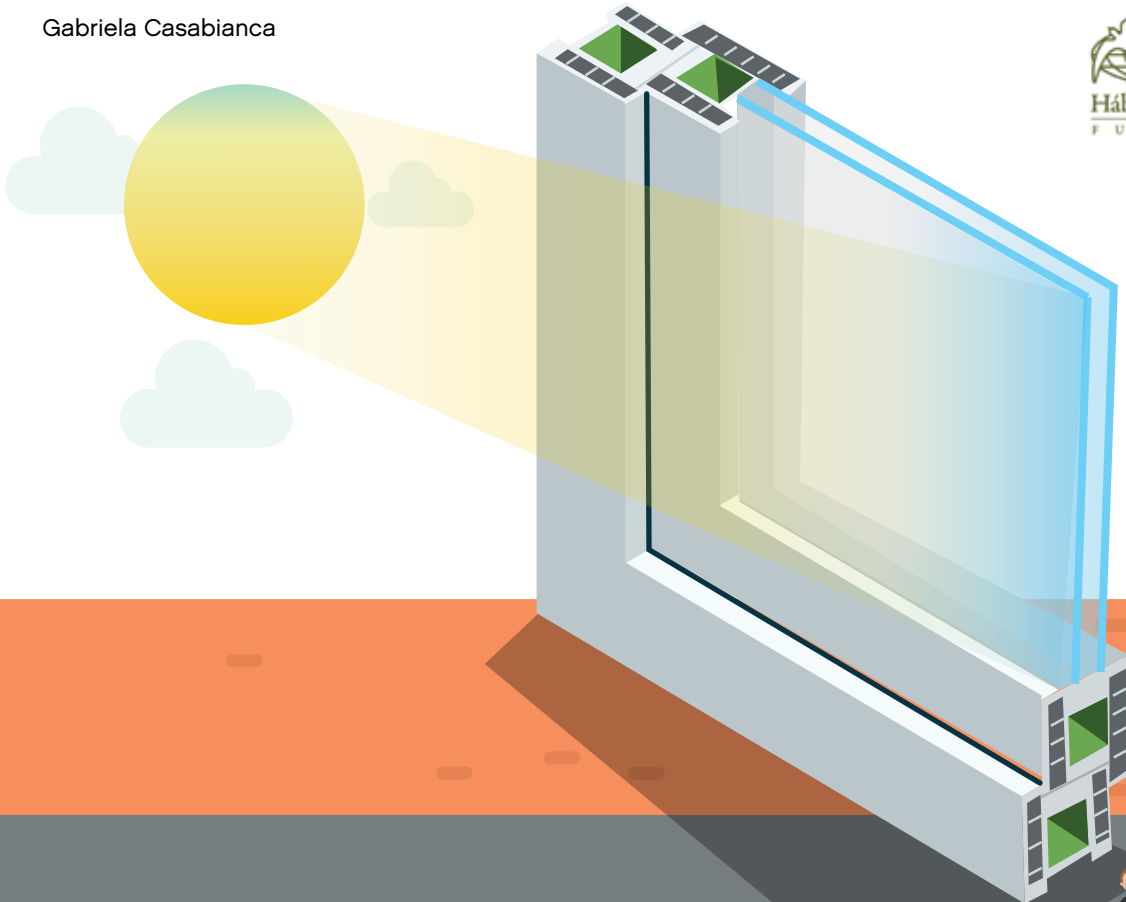


JORNADAS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE 2017

Aislamiento Térmico Edificio

Gabriela Casabianca

Ministerio de Ambiente y Espacio Público



Buenos Aires Ciudad



Vamos Buenos Aires

Ciudad Verde

AUTORIDADES

JEFE DE GOBIERNO

Horacio Rodríguez Larreta

VICEJEFATURA DE GOBIERNO

Diego Santilli

MINISTERIO DE AMBIENTE Y ESPACIO PÚBLICO

Eduardo Alberto Macchiavelli

AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

Juan Bautista Filgueira Risso

JORNADAS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE 2017
Aislamiento Térmico Edificio

Casabianca G. A. para Fundación Hábitat y Desarrollo y Agencia de Protección Ambiental –
APrA - GCABA

Edición de Contenidos

Agencia de Protección Ambiental – AprA.
Dirección General Política y Estrategia Ambiental.
Gerencia Operativa Gestión Urbano Ambiental.
Subgerencia Operativa Planeamiento Urbano Sustentable

Dibujo de tapa

Fuente: vecteezy.com

Diseño

Leonel Baldoni

Agencia de Protección Ambiental -APrA-

Lima 1111 [C1073AAW] Buenos Aires, Argentina

*Esta publicación es de distribución gratuita y puede ser reproducida en forma parcial siempre
que se haga referencia a la fuente.*

Buenos Aires, octubre de 2017.

INTRODUCCIÓN

Mariano Reobo

Arquitecto en Agencia de Protección Ambiental

Esta publicación es una iniciativa conjunta de la Agencia de Protección Ambiental y la Fundación Hábitat y Desarrollo.

En el marco del Proyecto “Construcción Sustentable en Proyectos y Obras de Gobierno”, cuyo objetivo es la promoción de la incorporación de criterios de construcción sustentable en los proyectos y obras edilicias y urbanas que desarrollen las áreas del Gobierno de la Ciudad con competencia, se ha organizado un Ciclo de Jornadas de capacitación respecto de la temática durante el año 2017.

Esta publicación pretende resumir los conceptos más importantes brindados durante este ciclo y busca brindar información técnica relevante en relación a algunas de las estrategias de diseño y construcción que pueden aplicarse a la hora de desarrollar un proyecto, una obra nueva o de remodelación de un edificio existente; en pos de reducir y/o minimizar el impacto ambiental de los edificios y obras.

Los documentos, desarrollados por reconocidos profesionales especialistas en cada una de las temáticas presentadas, pretenden promover y acercar a aquellos profesionales del diseño y la construcción interesados y al público en general, algunos conceptos que influyen notoriamente en el desempeño ambiental y energético de los edificios, y que muchas veces son minimizados, desestimados e incluso ignorados. Asimismo buscan incentivar tanto a los futuros como a los actuales profesionales a profundizar conceptos y propiciar la investigación de nuevos contenidos y herramientas disponibles.

A continuación, el tercer tomo “Aislamiento Térmico Edilicio”.

AISLAMIENTO TÉRMICO EDILICIO

Mg. Arq. Gabriela A. Casabianca

Arquitecta (FADU, UBA, 1986). Es Investigadora Adjunta en el Centro de Investigación Hábitat y Energía, FADU-UBA. Cuenta con amplia experiencia en consultoría y asesoramiento en eficiencia energética, normativas de acondicionamiento natural, diseño bioclimático, auditorías energéticas e iluminación eficiente. Formación a nivel posgrado en diseño bioclimático, uso racional de energía y arquitectura sostenible. Actualmente a cargo de la Materia Energía en Edificios en la FADU-UBA, profesora a cargo del módulo Construcción Sustentable en la Maestría en Tecnologías Urbanas Sustentables de la FI-UBA y docente en el Módulo Energía en el Hábitat Construido de la Maestría Interdisciplinaria en Energía (CEARE-UBA), además de dictar diversos cursos de actualización profesional sobre temas de iluminación natural y eficiencia energética en arquitectura.

Contenidos

1. Propiedades de los materiales: características y comportamiento térmico. Materiales y confort térmico. Transmisión de calor. Retraso e inercia térmica. Aislación térmica. Materiales Aislantes térmicos. Vidrios: vidrios eficientes, DVH y control solar.
2. Rol en la eficiencia energética del edificio y relación con las estrategias bioclimáticas de diseño.
3. Normativas y aislamiento térmico: Ley 4458 CABA. Normas IRAM incluidas en la Ley.
4. Materiales aislantes térmicos, eficiencia energética, perspectivas locales y contexto internacional.

Características y comportamiento térmico de los materiales

El sector edilicio presenta un buen potencial para el ahorro de energía y la reducción de los impactos ambientales resultantes de su uso, ya que entre el 35 y el 45 % de los recursos energéticos primarios se destina al acondicionamiento edilicio. Sin embargo, es fundamental que este ahorro pueda llevarse a cabo sin afectar las condiciones de confort y la calidad de vida de los ocupantes de los edificios.

La energía consumida en los edificios sirve para satisfacer diversas necesidades, entre las cuales la mayor proporción se destina a calefacción en invierno, climatización mediante aire acondicionado en verano, y en menor proporción se utiliza para ventilación, iluminación y otros sistemas técnicos, además de necesidades básicas como agua caliente sanitaria y cocción de alimentos.

En el hábitat construido, la eficiencia energética debe concretarse a partir de cuatro aspectos; en primer lugar, la localización geográfica del edificio y sus características geométrico-morfológicas, ya que las condiciones climáticas determinan la demanda de energía necesaria para mantener los espacios interiores confortables, según las actividades a desarrollar, y la geometría del edificio condiciona directamente la superficie y las características de su envolvente, que actúa como filtro respecto a las condiciones exteriores del clima, determinando las pérdidas y ganancias energéticas (radiación solar) del edificio.

El segundo aspecto hace referencia a la relación entre las condiciones climáticas externas y las condiciones internas de bienestar térmico: ya que las diferencias de temperatura entre el exterior y las temperaturas de confort interiores son compensadas utilizando energía, tanto para calentar el aire (calefacción) como para enfriarlo (refrigeración), según la época del año y la rigurosidad del clima.

El tercer aspecto tiene que ver con los materiales que conforman la envolvente del edificio, es decir, la parte del edificio que conforma la barrera térmica primaria entre el interior y el exterior, desempeñando un papel clave en la determinación de los niveles de confort térmico, iluminación y ventilación natural, y de cuánta energía se requiere para calentar y enfriar el edificio. Los materiales que constituyen la envolvente condicionan directamente las características de los intercambios térmicos entre el espacio interior y el exterior.

Finalmente, el cuarto aspecto hace referencia a la elección de las instalaciones técnicas de climatización, cuya eficiencia energética estará dada en función de la posibilidad de diseño y elección de las tecnologías más eficientes disponibles en el mercado, a través de la información de los proveedores o de las etiquetas de eficiencia energética.

Confort térmico

El confort térmico es una sensación satisfactoria del estado fisiológico de un ser humano con respecto a las condiciones ambientales que rodean. Depende de factores climáticos (temperatura, humedad, movimiento de aire), personales (edad, metabolismo, compleción física) y circunstanciales (alimentación, grado de aislación de la ropa, etc.). Los elementos constructivos de la envolvente, como muros, pisos y aberturas, contribuyen a modificar las condiciones de confort en el interior de los edificios a través de sus características térmicas.

Estas características incluyen tipo y calidad de los materiales, espesores y su ubicación. Una correcta elección y disposición de materiales puede, por ejemplo, reducir la amplitud térmica con respecto a las temperaturas exteriores, evitar pérdidas de calor, evitar condensaciones superficiales en épocas frías y optimizar el aprovechamiento de la radiación solar en el edificio, contribuyendo al ahorro de combustibles convencionales necesarios para su acondicionamiento térmico. La eficacia de los elementos constructivos en el control o bien en la modificación de las condiciones térmicas de un edificio, se define por el modo en que los materiales empleados absorben, transmiten o acumulan energía en forma de calor.

El equilibrio del sistema térmico del hábitat construido dependerá entonces de la eficacia de los aspectos pasivos brindados por la arquitectura y los sistemas activos, las instalaciones, elegidas en relación con su eficiencia en relación con las prestaciones brindadas y el consumo de energía para su funcionamiento.

Transmisión del calor

Para que exista transmisión de calor debe existir inicialmente una diferencia de temperatura entre un medio y otro. El *flujo térmico* es la cantidad de calor que fluye de un medio hacia otro durante una determinada unidad de tiempo. Se mide en Joule/seg y es proporcional al área que intercambia calor. Las formas de transmisión del calor son tres:

Convección: en los fluidos, es el transporte de calor a través del movimiento de las moléculas. En función de su energía interna, las moléculas se trasladan transportando la energía de un lugar al otro. Puede llevarse a cabo de modo natural, por diferencia de densidades en el fluido, como es el caso del aire caliente que sube mientras que el más fresco tiende a descender. Estos casos se denominan de *convección natural*. En el caso en que esta convección se provoque por medios mecánicos auxiliares, se denomina *convección forzada*.

Radiación: la energía se propaga a través de un medio o del vacío a través de ondas electro-magnéticas, en línea recta. Las condiciones son que exista diferencia de temperatura entre dos elementos y que el medio que separa sea transparente a las radiaciones. Estas radiaciones son emitidas en distintas longitudes de onda según la temperatura del sólido o medio emisor: a mayor temperatura, disminuye la longitud de la onda.

Conducción: En el caso de cuerpos sólidos, las moléculas de la superficie que se encuentra a mayor temperatura ceden calor a las capas inmediatas del interior. Estas moléculas están en contacto por ligazones de cohesión molecular y no cambian sus posiciones relativas. La velocidad de esta conducción del calor molécula a molécula dependerá del material. En estos casos aparece el concepto de gradiente de temperatura, debido a las diferencias de temperatura entre las sucesivas capas del material.



Fig. 1: Modos de transferencia del calor. Fuente: Wikipedia

Materialidad de la envolvente edilicia y control del flujo de calor

Es importante que el proyectista, a partir del conocimiento de las características climáticas locales, elija materiales o componentes constructivos en relación con las condiciones de control del pasaje de calor a través de la envolvente edilicia. Las posibles condiciones son:

- Control de las pérdidas de calor desde el interior hacia el exterior en invierno. Los recursos a utilizar son: reducción de las superficies expuestas, baja conductividad, definición de los espesores de material teniendo en cuenta la transmitancia térmica, controlando posibles puentes térmicos, presencia de humedad e infiltraciones de aire exterior.
- Control de las ganancias de calor del exterior hacia el interior, con radiación solar directa sobre elementos exteriores en épocas cálidas. Los recursos a emplear son: alta reflectividad para evitar absorber radiación, baja conductividad, capacidad térmica interior, y sumar la posibilidad de contar con eventual ventilación para disipar el calor que pudiera ingresar.
- Moderación del flujo variable entre interior y exterior en condiciones de amplitud térmica y temperaturas próximas a los límites de confort, mediante el aprovechamiento de la capacidad térmica de los materiales, control de los espesores y la conductividad, más el control eventual de la ventilación.
- Moderación de temperatura interior y almacenamiento de calor obtenido por ganancias solares mediante el control de las superficies de captación, la transmisión, reflexión y absorción de los vidrios elegidos; además es conveniente la regulación de la capacidad térmica, conductividad de los materiales y superficies expuestas al exterior.

Características térmicas de los materiales y de los elementos constructivos de la envolvente edilicia

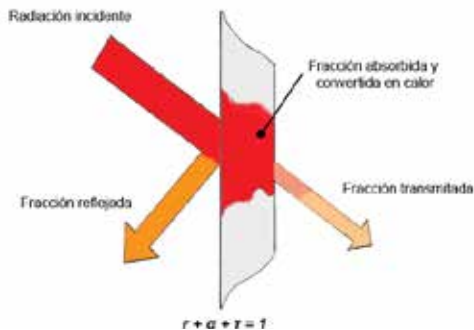
Las principales características térmicas de los materiales son:

- **Absorción:** es una característica de la superficie de un material que determina la proporción de la radiación incidente absorbida y el resto resulta reflejado. En el caso de materiales transparentes o traslúcidos una proporción de la radiación incidente es transmitida a través del material hacia el otro lado. El proceso de absorción ocurre no sólo en la superficie sino también dentro del material y depende de las características de la radiación y de los materiales. La propiedad relacionada es la *reflectividad*, que es la fracción de la radiación incidente reflejada por una superficie y que depende de su color.

TABLAS Características de las superficies

Material de Superficie	Reflectividad (%)	
	Radiación solar	Radiación térmica
Plata brillante	93	98
Aluminio brillante	85	92
Cal	80	-
Cobre brillante	75	85
Plancha de cromo	72	80
Pintura croma blanca	71	11
Mármol blanco	54	5
Pintura verde clara	50	5
Pintura de aluminio	45	45
Piedra caliza	43	5
Madera clara	40	5
Ladrillo arcilla roja	23-30	6
Pintura gris	25	5
Hierro galvanizado oxidado	10	72
Negro mate	3	5

Tabla 1: Reflectividad de materiales de construcción. Fuente: <http://www.portalthuarpe.com.ar>



Ejemplos:

r (reflectividad)= 1 para un espejo perfecto

α (absortividad)= 1 para el cuerpo negro

τ (transmisividad)=1 para un vidrio totalmente transparente

Fig. 2: Reflectividad y absorción.

- **Conductividad térmica:** es el flujo de calor que atraviesa un material, según su superficie, espesor y diferencia de temperatura entre sus caras. Se mide en Watts por m² de superficie, m de espesor y °C de diferencia de temperatura entre las caras opuestas. La característica inversa de la conductividad es la *resistividad térmica*.

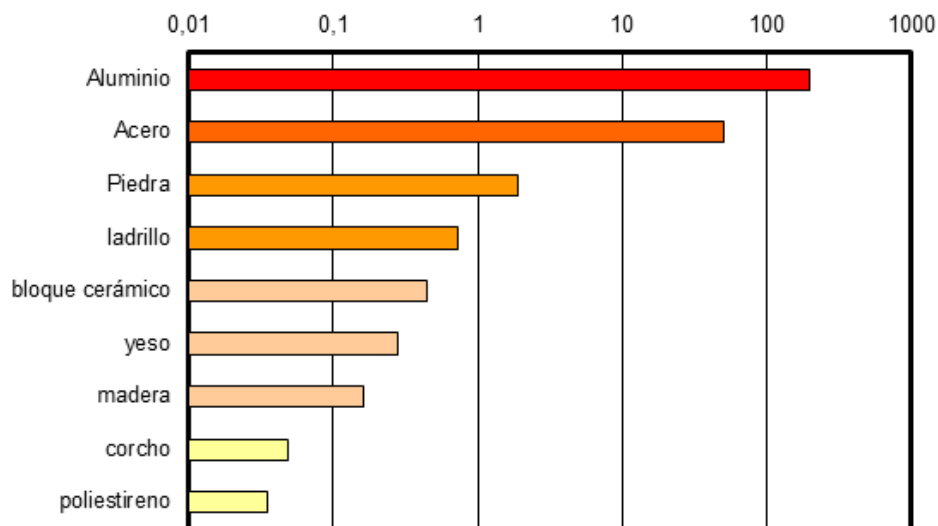


Gráfico 1: Conductividad térmica en W/mK(escala logarítmica)

Fuente: Material didáctico CIHE-FADU-UBA

La presencia de humedad afecta directamente la conductividad del material: en el material-seco, hay menos contacto entre las partículas sólidas y el aire ocupa los espacios intersticiales; cuando el material se humedece, el agua ocupa esos espacios aumentando el contacto entre partículas, aumentando también en consecuencia su conductividad (Gráfico 2).

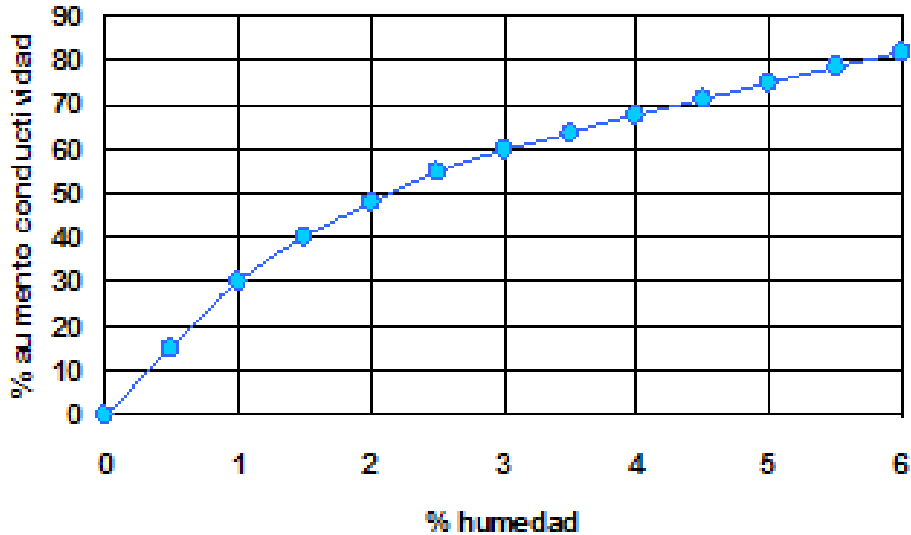


Gráfico 2: Humedad y conductividad.

Fuente: Material didáctico CIHE-FADU-UBA

- Capacidad térmica de un material:** es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de volumen en 1 °C de diferencia. Es igual al producto de la densidad y la capacidad térmica específica y se mide en Joule por m³. Los materiales de construcción que tienen un espesor considerable, gran calor específico volumétrico y una conductividad térmica moderada (0.5 y 2.0 W/m °C), aportan "masa térmica" (capacidad potencial de almacenamiento de calor) al edificio. Su magnitud depende del tipo y la cantidad de material presente en el elemento constructivo.

Las características térmicas descritas corresponden a los materiales de manera independiente. Estos materiales se combinan de diversas maneras para conformar la envolvente del edificio, constituyendo un elemento constructivo compuesto. La principal característica térmica de estos elementos constructivos es la transmitancia térmica, concepto fundamental para comprender el rol de la aislación térmica y su importancia fundamental en el elemento constructivo.

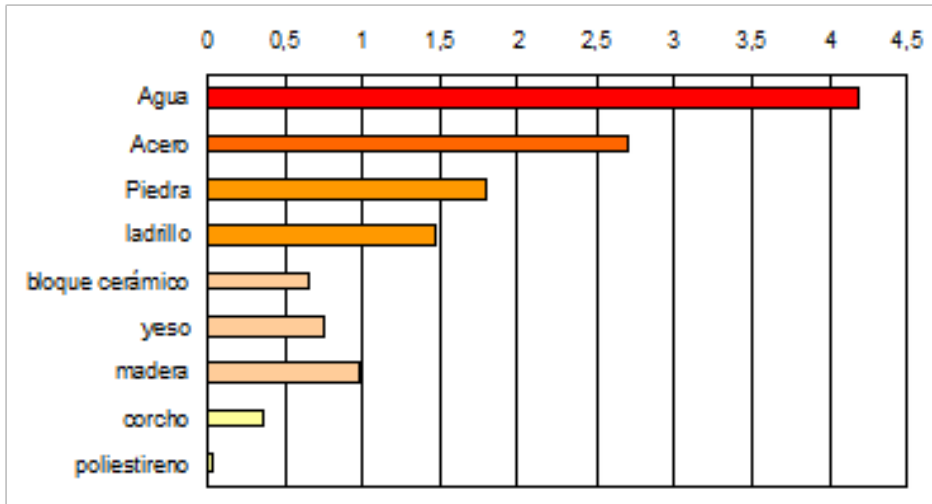


Grafico 3: Capacidad térmica volumétrica c en MJ/m³

Fuente: Material didáctico CIHE-FADU-UBA

- **Transmitancia térmica "K":** La *transmitancia térmica* es el flujo de calor que pasa a través de un elemento constructivo desde el aire exterior al interior, o viceversa, por unidad de temperatura y superficie. Este flujo de calor depende de la diferencia de temperatura del aire a ambos lados del elemento y no de su superficie, correspondiendo a condiciones en que las temperaturas se mantienen en el tiempo o al menos durante un largo plazo.

Para que se lleve a cabo el pasaje de calor, el flujo deberá vencer una serie de resistencias de las caras superficiales externa e interna, donde se llevan a cabo procesos de radiación y convección, y la resistencia interna del o los materiales que conforman el elemento constructivo. La resistencia total a vencer será:

Resistencia total: $R_t = r_{se} + R_{elem} + r_{si}$

Siendo r_{se} : resistencia superficial exterior
 r_{si} : resistencia superficial interior

R_{elem} : resistencia del elemento constructivo

Entonces, la **transmitancia térmica** del elemento será

$$K = 1 / R_t = 1 / (r_{se} + R_{elem} + r_{si}) \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$$

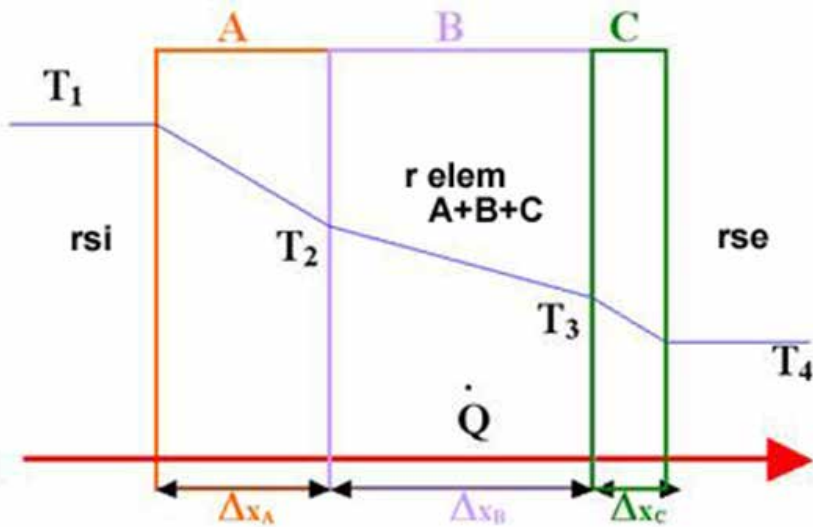


Grafico 4: Esquema de transmitancia de calor en elemento constructivo
Fuente: Material didáctico CIHE-FADU-UBA

Calculo de Transmitancia Térmica

El cálculo de la transmitancia térmica, paso a paso, será:

- **1ro.** Establecer la resistencia de cada capa ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

$$R = e / \lambda$$

Siendo

e = espesor de la capa en metros

λ = conductividad térmica del material (en W/mk)

- **2do.** Establecer la resistencia total (todas las capas, superficies y cámaras de aire)

$$\Sigma R = R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_{si}$$

Siendo

R_{se} = Resistencia térmica superficial exterior

R_1 y R_2 = Resistencia térmica de las capas (cantidad existente)

R_{si} = Resistencia térmica superficial interior

- **3ro.** Calcular la Transmitancia térmica (W/m²K)

$$K = \frac{1}{R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_{si}}$$

	espesor (mts)	conductividad (W/mK)		R (m ² .K/W)
			R _{si}	0,130
revoque interior	0,02	0,93		0,022
ladrillo hueco 08	0,08			0,210
poliestileno expandido	0,025	0,035		0,714
ladrillo comun visto	0,15	0,91		0,165
			R _{se}	0,040
			R _{muro}	1,281
			W/m²K	K_{muro}
				0,781

Tabla 2: Ejemplo de cálculo de transmitancia térmica del elemento constructivo.

Fuente: Material didáctico CIHE-FADU-UBA

La norma IRAM 11.605 indica los valores máximos admisibles de “K” para paredes y techos en las distintas regiones bioambientales del país. Para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires los valores, correspondientes a la Zona Bioambiental IIIb, son:

Temp min diseño	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	Muro	Techo	Muro	Techo	Muro	Techo
-11	0,25	0,22	0,67	0,58	1,15	1,00
-6	0,30	0,26	0,80	0,67	1,39	1,00
-5	0,31	0,27	0,83	0,69	1,45	1,00
-4	0,32	0,28	0,87	0,72	1,52	1,00
-3	0,33	0,29	0,91	0,74	1,59	1,00
-2	0,35	0,30	0,95	0,77	1,67	1,00
-1	0,36	0,31	0,99	0,80	1,75	1,00
0 o >0	0,38	0,32	1,00	0,83	1,85	1,00

Coefficientes de transmitancia máximos admisibles para condiciones de **INVIERNO**.

Zona Bioamb	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	Muro	Techo	Muro	Techo	Muro	Techo
I y II	0,45	0,18	1,10	0,45	1,80	0,72
III y IV	0,50	0,19	1,25	0,48	2,00	0,76

Coefficientes de transmitancia máximos admisibles para condiciones de **VERANO**.

Tabla 3: Valores transmitancia térmica máximos admisibles para región CABA, Norma IRAM 11605.

Fuente: material didáctico CIHE-FADU-UBA- Presentación Jornada 1 (C. Delbene y M. Leveratto).

En algunos casos es necesario contar con valores de transmitancia menores empleando mayores espesores de material aislante, como por ejemplo en zonas de climas fríos y muy fríos sin red de gas natural, edificios que utilizan electricidad para calefacción, edificios con sistemas solares o instalaciones de acondicionamiento de aire. En estos casos, el costo adicional de aislación se recuperará a corto plazo en función del ahorro de combustible necesario para acondicionar térmicamente el edificio.

Retraso e Inercia térmica

En climas con amplitud térmica, emplear elementos pesados en la envolvente permite lograr temperaturas interiores más estables y confortables aprovechando las características térmicas de esos materiales. El *retraso térmico* es la demora que transcurre entre el pico de temperatura en la cara exterior de un elemento y el pico de temperatura en la cara interior cuando el elemento constructivo está sometido a fluctuaciones periódicas de temperatura.

Cuando aumenta la temperatura exterior, el calor se transmite hacia el interior; una parte del calor aumenta la temperatura de las capas interiores del material en forma sucesiva, mientras otra parte se transmite hacia las capas interiores. Una capa constituida por una material de gran capacidad térmica absorbe más calor por unidad de volumen, reduciendo y demorando el flujo de calor hacia el interior. Este retraso térmico, adecuadamente controlado, produce un leve refrescamiento con reducida amplitud de la temperatura interior mientras en el exterior la temperatura se encuentra en su valor máximo; y también produce un leve calentamiento del interior cuando las temperaturas exteriores llegan a sus valores mínimos.

La cantidad de calor almacenada en cada capa depende de su masa y de su capacidad calorífica específica. Las capas aislantes próximas al aire interior reducen el flujo de calor que llega al ambiente y limitan el almacenamiento del exceso de calor en las capas interiores impidiendo el efecto moderador de la temperatura interior conveniente en climas con gran amplitud térmica. El tiempo que tarda una capa de material en calentarse depende de la capacidad térmica del material y de su transmitancia térmica.

Un cerramiento con un retraso importante reduce los picos de temperatura interior y los retrasa; esta demora se conoce como “*Inercia Térmica*”. La diferencia entre las amplitudes de las temperaturas interior y exterior se denomina *amortiguamiento térmico* o *factor de disminución (d)*. La diferencia en tiempo entre los picos de temperatura exterior e interior se denomina *retraso térmico* (\varnothing). Las características térmicas de los materiales que determinan el retraso son la conductividad y la capacidad térmica.

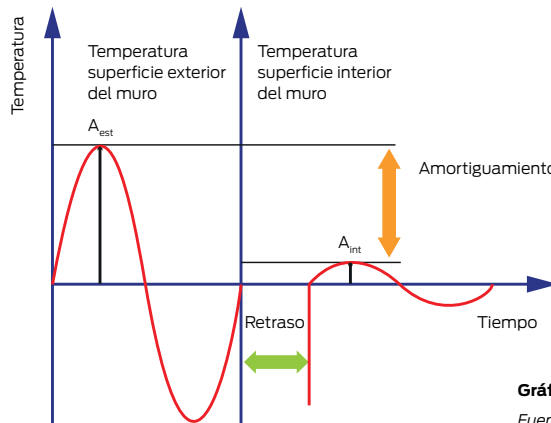


Gráfico 5: Esquema de funcionamiento de la inercia térmica.

Fuente: www.climablock.com/images/mat006.jpg

Valores del retraso térmico (\emptyset) en horas y factor de reducción (d).

Material	Material Espesor del material de la envolvente en metros, \emptyset y d.									
	0.05		0.10		0.15		0.20		0.30	
	\emptyset	d	\emptyset	d	\emptyset	d	\emptyset	d	\emptyset	d
Hormigón	1.3	0.67	3.0	0.45	4.4	0.3	6.1	0.2	9.2	0.09
Ladrillo	-	-	3.0	0.45	4.4	0.3	6.1	0.2	9.2	0.09
Piedra	-	-	-	-	-	-	5.5	0.22	8.0	0.11
Adobe	-	-	-	-	4.0	0.34	5.2	0.24	8.1	0.12
Madera	2.5	0.48	5.5	0.23	8.3	0.11	-	-	-	-
Lana mineral	2.5	0.48	5.3	0.22	-	-	-	-	-	-

Tabla 4: Valores de retraso térmico y factor de reducción.

Fuente: V. Olgyay. *Design with climate*.

Si un edificio está sometido a una variación de calor de forma periódica, la inercia térmica produce un desfase de la onda de variación de temperatura en el tiempo y una amortiguación de esta onda al atravesar el elemento constructivo. La inercia térmica del edificio dependerá de:

- la masa de los elementos que lo conforman
- la conductividad térmica de la envolvente
- la capacidad calorífica específica de los materiales
- la ubicación relativa de cada una de las capas del elemento.

La cantidad de calor almacenada en cada capa depende de su masa y de su capacidad calorífica específica. Las capas aislantes próximas al aire interior reducen el flujo de calor que llega al ambiente y limita el almacenamiento del exceso de calor en las capas interiores impidiendo el efecto moderador de la temperatura interior conveniente en climas con gran amplitud térmica.

Una propiedad complementaria que tiene también influencia en el comportamiento térmico de un edificio es la *admitancia*; ésta es una característica de la *superficie* del material de recibir calor desde el aire o bien suministrarlo hacia él estando sometida a variaciones cíclicas de temperatura. Se mide el flujo de calor en Watts por m² de superficie y por °C de diferencia de temperatura, las mismas unidades del coeficiente de transmitancia K. El material actúa como una “*esponja térmica*” de la superficie de un elemento constructivo.

En los espacios interiores con ganancia solar, la admitancia permite evitar las amplias variaciones de temperaturas entre el día y la noche, ya que absorberá el calor en el momento de máxima radiación y mayor temperatura y lo emitirá hacia el aire por la noche, favoreciendo el equilibrio térmico y manteniendo mejores condiciones de confort. En locales con calefacción auxiliar utilizada de modo intermitente, las superficies de baja admitancia facilitarán el calentamiento rápido del aire con menor gasto de energía, aunque cuando se apaga la calefacción las temperaturas bajarán rápidamente.

Valores indicativos de admitancia

Elemento	Materiales	Admitancia W/m ² °C
Pared	Placa de yeso con cámara de aire	2
	Ladrillos cerámicos huecos	3
	Bloques de hormigón huecos	4
	Ladrillos comunes con o sin yeso	5
	Hormigón denso	6
Pisos	Alfombra sobre madera suspendida	1.5
	Madera suspendida con cámara de aire	2
	Madera o alfombra sobre hormigón	3
	Hormigón u hormigón con piso cerámico	6
Cielorrasos	Yeso armado, cámara de aire, techo inclinado	2
	Placa de yeso, cámara, losa de hormigón	3
	Yeso sobre losa cerámica	4
	Yeso sobre losa de hormigón	6
Otros	Tambores de agua	6

Tabla 5: Valores de admitancia de materiales de pared, piso y cielorrasos.

Fuente: Evans, de Schiller: *Diseño Bioambiental y Arq. Solar*.

Aislación térmica

Una de las medidas que el diseñador debe considerar para mejorar la respuesta térmica de un edificio es incorporar *aislación térmica*. El objetivo de incluir aislación térmica en la envolvente edilicia es evitar o reducir el pasaje del flujo de calor a través de ella, agregando materiales de baja densidad y baja conductividad térmica para minimizar el pasaje de calor hacia el exterior o espacios no calefaccionados.

Los aspectos a considerar son:

- qué elementos requieren aislación (techo, muro, piso)
- en qué posición se debe colocar la capa aislante (interior, exterior, medio)
- espesor de la aislación (cuanto aislamiento se necesita)
- elección del material aislante.

Con respecto a qué elementos requieren aislación, las normativas fijan los valores de transmitancia térmica K para los distintos elementos componentes del edificio; a partir de estos valores mínimos como base de referencia, el proyectista puede mejorar las condiciones de aislación térmica.

La posición de la aislación se determina, de manera teórica en relación con la respuesta térmica deseable en función de la ocupación del edificio y el uso de calefacción, ya que en el caso de uso intermitente se necesita una rápida respuesta a la entrada en régimen de la calefacción. Para obtener esta respuesta rápida es conveniente colocar la aislación en la cara interior de los elementos de cerramiento pesados (muros o cubiertas de hormigón, por ejemplo). En este caso, la envolvente interna absorbe menos calor durante el período de calentamiento y la temperatura interior sube más rápido, alcanzando en nivel de confort interior con menor aporte de energía. En edificios con calefacción continua la ubicación en función de la entrada en régimen es menos importante, predominando otros factores como por ejemplo la facilidad de colocación. En todos los casos, la posición definitiva deberá tener en cuenta el tipo de material, sus características, durabilidad y recomendaciones del proveedor o fabricante.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que los materiales aislantes, en general, ofrecen poca resistencia al paso del vapor de agua: éste atraviesa la capa aislante hasta la otra cara del cerramiento, más fría, apareciendo el riesgo de condensación en el interior del muro. La solución a este riesgo es colocar siempre una barrera de vapor en el lado caliente de la aislación.

Para calcular el espesor de la aislación se utiliza una fórmula derivada de la del cálculo de la transmitancia térmica para calcular el espesor mínimo de aislante:

$$e = [1 - K * (rse + R1 + R2 + R3 \dots + Rc + rsi)] / K$$

derivación de la fórmula $K = 1 / R = 1 / (rse + R1 + R2 + R3 \dots + Rc + rsi)$

donde rse = resistencia superficial exterior

R1 = resistencia de las capas del lado exterior de la capa de aislación

R2 = resistencia de la capa de aislación térmica

R3 = resistencia de las capas del lado interior de la capa de aislación

Rc = resistencias de las cámaras de aire (si corresponde)

rsi = resistencia superficial interior

para la capa de aislación: $R2 = e / c = \text{espesor} / \text{conductividad térmica}$

finalmente, $e = c * [1 - K * (rse + R1 + R3 \dots + Rc + rsi)] / K$

Los primeros 12 mm agregados a un edificio sin aislación reducen drásticamente las pérdidas. Con otros 12 mm el efecto es algo menor y así sucesivamente con las capas subsiguientes. Un centímetro de aislación térmica liviana equivale a una cámara de aire tradicional de 5 cm; si se rellena la cámara de 5 cm con aislación térmica, la capacidad aislante mejora en un 500%. Con respecto al material o tipo de aislación a colocar, es necesario considerar una serie de factores que guiarán la elección del proyectista: costo, facilidad de colocación, durabilidad, resistencia al fuego y al daño físico, degradación del material y riesgo de contaminantes o alérgenos, etc. Se puede elegir el material y su forma mediante los folletos de los fabricantes; por su densidad, a través de la determinación del coeficiente K o dependiendo de la posición del cerramiento (vertical, horizontal o inclinado) y otras condicionantes que surjan del criterio del proyectista.

Existen en el mercado una amplia variedad de materiales a elegir, tanto de origen natural como sintéticos; en todos los casos es muy importante tener en cuenta el comportamiento del aislante y las condiciones de seguridad ante incendio para no poner en riesgo la vida o la salud de los ocupantes del edificio. Para elaborar un correcto proyecto del aislamiento térmico es necesario analizar en detalle todas las variables de la tipologías edilicias a aislar y en particular sus componentes constructivos.

Materiales aislantes térmicos

Existe una gran variedad de materiales aislantes que le permiten al proyectista elegir la mejor opción de acuerdo a sus necesidades, economía y características del diseño previsto: elementos en forma de rollos o paneles para incorporar en muros y techos, paneles rígidos que se ubican al exterior como el poliestireno extruido, o proyectados como el poliuretano expandido o la celulosa. Además de las opciones para colocar hacia el interior del muro, existen soluciones que funcionan como “escudo térmico” en el exterior, como por ejemplo los revestimientos tipo EIFS (Exterior Insulation and Finish System - Sistema de Aislación Exterior y Acabado Final) que consiste en un elemento multicapa que permite ejecutar tanto cerramientos exteriores en sistemas de construcción en seco como ser aplicado sobre mampostería tradicional, con buena resistencia mecánica, soportando los esfuerzos propios de la exposición a la intemperie, y aportando una solución adecuada para la aislación térmica, hidrófuga y acústica. También existen diversas opciones para cubiertas y áticos, que además pueden combinarse con techos o cubiertas verdes.

Otra opción son los sistemas con aislamiento incorporado, como el núcleo panel, doble panel y HCCA. Los sistemas “núcleo panel” consisten en paneles térmicos estructurales prefabricados con un núcleo aislante de poliestireno expandido o poliuretano de alta densidad revestido en ambas caras con materiales de mayor resistencia como tableros de virutas (OBS). El “doble panel” se utiliza en paredes de cemento armado como muros portantes y bajo suelo y está compuesto por dos paneles o elementos de encofrado perdido, formados por dos paneles interco-

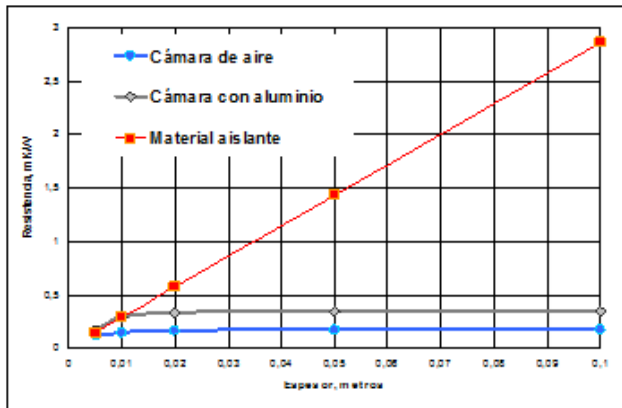


Gráfico 6: Relación espesor aislante / Resistencia térmica.

Fuente: Material didáctico CIHE-FA-DU-UBA.

	Origen Materia Prima					Densidad Kg/m ³	Cond. Termica K 5cm Kcal/m ² h°C	Ais. Acustica DB	Comportamiento al fuego				
	1		2		3				Toxico		No toxico		
	Base		Aglutinante		Catalizador				Alto Extinguible	Prop. Llama	Prop. Llama	Ignifugo	
Aislante sintético													
Poliestireno expandido - eps	Poliestireno	M	Gas pentano	M	Calor	12 a 30	0,034 a 0,045	Mala	X				
Poliuretano - pur	Poliol	M	Isocianato	M	Aire	30	0,024	Muy buena	X				
Lana de vidrio	Silice	M RC NR	Formaldehido	M	Calor	15 a 100	0,038 a 0,032	Buena	X				
Lana de roca / mineral	Roca volcanica	M NR			Calor	30 a 60	0,034 a 0,041	Buena	X				
Lana de pet	Pet	M RC			Calor	10 a 35	0,035 a 0,041	Muy buena	X				
Aislante natural													
Celulosico	Papel celulosa	V RC	Almidon borax	V M		30 a 60	0,03	48 (7Cm) excelente		Clase A	X		
Corcho	Cocho	V R	Resina natural	V	Calor	110	0,039	Muy buena			BAJO		
Panel de cañamo	Cañamo	V R	Resina natural	V	Calor	20 a 40	0,04 a 0,08	Buena			X		
Lana de oveja	Lana	A R	Borax	M		20 a 60	0,037	Muy buena			X		
Plumas	Plumas	A R									X		
Bala de paja	Paja	V R				80 a 60	0,045 a 0,13	Buena			X		
Panel de madera	Fibras de madera	V RC	Cola			50	0,036	Buena			X		
Manta de algodón	Algodón	V R				25 a 40	0,04	Excelente			X		
Manta de coco	Coco					124	0,045	Buena			X		
Arcilla expandida	Arcilla	M NR			Calor	300 a 800	0,08	Muy buena					X
Perlita	Perlita	M NR			Calor	50 a 125	0,035 a 0,045	Muy buena					X
Vermiculita	Vermiculita	M NR				60 a 140	0,053	Muy buena					X

Tabla 6: Análisis comparativo de propiedades de materiales aislantes. Fuente: Material pasantía CIHE – FI – Autora: Arq. Alicia di Fede.

nectados de poliestireno expandido (EPS) de al menos 5 cm de espesor, que dejan un espacio de unos 15 cm entre ellos. Se ensamblan estos elementos entre sí en obra y se rellenan de hormigón, formando los muros de carga. Los forjados son unidireccionales, formados por bovedillas de EPS y semiviguetas de hormigón; el panel se completa con la aplicación del enlucido externo.

Los sistemas constructivos HCCA (Hormigón Celular Curado en Autoclave) están formados por distintas piezas de hormigón celular, con una mezcla de aglomerantes, áridos finamente molidos y agua más el agregado de un agente expansor que genera por reacción química millones de burbujas de aire, dosificados automáticamente en un riguroso proceso industrial y metidos a un curado a alta presión en autoclaves de vapor de agua para garantizar que se produzcan las reacciones químicas necesarias para la estabilización dimensional del material, confiriéndole además las propiedades termomecánicas características.

Otra opción son los sistemas tipo Concrehaus, que consisten en paneles multicapa de poliestireno expandido revestidos con hormigón armado. Reemplazan cerramiento, estructura y brindan buena aislación térmica y acústica

En Internet existe amplia información técnica y comercial sobre estos tipos de sistemas, y es importante que los proyectistas consulten este tipo de información frecuentemente, ya que los avances y novedades en este tipo de sistemas son permanentes.

Puentes térmicos

Al momento de proyectar la envolvente y su aislación térmica es importante considerar la presencia de puentes térmicos, es decir, los puntos o zonas de la envolvente donde, por cambios o contactos entre materiales, o por discontinuidad de la aislación térmica, el flujo de calor se transmite más rápidamente. Los puentes térmicos pueden aparecer debido a cambios en la geometría de la envolvente, en sus materiales o su resistencia térmica, por superposición o penetración de elementos estructurales de diferente conductividad y se convierten en las “partes sensibles” de los edificios donde aumenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones superficiales en épocas frías.

Antes de que incorporara el aislamiento térmico de los edificios, los puentes representaban entre el 10 y el 20% de las pérdidas totales de calor; al mejorar el aislamiento, el porcentaje de pérdidas por los paños centrales disminuyó mientras que el de los puentes aumentó proporcionalmente. Las normativas de eficiencia energética hacen referencia a estos puntos obligan a in-

corporar soluciones constructivas para reducir al mínimo las pérdidas por los puentes térmicos.

Vidrios: vidrios eficientes, DVH y control solar

Un aspecto importante relacionado con la aislación térmica del edificio es evitar que las aberturas, que forman parte de la envolvente edilicia, se conviertan en los puntos débiles en relación con el aislamiento térmico previsto. Como la conductividad térmica del vidrio común es notoriamente más alta que la de los elementos constructivos que conforman en resto de la envolvente edilicia, existen nuevas alternativas de aberturas de doble vidriado cuyo coeficiente de transmitancia térmica es notoriamente menor.

El aporte de las nuevas tecnologías en vidrios a la eficiencia energética del edificio se concreta de dos formas: una es el doble vidriado hermético (DVH) y la otra la posibilidad de utilizar vidrios de control solar.

En los vidrios se repiten los mismos fenómenos de transmisión de calor que en los cerramientos opacos: su transparencia deja pasar la mayor parte de la radiación incidente, mientras que una cierta proporción es absorbida y conducida por el vidrio y otra parte puede ser reflejada al exterior.

El doble vidriado hermético, es un componente constructivo prefabricado compuesto por dos capas de vidrio float separadas entre sí por un espacio de aire sellado herméticamente para impedir el paso de la humedad, el vapor de agua el polvo y la suciedad. En relación con un vidrio común, mejora las condiciones de aislamiento térmico y acústico, y si además se utilizan vidrios especiales proporciona control del ingreso de radiación solar. Es un componente fabricado a medida y su espesor total es el resultante de la suma de los paños vítreos usados más el ancho de la cámara de aire entre ellos.

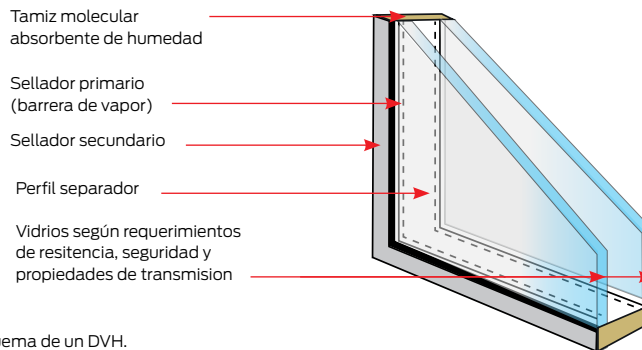


Figura 3: Esquema de un DVH.

Fuente: Material didáctico CIHE-FADU-UBA.

El uso de un DVH facilita la presencia de superficies vidriadas de grandes dimensiones sin comprometer el confort ni el consumo de energía de climatización de un edificio. En invierno, el buen aislamiento térmico de la superficie vidriada de una ventana disminuye significativamente la pérdida de calor hacia el exterior frío, mejorando la sensación de confort. En verano, un DVH impide que el calor exterior ingrese al ambiente interior, que se mantiene más fresco. Sin embargo, para que el DVH sea eficiente en el periodo estival se debe disminuir el calor solar que atraviesa el vidrio por radiación (es un material transparente) mediante el uso de vidrios de control solar.

Como en el caso de los cerramientos opacos, existe el riesgo de la presencia de un puente térmico debido a que el doble cristal es buen aislante térmico, pero el perfil de aluminio es un material conductor térmico; para evitarlo se agrega un ruptor de puente térmico en el componente.

Otras opciones más eficientes desde el punto de vista del aislamiento térmico son el triple vidriado hermético y el uso de argón en el interior de la cámara entre vidrios, aunque en estos casos los costos del componente son considerablemente mayores.

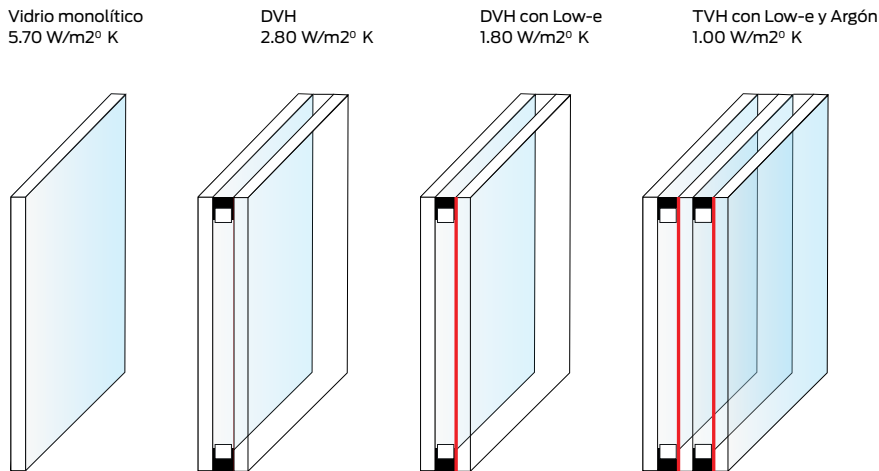


Figura 4: Valores de Transmitancia Térmica.
Fuente: presentación César Aquilano – Caviplan en Jornada 3.

Entre los beneficios del DVH se pueden mencionar: reducción de las pérdidas o ganancias de calor hasta un 70 %, minimizan la condensación de humedad en el vidrio y se reduce el efecto de muro frío, contribuyendo a un mayor confort térmico. Además, utilizando vidrios laminados, mejora la aislación acústica y la seguridad en caso de rotura.

Vidrios de control solar

Este tipo de vidrio tiene capas que controlan la luz solar que pasa hacia el interior del edificio, consecuentemente su aporte en forma de calor. Su principal ventaja favorecer el confort visual y evitar riesgos de sobrecalentamiento interior. Los vidrios de control solar incorporan un tratamiento que favorece la reflexión hacia el exterior de la radiación solar, mientras favorecen el ingreso de luz natural, evitando efectos de deslumbramiento. Normalmente este tipo de vidrios suelen ser un poco más oscuros que los vidrios normales, aunque la tendencia es conseguir capas cada vez más neutras. Anteriormente estos vidrios solían ser de colores o espejos y eran utilizados en muros cortina de edificios de oficinas. Los tipos de vidrio de control solar más comunes son tres: vidrios coloreados, vidrios revestidos de capa dura y revestidos de capa blanda.

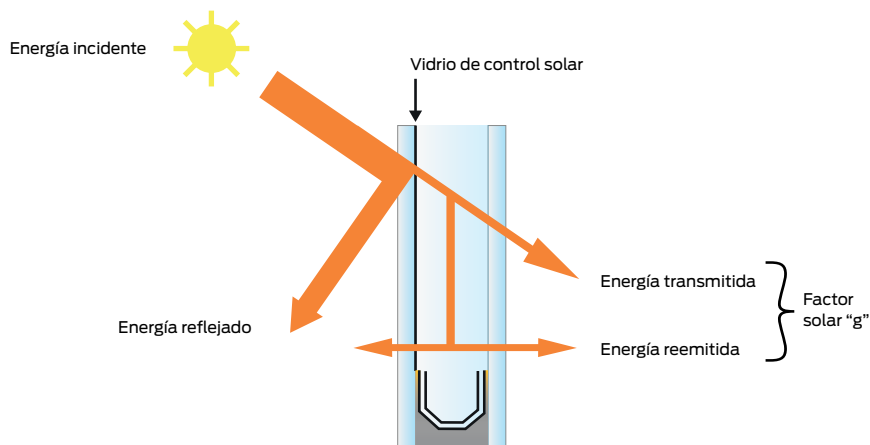


Figura 5: Esquema de un DVH con control solar.
Fuente: www.tectonica-online.com.

Vidrios de baja emisividad

El vidrio de baja emisividad (o low-e) es un vidrio doble al que se le añade una fina capa transparente en una de sus láminas. Es un cristal Float revestido cuyo aspecto es prácticamente el mismo que el de uno incoloro; en una de sus caras tiene aplicado un revestimiento de baja emisividad que permite que buena parte de la radiación solar de onda corta atraviese el vidrio y refleje la mayor parte de la radiación de calor onda larga, que producen, entre otras fuentes, los sistemas de calefacción, conservándolo en el interior. El coating de baja emisividad se aplica sobre el Float en caliente durante su fabricación; dado que es obtenido mediante un proceso pirolítico, puede ser templado, endurecido, curvado y laminado.

La capacidad de aislación térmica de un DVH manufacturado con un vidrio de baja emisividad es un 35% mejor que cuando se emplea ambos paños de Float comunes. El valor K de transmitancia térmica para unidades con una cámara de aire de 12 mm de ancho con Float normal es 2.8 W/m²K y con Float de baja emisividad el K es igual a 1.8 W/m²K.

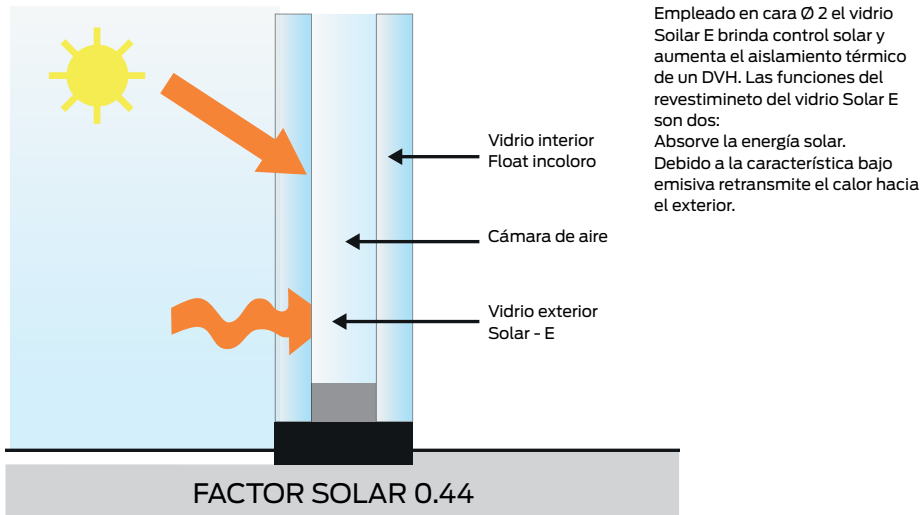


Figura 6: Esquema de un DVH con capa de baja emisividad.
Fuente: www.todoaberturas.com.

En todos los casos, es importante tener en cuenta las condiciones y normativas de seguridad vigentes (en el caso de CABA la Ley 2448/07) respecto a los cristales, sobre todo cuando se trata de grandes superficies vidriadas. Se consideran zonas de riesgo puertas, puertas balcón, paños adyacentes a puertas, paños bajos, paños con antepechos de menos de 80cm de altura, vidrios al vacío, vidrios en techos, barandas y, con relación a los usos, vidrios en edificios educativos, salones de fiestas, espacios deportivos, baños y vestuarios y lugares de acceso de público masivo.

Rol del aislamiento térmico en la eficiencia energética del edificio y relación con las estrategias bioclimáticas de diseño

Para mejorar la sustentabilidad y la eficiencia energética en la arquitectura es indispensable tener en cuenta la aplicación de adecuadas estrategias de diseño, una correcta y consciente elección de materiales e instalaciones, y la toma de decisiones tecnológicas, constructivas, de equipamiento, tendientes a optimizar el uso de la energía destinada a su acondicionamiento y operación, sin afectar su funcionamiento normal ni disminuir el confort de sus ocupantes.

La incorporación de aislación térmica en la envolvente edilicia afecta directa y favorablemente el confort interior y reduce de manera notoria el consumo de energía destinada al acondicionamiento térmico: una vivienda aislada puede llegar a consumir una sexta parte del consumo de una vivienda de calidad constructiva y ocupación similar, pero que no incorpora aislación en su envolvente¹.

El aislamiento térmico es una estrategia fundamental que, junto con otras estrategias bioclimáticas, incide fuertemente en la eficiencia energética del edificio. La demanda de energía en los edificios tiene relación directa con las características arquitectónicas, la elección de las instalaciones y las condiciones de confort y uso por parte de los ocupantes; implica además un cierto costo de uso y un impacto emergente sobre el ambiente, y tiene además incidencia sobre la calidad de vida en los espacios interiores del edificio.

El potencial de ahorro de energía en los edificios desde la etapa de proyecto tiene relación con dos aspectos: por una parte, la adopción de estrategias bioclimáticas de captación, protección y conservación de energía, y con una adecuada elección de instalaciones y materiales: aislantes térmicos, sistemas solares, iluminación eficiente, calidad, confort y eficiencia de equipos de acondicionamiento térmico.

Los edificios consumen una parte importante de los recursos energéticos; ese consumo y el

¹ Casabianca G., (2007) Evaluación energética de dos viviendas unifamiliares localizadas en el Gran Buenos Aires. Revista AVERMA – Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Págs. 5.151/5.158. Volumen 11, ISSN 0329-5184.

impacto ambiental asociado pueden ser reducidos de manera significativa mediante una serie de medidas relacionadas con las características del diseño mismo del edificio y su construcción, sobre todo mediante la incorporación de aislamiento térmico en su envolvente.

Normativas y aislamiento térmico: Ley 4458 CABA. Normas IRAM incluidas en la Ley.

Una manera de promover mejores prácticas en la construcción del hábitat es recurrir a normativas o certificaciones orientadas a eliminar situaciones deficientes en relación con la eficiencia energética, la sustentabilidad y las condiciones de confort higrotérmico a las cuales se encontrarán expuestos los ocupantes de los edificios. Estas normativas, en general, presentan dos situaciones: una de cumplimiento voluntario, que se orienta a estimular mejores prácticas, modificar el mercado y promover innovaciones en el ámbito de la producción del hábitat construido. La otra, donde el acatamiento de las normativas es obligatorio, tiene como fin establecer exigencias para mejorar el nivel mínimo de habitabilidad en los edificios y eliminar ineficiencias que afecten directamente esa habitabilidad y resulten negativas para la sostenibilidad energética y ambiental.

Las formas de introducción y aplicación de este tipo de normativas son diversas. En primer lugar, es indispensable concientizar sobre el tema, brindando información clara sobre los objetivos y beneficios de su implementación. Las instancias de aplicación también son amplias: normas de aislación térmica de edificios, medición de eficiencia de artefactos, etiquetados de eficiencia que brinden información a los ocupantes y/o consumidores sobre edificios e instalaciones.

Desde la planificación urbana es importante promover formas, agrupamientos y espacios entre edificios para poder acceder al sol y a luz y favorecer la conservación de energía en los códigos de ordenamiento urbano. En los códigos de edificación es indispensable incorporar medidas de sustentabilidad, y entre ellas la obligatoriedad de incluir aislantes térmicos para mejorar las condiciones higrotérmicas de los edificios.

Por otra parte, es fundamental tener en cuenta otros aspectos vinculados como la formación de recursos humanos, capacitando a técnicos y profesionales, incorporando la temática en planes de estudio, cursos de posgrado, especialización, etc.; favorecer el otorgamiento de subsidios para instalación de medidas de conservación y energía renovable, y brindar acceso a los actores involucrados a herramientas como programas de simulación, técnicas de auditoría o guías de diseño.

En la Argentina existen varias normativas relacionadas con la sustentabilidad, la eficiencia energética, la iluminación natural y artificial y el confort térmico: las normas (voluntarias a menos que una ley especifique lo contrario) de IRAM, las Normas obligatorias indicadas en los “Estándares Mínimos para viviendas de interés social”, Normas de Seguridad e Higiene en el trabajo, las leyes de Eficiencia Energética y los Códigos de Edificación, de aplicación obligatoria a nivel municipal.

Respecto a las leyes relacionadas con la eficiencia energética y el aislamiento térmico, existen tres casos vigentes:

- **Ley 13.059 (del año 2003, reglamentada en 2010) de la Provincia de Buenos Aires:** *Condiciones de Acondicionamientos Térmico exigibles en la construcción de edificios*, que tiene como finalidad establecer las condiciones de acondicionamiento térmico para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía. Deben cumplirla todas las construcciones públicas y privadas destinadas al uso humano, garantizando un correcto aislamiento térmico, acorde a las variables climatológicas, a las características de los materiales a utilizar, a la localización geográfica de la construcción y otras condiciones que se determinen por vía reglamentaria. A los efectos de la Ley son de aplicación obligatoria las normas técnicas de IRAM referidas a acondicionamiento térmico de edificios y ventanas, en su edición más reciente. La autoridad de aplicación son las Municipalidades que deben ejercer el poder de policía en sus respectivos territorios.
- **Ley 4458 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (año 2012):** Normas de Acondicionamiento térmico en la construcción de edificios.
- **Ordenanza Nº 8.757 de año 2011 y Decreto Nº 985/2013^a de Ciudad de Rosario, Provincia Santa Fe,** de Aspectos Higrotérmicos y demanda energética de las construcciones. Al momento, ésta última ha sido la experiencia más exitosa, y que, a partir de una implementación gradual, deberá ser cumplimentada por todos los nuevos edificios a partir del año 2018. La aplicación de esta norma ha resultado positiva: ha aportado beneficios en cuanto a la disminución del consumo de energía destinada al acondicionamiento térmico (calefacción y refrigeración), mejora en la habitabilidad y condiciones higrotérmicas (oscilación de temperaturas y temperaturas medias superficiales), menores costos de mantenimiento por reducción de procesos patológicos superficiales y revalorización del último piso en edificios residenciales de propiedad horizontal debido al aumento de la resistencia térmica del techo².

Estas leyes establecen el cumplimiento obligatorio de las Normas IRAM de acondicionamiento térmico, en cuanto a los niveles mínimos de transmitancia térmica de muros y techos, puentes térmicos, riesgo de condensación, control de dimensiones de superficies vidriadas y calidad de carpinterías.

Ley 4458 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires:

Normas de Acondicionamiento térmico en la construcción de edificios

El objetivo de la Ley es incorporar en el Código de Edificación en la Sección 5 (DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS) las mejoras en la envolvente edilicia para el acondicionamiento térmico en la construcción de edificios (aislación térmica), definiendo como de cumplimiento obligatorio 12 normas IRAM.

El ámbito de aplicación establecido son las construcciones nuevas de más de 1500 m², en edificios públicos o privados, exceptuando edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas, construcciones provisorias, edificios industriales, excepto los sectores administrativos, y depósitos que no requieran climatización.

En artículo sobre “Cumplimiento de Normas IRAM de acondicionamiento térmico para construcciones” menciona las siguientes Normas:

1. Norma IRAM Nº 11.549. *Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario.*

El objeto de esta Norma es establecer las definiciones de las magnitudes físicas, sus símbolos y unidades, y términos utilizados en el aislamiento térmico de edificios. Incluye tablas de conversión de unidades en anexos.

2. Norma IRAM Nº 11.601. *Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.*

Establece el método de cálculo de la transmitancia térmica K de elementos constructivos y presenta valores indicativos de la conductividad térmica de materiales, resistencia térmica de superficies y cámaras de aire, resistencia térmica de elementos no homogéneos como bloques de hormigón y cerámica, transmitancia térmica de vidrios, permeabilidad y permeancia de materiales. Los métodos de cálculo incluyen cámaras de aire ventiladas y techos con áticos.

3. Norma IRAM Nº 11.603. *Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.*

Esta Norma define las zonas bioambientales de Argentina, sus características climáticas y

extensión geográfica. A partir de datos climáticos establece los valores de diseño en invierno y verano para 150 localidades del país como temperaturas medias a considerar, grados días de demanda de calefacción, amplitud térmica, etc., y presenta recomendaciones de diseño para cada zona (forma, orientación, características constructivas, etc.). Con respecto al asoleamiento, indica las horas de sol en vivienda y orientaciones favorables según zona y latitud.

4. Norma IRAM Nº 11.604. *Aislamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor.*

Esta norma establece el método de cálculo del Coeficiente volumétrico de pérdidas de calor G de edificios o unidades de vivienda, en W/m^3K ; este coeficiente permite evaluar el ahorro de energía destinada a calefacción. También indica los valores máximos admisibles de G según volumen del edificio y demanda de energía en grados día, además de datos de diseño, las pérdidas por piso según zona bioambiental y tipo de aislante colocado, y las tasas de renovación de aire (= infiltración). Incluye una planilla de cálculo.

5. Norma IRAM Nº 11.605. *Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.*

La Norma establece los valores máximos admisibles de K para muros y techos, según tres niveles de calidad 'A: Óptimo', 'B: Medio', 'C: Mínimo', para invierno según la temperatura mínima de diseño del aire exterior y para verano según zona bioambiental y ajuste según color de la superficie exterior. Incluye indicaciones para evaluar el impacto de puentes térmicos.

6. Norma IRAM Nº 11.625. *Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación de riesgo de condensación superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.*

Presenta un método de evaluación del riesgo de condensación mediante un procedimiento de cálculo. Aporta datos de diseño en referencia a la temperatura y la humedad relativa interior y exterior, y tablas de humedad absoluta según temperatura. Incluye la planilla de cálculo.

7. Norma IRAM Nº 11.630. *Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación de riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.*

Como en la Norma 11.625, presenta un método de evaluación del riesgo de condensación que incluye el procedimiento de cálculo en las situaciones más críticas, en aristas y detrás de muebles. Indica los datos de diseño: temperatura y humedad relativa interior y exterior, tablas de humedad absoluta según temperatura. Incluye la planilla de cálculo.

8. Norma IRAM Nº 11.507-1. *Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación.*

Establece los requisitos básicos que deben cumplir las ventanas y ventanas balcón exteriores de los edificios, con todos sus componentes, vidrios, accesorios y herrajes incluidos, permitiendo su clasificación para los requisitos de resistencia a la acción del viento, estanqueidad al agua y la infiltración de aire.

9. Norma IRAM Nº 11.507-4. *Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos complementarios. Aislación térmica.*

Establece los requisitos básicos complementarios de aislación térmica que deben cumplir las ventanas que previamente cumplan con ciertas normas de referencia (11507-1). La necesidad de aplicación de esos requisitos complementarios debe ser evaluada en función de requerimientos específicos como lugar de emplazamiento, orientación, asoleamiento, condiciones del entorno.

10. Norma IRAM Nº 11.659-1. *Aislamiento térmico de edificios. Verificación de condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración.*

Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración.

11. Norma IRAM Nº 11.659-2. *Aislamiento térmico de edificios. Verificación de condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración.*

Parte 2: Edificios para vivienda

Esta norma establece el procedimiento para determinar la carga térmica total en refrigeración (QR, en Watts), el método de cálculo del coeficiente volumétrico de refrigeración (GR, en Watts/m³) para evaluar el ahorro de energía en refrigeración de edificios, los métodos de cálculo de la carga térmica por unidad de superficie (SR, en Watts/m²) y los valores admisibles de QR, GR y SR para viviendas unifamiliares y edificios multifamiliares tipo bloque y tipo torre.

12. Norma IRAM Nº 11900. *Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente.*

Basada en el desempeño térmico de la envolvente en invierno, establece el cálculo de un índice en relación con la temperatura de la superficie interior de muros y techos, que tiene en cuenta un bajo riesgo de condensación superficial, alto nivel de confort para los ocupantes y conservación de calor en el interior del edificio. A partir de ese índice (tau) establece las categorías de etiqueta definidas entre los niveles A y H. La Norma indica el procedimiento de cálculo para muros, techos, ventanas, elementos en contacto con otros

edificios y espacios no calefaccionados e incluye los datos de diseño: temperatura interior y exterior, y valor de resistencia térmica superficial.

Si bien la Ley 4458 exige el cumplimiento de las Normas IRAM enumeradas, que no son de libre acceso al público en general, se facilitan los datos necesarios para el cálculo en el Anexo 25/13, donde se definen los parámetros a cumplir aunque sin especificar a qué norma IRAM corresponden los parámetros definidos.

Un aspecto a tener en cuenta es que, para que se cumpla efectivamente la ley, es importante simplificar las condiciones de aplicación para los profesionales involucrados, teniendo en cuenta que la formación profesional, al día de hoy, no incluye, o bien lo hace muy someramente, los conceptos incluidos en los cálculos que implica el cumplimiento de las normativas exigidas. En el caso de la ciudad de Rosario, la simplificación de las condiciones de cálculo y la posibilidad de contar con una planilla armada que los incluyera, facilitó la presentación de la documentación por parte de los profesionales.

Materiales aislantes térmicos, eficiencia energética, perspectivas locales y contexto internacional

La Eficiencia Energética es una práctica que posibilita mejorar las condiciones de consumo y la forma de gestionar el crecimiento de los recursos energéticos, obteniendo iguales resultados con menor consumo o bien mejores resultados consumiendo lo mismo (IEA, International Energy Agency). La IEA estima que los edificios comerciales, residenciales y públicos consumen del 30% al 40% de la energía utilizada a nivel mundial, lo cual significa un aporte de entre el 25% y el 35% de las emisiones de CO₂ mundiales. Los usos predominantes son el consumo de electricidad y combustibles para la iluminación, climatización, conservación de alimentos, y equipos de oficinas. Y es precisamente en ese sector donde la misma agencia estima que puede optimizarse la eficiencia y lograrse un ahorro potencial del 80% en unos 20 años, tomando como base los consumos mundiales el sector en 2012.

El hábitat, tanto durante su construcción como ya construido y ocupado, genera múltiples impactos en distintas escalas por el uso de recursos energéticos e hídricos y de los materiales. Además, las expectativas de calidad de vida de los ocupantes presentan mayor exigencia, aumentando la demanda de acondicionamiento artificial y el correspondiente impacto indirecto al ambiente producto de una mayor demanda de energía.

Las primeras mejoras en las exigencias de aislamiento térmico y sistemas de acondicionamiento pasivos (buena orientación, inercia térmica) y activos (paneles solares) surgieron en la década de 1970 ante la situación de crisis energética internacional. Desde entonces han sido profundizadas y luego directamente exigidas mediante normativas y certificaciones como medida para reducir los costos y la demanda de energía, sobre todo en países del primer mundo que compran esa energía a precios internacionales.

Respecto al uso de energía en edificios, la situación del hábitat construido en la Argentina puede resumirse en los siguientes puntos:

- Gran variedad climática en todo el país (latitud, altura sobre el nivel del mar)
- Alta proporción de población urbana
- Falta de reglamentos o códigos de eficiencia energética
- Artefactos convencionales hasta ahora de baja eficiencia
- Importantes sectores de la población sin condiciones dignas
- Disminución progresiva de la calidad térmica de edificios
- Alta dependencia de energía proveniente de fuentes fósiles no renovables
- Tecnologías tradicionales y construcción artesanal
- Limitada formación profesional y técnica respecto a temas de eficiencia y sustentabilidad
- Desafío que surge a partir de los cambios en las tarifas energéticas

Este es el contexto en el que los profesionales vinculados a la producción de la arquitectura deben desarrollar su actividad. Los edificios consumen un tercio de la energía que consume todo el país, y de ese tercio, un 50% se destina al acondicionamiento térmico en invierno y verano; es precisamente en ese sector en el cual la posibilidad de incorporar aislamiento térmico tiene una enorme influencia.

La incorporación de los aislantes térmicos en la envolvente edilicia, junto con otras medidas de sustentabilidad, debe estar apoyada en varios aspectos:

- La concientización e información de los ocupantes de los edificios, usuarios de esa energía
- Los conocimientos de los proyectistas
- Factores económicos que condicionan o favorecen esa incorporación, como el aumento de las tarifas energéticas y la posibilidad de amortización de los gastos de aislamiento (2 al 7 % del costo total del edificio)
- Incorporación obligatoria mediante normativas de eficiencia energética, orientada a reducir el consumo de energía y favorecer adecuadas condiciones de confort higrotérmico para los ocupantes.

“Los diseños de la naturaleza están determinados por el control de la energía, son diseños ‘óptimos’ producto de un lento proceso de adaptación al medio. Durante siglos la arquitectura también respondía a esa misma necesidad, hasta que el objeto arquitectónico dejó de ser racional porque se disponía de una producción de energía que parecía ilimitada. Pero un nuevo modelo se impone ante el deterioro del medioambiente, y... se propone volver a los fundamentos y lograr una arquitectura capaz de satisfacer nuestras necesidades empleando racionalmente los recursos”.

Revista Tectónica Nº28, Editorial

Bibliografía

- Presentaciones Jornadas de Construcción Sustentable 1 y 3, APrA, 2017
- Evans M., de Schiller S. Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. Serie Ediciones Previas. Eudeba y SEUBE, FADU, UBA (1996).
- Revista Tectónica – ATC Ediciones S.L. - Madrid: Nº 28 – Energía I – Fundamentos / Nº 31 – Energía II – Instalaciones
- AAVV- Escenarios Energéticos para la Argentina (2013-2030) con políticas de eficiencia. Fundación Vida Silvestre Argentina- en www.vidasilvestre.org.ar
- Uso de la energía en edificios. Manual para estudiantes. Comisión Europea. Proyecto IUSES. En: www.iuses.eu
- Aislación Térmica Exterior, Manual de diseño para soluciones en edificaciones, Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción
- Publicaciones de la Agencia Internacional de la Energía, IEA, <https://www.iea.org/>



Vamos Buenos Aires

Ciudad Verde



/BACiudadVerde

buenosaires.gob.ar/agenciaambiental