

# Algunos lugares comunes (erróneos) respecto de la *transpirabilidad* de la construcción

Por Carlos Castro, arquitecto, para AIPEX

## Caso práctico de análisis de difusión de vapor y riesgo de condensaciones: fachada con SATE (ETICS).

Se exponen a continuación tres cálculos higrotérmicos para condiciones climáticas de inviernos fríos (clima de Turín -Italia-, equivalente al de la meseta norte castellana, con inviernos muy fríos). Se corresponden con un sistema SATE para fachada con tres tipos de aislamientos:

- Aislamiento con resistencia a la difusión del vapor muy baja, factor  $\mu = 1$
- Aislamiento con resistencia a la difusión del vapor media, factor  $\mu = 30$
- Aislamiento tipo XPS, con resistencia a la difusión del vapor media, factor  $\mu = 100$

El lugar común discutido aquí podría llevar a pensar que lo más favorable es tener un factor  $\mu$  lo más bajo posible, es decir una permeabilidad al vapor lo más alta posible (vulgo “*una transpirabilidad lo más alta posible...*”). Veamos los resultados.

El clima de Turín se recoge en la siguiente tabla. Se muestran valores medios mensuales (según EN 13788) y se determinan por consiguiente las presiones de vapor a uno ( $p1$ , ambiente exterior) y otro lado ( $p2$ , ambiente interior) del cerramiento, el “motor” que moverá el vapor por difusión. Es importante notar que el ambiente interior se supone a condiciones estables de 20 °C y 55% de humedad relativa a lo largo de todo el año.

Clima: **TURIN (45°11'N 7°39'E 282m)**

No.	Nombre	Duración [Días]	T1 [°C]	HR1 [%]	p1 [Pa]	T2 [°C]	HR2 [%]	p2 [Pa]
1	Enero	31.00	0.1	84.3	519.0	20.0	55.0	1285.8
2	Febrero	28.25	1.6	82.7	567.0	20.0	55.0	1285.8
3	Marzo	31.00	7.2	54.3	551.0	20.0	55.0	1285.8
4	Abril	30.00	11.0	56.7	744.0	20.0	55.0	1285.8
5	Mayo	31.00	15.5	65.9	1160.0	20.0	55.0	1285.8
6	Junio	30.00	19.2	72.8	1619.0	20.0	55.0	1285.8
7	Julio	31.00	22.0	68.4	1808.0	20.0	55.0	1285.8
8	Agosto	31.00	20.4	79.4	1902.0	20.0	55.0	1285.8
9	Septiembre	30.00	17.2	72.1	1414.0	20.0	55.0	1285.8
10	Octubre	31.00	11.6	81.4	1112.0	20.0	55.0	1285.8
11	Noviembre	30.00	5.6	88.9	808.0	20.0	55.0	1285.8
12	Diciembre	31.00	1.6	85.0	583.0	20.0	55.0	1285.8

Los cerramientos parten de la misma sección constructiva, pero variando el tipo de material aislante, lo que determina tres diferentes factores  $\mu$  o, lo que vale por lo mismo, tres diferentes valores de permeabilidad (¿*transpirabilidad!*?). Se muestra para el caso de un poliestireno extruido -XPS- con factor  $\mu = 100$ :

Pared: **SATE 03.WAL**

Nombre lado 1: EXTERIOR h1 [W/m²K]: 25.0000 μd-1 [m]: 0.0014

No.	Nombre	e [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	μ [-]	μd [m]
1	Monocapa SATE	0.0050	1.200	0.0042	400.0	2.0000
2	XPS	0.1000	0.036	2.7778	100.0	10.0000
3	Adhesivo cementoso	0.0050	1.400	0.0036	50.0	0.2500
4	Fábrica ladrillo	0.2500	0.400	0.6250	6.0	1.5000
5	Enlucido	0.0100	0.700	0.0143	18.0	0.1800

Nombre lado 2: INTERIOR h2 [W/m²K]: 7.6920 μd-2 [m]: 0.0084

**Total: d = 0.3700 m U = 0.278 W/m²K R = 3.425 m²K/W μd = 13.9300 m**

Con estos datos de partida el cálculo higrotérmico ofrece el siguiente resultado:

**Pared:** SATE 03.WAL **Clima:** TURIN.BOC **Método de cálculo:** GLASER

ciclo 1 - período 1 (Enero)

	e	t	ps	p	Qm	cond
	[m]	[°C]	[Pa]	[Pa]	[kg/m²]	[kg/m²]
EXTERIOR		0.1	615	519	0.0266	
		0.3	625	519		-
Monocapa SATE	0.0050				0.0266	
		0.3	626	626		0.0008
XPS	0.1000				0.0274	
		15.7	1786	1179		-
Adhesivo cementoso	0.0050				0.0274	
		15.7	1788	1193		-
Fábrica ladrillo	0.2500				0.0274	
		19.2	2225	1275		-
Enlucido	0.0100				0.0274	
		19.3	2236	1285		-
INTERIOR		20.0	2338	1286	0.0274	
<b>Total:</b>	<b>0.3700</b>					<b>0.0008</b>

En las columnas de la tabla anterior se muestra, de izquierda a derecha:

- la sección constructiva, desde el exterior al interior
- el espesor físico, e, de cada capa de la sección constructiva [en metros]
- la temperatura en cada interfase entre dos capas sucesivas [en °C]
- la presión de saturación en cada interfase entre dos capas sucesivas [en Pascal]
- la presión efectiva en cada interfase entre dos capas sucesivas [en Pascal]
- el flujo de vapor por difusión en cada interfase entre dos capas sucesivas [en kg de agua por m² de cerramiento; hay que notar que se muestra un valor mensual, para el mes de enero]
- en su caso, la condensación habida, en la interfase en que ocurra [en kg de agua por m² de cerramiento; hay que notar que se muestra un valor mensual, para el mes de enero]

En la tabla anterior es interesante resaltar el muy bajo valor de “transpiración” del muro. En un mes de enero, se difunden unos 27 gramos de vapor por cada metro cuadrado de fachada. Es decir, algo menos de un gramo por día.

La condensación formada entre el aislamiento de XPS y el revoco de mortero monocapa es de solo 8 décimas de gramo en todo el mes de enero. Se considera inapreciable a todos los efectos.

Para un aislamiento con factor  $\mu = 30$ , se obtiene, con la misma sección constructiva, la siguiente tabla:

**Pared:** SATE 02.WAL    **Clima:** TURIN.BOC    **Método de cálculo:** GLASER

**cycle 1 - período 1 (Enero)**

	e [m]	t [°C]	ps [Pa]	p [Pa]	Qm [kg/m <sup>2</sup> ]	cond [kg/m <sup>2</sup> ]
EXTERIOR		0.1	615	519	0.0267	
		0.3	626	519		-
Monocapa SATE	0.0050				0.0267	
		0.3	627	627		0.0395
Aislante térmico $\mu=30$	0.1000				0.0662	
		15.6	1775	1027		-
Adhesivo cementoso	0.0050				0.0662	
		15.7	1778	1060		-
Fábrica ladrillo	0.2500				0.0662	
		19.2	2222	1261		-
Enlucido	0.0100				0.0662	
		19.3	2233	1285		-
INTERIOR		20.0	2338	1286	0.0662	
<b>Total:</b>	<b>0.3700</b>					<b>0.0395</b>

Vemos que la fachada con SATE deja difundir más vapor, hasta 66 gramos por m<sup>2</sup> en el mes de enero (2.13 gramos diarios), pero ello se produce a costa de una condensación, si bien no preocupante, al menos ya de cierta entidad, unos 40 gramos por m<sup>2</sup> de fachada, difundiendo al exterior finalmente una cantidad, unos 27 gramos por m<sup>2</sup> (0.87 gramos diarios), igual a la del caso de haber aislado con un aislante de factor  $\mu = 100$ .

Finalmente para un aislamiento con factor  $\mu = 1$ , se obtiene, con la misma sección constructiva, la siguiente tabla:

**Pared:** SATE 01.WAL    **Clima:** TURIN.BOC    **Método de cálculo:** GLASER

**ciclo 1 - período 1 (Enero)**

	e [m]	t [°C]	ps [Pa]	p [Pa]	Qm [kg/m <sup>2</sup> ]	cond [kg/m <sup>2</sup> ]
EXTERIOR		0.1	615	519	0.0536	
		0.3	626	519		-
Monopaca para SATE	0.0050				0.0536	
		0.4	627	627		0.1067
Aislante térmico $\mu=1$	0.1000				0.1603	
		15.5	1755	659		-
Adhesivo base cementosa	0.0050				0.1603	
		15.5	1757	740		-
Fábrica ladrillo	0.2500				0.1603	
		19.2	2218	1225		-
Enlucido	0.0100				0.1603	
		19.2	2229	1283		-
INTERIOR		20.0	2338	1286	0.1603	
<b>Total:</b>	<b>0.3700</b>					<b>0.1067</b>

De nuevo vemos que la fachada con SATE deja difundir más vapor, hasta 160 gramos por  $m^2$  en el mes de enero (unos 5.16 gramos diarios), pero ello se produce a costa de una condensación ya bastante elevada de 107 gramos por  $m^2$  de fachada (que habrá que valorar ciertamente en cuanto a riesgo de excesiva condensación a lo largo del año), difundiendo al exterior finalmente una cantidad de unos 54 gramos por  $m^2$  (unos 1.74 gramos diarios), el doble que en el caso haber aislado con los aislantes de factor  $\mu = 100$  y de factor  $\mu = 30$ .

La diferencia en permeabilidad de la fachada entre dichos productos queda pues reducida a  $1.74 - 0.87 = 0.87$  gramos diarios por  $m^2$  de fachada. De hecho, para evitar las condensaciones se recurrirá, en el caso del aislante con factor  $\mu = 1$  a protegerlo con barreras o frenos para vapores, con lo que la permeabilidad será, en realidad, inferior (por no decir nula).

Pero hay que notar que este proceso de difusión de vapor resulta insignificante si, por ejemplo, la sección constructiva no ofrece adecuada estanqueidad al aire y se ve invadida de aire que arrastra vapor por convección -no difusión-, como se explicó anteriormente.

A título comparativo baste señalar que una barrera de vapor mal sellada, mal encintada, deja pasar (insistamos: por convección) hasta 800 gramos de agua en forma de vapor cada día, ¡por cada metro lineal mal sellado!. Por supuesto, las enormes condensaciones intersticiales a que pueda dar lugar son el auténtico problema constructivo, y magro consuelo sería decir que la pared, a cambio, “transpira” con facilidad...