

**NORMA  
ARGENTINA**

**IRAM  
11601\***

Tercera edición  
2002-10-10

Esta impresión tiene incorporada la Modificación N°1:2004

---

---

## **Aislamiento térmico de edificios**

### **Métodos de cálculo**

Propiedades térmicas de los componentes  
y elementos de construcción en régimen  
estacionario

Thermal insulation of building – Calculation method  
Thermal properties of construction components and  
elements in steady-state

\* Corresponde a la revisión de la norma IRAM 11601:1996.



Referencia Numérica:  
IRAM 11601:2002

IRAM 2002-10-10

No está permitida la reproducción de ninguna de las partes de esta publicación por cualquier medio, incluyendo fotocopiado y microfilmación, sin permiso escrito del IRAM.

## **Prefacio**

El Instituto Argentino de Normalización (IRAM) es una asociación civil sin fines de lucro cuyas finalidades específicas, en su carácter de Organismo Argentino de Normalización, son establecer normas técnicas, sin limitaciones en los ámbitos que abarquen, además de propender al conocimiento y la aplicación de la normalización como base de la calidad, promoviendo las actividades de certificación de productos y de sistemas de la calidad en las empresas para brindar seguridad al consumidor.

IRAM es el representante de la Argentina en la International Organization for Standardization (ISO), en la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) y en la Asociación MERCOSUR de Normalización (AMN).

Esta norma IRAM es el fruto del consenso técnico entre los diversos sectores involucrados, los que a través de sus representantes han intervenido en los Organismos de Estudio de Normas correspondientes.

Corresponde a la revisión de la norma IRAM 11601:1996.

## Índice

	Página
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....	5
2 NORMAS PARA CONSULTA .....	5
3 DEFINICIONES, UNIDADES E ÍNDICES.....	6
4 FÓRMULAS BÁSICAS .....	7
5 RESISTENCIA TÉRMICA DE UN COMPONENTE.....	9
Anexo A (Normativo) Tablas de propiedades térmicas de materiales de construcción .....	13
Anexo B (Normativo) Método simplificado para la verificación de la transmitancia térmica de los áticos .....	36
Anexo C (Informativo) Guía para la aplicación de la norma .....	38
Anexo D (Informativo) Bibliografía .....	47
Anexo E (Informativo) .....	48

# Aislamiento térmico de edificios

## Métodos de cálculo

### Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario

#### 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIONES

1.1 Establecer los valores y los métodos fundamentales para el cálculo de las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.

1.2 Esta norma contiene métodos simplificados para el cálculo de elementos planos no homogéneos. Estos métodos pueden ser aplicados siempre que el cálculo de la estructura en cuestión no esté contemplado en otras normas que tratan los puentes térmicos (ver por ejemplo IRAM 11605).

1.3 Los métodos de cálculo no tienen en cuenta ni las infiltraciones de aire a través de los elementos, ni la radiación solar sobre las superficies o a través de elementos transparentes.

#### 2 NORMAS PARA CONSULTA

Los documentos normativos siguientes contienen disposiciones, las cuales, mediante su cita en el texto, se transforman en disposiciones válidas para la presente norma IRAM. Las ediciones indicadas son las vigentes en el momento de su publicación. Todo documento es susceptible de ser revisado y las partes que realicen acuerdos basados en esta norma se deben esforzar para buscar la posibilidad de aplicar sus ediciones más recientes.

Los organismos internacionales de normalización y el IRAM mantienen registros actualizados de sus normas.

IRAM 2:1989 - Sistema de unidades.

IRAM 20:1975 - Unidades SI y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y de ciertas otras unidades.

IRAM 11549:1993 - Acondicionamiento térmico de edificios. Vocabulario.

IRAM 11559:1995 - Acondicionamiento térmico de edificios. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda.

IRAM 11564:1997 - Acondicionamiento térmico de edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de calor en régimen estacionario. Métodos de la caja caliente con guarda y de la caja caliente calibrada.

IRAM 11603:1996 - Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.

IRAM 11604:2001 - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdida de calor. Cálculo y valores límites.

IRAM 11605:1996 - Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos admisibles de transmitancia térmica en cerramientos opacos.

ASTM C 177:1997 - Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus.

ASTM C 236:1989 - Standard Test Method for Steady-State Thermal Performance of Building Assemblies by Means of Guarded Hot Box.

### 3 DEFINICIONES, UNIDADES E ÍNDICES

**3.1 Definiciones.** A los efectos de la presente norma, son aplicables las definiciones establecidas en la IRAM 11549.

### 3.2 Unidades

Todas las unidades se establecen en el Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA Ley 19511-72), de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI, IRAM 2 e IRAM 20), según las simbologías, unidades y equivalencias indicadas en la tabla 1.

**Tabla 1 - Simbología, unidades y equivalencias**

Magnitud	Símbolo	Unidades		Equivalencia
		Sistema tradicional	SIMELA	
Área	$A$	$m^2$	$m^2$	
Espesor de una capa	$e$	$m$	$m$	
Densidad aparente	$\rho$	$kg/m^3$	$kg/m^3$	
Conductividad térmica	$\lambda$	$kcal/(m \cdot h \cdot ^\circ C)$	$W/(m \cdot K)$	$1 kcal/(m \cdot h \cdot ^\circ C) = 1,163 W/(m \cdot K)$
Resistencia térmica	$R$	$m^2 \cdot h \cdot ^\circ C/kcal$	$m^2 \cdot K/W$	$1 m^2 \cdot h \cdot ^\circ C/kcal = 0,86 m^2 \cdot K/W$
Transmitancia térmica	$K^*$	$kcal/(m^2 \cdot h \cdot ^\circ C)$	$W/(m^2 \cdot K)$	$1 kcal/(m^2 \cdot h \cdot ^\circ C) = 1,163 W/(m^2 \cdot K)$
Permeabilidad al vapor de agua	$\delta$	$g \cdot cm/mmHg \cdot m^2 \cdot d$	$g \cdot m/(MN \cdot s)$	$1 g \cdot cm/(mmHg \cdot m^2 \cdot d) = 0,868 \cdot 10^{-3} g \cdot m/(MN \cdot s)$ $1 g \cdot cm/(mmHg \cdot m^2 \cdot d) = 0,3125 \cdot 10^{-2} g/(m \cdot h \cdot kPa)$
Resistencia a la difusión del vapor de agua	$R_v$	$mmHg \cdot m^2 \cdot d/g$	$MN \cdot s/g$	$1 mmHg \cdot m^2 \cdot d/g = 11,52 MN \cdot s/g$ $1 mmHg \cdot m^2 \cdot d/g = 3,2 m^2 \cdot h \cdot kPa/g$
Permeancia al vapor de agua	$\Delta$	$g/(mmHg \cdot m^2 \cdot d)$	$g/(MN \cdot s)$	$1 g/(mmHg \cdot m^2 \cdot d) = 0,868 \cdot 10^{-1} g/(MN \cdot s)$ $1 g/(mmHg \cdot m^2 \cdot d) = 0,3125 g/(m^2 \cdot h \cdot kPa)$

\* También se la simboliza con la letra U.

**NOTA.** Las diferencias de temperatura ( $\Delta t$ ) medidas en grados Celsius o en Kelvin son exactamente iguales por definición. Por lo tanto tienen el mismo valor numérico si se las expresa en  $^\circ C$  o si se lo hace en K.

### 3.3 Subíndices

c	cámara de aire
j	número de la capa
n	número total de capas
m	sección (a, b, c, etc.)
s	superficial
e	exterior, por ejemplo la cara fría de un componente
i	interior, por ejemplo la cara caliente de un componente
t	total, de superficie a superficie
T	total, de aire a aire

## 4 FÓRMULAS BÁSICAS

### 4.1 Resistencia térmica

$$R = e/\lambda \quad (1)$$

#### 4.1.1 Capas homogéneas

siendo:

Siempre que estén disponibles, deberán emplearse valores de resistencia térmica,  $R$ , medidos a través del ensayo de caja caliente, de acuerdo con la IRAM 11564.

$e$  el espesor de la capa, en metros;

$\lambda$  la conductividad térmica del material, en watt por metro kelvin.

Si no se dispone de valores medidos, se deberán utilizar tablas normalizadas de resistencia térmica para diferentes espesores. En el anexo A de esta norma se incluyen una serie de tablas con valores de conductividades y resistencias térmicas, correspondientes a distintos elementos constructivos utilizados como cerramientos verticales y horizontales.

Los valores de conductividad térmica de los materiales de construcción están indicados en la tabla A.1.

**NOTA.** La resistencia térmica de una capa de material poroso o fibroso puede calcularse por medio de la fórmula (1), si la conductividad térmica se determina a partir de valores medidos sobre espesores próximos al espesor de uso.

En su defecto, la resistencia térmica de una capa homogénea de material sólido,  $R$ , en metro cuadrado kelvin por watt, se calcula mediante la fórmula siguiente:

#### 4.1.2 Superficies

Los valores de resistencias térmicas superficiales están indicados en la tabla 2.

Tabla 2 - Resistencias superficiales (\*)

en m<sup>2</sup>·K/W

Interior $R_{si}$			Exterior $R_{se}$		
Dirección del flujo de calor			Dirección del flujo de calor		
Horizontal (Muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)	Horizontal (Muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

(\*) La resistencia térmica superficial varía en función de numerosos parámetros, tales como las propiedades de la superficie, en particular la emisividad de la superficie, la velocidad del aire a lo largo de la superficie, y las temperaturas de la superficie, del aire ambiente y de las superficies circundantes.

Esta norma no considera expresamente los posibles aumentos de las  $R_{si}$  o  $R_{se}$  que pudieran lograrse aplicando terminaciones de baja absorción y/o emisividad de la radiación, por cuanto se considera que el mantenimiento en el tiempo de tales propiedades, no puede asegurarse en las condiciones reales de las obras.

#### 4.1.3 Cámaras de aire

Los valores de resistencia térmica de cámaras de aire ( $R_c$ ) están indicados en la tabla 3.

**Tabla 3 - Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas, en las cuales las medidas superficiales son mucho mayores que el espesor (1)**

Estado de las superficies de la cámara de aire (2)	Espesor de la capa de aire (mm)	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)		
		Dirección del flujo de calor		
		Horizontal (Muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)
Superficies de mediana o alta emitancia (caso general)	5	0,11	0,11	0,11
	10	0,14	0,13	0,15
	20	0,16	0,14	0,18
	50 a 100	0,17	0,14	0,21
Una o ambas superficies de baja emitancia	5	0,17	0,17	0,17
	10	0,29	0,23	0,29
	20	0,37	0,25	0,43
	50 a 100	0,34	0,27	0,61

(1) Estos valores corresponden a cámaras de aire cerradas, y son válidos para una temperatura media de la cámara de aire comprendida entre 0 y + 20 °C, y con una diferencia de temperatura entre las superficies límites inferior a 15 °C.

(2) Los valores dados para una cámara de aire con una o ambas superficies reflectivas sólo pueden ser utilizados si la emitancia de la superficie es controlada, debiéndose lograr que la superficie permanezca limpia y exenta de grasa, polvo o condensación de agua. En la tabla A.7 se establece una clasificación de los materiales de construcción según su emitancia.



## 4.2 Transmitancia térmica

La transmitancia térmica de un elemento constructivo, de aire a aire, es la inversa de la resistencia térmica total, es decir:

$$K = 1 / R_T \quad (2)$$

**NOTA.** Los procedimientos de cálculo indicados son aplicables a elementos constructivos planos. Para el caso de elementos constructivos cilíndricos, como por ejemplo aislaciones térmicas de cañerías, es aplicable la fórmula siguiente:

$$K = \frac{2\pi \cdot \lambda}{\left( \ln \left( \frac{r_e}{r_i} \right) + \frac{\lambda \cdot R_{se}}{r_e} \right)}$$

siendo:

- $\lambda$  la conductividad térmica del material, en watt por metro kelvin;
- $r_e$  el radio exterior de la aislación térmica, en metros;
- $r_i$  el radio interior de la aislación térmica, en metros;
- $R_{se}$  la resistencia térmica superficial exterior del componente, en metros cuadrado kelvin por watt;
- $\ln$  logaritmo natural;
- $K$  la transmitancia térmica por metro de largo del cilindro, en watt por metro kelvin.

## 5 RESISTENCIA TÉRMICA DE UN COMPONENTE

### 5.1 Componentes formados por diversas capas homogéneas

La resistencia térmica de un componente plano formado por diversas capas homogéneas perpendiculares al flujo de calor se calcula mediante las fórmulas siguientes:

- a) entre ambas caras,  $R_t$

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{c1} + R_{cn} \quad (3)$$

- b) de aire a aire,  $R_T$

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se} \quad (4)$$

siendo:

$R_1, R_2, \dots, R_n$  las resistencias térmicas de capas homogéneas, en metro cuadrado kelvin por watt;

$R_{c1}, R_{c2}, \dots, R_{cn}$  las resistencias térmicas de cámaras de aire, en metro cuadrado kelvin por watt;

$R_{si}, R_{se}$  las resistencias térmicas superficiales, en metro cuadrado kelvin por watt.

**NOTA.** En ciertos casos indicados en esta norma, se toma  $2R_{si} + R_t$ , en lugar de  $R_{si} + R_t + R_{se}$ , por ejemplo en áticos muy ventilados.

### 5.2 Componentes con cámaras de aire ventiladas

#### 5.2.1 Condición de verano

Para el cálculo de la resistencia térmica, la cámara de aire se la considera no ventilada, procediéndose de acuerdo con el apartado 4.1.3.

#### 5.2.2 Condición de invierno

El cálculo de la resistencia térmica del componente depende del grado de ventilación de la cámara de aire. En elementos verticales, es función de la relación:

$$S / L$$

siendo:

- $S$  la sección total de los orificios de ventilación, en centímetros cuadrados;
- $L$  la distancia vertical entre los orificios de ventilación, en metros.

Para componentes horizontales, es función de la relación

$$S / A$$

siendo:

- $S$  la sección total de los orificios de ventilación, en centímetros cuadrados;
- $A$  el área del componente, en metros cuadrados.

Los orificios de entrada y de salida deben tener la misma superficie con una tolerancia máxima

del  $\pm 20\%$ , y una ubicación que asegure una buena distribución del aire en la cámara.

En la tabla 4 se clasifican las cámaras de aire según el grado de ventilación.

**Tabla 4 - Clasificación de las cámaras de aire ventiladas**

Grado de ventilación	Componente vertical	Componente Horizontal	Áticos
Sin ventilación o débilmente ventiladas	$\frac{S}{L} < 20$	$\frac{S}{A} < 3$	$\frac{S}{A_f} < 3$
Medianamente ventilada	$20 \leq \frac{S}{L} < 500$	$3 \leq \frac{S}{A} < 30$	$3 \leq \frac{S}{A_f} < 30$
Muy ventilada	$\frac{S}{L} \geq 500$	$\frac{S}{A} \geq 30$	$\frac{S}{A} \geq 30$

### 5.2.2.1 Componentes con cámaras de aire sin ventilación o débilmente ventiladas

#### 5.2.2.1.1 Cámaras de aire verticales u horizontales

Para el cálculo de la resistencia térmica del componente se considera a la cámara de aire no ventilada, procediéndose de acuerdo con el apartado 4.1.3.

#### 5.2.2.1.2 Áticos (figuras C.4 y C.5)

La resistencia térmica total del techo,  $R_T$ , en metro cuadrado kelvin por watt, se calcula con la fórmula siguiente:

$$R_T = R_f + \frac{A_f}{\sum \frac{A_i}{R_i}} \quad (5)$$

siendo:

- $R_f$  la resistencia térmica total del forjado, en metro cuadrado kelvin por watt;
- $R_i$  la resistencia térmica total de los componentes que delimitan el espacio de aire, en metro cuadrado kelvin por watt;
- $A_i$  el área de los componentes exteriores que delimitan el espacio de aire, en metros cuadrados;
- $A_f$  el área del forjado, en metros cuadrados.

### 5.2.2.2 Componentes con cámara de aire medianamente ventilada

#### 5.2.2.2.1 Cámaras de aire verticales u horizontales

La resistencia térmica total del componente,  $R_T$  en metro cuadrado kelvin por watt, se calcula con la fórmula siguiente:

$$\frac{1}{R_T} = K = K_1 + \alpha (K_2 - K_1) \quad (6)$$

siendo:

- $K$  la transmitancia térmica del componente, en watt por metro cuadrado kelvin;
- $K_1$  la transmitancia térmica de la capa interior calculada de acuerdo con el apartado 4.2, en watt por metro cuadrado kelvin;
- $K_2$  la transmitancia térmica de la capa exterior calculada de acuerdo con la ecuación (9), en watt por metro cuadrado kelvin;
- $\alpha$  el coeficiente de ventilación de la cámara, que toma el valor dado en la tabla 5 para componentes verticales y de 0,4 para componentes horizontales.

Tabla 5 - Coeficiente de ventilación de cámaras de aire verticales ( $\alpha$ )

Relación de resistencias térmicas de la hoja exterior sobre la hoja interior ( $r = R_{ext} / R_{int}$ )	Relación $\frac{S}{L} \left( \frac{cm^2}{m} \right)$	
	20 a 200	Mayor que 200 a 500
$r < 0,1$	0,10	0,25
$0,1 \leq r < 0,6$	0,20	0,45
$0,6 \leq r \leq 1,2$	0,30	0,60

### 5.2.2.2.2 Áticos

La resistencia térmica total del ático,  $R_T$ , en metro cuadrado kelvin por watt, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$R_T = R_f + \frac{1}{h + \frac{\sum A_i / R_i}{A_f}} \quad (7)$$

siendo:

$h$  el coeficiente igual a  $5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ;

$R_f$ ,  $R_i$ ,  $A_i$  y  $A_f$  las magnitudes definidas en el apartado 5.2.2.1.2.

### 5.2.2.3 Componentes con cámara de aire muy ventilada

Se calcula la resistencia térmica total,  $R_T$ , en metro cuadrado kelvin por watt, de estos cerramientos, considerando inexistente a la hoja exterior, admitiéndose que el aire exterior se encuentra en calma. Se utiliza la fórmula siguiente:

$$R_T = 2 R_{si} + R_i \quad (8)$$

siendo:

$R_{si}$  la resistencia superficial interna del componente, en metro cuadrado kelvin por watt;

$R_i$  la resistencia térmica de la hoja interior del componente, en metro cuadrado kelvin por watt.

**NOTA.** En el caso de áticos, se debe reemplazar  $R_i$  por  $R_f$ , la resistencia térmica del forjado.

Si la hoja exterior del componente consiste en una pantalla o protección situada a cierta distancia, el espacio de aire está totalmente abierto, por lo que el ambiente exterior no puede considerarse en calma. En este caso la resistencia térmica total del componente,  $R_T$ , en metro cuadrado kelvin por watt, se calcula con la fórmula siguiente:

$$R_T = R_{si} + R_i + R_{se} \quad (9)$$

siendo:

$R_{se}$  la resistencia superficial externa, en metro cuadrado kelvin por watt;

$R_{si}$  y  $R_i$  las magnitudes indicadas en el apartado 5.2.2.3.

## 5.3 Componentes formados por cerramientos planos con distintas secciones (figuras C2 ó C3)

### 5.3.1 Generalidades

Es posible calcular un límite superior y un límite inferior para la resistencia térmica de aire a aire, para un cerramiento plano formado por diversas capas homogéneas y no homogéneas paralelas a la superficie. La resistencia térmica total de un componente se estima como la media aritmética de dos límites. El error relativo máximo resultante de tales cálculos, depende de la relación entre el límite superior y la  $R_T$  media, menos uno.

El cálculo de los límites superior e inferior se efectúa descomponiendo el componente en secciones y en capas, como se muestra en la figura C1, de manera de dividirlo en partes homogéneas  $m_j$ , tomando en cuenta las cámaras de aire que eventualmente pudieran existir

Las secciones  $m$  ( $m = a, b, c, \text{etc.}$ ), perpendiculares a la superficie del componente, tienen áreas  $A_m$ .

Las capas  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) paralelas a las superficies, tienen espesores  $e_j$ .

Cada parte tiene una conductividad térmica  $\lambda_{mj}$ , un espesor  $e_j$  y una resistencia térmica  $R_{mj}$ .

El límite superior de la resistencia térmica,  $R'_T$ , se determina por medio de la fórmula siguiente, suponiendo que las líneas de flujo de calor son perpendiculares a la superficie:

$$R'_T = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{A_a / R_{Ta} + A_b / R_{Tb} + \dots + A_n / R_{Tn}} \quad (10)$$

siendo:

$R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tn}$  las resistencias térmicas totales de aire a aire de cada sección, calculadas por medio de las fórmulas (3) y (4).

El límite inferior,  $R''_T$ , se determina suponiendo que todos los planos paralelos a la superficie son isotérmicos.

Una resistencia térmica equivalente,  $R_j$ , se calcula para cada capa no homogénea con la fórmula siguiente:

$$R_j = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{A_a / R_{ja} + A_b / R_{jb} + \dots + A_n / R_{jn}} \quad (11)$$

siendo:

$R_{ja}, R_{jb}, \dots, R_{jn}$  las resistencias térmicas de las diferentes secciones (a,b,...n) de cada capa (j) considerada.

$R_j$  también puede determinarse calculando una conductividad térmica equivalente de la capa no homogénea por medio de la fórmula siguiente:

$$R_j = e_j / \lambda''_j \quad (12)$$

siendo:

$\lambda''_j$  la conductividad térmica equivalente, la cual está dada por la fórmula siguiente:

$$\lambda''_j = \frac{\lambda_{ja} A_a + \lambda_{jb} A_b + \dots + \lambda_{jn} A_n}{A_a + A_b + \dots + A_n} \quad (13)$$

utilizando  $e_j / R_{cj}$  para la conductividad térmica aparente de una cámara de aire.

En este caso, el límite inferior se calcula por medio de las fórmulas (3) y (4), de la siguiente manera:

$$R''_T = R_{se} + R_{si} + \sum_1^n R_j \quad (14)$$

### 5.3.2 Valor estimado de la resistencia térmica

Este valor estimado está dado por la media aritmética de los límites superior e inferior:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad (15)$$

El error relativo máximo posible,  $E_{m\acute{a}x}$ , en porcentaje, debido a esta aproximación se calcula con la fórmula siguiente:

$$E_{m\acute{a}x} = \pm 100 \left( \frac{R'_T}{R_T} - 1 \right) \quad (16)$$

Ejemplo: Si la relación entre el límite superior y la  $R_T$  media es igual a 1,25, el error máximo posible es del 25 %. El error real generalmente es menor que este máximo.

## **Anexo A**

(Normativo)

### **Tablas de propiedades térmicas de materiales de construcción**

**NOTA.** En todos los casos en que no se indican valores de densidad aparente, ello se debe a que no se ha contado con información adecuadamente fundamentada.

#### **A.1 Conductividad térmica ( $\lambda$ )**

En la tabla A.1 se indican los valores de conductividad térmica de los materiales de construcción, de acuerdo con sus densidades.

Los métodos de ensayo utilizados para obtener los valores son los establecidos en la IRAM 11559 y la ASTM C 177. Las condiciones de ensayo corresponden a una atmósfera de temperatura media de  $(20 \pm 1)$  °C y humedad relativa de  $(60 \pm 10)$  %. En el caso de morteros y hormigones, siempre que no estén indicadas expresamente otras condiciones, el material se ensaya sin humedad en la condición de seco en estufa.

Estas condiciones de ensayo son las más utilizadas, en base a la experiencia de laboratorios nacionales y a lo indicado por la bibliografía internacional.

Pueden tomarse valores más estrictos cuando el material disponga de datos avalados por un sello de calidad o en su defecto se disponga de ensayos realizados en los últimos dos años en un laboratorio de reconocida responsabilidad.

Cuando se utilice un componente constructivo no usual, se recomienda realizar ensayos normalizados, como una necesidad primaria para obtener los valores de conductividad térmica del material o componente constructivo cuya muestra se dispone.

Los valores dados en la tabla A.1 para una determinada densidad, deben considerarse genéricos, dado que existen variaciones de conductividad térmica de acuerdo con la composición del material y también según sea la tecnología de producción utilizada.

#### **A.2 Variación de la conductividad térmica ( $\lambda$ ) con el contenido de humedad del material**

**A.2.1** La conductividad térmica de los materiales varía sensiblemente con el contenido de humedad. Para su determinación la IRAM 11559 ofrece la posibilidad de ensayar los materiales secos con las condiciones higrotérmicas descritas en el apartado A.1, o en condiciones ambientales establecidas por el usuario.

**A.2.2** En los cerámicos, morteros y hormigones, que al formar parte de un cerramiento quedan expuestos a la variación de su contenido de humedad respecto del adoptado en las condiciones de ensayo, los valores de conductividad térmica pueden experimentar un incremento de hasta un 70 % con respecto a los que figuran en la tabla A.1.

Tabla A.1 - Conductividades térmicas

Material	Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m·K)		
<b><u>ROCAS Y SUELOS NATURALES</u></b>				
<b>Rocas y terrenos</b>	1200	0,31		
Toba (Purmicita)	1400	0,38		
Caliza porosa	1700	0,93		
Caliza compacta	2000	1,16		
Piedra pómez	600 800 1000 1400	0,19 a 0,31 0,27 a 0,41 0,35 a 0,46 0,58 a 0,66		
<b>Placas o bloques</b>				
Mármol	2500 a 2800	2,1 a 3,5		
Ónix		2,7		
Granito	2600 a 2900	2,9 a 4,1		
Cuarcita	2800	6,0		
Basalto	2800 a 3000	1,3 a 3,7		
Arcilla (1)	1200	0,37		
Suelo natural (1) (depende de la composición, del grado de compactación y de la humedad)	1600 a 1900	0,28 a 2,8		
<b><u>MATERIALES PARA RELLENO DE SUELOS DESECADOS AL AIRE, EN FORJADOS, ETC.</u></b>				
Arena	Humedad 2 %	1300 a 1500	0,58 0,93 1,33 1,88 1,24 1,75 2,44	
	de río			Humedad 10 %
				Humedad 20 %
				Saturada
	de mar			Humedad 10 %
				Humedad 20 %
Saturada				
Arenisca	2200 2400	1,40 2,10		
Escorias porosas	800 1000 1200 1400	0,24 0,29 0,33 0,41		
Gravas	1500 a 1800	0,93		
<b><u>MORTEROS, HORMIGONES Y YESO</u></b>				
<b>Revestimientos continuos</b>				
Morteros de revoques y juntas (exterior)	1800 a 2000	1,16		
Morteros de revoques y juntas (interior)	1900	0,93		
(1) Si no se dispone de datos sobre el tipo de suelo y su contenido de humedad, se adoptará $\lambda = 1,2$ W/m·K.				

(continúa)

Tabla A.1 (continuación)

Material			Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m·K)
Mortero de cemento y arena	1:3	Humedad 0 %	1900	0,89
		Humedad 6 %	2000	1,13
		Humedad 10 %	2100	1,30
	1:4	Humedad 0 %	1950	0,92
		Humedad 5 %	2000	1,10
	Mortero con perlita		Humedad 12 %	600
Mortero de yeso y arena			1500	0,65
Mortero de cal y yeso			1400	0,70
Enlucido de yeso			800	0,40
			1000	0,49
			1200	0,64
<b>HORMIGONES NORMALES Y LIVIANOS</b>				
Hormigón normal con agregados pétreos			1800	0,97
			1900	1,09
			2000	1,16
			2200	1,40
			2400	1,63
			2500	1,74
Hormigón de ladrillo triturado			1600	0,76
			1800	0,93
Hormigón normal con escoria de alto horno Hormigón de arcilla expandida			2200 a 2400	1,40
			700	0,22
			800	0,29
			900	0,35
			1000	0,42
			1400	0,57
Hormigón con vermiculita			500	0,14
			600	0,16
Hormigón celular (incluye hormigones gaseosos y hormigones espumosos)			600	0,16
			800	0,22
			1000	0,30
			1200	0,40
			1400	0,50
Hormigón con cáscara de arroz y canto rodado			1100	0,37
			1300	0,45
			1600	0,63
			2000	1,09
Hormigón con poliestireno expandido			300	0,09
			500	0,15
			1000	0,26
			1300	0,35

(continúa)

Tabla A.1 (continuación)

Material	Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m.K)
Hormigón con fibras celulósicas	300	0,09
	400	0,14
Hormigón con fibras de vidrio (resistente a los álcalis)	2100	1,11
Hormigón refractario	900	0,18
Hormigón con carbón	600	0,13
Hormigón con viruta de madera	400	0,14
	500	0,16
<b><u>PANELES O PLACAS</u></b>		
De yeso	600	0,31
	800	0,37
	1000	0,44
	1200	0,51
De fibrocemento	600	0,15
	700	0,26
	800	0,30
	1200	0,39
	1300	0,45
	1400	0,51
	1500	0,58
	1700	0,70
	1800	0,87
	1800 a 2200	0,95
<b><u>MAMPOSTERÍA DE LADRILLOS Y BLOQUES MACIZOS</u></b>		
Ladrillo cerámicos macizos	1600	0,81
	1800	0,91
	2000	1,10
Bloques de suelo cemento macizos	1800	0,62
<b>NOTA.</b> Para mampostería de ladrillos y bloques huecos ver las tablas A.2 y A.3.		
<b><u>VIDRIOS</u></b>		
Vidrio para ventanas	2400 a 3200	0,58 a 1,05
Vidrio armado con malla metálica	2700	1,05
Vidrio resistente al calor	2200	1,00 a 1,15

(continúa)



Tabla A.1 (continuación)

Material		Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m·K)
<b>PLÁSTICOS RÍGIDOS EN PLANCHAS</b>			
Resina acrílica		1140	0,20
Policarbonato		1150	0,23
Polietileno			
De baja densidad		920	0,35
De alta densidad		960	0,50
Polipropileno		915	0,24
Poliestireno		1050	0,17
Poli (cloruro de vinilo), rígido		1350	0,16
<b>METALES</b>			
Acero de construcción		7800	58
Fundición		7200	50
Aluminio		2700	204
Cobre		8900	384
Latón		8600	110
Bronce		8800	42
Acero inoxidable		8100 a 9000	14,5 a 20,9
<b>MADERAS</b>			
Fresno	Paralelo a las fibras	740	0,30
	Perpendicular a las fibras	740	0,17
Haya	Paralelo a las fibras	700 a 900	0,35 a 0,37
	Perpendicular a las fibras		0,21 a 0,27
Abedul	Perpendicular a las fibras	680	0,13
Alerce	Perpendicular a las fibras	600	0,14
Balsa	Perpendicular a las fibras	100 a 200	0,047 a 0,066
		200 a 300	0,081 a 0,110
Caoba	Paralelo a las fibras	700	0,31
	Perpendicular a las fibras		0,15
Arce	Paralelo a las fibras	700	0,42
	Perpendicular a las fibras		0,16
Roble		650	0,24
Pino spruce, abeto	Paralelo a las fibras	400 a 600	0,28
	Perpendicular a las fibras		0,13 a 0,19
Teca	Paralelo a las fibras	720	0,16
	Perpendicular a las fibras		0,14
Nogal		700	0,27
Madera dura		1200 a 1400	0,34
Madera terciada		600	0,11
Madera enchapada		600	0,15

(continúa)

Tabla A.1 (continuación)

Material	Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m.K)
Tableros de partículas aglomeradas en general	200	0,060
	300	0,069
	400	0,078
	500	0,087
	600	0,090
	700	0,11
	800	0,13
	900	0,15
	1000	0,17
Tableros de partículas aglomeradas de lino	300	0,073
	400	0,081
	500	0,11
	600	0,12
	700	0,15
Tableros de fibra de madera aglomerada	200	0,047
	300	0,054
	350	0,056
Tableros lignocelulósicos de partículas aglomeradas mediante resinas sintéticas (con o sin impregnación en aceite)	100	0,24
Laminado plástico decorativo		
en una cara	1400	0,49
en ambas caras	1400	0,44
<b><u>PISOS</u></b>		
Baldosas	cerámicas	0,70
	de hormigón	2100
	de plástico	1000
	de corcho	530
Caucho	800	0,11
	1300	0,13
	1500	0,19
Parquet	500	0,17
	700	0,23
<b><u>CUBIERTAS</u></b>		
Techado y fieltro asfáltico	1100 a 1200	0,17
Asfalto (espesor mínimo 7 mm y membranas asfálticas)	2000	0,70
Chapas metálicas (ver metales)		
Tejas curvas		0,70
Tejas planas		0,76

(continúa)

Tabla A.1 (continuación)

Material		Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m·K)
<b>MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS</b>			
Lana de vidrio		8 – 10	0,045
		11 – 14	0,043
		15 – 18	0,040
		19 – 30	0,037
		31 – 45	0,034
		46 – 100	0,033
Lana mineral		30 – 50	0,042
		51 – 70	0,040
		71 – 150	0,038
Perlita	Suelta (granulado volcánico expandido)	30 a 130	0,054
		Mortero de perlita con yeso	400
	500		0,12
	600		0,14
	700		0,18
	Mortero de perlita con cemento	300	0,088
		400	0,093
		500	0,12
		600	0,14
	Poliestireno expandido	En planchas	700
15			0,037
20			0,035
25			0,033
30			0,032
Poliuretano (espumas rígidas)	Entre capas o placas que hacen de barrera de vapor, según el agente expansor utilizado	30 – 60	0,022 – 0,024
	Placas aislantes sin protección	30 – 60	0,027
	Proyectadas in situ, protegidas entre barreras de vapor	30 – 60	0,022
	Proyectadas in situ, protegidas entre frenos de vapor	30 – 60	0,024

(continúa)

Tabla A.1 (fin)

Material		Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m·K)
Vermiculita	Suelta	80 a 130	0,070
	Con cemento	400	0,11
		500	0,13
		600	0,17
		700	0,20
		800	0,24
	Con yeso (placas o re-voques)	200	0,11
		400	0,13
		500	0,15
		600	0,19
		700	0,22
		800	0,26
		900	0,29
	1000	0,34	
<b>MATERIALES VARIOS</b>			
Hielo		917	2,21
Nieve		150	0,12
		300	0,23
		500	0,47

### A.3 Resistencia térmica

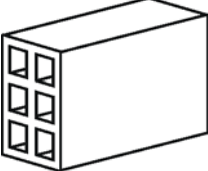
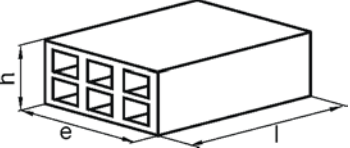
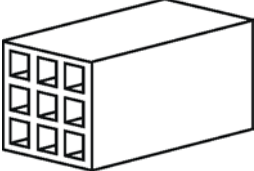
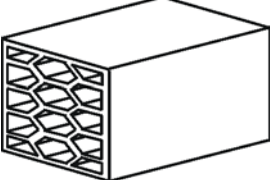
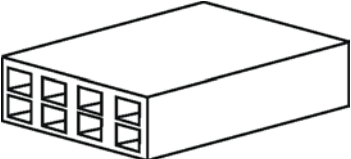
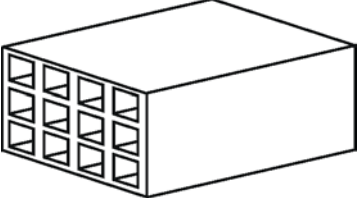
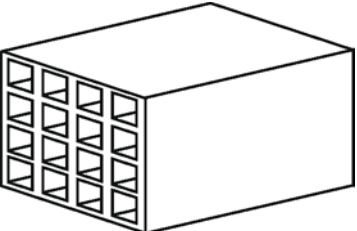
#### Mampostería de ladrillos y bloques huecos

En las tablas A.2 y A.3 se establecen los valores de resistencia térmica de mamposterías de ladrillos y bloques huecos cerámicos y de hormigón, respectivamente. Estos valores no incluyen el revestimiento de las superficies, ni las resistencias térmicas superficiales.

Los valores corresponden a un flujo de calor en dirección horizontal, perpendicular a las superficies interna y externa del cerramiento. Constituyen promedios orientativos, no especificándose por ello espesores de paredes y de cámaras de aire.

No están incluidas las resistencias térmicas superficiales.

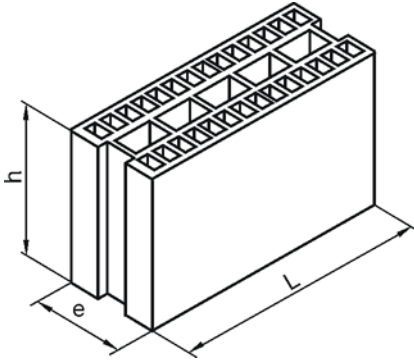
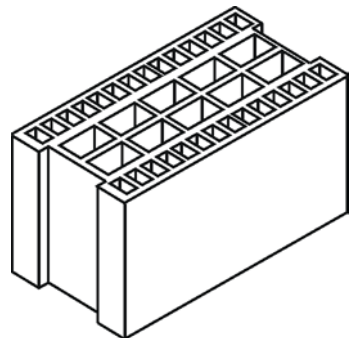
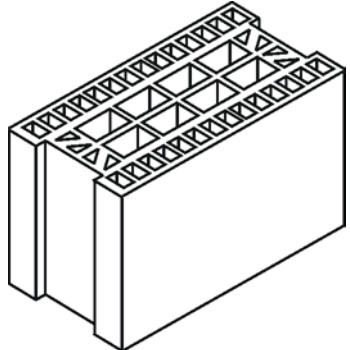
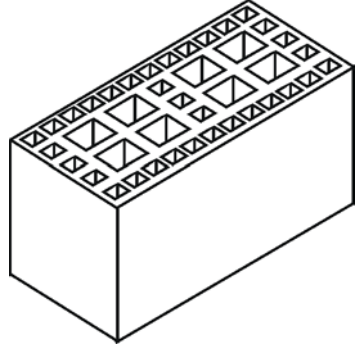
Tabla A.2 - Resistencia térmica de mampostería de ladrillos y bloques cerámicos

Esquema	Medidas (cm)			Masa (*)	R <sub>t</sub>
	e	h	l	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> ·K/W
	8,0	15,0	25,0	69	0,21
	8,0	18,0	25,0	69	0,23
	18,0	8,0	25,0	168	0,35
	20,0	18,0	40,0	142	0,33
	12,0	18,0	25,0/33,0	96	0,36
	15,0	18,0	33,0	106	0,40
	18,0	18,0	25,0/33,0	125	0,41
	18,0	18,0	40,0	155	0,31
	20,0	18,0	40,0	162	0,32
	13,0	18,0	25,0	104	0,37
	18,0	8,0	25,0	170	0,47
	18,0	8,0	25,0	125	0,34
	20,0	12,0	25,0	150	0,48
	20,0	18,0	25,0/33,0	144	0,50
	18,0	18,0	25,0/33,0	136	0,47

(\*) Corresponde a la masa por unidad de área de la mampostería que integran.

(continúa)

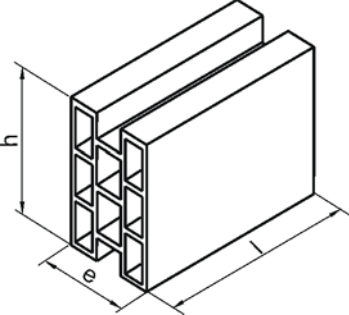
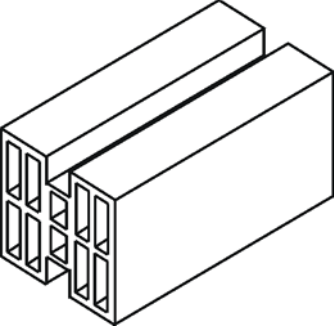
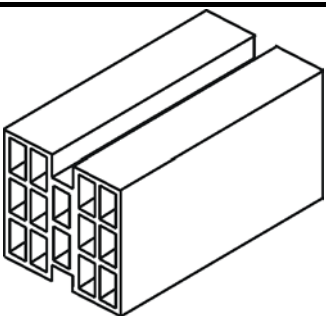
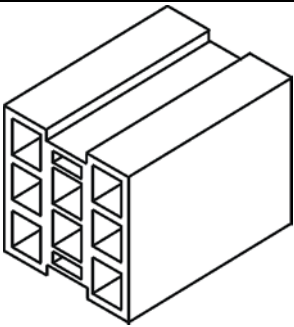
Tabla A.2 (continuación)

Esquema	Medidas (cm)			Masa (*)	R <sub>t</sub>
	e	h	l	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> ·K/W
	12,0	18,0	40,0	104	0,43
	12,0	19,0	0,33 40,0	104	0,43
	18,0	19,0	33,0	140	0,46
	18,0	19,0	40,0	145	0,54
	18,0	19,0	33,0	127	0,43
	18,0	19,0	40,0	152	0,55
	12,0	18,0	25,0	80	0,39

(\*) Corresponde a la masa por unidad de área de la mampostería que integran.

(continúa)

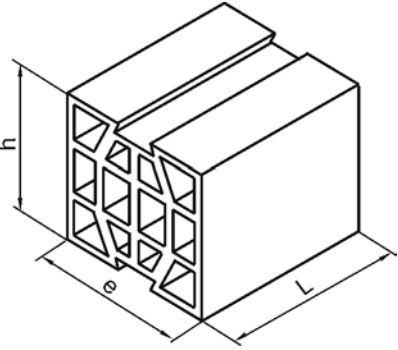
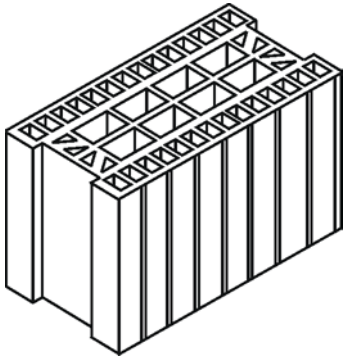
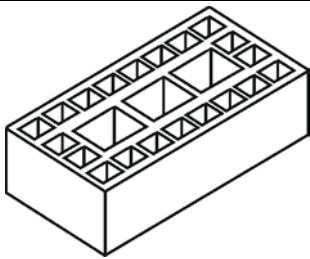
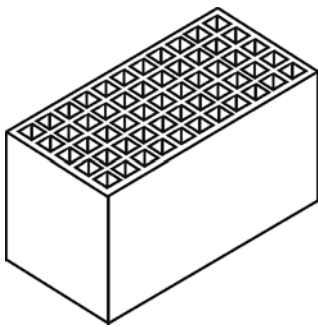
Tabla A.2 (continuación)

Esquema	Medidas (cm)			Masa (*)	R <sub>t</sub>
	e	h	l	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> ·K/W
	18,0	18,0	25,0	122	0,50
	20,0	18,0	40,0	120	0,60
	18,0	18,0	33,0	125	0,61
	18,0	18,0	25,0	121	0,52

(\*) Corresponde a la masa por unidad de área de la mampostería que integran.

(continúa)

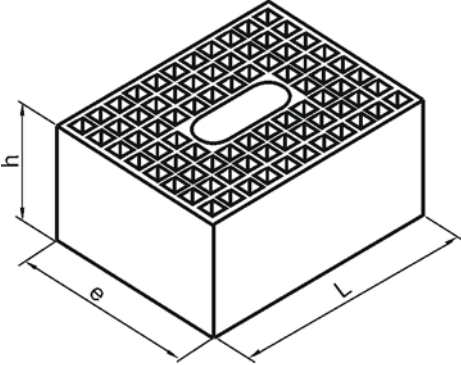
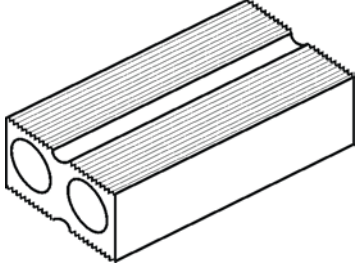
Tabla A.2 (continuación)

Esquema	Medidas (cm)			Masa (*)	R <sub>t</sub>
	e	h	l	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> .K/W
	16,0	19,0	25,0	136	0,61
	17,0	19,0	33,0	127	0,46
	12,0	16,0	24,6	166	0,26
	12,0	11,3	25,0	170	0,24
(*) Corresponde a la masa por unidad de área de la mampostería que integran.					

(continúa)

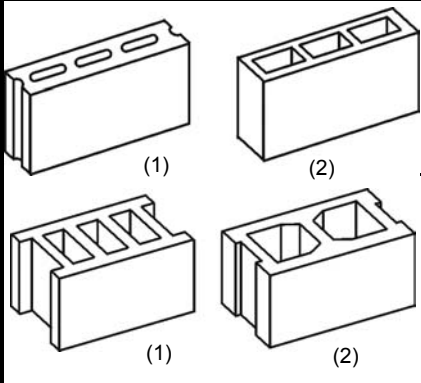
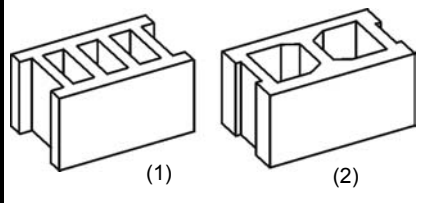
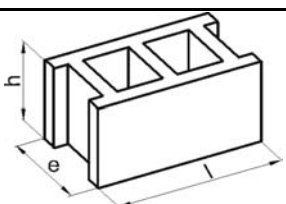
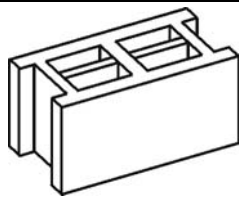
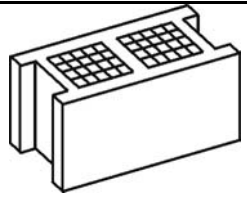
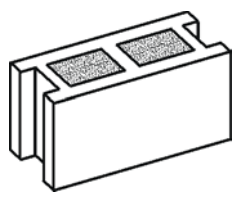


Tabla A.2 (fin)

Esquema	Medidas (cm)			Masa (*)	$R_t$
	e	h	l	kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> ·K/W
					
	18,0	11,3	25,0	151	0,34
					
	12,0	6,0	25,0	121	0,30

(\*) Corresponde a la masa por unidad de área de la mampostería que integran.

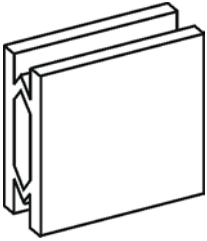
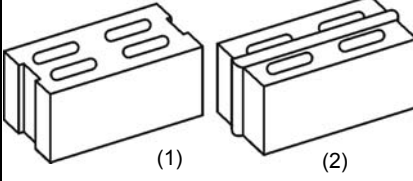
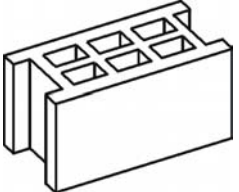
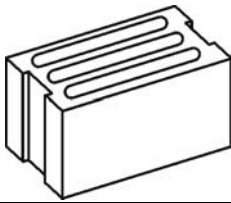
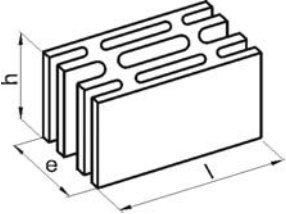
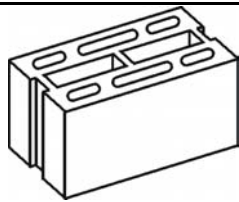
Tabla A.3 - Resistencia térmica de mamposterías de ladrillos y bloques de hormigón

Esquema	Material	Densidad	Medidas (cm)			Masa (*)	$R_t$	
		kg/m <sup>3</sup>	e	h	l	kg/m <sup>2</sup>		
 <p>(1) (2)</p> <p>(1) (2)</p>	(1) Hormigón de arcilla expandida	1034	6,6	19,0	39,0	60	0,23	
		1034	9,2	19,0	39,0	65	0,27	
		1034	14,2	19,0	39,0	77	0,31	
	(2) Hormigón	2223	10,0	19,0	39,0	130	0,17	
		1900	20,0	20,0	40,0	234	0,20	
	 <p>(1) (2)</p>	(1) Hormigón de arcilla expandida	1034	29,5	19,0	39,0	118	0,38
(2) Hormigón		1460	19,5	19,5	39,5	172	0,31	
	Hormigón	1900	19,5	19,5	39,0	200	0,19	
		1766	19,0	19,0	39,0	188	0,21	
		1750	19,0	19,0	39,0	160	0,22	
	Hormigón con una división de cartón con una película de aluminio en ambas caras	1750	19,0	19,0	39,0	159	0,47	
	Hormigón con enrejado de cartón	1750	19,0	19,0	39,0	161	0,41	
	Hormigón con relleno de:	Arcilla expandida	1750					
		580	19,0	19,0	39,0			
		Poliestireno expandido	10	19,0	19,0	39,0	161	0,40
		Sílice expandida	132	19,0	19,0	39,0	169	0,44
		Vermiculita	267	19,0	19,0	39,0	190	0,39
		Perlita	161	19,0	19,0	39,0	180	0,49
Fibra de vidrio	20	20,0	20,0	10,0	139	0,72		

(\*) Corresponde a la masa por unidad de área de la mampostería que integran.

(continúa)

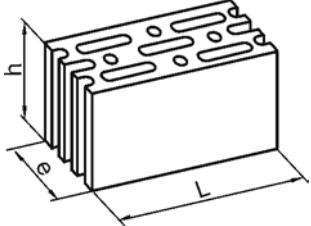
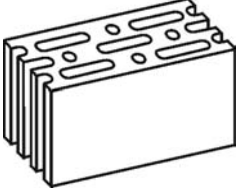
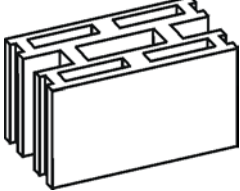
Tabla A.3 (continuación)

Esquema	Material	Densidad	Medidas (cm)			Masa (*)	R <sub>t</sub>
		kg/m <sup>3</sup>	e	h	l	kg/m <sup>2</sup>	
	Hormigón liviano	1290	17,4	64,0	75,0	130	0,40
	(1) Hormigón con agregado volcánico	1300	12,0	19,0	39,0	1116	0,42
	(2) Hormigón	1500	16,0	15,0	40,0	194	0,41
	Hormigón con granulado volcánico	1600	18,5	20,0	40,0	194	0,47
	Hormigón	2200	14,0	19,0	39,0	190	0,40
	Hormigón	1887	19,0	19,0	37,3	230	0,45
	Hormigón	2200	19,0	19,0	39,0	225	0,43

(\*) Corresponde a la masa por unidad de área de la mampostería que integran.

(continúa)

Tabla A.3 (fin)

Esquema	Material	Densidad	Medidas (cm)			Masa (*)	$R_t$
		kg/m <sup>3</sup>	e	h	l	kg/m <sup>2</sup>	
	Hormigón	1400	19,0	20,0	40,0	180	0,33
	Hormigón	1400	19,0	20,0	40,0	180	0,37
	Hormigón	2400	19,0	19,0	39,0	274	0,38

(\*) Corresponde a la masa por unidad de área de la mampostería que integran.

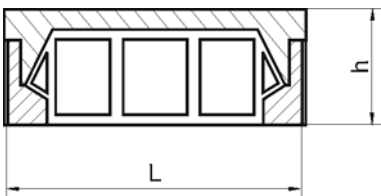
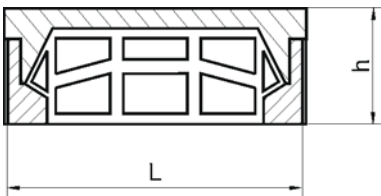
**A.4 Transmitancia térmica**

**A.4.1 Forjados cerámicos**

En la tabla A.4 se establecen los valores de transmitancia térmica de forjados, los que corresponden al componente heterogéneo integrado por el bloque cerámico, la capa de compresión y las viguetas de hormigón (puente térmico), comprendido en la separación (*L*), no estando incluidos los revocos de las superficies.

Estos valores corresponden a un flujo de calor de dirección vertical, proveniente de abajo (condición de invierno) o de arriba (condición de verano), estando incluidas las resistencias térmicas superficiales.

**Tabla A.4 - Transmitancia térmica de forjados. Bloques cerámicos huecos**

Tipo de forjado	Medidas de forjado		Transmitancia térmica (K)	
	(h) cm	(L) cm	Invierno W/m <sup>2</sup> ·K	Verano W/m <sup>2</sup> ·K
		50	3,61	2,90
	12	50 < L ≤ 60	3,48	2,79
		50	3,37	2,79
	16	50 < L ≤ 60	3,24	2,67
		50	3,14	2,56
	20	50 < L ≤ 60	3,02	2,44
		50	3,02	2,44
	25	50 < L ≤ 60	2,90	2,33
		50	2,67	2,15
	20	50 < L ≤ 70	2,56	2,09
		50	2,56	2,03
	25	50 < L ≤ 70	2,44	1,98

#### A.4.2 Ventanas

En la tabla A.5 se establecen los valores de transmitancia térmica de ventanas, medidas con un flujo de calor horizontal.

#### A.5 Métodos de ensayo

Los métodos de ensayo utilizados en los apartados A.2 y A.3 corresponden a las IRAM 11564 y ASTM C 236, en las condiciones de ensayo indicadas en el apartado A.1. Los valores fueron verificados analíticamente, utilizando programas de simulación numérica efectuados por computadoras, y empleando los valores de conductividad térmica indicados en esta norma.

**Tabla A.5 - Transmitancia térmica de ventanas (en posición vertical) (\*)**

Tipo	Transmitancia térmica (K)
	W/m <sup>2</sup> ·K
Vidrio incoloro común	5,82
Vidrio incoloro común con cortina de madera (cerrada)	2,79
Vidrio incoloro común con cortinas internas	5,00
Polycarbonato transparente incoloro de 3 mm de espesor	5,46
Doble vidriado hermético, con vidrio incoloro común y cortina de madera (cerrada)	2,15
Doble vidriado hermético, compuesto por 2 vidrios comunes incoloros de 3 mm cada uno y una cámara de aire de 6 mm	3,23
Doble vidriado hermético, compuesto por 2 vidrios comunes incoloros de 3 mm cada uno y una cámara de aire de 12 mm	3,08
Triple vidriado hermético, compuesto por 3 vidrios comunes incoloros de 3 mm cada uno y 2 cámaras de aire de 6 mm cada una	2,23
Doble vidriado hermético, compuesto por un vidrio reflectante obtenido por proceso pirolítico de 4 mm de espesor sobre base gris, cara reflectante hacia el exterior y vidrio incoloro común de 3 mm hacia el interior, cámara de aire de 6 mm	3,45
Doble vidriado hermético, compuesto por un vidrio reflectante obtenido por proceso pirolítico de 4 mm de espesor sobre base gris, cara reflectante hacia el interior de la cámara de aire de 6 mm de espesor, y vidrio incoloro común de 3 mm hacia el interior	2,80

(\*) **NOTA.** Para el caso de ventanas en posición horizontal o inclinada, deberá calcularse la transmitancia térmica utilizando los valores dados en esta tabla, pero modificándolos mediante la adopción de las resistencias térmicas superficiales que corresponden a la posición adoptada.

#### A.6 Permeabilidad al vapor de agua y permeancia al vapor de agua

Los valores de la permeabilidad al vapor de agua y de la permeancia al vapor de agua de los materiales para la construcción y componentes constructivos más usuales, que integran los cerramientos de edificios (muros, techos, entrepisos, solados, etc.), son los indicados en la tabla A.6.

Tabla A.6 - Permeabilidades al vapor de agua y permeancias al vapor de agua

Material		Densidad ( $\rho$ )	Permeabilidad al vapor de agua ( $\delta$ )	Permeancia al vapor de agua ( $\Delta$ )
		kg/m <sup>3</sup>	g/m·h·kPa	g/m <sup>2</sup> ·h·kPa
Aire en reposo			0,626	
<b><u>MATERIALES AISLANTES</u></b>				
Lana de roca			0,6	
Lana de vidrio			0,5	
Poliestireno expandido	en planchas	30	$0,75 \cdot 10^{-2}$	
		15	$2,25 \cdot 10^{-2}$	
	en copos		$2,25 \cdot 10^{-2}$	
Espuma rígida de poliuretano (celdas cerradas)			$0,75 \cdot 10^{-2}$	
Espuma flexible de poliuretano (celdas abiertas)			0,4	
<b><u>HORMIGONES</u></b>				
Hormigón armado		1800	$4,4 \cdot 10^{-2}$	
		2000	$3,0 \cdot 10^{-2}$	
		2200	$2,2 \cdot 10^{-2}$	
		2400	$2,0 \cdot 10^{-2}$	
Hormigones livianos		600	$15,0 \cdot 10^{-2}$	
		700	$12,0 \cdot 10^{-2}$	
		800	$10,0 \cdot 10^{-2}$	
		900	$8,0 \cdot 10^{-2}$	
		1000	$7,0 \cdot 10^{-2}$	
		1200	$6,0 \cdot 10^{-2}$	
Hormigón celular			$11,0 \cdot 10^{-2}$	
<b><u>MORTEROS</u></b>				
de cemento		2000	$2,2 \cdot 10^{-2}$	
de cal y cemento		1800	$4,4 \cdot 10^{-2}$	
de cal y cemento con siliconas		2100	$2,7 \cdot 10^{-2}$	
de cal y cemento con impermeabilizantes de cal		1700	$3,7 \cdot 10^{-2}$	
de cal y yeso		1400	$5,0 \cdot 10^{-2}$	
de yeso con arena		1400	$6,5 \cdot 10^{-2}$	
de yeso		1200	$7,0 \cdot 10^{-2}$	
Enlucido de yeso y placas de yeso		1000	$11,0 \cdot 10^{-2}$	
Cielorraso con mortero de cemento		1900	$4,7 \cdot 10^{-2}$	
Cielorraso con mortero de yeso		1200	$11,0 \cdot 10^{-2}$	

(continúa)

Tabla A.6 (continuación)

Material	Densidad ( $\rho$ )	Permeabilidad al vapor de agua ( $\delta$ )	Permeancia al vapor de agua ( $\Delta$ )
	kg/m <sup>3</sup>	g/m·h·kPa	g/m <sup>2</sup> ·h·kPa
<b><u>MAMPOSTERÍA</u></b>			
De ladrillos comunes macizos con mortero de asiento y sin revoque	1500	$8,0 \cdot 10^{-2}$	
De bloque cerámico portante con agujeros verticales con asiento de mortero y sin revoque	850 a 1200	$10,0 \cdot 10^{-2}$	
De bloque cerámico portante con agujeros horizontales, con asiento de mortero y sin revoque	850 a 1100	$13,0 \cdot 10^{-2}$	
<b><u>MADERAS</u></b>			
Tableros porosos	300	0,33	
Tableros duros (tipo "hardboard")		$0,7 \cdot 10^{-2}$	
Madera terciada con pegamentos resinosos	600	$0,09 \cdot 10^{-2}$ a	
Madera enchapada		$0,2 \cdot 10^{-2}$	
Tablero de fibras duras	600	$1,0 \cdot 10^{-2}$	
	800	$4,3 \cdot 10^{-2}$	
	1000	$1,6 \cdot 10^{-2}$	
Maderas en general		$0,9 \cdot 10^{-2}$	
		$2,25 \cdot 10^{-2}$ a	
		$4,50 \cdot 10^{-2}$	
<b><u>FIBROCEMENTO</u></b>			
Placas	1400	$2,6 \cdot 10^{-2}$	
	1800	$1,0 \cdot 10^{-2}$	
<b><u>REVESTIMIENTOS</u></b>			
Cerámicos, tipo porcelana con mortero de cemento	1900	$0,32 \cdot 10^{-2}$	
Azulejos con mortero de cemento	1700	$0,32 \cdot 10^{-2}$	
Baldosas de pavimentación con mortero de cemento	2300	$0,2 \cdot 10^{-2}$	
Placas de clinker con mortero de cemento	2000	$0,2 \cdot 10^{-2}$	
Linóleo	1200	$0,13 \cdot 10^{-2}$	
De plástico y de caucho	1300	$0,08 \cdot 10^{-2}$	
<b><u>VIDRIO</u></b>		$6,4 \cdot 10^{-5}$	
<b><u>METALES</u></b>		0	

(continúa)



Tabla A.6 (continuación)

Material		Espesor (mm)	Densidad ( $\rho$ )	Permeabilidad al vapor de agua ( $\delta$ )	Permeancia al vapor de agua ( $\Delta$ )
			kg/m <sup>3</sup>	g/m·h·kPa	g/m <sup>2</sup> ·h·kPa
<b>MASILLAS Y ADHESIVOS</b>					
	Bituminosa, asfalto	5,0			$6,5 \cdot 10^{-2}$
	Caucho artificial de polisulfuros (Thiokol)	10,0			$2,2 \cdot 10^{-2}$
	Resina epoxi	0,5			$0,13 \cdot 10^{-2}$
		2,0			0,16
<b>PINTURAS</b>					
Una capa	En frío, bituminosa	0,1			1,08
Dos capas	Asfáltica sobre madera terciada	V a r i a b l e			0,08
	Aluminizada sobre madera				0,66 a 0,19
	Esmalte sobre revestimiento liso				0,1 a 0,3
	Selladora sobre tablero aislante				0,19 a 0,43
	Imprimación y pintura al óleo liviana sobre revestimiento				0,62
	Al agua, tipo emulsión				16,0
Tres capas	Pintura exterior al óleo sobre madera	V a r i a b l e			0,21
	Látex				1,13
	Mastic polietileno cloro-sulfonado (1130 g/m <sup>2</sup> a 2260 g/m <sup>2</sup> )				0,012
	Mastic asfáltico				0,10
<b>PINTURAS</b>		<b>Espesor (<math>\mu</math>m)</b>			
Pintura a la cal					75
Pintura tipo "epoxi"					1,13
Pintura a base de siliconas					3,75
Pintura esmalte aplicada sobre enlucido					0,4
Resina acrílica de vinil-tolueno					1,2
Resina acrílica		200 · 210			3,86
Terpolímero de acetato, cloruro y laurato de vinilo		205			9,0
Poliisocianato más poliéster		133			0,4
Resina acrílica de estireno (pintura texturada)		1000			5,0
Copolímero de cloruro de vinilo-acetato de vinilo más ácido maleico		220			0,1
Resinas de poliuretano		200			1,76

(continúa)

Tabla A.6 (fin)

Material		Espesor ( $\mu\text{m}$ )	Densidad ( $\rho$ )	Permeabilidad al vapor de agua ( $\delta$ )	Permeancia al vapor de agua ( $\Delta$ )
			$\text{kg/m}^3$	$\text{g/m}\cdot\text{h}\cdot\text{kPa}$	$\text{g/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{kPa}$
<b>PELÍCULAS Y BARRERAS DE VAPOR</b>					
Hoja de aluminio		25			0
		8			$1,12 \cdot 10^{-2}$
Poliétileno		50			$3,3 \cdot 10^{-2}$
		100			$1,6 \cdot 10^{-2}$
		150			$1,2 \cdot 10^{-2}$
		200			$0,8 \cdot 10^{-2}$
		250			$0,6 \cdot 10^{-2}$
Poliéster		25			0,15
<b>BARRERAS Y FRENOS DE VAPOR</b>					
Policloro- ruro de vinilo	no plastificado	50			0,14
	plastificado	100			0,29
Fieltros	Alquitranado	Variable de 50 a 100			2,28
	Asfáltico				0,67
	Saturado y revestido en rollos pesados para cubiertas				0,03
	Bituminado con hoja de alu- minio				0,03
Papel	Kraft y láminas de asfalto re- forzado				0,15
	Kraft ( $500 \text{ g/m}^2$ )				7,60
Lámina de papel embreado y revestido					0,23
Película plástica(*)		25			0,01
Hule					0,015
(*) <b>NOTA.</b> Tipo "MYLAR"					

## A.7 Emitancia

En la tabla A.7 se realiza una clasificación de los materiales de construcción en función de la emitancia de las superficies.

**Tabla A.7 - Clasificación de materiales de construcción según su emitancia ( $\epsilon$ )**

Superficie de mediana o alta emitancia (no reflectivas)	Superficie de baja emitancia (reflectiva)
Aluminio anodizado u oxidado Cobre oxidado Hierro galvanizado Fielto bituminoso Fielto con superficie mate Pintura blanca "a la cal" Pintura de aluminio Pinturas rojas (tipo óxido de hierro III) Pinturas amarillas Negro mate Pintura verde militar Hormigón Fibrocemento Poliestireno expandido Vidrio transparente Mampostería de ladrillos comunes y cerámicos (rojos) Tejas cerámicas Tejas de pizarra Tejas asfálticas Mármol blanco Revestimiento de yeso Granítico (rojizo) Tierra Arena Madera Pasto	Película de aluminio (muy brillante) Lámina de aluminio Cinc pulido Cobre pulido

## Anexo B (Normativo)

### Método simplificado para la verificación de la transmitancia térmica de los áticos

Se recomienda realizar la verificación de la transmitancia térmica de los áticos según los apartados correspondientes del capítulo 5. No obstante se admitirá también la verificación según el método simplificado indicado en el anexo B.

#### B.1 Áticos sin ventilación o débilmente ventilados $\left( \frac{S}{A_F} < 3 \right)$

Se puede tomar  $R_T = 0,85 \cdot (R_f + R_c)$ , siempre que  $R_c$  sea menor o igual a la Resistencia térmica total de los tímpanos, si los hubiere, y  $\alpha \leq 40^\circ$ . Cuando  $R_c$  sea mayor que la Resistencia térmica total de los tímpanos, se debe tomar el valor de  $R_T$  de los tímpanos para  $R_c$  y continuar con el método simplificado, o continuar la verificación según el método dado en el apartado 5.2.2.1.2.

Cuando  $\alpha > 40^\circ$ , se debe verificar con el método dado en el apartado 5.2.2.1.2

Siendo:

$R_c$  la resistencia térmica de la cubierta,  $R_c = R_{si} + R_{se} + \sum \frac{e}{\lambda}$ , en metro cuadrado kelvin por watt;

$R_f$  la resistencia térmica del forjado,  $R_f = 2R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda}$ , en metro cuadrado kelvin por watt;

$A_f$  la superficie del forjado (cielorraso), en metros cuadrados;

$S$  la superficie de los orificios de ventilación, en centímetros cuadrados;

$\alpha$  el ángulo del faldón con respecto a la horizontal, en grados sexagesimales.

**NOTA.** Tanto para la  $R_f$ , como para la  $R_c$ , se tienen en cuenta la  $R_{si}$  y la  $R_{se}$ .

#### B.2 Áticos medianamente ventilados $\left( 3 \leq \frac{S}{A_F} < 30 \right)$

Se puede tomar  $R_T = 0,85 \cdot (R_f + R_c)$ , siempre que  $\alpha \leq 40^\circ$  y que el valor de  $R_c$  que se tome en cuenta para el cálculo, no exceda  $0,21 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Cuando el valor de  $R_c$  sea mayor que  $0,21 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ , se podrá continuar con el método simplificado, tomando el valor  $R_c = 0,21 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ , o continuar la verificación según el método dado en el apartado 5.2.2.2.2, tomando el valor real de  $R_c$ .

Cuando  $\alpha > 40^\circ$ , se debe realizar la verificación de acuerdo con el apartado 5.2.2.2.2

Siendo:

$R_c$  la resistencia térmica de la cubierta,  $R_c = R_{si} + R_{se} + \sum \frac{e}{\lambda}$ , en metro cuadrado kelvin por watt;

$R_f$  la resistencia térmica del forjado,  $R_f = 2R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda}$ , en metro cuadrado kelvin por watt;

- $A_f$  la superficie del forjado (cielorraso), en metros cuadrados;
- $S$  la superficie de los orificios de ventilación, en centímetros cuadrados;
- $\alpha$  el ángulo del faldón con respecto a la horizontal, en grados sexagesimales.

### B.3 Áticos muy ventilados $\left( \frac{S}{A_F} \geq 30 \right)$

Se debe tomar en cuenta solamente la  $R_f$  del forjado (cielorraso) debajo del ático, siendo su cálculo:

$$R_T = 2R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda}$$

## **Anexo C** (Informativo)

### **Guía para la aplicación de la norma**

**C.1** El objetivo de este capítulo es proporcionar una guía para la aplicación de la norma, juntamente con las planillas de cálculo y los ejemplos de aplicación de los procedimientos.

#### **C.2 Procedimiento**

Para obtener los valores de la transmitancia térmica de un componente constructivo, se recomienda el siguiente procedimiento:

##### **C.2.1 Paredes y techos**

**C.2.1.1** En los casos que sea factible, los valores de la transmitancia térmica del componente se obtienen mediante ensayos con el aparato de la caja caliente de acuerdo con la IRAM 11564 (ver apartado 4.1.1).

**C.2.1.2** Si no se cuenta con la información según el apartado anterior, y en el caso de componentes con capas homogéneas se realiza el cálculo de la transmitancia térmica según las fórmulas básicas de la presente norma (Capítulo 4 y 5.1 b; fórmulas (1), (2), (3) y (4)), usando valores de conductividad térmica obtenidos de ensayos con el aparato de la placa caliente con guarda, de acuerdo con la IRAM 11559 (ver apartado A.1).

**C.2.1.3** En caso de no contar con valores obtenidos de ensayos, se recomienda utilizar los valores de conductividad térmica de la tabla A.1 y/o los valores de resistencia térmica de las tablas A.2, A.3 ó A.4. Se calcula la transmitancia térmica según el procedimiento presentado en el apartado C.3 de este anexo.

**C.2.1.4** En el caso de componentes con secciones distintas, se aplica el procedimiento presentado en el apartado 5.3.1.

##### **C.2.2 Ventanas**

**C.2.2.1** En el caso de ventanas verticales, se utilizan los valores establecidos en la tabla A.5.

**C.2.2.2** En el caso de ventanas inclinadas, horizontales u otro tipo de ventanas no contempladas en la tabla A.5, se obtienen los valores de la transmitancia térmica del componente mediante un ensayo con el aparato de la caja caliente según la IRAM 11564.

**C.2.2.3** En caso de no contar con valores obtenidos de ensayos, se recomienda utilizar valores de conductividad térmica de la tabla A.1, de resistencia térmica superficial y de cámaras de aire de las tablas 2 y 3 respectivamente. Se calcula luego la transmitancia térmica según el procedimiento del apartado C.3.

##### **C.2.3 Pisos**

En el caso de pisos en contacto con el suelo, en la IRAM 11604 se indica el procedimiento para calcular la transmitancia térmica del piso y para estimar las pérdidas de calor a través del piso de un edificio.

### C.3 Planilla de cálculo

A los efectos de ordenar y facilitar los cálculos necesarios para la obtención del valor de la transmitancia térmica de un componente, se incluye en la tabla C.1 una planilla de cálculo, acompañada con las correspondientes referencias para su correcta utilización.

#### C.3.1 Datos generales

- 1) Se identifica el proyecto en el cual se utiliza el componente.
- 2) Se indica la denominación del componente en estudio, incluyendo tipo (techo, pared, piso sobre espacio exterior), identificación de la variante, etc.
- 3) Se define la época del año considerada en el cálculo: invierno o verano.
- 4) Se indica el sentido del flujo de calor (ascendente, horizontal o descendente).
- 5) Se indica la zona y sub-zona bioambiental donde se utilizará el componente, según las indicaciones de la IRAM 11603.
- 6) Capa del elemento constructivo. Se indican las capas del elemento constructivo, desde el exterior hacia el interior.
- 7) Resistencia térmica superficial exterior ( $R_{se}$ ):

Se adopta el valor de la tabla 2:  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

- 8) Espesor ( $e$ ): Se indican los espesores de cada capa.
- 9) Conductividad térmica ( $\lambda$ ): Se indica el valor de la conductividad térmica de cada capa homogénea, obtenido a través de ensayos o de la tabla A.1. No es necesario usar esta columna en el caso de cámaras de aire, de bloques y ladrillos huecos cerámicos o de hormigón, de forjados de bloques cerámicos huecos o de capas de poco espesor que no contribuyen a la resistencia térmica, tales como barreras de vapor, láminas de aluminio, etc.
- 10) Resistencia térmica ( $R$ ): Se indica la resistencia térmica de cada capa, según las siguientes alternativas:
  - Para capas homogéneas, se calcula la resistencia térmica dividiendo el espesor ( $e$ ) indicado en 8) por la conductividad térmica ( $\lambda$ ), indicada en 9).
  - Para ladrillos y bloques cerámicos huecos o para bloques de hormigón, se utilizan los valores de resistencia térmica obtenidos de ensayo o los valores orientativos dados en las tablas A.2 y A.3 respectivamente.
  - Para forjados (losas cerámicas), se utilizan los valores de resistencia térmica de ensayo, o los valores orientativos de transmitancia térmica ( $K$ ) dados en la tabla A.4.  
A partir de estos últimos, se calcula la resistencia térmica total ( $1/K$ ) y se restan las resistencias térmicas superficiales interior y exterior (tabla 2), obteniendo de esta forma la resistencia térmica del forjado.
  - Para las cámaras de aire no ventiladas, se utilizan los valores de resistencia térmica dados en la tabla 3, en función del espesor de la cámara, de la dirección del flujo de calor y del estado de las

superficies de la cámara, habitualmente de mediana o alta emitancia. Solamente en el caso de utilizar los materiales indicados en la segunda columna de la tabla A.6, tales como láminas de aluminio sin suciedad o polvo en la superficie, se considera la cámara con superficie de baja emitancia (ver las notas de la tabla 4).

- Para cámaras de aire ventiladas en verano, se considera a la cámara como no ventilada, usando los valores de la tabla 3 (ver apartado 5.2.1).
  - Para cámaras de aire ventiladas en invierno, se utiliza el procedimiento de cálculo indicado en el apartado 5.2.2.
    - Se estima la sección total de los orificios de ventilación,  $S$ , expresada en centímetros cuadrados;
    - En el caso de componentes verticales, se obtiene la distancia vertical  $L$  entre orificios de ventilación, en metros;
    - En el caso de componentes horizontales o áticos ventilados, se obtiene la superficie  $A$  del componente con cámara ventilada, en metros cuadrados;
    - Con las fórmulas expresadas en la tabla 4, se clasifica a la cámara, según su grado de ventilación en: débilmente, medianamente o muy ventilada.
    - En el caso de cámaras débilmente ventiladas, se utilizan los valores de la resistencia de cámaras de aire sin ventilación establecidos en la tabla 3 (ver apartado 5.2.2.1.1).
    - En el caso de componentes con cámaras muy ventiladas, se suponen inexistentes (desde el punto de vista térmico) las capas hacia el exterior de la cámara, pero se considera que estas proporcionan una protección suficiente contra el movimiento del aire exterior, adoptándose una resistencia superficial exterior equivalente a la resistencia superficial interior dada en la tabla 3 (ver apartado 5.2.2.3).
    - En el caso de cámaras medianamente ventiladas se aplican las fórmulas dadas en el apartado 5.2.2.2.1.
    - En el caso de áticos medianamente ventilados se aplican las fórmulas dadas en el apartado 5.2.2.2.2.
- 11) Se indicará el nivel de confort especificado por el comitente, según la IRAM 11605 (por ejemplo: A, B ó C).
  - 12) Los requisitos para las condiciones de invierno y de verano establecidos en la IRAM 11605.
  - 13) Resistencia térmica superficial interior ( $R_{si}$ ): Se adopta el valor de la tabla 2, según el sentido del flujo de calor.
  - 14) Se suman los espesores de las capas para obtener el espesor total del componente.
  - 15) Se suman las resistencias térmicas de las capas para obtener la resistencia térmica total del componente.



### C.3.2 Evaluación del resultado

- 16) Transmitancia térmica del componente ( $K$ ): Se calcula con la fórmula siguiente:  $K = 1/R_T$  (ver 4.2), aproximando al 0,01 W/m<sup>2</sup>·K. En el caso de ventanas verticales, se utilizan directamente los valores de la tabla A.5, sin calcular las resistencias de capas y superficies.
- 17) Transmitancia térmica máxima ( $K_{m\acute{a}x}$ ): Se obtiene de acuerdo con la IRAM 11605.
- 18) Cuando la transmitancia térmica  $K$  calculada en 16) es menor que la máxima admisible para el nivel de confort determinado en 17) y para condiciones de invierno o verano, el componente cumple con la IRAM 11605.
- 19) En el recuadro final de la planilla se pueden agregar comentarios sobre el componente y presentar los cálculos suplementarios, tales como cámaras ventiladas o áticos (ver apartado 5.2), y componentes formados por cerramientos planos con distintas secciones (ver apartado 5.3).

**Tabla C.1 - Planilla de cálculo (IRAM 11601)**

NORMA IRAM 11601		CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA	
PROYECTO (1)			
ELEMENTO (2)			
ÉPOCA DEL AÑO (3)		FLUJO DE CALOR (4)	
ZONA BIOAMBIENTAL (5)			
Nivel de confort según IRAM 11605 (11)		Temperatura exterior de diseño	
Capa del elemento constructivo (6)	<b>e</b> (8)	<b><math>\lambda</math></b> (9)	<b>R</b> (10)
	mm	W/m·K	m <sup>2</sup> ·K/W
Resistencia superficial exterior (7)			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
10			
Resistencia superficial interior (13)			
TOTAL		(14)	(15)

Transmitancia térmica del componente [W/m <sup>2</sup> ·K] (16)	
-----------------------------------------------------------------	--

Transmitancia térmica de acuerdo con la IRAM 11605 [W/m <sup>2</sup> ·K] (12)	(17)
-------------------------------------------------------------------------------	------

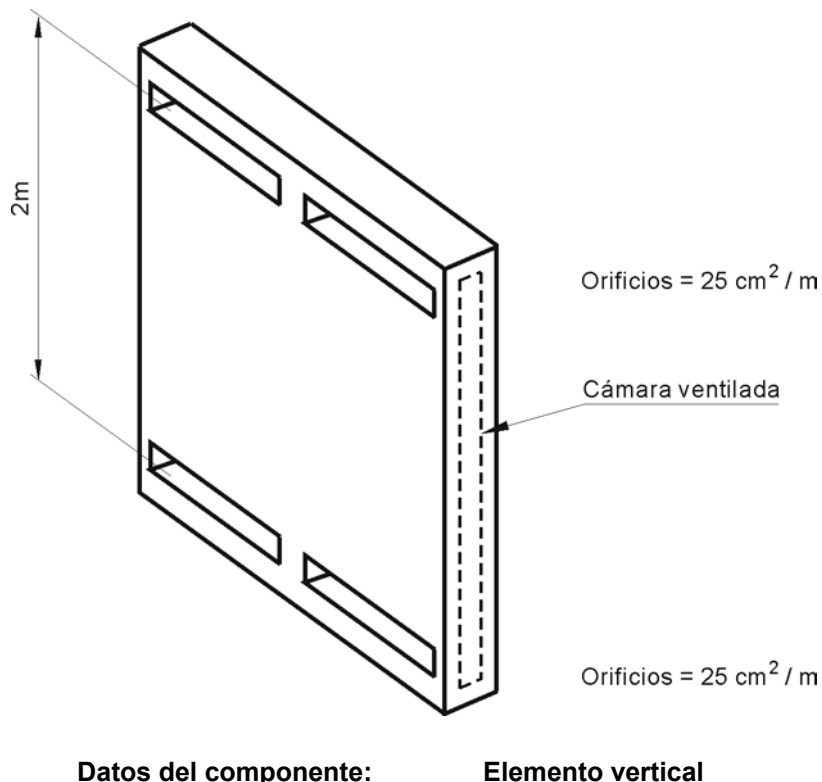
Cumple con la IRAM 11605 (18): SI / NO
----------------------------------------

Comentarios y cálculos suplementarios (19)

**NOTA.** Esta planilla se deberá confeccionar para condiciones de verano y de invierno, debiendo adoptarse la situación más favorable, correspondiendo al menor valor de transmitancia térmica.

## C.4 Ejemplos de cálculos

### C.4.1 Cámara ventilada



**Figura C.1 – Panel con cámara de aire ventilada.**

Transmitancia térmica de panel considerando a la cámara de aire no ventilada, según el apartado 4.2:

$$K_1 = 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Transmitancia térmica del panel considerando a la cámara de aire muy ventilada, según el apartado 5.2.2.3:

$$K_2 = 2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Superficie total de orificios de ventilación:  $S = 50 \text{ cm}^2/\text{m}$

Categoría de la cámara, según la tabla 4:

Medianamente ventilada

Relación de resistencias térmicas:  $R_{\text{ext}}/R_{\text{int}} = 0,85$

Distancia vertical entre orificios de ventilación:

$$L = 2 \text{ m}$$

Relación S/L:

$$\frac{S}{L} = \frac{50}{2} = 25$$

Coefficiente de ventilación:

$$\alpha = 0,3 \text{ (según tabla 5)}$$

$$K = K_1 + \alpha (K_2 - K_1)$$

$$K = 1,8 + 0,3 (2 - 1,8)$$

$$K = 1,86 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

### C.4.2 Componentes formados por cerramientos planos con distintas secciones

Medidas:

$$\text{Superficie sección a y c} = 0,07 + 0,07 = 0,14 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie sección b} = 0,46 \text{ m}^2$$

$$\text{Capa I y III} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Capa II} = 5 \text{ cm}$$

Características de los materiales:

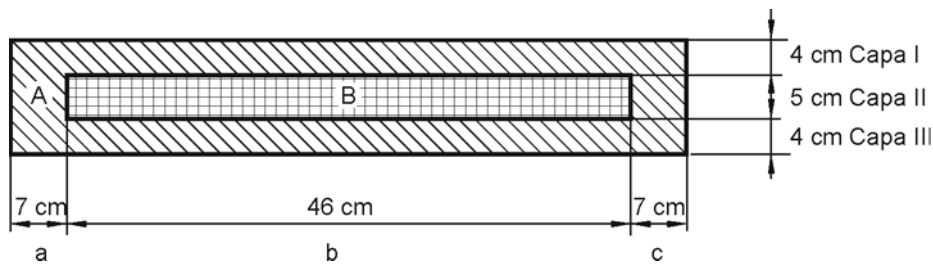


Figura C.2 - Sección del panel de hormigón prefabricado.

Material A:	Hormigón	$\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 1,16 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
Material B:	Aislación liviana	$\rho = 15 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

Resistencia térmica de las secciones:

$$\text{Secciones a, c: } R_{ta} = R_{tc} = (0,04 + (0,13/1,16) + 0,13) = 0,28 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$\text{Sección b: } R_{tb} = (0,04 + (0,04/1,16) + (0,05/0,037) + (0,04/1,16) + 0,13) = 1,59 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

Límite superior de la resistencia térmica según (10):

$$R'_T = (0,14 + 0,46) / (0,14/0,28 + 0,46/1,59) = 0,76 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

La conductividad térmica equivalente  $\lambda''$  de las capas I, II y III según (13):

$$\begin{aligned} \lambda''_I &= 1,16 \cdot 0,6/0,6 && = 1,16 \text{ W/m}\cdot\text{K} \\ \lambda''_{II} &= [1,16 \cdot 0,07 + 0,037 \cdot 0,46 + 1,16 \cdot 0,07]/(0,07 + 0,46 + 0,07) && = 0,179/0,6 = 0,299 \text{ W/m}\cdot\text{K} \\ \lambda''_{III} &= 1,16 \cdot 0,6/0,6 && = 1,16 \text{ W/m}\cdot\text{K} \end{aligned}$$

Resistencia térmica equivalente de las capas I, II y III según (12):

$$\begin{aligned} R_I &= 0,04 / 1,16 && = 0,035 \text{ m}^2\cdot\text{K/W} \\ R_{II} &= 0,05 / 0,299 && = 0,167 \text{ m}^2\cdot\text{K/W} \\ R_{III} &= 0,04 / 1,16 && = 0,035 \text{ m}^2\cdot\text{K/W} \end{aligned}$$

Límite inferior de la resistencia térmica según (14):

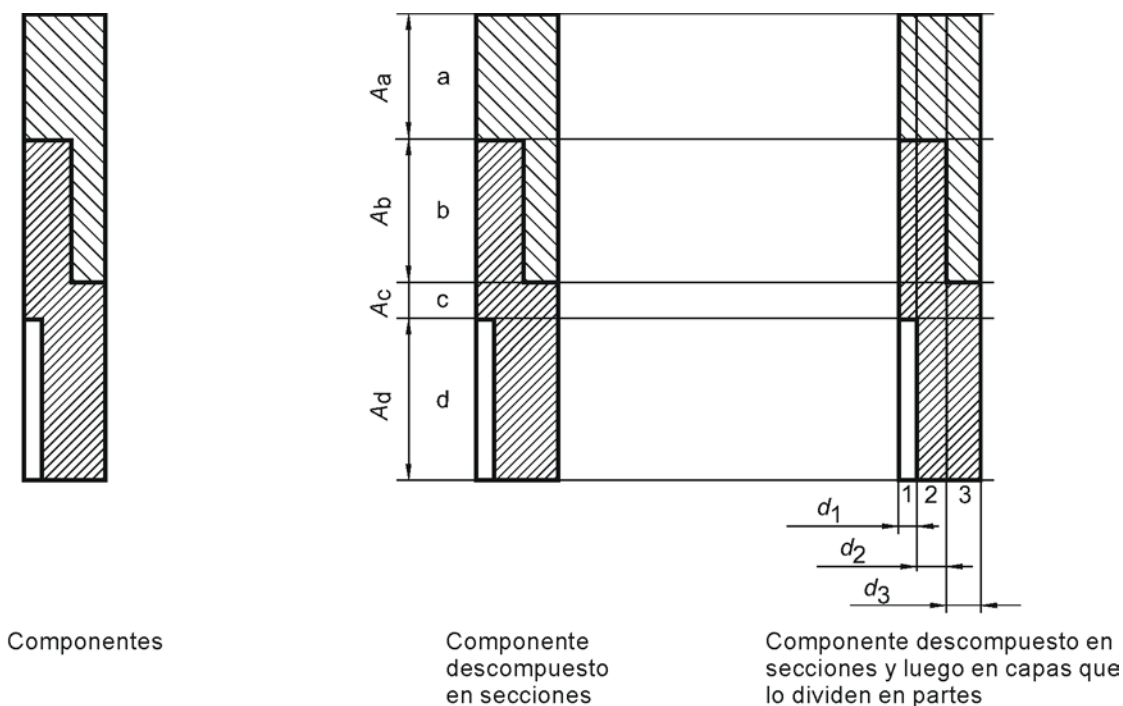
$$R''_T = 0,04 + 0,035 + 0,167 + 0,035 + 0,13 = 0,407 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

Valor estimado de la resistencia térmica, según (15):

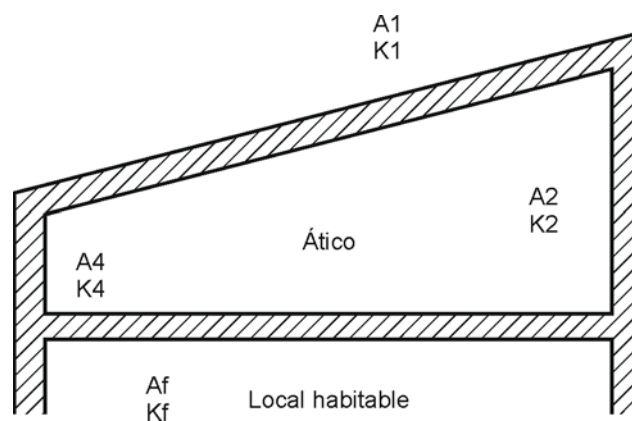
$$R_T = (0,777 + 0,407) / 2 = 0,584 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

Error relativo máximo posible,  $E_m$ , según (16):

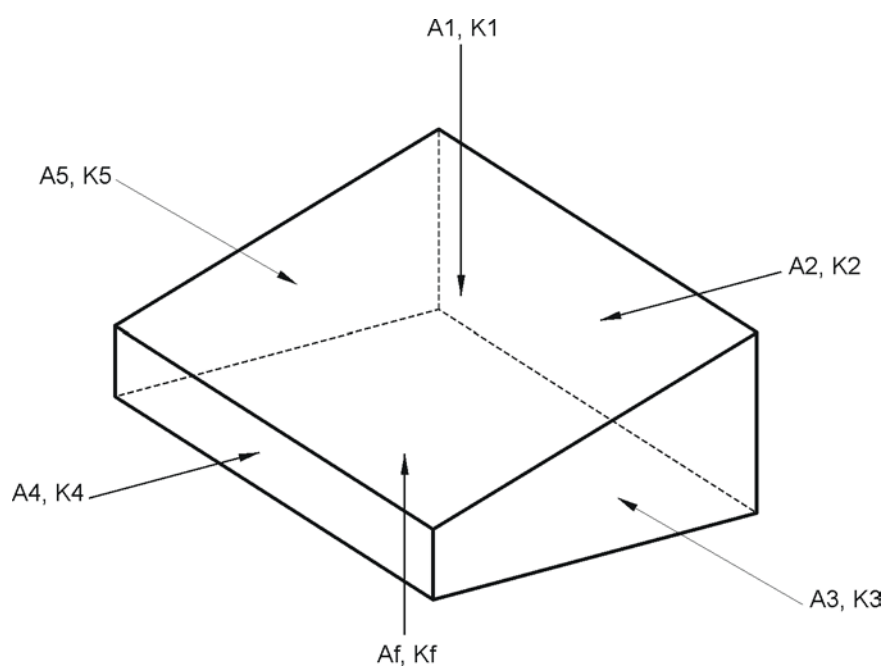
$$E = \pm 100 ((R'_T / R_T) - 1) = \pm 100 \cdot ((0,760 / 0,584) - 1) \cong \pm 30 \%$$



**Figura C.3 - Secciones y capas de un elemento o componente no homogéneo**



**Figura C.4 - Cerramiento con cámara de aire de espesor variable (corte)**



**Figura C.5 – Cerramiento con cámara de aire de espesor variable (axonométrica)**

## **Anexo D** (Informativo)

### **Bibliografía**

En la revisión de esta norma se ha tenido en cuenta el antecedente siguiente:

**IRAM - INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN**

IRAM 11601: 1996 – Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.

## **Anexo E** (Informativo)

La revisión de esta norma ha estado a cargo de los organismos respectivos, integrados en la forma siguiente:

### **Subcomité de Aislamiento térmico de edificios**

#### **Integrantes**

Arq. Pablo AZQUETA  
 Ing. Darío BARDI  
 Ing. Paul U. BITTNER  
 Arq. Susana DEL BROCCO  
 Ing. Alberto ENGLEBERT  
 Arq. Martín EVANS  
 Ing. H. Patricio MAC DONNELL (h)  
 Ing. Darío MISLEJ  
 Ing. Enrique RICUCCI BARRIONUEVO  
 Ing. Atilio TASSARA  
  
 Ing. Vicente VOLANTINO  
 Arq. Cecilia ESPINOSA

#### **Representa a:**

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE POLIESTIRENO  
 EXPANDIDO (A.A.P.E.)  
 SUBSECRETARÍA DE VIVIENDA  
 HUNTSMAN ICI ARGENTINA S.A.I.C.  
 SUBSECRETARÍA DE VIVIENDA  
 SAINT-GOBAIN ISOVER S.A.  
 F.A.D.U. - U.B.A.  
 FACULTAD DE INGENIERÍA - U.B.A.  
 INROTS SUDAMERICANA  
 CENTRO ARGENTINO DE INGENIEROS  
 CÁMARA ARG. INDUSTRIAL DE CERÁMICA  
 ROJA  
 INTI-CECON  
 IRAM

### **Comité General de Normas (C.G.N.)**

#### **Integrante**

Dr. Víctor ALDERUCCIO  
 Ing. Eduardo ASTA  
 Dr. José M. CARACUEL  
 Lic. Alberto CERINI  
 Dr. Álvaro CRUZ  
 Ing. Ramiro FERNÁNDEZ  
 Dr. Federico GUITAR

#### **Integrante**

Ing. Jorge KOSTIC  
 Ing. Jorge MANGOSIO  
 Ing. Samuel MARDYKS  
 Ing. Tulio PALACIOS  
 Sr. Francisco R. SOLDI  
 Sr. Ángel TESTORELLI  
 Ing. Raúl DELLA PORTA









---

---

ICS 91.120.10  
\* CNA 5640