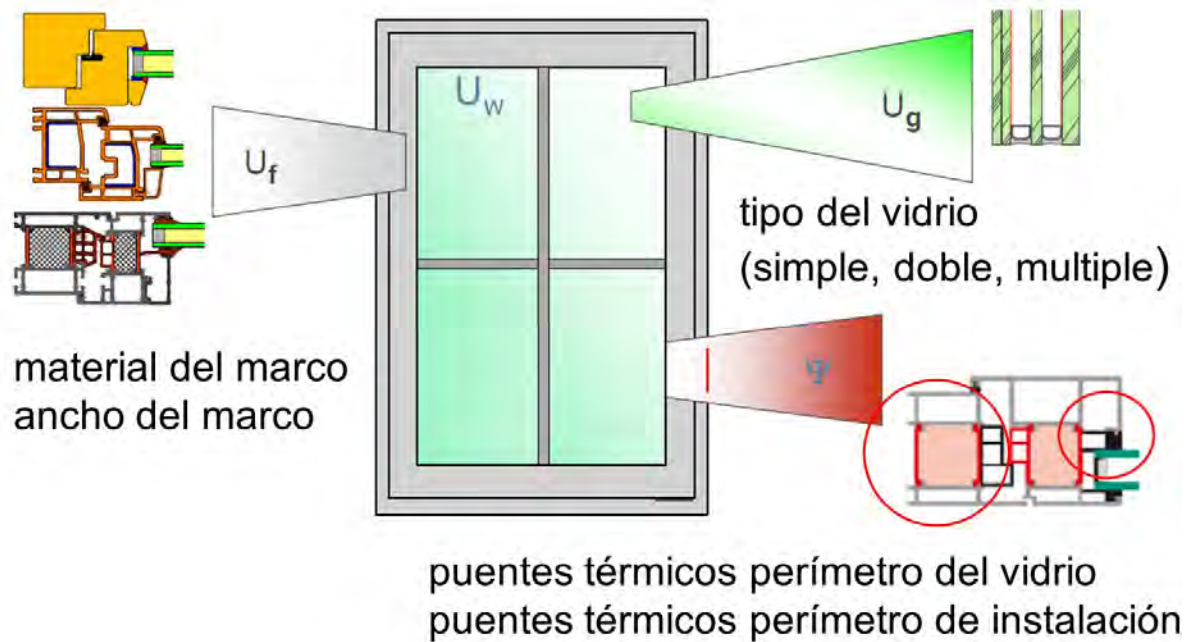


Figura 17: Valor K de una ventana

#### 7.3.3.2. Valor K de una ventana según la norma NMX-C-460-ONNCCE-2009

La norma NMX-C-460-ONNCCE-2009 establece un método simplificado para el cálculo del valor K (o valor U). Cuando el área ocupada por vanos vidriados, tales como ventanas, puertas acristaladas, incluyendo los marcos, muros acristalados o cualquier hueco que permita el paso de la luz solar es mayor a 20% del área total del muro envolvente de cada local habitable; se recomienda el cálculo del valor K (o valor U) de las ventanas. La tabla 5 de la misma norma establece recomendaciones para el coeficiente de transmitancia térmica para vanos acristalados en muros y techo de la envolvente. Este método de cálculo simplificado no toma en cuenta los puentes térmicos a lo largo del perímetro del vidrio y del perímetro de instalación.

La **transmitancia térmica** del hueco es directamente proporcional a las propiedades de los materiales y a la participación de los marcos y vidrios en el conjunto de la superficie del hueco. Se recomienda emplear la siguiente fórmula para su cálculo:

$$U_H = (1 - FM) \times U_{H,v} + FM \times U_{H,m}$$

En donde:

- $U_{H,v}$  Es la transmitancia térmica de la parte semitransparente,  $W/m^2K$
- $U_{H,m}$  Es la transmitancia térmica del marco de la ventana, domo o puerta,  $W/m^2K$
- $FM$  Es la fracción del hueco ocupado por el marco

### Actividad 10: Cálculo valor K (o valor U)

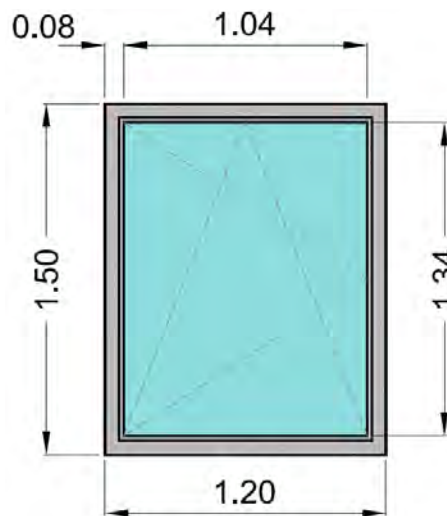


Figura 18: Dimensiones de una ventana

Calcula el valor K (o valor U) de la ventana para los siguientes dos opciones:

*Vidrio:* simple, 3mm (valor  $K=5.60$ )

*Marco:* aluminio 1.5" (valor  $K=5.70$ )

*Vidrio:* doble (vidrio  $K=1.90$ )

*Marco:* PVC 2 cámaras (valor  $K=2.20$ )



Verifica con el compendio de la NMX-C-460-ONNCCE-2009 en el anexo, cuál de las ventanas será apta para **Monterrey (zona térmica 2)** y para el **Estado de México (zona térmica 4A)**.



## 7.4. Marco normativo para aberturas y ventanas

### 7.4.1. Normas para ventanas

En cuanto a la eficiencia energética del caso de las ventanas podemos distinguir entre dos tipos de normas: las que regulan la certificación de las propiedades físicas del vidrio o sistema vidriado, y las que buscan mejorar la eficiencia energética en la envolvente de edificios. Las primeras definen los métodos de prueba, mientras las otras definen métodos de cálculo (p.e. para calcular las ganancias de calor por conducción y por radiación solar, o el efecto de dispositivos de sombreamiento), así como valores límites relacionados a las propiedades físicas. La norma oficial mexicana NOM-024-ENER-2012 regula la certificación de las propiedades físicas de vidrios y de sistemas vidriados. A parte de las normas de eficiencia energética, las ventanas también deben de cumplir con otras normas pertinentes, como por ejemplo con las normas de seguridad.

Norma	Nombre
NOM-024-ENER-2012	Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba.

Las siguientes normas oficiales Mexicanas de carácter obligatorio (NOM) y normas técnicas de carácter voluntarios (NMX) tienen como objetivo limitar las ganancias y/o pérdidas de calor a través de la envolvente de edificios.

Norma	Nombre
NOM-020-ENER-2011	Eficiencia Energética en Edificaciones - Envolvente de edificios residenciales”
NOM-008-ENER-2001	Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales
NMX-C-460-ONNCCE-2009	Industria de la construcción - Aislamiento térmico – Valor “R” para las envolventes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana - Especificaciones y verificación.

Las normas oficiales Mexicanas están disponibles de acceso libre en la página web de la Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía (CONUEE) bajo la liga <[http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_1002\\_nom\\_publicadas\\_vigen](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1002_nom_publicadas_vigen)>.

### 7.4.1.1. NOM-024-ENER-2011

**Norma Oficial Mexicana NOM-024-ENER-2012**, Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba.

La norma NOM-024-ENER-2012 establece la obligación para los fabricantes de indicar, según la norma, especificaciones o características técnicas de su producto. Las características que deben especificar son la transmitancia visible, el coeficiente de sombreado, el coeficiente de ganancia de calor solar, el coeficiente global de transferencia de calor, así como el coeficiente visible térmico.

Etiqueta de NOM-024-ENER-2011			
Vidrios Marte S.A. de C.V.			
Nombre del producto: Solarban 60 on clear			
Código de identificación del producto: BE-2160			
ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA VIDRIADO			
Transmitancia visible (%)		Coeficiente de sombreado (0-1)	
70		0.44	
Coeficiente de ganancia de calor solar (0-1) : 0.3828			
Coeficiente global de transferencia de calor (W/m <sup>2</sup> K)		Coeficiente visible térmico	
1.65		1.85	
	Espesor (mm)	Tipo de vidrio	País de origen
Vidrio 1	6	Vidrio Low E Capa Suave	Francia
Vidrio 2	6	Vidrio Claro	México
Vidrio 3			
Cámara 1	12	Contenido: Aire	México
Cámara 2		Contenido:	

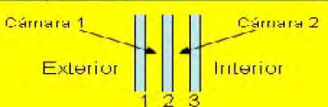
  


Figura 19: Ejemplo de la etiqueta de la NOM-024-ENER-2012

#### 1. Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana establece la obligación de certificar las características ópticas y térmicas de los vidrios y sistemas vidriados, así como, los métodos de prueba para su verificación, con el fin de asegurar el comportamiento térmico de la envolvente de los edificios.

#### 2. Campo de aplicación

Esta Norma es aplicable a los vidrios y sistemas vidriados homogéneos transparentes y translúcidos, de fabricación nacional o de importación, para su utilización en las edificaciones que se construyan en el territorio nacional.

La NOM-024-ENER-2012 obliga a los fabricantes de indicar las características técnicas de vidrios y sistemas vidriados. Los valores relevantes que necesitamos para el cálculo según las normatividad vigente o para el cálculo mediante herramienta de simulación (p.e. DEEVi - Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda) son las siguientes:

Con el Coeficiente global de transferencia de calor (K) se mide la cantidad de calor que se transfiere en una superficie de  $1 \text{ m}^2$ , con una diferencia de temperatura de  $1^\circ\text{K}$  entre los ambientes a cada lado del sistema vidriado.

Las unidades de medida son:  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

Con el Coeficiente de sombreado (CS) se mide la razón entre la energía solar que se gana a través de un vidrio específico, a la energía solar que se gana a través de un vidrio claro de 3mm de espesor, bajo idénticas condiciones.

Es un valor adimensional entre 0 y 1

## 7.4.2. Normas para la envolvente de edificios

### 7.4.2.1. NOM-020-ENER-2011

**Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011**, Eficiencia energética en edificaciones.- Envolverte de edificios para uso habitacional.

En el MD 5 ya se habló de la norma NOM-020-ENER-2011 (véase MD 5, 5.2.5. ejemplo de cálculo de la ganancia de calor en un edificio). Esta norma obliga a que los edificios que se construyan para uso habitacional, limiten la ganancia da calor a través de su envolvente.

Para el cálculo de las ganancias de calor por ventanas, la NOM-020-ENER-2011 toma en cuenta la reducción de las ganancias de calor por radiación solar debido a la aplicación de dispositivos de sombreadamiento. Mediante las dimensiones geométricas del dispositivo de sombreadamiento, en las tablas 2 a 5 de la norma, se determina el factor de corrección de sombreado exterior (SE) para 4 diferentes tipos de sombreadamiento. El **factor de corrección por sombreado exterior (SE)** es un valor adimensional entre cero y uno, se determina por la sombra que proyecta en la parte translúcida. El valor 1 expresa que una ventana está 100% sombreada, y 0 expresa que una ventana no tiene sombreadamiento.

Para familiarizarse con la Norma se recomienda consultar el ‘Manual técnico para la aplicación de la NOM-020-ENER-2011’ de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).

La herramienta DEEVi incorpora una herramienta que facilita el cálculo de la NOM-020-ENER-2011 (Véase capítulo 7.1.2.1 Balance energético de un edificio).

La NOM-020-ENER-2011 distingue 4 tipos de sombreados:

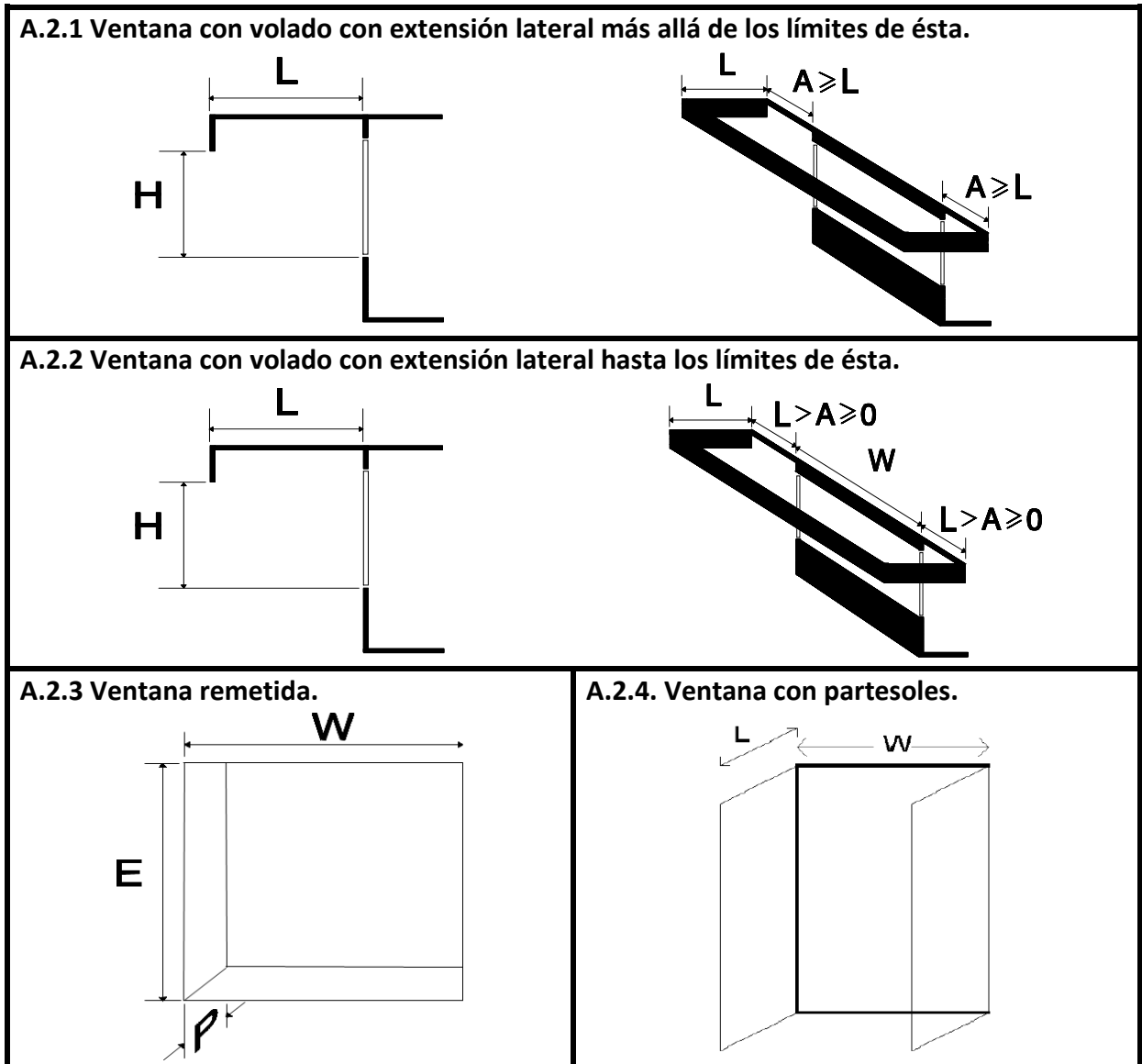


Figura 20: Tipos de sombreado contemplados en la NOM-020-ENER-2011

La NOM-020-ENER-2011 toma en cuenta la reducción de las ganancias de calor por radiación solar mediante dispositivos de sombreado.

Con el Factor de Corrección de Sombreado Exterior (SE) se mide la sombra que se proyecta en la parte translúcida (ventana o vano vidriado) de un muro o techo.

Es un valor adimensional entre 0 y 1.

1= 100% sombreado; 0= sin sombreado

#### 7.4.2.2. NMX-C-460-ONNCCE-2009

**Norma Mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009**, “Industria de la construcción – aislamiento térmico – valor “R” para las envolventes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana – especificaciones y verificación”.

El Código de Edificación de Vivienda (CEV) de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) recomienda en el artículo 2706.4.4. vanos vidriados, que los “*vanos vidriados tales como: ventanas, puertas (que tengan más de la mitad de su superficie de vidrio), incluyendo los marcos, muros acristalados o cualquier hueco que permita el paso de la luz solar deben cumplir con los valores de transmitancia y resistencia térmica especificados en la NMX-C-460-ONNCCE-2009.*”

Esta norma voluntaria recomienda realizar el cálculo del valor K (o valor U) en caso de que:

- La superficie de los vanos vidriados es **mayor al 20,0%** del área total del muro envolvente de cada local habitable o de servicio.
- La superficie de los vanos vidriados es **mayor al 5.0 %** del área total del techo envolvente de cada local.

Se recomienda que los valores K (o valores U) de los vanos vidriados cumplan con las especificaciones dadas en la tabla 5 de la misma norma.



Zona Térmica	Muros		Techos	
	Coeficiente "U" W / m <sup>2</sup> K	Valor "R" m <sup>2</sup> K / W	Coeficiente "U" W / m <sup>2</sup> K	Valor "R" m <sup>2</sup> K / W
1	6,80	0,15	4,25	0,24
2	4,25	0,24	4,25	0,24
3A y 3B	3,70	0,27	3,70	0,27
3C	3,70	0,27	3,70	0,27
4A y 4B	2,25	0,44	3,40	0,29
4C	2,00	0,50	3,40	0,29

Tabla 5: NMX-C-460-ONNCCE-2009. TABLA 5. – Coeficiente de transmitancia térmica y resistencia térmica para vanos acristalados en muros y techos de la envolvente

Más información sobre las zonas térmicas o climáticas con el listado de las localidades se encuentra en el MD 1: "Introducción al tema de Eficiencia Energética en la construcción".

El Código de Edificación de Vivienda recomienda aplicar la NMX-C-460-ONNCCE-2009 para vanos vidriados.

Se recomienda aplicar el cálculo de vanos vidriados y se recomienda que los valores K (o valores U) cumplan con las especificaciones de la tabla 5, si la superficie de los vanos vidriados es mayor al:

20% del área total de muro envolvente

5% del área total del techo envolvente

### 7.4.3. Código de Edificación de Vivienda

El Código de Edificación de Vivienda (CEV)<sup>15</sup> de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) contiene varias recomendaciones acerca de los vanos vidriados. La tabla 5 indica los apartados pertinentes del CEV.

Sección	Tema	Página
<i>Capítulo 8</i>	<i>DISEÑO DEL EDIFICIO</i>	
806.1.; 806.2.	Iluminación y ventilación	91
806.4.	Baños	91
806.11.	Iluminación mediante domos y tragaluces	92
<i>Capítulo 9</i>	<i>ACCESABILIDAD EN LA VIVIENDA</i>	
906.2.	Ventilación y ventanas	135
906.1.3.	Ventanas en recámaras. Posición de ventanas.	136
<i>Capítulo 27</i>	<i>SUSTENTABILIDAD</i>	
2706.4.	Envolvente térmica	304
2706.4.4.	Vanos vidriados	304
2706.11.2.	Especificaciones de diseño para bioclimas.	306
2706.11.2.2.	Especificaciones para el proyecto arquitectónico.	308
2706.11.2.3.	Especificaciones para el control solar. Aleros, remetimientos, tragaluces, parteluces, vegetación.	309
2706.11.2.4.	Especificaciones de la ventilación.	312
2706.11.2.5.	Especificaciones para las ventanas.	313

Tabla 6: Recomendaciones para vanos vidriados en el CEV

<sup>15</sup> Comisión Nacional de Vivienda 2010, Código de Edificación de Vivienda 2010, CONAVI, México D.F., <<http://www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/CEV%20PDF.pdf>>.

## 7.5. ANEXO

### Glosario.

**Absortancia.** Es la fracción de la radiación incidente absorbida en un material, con relación a la radiación incidente.

**Aislamiento térmico.** Es la capacidad de los materiales para oponerse al paso de calor por conducción. Se evalúa por la resistencia térmica que tienen o, lo que es lo mismo, por la capacidad de aislar térmicamente.

**Barrera de vapor.** Es un material, producto o componente de un muro o techo que proporciona resistencia a la transmisión de vapor de agua en forma continua sobre la totalidad de la superficie del muro o techo.

**Coefficiente de ganancia de calor solar (CGCS).** Es la proporción de la ganancia de calor que entra a través de un sistema vidriado por la radiación solar incidente. La ganancia de calor solar incluye la radiación solar transmitida directamente y la fracción de la radiación solar absorbida, que se transfiere por radiación o convección hacia el espacio interior.

**Coefficiente de sombreado (CS).** Es la razón entre la energía solar que se gana a través de un vidrio específico, a la energía solar que se gana a través de un vidrio claro de 3 mm de espesor, bajo idénticas condiciones.

**Coefficiente visible térmico (CVT).** Es la razón entre la transmitancia visible y el coeficiente de ganancia de calor solar de un sistema vidriado. Nota: Comúnmente conocido como valor “LSG”.

**Condensaciones.** El aire del ambiente siempre tiene un contenido de vapor de agua en equilibrio gaseoso con el aire, dando lugar a una presión parcial de vapor de agua representada por gramos de agua por kilo de aire seco.

La cantidad de vapor de agua máxima admisible en el aire depende de la temperatura y es creciente con ella, cantidades de vapor de agua menores que el máximo admisible se mantienen en equilibrio indefinidamente; por el contrario, si la cantidad de vapor tendiera a ser mayor que la admisible, el exceso no puede mantenerse en equilibrio y se condensaría. Se denomina “Humedad relativa” (HR) al porcentaje de vapor de agua en el aire, a una temperatura dada, respecto a la cantidad de vapor máxima admisible en el límite de la condensación (NMX-C460-ONNCCE-2009).

**Conductancia Térmica.** Es la cantidad de calor transmitida a través de la unidad de área de una muestra de material o de una estructura de espesor  $D$ , dividida por la diferencia de temperaturas entre las caras calientes y frías en condiciones estacionarias. Cuando las caras caliente y fría no constituyan dos superficies plano-paralelas, será necesario aclarar en qué condiciones se da la conductancia térmica. Ésta es expresada en el sistema internacional en  $W/m^2K$  o en el sistema inglés en  $Btu / hr * ft^2 * ^\circ F$ .

**Conductividad Térmica.** Es la cantidad de calor que pasa a través de la unidad de área de una muestra con extensión infinita, con caras plano-paralelas y con espesor unidad; esto cuando se establece una diferencia de temperaturas entre sus caras de  $1K$  ( $1^\circ C$ ). En el sistema internacional es expresada en  $W/mK$ , y en el sistema inglés en  $Btu / hr * ft * ^\circ F$ .

Nota: La conductancia térmica depende del espesor ( $l$ ) del material, mientras la conductividad térmica se refiere a la unidad de espesor del material.

**DEEVi.** Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda. Herramienta de cálculo para estimar el balance energético de un edificio de uso residencial, en formato Excel.

**Demanda energética.** Es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio las condiciones de confort térmico y lumínico, definidas mediante el uso del edificio. Se determina la demanda energética de calefacción, correspondiente a los meses de la temporada de calefacción y la de refrigeración, corresponde a los meses de la temporada de refrigeración.

**Envolvente (de una edificación).** Son todas las superficies de un edificio construido en contacto con el ambiente exterior. Es el conjunto de elementos como: techos, muros, vanos.

**Irradiancia.** Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética y se mide en  $W/m^2$ .

**Radiación solar.** Se conoce por radiación solar, al conjunto de ondas electromagnéticas emitidas por el sol y se mide en  $W/m^2$ .

**Resistencia Térmica.** Es la diferencia de temperatura media en el equilibrio entre dos superficies definidas de un material o estructura que induce un valor unitario de flujo de calor a través de una unidad de área en unidades. Es el recíproco de la conductancia térmica ( $m^2K/W$ , según el sistema internacional).

**Resistividad Térmica.** Es el recíproco de la conductividad térmica ( $mK/W$ , según el sistema internacional).

**Sisevive.** Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde.

**Sistema vidriado.** Es un producto o conjunto de productos desarrollados para llenar aberturas de la envolvente de edificaciones, tal como fachadas, ventanas, puertas, domos, tragaluces, etc. y diseñado para permitir el paso de luz.

**Puente Térmico.** Parte del cerramiento de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente debido a: a) Penetraciones completas o parciales en el cerramiento de un edificio de materiales con diferente conductividad térmica; y / o b) un cambio en el espesor del elemento; y / o c) una diferencia entre las áreas internas o externas, tales como juntas entre paredes, suelos o techos.

## Lista de actividades

Actividad 1: Cargas térmicas en ventanas.....	12
Actividad 2: Control solar .....	19
Actividad 3: Control solar y orientación .....	20
Actividad 4: Tipos de ventanas.....	24
Actividad 5: Ventajas / desventajas de diferentes materiales de marcos de ventana .....	26
Actividad 6: Montaje de ventanas.....	28
Actividad 7: Montaje y puentes térmicos .....	30
Actividad 8: Características físicas de ventanas .....	32
Actividad 9: Características físicas de ventanas .....	35
Actividad 10: Cálculo valor K (o valor U) .....	37



## Índice de Figuras

Figura 1	Envolvente térmica <i>Elaborada para CONALEP.</i>	03
Figura 2	Funciones básicas de ventanas <i>Elaborada para CONALEP.</i>	04
Figura 3	Ventana aislante en clima cálido <i>Fuente: Vidrios Marte &lt;<a href="http://www.vima.com.mx">http://www.vima.com.mx</a>&gt;.</i>	05
Figura 4	Ventana aislante en clima frío <i>Fuente: Vidrios Marte &lt;<a href="http://www.vima.com.mx">http://www.vima.com.mx</a>&gt;.</i>	05
Figura 5	Aislamiento acústico <i>Elaborada para CONALEP.</i>	06
Figura 6	Flujos de calor en una ventana <i>Fuente: Glaswelt &lt;<a href="http://www.glaswelt.de">http://www.glaswelt.de</a>&gt;.</i>	10
Figura 7	Dispositivo vertical en planta <i>Fuente: Szokolay, SV 2008, Introduction to Architectural Science. The Basis of Sustainable Design. Elsevier, London.</i>	15
Figura 8	ASV (Sección de ventana) <i>Fuente: Szokolay, SV 2008, Introduction to Architectural Science. The Basis of Sustainable Design. Elsevier, London.</i>	15
Figura 9	Alero con ajuste estacional “automático” en Mexicali y en el Distrito Federal <i>Elaborada para CONALEP.</i>	16
Figura 10	Tipos de ventanas <i>Fuente: Cuprum Ventanas &lt;<a href="http://www.construye.com/cuprumventanas/images/CatedraTEC.ppt">http://www.construye.com/cuprumventanas/images/CatedraTEC.ppt</a>&gt;.</i>	21
Figura 11	Elementos de una unidad de vidrio aislante <i>Fuente: Vidrios Marte &lt;<a href="http://www.vima.com.mx">http://www.vima.com.mx</a>&gt;.</i>	22
Figura 12	Diferentes tipos de vidrio <i>Fuente: iVidrio / Asociación Regional Valenciana de Empresarios del Vidrio Plano &lt;<a href="http://www.ividrio.com/transmitancia-termica.html">http://www.ividrio.com/transmitancia-termica.html</a>&gt;.</i>	23
Figura 13	Propiedades de un vidrio con película de control solar <i>Fuente: Hüper Optik &lt;<a href="http://www.huperoptik.com.mx/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=5&amp;Itemid=119">http://www.huperoptik.com.mx/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=5&amp;Itemid=119</a>&gt;.</i>	24
Figura 14	Influencias a la ventana <i>Fuente: Institut für Fenstertechnik Rosenheim, Alemania.</i>	27

Figura 15	Puentes térmicos en ventanas <i>Fuente: [EN ISO 10077], gráfico elaborado por Passivhaus Institut, Alemania.</i>	29
Figura 16	Comportamiento de la radiación solar a través de un vidrio <i>Fuente: Szokolay, SV 2008, Introduction to Architectural Science. The Bk of Sustainable Design. Elsevier, London.</i>	34
Figura 17	Valor K de una ventana <i>Fuente: Institut für Fenstertechnik Rosenheim, 2011, Alemania.</i>	36
Figura 18	Dimensiones de una ventana <i>Elaborada para CONALEP.</i>	37
Figura 19	Ejemplo de la etiqueta de la NOM-024-ENER-2012 <i>Fuente: Secretaría de Energía 2012, Norma Oficial Mexicana NOM-024-ENER-2012, DOF 18-10-2012, SENER, México.</i>	39
Figura 20	Tipos de sombreado contemplados en la NOM-020-ENER-2011 <i>Fuente: Secretaría de Energía 2011, Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, DOF 09-08-2011, SENER, México.</i>	41

## Índice de Tablas

Tabla 1	<p>Recomendaciones para sombreamiento en función de la zona climática</p> <p><i>Fuente: Comisión Nacional de Vivienda 2008, Criterios e indicadores pa desarrollos habitacionales sustentables en México, CONAVI, México, &lt;<a href="http://www.conavi.gob.mx/estudios-investigaciones-publicaciones">http://www.conavi.gob.mx/estudios-investigaciones-publicaciones</a>&gt;.</i></p>	18
Tabla 2	<p>Factor de ganancia solar, NOM-020-ENER-2011</p> <p><i>Fuente: Secretaría de Energía 2011, Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, DOF 09-08-2011, SENER, México.</i></p>	20
Tabla 3	<p>Valores K (o valores U) para diferentes materiales de marcos, según la NMX-C-460-ONNCCE-2009</p> <p><i>Fuente: ONNCCE 2009, Norma Mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009, DOF 18-08-2009, ONNCCE, México. &lt;<a href="http://net.imcyc.com/biblio/concreta/tiendaonncce/">http://net.imcyc.com/biblio/concreta/tiendaonncce/</a>&gt;.</i></p>	25
Tabla 4	<p>Propiedades de diferentes materiales de marcos de ventanas</p> <p><i>Fuente: Vidrios Marte &lt;<a href="http://www.vima.com.mx">http://www.vima.com.mx</a>&gt;.</i></p>	25
Tabla 5	<p>NMX-C-460-ONNCCE-2009. Tabla 5. – Coeficiente de transmitancia térmica y resistencia térmica para vanos acristalados en muros y techos de la envolvente</p> <p><i>Fuente: ONNCCE 2009, Norma Mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009, DOF 18-08-2009, ONNCCE, México. &lt;<a href="http://net.imcyc.com/biblio/concreta/tiendaonncce/">http://net.imcyc.com/biblio/concreta/tiendaonncce/</a>&gt;.</i></p>	43
Tabla 6	<p>Recomendaciones para vanos vidriados en el CEV</p> <p><i>Fuente: Comisión Nacional de Vivienda 2010. Código de Edificación de Vivienda, CONAVI, México. &lt;<a href="http://www.conavi.gob.mx">www.conavi.gob.mx</a>&gt;.</i></p>	44

## Índice de Imágenes

Imagen 1	Prueba 'Blower-Door' <i>Fuente: Aluplast 2013. WindowWIKI Basiswissen Fenstertechnik. Das Kunststofffenster – Eigenschaften, Ausführungen und Einbaulösungen, Aluplast, Alemania (inédito).</i>	07
Imagen 2	Formación de moho <i>Fuente: Aluplast 2013. WindowWIKI Basiswissen Fenstertechnik. Das Kunststofffenster – Eigenschaften, Ausführungen und Einbaulösungen, Aluplast, Alemania (inédito).</i>	08
Imagen 3	Ejemplos de dispositivos de sombreado interiores y exteriores <i>Fuentes:</i> 1: Decoraciones Diversas < <a href="http://www.decoracionesdiversas.com/images/Cortinas%20BlackOut/cortina-roller-doble-traslucida-lino.png">http://www.decoracionesdiversas.com/images/Cortinas%20BlackOut/cortina-roller-doble-traslucida-lino.png</a> > 2: Archiexpo < <a href="http://www.archiexpo.de/prod/mottura/holz-jalousien-61328-989783.html">http://www.archiexpo.de/prod/mottura/holz-jalousien-61328-989783.html</a> > 3, 4: Lamitek < <a href="http://www.lamitek.net/productos/proteccion-solar-exterior">http://www.lamitek.net/productos/proteccion-solar-exterior</a> > 5: Somfy, Escuela Maladiere, Suiza < <a href="http://www.somfyarquitectura.es/index.cfm?page=/buildings/home/solutions_tertiaires&amp;action=navi&amp;catid=8&amp;t=1">http://www.somfyarquitectura.es/index.cfm?page=/buildings/home/solutions_tertiaires&amp;action=navi&amp;catid=8&amp;t=1</a> > 6: Tamiluz < <a href="http://www.tamiluz.es/productos/images/P8IS-Brise-soleil-lamas-aluminio-orientables-10.jpg">http://www.tamiluz.es/productos/images/P8IS-Brise-soleil-lamas-aluminio-orientables-10.jpg</a> >	14
Imagen 4	Fachada con elementos horizontales y verticales de sombreado <i>Fuente: Wikipedia</i> < <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MESP1.JPG">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MESP1.JPG</a> >.	17
Imagen 5	Diferentes materiales de marcos de ventanas <i>Fuentes:</i> 1: Plataformaarquitectura < <a href="http://www.plataformaarquitectura.cl/product/indalum-ventana-fija-y-proyectante-plexa-27/indalum-plexa-27-10/">http://www.plataformaarquitectura.cl/product/indalum-ventana-fija-y-proyectante-plexa-27/indalum-plexa-27-10/</a> > 2,3: Aluplast < <a href="http://aluplast.net/es-es/produkte/kunststofffenster-systeme/index.php">http://aluplast.net/es-es/produkte/kunststofffenster-systeme/index.php</a> > 4-6: Archiexpo < <a href="http://www.archiexpo.es">http://www.archiexpo.es</a> >	26
Imagen 6	Termografía. <i>Fuente: Passivhaus Institut, Alemania.</i>	30

**Anexo para el cálculo del valor K (o valor U) para vanos acristalados en muros y techo de la envolvente:**

**Compendio del APROY- NMX-C-460-ONNCEE-2009 para el cálculo del valor K (o valor U) - (Actividad 10, pag. 37)**

<p>ANTEPROYECTO DE NORMA MEXICANA</p> <p><b>APROY-NMX-C-460-ONNCCE- 2007</b></p> <p>Versión 15 de Julio de 2008</p>	<p><b>"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AISLAMIENTO TÉRMICO – VALOR “R” PARA LAS ENVOLVENTES EN VIVIENDA POR ZONA TÉRMICA PARA LA REPÚBLICA MEXICANA – ESPECIFICACIONES Y VERIFICACIÓN”</b></p> <p><b>“BUILDING INDUSTRY – INSULATION – “R” VALUE FOR THE HOUSING ENVELOPE BY THERMAL ZONE FOR MEXICAN REPUBLIC – SPECIFICATION AND VERIFICATION”</b></p>
---	---

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.  
Ceres #7, Col. Crédito Constructor C.P. 03940, México, D.F. Tel. 56 63 29 50 Fax. 56 63 29 50 ext. 104  
Correo electrónico: [normas@mail.onncce.org.mx](mailto:normas@mail.onncce.org.mx) Internet: <http://www.onncce.org.mx>  
©COPYRIGHT, DERECHOS RESERVADOS ONNCCE, S.C., MÉXICO MMVIII



## COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES, PRODUCTOS Y SISTEMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CTN-1

### PREFACIO

En la elaboración de la presente norma participaron las siguientes empresas, organizaciones e instituciones:

- Aislantes Minerales, S. A. de C. V. (ROLAN).
- Asociación de Empresas para el Ahorro de la Energía en la Edificación, A. C. (AEAE).
- Asociación de Industriales de Fibrocemento, A. C. (AIFIC).
- Asociación Mexicana de Fabricantes de Aislamientos Térmicos y Acústicos (AMFATA)
- Colegio de Ingenieros de Civiles de México. (CICM)
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE)
- Corporación GEO, S. A. B. de C. V. (GEO)
- DUPONT México Non Wovens. (DUPONT)
- RI Arquitectura Verde, S.A. de C.V.
- Espumados de Estireno S.A.
- EUREKA, S. A. de C. V. (EUREKA)
- Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura. (UNAM)
- FANOSA, S. A. de C. V. (FANOSA)
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. (FIDE)
- Fondo de Vivienda para los Trabajadores al Servicio del Estado (FOVISSSTE)
- Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT)
- Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Tecamachalco (IPN-ESIA)
- ITAL Mexicana, S. A. (ITAL)
- MEXALIT Industrial, S. A. de C. V. (MEXALIT)
- NOVIDESA, S. A. de C. V. (NOVIDESA)
- Owens Corning México S. de R. L. de C.V. (OWENS CORNING)
- The Plycem Company, Inc. (PLYCEM)
- POLIOLES S.A. de C.V. (POLIOLES)
- Tecnosistemas para la Vivienda Sustentable S.A. DE C.V. (TECVIS)
- Hüper – Optik México S.A. de C.V.
- VITRO – Vidrio Plano S.A. de C.V.
- Termalita, S.A. de C.V.
- Concreto CEMEX
- Grupo Metal INTRA S.A. de C.V.
- Armacell Inc.
- TIM, S.A. de C.V. (Thermaflex)
- Basf Mexicana S.A. de C.V.
- Dow Corning de México S.A. de C.V.
- Ternium S.A. de C.V.
- Instituto Nacional de Ecología (INE)
- ENTE S.C.
- Lean House Consulting
- Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI)



	INTRODUCCIÓN.....	
1.	OBJETIVO.....	
2.	CAMPO DE APLICACIÓN.....	
3.	REFERENCIAS.....	
4.	SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	
5.	DEFINICIONES.....	
5.1.	Aislamiento térmico	
5.2.	Aislamiento térmico estructurado	
5.3.	Coefficiente de conductividad térmica; Coeficiente total de transmisión de calor	
5.4.	Coefficiente superficial de transmisión de calor	
5.5.	Conductancia térmica	
5.6.	Conductividad térmica	
5.7.	Criterio térmico	
5.8.	Director responsable de obra; Perito de obra	
5.9.	Envolvente de una edificación	
5.10.	Entrepiso ventilado	
5.11.	Grados-Día (GD)	
5.12.	Grado-Día de Refrigeración (GDR)	
5.13.	Grado-Día de Calefacción (GDC)	
5.14.	Humedad relativa	
5.15.	Muro	
5.16.	Resistencia térmica superficial	
5.17.	Resistencia térmica total de un elemento o sistema de la envolvente; Valor "R"	
5.18.	Resistencia térmica total mínima o valor "R" mínimo	
5.19.	Resistencia térmica total para la habitabilidad o valor "R" para habitabilidad	
5.20.	Resistencia térmica total para el ahorro de energía o valor "R" para ahorro de energía	
5.21.	Techo	
5.22.	Vivienda	
5.23.	Zona térmica	
6.	CLASIFICACIÓN	
7.	ESPECIFICACIONES	
7.1.	Techos	
7.2.	Muros	
7.3.	Entrepisos ventilados	
8.	MÉTODOS DE COMPROBACIÓN	
8.1.	Evidencias de documentación	
8.2.	Procedimiento de cálculo	
9.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	
10.	MARCADO	
11.	BIBLIOGRAFÍA	
12.	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	
A.	APÉNDICE NORMATIVO	
A.1.	Zonas térmicas de las principales localidades de la República Mexicana	
A.2.	Cálculo de la resistencia térmica. Método simplificado	
B.	APÉNDICE INFORMATIVO	
B.1.	Conductividades y resistencias térmicas de materiales	
B.2.	Ejemplo de aplicación práctica	
B.3.	Vanos vidriados	
B.4.	Clasificación de Köppen y su vinculación con las consideraciones para establecer los criterios térmicos para determinación de la eficiencia energética en vivienda	
B.5.	Información de materiales aislantes térmicos	
B.6.	Aclaración	
B.7.	Grados día y temperaturas máximas promedio para diversas localidades	
B.8.	Vigencia	

## B.2. Ejemplo de aplicación práctica.

### B.2.6. Recomendaciones

Aunque no existen reglas claras para los diferentes tipos de soluciones de aislamiento, debido a la amplia gama de los mismos, a continuación se dan algunas recomendaciones para solucionar el problema anterior, lo que sirve como guía para elegir una solución técnico-económica más adecuada.

Elemento	Solución	Ventajas y desventajas
Techo (Losa de concreto horizontal)	Aislamiento con placas de material rígido resistente a la compresión encima de la losa existente, con protección mecánica como grava., ésta solución es llamada cubierta invertida.	<b>Ventajas:</b> Mejora el aislamiento térmico. La impermeabilización sufre menos choques térmicos. <b>Desventajas:</b> Si no existe una buena impermeabilización, pueden existir infiltraciones de agua de lluvia bajo el aislamiento con riesgo de disminución de su eficiencia si éste es absorbente de la humedad, aumentando el peso del techado, es necesario reforzar la estructura.
	<b>Solución A:</b> Colocación de sistemas estructurados rígidos fijados por el interior o sobre la losa. <b>Solución B:</b> Colocación de láminas, tejas o sistemas estructurados de aislamiento térmico sobre la losa de concreto.	<b>Ventajas:</b> Se mejora apreciablemente el confort, económico, térmico apreciables, permite habitar los desvanes. <b>Desventajas:</b> Disminución del volumen y altura habitable si se coloca bajo la losa, incrementando los puentes térmicos <b>Ventajas:</b> Elimina los puentes térmicos. No modifica el tipo de losa. <b>Desventajas:</b> Es necesario colocar soportes para el aislamiento y reforzar la estructura (cuando se requiera).
Muros	<b>Solución A:</b> Aislamiento por el interior con placas rígidas de aislante.	<b>Ventajas:</b> No se modifica el aspecto exterior de la vivienda. Puede realizarse en cualquier vivienda independientemente de los detalles de la fachada. <b>Desventajas:</b> Trabajos de relocalización de instalaciones eléctricas y en su caso, de equipos de climatización.
	<b>Solución B:</b> Aislamiento exterior con placas de aislamiento rígido y posterior revestimiento de acabado.	<b>Ventajas:</b> Supresión de puentes térmicos y de fisuras. Protección de las estructuras de la intemperie. Mejor estanqueidad en la fachada. <b>Desventajas:</b> Puede modificar el aspecto exterior de la fachada. De difícil ejecución según la importancia de los entradas y salidas de la fachada.

Una vez seleccionada la mejor opción, es necesario realizar los cálculos para determinar el valor "R" de la solución propuesta, de acuerdo con el procedimiento descrito en el Apéndice A.2. para determinar y evidenciar el cumplimiento de las especificaciones establecidas en la tabla No. 2 de la presente norma.

## B.3. Vanos vidriados

Este apéndice tiene como único objeto proporcionar información de referencia sobre vanos vidriados para mejorar la eficiencia energética y el aumento en el bienestar térmico de la vivienda. Para efectos de esta norma el área ocupada por vanos vidriados, tales como: ventanas, puertas (que tengan más de la mitad de vidrio) incluyendo los marcos, muros acristalados o cualquier hueco que permitan el paso de la luz solar debe ser menor al 20,0% del área total del muro envolvente de cada local habitable o de servicio, en caso contrario se deben realizar los cálculos de los vanos vidriados. Para el caso de techos, los vanos deben ser menor al 5,0 % del área total del techo envolvente de cada local (se incluyen además de los huecos, domos, tragaluces y láminas traslucidas).

En caso contrario se recomienda que cumplan con las especificaciones de la tabla B.3.

En el caso de requerir realizar los cálculos es necesario entender que los vanos vidriados se componen de tres partes fundamentalmente:

### B.3.1. Marcos

El marco representa generalmente entre el 20% y 35% de la superficie del hueco. Sus principales características, desde el punto de vista del aislamiento térmico, son la transmitancia térmica y su absortividad. Estas dos propiedades participan en función de la fracción de superficie ocupada por el marco en la transmitancia total del hueco y el factor solar modificado del mismo.

Los marcos pueden clasificarse en función del material con que son fabricados y del que dependen algunas prestaciones, entre ellas sus propiedades térmicas. En la Tabla B.4. se muestran los valores de transmitancia

térmica dados en la norma UNE-EN ISO 10077-1 para los materiales más usuales empleados en la construcción de los marcos.

**TABLA B.3. Coeficiente de transmitancia térmica y resistencia térmica para vanos acristalados en muros y techo de la envolvente**

Zona Térmica	Muros		Techos	
	Coeficiente "U" W / m <sup>2</sup> K (BTU / hr ft <sup>2</sup> °F)	Valor "R" m <sup>2</sup> K / W (hr ft <sup>2</sup> °F / BTU)	Coeficiente "U" W / m <sup>2</sup> K (BTU / hr ft <sup>2</sup> °F)	Valor "R" m <sup>2</sup> K / W (hr ft <sup>2</sup> °F / BTU)
1	6,80 (1,20)	0,15 (0,83)	4,25 (0,75)	0,24 (1,33)
2	4,25 (0,75)	0,24 (1,33)	4,25 (0,75)	0,24 (1,33)
3A y 3B	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)
3C	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)
4A y 4B	2,25 (0,40)	0,44 (2,50)	3,40 (0,60)	0,29 (1,67)
4C	2,0 (0,35)	0,50 (2,86)	3,40 (0,60)	0,29 (1,67)

**TABLA B.4. Valores de transmitancia térmica para diversos materiales de marcos.**

Material del marco	Transmitancia térmica U (W/m <sup>2</sup> K)
Metálico	5,7
Metálico RPT (4 mm ≤ d ≤ 12 d)	4,0
Metálico RPT d ≥ 12 mm	3,2
Madera dura (ρ = 700 kg/m <sup>3</sup> y 60 mm de espesor)	2,2
Madera blanda (ρ = 500 kg/m <sup>3</sup> y 60 mm de espesor)	2,0
Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)	2,2
Perfiles huecos de PVC (3 cámaras)	1,8

Es muy importante identificar los tipos de marcos, ventanas, domos y puertas, independientemente de los materiales ya que condicionan su permeabilidad al aire, es decir el paso del aire cuando el sistema cerrado es sometido a una presión diferencial entre ambas caras.

### B.3.2. Vidrios

El vidrio es el elemento fundamental en el cerramiento si nos referimos a la superficie ocupada. Su propiedad principal es la transparencia permitiendo elevados aportes de luz natural que contribuyen al bienestar en el interior de la vivienda sin comprometer sus prestaciones de aislamiento térmico. Desde este punto de vista, las principales características del acristalamiento que se deben tener en cuenta son su coeficiente "U" o transmitancia térmica y su factor solar. Los vidrios pueden clasificarse en distintos grupos de acuerdo a su configuración y a las capas metálicas que mejoran sus prestaciones de aislamiento térmico y control solar.

#### B.3.2.1. Vidrio sencillo (monolítico)

En el se agrupan aquellos tipos formados por una sola capa de vidrio y aquellos formados por dos o más hojas unidas entre sí por toda su superficie (vidrios laminares).

#### B.3.2.2. Unidad de vidrio aislante (UVA)

Llamados anteriormente como de doble acristalamiento o vidrio de cámara, hace referencia al conjunto formado por dos o más láminas de vidrios monolíticos separados entre sí por uno o más espaciadores herméticamente cerrados a lo largo de todo el perímetro. Las UVA aprovechan la baja conductividad térmica del aire, limitando el intercambio de calor por convección y conducción. Esta reducción deja de ser efectiva cuando se producen fenómenos de convección dentro de la misma cámara de aire (aproximadamente a los 17 mm).

#### B.3.2.3. Vidrios de baja emisividad

Se trata de vidrios monolíticos sobre los que se ha depositado una capa de óxidos metálicos extremadamente fina,



proporcionando al vidrio una capacidad de aislamiento térmico reforzado. Por lo general este tipo de vidrios va montado en UVA, ofreciendo así sus máximas prestaciones de aislamiento térmico.

#### B.3.2.4. Vidrios de control solar

Pueden agruparse bajo esta denominación vidrios de muy distinta naturaleza: de color, serigrafiados o de capa. Las distintas capas y la posibilidad de aplicarse en distintos sustratos vítreos permite una amplia gama de posibilidades con diferentes estéticas y cuyas propiedades en térmica de control solar pueden variar.

#### B.3.3 Huecos

El hueco es el elemento más débil desde el punto de vista térmico del aislamiento térmico, permitiendo grandes fugas de calor en régimen de invierno y un exceso de aporte solar en régimen de verano, lo cual se refleja en una mayor operación de los equipos de climatización. El servicio térmico de los huecos esta limitado tanto por los materiales empleados como por el estado de conservación de los mismos.

La transmitancia térmica del hueco es directamente proporcional a las propiedades de los materiales y a la participación de los marcos y vidrios en el conjunto de la superficie del hueco. Se recomienda emplear la siguiente fórmula para su cálculo:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \quad (B.1)$$

donde:

- $U_{H,v}$  es la transmitancia térmica de la parte semitransparente,  $W/m^2 K$
- $U_{H,m}$  es la transmitancia térmica del marco de la ventana, domo o puerta,  $W/m^2 K$
- $FM$  es la fracción del hueco ocupada por el marco

El factor solar del hueco únicamente sin considerar elementos de sombreado como voladizos, toldos o persianas depende principalmente del acristalamiento empleado y de la superficie ocupada de este y en menor medida del material del marco. Su cálculo puede realizarse de acuerdo con:

$$F = (1 - FM) \cdot g_v + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha \quad (B.2)$$

donde:

- $FM$  es la fracción de marco sobre el total del hueco
- $U_m$  es la transmitancia térmica del marco,  $W/m^2 K$
- $g_v$  es el factor solar del vidrio
- $\alpha$  es la absorptividad del marco (función del color)

Si existen elementos de sombreado exterior debe aplicarse un factor de corrección.

#### B.4. Clasificación de Köppen y su vinculación con las consideraciones para establecer los criterios térmicos para determinación de la eficiencia energética en vivienda.

La clasificación climática de Köppen fue creada en 1900 por el científico alemán Wladimir Peter Copen, posteriormente fue modificada en 1918 y 1936. Consiste en una clasificación climática mundial basada en las temperaturas y precipitaciones otorgando letras a los diferentes valores que toman estas dos variables (ver Tabla B.5.).

En esta clasificación la primera letra indica el tipo de clima, por ejemplo:

**Clima A – Tropical.** Se caracteriza porque todos los meses tienen una temperatura media superior a los 18 °C y las precipitaciones anuales son superiores a la evaporación. Bajo estas condiciones se da el bosque tropical. La segunda letra hace referencia al régimen de precipitaciones:

- f:** precipitaciones constantes. ("falta la sequía")
- m:** precipitaciones constantes excepto algún mes seco y precipitaciones exageradas algunos meses.
- s:** periodo seco en verano (*sommer* en alemán)
- w:** periodo seco en invierno (*winter* en alemán)

**Tabla B.5. Clasificación Climática de Köppen**

Temperatura	Humedad					
	S	W	f	m	w	s