



Transmisión de Calor y Masa en las Envolventes

Sesión 2: 6 de Mayo de 2019, Tarde

- Puentes térmicos
 - Introducción
 - Criterios de cálculo
- Aplicación numérica
 - Aplicación informática THERM
 - Cálculo de puentes térmicos
- Aplicación. Coeficiente global de pérdidas de un edificio -2D

Beñat Arregi Goikolea
Tecnalia, División Building Technologies
benat.arregi@tecnalia.com
+34 610 742 971



¿Qué es un puente térmico?

CTE DB-HE

“aquella zona de la *envolvente térmica* del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, (...), que conlleva una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento”

UNE-EN ISO 10211

“aquella parte de la envolvente de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente”



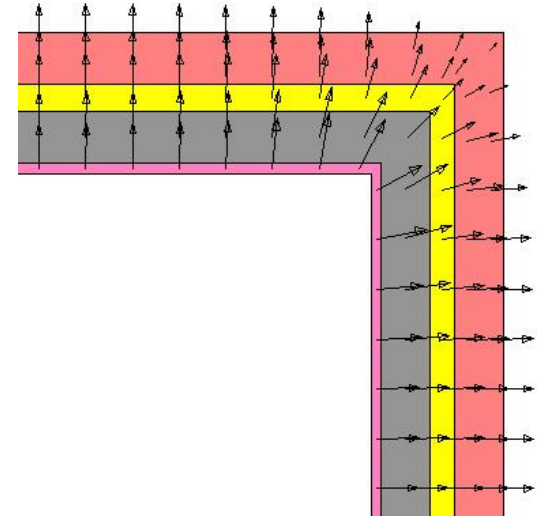
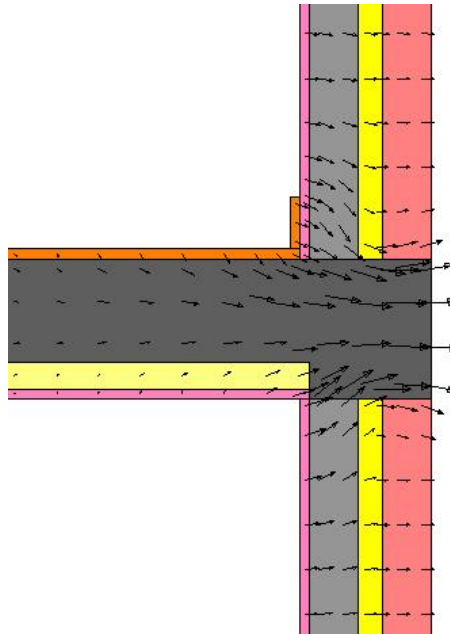


Causas de los puentes térmicos

Penetraciones completas o parciales del aislamiento con materiales de diferente conductividad térmica

Cambios en el espesor de la fábrica

Cambios de geometría en la envolvente térmica, creando una diferencia entre áreas interiores y exteriores

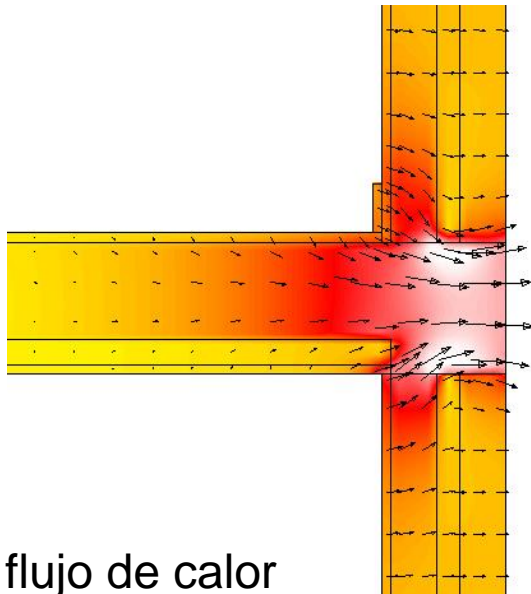




Efectos de los puentes térmicos

Mayor transmisión de calor

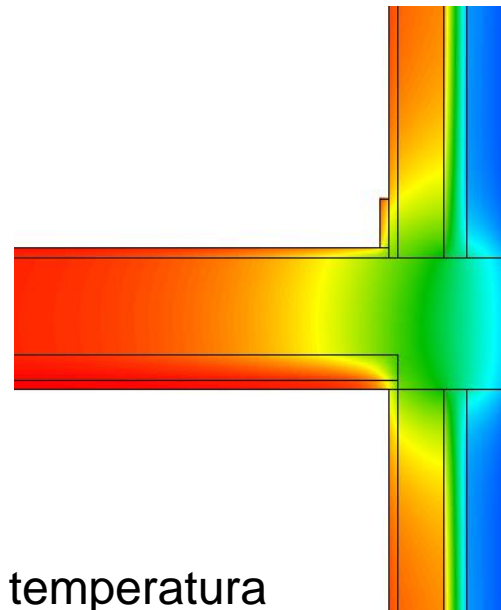
El flujo de calor adicional creado por un puente térmico se mide por su transmitancia térmica lineal o puntual



flujo de calor

Menor temperatura superficial

Puede acarrear condensaciones o mohos. El riesgo se evalúa mediante el factor de temperatura



temperatura



UNIVERSIDAD DE BURGOS

Efectos de los puentes térmicos

Efectos visibles por cambios de temperatura superficial



Condensación superficial

Imagen: Building Life Consultancy



Crecimiento de mohos

Imagen: Building Life Consultancy



Degradación estética

Imagen: Fraunhofer IBP



Tipos de puentes térmicos

Los puentes térmicos pueden detectarse mediante termografías (por cambios en la temperatura superficial).

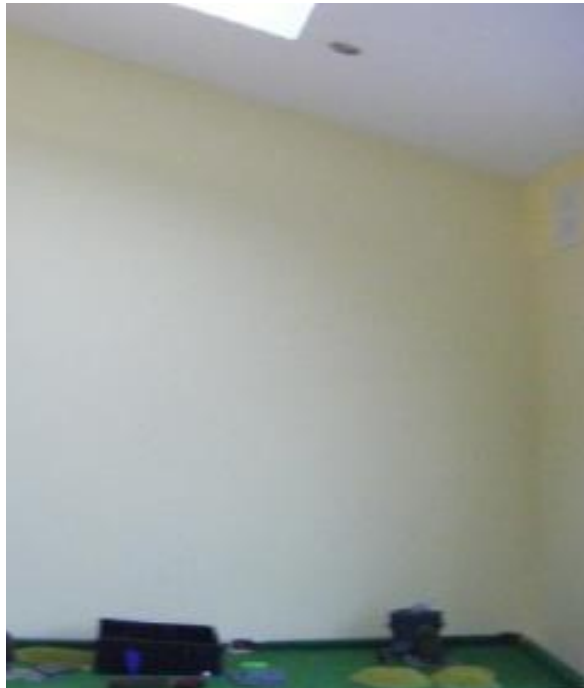


Imagen: Building Life Consultancy

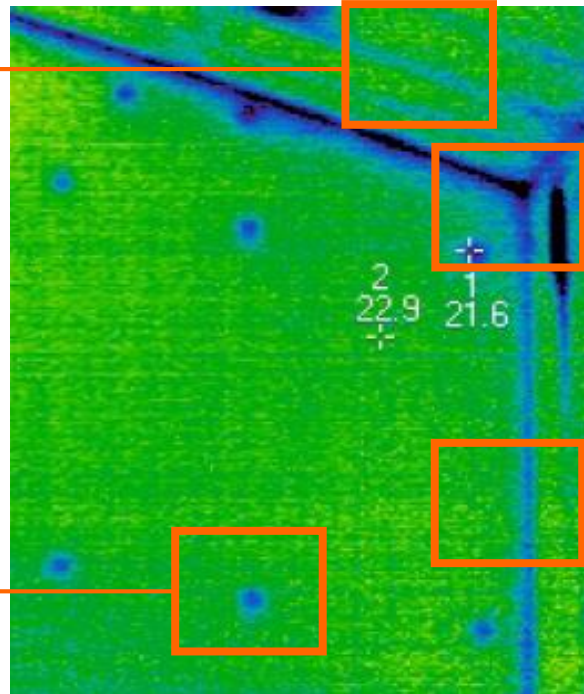


Tipos de puentes térmicos

Los puentes térmicos pueden detectarse mediante termografías (por cambios en la temperatura superficial).

Cambios (2D)
integrados en
 U de cubierta

Anclajes (3D)
integrados en
 U de muro



Puente térmico puntual
Encuentro 3D

Puente térmico lineal
Encuentro 2D

Imagen: Building Life Consultancy



Marco normativo: CTE

DB-HE Ahorro de energía:

Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

15.1 Exigencia básica HE 1: Limitación de la demanda energética

Los *edificios* dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la *demanda energética* necesaria para alcanzar el *bienestar térmico* en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los *puentes térmicos* para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.



Marco normativo: CTE

DB-HE Ahorro de energía:

5 Procedimientos de cálculo de la demanda

5.1 Características de los procedimientos de cálculo de la demanda

5.1.1 Características generales

- 1 Cualquier procedimiento de cálculo debe considerar, bien de forma detallada o bien de forma simplificada, los siguientes aspectos:
 - e) las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la *envolvente térmica* del edificio, compuesta por los *cerramientos opacos*, los *huecos* y los *puentes térmicos*, con consideración de la inercia térmica de los materiales;



Marco normativo: CTE

DB-HE Ahorro de energía:

5 Procedimientos de cálculo de la demanda

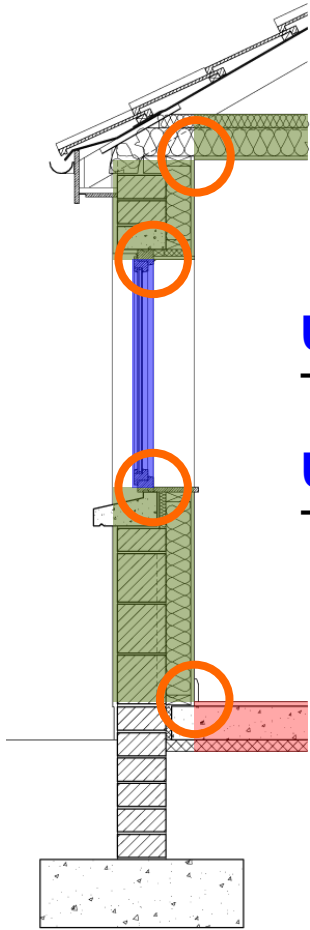
5.2 Modelo del edificio

5.2.4 Puentes térmicos

- 1 Deben considerarse los *puentes térmicos lineales* del edificio, caracterizados mediante su tipo, la *transmitancia térmica lineal*, obtenida en relación con los *cerramientos* contiguos, y su longitud. Debe especificarse el *sistema dimensional* utilizado cuando no se empleen dimensiones interiores o pueda dar lugar a dudas.



Marco normativo: normas UNE-EN ISO



UNE-EN ISO 14683

Puentes térmicos: métodos simplificados y valores por defecto

UNE-EN ISO 10211

Puentes térmicos: cálculo numérico

UNE-EN ISO 10077-1

Transmitancia térmica de ventanas: generalidades

UNE-EN ISO 10077-2

Transmitancia térmica de ventanas: cálculo numérico

UNE-EN ISO 6946

Transmitancia térmica de componentes para edificación

UNE-EN ISO 13370

Transmitancia térmica por el terreno



Concepto de cálculo para un PT lineal

Fórmula de UNE-EN ISO 10211 para la transmitancia térmica lineal

Ψ values are determined from

$$\Psi = L_{2D} - \sum U_j l_j$$

where

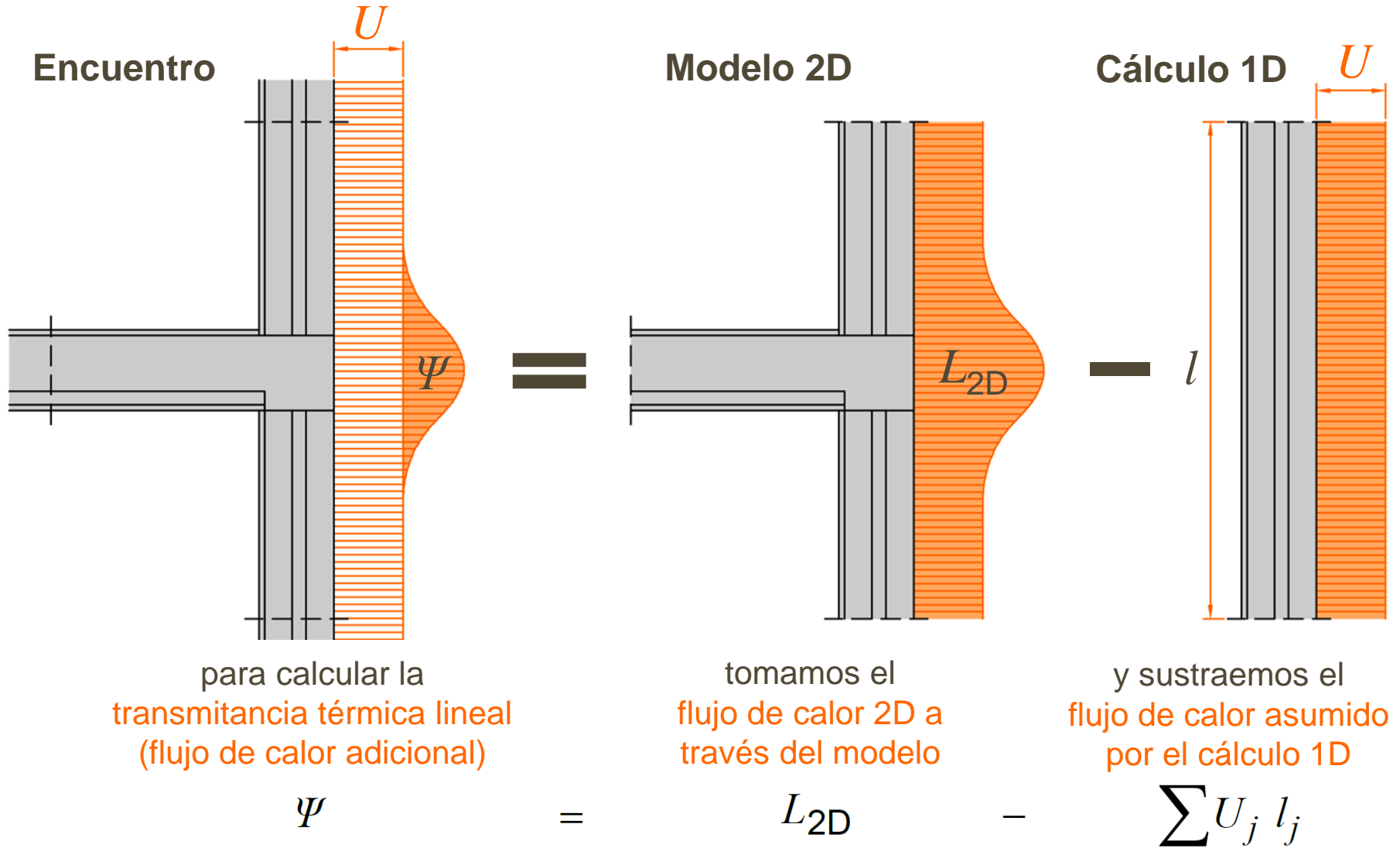
L_{2D} is the thermal coupling coefficient obtained from a 2-D calculation of the component separating the two environments being considered;

U_j is the thermal transmittance of the 1-D component, j , separating the two environments being considered;

l_j is the length over which the value U_j applies.

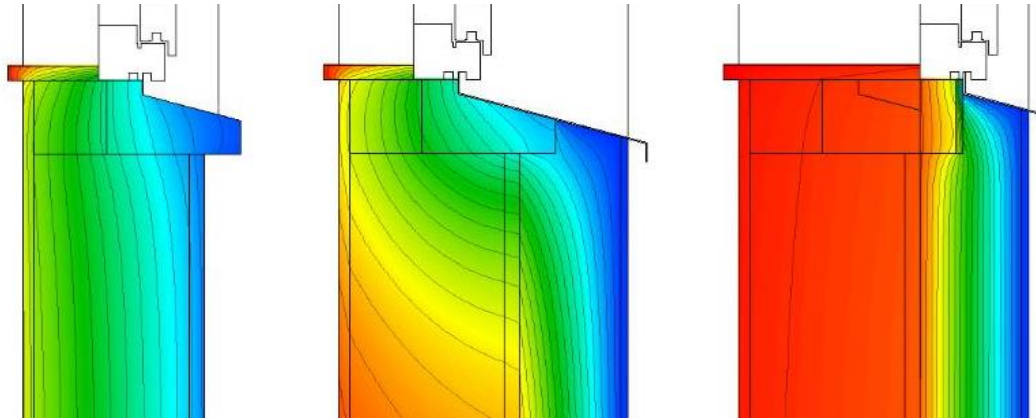


Concepto de cálculo para un PT lineal

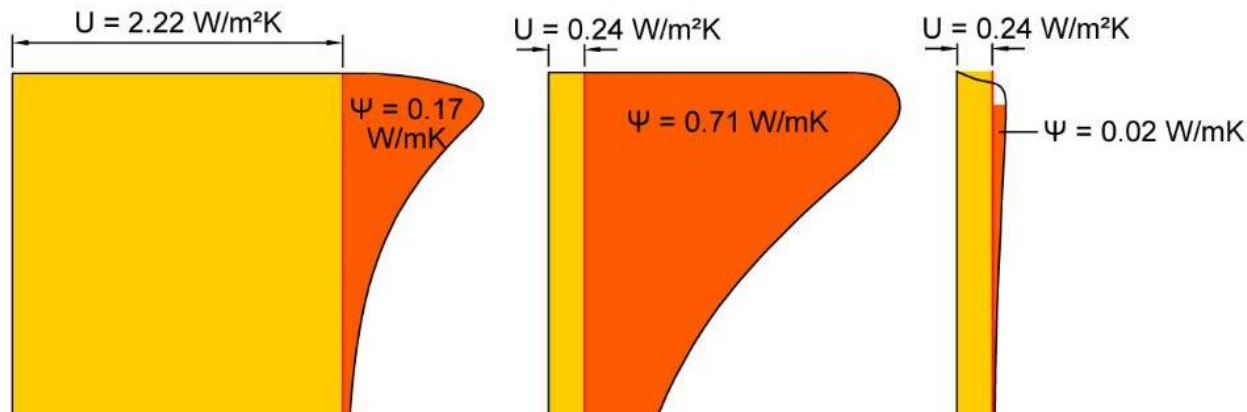




A más aislamiento, mayor importancia de PT



Al mejorar el aislamiento térmico (menor U) el flujo de calor adicional suele incrementarse (mayor Ψ) para un mismo detalle





Dimensiones **interiores** vs. **exteriores**

UNE-EN ISO 10211

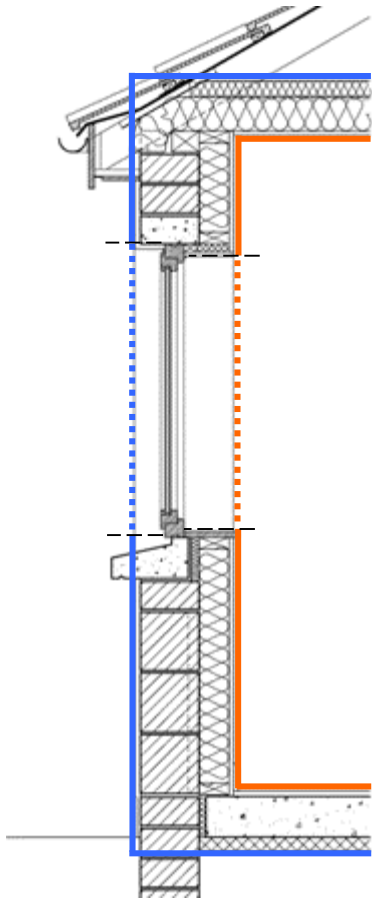
Las longitudes se miden utilizando dimensiones **interiores** o **exteriores**, de acuerdo al sistema de dimensiones general utilizado para el edificio

CTE DA DB-HE / 3

Es preferible utilizar el sistema de **dimensiones interiores**, ya que es el más habitual en nuestro entorno normativo y el empleado por las herramientas oficiales para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios

Manual PHPP (Passivhaus)

Las dimensiones utilizadas son siempre **dimensiones exteriores** (relativas a la capa más exterior de la envolvente)





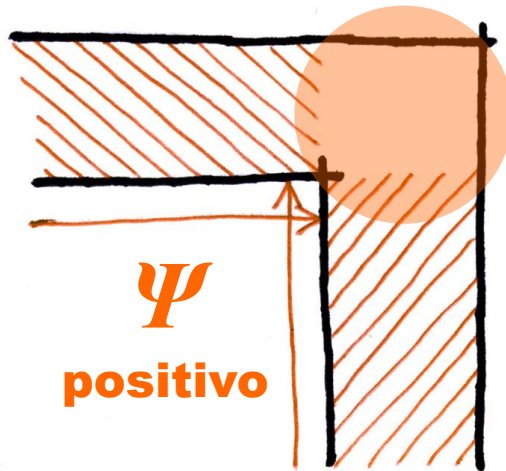
Dimensiones **interiores** vs. **exteriores**

Para los PT con componente geométrico (áreas interiores \neq exteriores), la transmitancia térmica lineal depende del sistema de dimensiones escogido.

$$\Psi = L_{2D} - \sum U_j l_j$$

Para dimensiones exteriores, los valores de l son generalmente mayores, por lo que los valores de Ψ son menores

Dimensiones interiores



El flujo a través de este área **no se considera** en los cálculos 1D

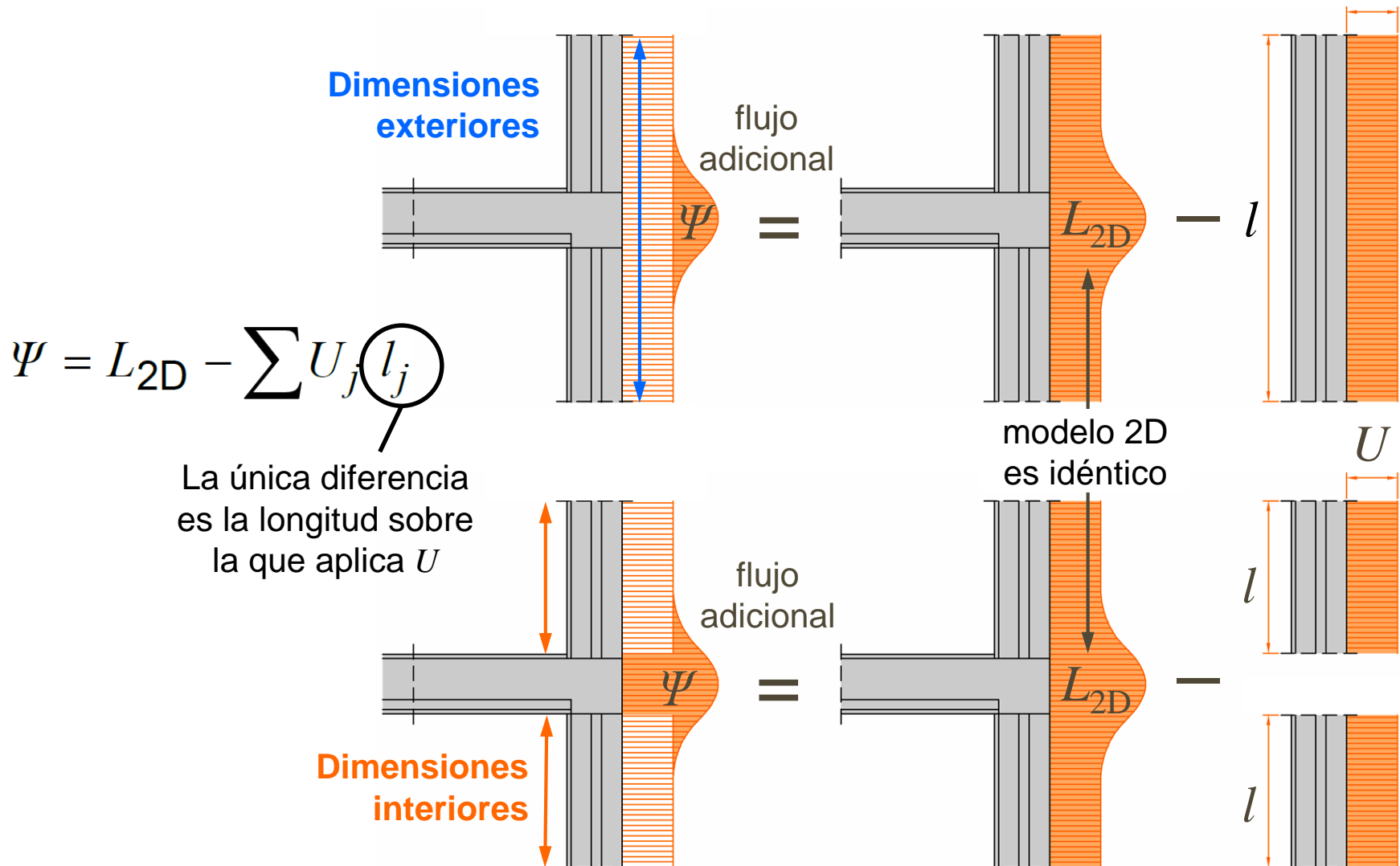
Dimensiones exteriores



El flujo a través de este área **se cuenta dos veces** en los cálculos 1D



Dimensiones **interiores** vs. **exteriores**



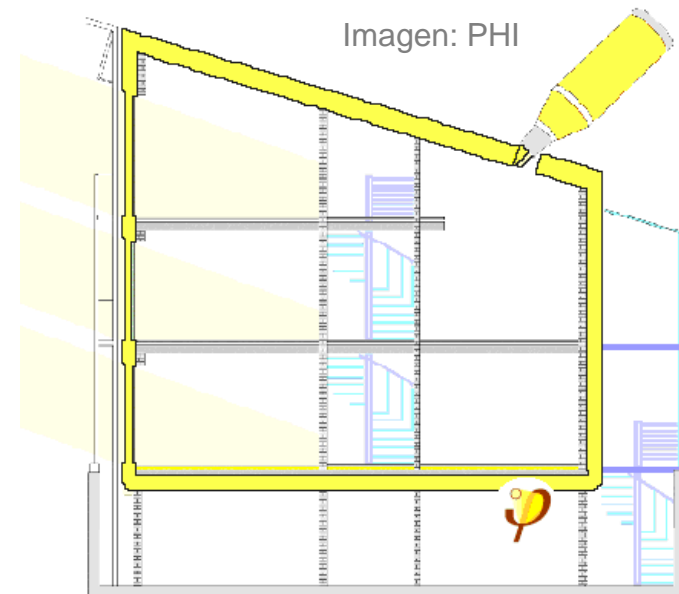


El método Passivhaus para los PT

Al utilizar **dimensiones exteriores** hay un cierto margen de seguridad (el flujo 1D está sobreestimado), y por tanto no se calculan todos los puentes térmicos.

Un puente térmico puede despreciarse si:

- El detalle está certificado como $\Psi_e < 0,01 \text{ W/mK}$ (existen atlas y catálogos)
- Es un puente térmico puntual (excepto si es metálico)
- El espesor del aislamiento es continuo a lo largo del encuentro (mantiene al menos 2/3 del espesor)



Si algún encuentro incumple estas condiciones debe calcularse y computarse.



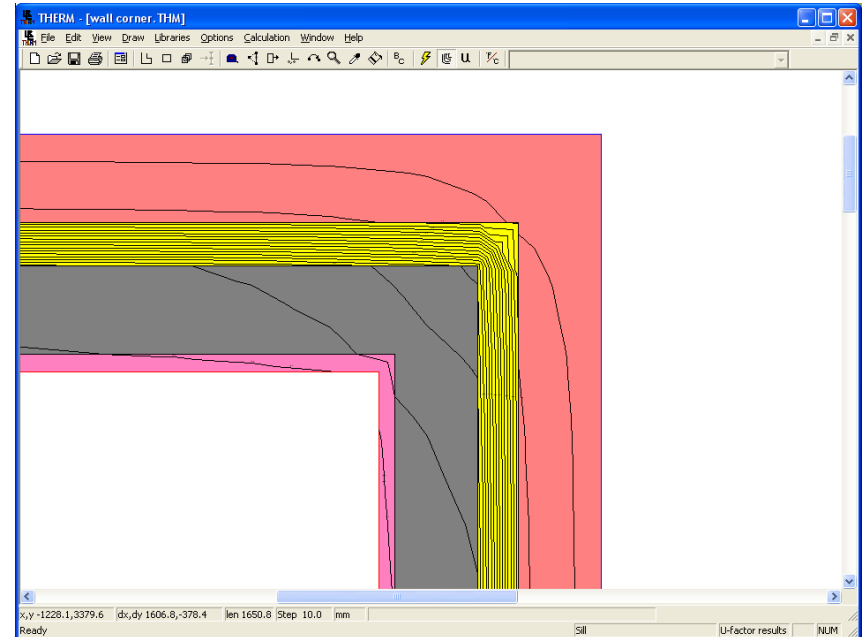
Introducción a THERM

¿Qué es THERM?

- Es un programa software desarrollado por Laurence Berkeley National Lab (EE UU)
- Tiene licencia gratuita
- Está validado contra ISO 10211 (por terceros)

¿Qué puede modelar THERM?

- Puentes térmicos (2D) y elementos planos (1D)
- Flujo de calor estacionario (no dinámico)
- Geometrías complejas (no está limitado a elementos rectangulares)





Preparación de cálculo en THERM

1 Geometría

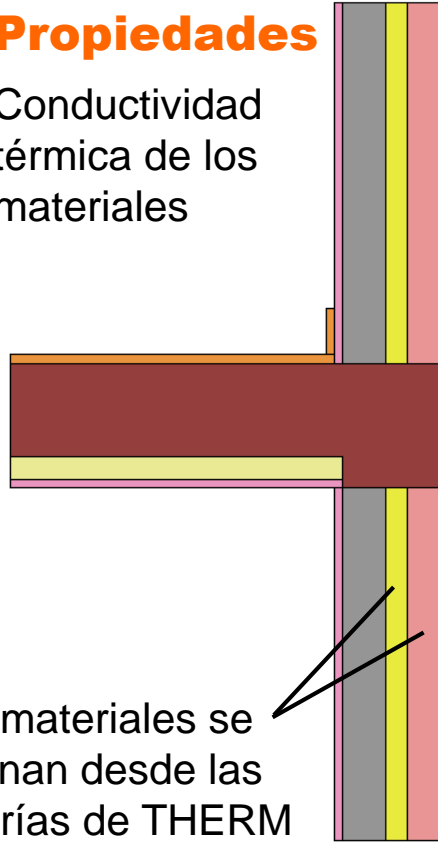
Definir posición y dimensiones de los elementos



El dibujo puede importarse de un archivo CAD

2 Propiedades

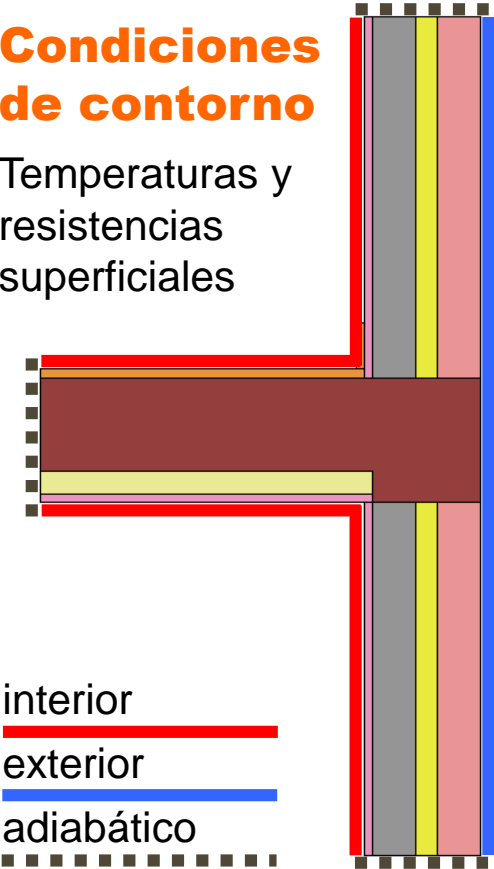
Conductividad térmica de los materiales



Los materiales se asignan desde las librerías de THERM

3 Condiciones de contorno

Temperaturas y resistencias superficiales



interior

exterior

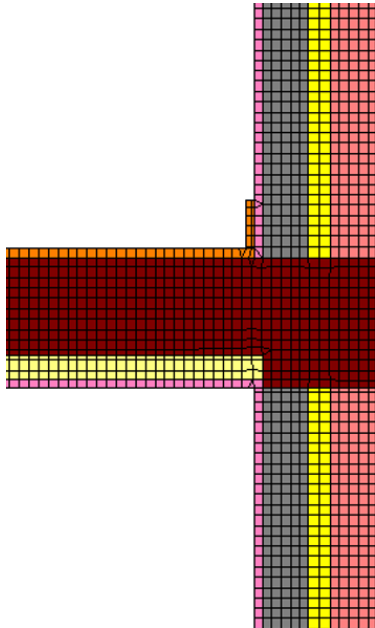
adiabático



Procedimiento interno de THERM

MESHER

Genera la malla y la optimiza automáticamente



SOLVER

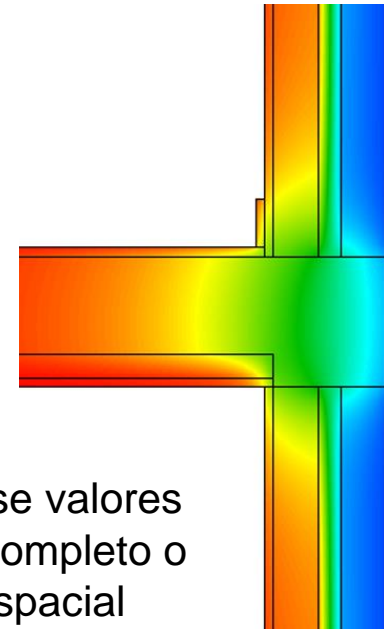
Se resuelven las ecuaciones para cada celda por método de elementos finitos (FEM)

El estimador de errores determina si la malla es adecuada o debe refinarse

Pueden obtenerse valores para el modelo completo o su distribución espacial

POST-PROCESSOR

Genera resultados de temperatura y flujo de calor

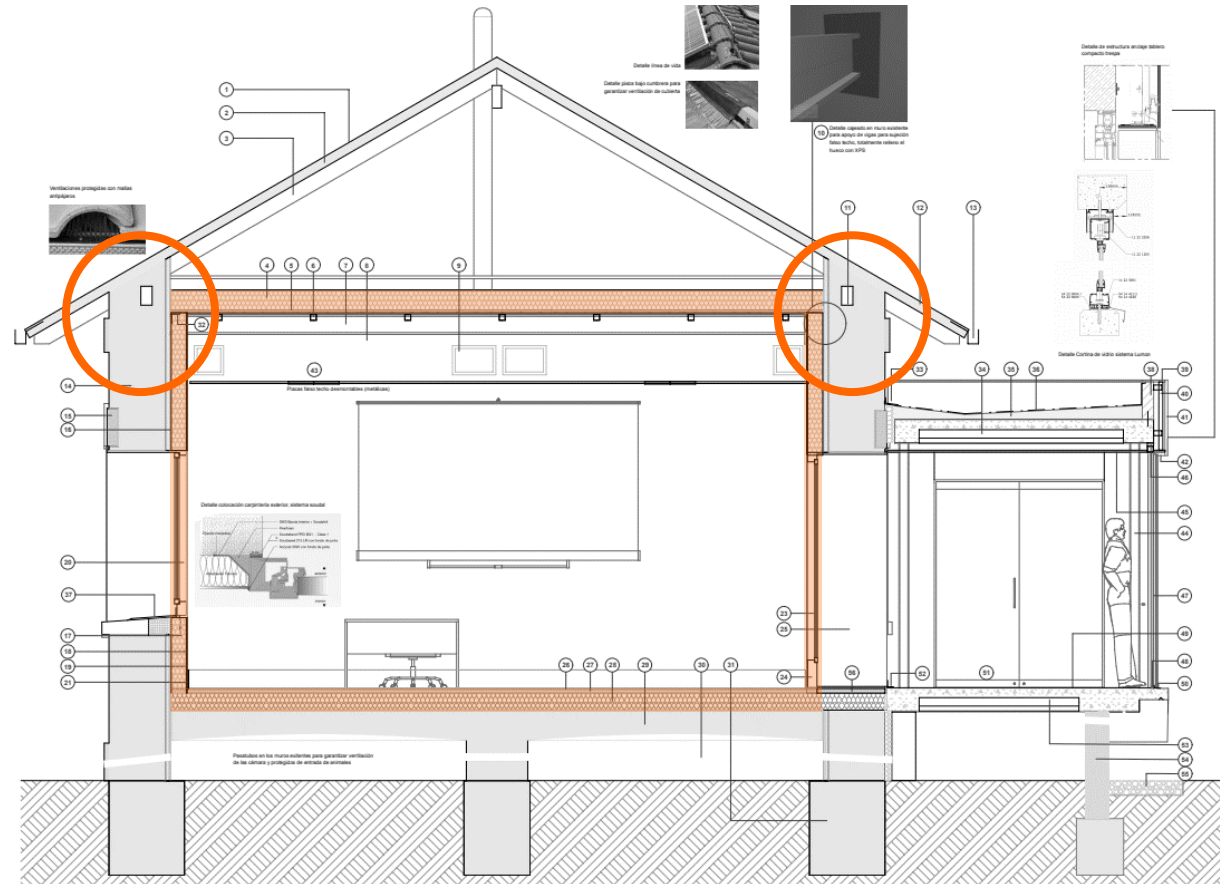




Aplicación

Pabellón 4 del Antiguo Hospital Militar, Burgos

Calcularemos el flujo de calor adicional y el riesgo de condensaciones para el encuentro entre muro y techo





UNIVERSIDAD DE BURGOS

Instalación de THERM



THERM63Setup.exe



Interfaz de THERM

Menú principal

con todas las funcionalidades

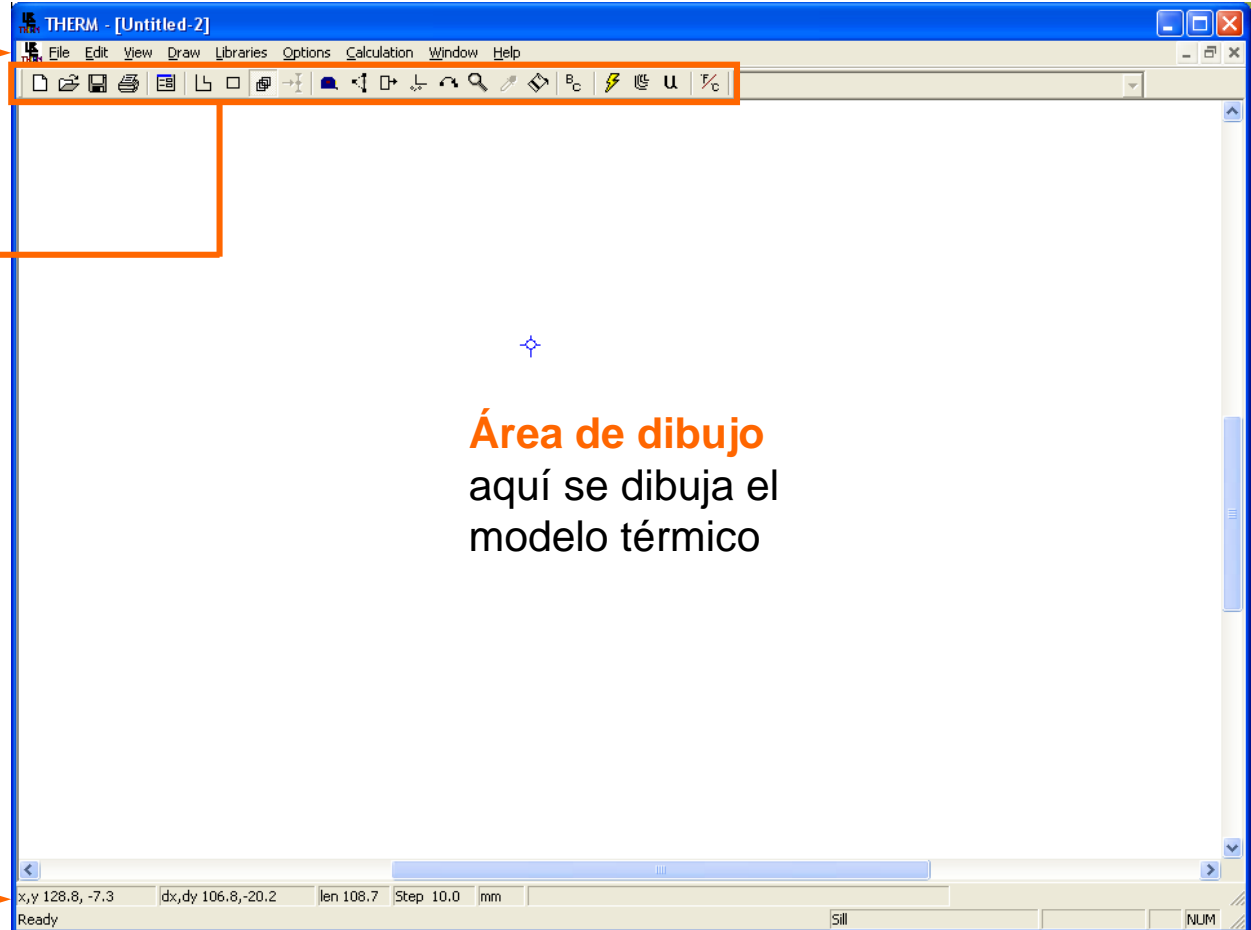
Barra de herramientas

con las opciones más comunes

Área de dibujo

aquí se dibuja el modelo térmico

Barra de estado

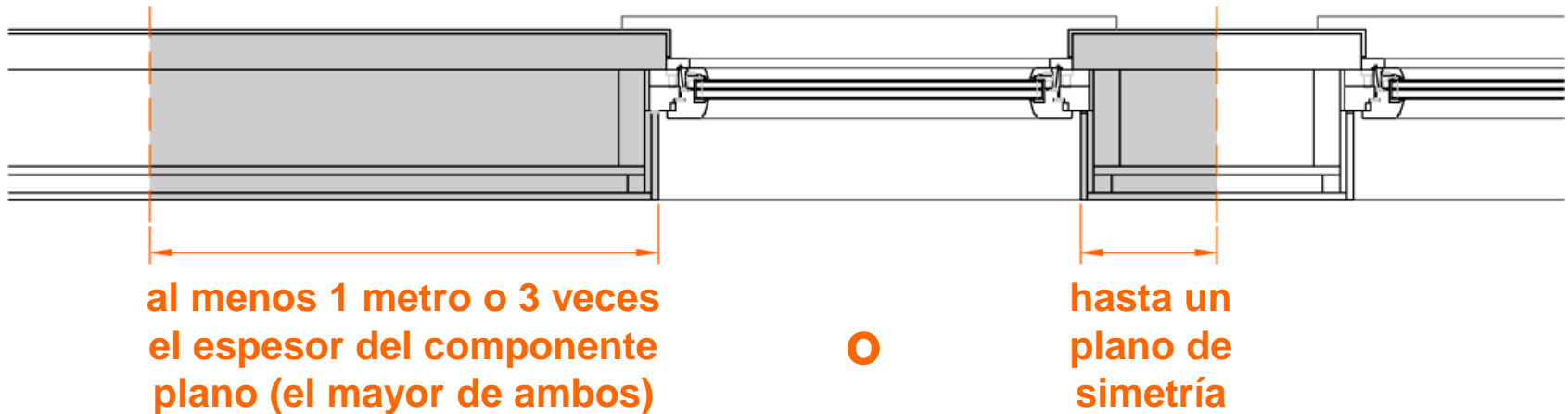




Criterios de cálculo

Dimensiones del modelo

El modelo debe incluir los elementos planos adyacentes al puente térmico (muros, cubiertas, etc.) hasta una dimensión determinada.

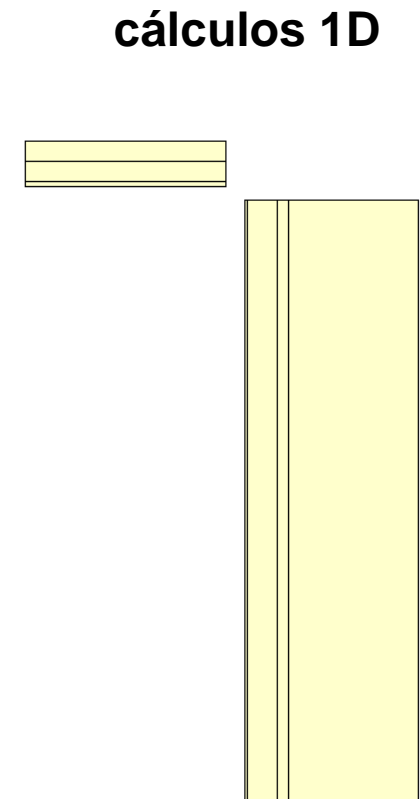
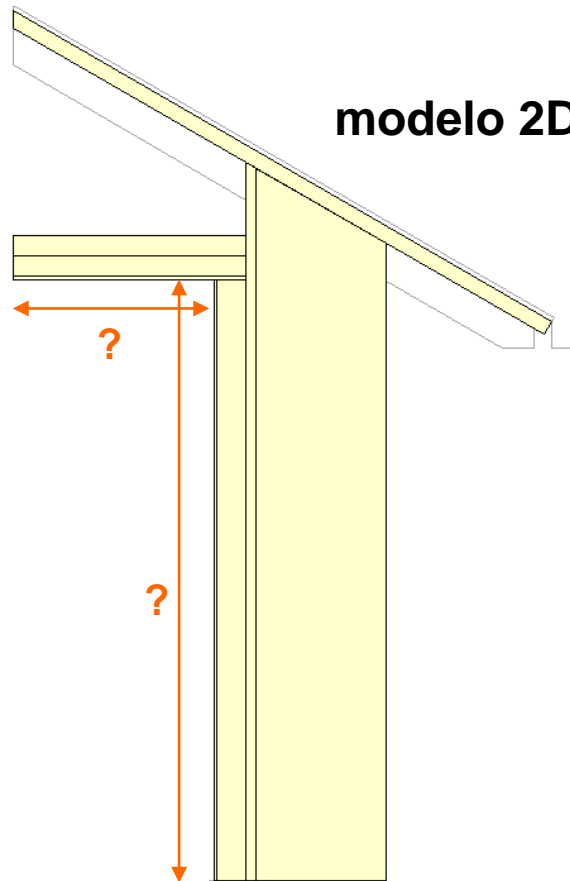


Fuente:

- UNE-EN ISO 10211



Aplicación: modelos térmicos

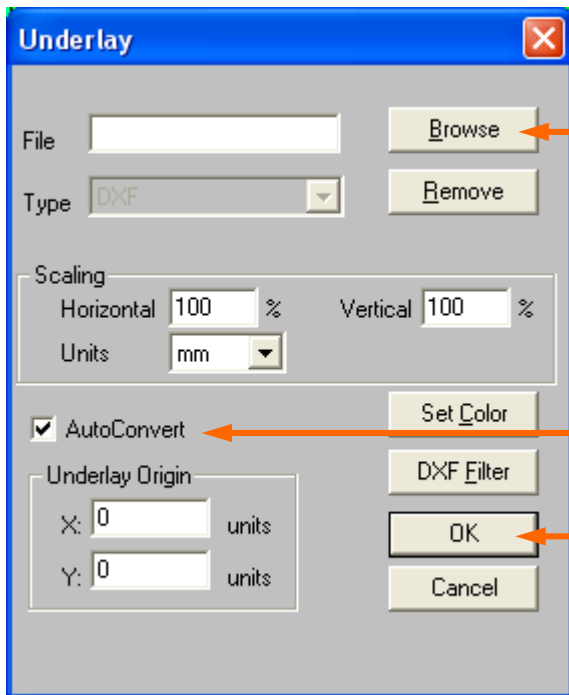




Importar una imagen DXF a THERM

Si la imagen se ha creado con AutoCAD, debe guardarse en formato DXF R12/LT2.

En THERM, ir a **File / Underlay**



pulsar sobre **Browse** y seleccionar archivo DXF

marcar **AutoConvert** para convertir polígonos en sólidos

pulsar **OK**



Dibujar en THERM

botón izdo. Elegir material / contorno

botón dcho. Zoom +

Shift + botón dcho. Zoom -

Ctrl + botón dcho. Zoom a dibujo completo

números establecer Step Size
flechas mover un Step Size
espaciador forzar cursor sobre punto

 Medir distancia

 Dibujar polígono

 Dibujar rectángulo

 Dibujar varios

 Insertar punto

 Desplazar punto

 Desplazár polígono

 Pulsar en **Snap Settings**

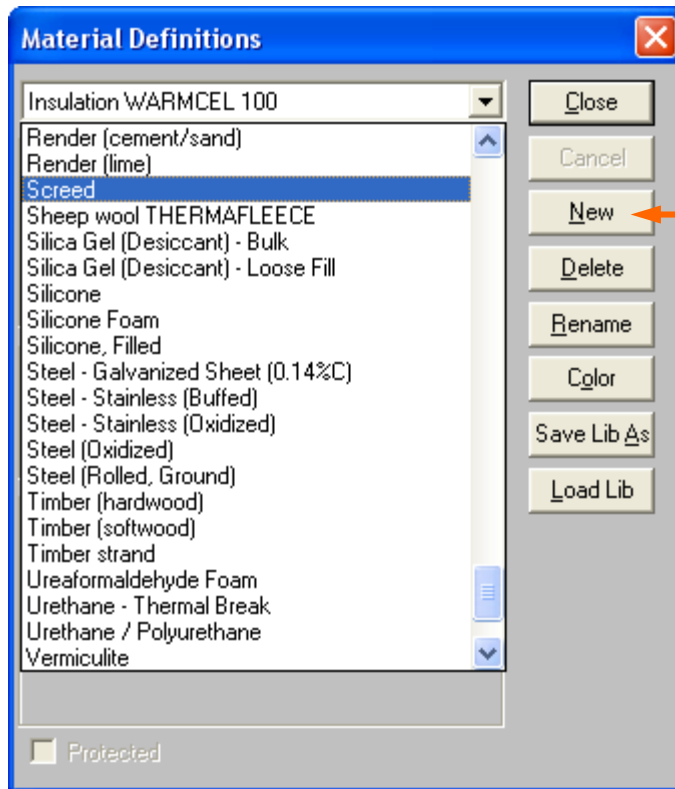




Asignar materiales en THERM

Todos los polígonos deben tener un material asignado.

Pueden añadirse nuevos materiales a las librerías de THERM.



pulsar sobre **New**



Asignar materiales en THERM

Todos los polígonos deben tener un material asignado.
Pueden añadirse nuevos materiales a las librerías de THERM.

Nombre del material

Tipo de material:
Solid

Propiedades:
Conductividad
Emisividad

Las librerías de
materiales
pueden guardarse
y cargarse

La **conductividad térmica**
puede obtenerse de:

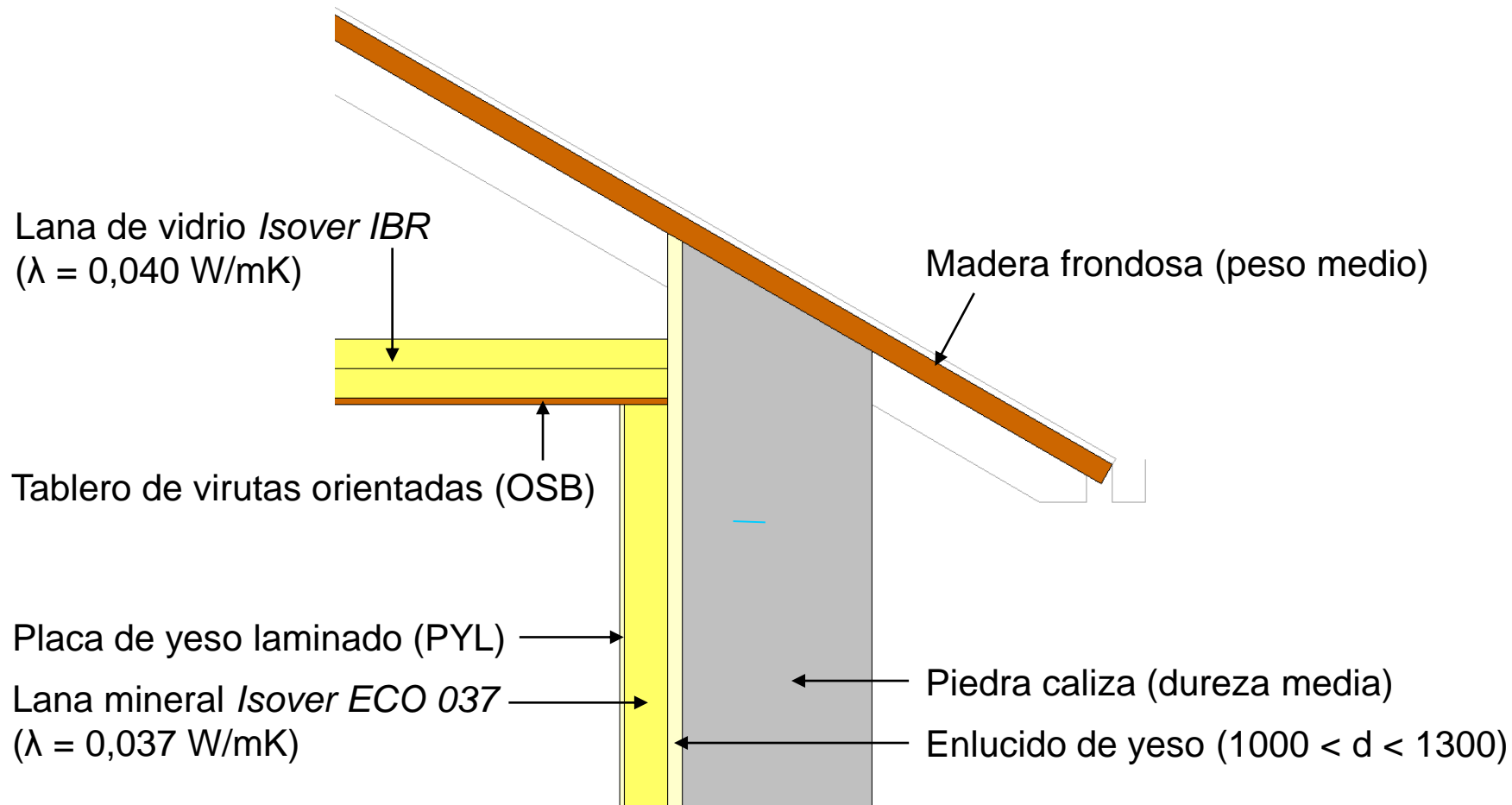
- Valores de fabricantes
- CTE (Catálogo de Elementos Constructivos)
- UNE-EN ISO 10456

La **emisividad** solo afecta
si hay una cámara de aire
adyacente

- Valor típico 0,9 para la
mayoría de materiales
no metálicos



Aplicación: materiales





Criterios de cálculo

Resistencia superficial exterior

la resistencia superficial exterior (R_{se}) :
se considerará igual a $0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$

Resistencia superficial hacia cámaras de aire ventiladas

Igual a la resistencia superficial interior
para cálculo de flujos térmicos

Resistencia superficial interior

Depende del objeto de cálculo

<i>Cálculo de flujos térmicos</i>	$R_{si} [\text{m}^2\cdot\text{K/W}]$
Flujo vertical ascendente	0,10
Flujo horizontal	0,13
Flujo vertical descendente	0,17
Vidrios	0,13
Esquinas de elementos	0,20

<i>Cálculo de temperaturas</i>	$R_{si} [\text{m}^2\cdot\text{K/W}]$
Vidrios	0,13
Elementos en la mitad superior del espacio	0,25
Elementos en la mitad inferior del espacio	0,35

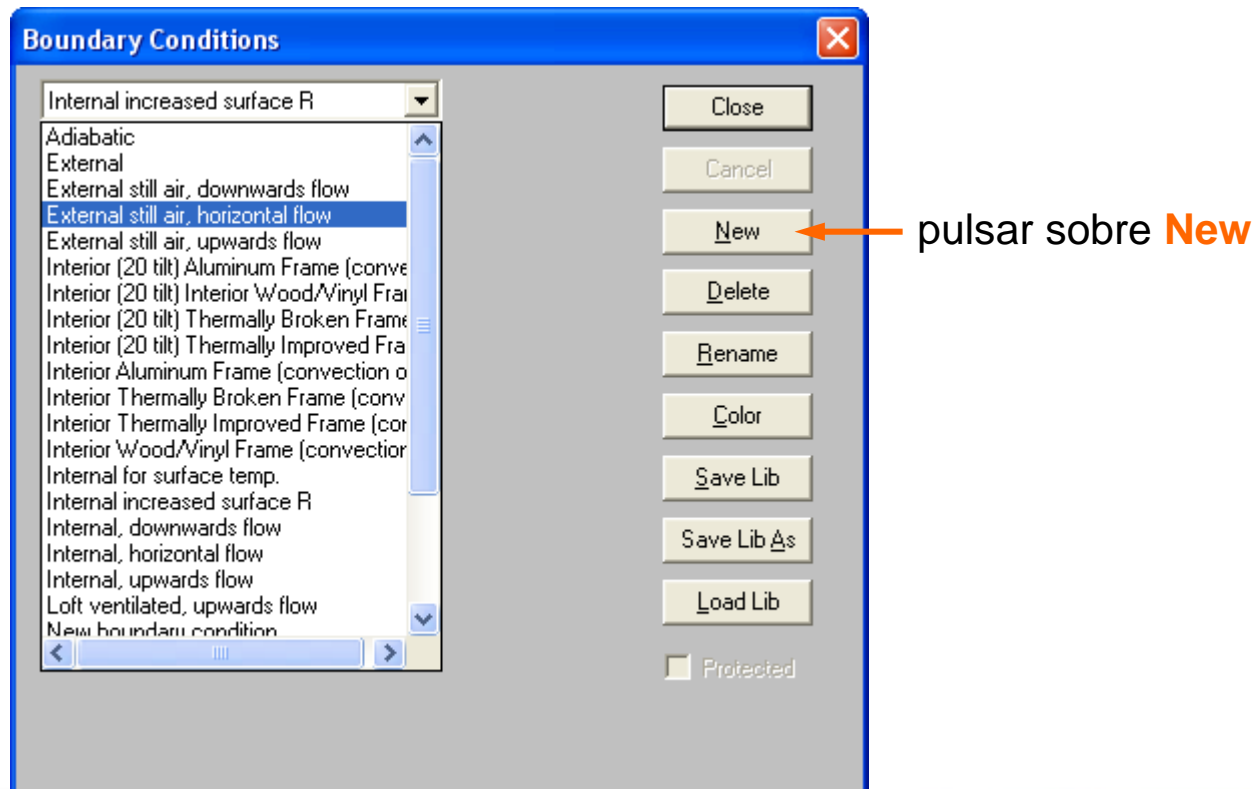
Fuente:

- CTE DA DB-HE / 3
- Normativa ISO



Condiciones de contorno en THERM

Todos los contornos del modelo deben tener una condición de contorno asignada. Pueden añadirse nuevas condiciones de contorno a las librerías de THERM.





Condiciones de contorno en THERM

Todos los contornos del modelo deben tener una condición de contorno asignada. Pueden añadirse nuevas condiciones de contorno a las librerías de THERM.

Nombre de la condición de contorno

Modelo: **Simplified**

Convección y radiación:

Temperatura
Coeficiente de transmisión

Las librerías pueden guardarse y cargarse

Las **temperaturas** escogidas no afectan a los cálculos (se asume que el flujo es proporcional a la dif. de temperatura)

El **coef. de transmisión** es la inversa de la resistencia superficial



Las “etiquetas” en THERM

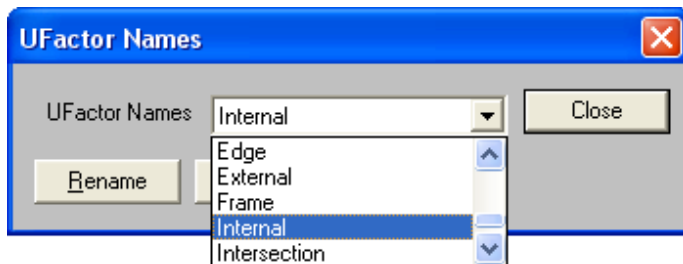
En THERM, los flujos de calor a través de las diferentes condiciones de contorno se identifican mediante “etiquetas” (*U-factor names*).

THERM viene con nombres predefinidos que pueden ser editados. Estos son tan solo “etiquetas” para identificar los diferentes flujos de calor y no afectan al cálculo.

Normalmente el flujo de calor de interés es el que fluye a través de la superficie interior, así que podemos crear un nombre llamado “**Interior**” para dichas superficies.

Pueden también crearse etiquetas adicionales como “**Exterior**” o “**Espacio ventilado**”.

En THERM, ir a **Libraries / UFactor Names**





Seleccionar contornos en THERM

Pulsar botón BC

- 1) Pulsar para seleccionar una superficie de contorno
- 2) Ctrl+clic para seleccionar varias superficies a la vez
- 3) Shift+clic para seleccionar todas las superficies en el sentido contrario a las agujas del reloj

(1) clic

(3) Shift+clic

(2) Ctrl+clic

x,y 1494.0,-65.2 dx,dy 1744.0,-315.2 len 1772.3 Step 10.0 mm
Ready Sill NUM



Seleccionar contornos en THERM

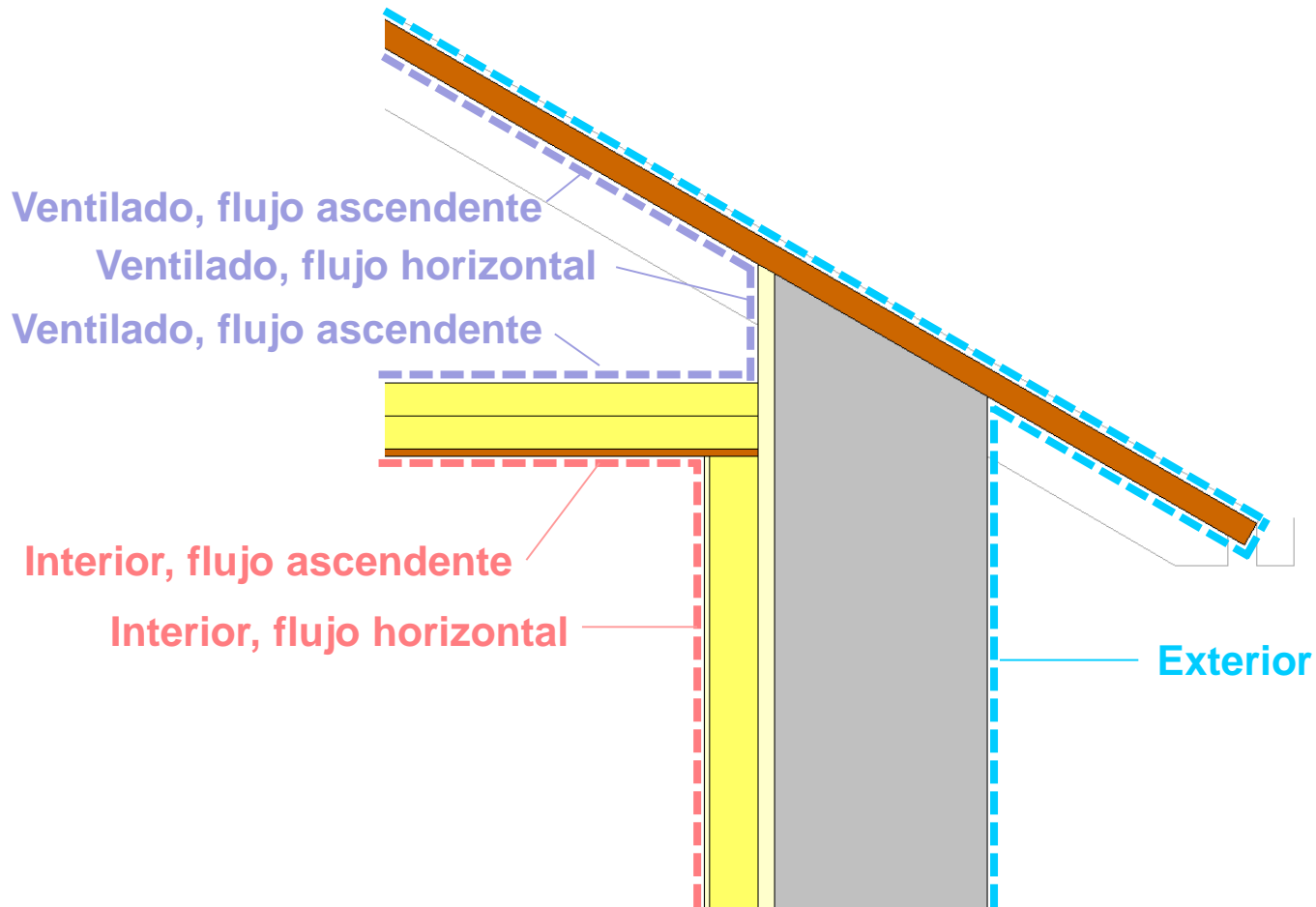
Pulsar **Enter**
después de
seleccionar
contornos

Todas las superficies son adiabáticas por omisión

Al asignar condiciones de contorno, hay que asegurarse de que al menos las interiores tienen una “etiqueta” U-Factor asignada
(Todos los flujos se calculan pero solo los que tienen una “etiqueta” asignada se muestran en los resultados)



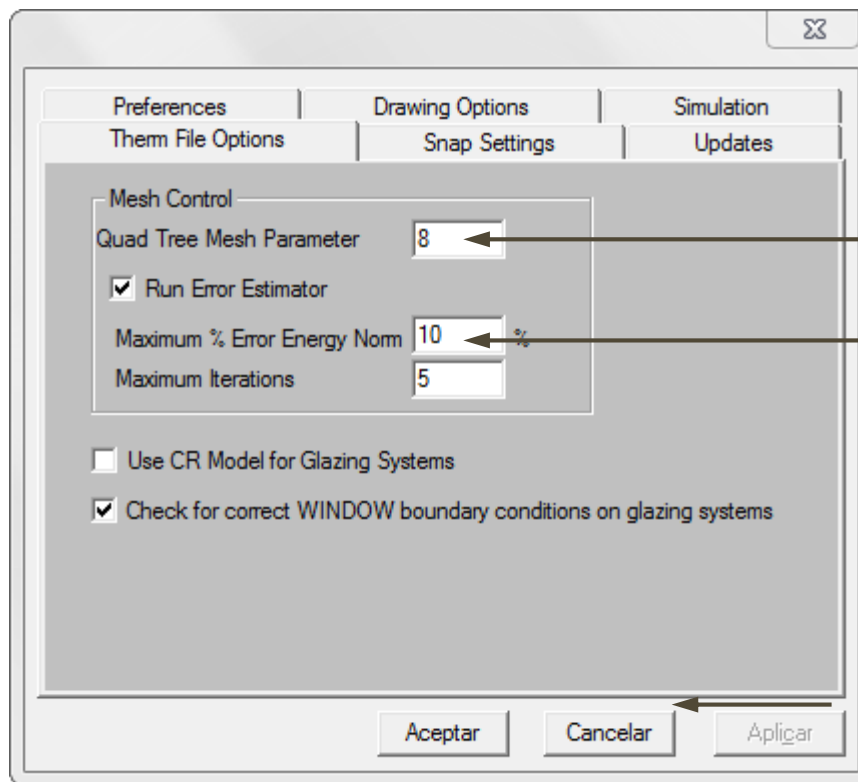
Aplicación: condiciones de contorno





Parámetros de cálculo de THERM

Seleccionar **Options / Therm File Options**



Cuanto mayor es este parámetro,
más precisa es la solución

Un Error Energy Norm < 10%
asegura una incertidumbre < 1% en
el flujo de calor (cumple requisito en
UNE-EN ISO 10211)



Calcular e interpretar resultados en THERM



Pulsar botón 'Calc' o **F9** para lanzar la simulación



Pulsar botón 'U-factors' o **Ctrl+F9** para acceder a los resultados

	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation
Internal	0.5489	20.0	4000	N/A
External	0.9587	20.0	2290	N/A

% Error Energy Norm: 6.78%

Buttons: Export, OK

Dropdown: Total Length

Seleccionar **Total Length**

Estas son las **U-factor labels** o “etiquetas” elegidas al establecer las condiciones de contorno

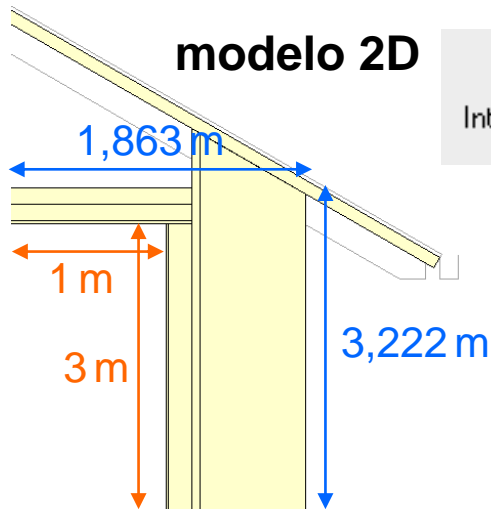
U-factor es la “transmitancia térmica media” aplicada sobre estas **longitudes**

Para modelos 2D: **$L_{2D} = \text{U-factor} \times \text{length}$** (W/mK)

Para componentes 1D: **$U = \text{U-factor}$** (W/m²K)
(la longitud es irrelevante)



Aplicación: cálculos térmicos



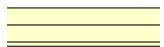
	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm
Interior	0.2114	20.0	4000

$$L_{2D} = \text{U-factor} \times \text{length} = 0,8456 \text{ W/mK}$$

$$\Psi = L_{2D} - \sum U_j l_j$$

$$\Psi_i = 0,8456 - (0,1872 l_{\text{TECHO}} + 0,2071 l_{\text{MURO}}) = 0,037 \text{ W/mK}$$

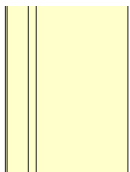
$$\Psi_e = 0,8456 - (0,1872 l_{\text{TECHO}} + 0,2071 l_{\text{MURO}}) = -0,170 \text{ W/mK}$$



**cálculo
1D techo**

	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm
Interior	0.1862	20.0	4000

$$U = \text{U-factor} = 0,1872 \text{ W/m}^2\text{K}$$



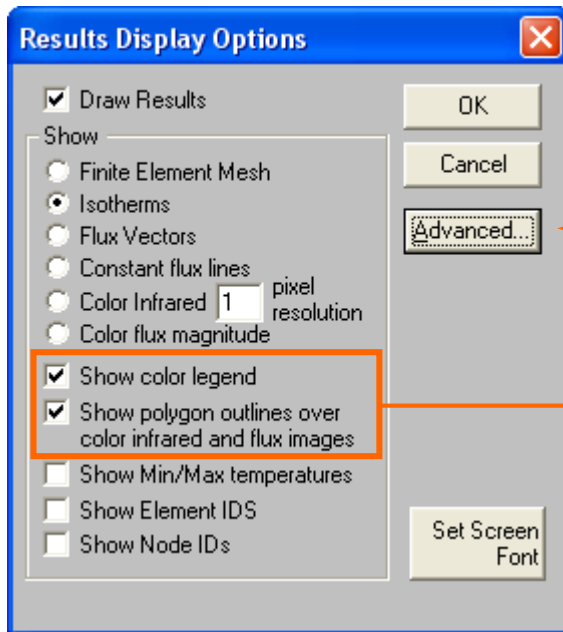
**cálculo
1D muro**

	U-factor W/m ² ·K	delta T C	Length mm
Interior	0.2071	20.0	3000

$$U = \text{U-factor} = 0,2071 \text{ W/m}^2\text{K}$$



Visualización de resultados en THERM



Ir a **Calculation / Display Options** o pulsar **shift + F9**

Aquí pueden establecerse mínimos y máximos para la escala de color

Para '**Color Infrared**' y '**Color flux magnitude**' estas opciones muestran la leyenda de color y los materiales del modelo

Finite element mesh muestra la malla utilizada para el cálculo

Isotherms son curvas de igual temperatura (pueden ayudar a localizar puntos fríos)

Color Infrared muestra la distribución de temperaturas mediante colores

Flux Vectors muestra la magnitud y dirección del flujo de calor mediante flechas

Color flux magnitude muestra la magnitud del flujo de calor mediante colores



El factor de temperatura

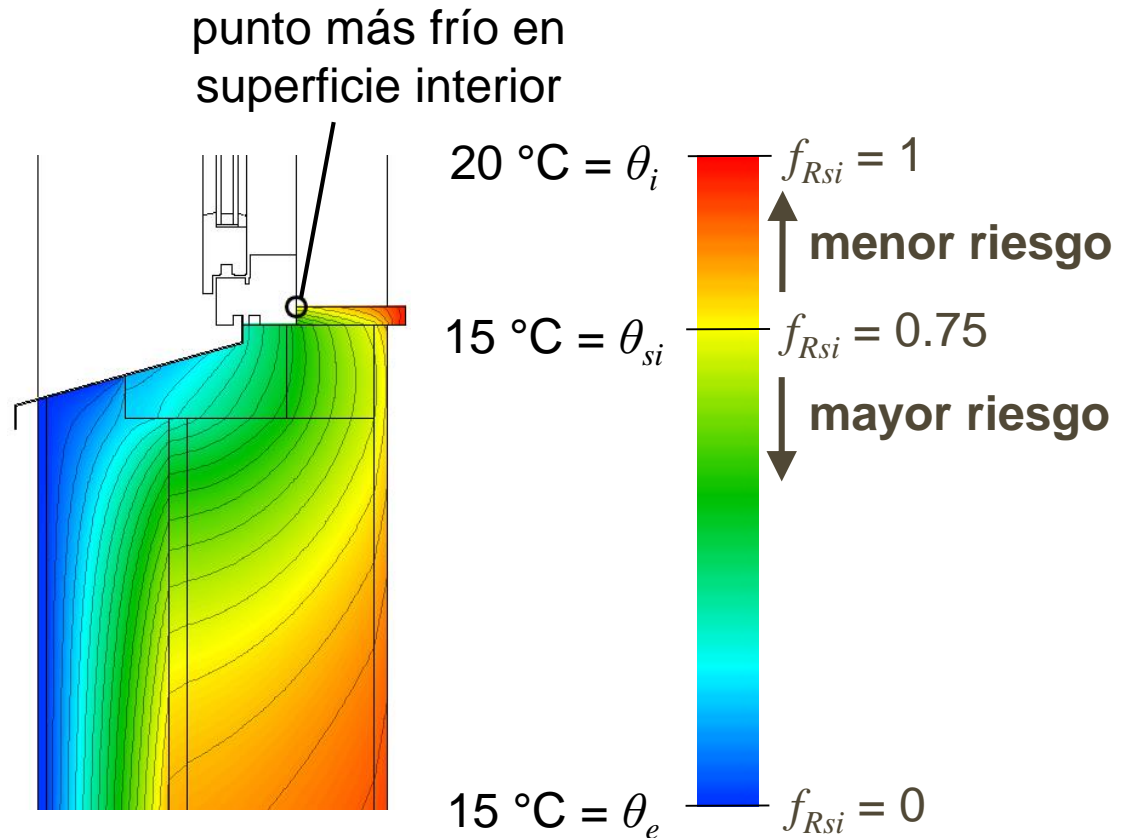
Se utiliza para evaluar el riesgo de condensaciones superficiales y mohos.

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Es un factor adimensional.

Indica la temperatura superficial interior en una escala de 0 (temp. exterior) a 1 (temp. interior).

Su valor no depende de las temperaturas de contorno.





El factor de temperatura

El factor de temperatura (f_{Rsi}) de un puente térmico puede obtenerse:

- Mediante modelado térmico numérico (herramientas software)
- De un atlas de puentes térmicos

$$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$$

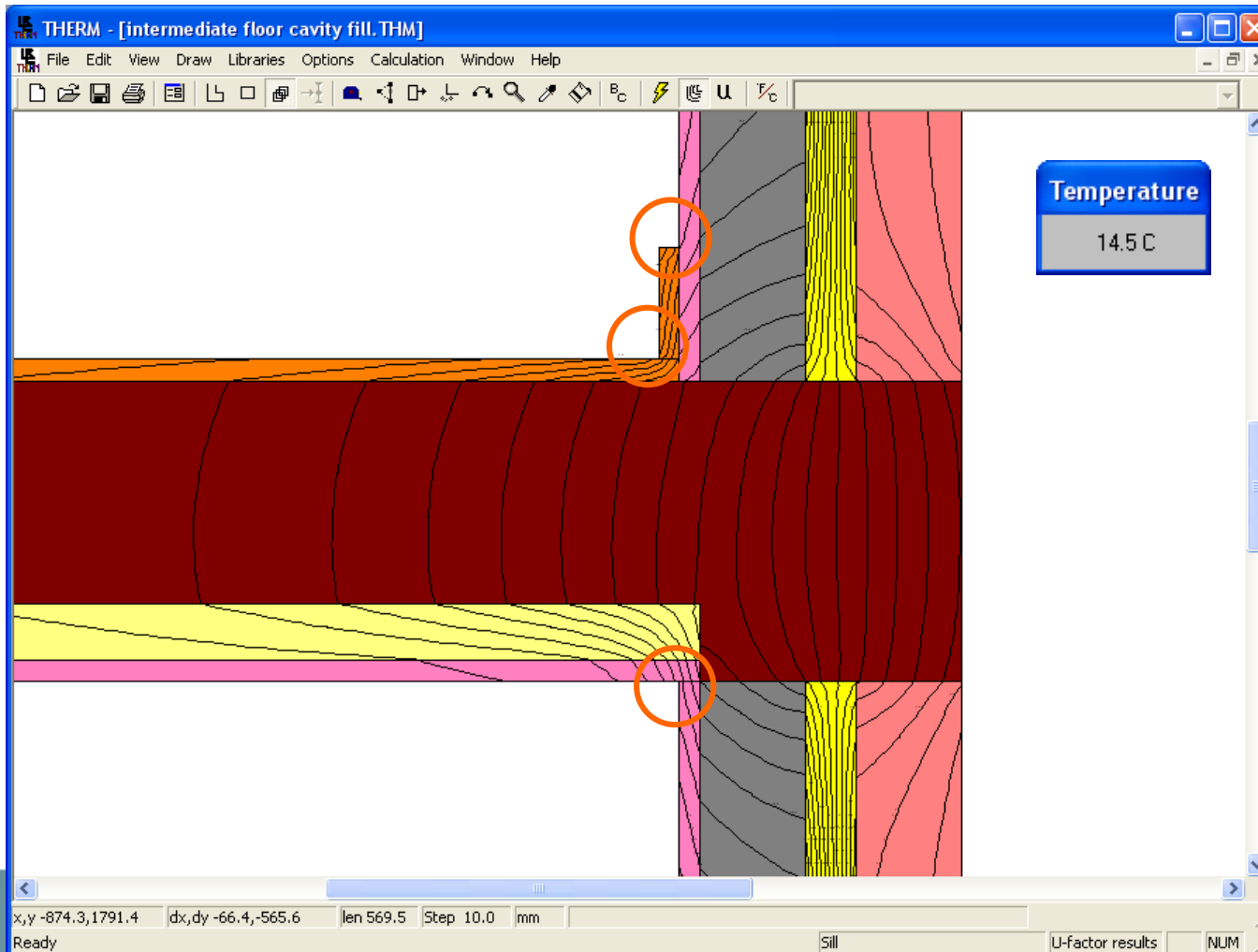
El factor de temperatura mínimo ($f_{Rsi,min}$) puede obtenerse del CTE DA DB-HE / 2, en función de la zona climática de invierno y de la clase de higrometría:

Tabla 1 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	α	Zona climática de invierno				
		A	B	C	D	E
Clase de higrometría 5	0,70	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Clase de higrometría 4	0,56	0,66	0,66	0,69	0,75	0,78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,42	0,50	0,52	0,56	0,61	0,64



Localización de puntos fríos en THERM



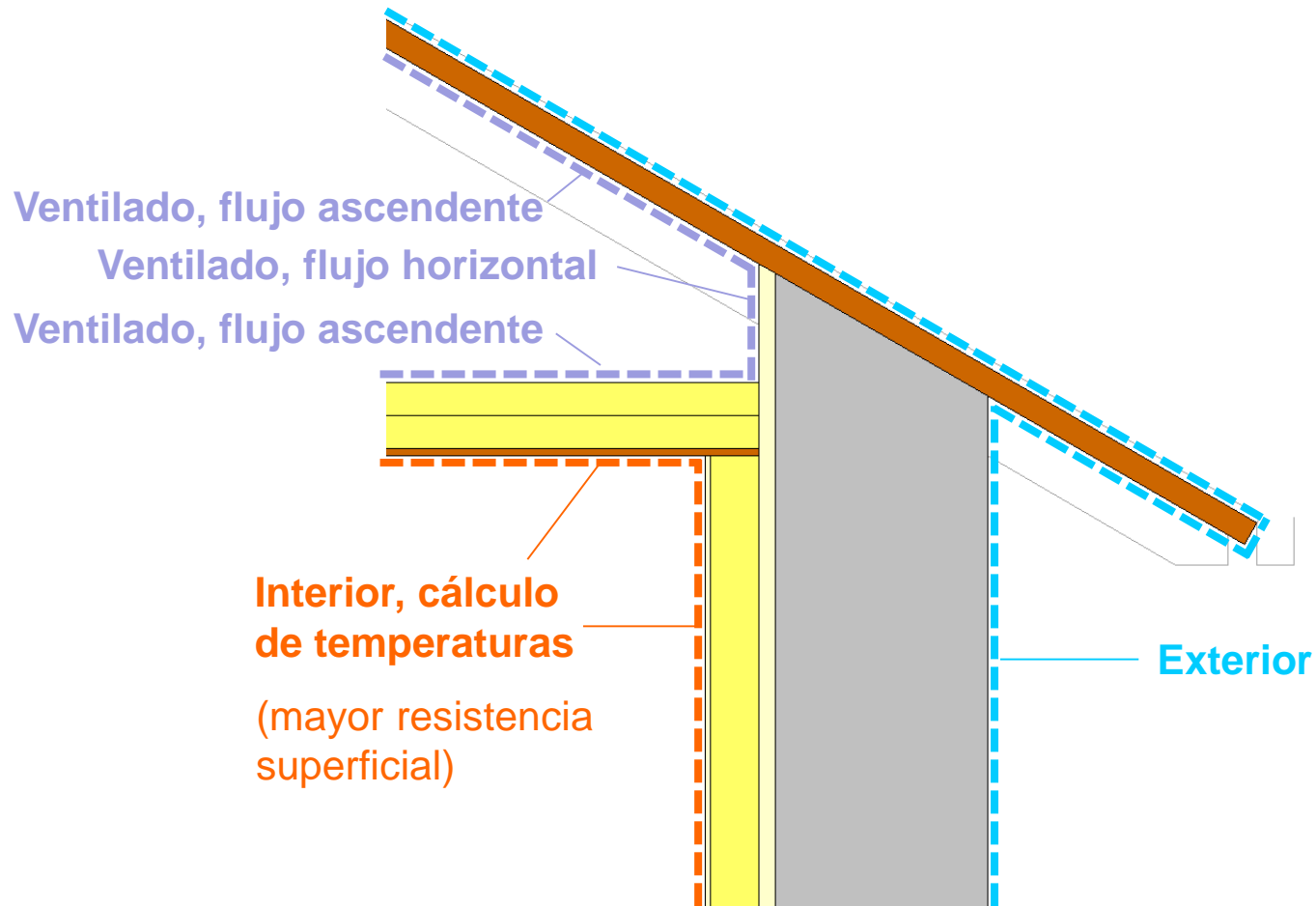
Visualizar isotermas y hacer zoom sobre la zona crítica mediante el botón dcho.

Seleccionar
**View /
Temperature
at cursor**

Buscar el punto más frío en la superficie interior
¡Puede no estar en la esquina!

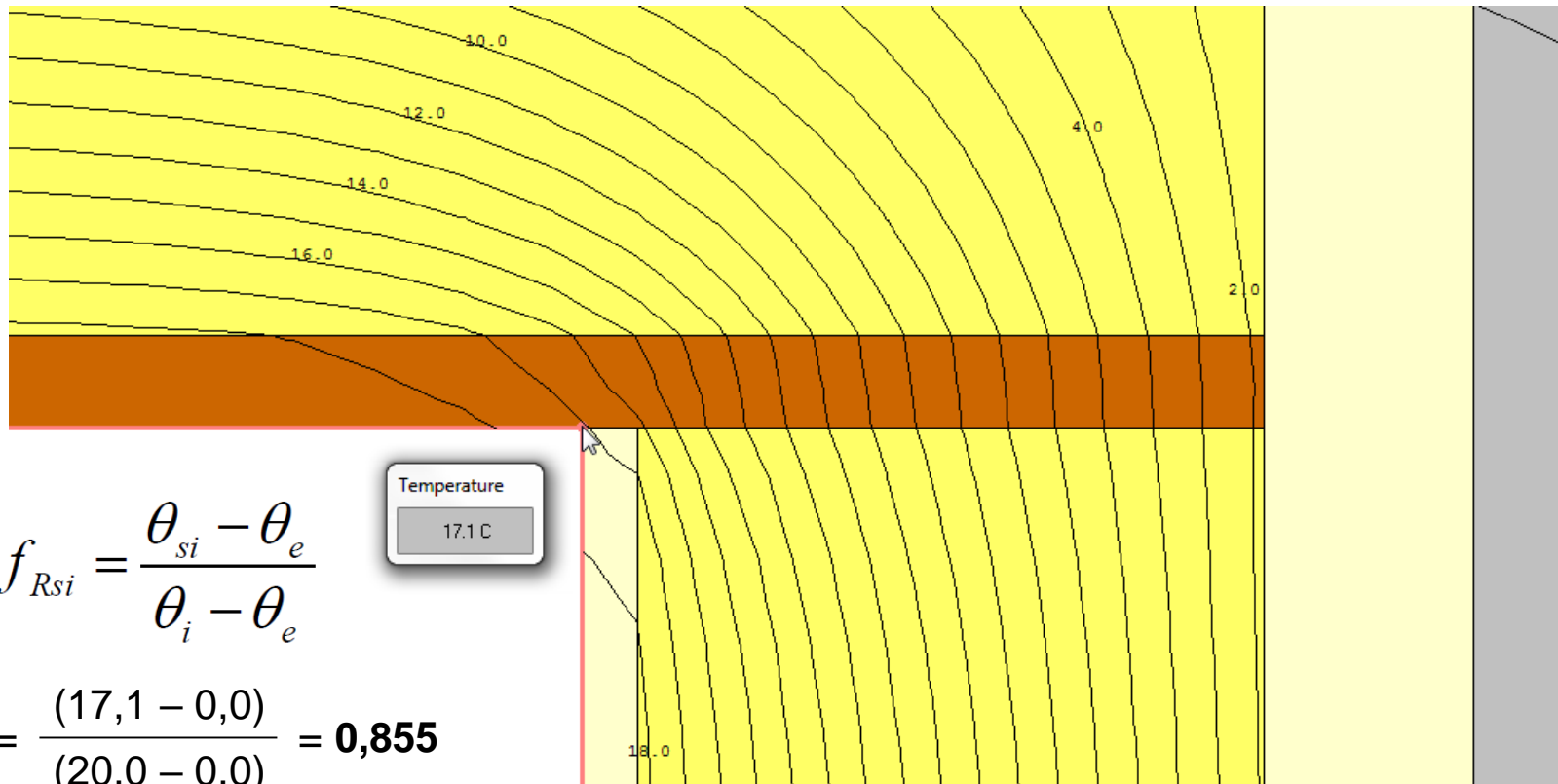


Aplicación: condiciones de contorno





Aplicación: Factor de temperatura



$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$
$$= \frac{(17,1 - 0,0)}{(20,0 - 0,0)} = \mathbf{0,855}$$



El factor de temperatura

El factor de temperatura (f_{Rsi}) de un puente térmico puede obtenerse:

- Mediante modelado térmico numérico (herramientas software)
- De un atlas de puentes térmicos

$$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$$

El factor de temperatura mínimo ($f_{Rsi,min}$) puede obtenerse del CTE DA DB-HE / 2, en función de la zona climática de invierno y de la clase de higrometría:

Tabla 1 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$

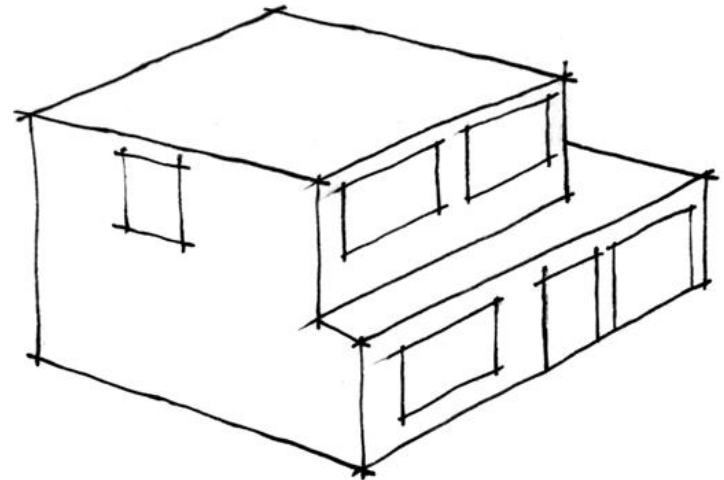
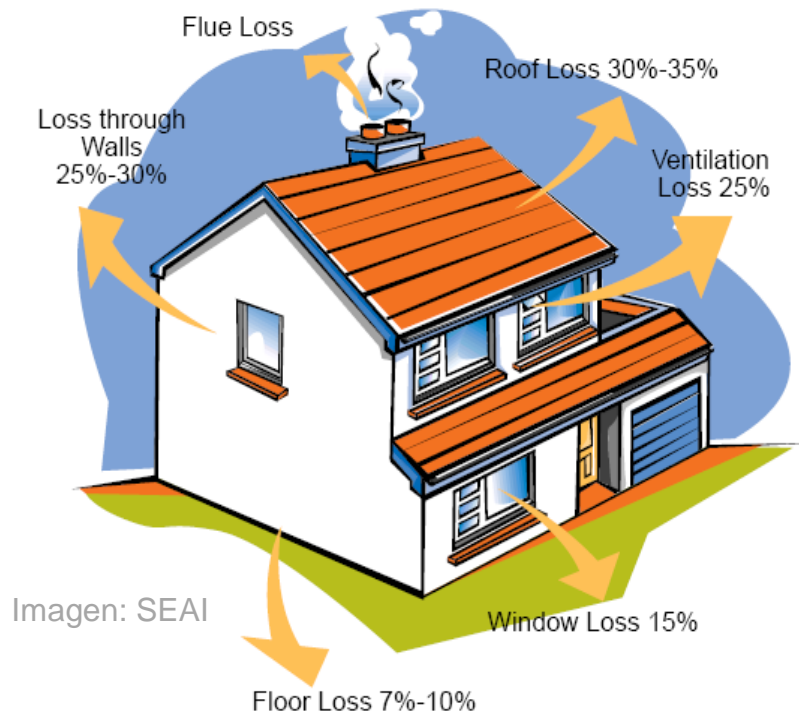
Zona climática de invierno						
Categoría del espacio	α	A	B	C	D	E
Clase de higrometría 5	0,70	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Clase de higrometría 4	0,56	0,66	0,66	0,69	0,75	0,78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,42	0,50	0,52	0,56	0,61	0,64

Burgos



Consideración de los puentes térmicos

La envolvente térmica el edificio está formada por los **componentes planos** (medidos por su transmitancia térmica, U) y sus encuentros (**puentes térmicos**)



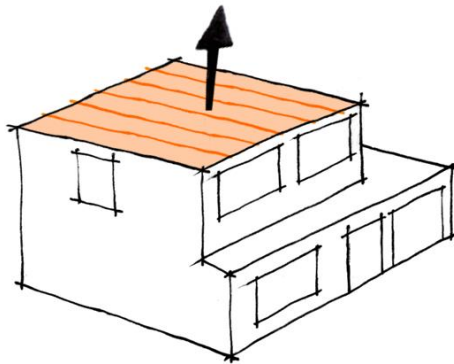


Consideración de los puentes térmicos

La envolvente térmica el edificio está formada por los **componentes planos** (medidos por su transmitancia térmica, U) y sus encuentros (**puentes térmicos**)

Componentes planos

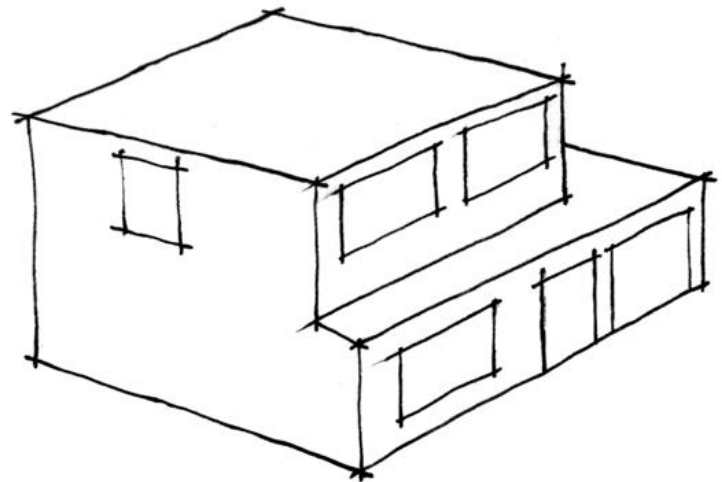
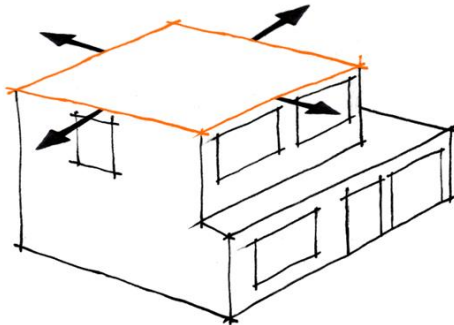
Flujo 1D



Puentes térmicos

Flujo 2D

adicional al
flujo 1D





Consideración de los puentes térmicos

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

Componentes planos

se miden con

Transmitancia
térmica
 U (W/m²K)

aplican sobre

un área
 A (m²)

1D

Puentes térmicos lineales

Transmitancia
térmica lineal
 Ψ (W/m²K)

una longitud
 l (m)

2D

Puentes térmicos puntuales

Transmitancia
térmica puntual
 χ (W/K)

3D



Consideración de los puentes térmicos

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

Componentes planos

se miden con

Transmitancia
térmica
 U (W/m²K)

aplican sobre

un área
 A (m²)

1D

Puentes térmicos lineales

Transmitancia
térmica lineal
 Ψ (W/m²K)

una longitud
 l (m)

2D

La *transmitancia térmica puntual* χ se suele despreciar al ser menor su impacto en el rendimiento térmico de la envolvente del edificio.

CTE DA DB-HE / 3



Consideración de los puentes térmicos

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k$$

Componentes planos

se miden con

Transmitancia
térmica
 U (W/m²K)

aplican sobre

un área
 A (m²)

1D

Puentes térmicos lineales

Transmitancia
térmica lineal
 Ψ (W/m²K)

una longitud
 l (m)

2D

¿Cómo calcular
el efecto de los
PT lineales?

- Métodos detallados
- Métodos simplificados



Consideración de los puentes térmicos

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k$$

Componentes planos

se miden con

Transmitancia
térmica
 U (W/m²K)

aplican sobre

un área
 A (m²)

1D

Puentes térmicos lineales

Transmitancia
térmica lineal
 Ψ (W/m²K)

una longitud
 l (m)

2D

Métodos detallados

software de modelado
o atlas de detalles
(pueden combinarse)

por medición directa



Consideración de los puentes térmicos

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k$$

Componentes planos

se miden con

Transmitancia
térmica
 U (W/m²K)

aplican sobre

un área
 A (m²)

1D

Puentes térmicos lineales

Transmitancia
térmica lineal
 Ψ (W/m²K)

una longitud
 l (m)

2D

Métodos simplificados

estimados con valores
representativos
(sin cálculo individual)

Estimados para edif.
(sin medición directa)



Consideración de los puentes térmicos

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k$$

Componentes planos

se miden con

Transmitancia
térmica
 U (W/m²K)

aplican sobre

un área
 A (m²)

1D

Puentes térmicos lineales

Transmitancia
térmica lineal
 Ψ (W/m²K)

una longitud
 l (m)

2D

Métodos simplificados

$$\alpha \sum_i A_i U_i$$

Como incremento
proporcional del
componente 1D

$$\sum_i A_i \Delta U_{PT}$$

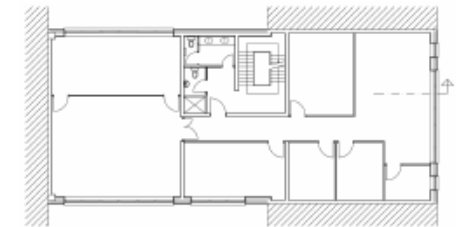
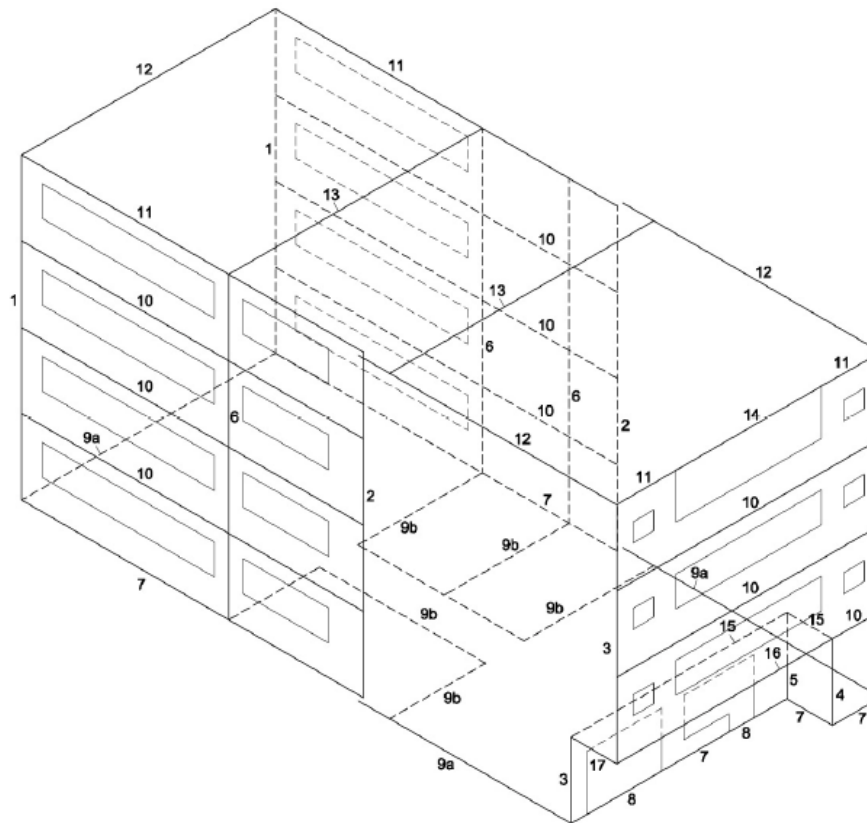
Como incremento fijo
del componente 1D



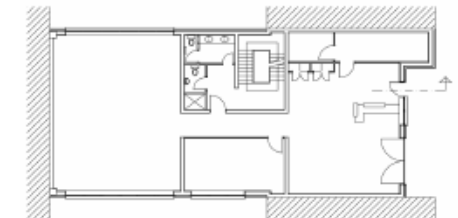
Consideración de los puentes térmicos

Caso de estudio:

Edificio de oficinas de 4 plantas



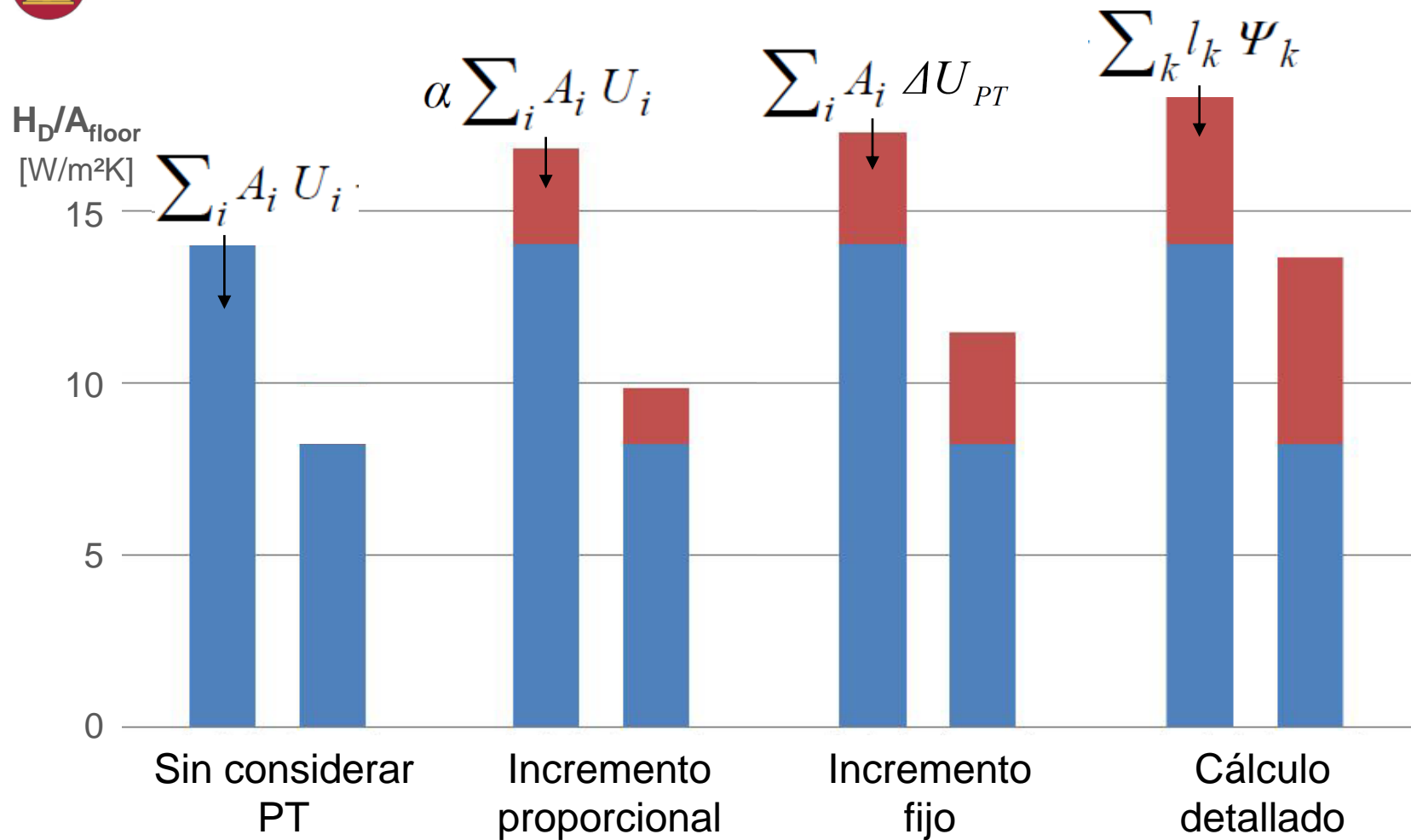
1st, 2nd & 3rd Floor Plan



Ground Floor Plan



Front Elevation



Atlas de puentes térmicos

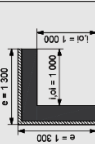



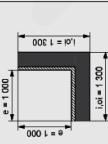



UNE-EN ISO 14683

Anexo C

CTE
DA DB-HE / 3, Sección 5

Otros catálogos (no oficiales)

Table C.2 (continued)

Dimensions in mm: linear thermal transmittance U (W/m ² ·K)	Window frame	Slab/pillar	Insulating layer	Light-transmitting wall (insulating glazing) cavity and sealed frame walls	Wall					
Corners										
C1		C2		C3		C4				
	$s = 1\,300$ $l = 1\,000$ $l_i = 800$ $l_o = 1\,000$ $l_i = 100$ $l_o = 100$ $l_i = 100$ $l_o = 100$	$W_g = -0,05$ $W_{g1} = 0,15$ $W_{g2} = 0,15$	$W_g = -0,10$ $W_{g1} = 0,10$ $W_{g2} = 0,10$	$W_g = -0,20$ $W_{g1} = 0,05$ $W_{g2} = 0,05$	$W_g = -0,15$ $W_{g1} = 0,10$ $W_{g2} = 0,10$					
C5		C6		C7		C8				
	$s = 1\,000$ $l = 1\,300$ $l_i = 800$ $l_o = 1\,300$ $l_i = 100$ $l_o = 100$ $l_i = 100$ $l_o = 100$	$W_g = -0,05$ $W_{g1} = -0,15$ $W_{g2} = -0,15$	$W_g = -0,10$ $W_{g1} = 0,15$ $W_{g2} = 0,15$	$W_g = -0,15$ $W_{g1} = -0,05$ $W_{g2} = -0,05$	$W_g = -0,10$ $W_{g1} = -0,10$ $W_{g2} = -0,10$					

Documento de Apoyo a DB HE

DA DB HE / 3

5.2 Pilares integrados en fachada

Se consideran los pilares de hormigón armado integrados en la fachada, de dimensiones 25x25 cm² hasta 30x35 cm², y sin considerar los pilares en esquina.

Se ha observado que la zona de formación de condensaciones se localiza en los rincones formados entre el pilar y la pared, así como el punto central de la cara interior del pilar.

Grupo 1: Pilares integrados en fachada con continuidad del aislamiento de fachada

Aislamiento continuo por el exterior del pilar

Aislamiento continuo por el interior

Transmitancia térmica lineal

El grupo 1 de pilares integrados en fachada contiene detalles en los que el aislamiento térmico de fachada no se interrumpe por la presencia del pilar. Se considera igualmente que el aislamiento es continuo aunque el que protege el pilar sea de otro tipo o espesor.

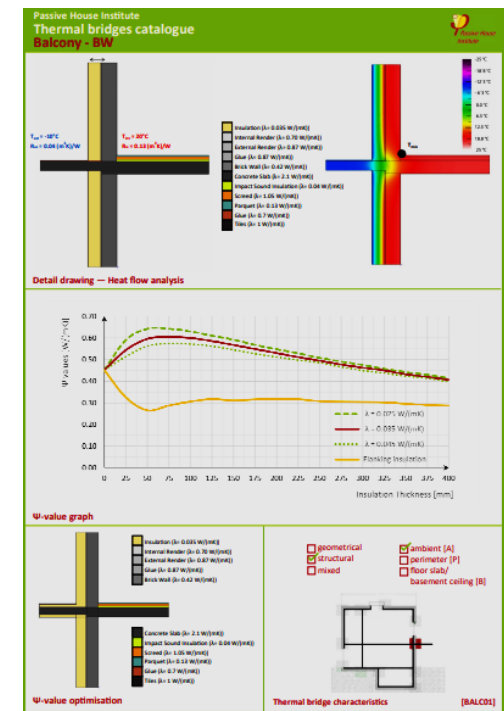
Esta continuidad bien resuelta hace que el puente térmico prácticamente desaparezca, obteniendo unos valores de transmitancia térmica lineal despreciables.

	$\lambda_{se}, \lambda_{pi}$ [W/(mK)]	
	Dimensiones pilar	
	(cm x cm)	
	20x20 / 30x30	
U_{linea} [W/(mK)]	0,73	0,02
	0,44	0,01
	0,31	0,00
	0,27	0,00
	0,24	0,00

Condensaciones superficiales

Se ha observado que hay riesgo de condensaciones superficiales para las clases higrométricas 4 y 5 en las zonas climáticas D y E con muros de transmitancia térmica alta.

14 de 37

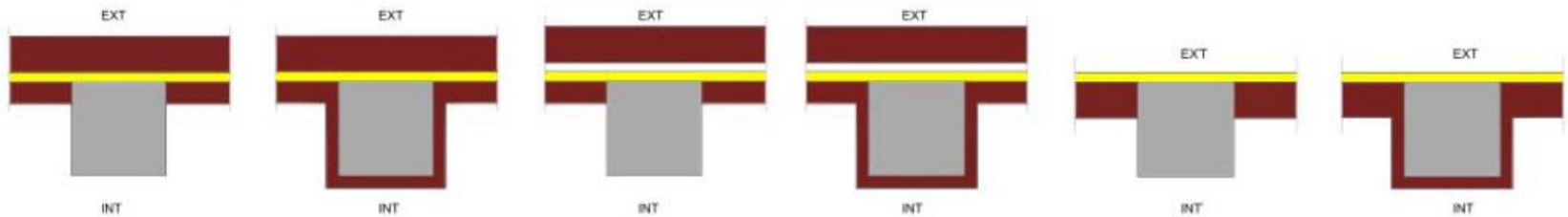




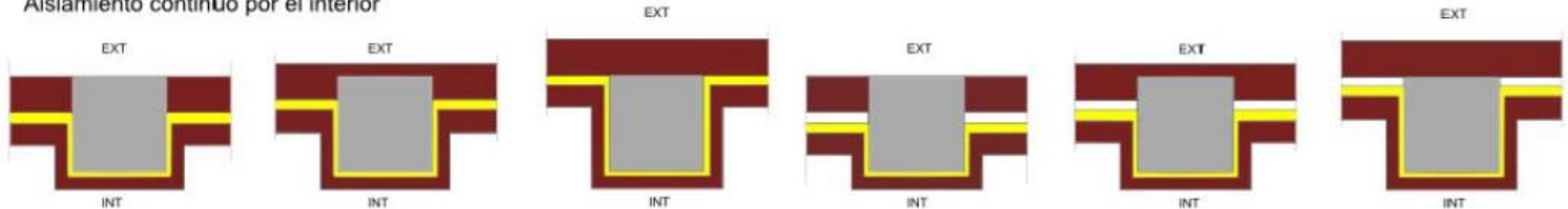
Atlas de puentes térmicos

CTE: Pilares integrados en fachada (DA DB-HE / 3, 5.2)

Aislamiento continuo por el exterior del pilar



Aislamiento continuo por el interior



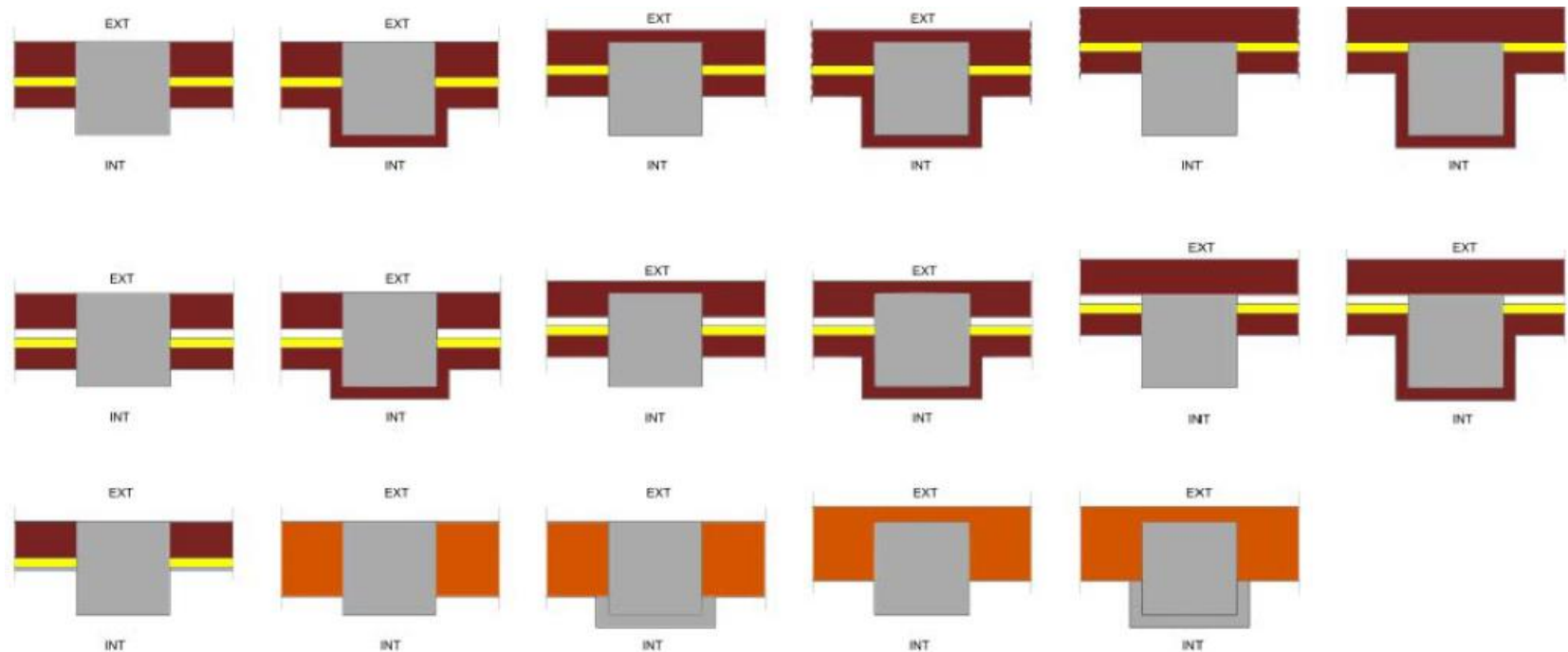
Con continuidad del aislamiento, el puente térmico casi desaparece:

$$\Psi_e = \Psi_i = 0,00-0,02 \text{ W/mK}$$



Atlas de puentes térmicos

CTE: Pilares integrados en fachada (DA DB-HE / 3, 5.2)



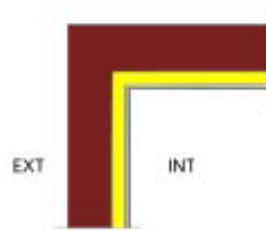
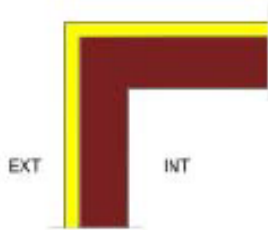
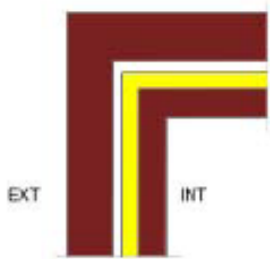
Con el aislamiento interrumpido, el puente térmico es considerable:

$$\Psi_e = \Psi_i = 0,94-1,40 \text{ W/mK}$$



Atlas de puentes térmicos

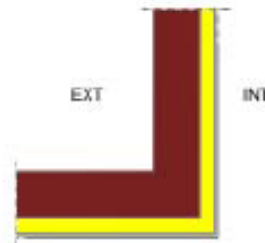
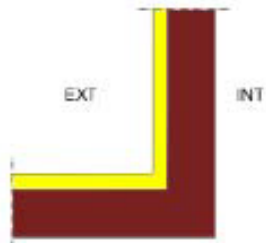
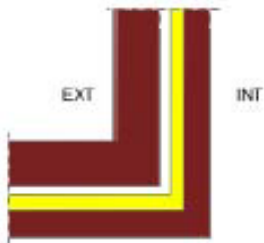
CTE: Esquinas (DA DB-HE / 3, 5.9)



Esquinas salientes:

$$\Psi_e = -0,24 - -0,10 \text{ W/mK}$$

$$\Psi_i = 0,05 - 0,11 \text{ W/mK}$$



Esquinas entrantes:

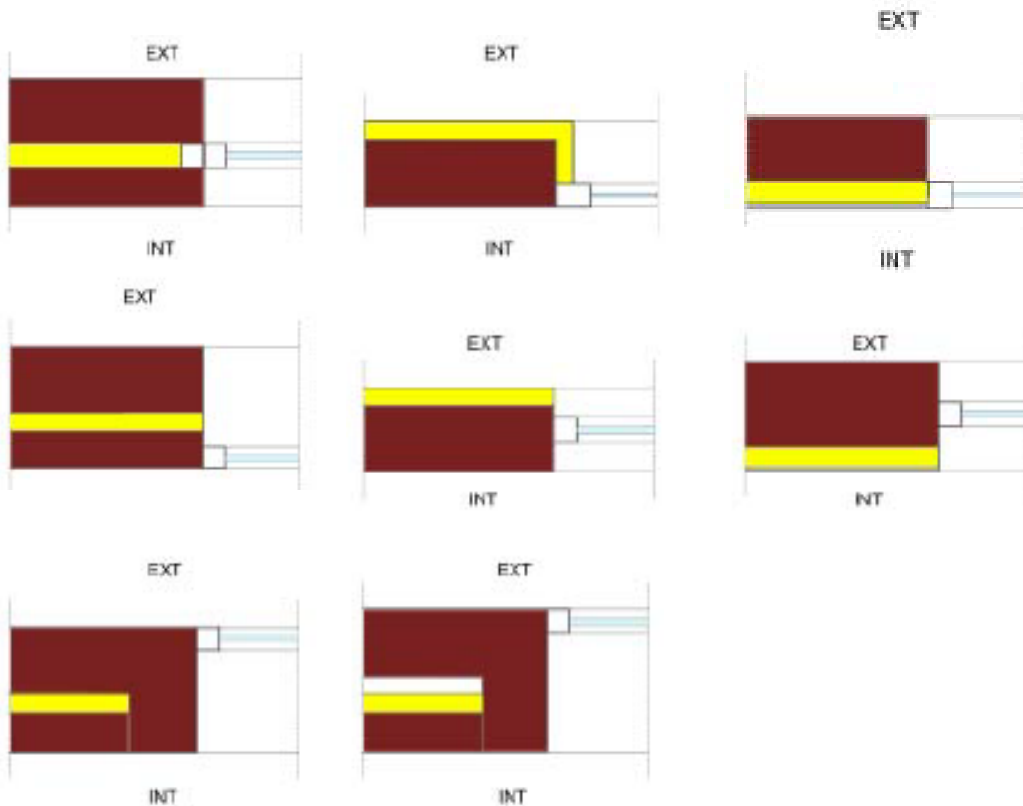
$$\Psi_e = 0,08 - 0,18 \text{ W/mK}$$

$$\Psi_i = -0,16 - -0,07 \text{ W/mK}$$



Atlas de puentes térmicos

CTE: Jambas (DA DB-HE / 3, 5.3)



Continuidad entre
aislamiento y carpintería:
 $\Psi_e < \Psi_i = 0,03-0,42 \text{ W/mK}$

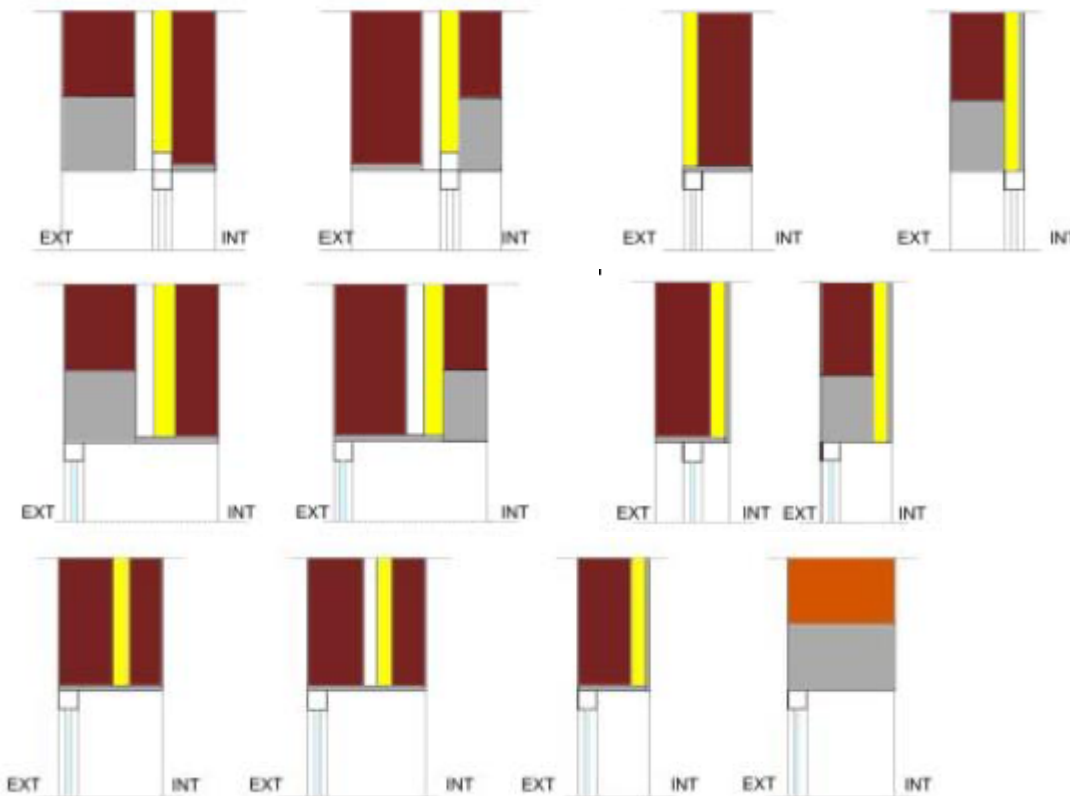
Sin continuidad entre
aislamiento y carpintería:
 $\Psi_e < \Psi_i = 0,39-0,50 \text{ W/mK}$

Separación importante entre
aislamiento y carpintería:
 $\Psi_e < \Psi_i = 0,52-0,66 \text{ W/mK}$



Atlas de puentes térmicos

CTE: Dinteles (DA DB-HE / 3, 5.4)



Continuidad entre
aislamiento y carpintería:
 $\Psi_e = \Psi_i = 0,05-0,32 \text{ W/mK}$

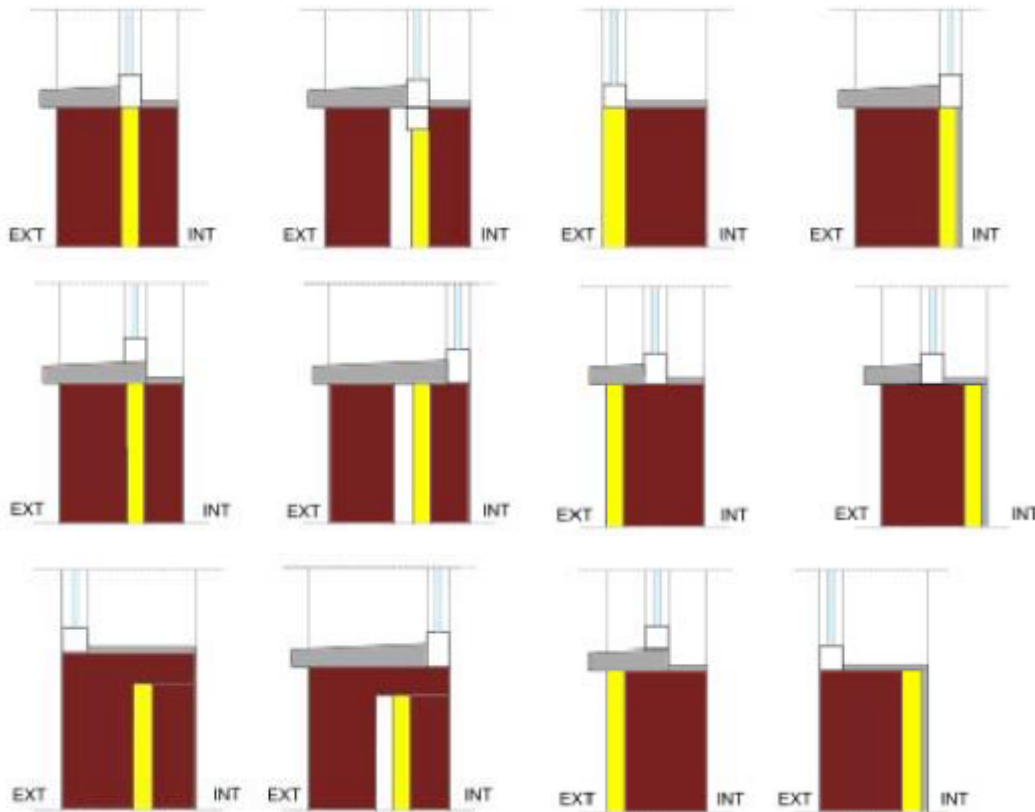
Sin continuidad entre
aislamiento y carpintería:
 $\Psi_e = \Psi_i = 0,60-0,77 \text{ W/mK}$

Cargadero pasante y
carpintería al exterior:
 $\Psi_e = \Psi_i = 0,80-1,00 \text{ W/mK}$



Atlas de puentes térmicos

CTE: Alféizares (DA DB-HE / 3, 5.5)



Continuidad entre
aislamiento y carpintería:
 $\Psi_e = \Psi_i = 0,08-0,25 \text{ W/mK}$

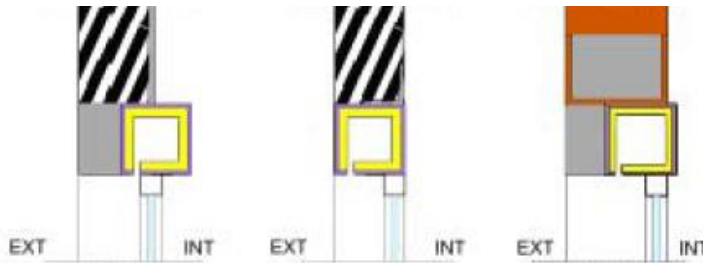
Sin continuidad entre
aislamiento y carpintería:
 $\Psi_e = \Psi_i = 0,13-0,25 \text{ W/mK}$

Separación importante entre
aislamiento y carpintería:
 $\Psi_e = \Psi_i = 0,44-0,57 \text{ W/mK}$



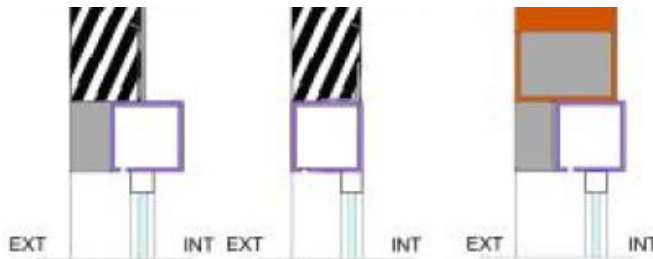
Atlas de puentes térmicos

CTE: Capialzados (DA DB-HE / 3, 5.6)



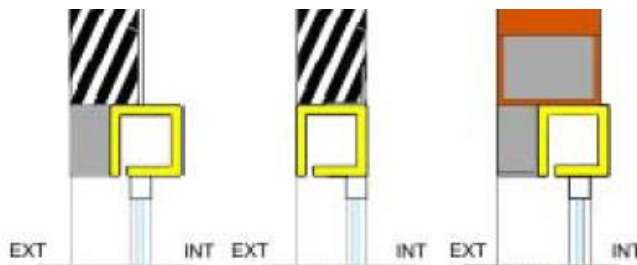
De madera o PVC,
con aislamiento:

$$\Psi_e = \Psi_i = -0,01-0,13 \text{ W/mK}$$



De madera o PVC,
sin aislamiento:

$$\Psi_e = \Psi_i = 0,92-1,04 \text{ W/mK}$$



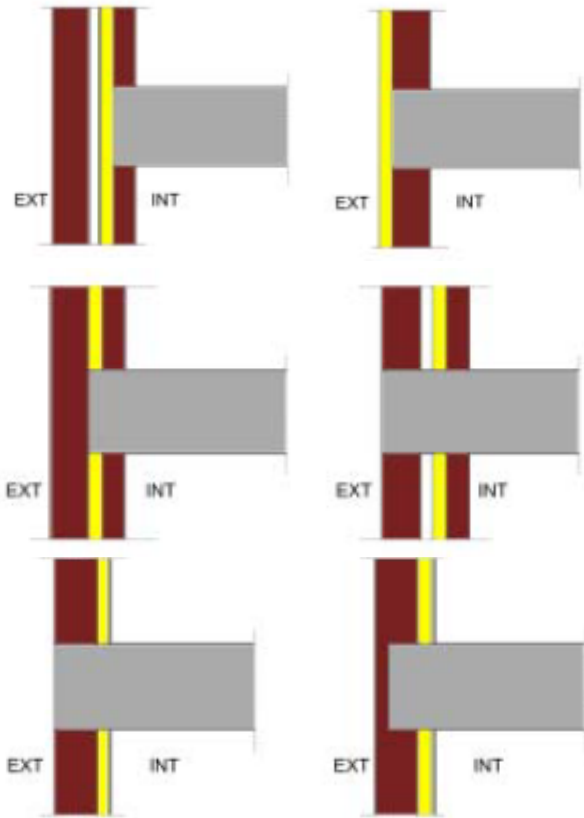
Metálicos,
con o sin aislamiento:

$$\Psi_e = \Psi_i = 1,41-1,52 \text{ W/mK}$$



Atlas de puentes térmicos

CTE: Frentes de forjado (DA DB-HE / 3, 5.7)



Con continuidad del aislamiento:

$$\Psi_e = 0,00-0,02 \text{ W/mK}$$

$$\Psi_i = 0,08-0,33 \text{ W/mK}$$

Sin continuidad del aislamiento:

$$\Psi_e = 0,64-0,81 \text{ W/mK}$$

$$\Psi_i = 0,70-1,07 \text{ W/mK}$$



Atlas de puentes térmicos

CTE: Cubiertas planas (DA DB-HE / 3, 5.8)

El forjado no interrumpe el aislamiento:

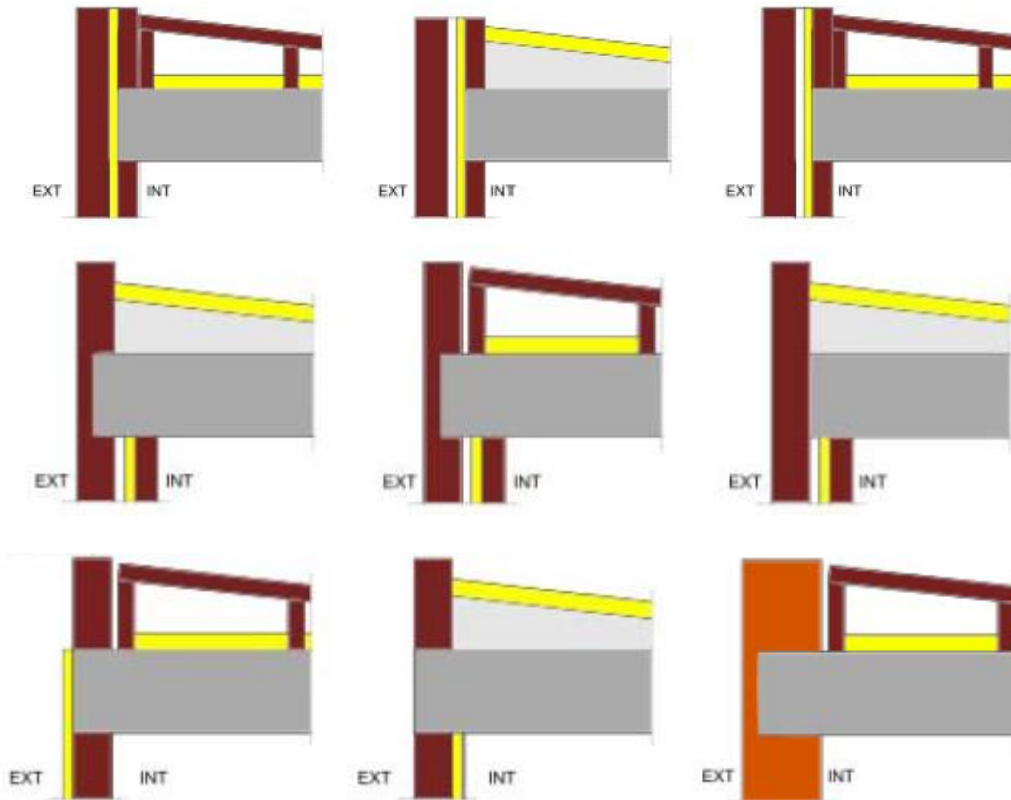
$$\Psi_e = 0,03-0,06 \text{ W/mK}$$

$$\Psi_i = 0,24-0,37 \text{ W/mK}$$

El forjado interrumpe el aislamiento:

$$\Psi_e = 0,56-0,73 \text{ W/mK}$$

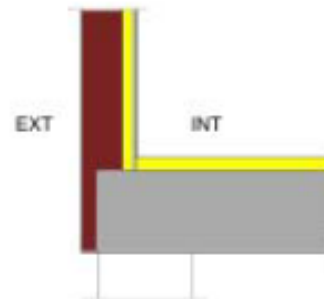
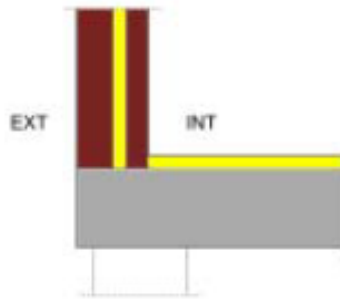
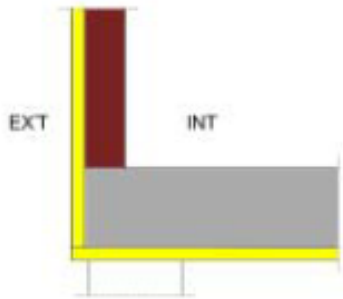
$$\Psi_i = 0,80-0,99 \text{ W/mK}$$





Atlas de puentes térmicos

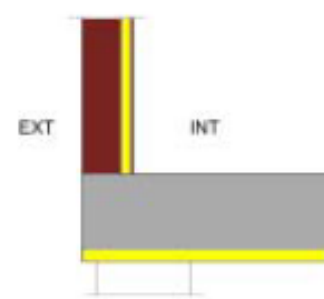
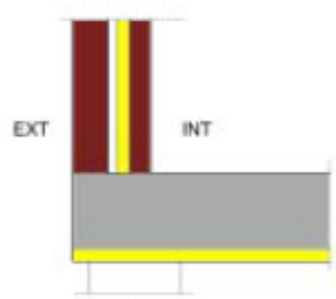
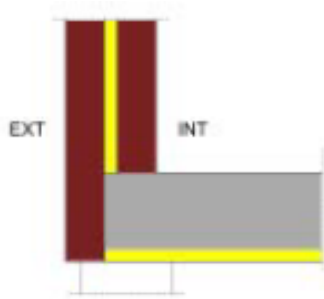
CTE: Forjados inferiores en contacto con aire exterior (DA DB-HE / 3, 5.10)



Continuidad de aislamiento
entre forjado y fachada, o
aislamiento sobre forjado:

$$\Psi_e = -0,18-0,01 \text{ W/mK}$$

$$\Psi_i = 0,22-0,27 \text{ W/mK}$$



Aislamiento bajo forjado y
sin continuidad entre
forjado y fachada:

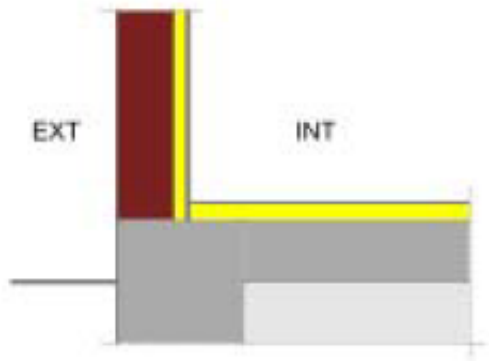
$$\Psi_e = 0,43-0,63 \text{ W/mK}$$

$$\Psi_i = 0,75-0,88 \text{ W/mK}$$

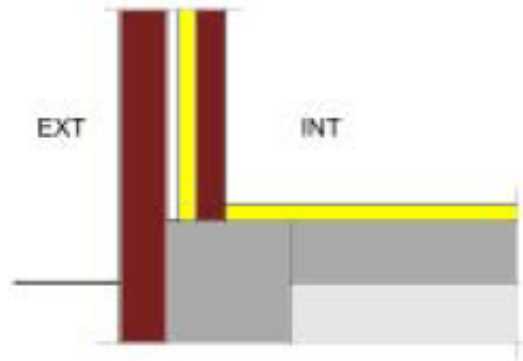


Atlas de puentes térmicos

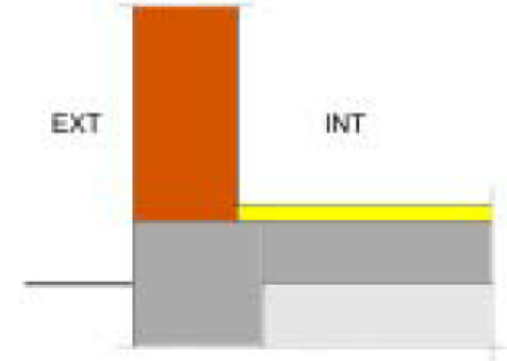
CTE: Suelos en contacto con terreno (DA DB-HE / 3, 5.11)



Aislamiento continuo
entre solera y fachada:
 $\Psi_e = -0,06-0,04 \text{ W/mK}$
 $\Psi_i = 0,15-0,44 \text{ W/mK}$



Aislamiento discontinuo
entre solera y fachada:
 $\Psi_e = 0,06-0,19 \text{ W/mK}$
 $\Psi_i = 0,26-0,59 \text{ W/mK}$



No hay aislamiento en
fachada (termoarcilla):
 $\Psi_e = 0,00-0,05 \text{ W/mK}$
 $\Psi_i = 0,18-0,39 \text{ W/mK}$



Caso de estudio 1, Aularios 4 y 5 UBU

Objetivo: Calcular HLC

Paso 1: Cálculo de transmitancia térmica de muros, forjados, etc.

Paso 2: Cálculo de transmitancia térmica de ventanas

Paso 3: Cálculo de dimensiones geométricas

Paso 4: Cálculo de HLC

Paso 5: Cálculo de Demandas en CASA NOVA

Objetivo: Recalcular HLC incluyendo PT

Paso 1: Identificación de PT lineales y dimensiones (longitudes)

Paso 2: Selección de transmitancia térmica lineal (atlas o cálculos)

Paso 3: Cálculo de HLC incluyendo PT



FIN de SESIÓN 2

GRACIAS

Sesión 2: 6 de Mayo de 2019, Tarde

- Puentes térmicos
 - Introducción
 - Criterios de cálculo
- Aplicación numérica
 - Aplicación informática THERM
 - Cálculo de puentes térmicos
- Aplicación. Coeficiente global de pérdidas de un edificio -2D

Beñat Arregi Goikolea
Tecnalia, División Building Technologies
benat.arregi@tecnalia.com
+34 610 742 971