

# INFORME TÉCNICO

Cálculo del flujo y de la transmitancia  
lineal de puentes térmicos  
Comprobación riesgo formación moho

**OBJETO:** Restructuración de vivienda de dos plantas.  
Reforma de guardilla.

**PARTE DE LA OBRA:** Cálculo de puentes térmicos

**PROYECTISTA:** Ing. Carlo Álvarez

**COMITENTE:** Restructura SpA

**Proyectista**

---



# INFORME TÉCNICO

## **Cálculo numérico de la energía transmitida a través de las estructuras construidas afectadas por puentes térmicos y comprobación del riesgo de formación de moho.**

La evaluación deriva de una simulación numérica a los elementos finitos; de esa manera se calculan y se reportan los flujos térmicos sobre cada elemento y el flujo térmico total, las temperaturas internas y las temperaturas superficiales, las transmitancias térmicas de cada uno de los elementos, el coeficiente de acoplamiento térmico y la transmitancia térmica lineal del puente térmico.

Para la valoración de la formación de moho se resalta la mínima temperatura superficial sobre la cara interior, la temperatura crítica, el factor de temperatura crítico  $f_{RSi,max}$  y el mes crítico.

Acabado el cálculo se marca si el puente térmico es correcto y si el puente térmico está sujeto o no a riesgo de formación de moho.

## **Método de cálculo**

El método de cálculo de los elementos finitos, previsto por la norma UNI EN ISO 10211, permite recabar las transmitancias térmicas lineales y las temperaturas superficiales.

Se basa en las siguientes premisas:

- todas las propiedades físicas son independientes de la temperatura;
- no hay fuentes de calor en el interior del elemento de edificación.

El método numérico utilizado es válido según cuanto previsto por el Apéndice A. de la misma norma, en cuanto:

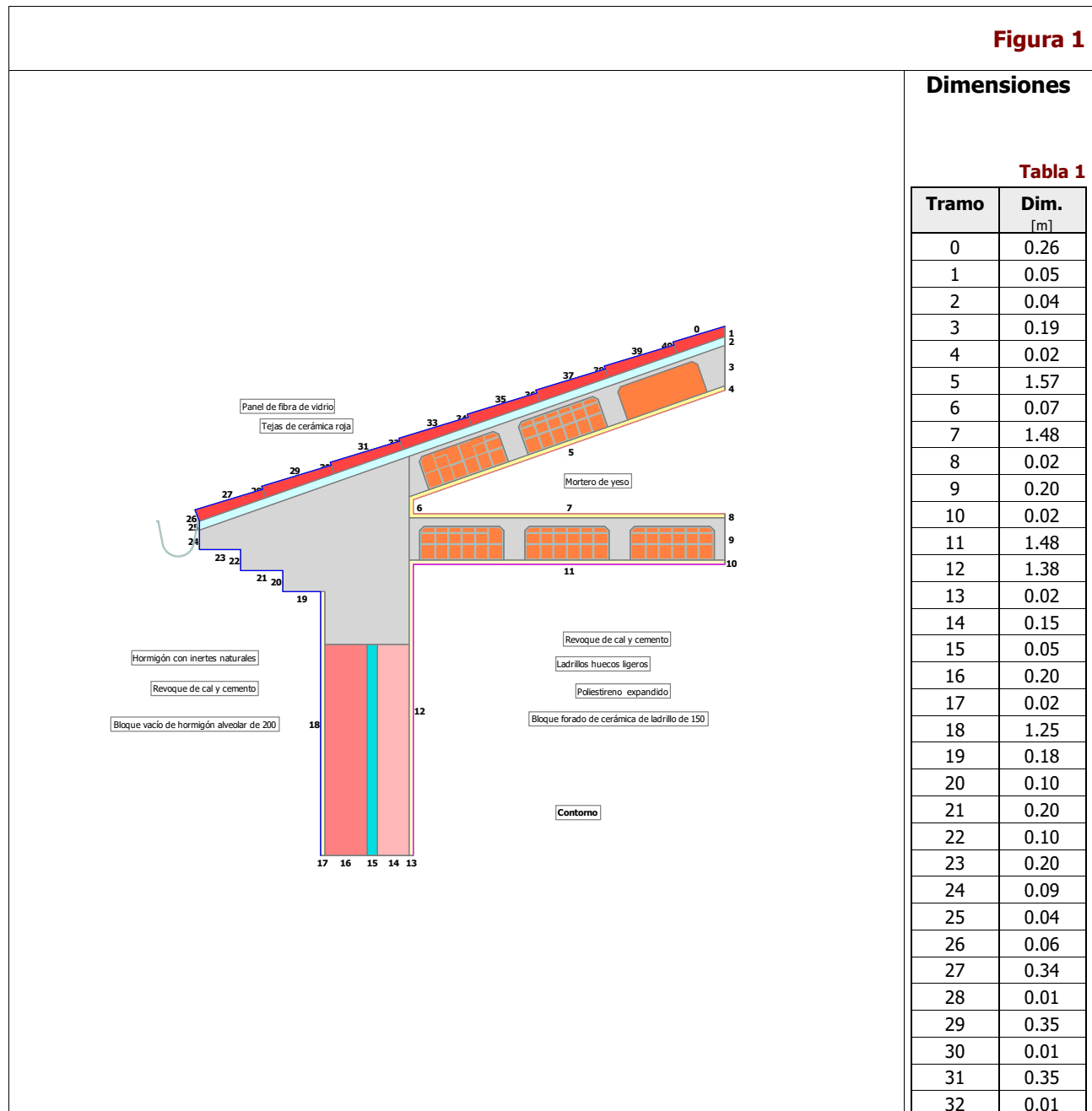
- a) proporciona las temperaturas y los flujos térmicos;
- b) permite calcular las temperaturas y los flujos térmicos en posiciones diferentes de las indicadas en la norma;
- c) calcula la suma de los valores absolutos de todos los flujos térmicos dos veces, para  $n$  nudos (o celdas) y para  $2n$  nudos (o celdas). La diferencia entre estos dos resultados siempre es menor del 1%;
- d) repite el cálculo hasta cuando la suma de todos los flujos térmicos (positivo y negativo) entrantes en el objeto, dividida por la mitad de la suma de los valores absolutos de todos estos flujos térmicos, es menor de 0,0001.

# DATOS Y RESULTADOS DE CÁLCULO

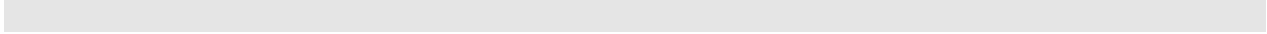
## Dimensiones geométricas

En la siguiente figura se reporta el esquema geométrico del puente térmico en el cual están representadas las dimensiones, la forma y las estratigrafías de los materiales que lo componen; cada diferente segmento de confín está contraseñado por una etiqueta numerada.

En la tabla a la derecha se reportan las dimensiones, expresas en m, de todos los tramos de confín contraseñados por las etiquetas.



	33	0.35
	34	0.01
	35	0.35
	36	0.01
	37	0.35
	38	0.01
	39	0.35
	40	0.01

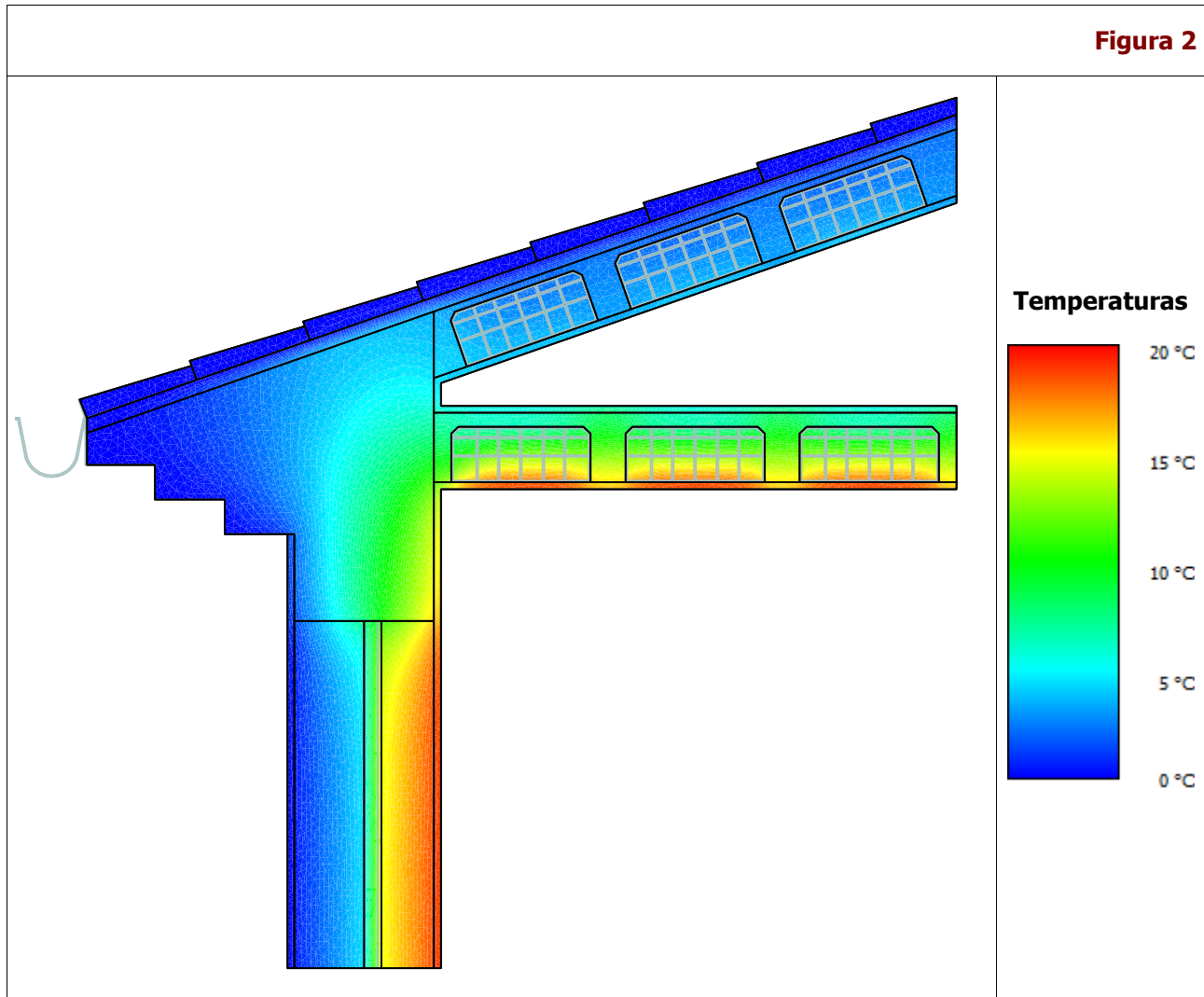


## Curvas de temperatura

La figura 2 reporta la representación de las curvas de nivel del puente térmico calculado.

En la tabla a la derecha se reporta la escalera cromática relativa al intervalo de temperatura definida sobre el contorno. Las temperaturas mínimas y máximas se refieren a las temperaturas calculadas sobre los flancos, al confín con el ambiente interno y externo, tomando en cuenta también la transferencia térmica convectiva.

Las curvas están definidas con un paso de 0.25 °C.



## Condiciones al contorno externas – Datos Climáticos

En la siguiente tabla se reportan los datos climáticos (temperaturas e humedad relativa) utilizados para la valoración de la temperatura y del mes crítico para la formación de moho sobre las superficies internas.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T[°C]	1.2	3.1	8.3	11.9	18.0	22.1	23.6	22.6	19.1	12.3	6.8	2.6
UR[%]	83.2	80.4	80.6	66.6	65.3	60.4	54.1	72.6	74.6	82.0	93.0	88.2

## Condiciones al contorno - Cálculo de la transmitancia

En la siguiente tabla están enumeradas todas las zonas de confín con las relativas temperaturas y coeficiente de convección.

Para poder efectuar el cálculo es necesario definir por lo menos un ambiente INTERNO y uno EXTERNO: el cálculo de la transmitancia térmica lineal se efectúa a partir desde el ambiente INTERNO.

**Tabla 2**

Zonas	btr	Temperatura [°C]
EXTERNO	-	0.00
Guardilla	0.80	4.00
Interno (respecto al cual se calcula el PT)	-	20.00

## Condiciones al contorno internas – Valoración riesgo formación de moho

En la siguiente tabla se reportan las temperaturas y las humedades relativas de la zona interior.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T[°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
UR[%]	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0

## Características térmicas de los materiales

En la siguiente tabla se propone la lista de todos los materiales utilizados para la estructura del puente con el relativo valor de conductividad térmica.

**Tabla 3**

Material	Conductividad térmica [W/mK]
Bloque forado de cerámica de ladrillo de 150	0.3330
Bloque vacío de hormigón alveolar de 200	0.4250
Poliestireno expandido	0.0400
Revoque de cal y cemento	0.7000
Hormigón con inertes naturales	1.0100
Ladrillos huecos ligeros	0.1300
Tejas de cerámica roja	0.9900
Panel de fibra de vidrio	0.0420
Mortero de yeso	0.2900

## Características terreno

La siguiente tabla reporta las características del TERRENO, cuando presente.

La evaluación del coeficiente de la transferencia térmica de los suelos sobre el terreno está hecha conformemente a la *UNI EN ISO 13370*.

**Tabla 4**

Descripción	Símbolo	Valor	Sistema de Medición
Conductividad térmica	k	1.5000	[W/mK]
Dimensión característica	B'	0.00	[m]
Espesor equivalente	dt	0.00	[m]
Transmitancia equivalente del suelo	Ug	0.00	[W/m <sup>2</sup> K]

Dimensión característica  $B' = (2 * \text{Área pavimento}) / \text{Perímetro pavimento}$

## Flujos térmicos

En la siguiente tabla, por cada confín del puente térmico, se visualiza el flujo térmico con la zona de confín y el coeficiente de convección relativo a cada flanco.

**Tabla 5**

Fachada	Zona asociada	Flujo [W/m]	Coefficiente de convección [W/m <sup>2</sup> K]
0	EXTERNO	-0.49	25.0
5	Guardilla	2.83	7.7
6	Guardilla	-0.44	7.7
7	Guardilla	-21.67	7.7
11	Interno (respecto al cual se calcula el PT)	24.22	7.7
12	Interno (respecto al cual se calcula el PT)	23.40	7.7
18	EXTERNO	-16.81	25.0
19	EXTERNO	-2.67	25.0
20	EXTERNO	-0.85	25.0
21	EXTERNO	-1.23	25.0
22	EXTERNO	-0.36	25.0
23	EXTERNO	-0.47	25.0
24	EXTERNO	-0.09	25.0
25	EXTERNO	-0.01	25.0
26	EXTERNO	-0.01	25.0
27	EXTERNO	-0.19	25.0
28	EXTERNO	-0.02	25.0
29	EXTERNO	-0.79	25.0
30	EXTERNO	-0.04	25.0
31	EXTERNO	-1.20	25.0
32	EXTERNO	-0.04	25.0
33	EXTERNO	-0.88	25.0
34	EXTERNO	-0.03	25.0
35	EXTERNO	-0.73	25.0
36	EXTERNO	-0.03	25.0



**Tabla 5**

<b>Fachada</b>	<b>Zona asociada</b>	<b>Flujo</b> [W/m]	<b>Coefficiente de convección</b> [W/m <sup>2</sup> K]
37	EXTERNO	-0.70	25.0
38	EXTERNO	-0.03	25.0
39	EXTERNO	-0.67	25.0
40	EXTERNO	-0.02	25.0



## Resultados finales - Cálculo de la transmitancia térmica lineal

En la tabla final se reportan los valores de cálculo relativos a la estructura completa.

El resultado de la simulación numérica es el flujo térmico (**F**) que atraviesa la estructura, expresado en W/m, debido a la diferencia de temperatura entre el ambiente INTERNO y el ambiente EXTERNO.

El flujo térmico equivalente (**F\_spt**), expresado siempre en W/m, relativo a la estructura sin puente térmico, ha sido evaluado en relación a la misma diferencia de temperatura entre el interior y el exterior y a la longitud equivalente (**L**) definida para la comparación.

A partir de la diferencia entre estos dos valores son calculadas la transmitancia térmica lineal (**kl**) y el coeficiente de acoplamiento (**L2D**).

**Tabla 6**

U [W/mK]	Long. asociada [mm]
1.80	1.48
0.42	1.38

**Tabla 7**

Descripción	Símbolo	Valor	Sistema de Medición
Transmitancia térmica lineal	kl	-0.85	[W/mK]
Flujo térmico total	F	47.62	[W/m]
Coefficiente de acoplamiento	L2D	2.38	[W/mK]
Longitud equivalente	L	2.86	[m]
Flujo térmico (sin puente térmico)	F_spt	54.01	[W/m]

## Comprobación riesgo formación moho

En la tabla final se reportan los valores mensuales para la valoración del mes crítico, del factor de temperatura crítica y de la temperatura crítica, como prevé la **EN ISO 13788**.

<b>Factor de temperatura crítico</b>	$f_{RSi,max}$	[-]	0.82
<b>Temperatura formación moho</b>	$T_{min}$	[°C]	16.69

De la valoración resulta:

- mes crítico: **Enero**
- temperatura mínima sobre la cara interna: **13.66°C**

**El puente térmico es sujeto a riesgo formación moho.**

	condiciones externas		condiciones internas						
	$T_e$	$\varphi_e$	$T_i$	$\varphi_i$	$p_{sat}(\theta_i)$	$p_i$	$p_{sat}(\theta_{si})$	$T_{si,min}$	$f_{RSi}$
<b>Ene</b>	1.2	83.2%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.82
<b>Feb</b>	3.1	80.4%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.8

<b>Mar</b>	8.3	80.6%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.72
<b>Abr</b>	11.9	66.6%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.59
<b>May</b>	18.0	65.3%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	-0.66
<b>Jun</b>	22.1	60.4%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	2.58
<b>Jul</b>	23.6	54.1%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	1.92
<b>Ago</b>	22.6	72.6%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	2.27
<b>Set</b>	19.1	74.6%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	-2.68
<b>Oct</b>	12.3	82%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.57
<b>Nov</b>	6.8	93%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.75
<b>Dic</b>	2.6	88.2%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.81

#### LEYENDA

$T_e$	Temperatura externa media mensual	[°C]
$\Phi_e$	Humedad relativa externa media mensual	[%]
$T_i$	Temperatura interna media mensual	[°C]
$\Phi_i$	Humedad relativa interna media mensual	[%]
$p_{sat}(\theta_i)$	Presión de saturación interna	[Pa]
$p_i$	Presión de vapor interno	[Pa]
$p_{sat}(\theta_{si})$	Presión de saturación interna mínima aceptable	[Pa]
$T_{si,min}$	Temperatura superficial mínima aceptable	[°C]
$f_{RSI}$	Factor de temperatura	[-]

El puente térmico es está correcto.

\$?????\$, \$????? \$

El proyectista

---

(sello y firma)