

Càlcul de transmitàncies tèrmiques, amb exemples d'aplicació

(basat en DA DB-HE/1 "Cálculo de parámetros característicos de la envolvente" febrer 2015)

Procediment aplicable a:

- murs de façana
- cobertes en contacte amb l'aire exterior
- terres en contacte amb l'aire exterior
- mitgeres
- particions interiors que separen habitatges d'altres unitats de diferent ús i habitatges de zones comuns (verticals i horitzontals)
- particions interiors que separen dos habitatges entre ells (verticals i horitzontals)

la transmitància tèrmica (U), per a una unitat de superfície d'un element constructiu de cares paral·leles, és la quantitat d'energia que la travessa quan en aquestes cares hi ha una diferència de temperatura d'un grau.

És l'invers de la Resistència tèrmica que oposa el tancament al pas del fluxe d'energia.

La transmitància tèrmica d'un tancament respon a l'expressió següent:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

On:

U = Transmitància tèrmica (W/m²K)

R_T = Resistència tèrmica total de l'element constructiu (m²K/W)

Resistència Tèrmica

La Resistència tèrmica d'un element compost de capes tèrmicament homogènies es calcula mitjançant:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

R₁, R₂, ..., R_n = resistències tèrmiques de cada capa

R_{si} i R_{se} = resistències tèrmiques superficials de l'aire interior i de l'aire exterior (veure taula T-1 en l'apartat següent)

La Resistència tèrmica d'una capa tèrmicament homogènia ve definida per:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

On:

e = gruix de la capa (m). Si la capa té gruix variable es considerarà el gruix mitjà

λ = conductivitat tèrmica del material (W/mK), calculada segons UNE EN ISO 10456:2012 (valors subministrats pel fabricant) o procedent de Document Reconegut (per exemple el Catàleg d'elements Constructius)

Resistències tèrmiques superficials i de les cambres d'aire

Són les resistències que es produeixen al pas del flux de calor en el punt de contacte entre l'aire i l'element constructiu. Aquesta resistència està en funció, entre d'altres, de la velocitat de l'aire, de la rugositat de la superfície i del sentit del flux de calor (de més a menys temperatura).

Per al càlcul de la transmitància tèrmica d'un element constructiu es distingeixen dos tipus de resistències superficials, la que es produeix en la cara interior d'un element constructiu (R_{si}) i la que es produeix en la cara exterior del tancament (R_{se}). (A la Taula T-1 que segueix es poden consultar els valors obtinguts experimentalment de les resistències tèrmiques superficials que s'han d'estimar per al càlcul de la transmitància tèrmica dels diferents tipus de tancaments (interiors i exteriors)).

Càlcul de transmissibilitats tèrmiques, amb exemples d'aplicació

Procediment de càlcul de transmissibilitats tèrmiques dels tancaments

Resistències tèrmiques superficials dels tancaments en contacte amb l'aire exterior:

- façanes
- cobertes
- terres en contacte amb l'exterior

La Transmissibilitat tèrmica d'aquests tancaments es calcularà considerant la resistència tèrmica superficial exterior i la interior ($R_{se} + R_{si}$, Taula T-1)

Resistències tèrmiques superficials dels tancaments interiors:

- mitgeres
- en edificis d'habitatges, particions interiors que separen:
 - habitatges - altres unitats d'ús diferent
 - habitatges – zones comuns
 - habitatges – habitatges

La Transmissibilitat tèrmica d'aquests tancaments es calcularà considerant les dues resistències tèrmiques superficials com a interiors ($R_{si} + R_{si}$, Taula T-1)

T-1 Resistències tèrmiques superficials de tancaments en contacte amb l'aire exterior ($m^2 K/W$) ⁽¹⁾

Posició del tancament i sentit del flux de calor		R_{se} (exterior)	R_{si} (interior)
Tancaments verticals o amb pendent $> 60^\circ$ sobre l'horitzontal i flux horitzontal		0,04	0,13
Tancaments horitzontals o amb pendent $\leq 60^\circ$ sobre l'horitzontal i flux ascendent		0,04	0,10
Tancaments horitzontals i flux descendent		0,04	0,17

Resistències tèrmiques de les cambres d'aire

En relació a les resistències tèrmiques de les cambres d'aire cal destacar que el seu comportament davant el pas del flux de calor, varia de forma considerable segons el grau de ventilació de les mateixes.

▪ cambra d'aire sense ventilar

S'entén que una cambra d'aire no ventila quan:

- No disposa de cap sistema específic per al pas d'aire, o
- Disposa de petites obertures, la superfície de les quals és:
 - en cambres verticals $\leq 500 \text{ mm}^2$ / metre de longitud mesurat horitzontalment
 - en cambres horitzontals $\leq 500 \text{ mm}^2$ / m^2 de superfície

La resistència tèrmica de la cambra s'obté en la taula següent (Taula T-2), en funció del seu gruix sempre que:

- Estigui delimitada per dues superfícies paral·leles entre si i perpendiculars al flux de calor i les seves emissivitats ⁽²⁾ siguin $> 0,8$
- El gruix de la cambra sigui $<$ al 10% de cadascuna de les altres dues dimensions i $\leq 30 \text{ cm}$
- No tingui intercanvi d'aire amb l'ambient exterior

T-2 Resistència tèrmica de cambra d'aire sense ventilar R ($m^2 K/W$) ⁽¹⁾

Gruix de la cambra, e (cm)	Horitzontal	Vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
≥ 5	0,16	0,18

NOTA: Els valors intermedis s'obtenen per interpolació lineal

⁽¹⁾ Taules T-1 i T-2 extretes del documento de apoyo DA DB-HE/1 "Cálculo de parámetros característicos de la envolvente"

⁽²⁾ L'emissivitat és la proporció de radiació tèrmica emesa per una superfície o objecte deguda a una diferència de temperatura amb el seu entorn. El seu valor oscil·la entre 0 i 1, com més petit sigui el valor més reflectiva serà.

Càlcul de transmitàncies tèrmiques, amb exemples d'aplicació

Procediment de càlcul de transmitàncies tèrmiques dels tancaments

▪ cambra d'aire lleugerament ventilada

S'entén que una cambra d'aire està lleugerament ventilada quan:

- No existeix un dispositiu per a flux d'aire limitat a través d'ella des de l'ambient exterior però disposa d'obertures que compleixen:
 - en cambres verticals: $500 \text{ mm}^2 < S_{\text{obertures}} \leq 1500 \text{ mm}^2$ / metre de longitud mesurat horitzontalment
 - en cambres horitzontals: $500 \text{ mm}^2 < S_{\text{obertures}} \leq 1500 \text{ mm}^2$ / m² de superfície

Els valors de la resistència tèrmica (Taula T 3) es corresponen a la meitat dels valors de la taula anterior (Taula T-2), és a dir:

T-3 Resistència tèrmica de cambra d'aire lleugerament ventilada R (m² K/W)

Gruix de la cambra, e (cm)	Horitzontal	Vertical
1	0,075	0,075
2	0,08	0,085
≥ 5	0,08	0,09

NOTA: Els valors intermedis s'obtenen per interpolació lineal

▪ cambra d'aire molt ventilada

S'entén que una cambra d'aire està molt ventilada quan:

- Disposa d'obertures, la superfície de les quals és:
 - en cambres verticals $> 1.500 \text{ mm}^2$ / metre de longitud mesurat horitzontalment
 - en cambres horitzontals $> 1.500 \text{ mm}^2$ / m² de superfície

La resistència tèrmica d'una cambra d'aire molt ventilada no s'ha de considerar en el càlcul de la resistència del tancament, ni tampoc la de tots els elements situats entre la cambra d'aire i l'ambient exterior.

En conseqüència, la resistència tèrmica d'un tancament amb cambra d'aire molt ventilada és la suma de les resistències de totes les capes situades entre l'interior i la cambra d'aire i es considera la resistència tèrmica superficial de l'aire exterior igual a la de l'aire interior. És a dir:

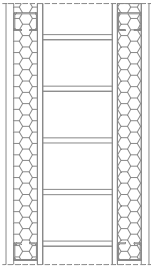
$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Les façanes i cobertes ventilades entrarien en aquesta casuística, tot considerant que en el càlcul de la seva transmitància no s'han de tenir en compte els elements situats entre la cambra d'aire i l'ambient exterior.

Càlcul de transmissibilitats tèrmiques, amb exemples d'aplicació

Exemple de càlcul de transmissibilitats tèrmiques

Exemple de càlcul de transmissibilitat de paret de separació entre habitatges

	Capes	Conductivitat (3)	Resistència tèrmica (3)	Gruix
		λ (W/mK)	R (mK/W)	e (m)
int.  int.	1 Placa de guix laminat	0,25		0,015
	2 Aïllament: llana mineral MW	0,04		0,05
	3 Fàbrica de maó calat 13,5cm		0,23	
	4 Aïllament: llana mineral MW	0,04		0,05
	5 Placa de cartró guix	0,25		0,015

- Es calcula la resistència tèrmica de l'element (R_T) aplicant la fórmula següent:

$$R_T = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + R_{si} \quad (4)$$

El valor de la resistència tèrmica superficial interior, R_{si} :

$R_{si} = 0,13$ (per a tancaments verticals interiors)

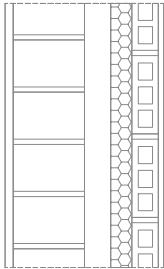
$$R_T = 0,13 + \frac{0,015}{0,25} + \frac{0,05}{0,04} + 0,23 + \frac{0,05}{0,04} + \frac{0,015}{0,25} + 0,13 = 3,11 \text{ m}^2\text{K/W}$$

- La transmissibilitat tèrmica (U) és la inversa de la resistència tèrmica (R_T):

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3,11 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Valors a comparar amb els de Transmissibilitat límit de particions interiors (Taules 2.4 i 2.5 del DB HE 1)

Exemple de càlcul de transmissibilitat de mur de façana

	Capes (d'exterior a interior)	Conductivitat (3)	Resistència tèrmica (3)	Gruix
		λ (W/mK)	R (mK/W)	e (m)
ext.  int.	1 Arrebossat de morter de ciment	0,7		0,02
	2 Fàbrica de maó calat 13,5cm		0,23	
	3 Cambra d'aire no ventilada vertical 5cm		0,18 (5)	
	4 Aïllament: poliestirè expandit EPS	0,0375		0,05
	5 Fàbrica de maó foradat 4cm		0,09	
	6 Enguixat	0,56		0,015

- Es calcula la resistència tèrmica de la façana (R_T) aplicant la fórmula següent:

$$R_T = R_{se} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + R_{si}$$

Els valors de les resistències tèrmiques superficials exterior i interior, R_{se} i R_{si} :

$R_{se} = 0,04$ $R_{si} = 0,13$ (R_{se} i R_{si} per a tancaments verticals en contacte amb l'exterior)

$$\text{Per tant: } R_T = 0,04 + \frac{0,02}{0,7} + 0,23 + 0,18 + \frac{0,05}{0,0375} + 0,09 + \frac{0,015}{0,56} + 0,13 = 2,05 \text{ m}^2\text{K/W}$$

- La transmissibilitat tèrmica (U) és la inversa de la resistència tèrmica (R_T):

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,05 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Valors a comparar amb els de Transmissibilitat tèrmica màxima dels elements de l'envolvent tèrmica (Taula 2.3 del DB HE 1)

(3) Valors de conductivitat i resistència tèrmica de materials extrets del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

(4) El DA DB-HE/1 estableix que les resistències tèrmiques superficials a considerar en el cas de mitgeres seran les interiors (R_{si}) en ambdós costats del tancament. Per analogia, s'entén que el criteri ha de ser el mateix per a separacions entre dos habitatges.

(5) Valor de resistència tèrmica de la cambra d'aire extret del "Documento de Apoyo DA DB-HE/1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente" (taula 2).