

PONENTES

PABLO PALMA SELLÉS
Director del Área de Aislamientos en Grupo Valero
Profesor Asociado del Grado en Arquitectura Técnica
Escuela Politécnica Superior – Universidad de Alicante

COLABORACIÓN

COAMU

PUENTES TÉRMICOS DISEÑO, CÁLCULO Y EJECUCIÓN

MÓDULO 1

INTRODUCCIÓN TEÓRICA Y MARCO NORMATIVO



CTE
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

DB-HE
Ahorro de energía

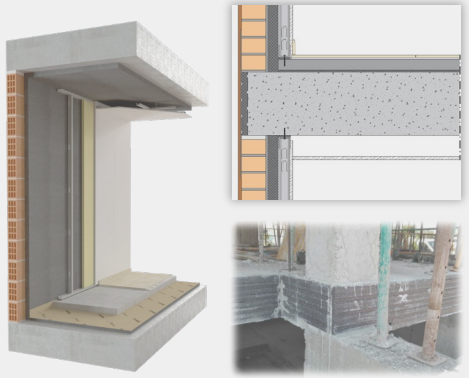
UNE Norma Española UNE-EN ISO 14683

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para *uso residencial privado*

	Compacidad V/A [m³/m²]	Zona climática de invierno α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la *envolvente térmica* final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

MÓDULO 2

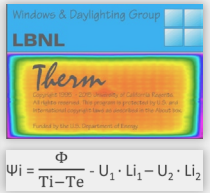
ESTRATEGIAS PARA MINIMIZAR LOS PUENTES TÉRMICOS



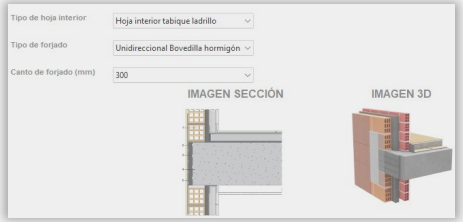
MÓDULO 3

FUNDAMENTOS DE CÁLCULO Y SOFTWARE DE SIMULACIÓN



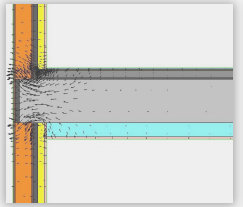


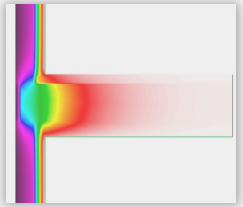
$$\Psi i = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Li_1 - U_2 \cdot Li_2$$

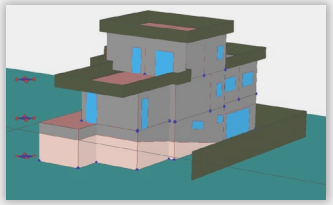


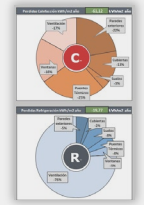
MÓDULO 4

CASO PRÁCTICO: SIMULACIÓN Y CÁLCULO DE PUENTE TÉRMICO CON THERM





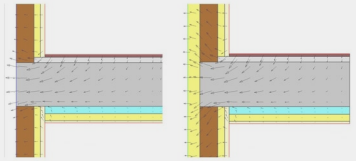




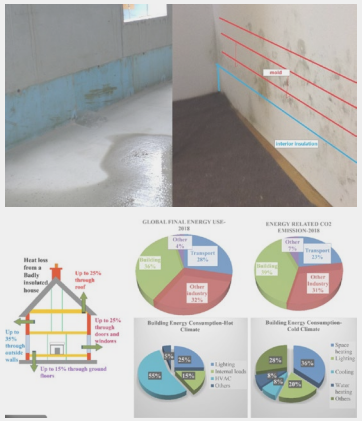
FIN

DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE PUENTE TÉRMICO

Norma Española
UNE-EN ISO 14683
Norma Española
UNE-EN ISO 10211



IMPACTO EN LOS EDIFICIOS



ENCUENTROS MÁS HABITUALES EN LOS EDIFICIOS





NORMATIVA DE REFERENCIA. EXIGENCIAS DEL CTE

CTE
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

DB-HE
Ahorro de energía

$$K = \Sigma_x \, b_{tr,x} \, [\, \Sigma_i \, A_{x,i} \, U_{x,i} + \Sigma_k \, l_{x,k} \, \psi_{x,k} + \Sigma_j \, \chi_{x,j} \,] \; / \; \Sigma_x \, \Sigma_i \, b_{tr,x} \, A_{x,i}$$

3 El *coeficiente global de transmisión de calor* a través de la *envolvente térmica* (K) del edificio, o parte del mismo, con *uso residencial privado*, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1:

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para *uso residencial privado*

	Compacidad V/A [m³/m²]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la *envolvente térmica* final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,03	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las compacidades intermedias (1<V/A<4) se obtienen por interpolación.
En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

JUSTIFICACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DEL CTE



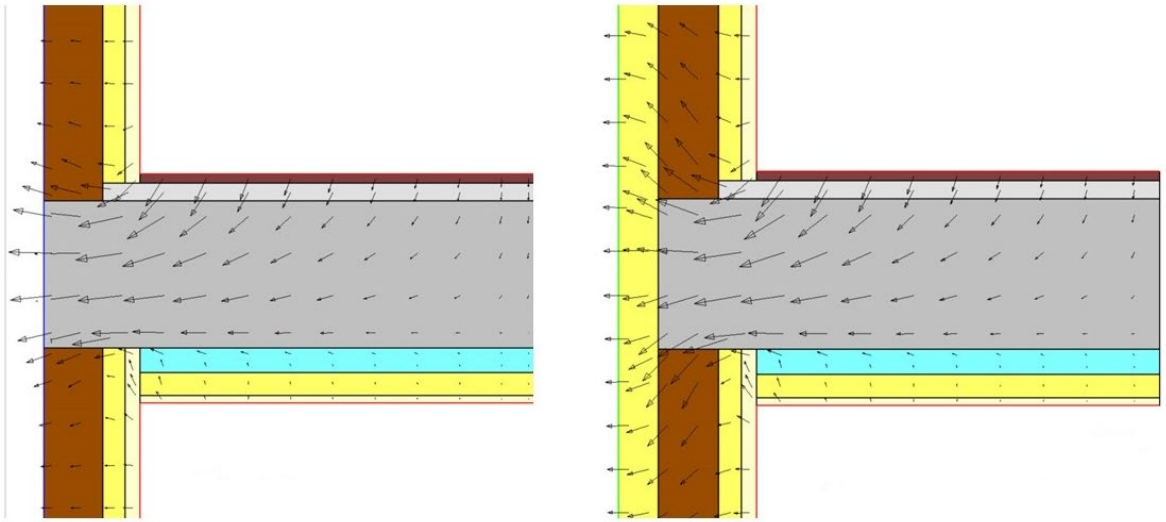
DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE PUENTE TÉRMICO

DEFINICIÓN (UNE-EN ISO 10211)

"*Parte de la envolvente de un edificio en la que la resistencia térmica, normalmente uniforme, se modifica significativamente debido a penetraciones completas o parciales en la envolvente del edificio de materiales con diferente conductividad térmica, y/o cambios en el espesor de la fábrica, y/o una diferencia entre las superficies interiores y exteriores, como ocurre en las uniones entre muros, suelos o techos*).

CONCEPTOS:

- Se producen en zonas localizadas del cerramiento donde se interrumpe la continuidad del aislamiento térmico.
- Provocan una mayor transmisión de calor respecto a los elementos adyacentes.
- No son un defecto puntual, sino una consecuencia del diseño constructivo si no se tratan adecuadamente (aunque también se producen por errores en la ejecución).
- Se originan por:
  - Cambios geométricos.
  - Cambios de material con diferente conductividad térmica.
  - Encuentros entre elementos constructivos.
- Concepto clave para el comportamiento energético del edificio.



Fuente: https://www.arrebolestudio.com

IMPACTO EN LOS EDIFICIOS

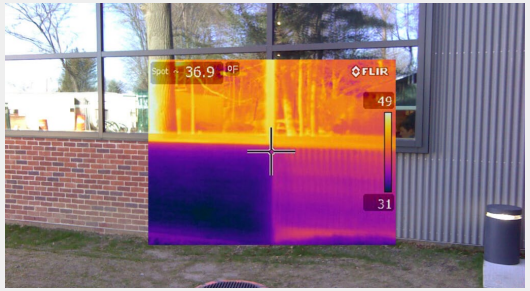
ENERGÉTICO

Incrementan las pérdidas de calor en invierno y las ganancias térmicas en verano, aumentando la demanda energética del edificio y penalizando el cumplimiento del DB HE1.

⇧ demanda energética = ⇧ consumo de calefacción y refrigeración



Fuente: https://www.arrebolestudio.com



Fuente: https://payette.com/

CONFORT INTERIOR Y PATOLOGÍAS

Provocan descensos de la temperatura superficial interior, generando zonas frías y empeorando el confort higrotérmico. Riesgo de condensaciones (fRsi insuficiente), que puede derivar en patologías (humedades, deterioro de materiales, corrosión, etc.) y aparición de moho con riesgo para la salubridad interior.



Fuente: https://www.htflux.com/

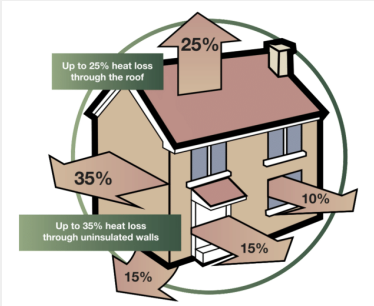


Fuente: https://www.rustoleumla.com/

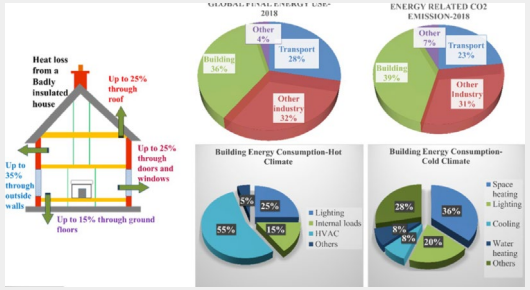
ECONÓMICO Y AMBIENTAL

Aumentan el consumo energético y los costes de climatización durante la vida útil del edificio, que conllevan también un incremento de las emisiones de CO_2 con su correspondiente impacto ambiental.

⇧ consumo energético = ⇧ emisiones de CO_2



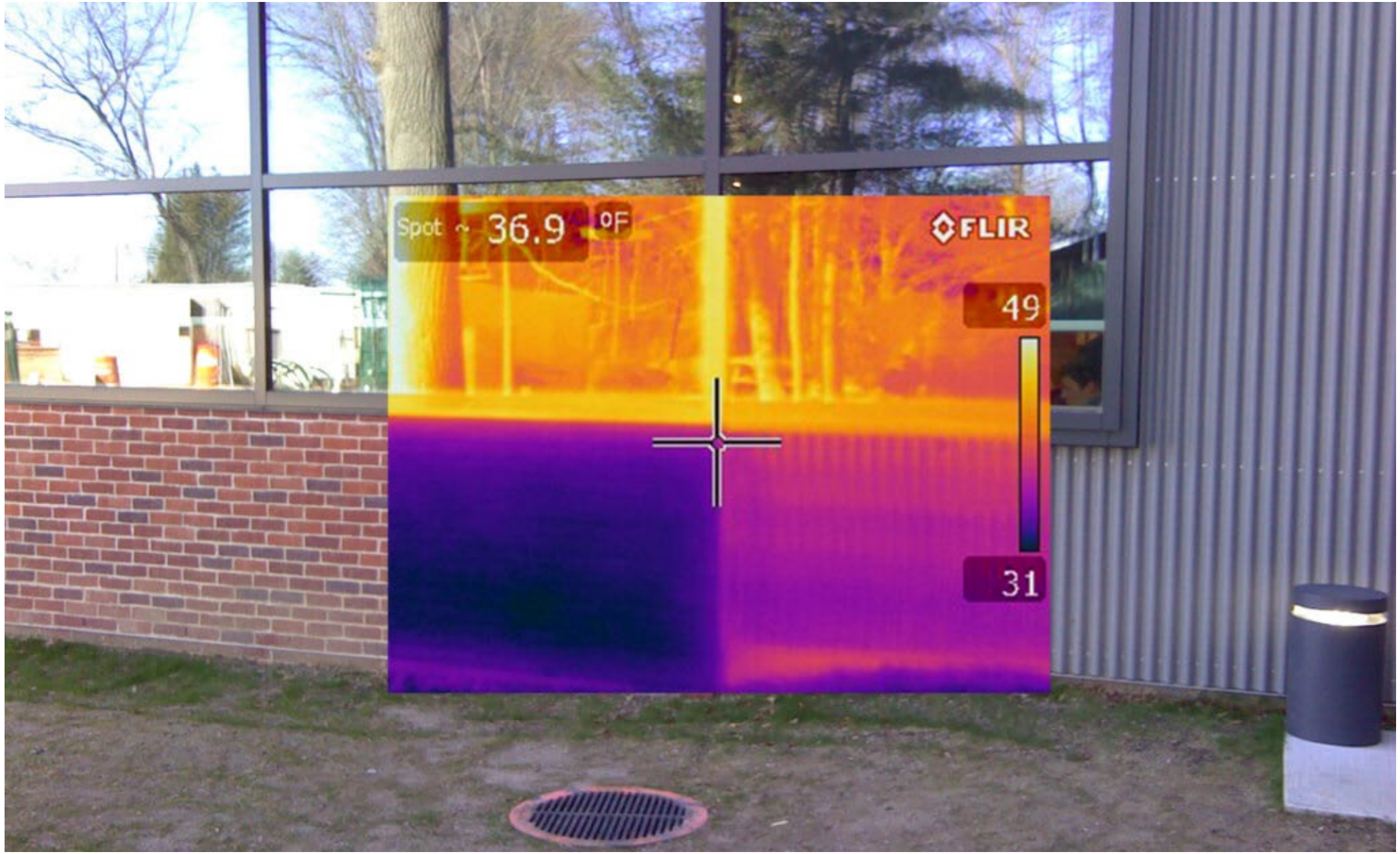
Fuente: https://www.researchgate.net/



Fuente: https://www.researchgate.net/



Fuente: https://www.arrebolestudio.com



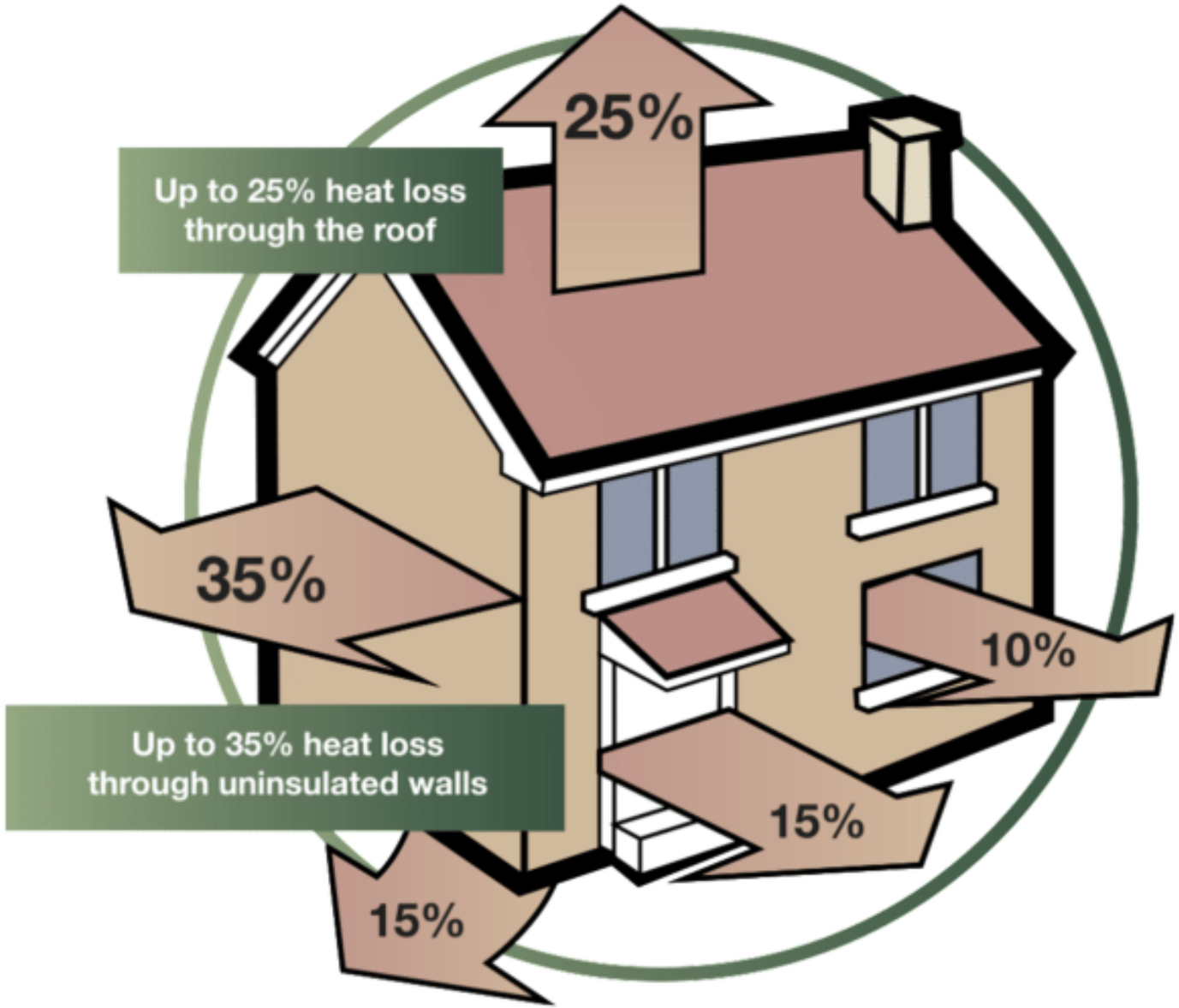
Fuente: https://payette.com/



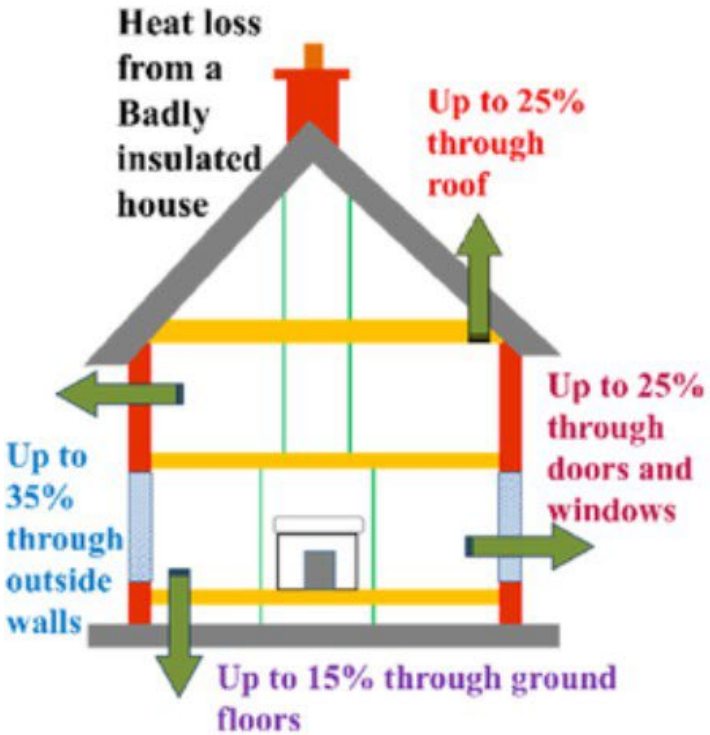
Fuente: https://www.htflux.com/

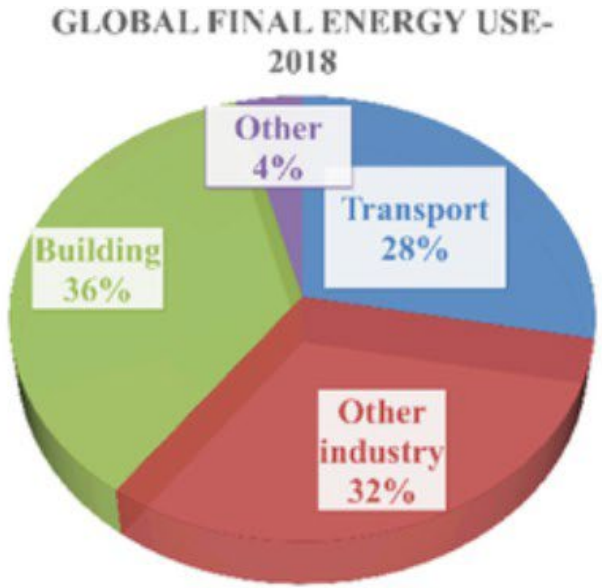


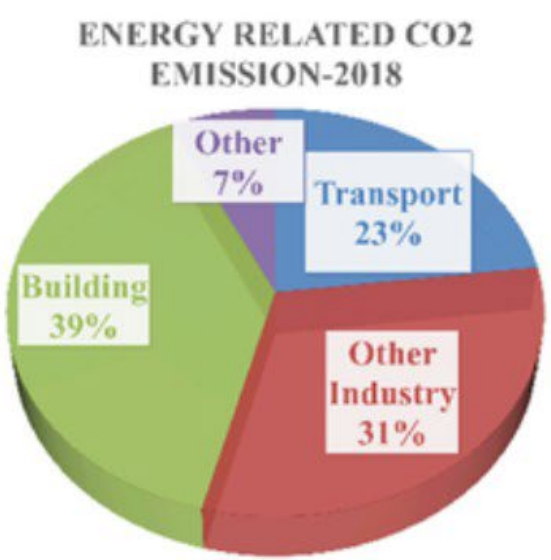
Fuente: https://payette.com/

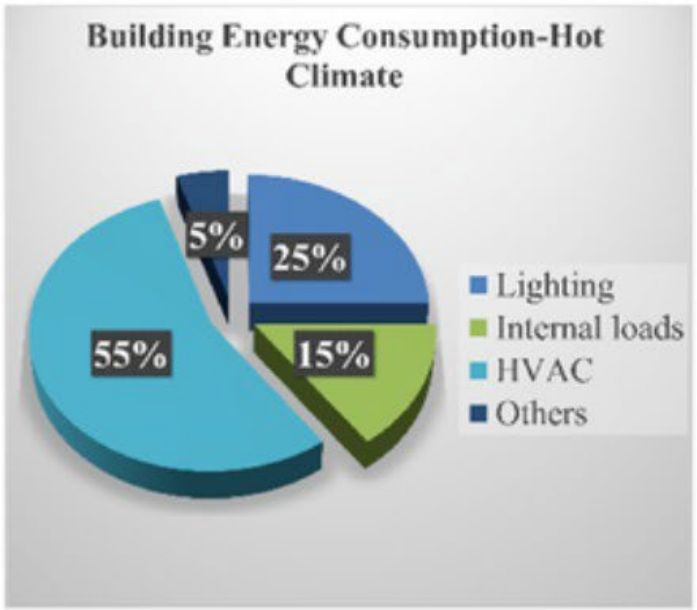


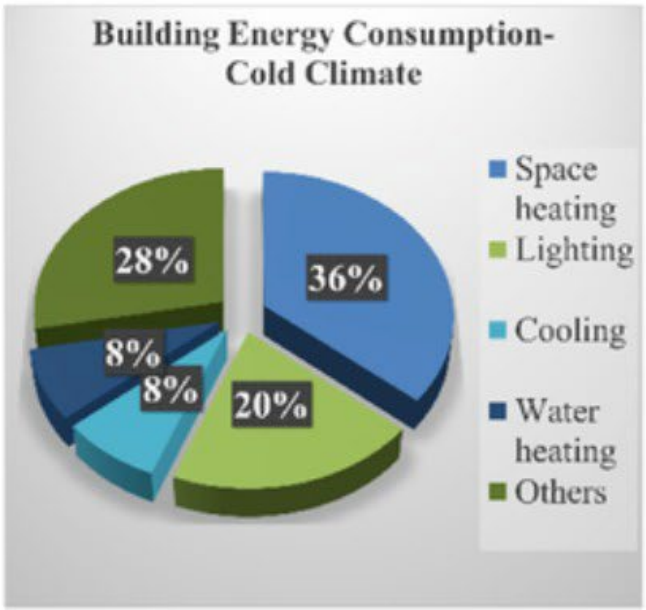
Fuente: https://www.researchgate.net/











Fuente: https://payette.com/

ENCUENTROS MÁS HABITUALES EN LOS EDIFICIOS

Se reconocen puntos singulares donde, generalmente, el edificio suele fallar térmicamente, no por el elemento en sí, sino por el encuentro.

Estos puentes térmicos no son teóricos, se pueden calcular y medir, como se comprueba en el Módulo 3, y se pueden visualizar mediante técnicas como la termografía infrarroja.

En las termografías, se puede visualizar la concentración de flujo térmico y las zonas frías o calientes localizadas, en coincidencia con el encuentro entre elementos constructivos:

fachada - cubierta

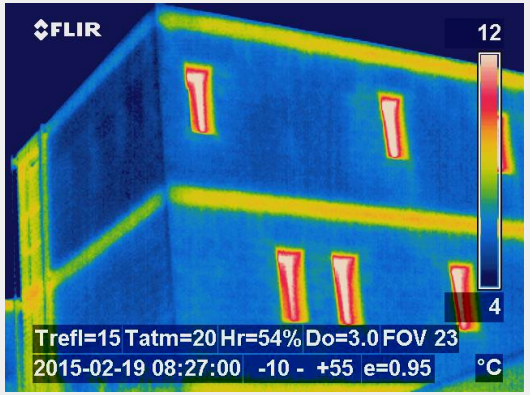


Fuente: Pablo Palma Sellés



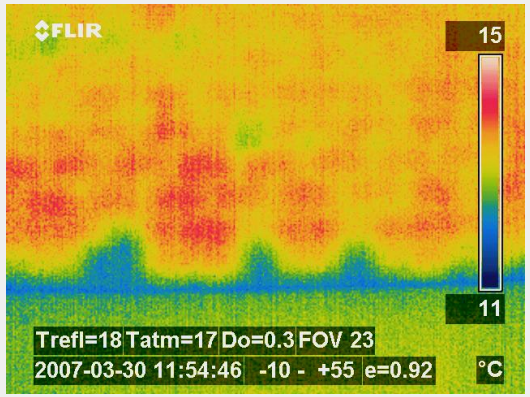
Fuente: Pablo Palma Sellés

fachada - forjado intermedio



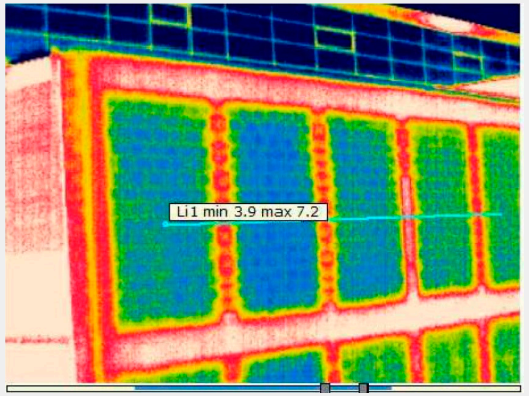
Fuente: Pablo Palma Sellés

muro – solera



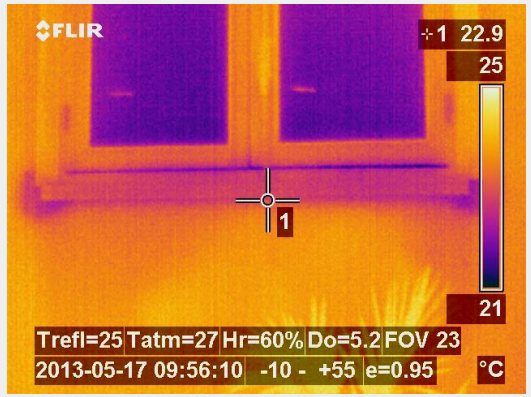
Fuente: Pablo Palma Sellés

pilar integrado en fachada



Fuente: Pablo Palma Sellés

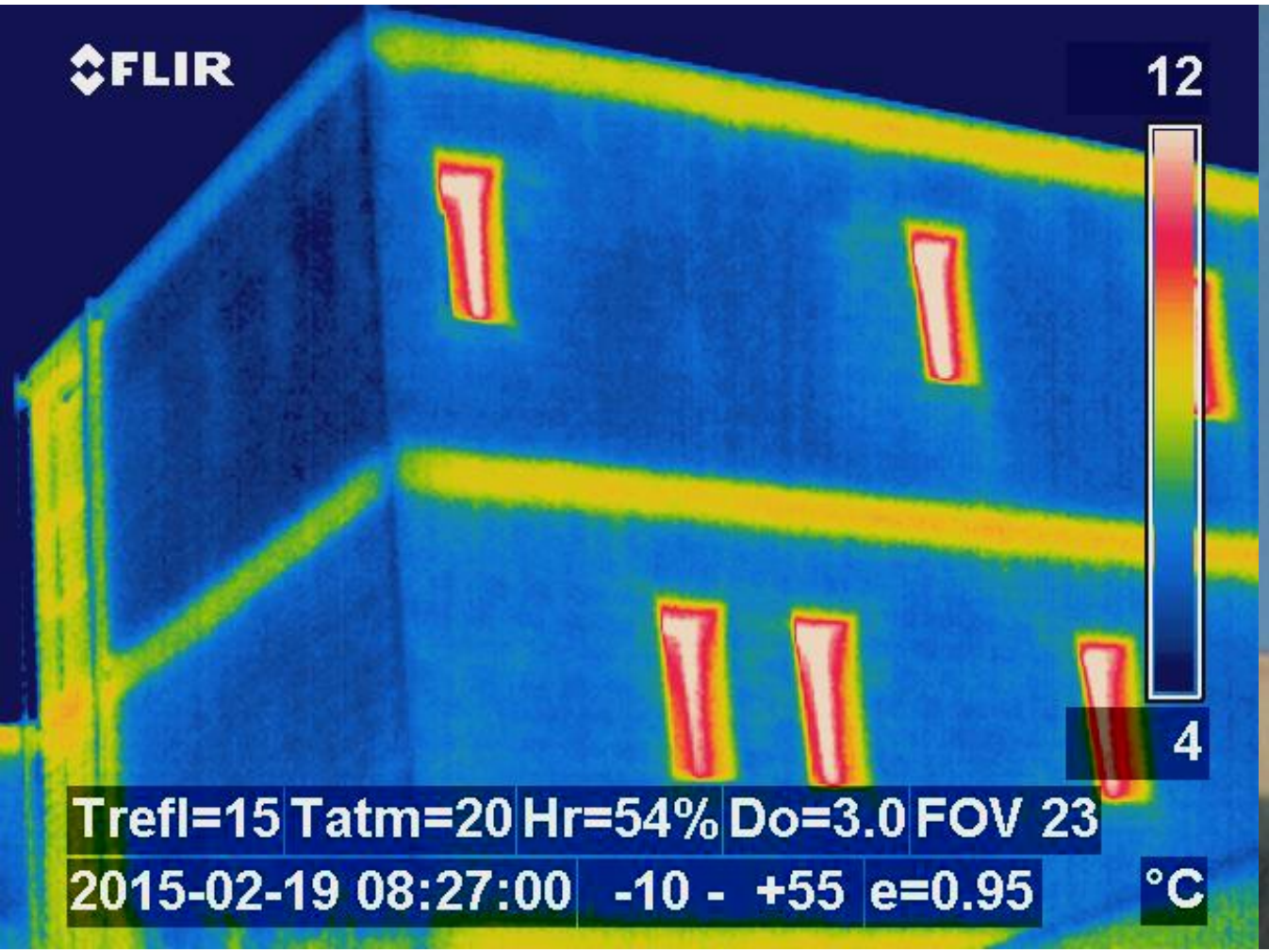
contorno de huecos



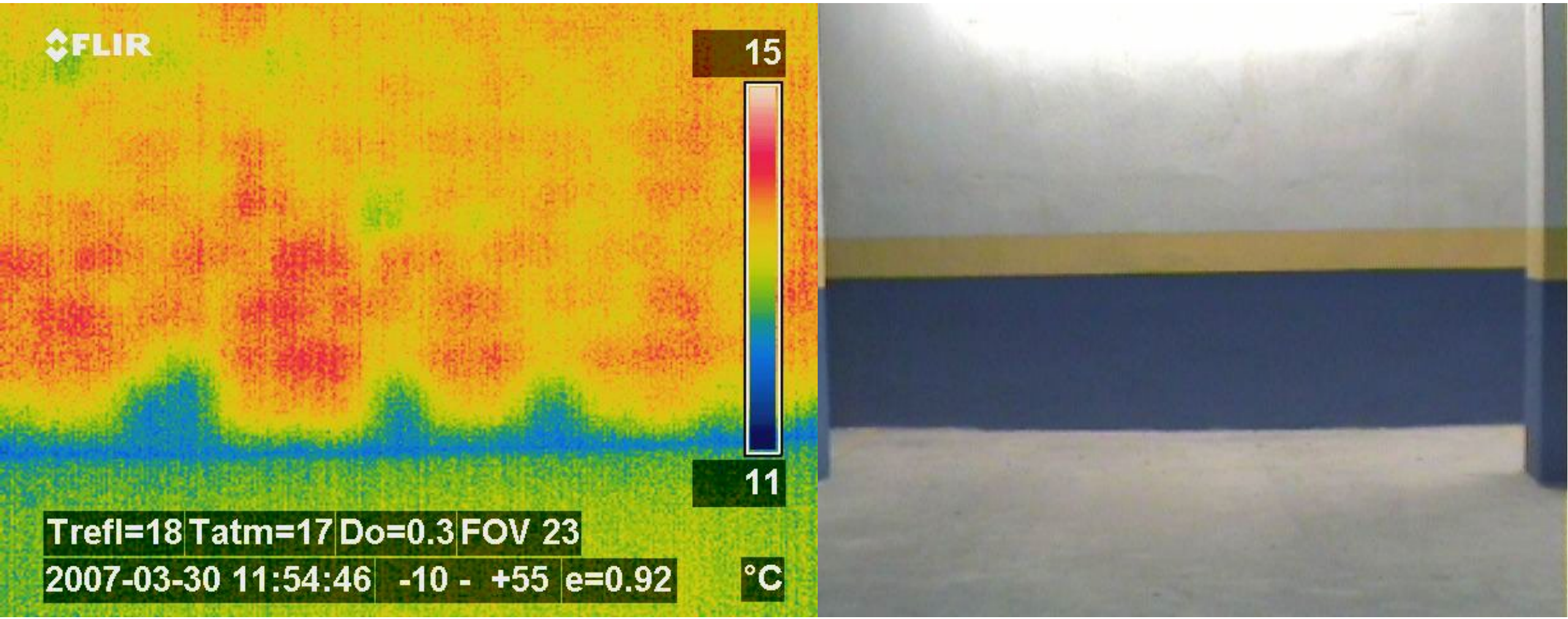
Fuente: Pablo Palma Sellés

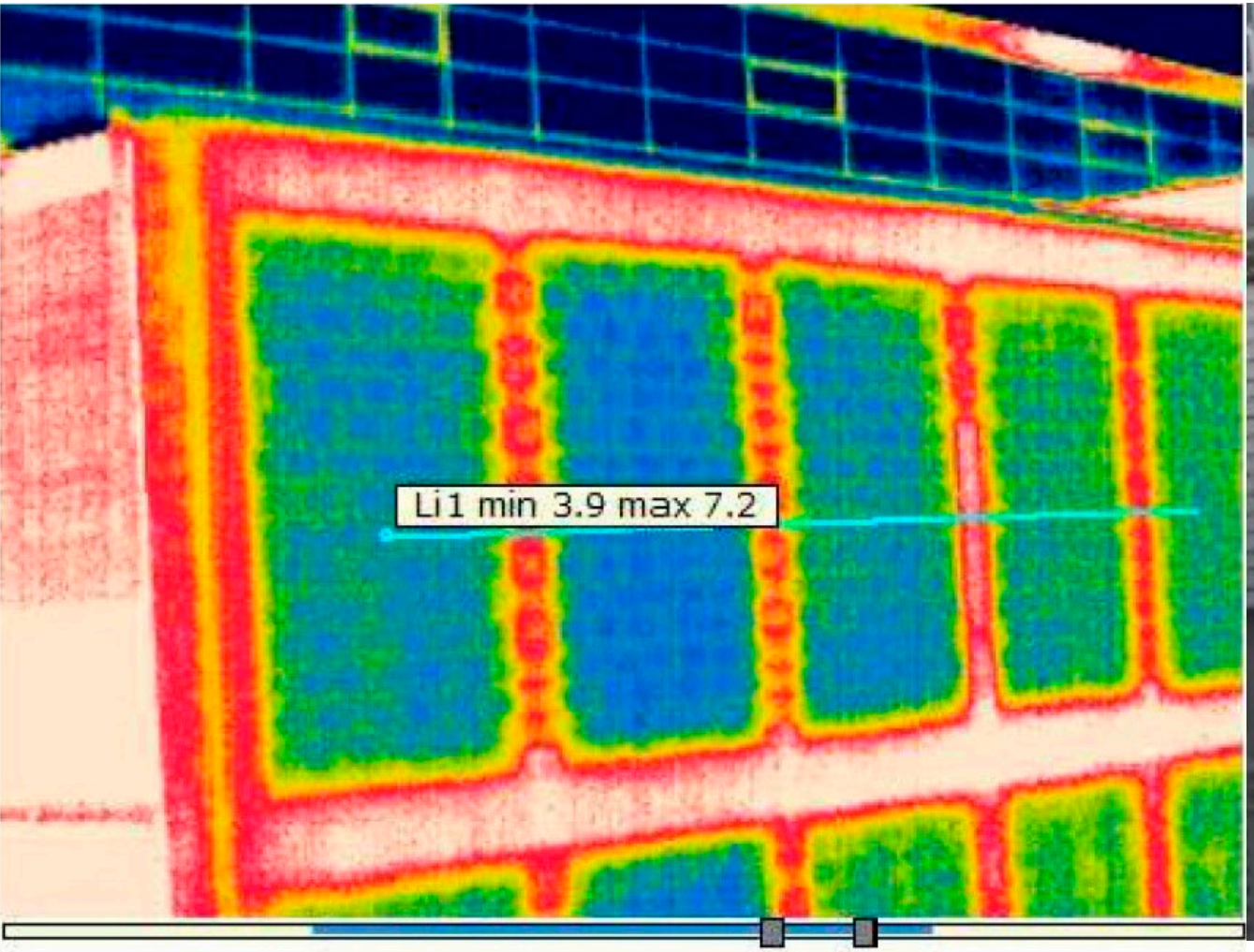

°C
35,6
26,5
FLIR
N37°52'3,58"
W0°45'52,08"
0° N


35,6
26,5
N37°52'3,58"
W0°45'52,08"
0° N

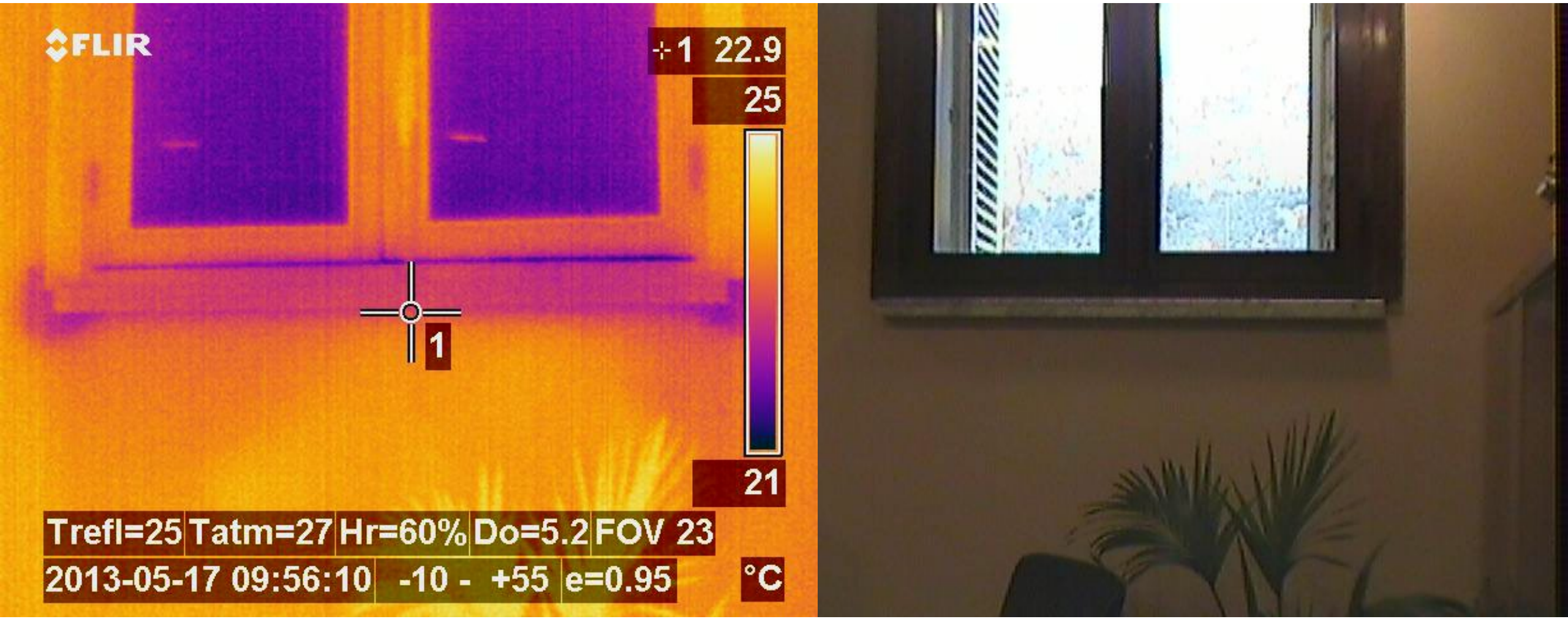

FLIR
12
4
Trefl=15 Tatm=20 Hr=54% Do=3.0 FOV 23
2015-02-19 08:27:00 -10 - +55 e=0.95
°C




FLIR
15
11
Trefl=18 Tatm=17 Do=0.3 FOV 23
2007-03-30 11:54:46 -10 - +55 e=0.92
°C


Li1 min 3.9 max 7.2




FLIR
1 22.9
25
21
1
Trefl=25 Tatm=27 Hr=60% Do=5.2 FOV 23
2013-05-17 09:56:10 -10 - +55 e=0.95
°C

NORMATIVA DE REFERENCIA. EXIGENCIAS DEL CTE

NORMATIVA DE REFERENCIA:

- UNE-EN ISO 14683
  "Puentes térmicos en edificación. Transmitancia térmica lineal. Métodos simplificados y valores por defecto"
- UNE-EN ISO 10211
  "Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Cálculos detallados.
- DA DB-HE / 3
  "Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía. Puentes Térmicos.

EXIGENCIAS DEL CTE:

- DOCUMENTO BÁSICO AHORRO DE ENERGÍA (CTE DB HE)
  Sección HE1. Condiciones para el control de la demanda energética.

El DBHE1 establece límites al coeficiente global de transmisión térmica K, que evalúa el comportamiento térmico conjunto de la envolvente térmica.

3 El *coeficiente global de transmisión de calor* a través de la *envolvente térmica* (K) del edificio, o parte del mismo, con *uso residencial privado*, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1:

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para *uso residencial privado*

	Compacidad V/A [m³/m²]	Zona climática de invierno α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la *envolvente térmica* final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

El coeficiente K incluye transmitancias térmicas de cerramientos y huecos (U), así como la contribución de puentes térmicos (Ψ).

$$K = \Sigma_x \; b_{tr,x} \; [\; \Sigma_i \; A_{x,i} \; U_{x,i} \; + \; \Sigma_k \; l_{x,k} \; \psi_{x,k} + \; \Sigma_j \; x_{x,j} \;] \; / \; \Sigma_x \; \Sigma_i \; b_{tr,x} \; A_{x,i}$$

Puentes térmicos mal resueltos ⟶ incremento de K ⟶ incumplimiento del DB HE1.

CTE CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN — DB-HE Ahorro de energía

COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO (K)

Valor medio del coeficiente de transmisión de calor para la superficie de intercambio térmico de la envolvente. Se expresa en W/m²K. De forma simplificada, puede calcularse a través de la siguiente expresión:

$$K = \Sigma_x \, b_{tr,x} \, [\, \Sigma_i \, A_{x,i} \, U_{x,i} + \Sigma_k \, l_{x,k} \, \psi_{x,k} + \Sigma_j \, x_{x,j} \,] \; / \; \Sigma_x \, \Sigma_i \, b_{tr,x} \, A_{x,i}$$

$b_{tr,x}$	es el factor de ajuste para los elementos de la envolvente. Su valor es 1 excepto para elementos en contacto con edificios o espacios adyacentes exteriores a la *envolvente térmica*, donde toma el valor 0;
$A_{x,i}$	es el área de intercambio del elemento de la *envolvente térmica* considerado;
$U_{x,i}$	es el valor de la *transmitancia térmica* del elemento de la *envolvente térmica* considerado;
$l_{x,k}$	es la longitud del puente térmico considerado;
$\psi_{x,k}$	es el valor de la *transmitancia térmica lineal* del puente térmico considerado;
$x_{x,j}$	es la transmitancia puntual del puente térmico considerado.

- No es suficiente con cumplir con los valores U de los cerramientos.
- Los puentes térmicos pueden penalizar significativamente el resultado.
- En edificios bien aislados, su peso relativo es cada vez mayor.
- El coeficiente K demuestra que no basta con aislar bien los elementos, hay que resolver bien los encuentros.

3 El *coeficiente global de transmisión de calor* a través de la *envolvente térmica* (K) del edificio, o parte del mismo, con *uso residencial privado*, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1:

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para *uso residencial privado*

	Compacidad **V/A [m³/m²]**	**Zona climática de invierno**					
		α	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la *envolvente térmica* final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las *compacidades* intermedias (1<V/A<4) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

JUSTIFICACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DEL CTE

NORMATIVA A CUMPLIR:

- DOCUMENTO BÁSICO AHORRO DE ENERGÍA (CTE DB HE)
  Sección HE1. Condiciones para el control de la demanda energética.

Para la justificación del cumplimiento normativo, el CTE permite:

- **métodos simplificados (valores tabulados ⟶ UNE-EN ISO 14683 y DA DB-HE/3), se ven en el Módulo 3.**
- **métodos numéricos detallados (UNE-EN ISO 10211), se ven en el Módulo 3.**

Para el caso de métodos numéricos, como el que se desarrolla en el procedimiento descrito en el módulo 3, que permite obtener un valor de transmitancia térmica lineal Ψ a partir de un flujo de calor obtenido mediante una simulación 2D o 3D, se debe justificar adecuadamente dicho valor mediante un informe que contenga los parámetros más significativos y las condiciones de cálculo utilizadas en el procedimiento:

- Detalle constructivo del elemento estudiado.
- Características de los materiales que lo componen (λ).
- Método de cálculo o fórmulas utilizadas.
- Resultados obtenidos en el software de simulación:
  - Flujo de calor.
  - Mapas de calor (isotermas, vectores, etc.)
- Normativa aplicada para el procedimiento.

EJEMPLO DE INFORME


Valero

INFORME TÉCNICO

JUSTIFICACIÓN DEL CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL (Ψ)

SOLUCIÓN

Aislamiento en frente de forjado

Revoco sobre aislante. Aplicación en fachada de ladrillo para revestir

TIPO DE PUENTE TÉRMICO	ENCUENTRO DE FACHADA CON FORJADO
SOFTWARE DE CÁLCULO	THERM
NORMATIVA DE APLICACIÓN	UNE-EN ISO 10211, DA DB-HE/1, DA DB-HE/3
CÓDIGO	PT-1
FECHA	10/10/2020

JUSTIFICACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DEL CTE

EJEMPLO DE INFORME JUSTIFICATIVO DEL CÁLCULO:

CONTENIDOS MÍNIMOS RECOMENDADOS:

- IDENTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN
  - Tipo de encuentro, detalle constructivo de la solución propuesta y descripción de ésta con fotografías de obra.
- SOFTWARE DE CÁLCULO
  - Información sobre las herramientas informáticas que se utilizan para el cálculo (nombre, versión, etc.).
- CONDICIONES DE CÁLCULO
  - Características de los materiales (λ), condiciones de contorno (temperatura y coeficiente de película), así como las fórmulas utilizadas (DA DB-HE/3) para el cálculo de la transmitancia térmica lineal.
- CÁLCULO DEL PUENTE TÉRMICO
  - Resultados de la simulación en THERM, valor del flujo de calor y mapas térmicos (isotermas, vectores, infrarrojos, etc.), así como cálculo de la transmitancia térmica lineal (flujo de calor, longitudes y U de elementos adyacentes).



Valero

INFORME TÉCNICO

JUSTIFICACIÓN DEL CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL (Ψ)

SOLUCIÓN

Aislamiento en frente de forjado

Revoco sobre aislante. Aplicación en fachada de ladrillo para revestir

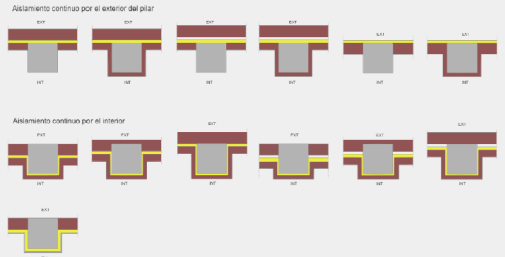
TIPO DE PUENTE TÉRMICO	ENCUENTRO DE FACHADA CON FORJADO
SOFTWARE DE CÁLCULO	THERM
NORMATIVA DE APLICACIÓN	UNE-EN ISO 1021, DA DB-HE/1, DA DB-HE/3
CÓDIGO	PT-1
FECHA	10/10/2026

CURSO - Puentes Térmicos: Diseño, Cálculo y Ejecución

Departamento Técnico – Grupo Valero

PRINCIPIO DE CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO

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



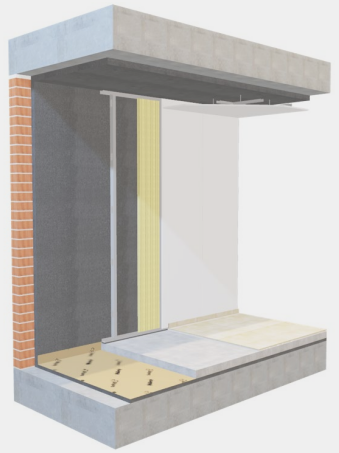
Transmitancia térmica lineal

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:

U_{muro} [W/m²K]	Ψe, Ψi [W/mK] Dimensiones pilar [cm x cm] 20x20 / 30x30
0,73	0,02
0,44	0,01
0,31	0,00
0,27	0,00
0,24	0,00

EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA ENCUENTROS SINGULARES







PRINCIPIO DE CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO

Consiste en garantizar la continuidad de la capa de aislamiento de la envolvente térmica del edificio, vivienda o estancia, según el caso, sin interrupciones que puedan generar puentes térmicos.

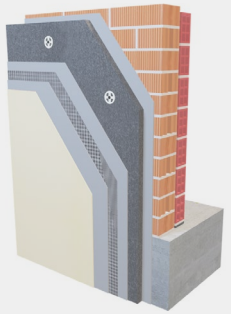
Fundamental para:

- Reducir pérdidas de calor.
- Evitar condensaciones.
- Mejorar el confort interior.
- Asegurar un comportamiento energético homogéneo en todo el cerramiento

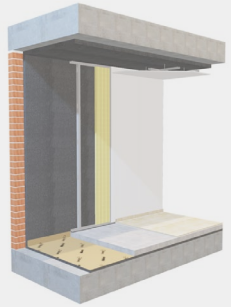
Pueden aplicarse distintas estrategias:

- SATE
- SATI
- Continuidad en puntos singulares.
- Rotura de puente térmico.

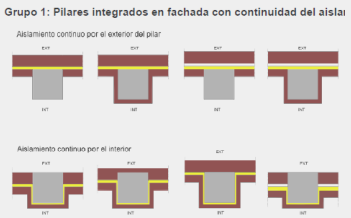
SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR (SATE)



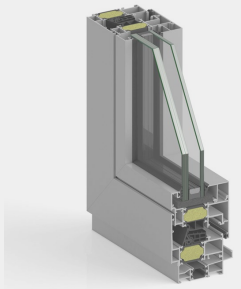
SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR (SATI)



CONTINUIDAD DE AISLAMIENTO EN PUNTOS SINGULARES



ROTURA DE PUENTE TÉRMICO EN ELEMENTOS



PRINCIPIO DE CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO

SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR (SATE)

Aislamiento colocado por la cara exterior del cerramiento, formando una envolvente térmica continua que reduce los puentes térmicos. Está formado por los paneles aislantes, una capa base con mortero adhesivo flexible reforzada con malla de fibra de vidrio y un revestimiento final mediante mortero acrílico.

PROS:

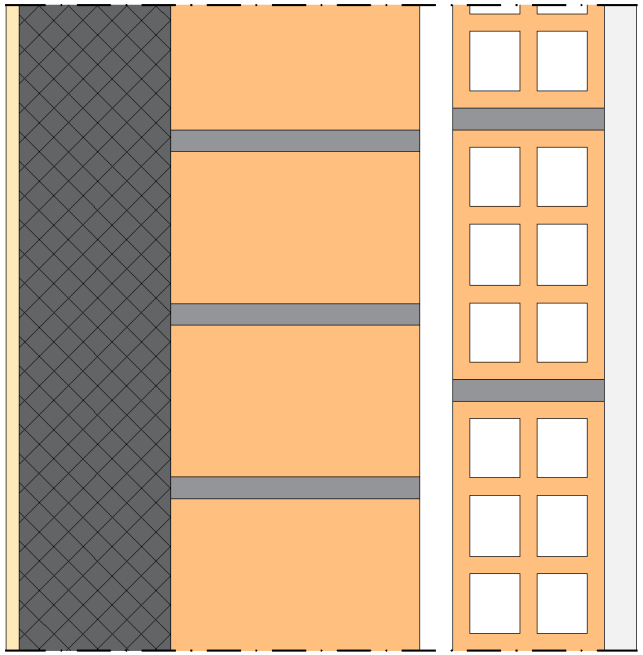
- Mejora la inercia térmica y el comportamiento higrotérmico del cerramiento.
- Reducción eficaz de puentes térmicos estructurales.
- Lleva incluido el revestimiento de la fachada.
- No reduce la superficie interior de las estancias.
- Ideal en rehabilitación sin afectar a los usuarios.

CONTRAS:

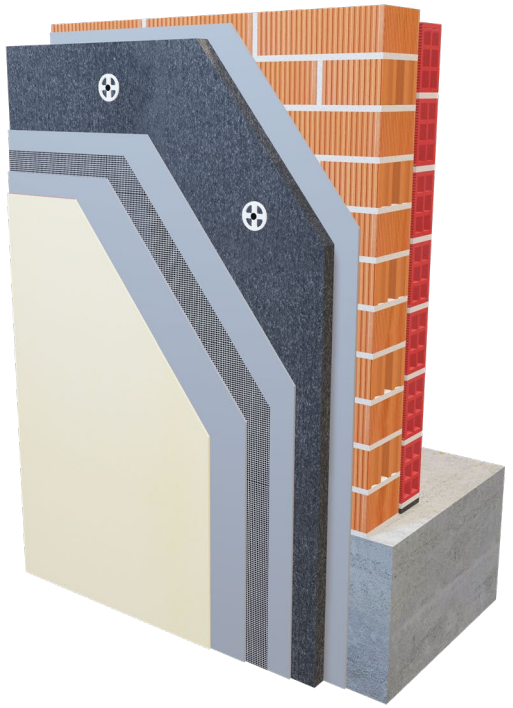
- Coste elevado de materiales y mano de obra.
- Requiere buena ejecución para evitar patologías.
- Limitaciones estéticas y urbanísticas,
- Requiere andamiaje y trabajos en altura.

EJEMPLO DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA CON AISLAMIENTOS VALERO

Sección Constructiva



Detalle 3D



LEYENDA:

1: Revestimiento exterior continuo para sistema SATE compuesto por las siguientes capas:

- Capa base de mortero adhesivo flexible reforzado con malla de fibra de vidrio.
- Fondo con imprimación acrílica.
- Acabado con capa de mortero acrílico.

2: Aislamiento:

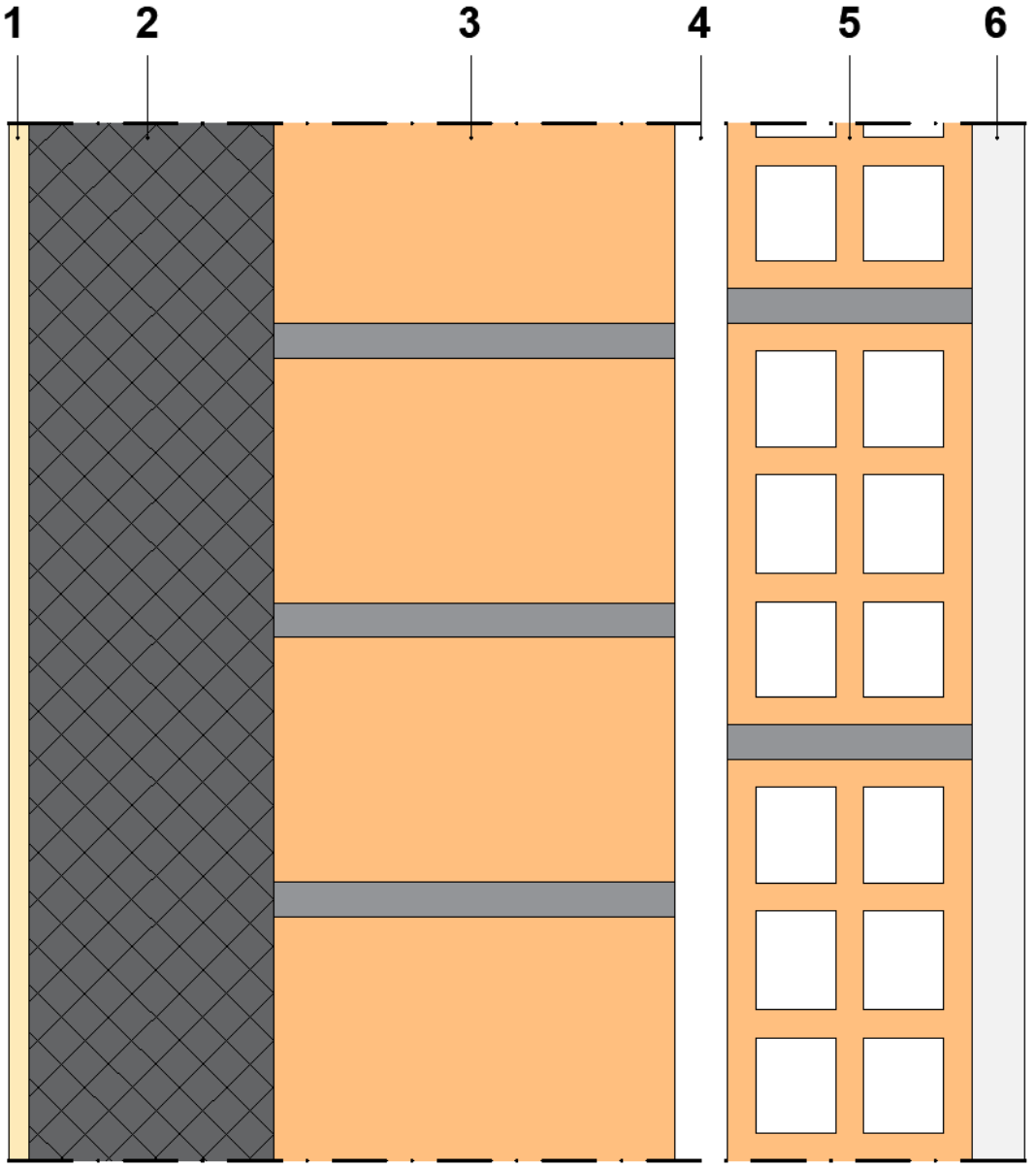
EPS Grafipol TR-SATE

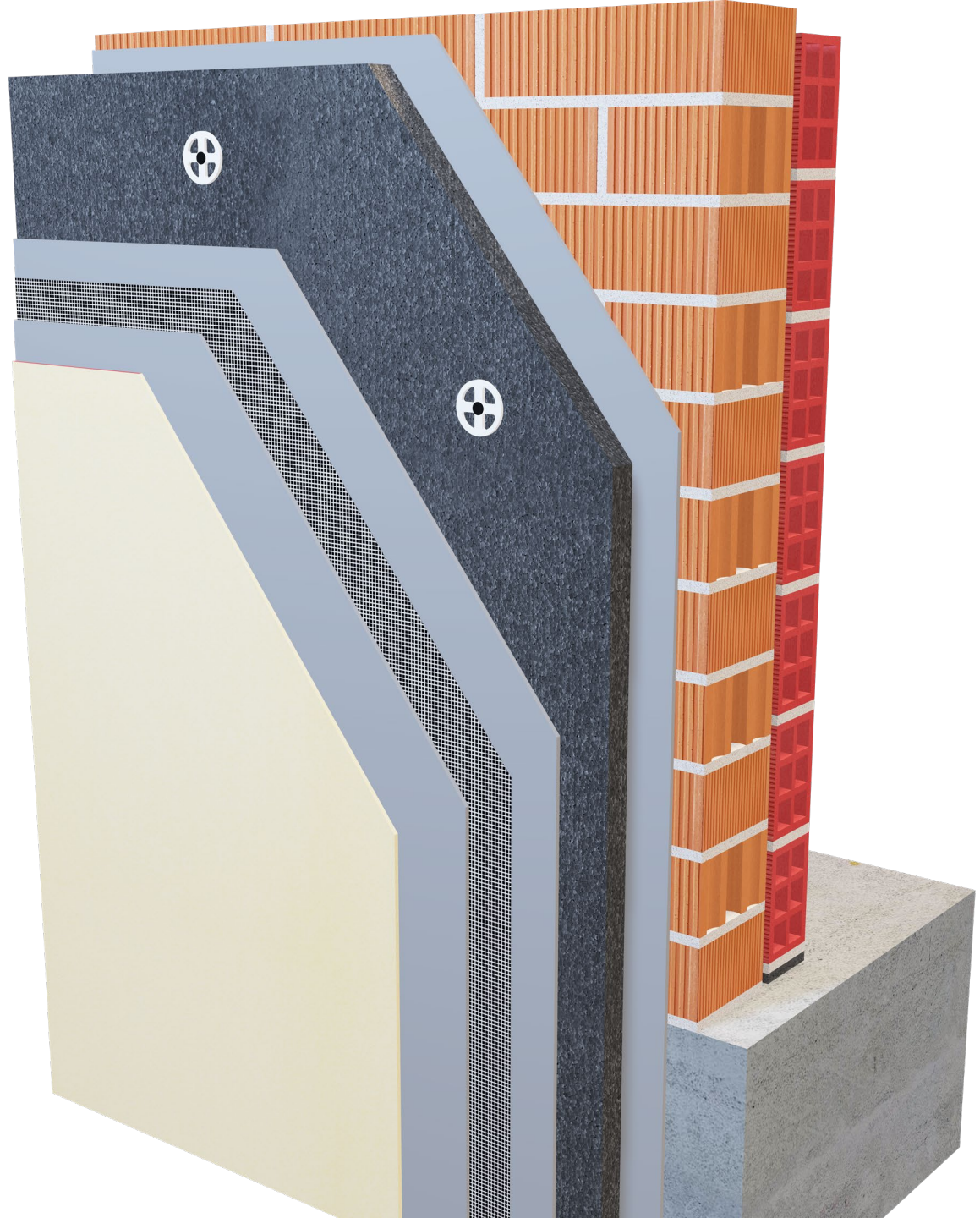
3: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir.

4: Cámara de trabajo.

5: Hoja interior: tabique de ladrillo cerámico hueco LH7.

6: Revestimiento interior: enlucido de yeso





PRINCIPIO DE CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO

FOTOGRAFÍAS DE OBRA SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR (SATE)












CAMPOS
ALQUILER




REDDY
HEATER









PRINCIPIO DE CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO

SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR (SATI)

Dar continuidad al aislamiento de la fachada hacia el interior de la estancia:

- Techo: banda de 1 m de ancho
  (a partir de ahí pierde eficacia)
- Suelo: aislamiento continuo
  (combinación con antiimpacto o aprovechar suelo radiante)

PROS:

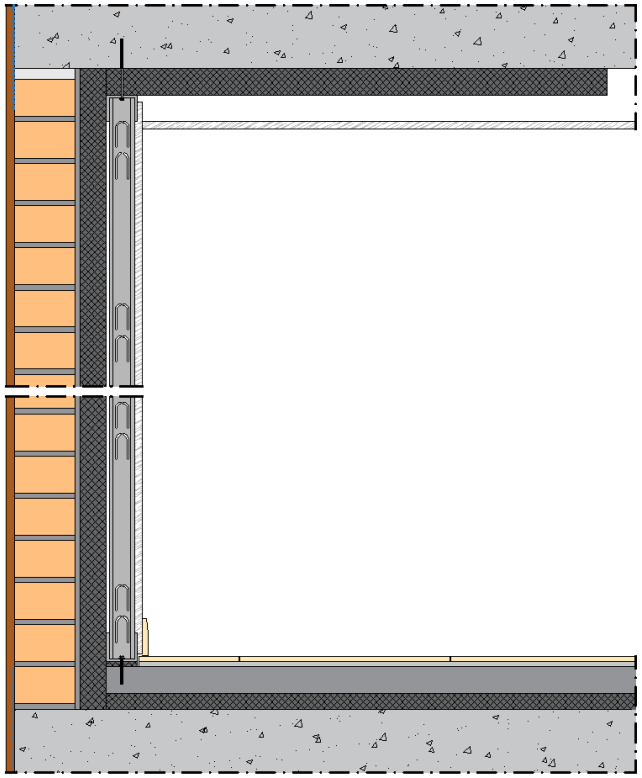
- Reduce pérdidas energéticas entre espacios.
- Menor coste y mayor rapidez de ejecución.
- Permite sobre fachadas vistas (caravista, hormigón), protegidas y en medianeras.
- No requiere andamiaje ni trabajos exteriores.

CONTRAS:

- Reduce la superficie útil de las estancias.
- Limitación de espesores de aislante (alturas).
- Riesgo de condensaciones intersticiales.
- Peor inercia térmica del muro.

EJEMPLO DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA CON AISLAMIENTOS VALERO

Sección Constructiva



Detalle 3D



LEYENDA:

1: Revestimiento exterior continuo: mortero monocapa

2: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir

3: Revestimiento intermedio: mortero de cemento hidrófugo

4: Aislamiento en fachada: EPS Grafipol TR-32 / TR-31 / TR-29

5: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento interior de lana mineral colocada entre montantes

6: Placa de yeso laminado

7: Forjado de hormigón armado

8: Aislamiento en suelo: EPS Grafipol Termoimpact Roll

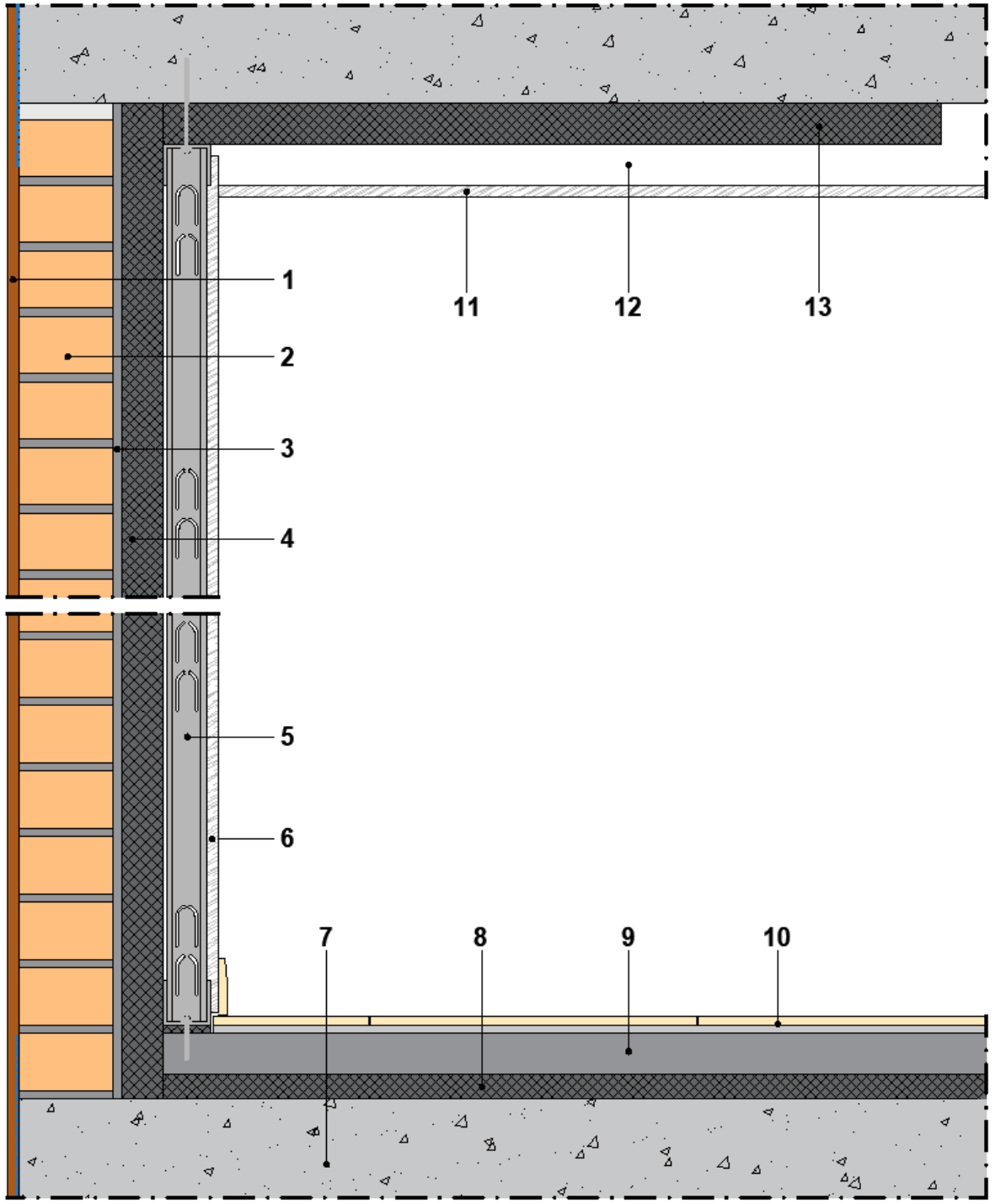
9: Capa base para pavimento: mortero autonivelante / plastón

10: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso

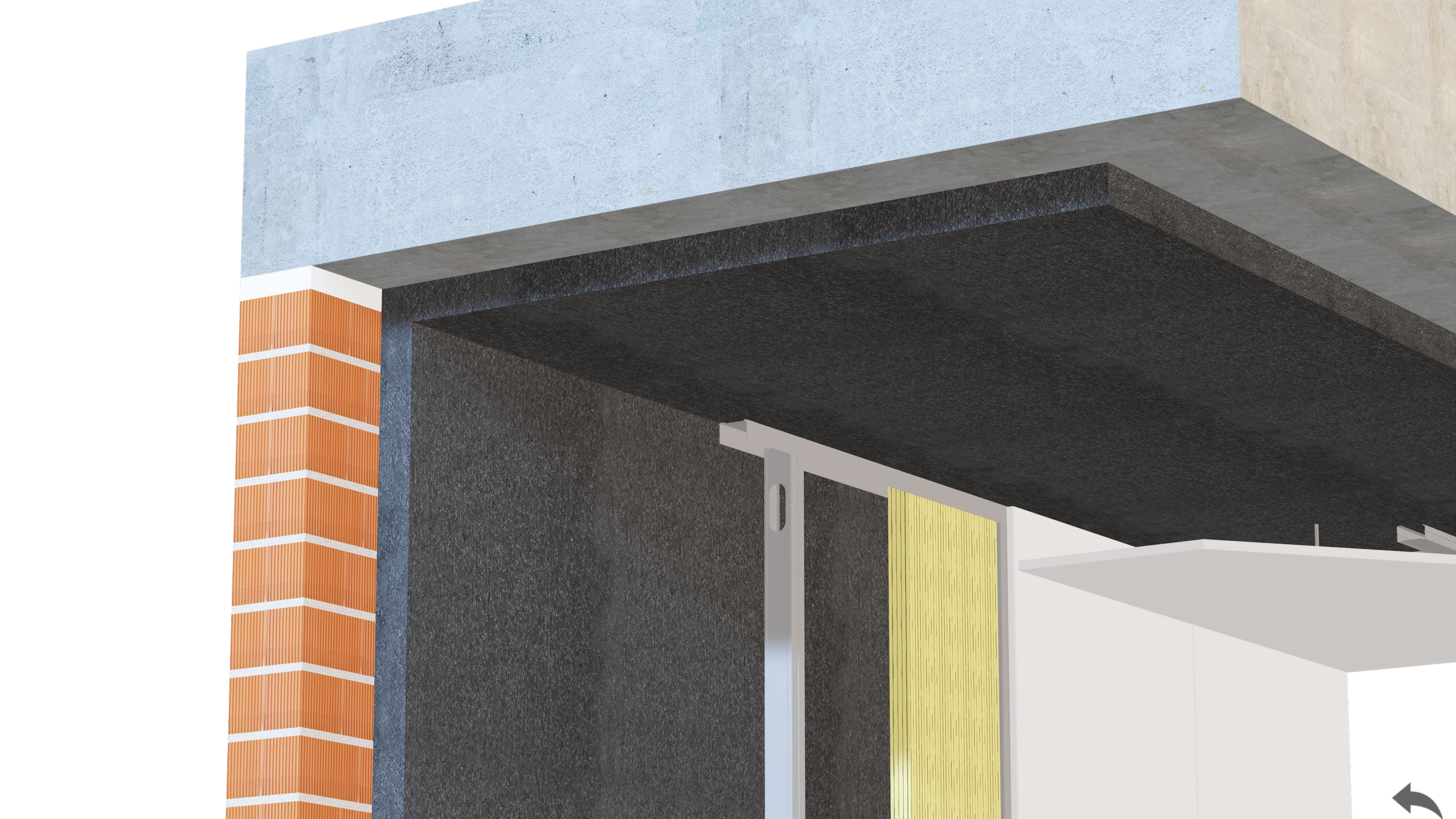
11: Falso techo de placa de yeso laminado

12: Cámara de aire

13: Aislamiento en techo (banda de 1 m): EPS Grafipol TR-32 / TR-31 / TR-29




Kelko
Kelko
Kelko





PRINCIPIO DE CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO

FOTOGRAFÍAS DE OBRA SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR (SATI)


















Grafipol
Valero


Valero
Grafipol

Valero
Grafipol
Valero
Grafipol
Valero
Grafipol
Valero




Grafipol
Valero







PRINCIPIO DE CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO

CONTINUIDAD DE AISLAMIENTO EN PUNTOS SINGULARES

El CTE no obliga expresamente a la continuidad del aislamiento, pero su Atlas de Puentes Térmicos (DA DB-HE/3) demuestra que las soluciones con continuidad presentan valores de ψ muy bajos, por lo que son imprescindibles para cumplir las exigencias del coeficiente "K".

SOLUCIONES DEL CTE:

- Pilares integrados en fachada
- Jambas
- Dinteles
- Alféizares
- Capialzados
- Frentes de forjados
- Cubiertas planas
- Esquinas salientes
- Esquinas entrantes
- Forjados inferiores en contacto con aire exterior
- Suelos en contacto con el terreno

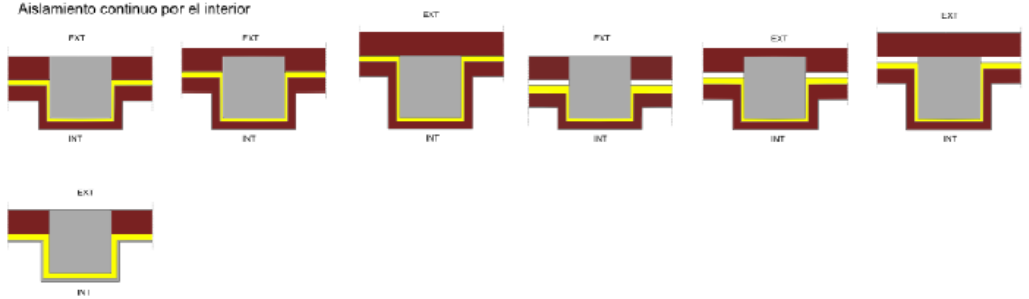
Ejemplo: Pilares integrados en fachada

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:

		Ψe, **Ψi** [W/mK] Dimensiones pilar [cm x cm] **20x20 / 30x30**
U_{muro} [W/m²K]	**0,73**	0,02
	0,44	0,01
	0,31	0,00
	0,27	0,00
	0,24	0,00

PRINCIPIO DE CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO

ROTURA DE PUENTE TÉRMICO

Cuando no es posible garantizar la continuidad completa del aislamiento únicamente con capas aislantes, se emplean sistemas de rotura de puente térmico que interrumpen la transmisión de calor a través de elementos estructurales o constructivos.

PROS:

- Soluciones prefabricadas y certificadas.
- Adaptación a sistemas constructivos convencionales.

CONTRAS:

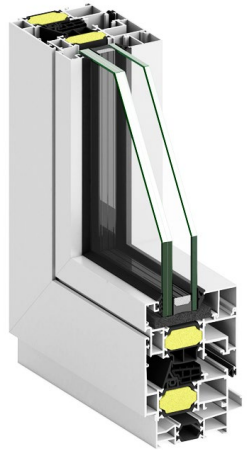
- Mayor coste que con soluciones tradicionales.
- Soluciones únicamente estándar, difícilmente personalizables para el proyecto.
- Una mala ejecución supondrá importantes patologías.

Ejemplo 1: Ruptores térmicos



Egcobox – Max Frank

Ejemplo 2: Carpinterías RPT



Strugal Optima
+ Marco RC

Ejemplo 3: Premarcos aislados



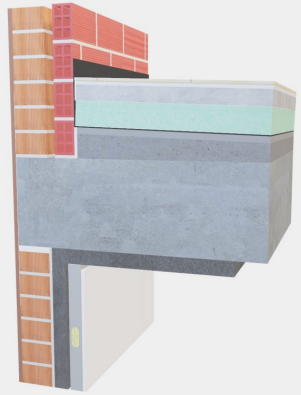
Isomarco – Passive.es

EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES

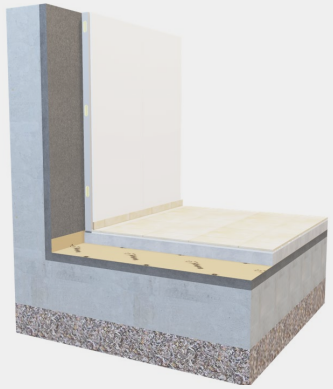
ENCUENTRO FACHADA - FORJADO



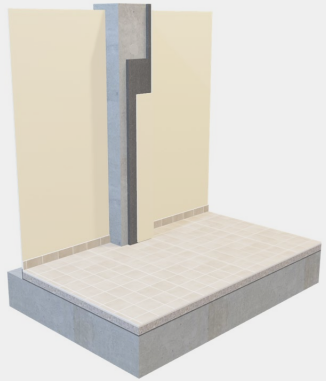
ENCUENTRO FACHADA - CUBIERTA



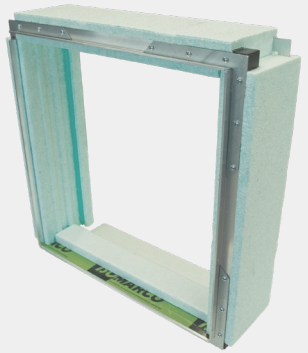
ENCUENTRO MURO - SOLERA



PILARES INTEGRADOS EN FACHADA



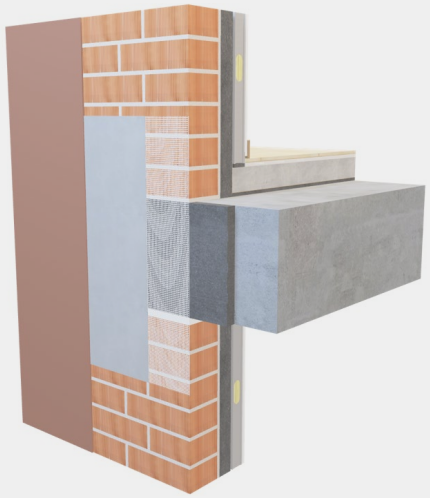
CONTORNO DE HUECOS



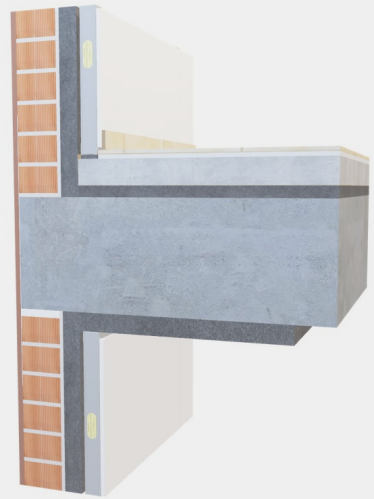
EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES

ENCUENTRO DE FACHADA CON FORJADO INTERMEDIO

SOLUCIÓN 1: AISLAMIENTO EN FRENTES DE FORJADO



SOLUCIÓN 2: BANDAS PERIMETRALES

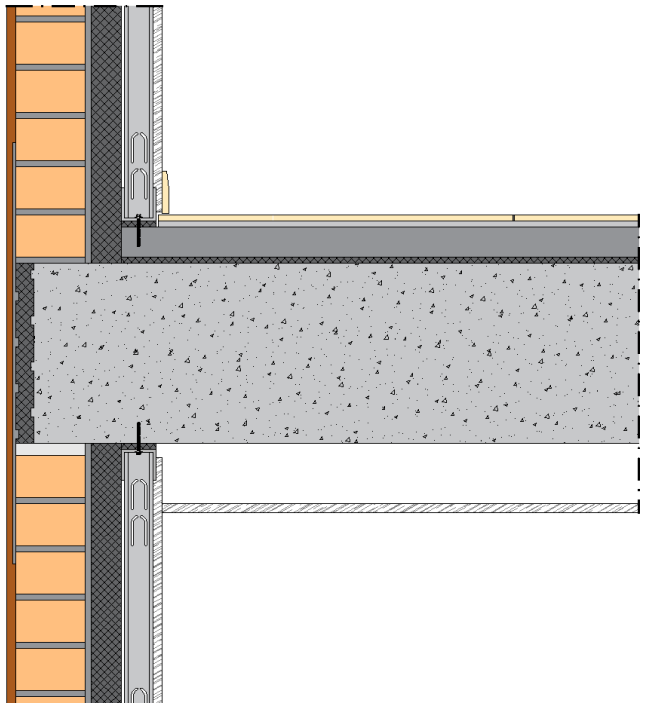


EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES:

ENCUENTRO DE FACHADA CON FORJADO INTERMEDIO

SOLUCIÓN 1: AISLAMIENTO EN FRENTE DE FORJADO

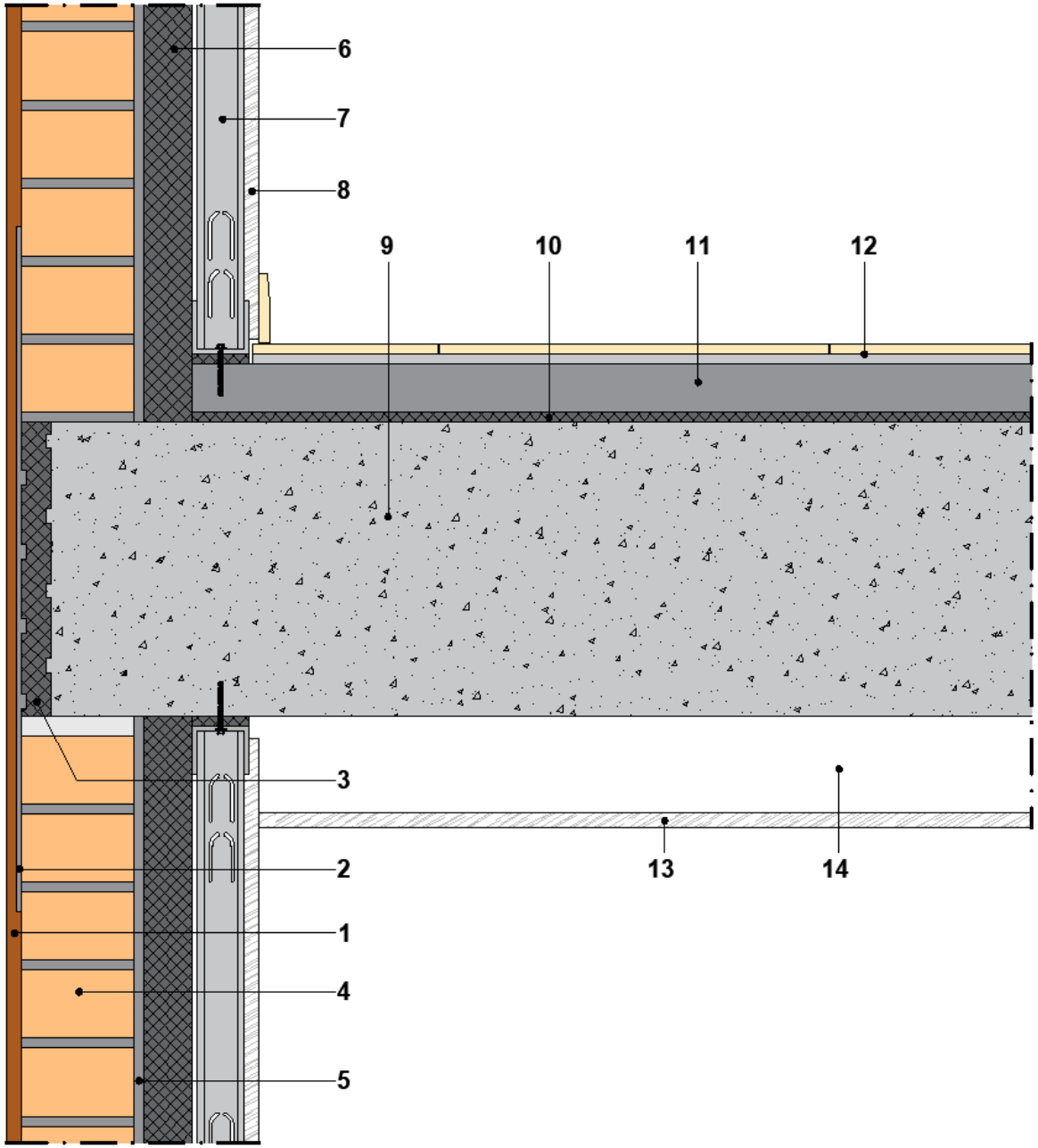
Sección Constructiva



Detalle 3D



LEYENDA:
1: Revestimiento exterior: mortero monocapa
2: Capa de refuerzo entre el aislamiento y el revestimiento exterior: mortero flexible + malla de refuerzo de fibra de vidrio
3: Aislamiento para puente térmico:
EPS Grafipol Frente Forjado
4: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir
5: Revestimiento intermedio:
mortero de cemento hidrófugo
6: Aislamiento en fachada:
EPS Grafipol TR-32 / TR-31 / TR-29
7: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento interior de lana mineral colocado entre montantes
8: Placa de yeso laminado
9: Forjado de hormigón armado
10: Aislamiento en suelo (antiimpacto):
EPS Grafipol Termoimpact Roll
11: Capa base para pavimento:
mortero autonivelante / plastón
12: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso
13: Falso techo de placa de yeso laminado
14: Cámara de aire





EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES:

FOTOGRAFÍAS DE OBRA ENCUENTRO FACHADA – FORJADO / SOLUCIÓN 1: AISLAMIENTO EN FRENTE DE FORJADO























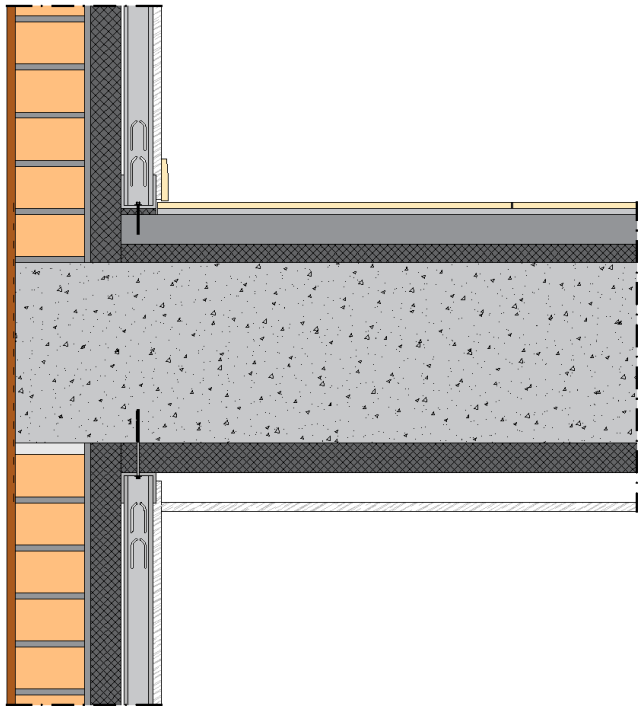



EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES:

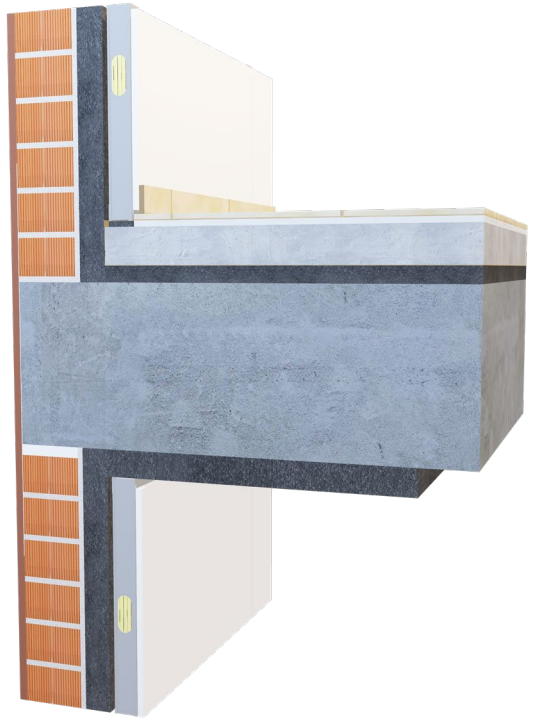
ENCUENTRO DE FACHADA CON FORJADO INTERMEDIO

SOLUCIÓN 2: BANDAS PERIMETRALES

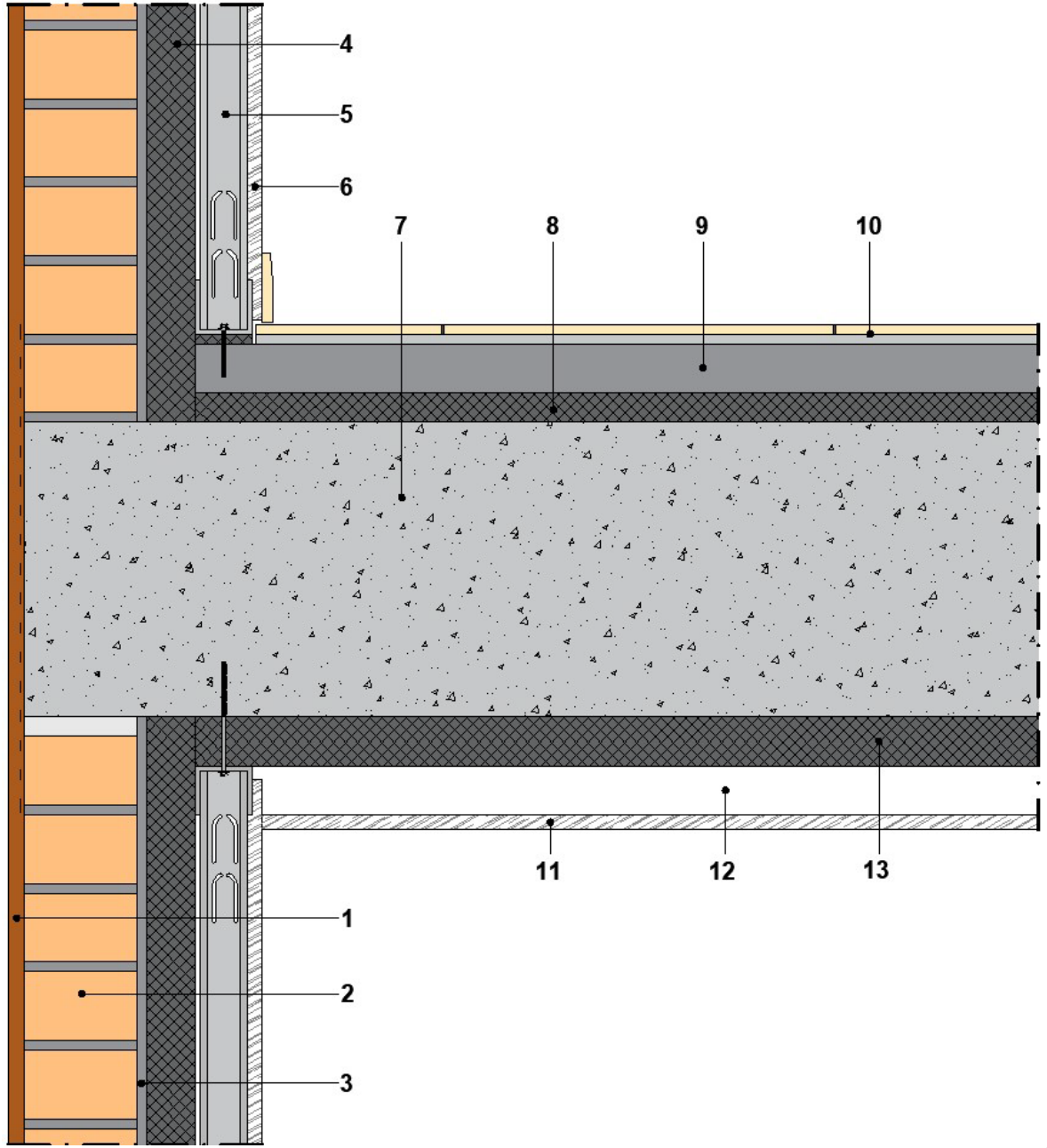
Sección Constructiva

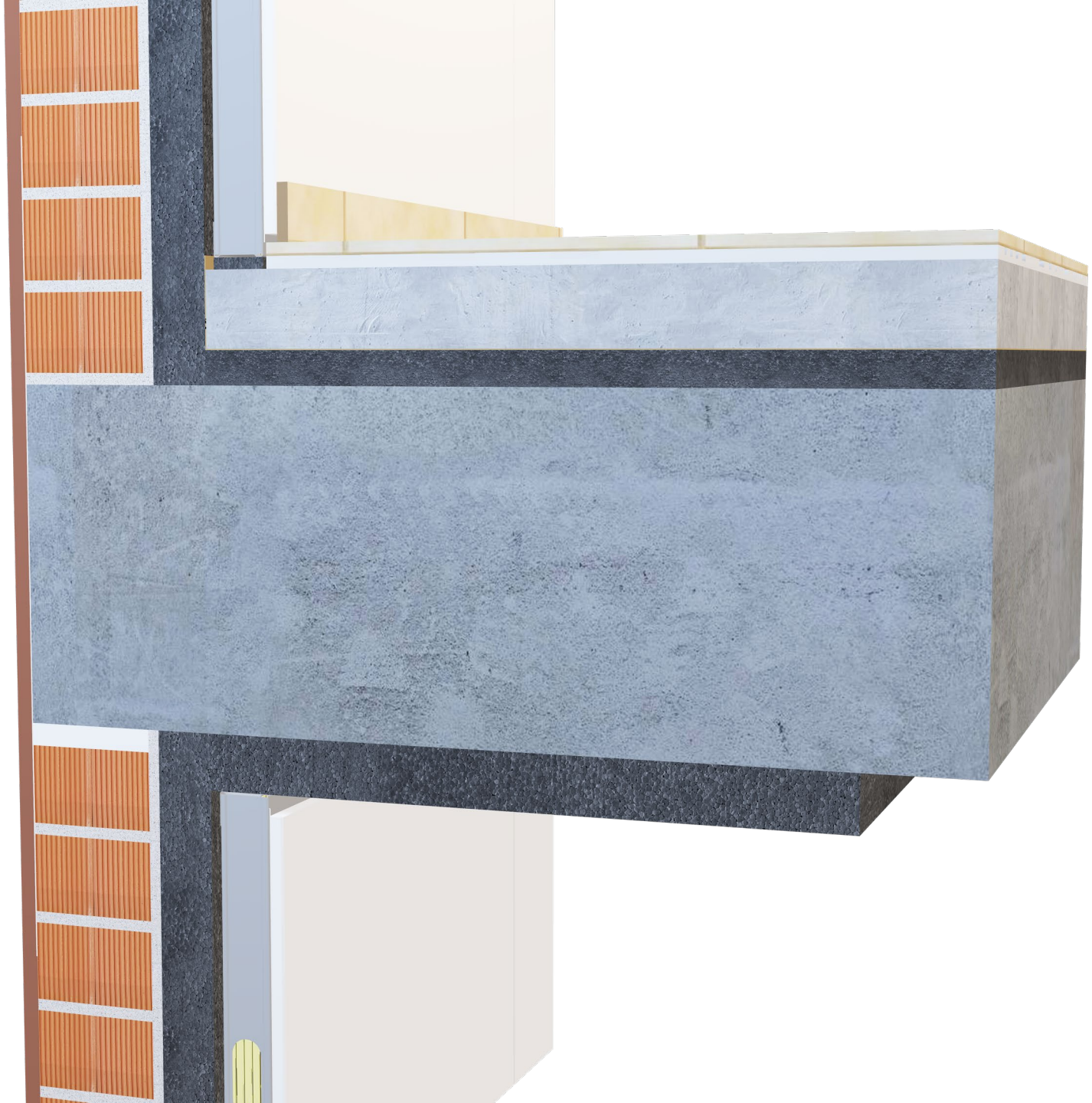


Detalle 3D



LEYENDA:
1: Revestimiento exterior: mortero monocapa
2: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir
3: Revestimiento intermedio:
mortero de cemento hidrófugo
4: Aislamiento en fachada:
EPS Grafipol TR-32 / TR-31 / TR-29
5: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento interior de lana mineral colocado entre montantes
6: Placa de yeso laminado
7: Forjado de hormigón armado
8: Aislamiento en suelo (continuo):
EPS Grafipol Termoimpact Roll
9: Capa base para pavimento:
mortero autonivelante / plastón
10: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso
11: Falso techo de placa de yeso laminado
12: Cámara de aire
13: Aislamiento en techo (banda de 1 m):
EPS Grafipol TR-32 / TR-31 / TR-29

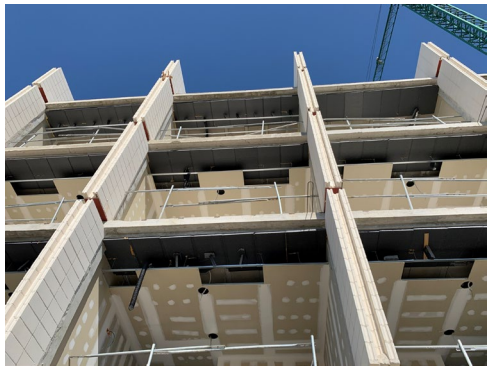




EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES:

FOTOGRAFÍAS DE OBRA ENCUENTRO FACHADA – FORJADO / SOLUCIÓN 2: BANDAS PERIMETRALES



















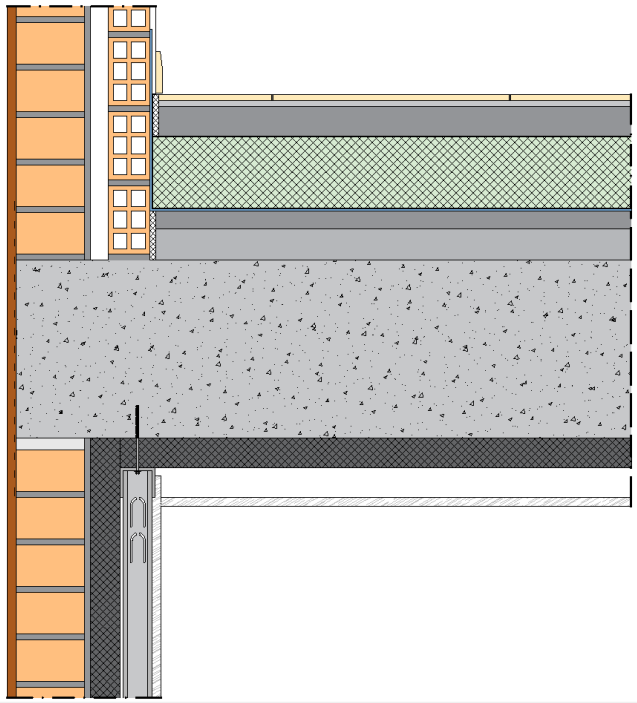




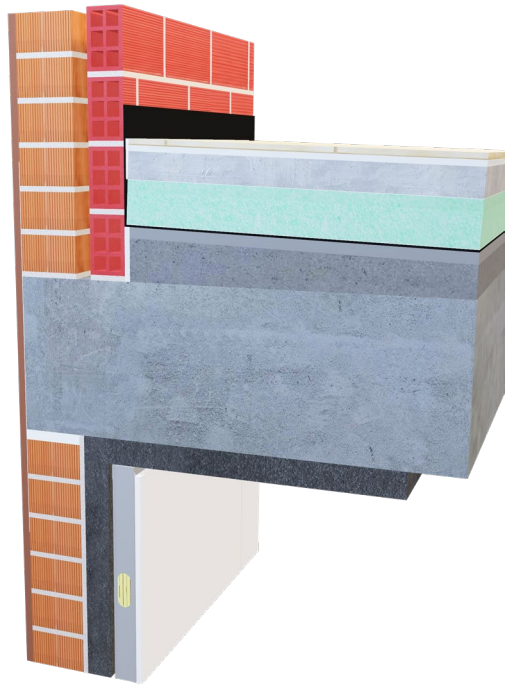
EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES:

ENCUENTRO DE FACHADA CON CUBIERTA PLANA

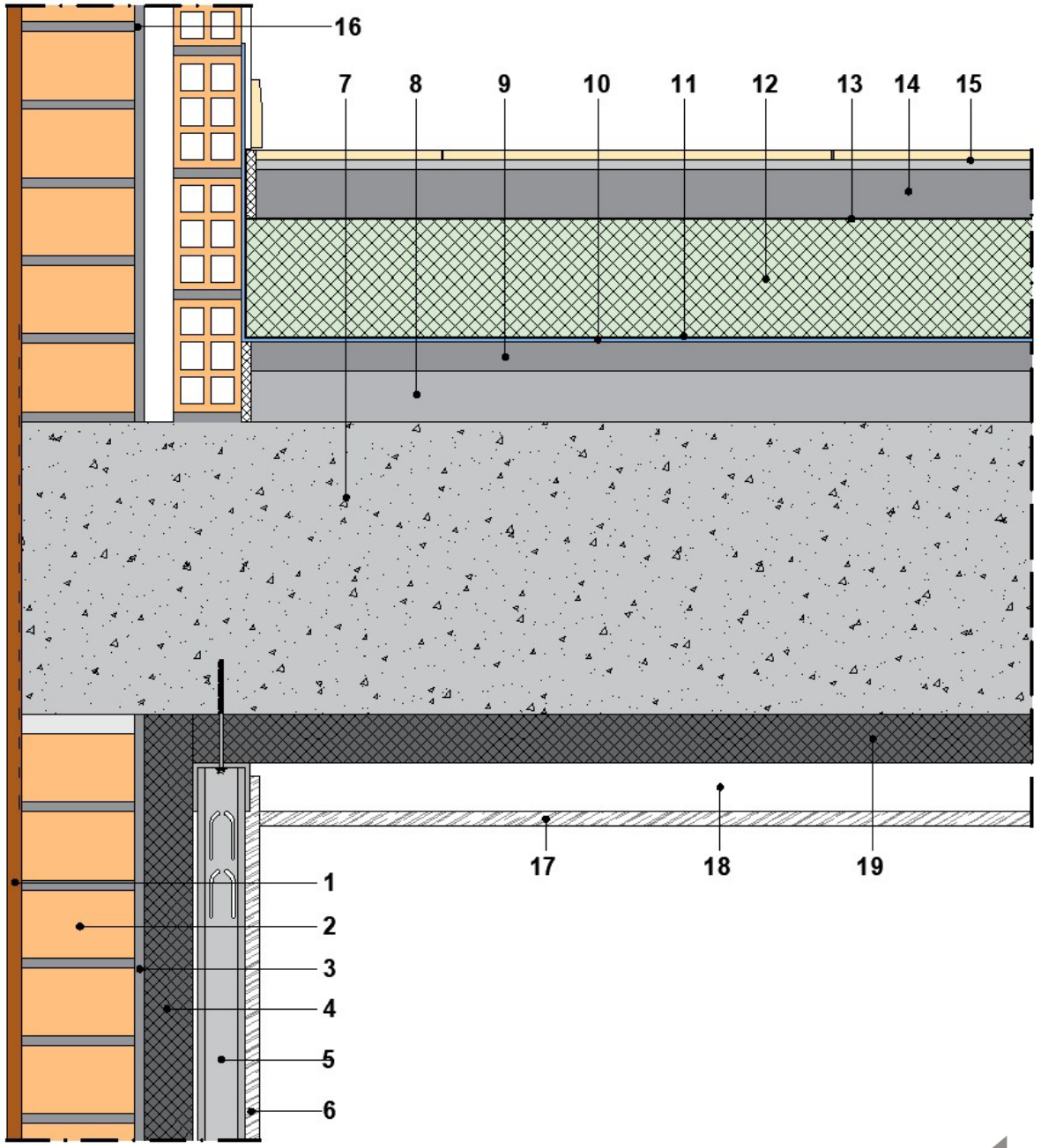
Sección Constructiva

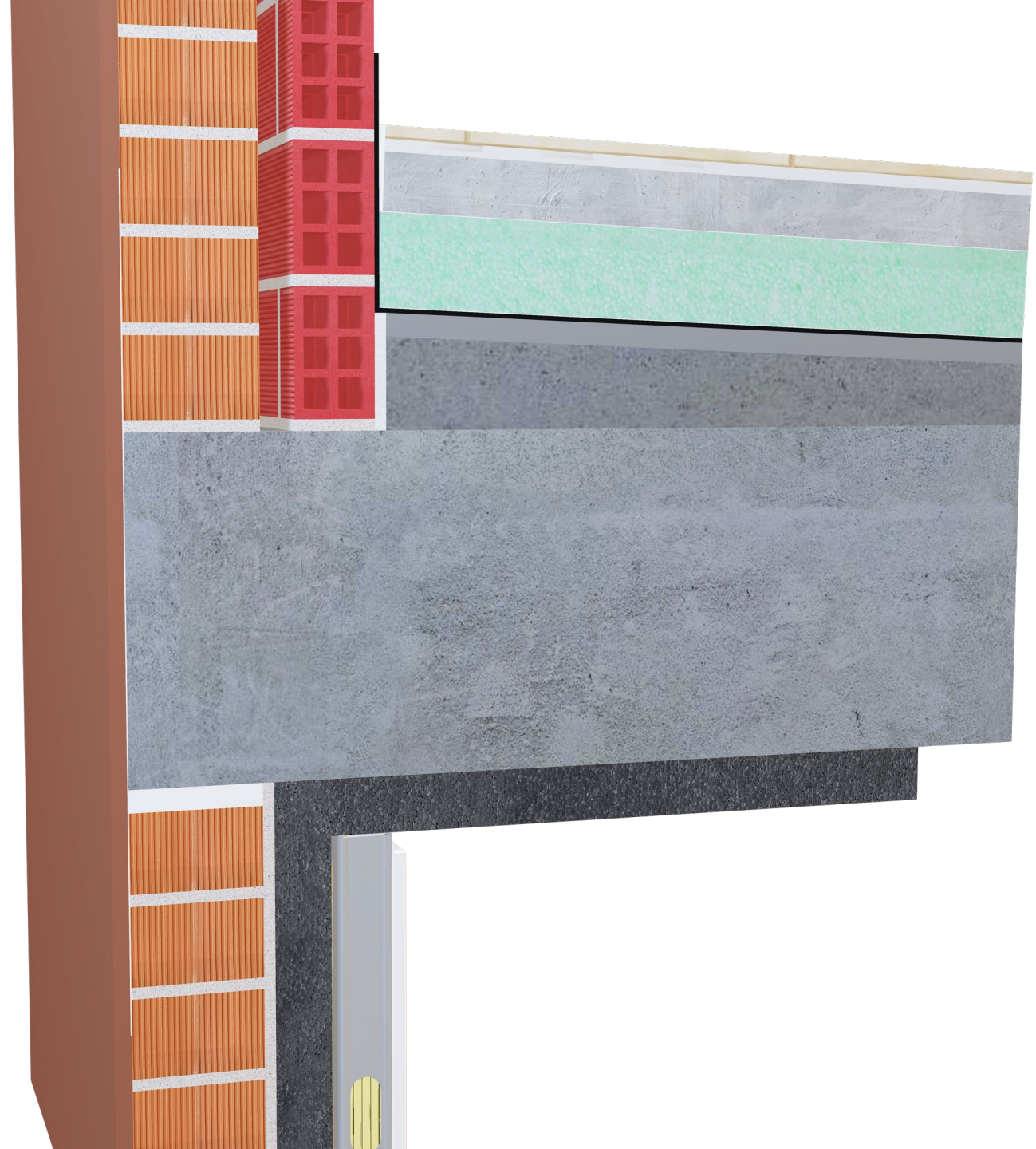


Detalle 3D



LEYENDA:
1: Revestimiento exterior: mortero monocapa
2: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir
3: Revestimiento intermedio: mortero de cemento hidrófugo
4: Aislamiento en fachada:
EPS Grafipol TR-32 / TR-31 / TR-29
5: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral colocado entre montantes
6: Placa de yeso laminado
7: Forjado de hormigón armado
8: Formación de pendientes: hormigón aligerado
9: Capa de regularización: mortero de cemento
10: Impermeabilización bituminosa
11: Capa separadora: geotextil
12: Aislamiento en cubierta:
EPS Donpol Verde Hidrófobo
13: Capa separadora: geotextil
14: Capa base para pavimento: mortero de cemento
15: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso
16: Antepecho de cubierta
17: Falso techo de placa de yeso laminado
18: Cámara de aire
18: Aislamiento en techo (banda de 1 m):
EPS Grafipol TR-32 / TR-31 / TR-29

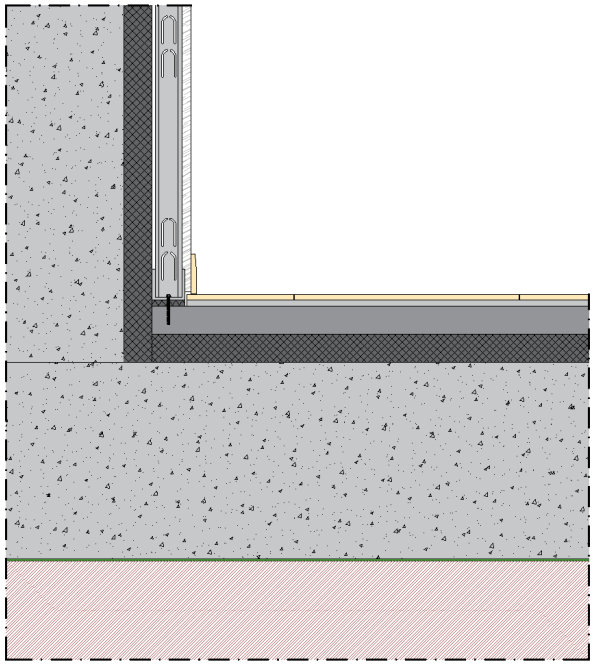




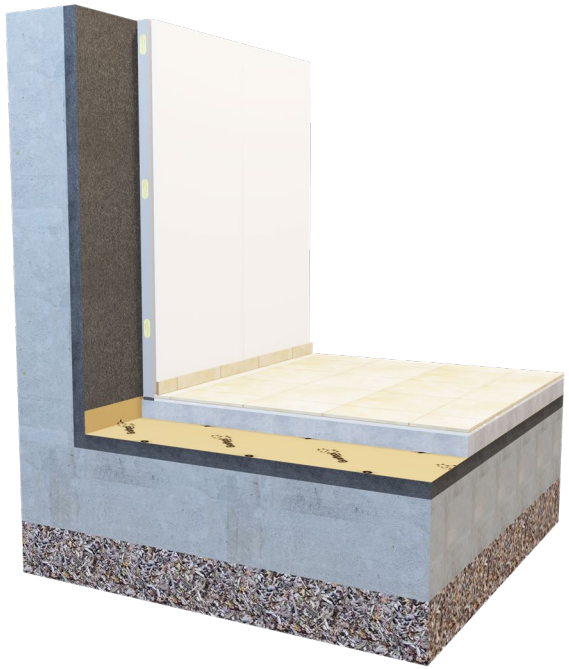
EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES:

ENCUENTRO DE MURO CON SOLERA / LOSA

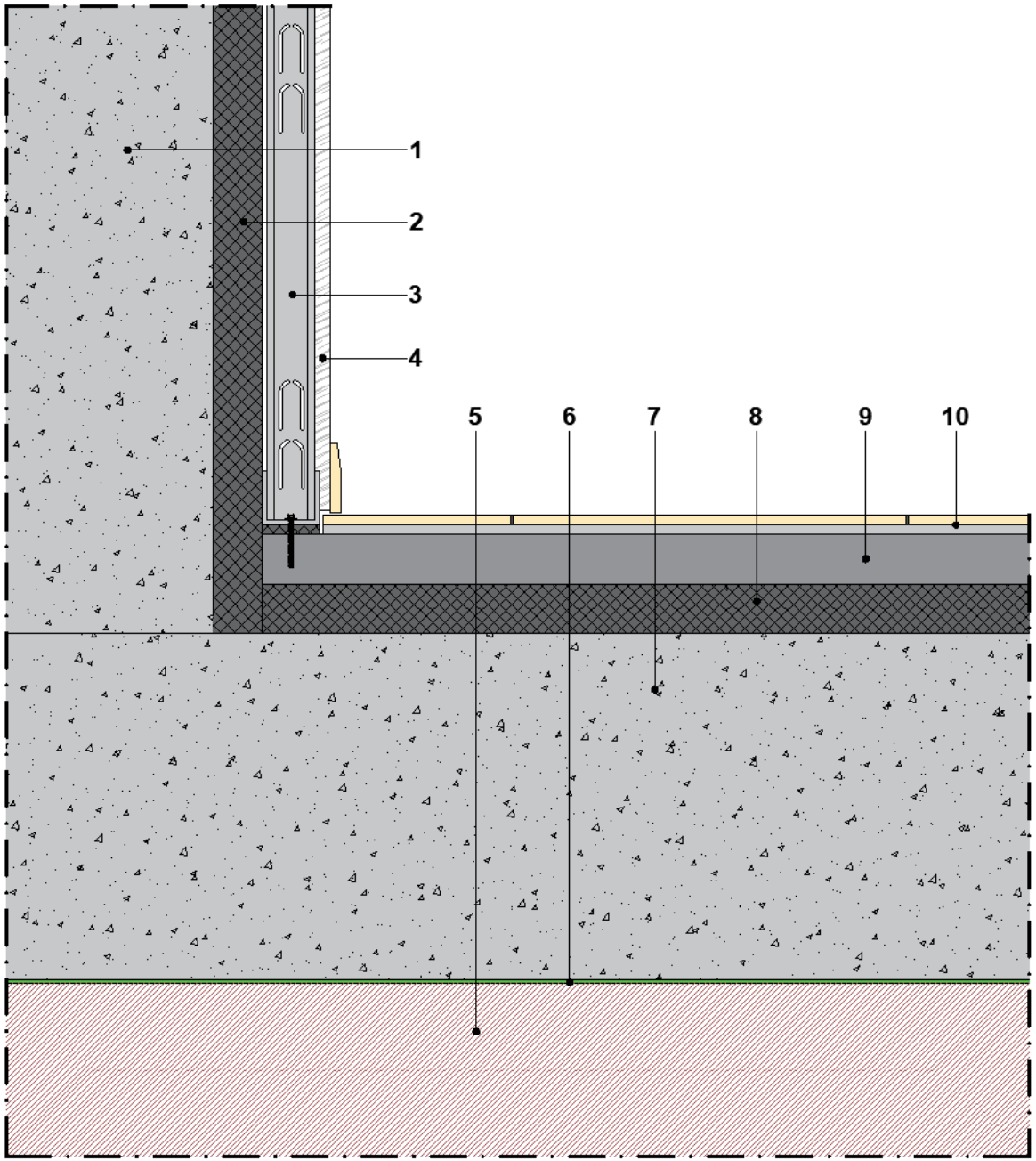
Sección Constructiva

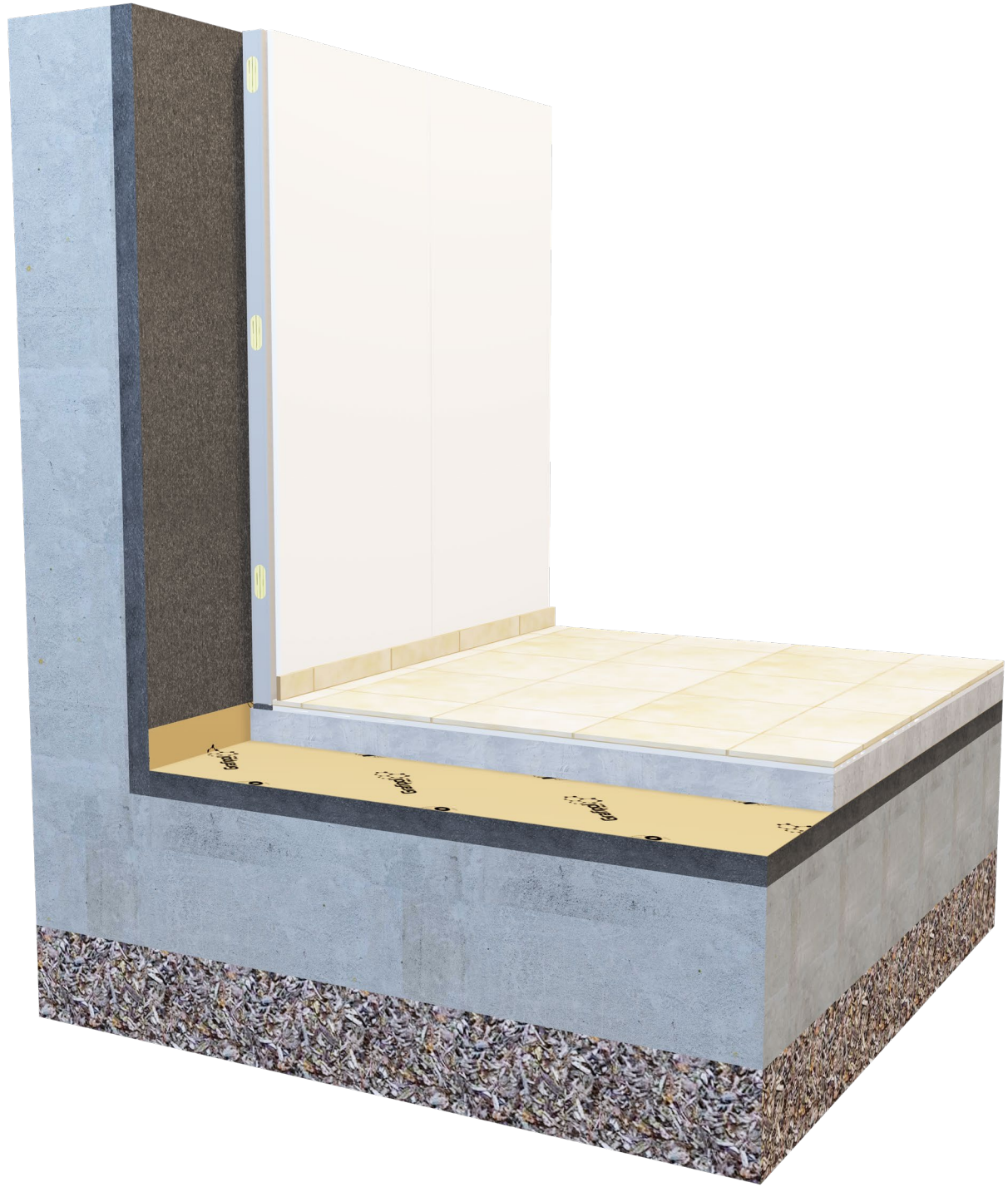


Detalle 3D



LEYENDA:
1: Muro de hormigón armado
2: Aislamiento en fachada:
EPS Grafipol TR-32 / TR-31 / TR-29
3: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento interior de lana mineral colocado entre montantes
4: Placa de yeso laminado
5: Terreno
6: Capa separadora: film de polietileno
7: Losa de hormigón armado
8: Aislamiento en suelo:
EPS Grafipol Termoimpact Roll
9: Capa base para pavimento: mortero de cemento autonivelante
10: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso



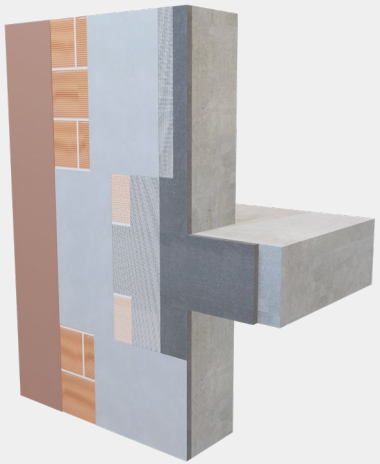


EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES

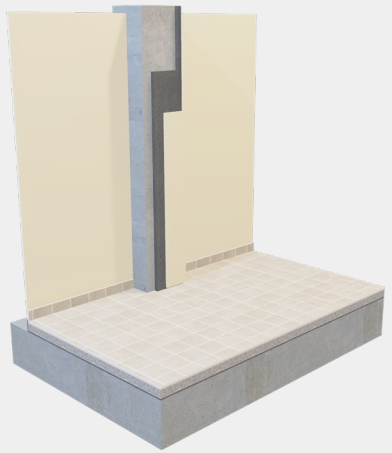
PILARES INTEGRADOS EN FACHADA

Dar continuidad del aislamiento de fachada por la cara exterior o por las caras interiores, reduciendo el espesor si es necesario.

SOLUCIÓN 1: AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR



SOLUCIÓN 2: AISLAMIENTO POR EL INTERIOR







EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES:

FOTOGRAFÍAS DE OBRA PILARES INTEGRADOS EN FACHADA: AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR O INTERIOR


























EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES:

CONTORNO DE HUECOS

Premarco que lleva incorporado aislante térmico, para permitir la continuidad del aislamiento en el contorno del hueco y su unión con el de la fachada

Producto:
ISOMARCO

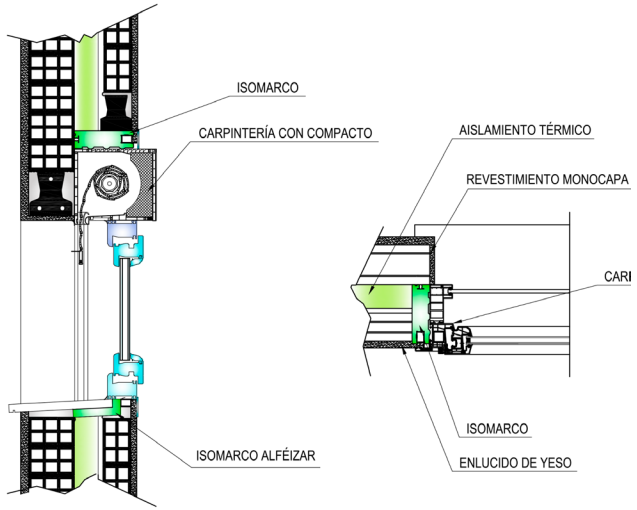
Aislamiento
DONPOL VERDE HIDRÓFOBO

ISOMARCO® La solución al moho en el contorno de las ventanas

Passive.es A+

Valero

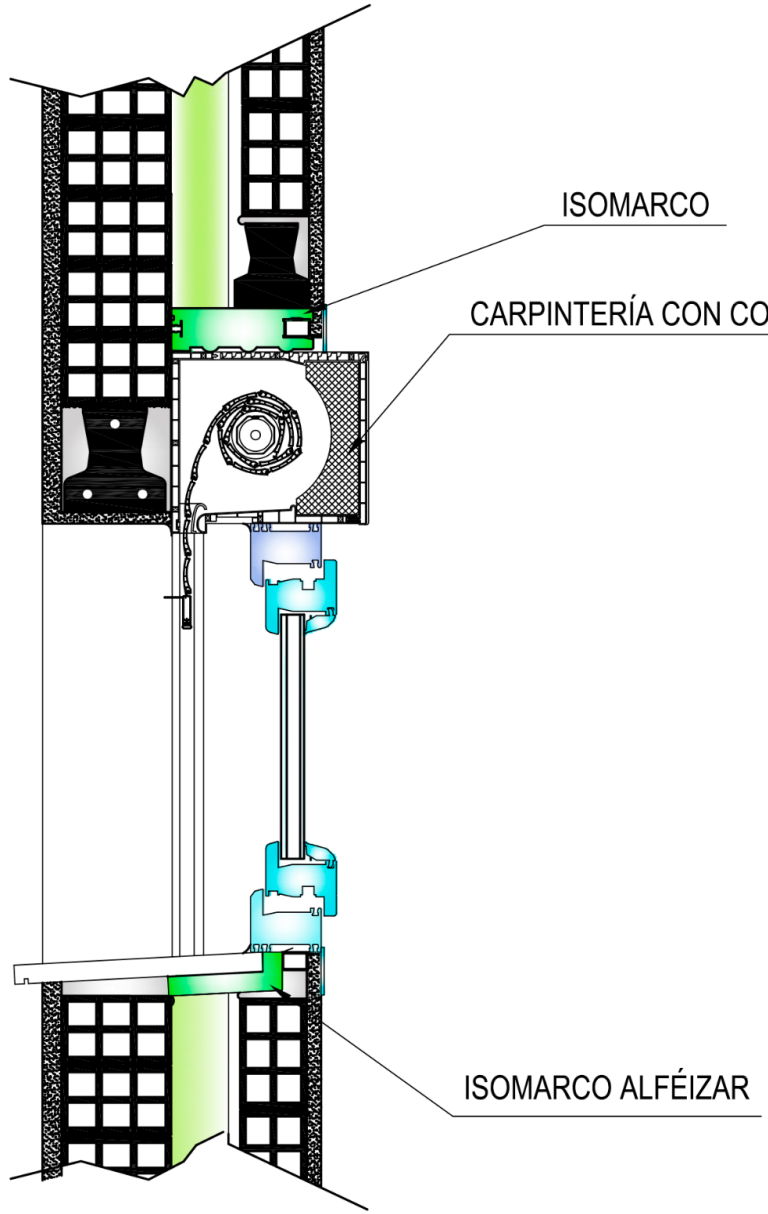
Sección Constructiva



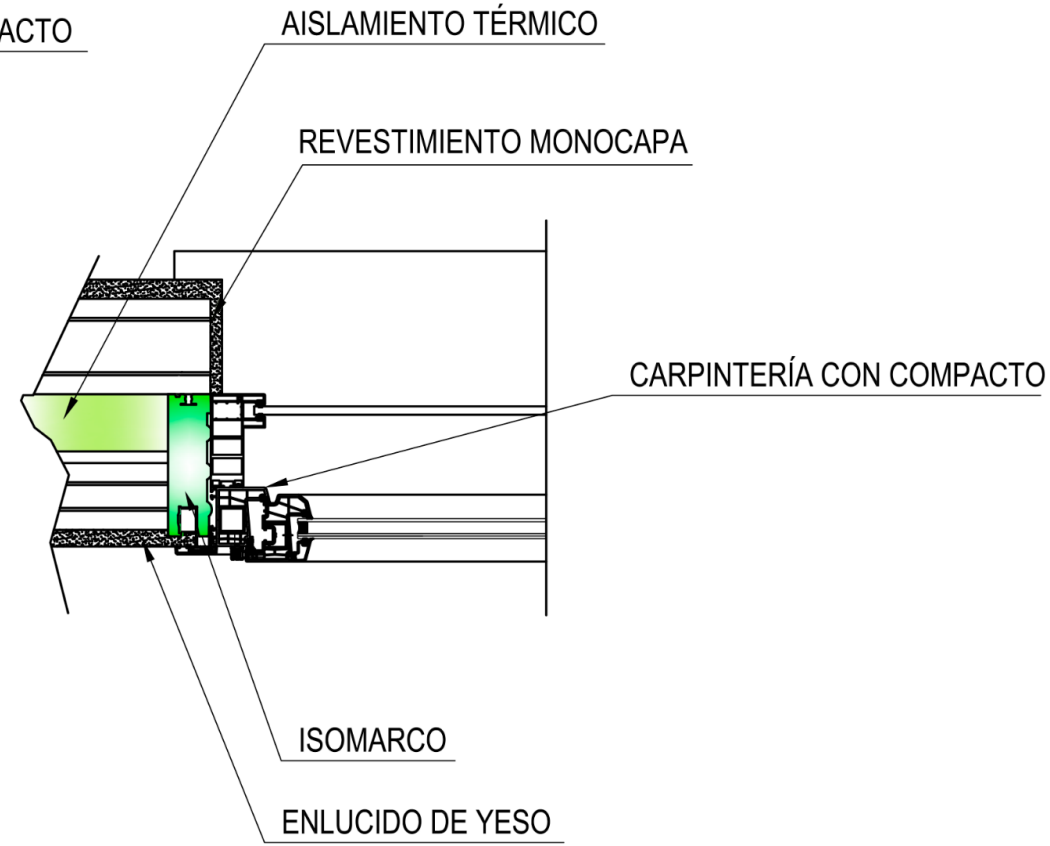
SECCIÓN VERTICAL SECCIÓN HORIZONTAL

Detalle 3D





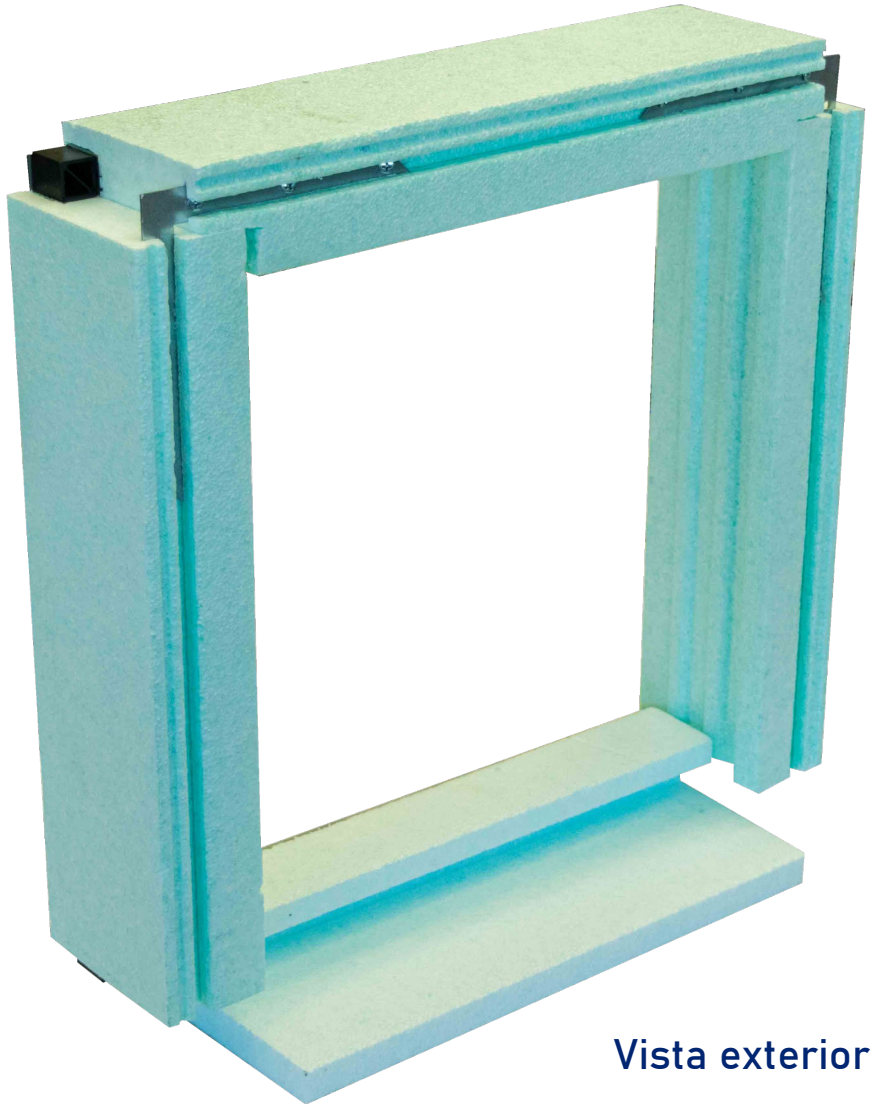
SECCIÓN VERTICAL



SECCIÓN HORIZONTAL



Vista interior



Vista exterior

EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON AISLAMIENTOS VALERO PARA ENCUENTROS SINGULARES:

FOTOGRAFÍAS DE OBRA CONTORNO DE HUECOS: PREMARCO CON AISLAMIENTO INCORPORADO


















BIOMARCO















PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN A UN PUENTE TÉRMICO

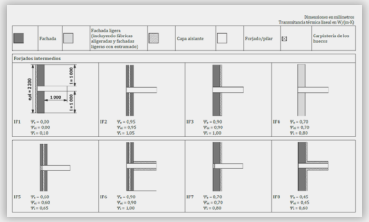
$$\psi = \frac{\Phi}{\Delta T} - \sum U_j L_j$$

$$f_{Rsi}(x,y,z) = \frac{\theta_{si}(x,y,z) - \theta_e}{\theta_{int} - \theta_e}$$

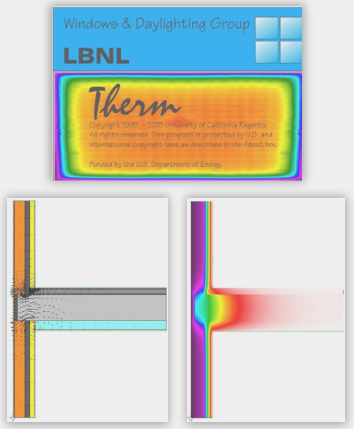
MÉTODOS DE CÁLCULO: SIMPLIFICADO Y NUMÉRICO

Norma Española
UNE-EN ISO 14683

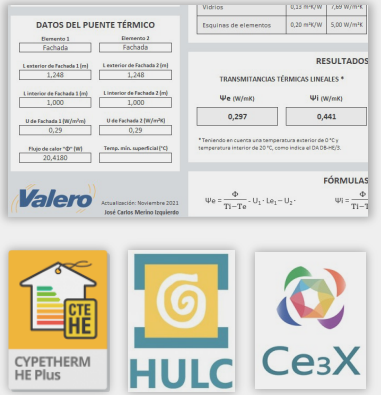
Norma Española
UNE-EN ISO 10211



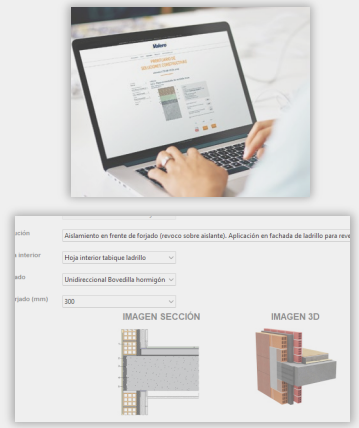
SOFTWARE DE SIMULACIÓN: THERM



CÁLCULO DE ψ E IMPLEMENTACIÓN EN PROGRAMAS DE C.E.



HERRAMIENTAS PARA EL PREDIMENSIONADO DE PUENTES TÉRMICOS



PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN A UN PUENTE TÉRMICO: ψ / fRsi

TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL "ψ"

"*Cantidad que describe la influencia de un puente térmico lineal sobre el flujo de calor total a través de la envolvente del edificio*" (UNE-EN ISO 14683)

- Mide la pérdida adicional de calor provocada por el puente térmico.
- Expresa el exceso de flujo térmico por metro lineal respecto al cerramiento sin puente térmico.
- Se calcula mediante método simplificado (tablas) o numérico (simulación).
- Parámetro requerido para justificar el cumplimiento del DB-HE1 (CTE).

Fórmula para el cálculo (DA DB-HE/3):

$$\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma\,(U \cdot L)$$

- Φ = Flujo térmico total (W)
- Ti = Temperatura interior (K o °C)
- Te = Temperatura exterior (K o °C)
- U = transmitancia térmica del elemento (W/m²K)
- L = longitudes interiores o exteriores (m)

FACTOR DE TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR "fRsi"

"*Cociente entre la diferencia de temperatura superficial interior y la del ambiente exterior, y la diferencia de temperatura del ambiente interior y exterior*" (DA DB-HE/2)

- Indica el riesgo de condensaciones y moho.
- Sólo puede calcularse mediante método numérico o atlas normativos.
- Debe cumplir el valor higrotérmico exigido por el CTE: habitualmente fRsi ≥ 0,75.

Fórmula para el cálculo (UNE-EN ISO 10211):

$$fR_{si} = \frac{\theta si,min - \theta e}{\theta i - \theta e}$$

- θsi,min = temperatura superficial interior mínima
- θe = temperatura del ambiente exterior
- θi = temperatura del ambiente interior

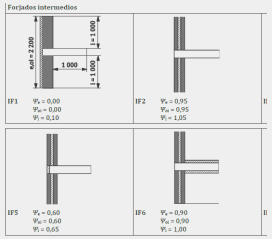
MÉTODOS DE CÁLCULO: SIMPLIFICADO (ISO 14683) Y NUMÉRICO (ISO 10211)

MÉTODO SIMPLIFICADO UNE-EN ISO 14683

- Basado en valores tabulados (tablas) y expresiones aproximadas.
- Permite estimar ψ de forma rápida sin necesidad de modelado.
- Útil para el predimensionado y realización de comparaciones iniciales (valores orientativos).
- Adecuado para formaciones básicas o fases tempranas de proyecto.
- Requiere indicar si se usan dimensiones interiores o exteriores.
- No calcula fRsi ni es apto para geometrías complejas.

Ejemplos:

- Atlas de Puentes Térmicos (DA DB-HE/3)
- Tabla C.2 UNE-EN ISO 14683
- Valores por defecto DB-HE1



MÉTODO NUMÉRICO UNE-EN ISO 10211

- Realizado mediante simulación en 2D / 3D del detalle constructivo.
- Calcula con precisión ψ, fRsi, flujo de calor, isotermas, etc.
- Requiere software especializado (THERM, Flixo, etc.).
- Método recomendado para proyectos reales, justificación del DB-HE1 y edificios de alta eficiencia energética (Passivhaus, etc.).
- Debe indicarse el sistema dimensional (interior / exterior).
- Debe emplear condiciones de contorno y resistencias normativas.

Ejemplos:

Software de simulación 2D / 3D:

- THERM, Flixo (Modelización 2D)
- TRISCO, AnTherm (Modelización 3D)

LBNL Therm

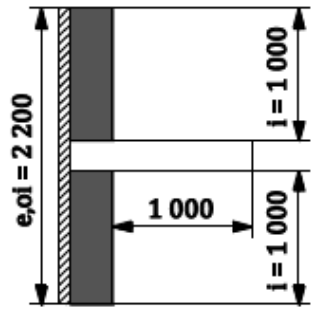
flixo

TRISCO

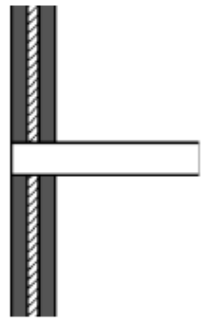
Dimensiones en milímetros
Transmitancia térmica lineal en W/(m·K)

	Fachada		Fachada ligera (incluyendo fábricas aligeradas y fachadas ligeras con entramado)		Capa aislante		Forjado/pilar	☒	Carpintería de los huecos

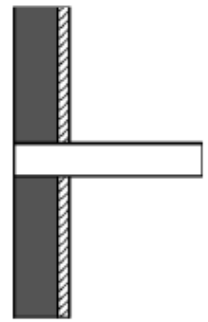
Forjados intermedios



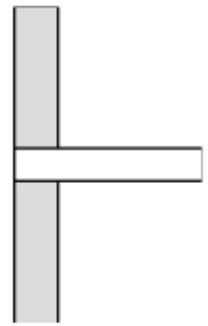
IF1 $\Psi_e = 0{,}00$ $\Psi_{oi} = 0{,}00$ $\Psi_i = 0{,}10$



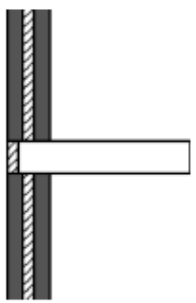
IF2 $\Psi_e = 0{,}95$ $\Psi_{oi} = 0{,}95$ $\Psi_i = 1{,}05$



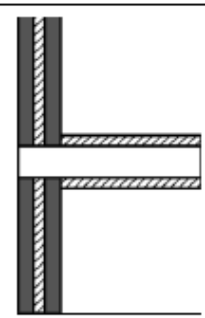
IF3 $\Psi_e = 0{,}90$ $\Psi_{oi} = 0{,}90$ $\Psi_i = 1{,}00$



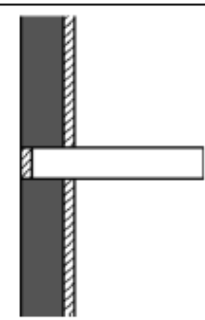
IF4 $\Psi_e = 0{,}70$ $\Psi_{oi} = 0{,}70$ $\Psi_i = 0{,}80$



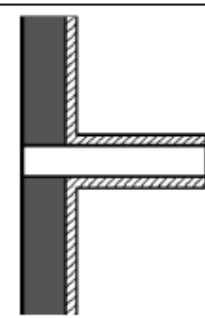
IF5 $\Psi_e = 0{,}60$ $\Psi_{oi} = 0{,}60$ $\Psi_i = 0{,}65$



IF6 $\Psi_e = 0{,}90$ $\Psi_{oi} = 0{,}90$ $\Psi_i = 1{,}00$



IF7 $\Psi_e = 0{,}70$ $\Psi_{oi} = 0{,}70$ $\Psi_i = 0{,}80$



IF8 $\Psi_e = 0{,}45$ $\Psi_{oi} = 0{,}45$ $\Psi_i = 0{,}60$

SOFTWARE DE SIMULACIÓN THERM: INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

¿QUÉ ES THERM?

- Software gratuito desarrollado por Lawrence Berkeley National Laboratory (EEUU).
- Herramienta de transferencia de calor, basado en el método de elementos finitos (FEM).
- Realiza cálculo térmico bidimensional (2D) para el análisis de puentes térmicos.

Descarga:

https://windows.lbl.gov/therm-software-downloads



¿PARA QUÉ SIRVE?

- Calcula:
  - Flujo térmico total.
  - Temperaturas, isotermas, flujos de calor.
  - Temperaturas superficiales.
- Permite evaluar el comportamiento térmico de encuentros entre elementos constructivos y verificar el cumplimiento del DB-HE1.

IMPORTANTE:

THERM no calcula directamente la transmitancia térmica lineal ψ. Proporciona el flujo térmico y, con éste, se obtiene ψ con fórmulas normativas (CTE y UNE-EN ISO 10211).

THERM proporciona temperaturas superficiales para poder obtener fRsi con fórmulas normativas (UNE-EN ISO 10211)

CARACTERÍSTICAS DESTACADAS

- Cumple con la UNE-EN ISO 10211 para modelización numérica 2D.
- Permite importar planos en .DXF, definir materiales y condiciones de contorno, y genera mapas térmicos detallados.
- Resultados exportables para memorias y documentación técnica.

PROCEDIMIENTO PARA LA SIMULACIÓN Y CÁLCULO DEL PUENTE TÉRMICO

PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4	PASO 5	PASO 6
RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN Y PREPARACIÓN DEL PLANO (.DXF)	EJECUCIÓN DEL PROGRAMA, ENTORNO DE TRABAJO Y PREFERENCIAS DE USUARIO	DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y CONDICIONES DE CONTORNO	GENERACIÓN DEL MODELO GEOMÉTRICO MEDIANTE DIBUJO DEL DETALLE	MODELIZADO PARA EL CÁLCULO ASIGNANDO MATERIALES Y CONDICIONES DE CONTORNO	CÁLCULO DEL FLUJO DE CALOR Y VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

SOFTWARE DE SIMULACIÓN THERM: INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO



PROCEDIMIENTO PARA LA SIMULACIÓN Y CÁLCULO DE UN PUENTE TÉRMICO CON THERM

PASO 1

RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN Y PREPARACIÓN DEL PLANO (.DXF)

PASO 2

EJECUCIÓN DEL PROGRAMA, ENTORNO DE TRABAJO Y PREFERENCIAS DE USUARIO

PASO 3

DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y CONDICIONES DE CONTORNO

PASO 4

DEFINICIÓN GEOMÉTRICA MEDIANTE DIBUJO DEL DETALLE

PASO 5

MODELIZADO PARA EL CÁLCULO ASIGNANDO MATERIALES Y CONDICIONES DE CONTORNO

PASO 6

CÁLCULO DEL FLUJO DE CALOR Y VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

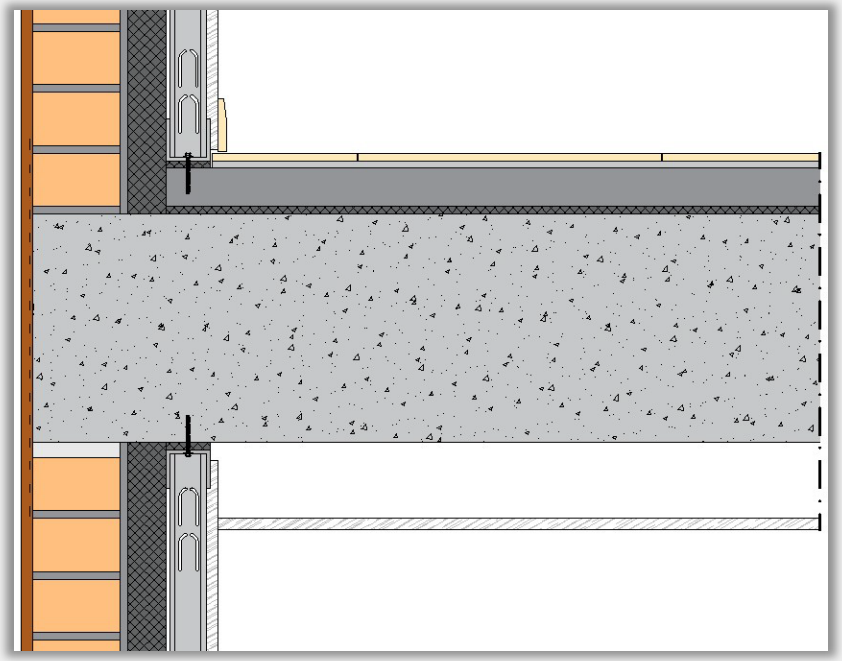
SOFTWARE DE SIMULACIÓN THERM: INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

PASO 1

RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN

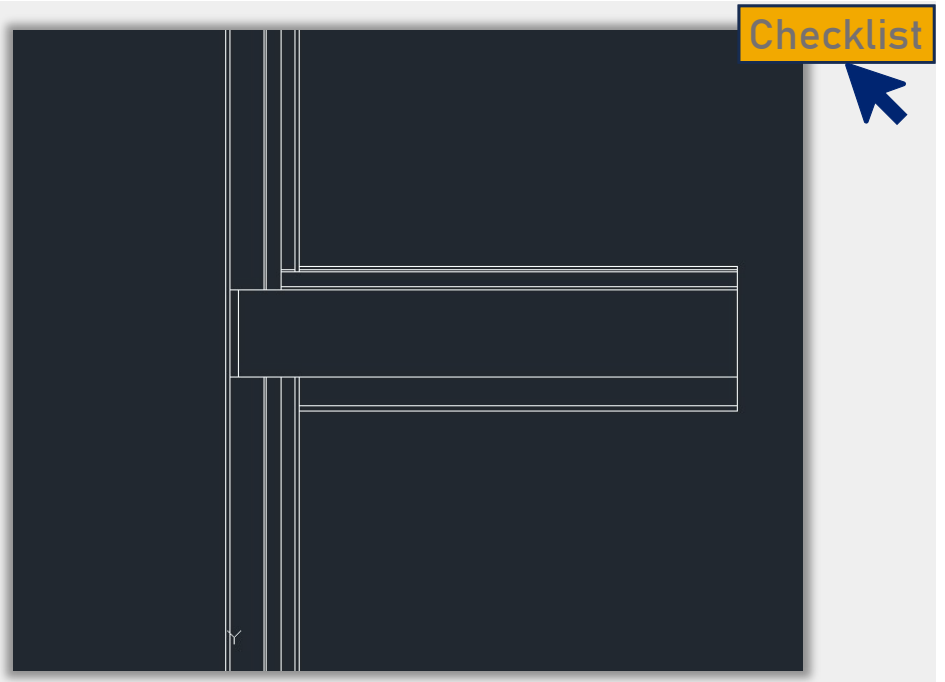
- Detalles constructivos de los encuentros.
- Materiales y sus propiedades térmicas.
- Condiciones de contorno según la localidad.

(en caso de no disponer de datos, se puede utilizar exterior 0 °C e interior 20 °C según DA DB-HE/3).



PREPARACIÓN DEL PLANO EN .DXF

- Detalle constructivo en .dwg (sólo líneas, sin bloques ni textos, ni cotas, ni sombreados, comprobar líneas sin unir o superpuestas).
- Crear nuevo dibujo y pegar en origen coordenadas.
- Guardar como .dxf (2010 o anterior recomendado).



PASO 6

REVISIÓN ANTES DE LA IMPORTACIÓN DEL .DXF EN THERM

Checklist

1. Organización del dibujo

- ❑ El dibujo solo incluye los elementos necesarios para el cálculo.
- ❑ El dibujo solo incluye líneas (segmentos), sin textos, cotas, bloques ni sombreados.
- ❑ El dibujo se ubica en el origen de coordenadas (0,0).

2. Dominio del cálculo

- ❑ La longitud del modelo es suficiente para situar los planos de corte fuera de la influencia del puente térmico.
- ❑ En encuentros habituales (fachada-forjado y fachada-cubierta), se adopta una longitud ≥ 1 m o 3 veces el espesor del elemento constructivo (el mayor de ambos).
- ❑ En encuentros con el terreno, el plano de corte del terreno se sitúa a una distancia mínima de 2,5b, siendo b la anchura del suelo (criterio según UNE-EN ISO 10211).

3. Geometría

- ❑ Las líneas representan correctamente los límites entre materiales.
- ❑ Las uniones entre elementos son continuas y no existen líneas duplicadas.
- ❑ La geometría está simplificada y solo incluye los elementos térmicamente relevantes.

4. Exportación

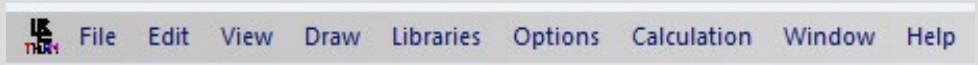
- ❑ El archivo se guarda en un formato .dxf compatible con THERM (preferiblemente AutoCAD 2010 o anterior).
- ❑ Se comprueba que el .dxf se visualiza correctamente y en las unidades en la que está el dibujo (m, mm, etc.).

SOFTWARE DE SIMULACIÓN THERM: INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

PASO 2

EJECUCIÓN DEL PROGRAMA, ENTORNO DE TRABAJO

- Ejecutar siempre como administrador.
- Barra de menús, contiene todas las opciones disponibles en la aplicación.



- Barra de iconos, contiene todas las opciones más usuales para la modelización y el cálculo:



Dibujar polígonos (F2)

Dibujar rectángulos (F3)

Medir distancias (F8)

Desplazar puntos

Mover polígonos (F11)

Rellenar con un material

Definición de condiciones de contorno (F10)

Calcular

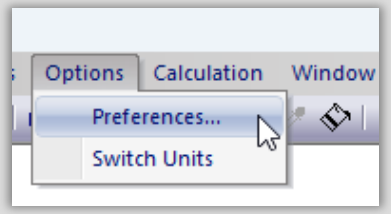
Mostrar resultados

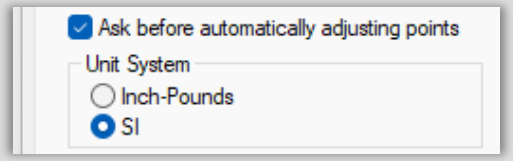
Mostrar U-Factor

CONFIGURACIÓN DE LAS PREFERNCIAS DE USUARIO

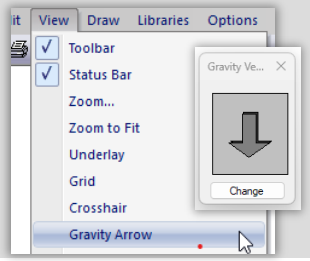
Respecto a la configuración de las distintas opciones y preferencias que ofrece el programa, se recomienda poner especial atención en las siguientes:

- Configurar las unidades de medida en el sistema internacional SI, para ello:
  Menú ⟶ Preferences ⟶ Unit System ⟶ SI





- Comprobar la flecha de gravedad para indicarle al programa si el dibujo se efectúa en planta, alzado, proyección cenital, para ello:
  Menú ⟶ View Gravity ⟶ Arrow

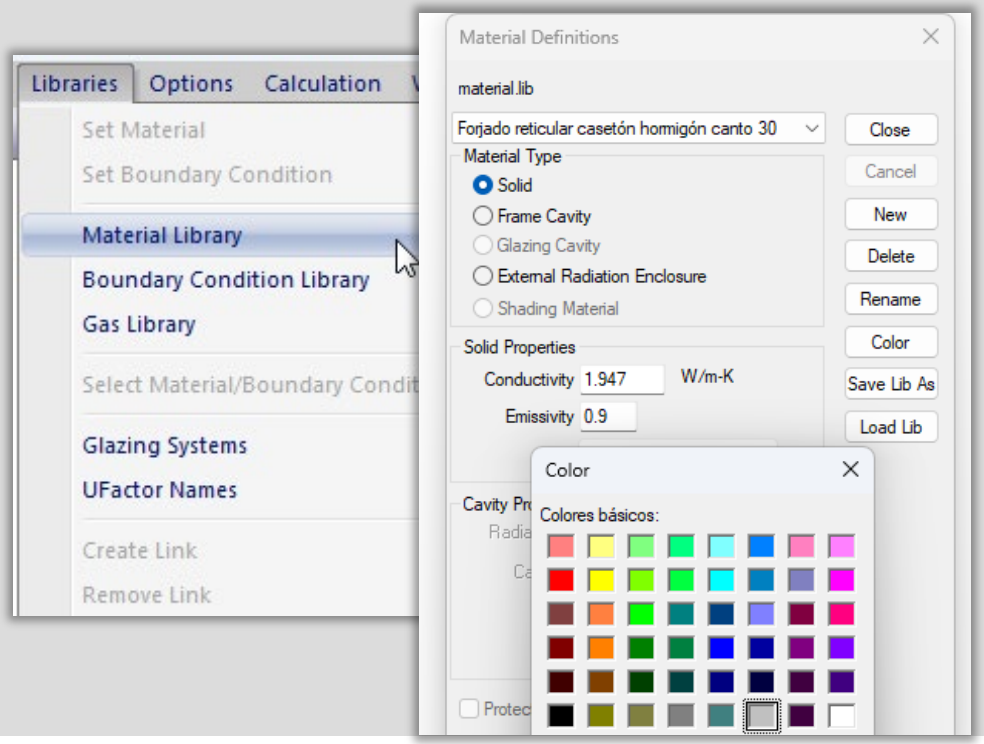


SOFTWARE DE SIMULACIÓN THERM: INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

PASO 3

DEFINICIÓN PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

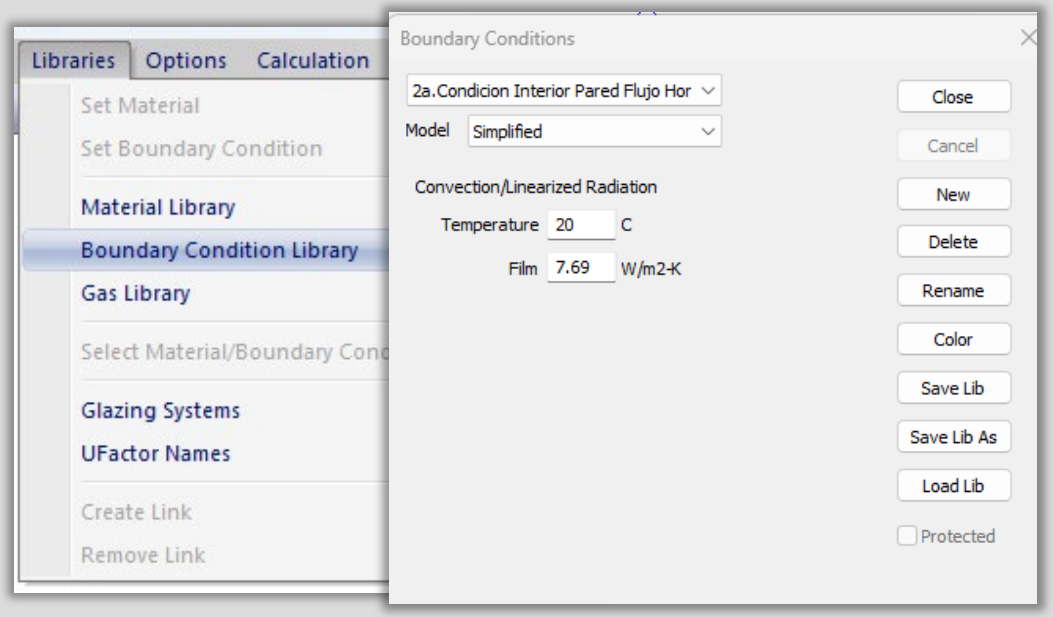
- Menú ⟶ Libraries ⟶ Material Library.
- Nombrar, tipo de material (sólido) y asignar color.
- Propiedades: conductividad térmica.
  - Importante: evitar valores de λ genéricos.



DEFINICIÓN CONDICIONES DE CONTORNO

- Menú ⟶ Libraries ⟶ Boundary Condition Library.
- Para definir una BC, es necesario:
  - Temperatura del ambiente adyacente.
  - Coeficiente de película.

Criterios



SOFTWARE DE SIMULACIÓN THERM: INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

DEFINICIÓN DE CONDICIONES DE CONTORNO ⟶ CRITERIOS QUE VAMOS A UTILIZAR DURANTE EL CURSO

AMBIENTE	TIPOLOGÍA / SENTIDO DEL FLUJO	TEMPERATURA T (°C)	COEFICIENTE DE PELÍCULA $h = 1/R_s$ (W/m²K)	NOMBRE EN THERM
EXTERIOR	Cualquier orientación 	0	25,00	1. Condición Exterior
INTERIOR (zona calefactada)	Flujo horizontal (Pared) 	20	7,69	2a Condición Interior Pared Flujo Horizontal
	Flujo ascendente (Techo) 	20	10,00	2b Condición Interior Techo Flujo Ascendente
	Flujo descendente (Suelo) 	20	5,88	2c Condición Interior Suelo Flujo Descendente
ESPACIO NO HABITABLE (garaje, trastero…)	Flujo horizontal 	13	7,69	3a Condición Interior NH Flujo Horizontal
	Flujo ascendente 	13	10,00	3b Condición Interior NH Flujo Ascendente
	Flujo descendente 	13	5,88	3c Condición Interior NH Flujo Descendente
CÁMARA VENTILADA (forjado sanitario, fachada ventilada)	Flujo horizontal 	0	7,69	4a Condición Interior Cámara Flujo Horizontal
	Flujo ascendente 	0	10,00	4b Condición Interior Cámara Pared Ascendente
	Flujo descendente 	0	5,88	4c Condición Interior Cámara Flujo Descendente

Coeficiente de película

$h = 1 / R_s$

Valores de referencia DA DB-HE/1

Temperaturas adoptadas para los casos prácticos del curso, en caso de proyectos reales y disponer de datos, utilizarse, debiendo justificarse su procedencia.

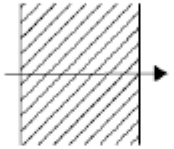
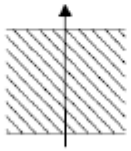
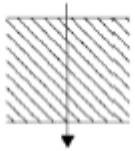
Referencias:
UNE-EN ISO 10211
UNE-EN ISO 6946
DA DB-HE/1

SOFTWARE DE SIMULACIÓN THERM: INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

RESISTENCIAS TÉRMICAS SUPERFICIALES ⟶ VALORES DE REFERENCIA (DA DB-HE/1) Y SU EQUIVALENCIA EN THERM

Documento de Apoyo al DB HE — DA DB HE /1

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m^2·K/ W]

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo)		0,04	0,17

Coeficiente de película

$h = 1 / R_s$

La dirección del flujo térmico determina el valor R_{si} y, por tanto, el coeficiente de película interior h_i que debemos introducir en THERM

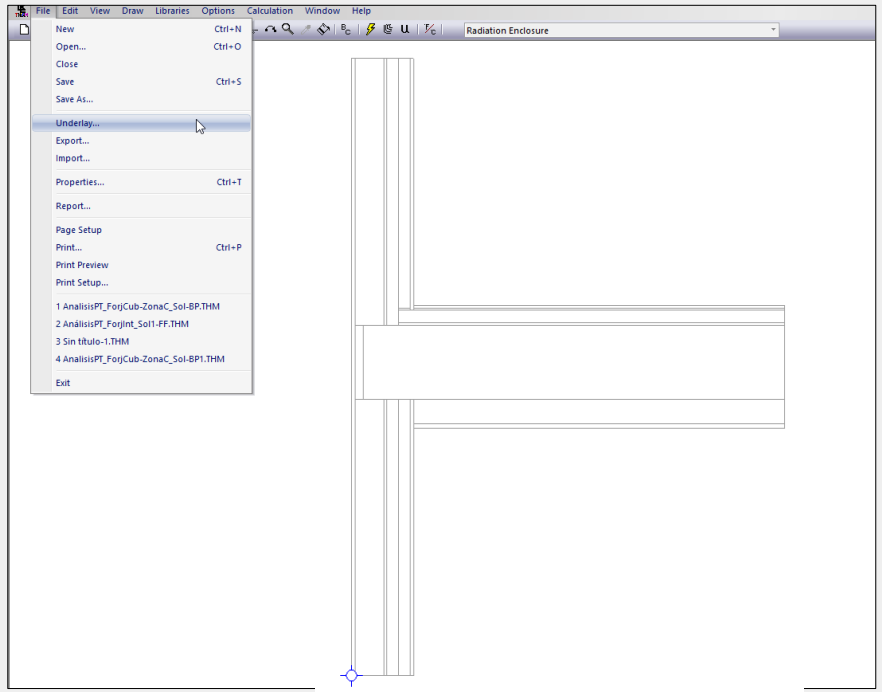
CONDICIÓN	RESISTENCIA TÉRMICA SUPERFICIAL R_s (W/m²K)	COEFICIENTE DE PELÍCULA h (W/m²K)
Exterior (R_{se})	0,04	25,00
Interior (R_{si}) - Flujo horizontal	0,13	7,69
Interior (R_{si}) - Flujo ascendente	0,10	10,00
Interior (R_{si}) - Flujo descendente	0,17	5,88

SOFTWARE DE SIMULACIÓN THERM: INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

PASO 4

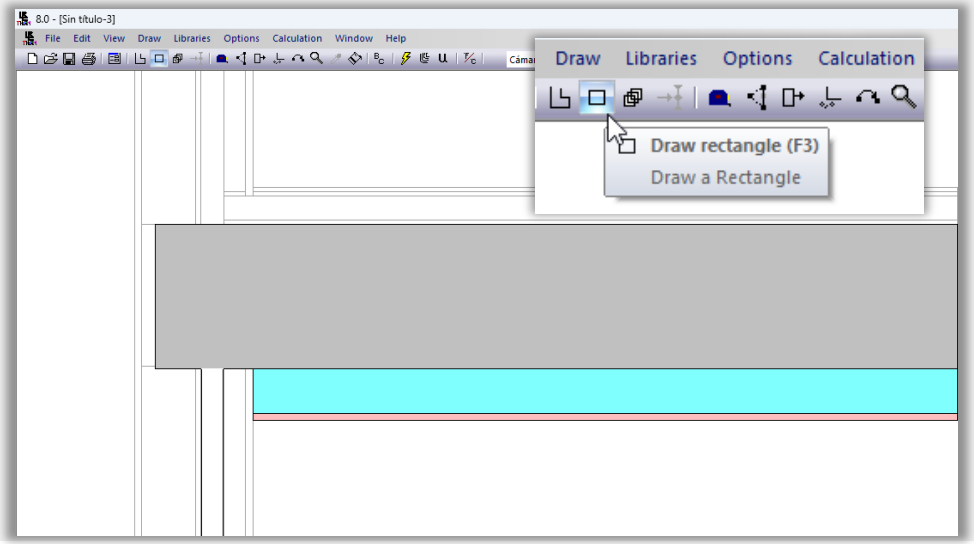
IMPORTACIÓN DEL PLANO EN FORMATO (.DXF)

- Usar el archivo .dxf como capa de fondo para facilitar el dibujo a modo de plantilla, para ello:
- Menú ⟶ File ⟶ Underlay.
- Escalar, si es en mm, añadir tres ceros (000): comprobar una distancia con "*Teap Measure*" (F8).



DEFINICIÓN GEOMÉTRICA. DIBUJO DEL DETALLE

- Modelo bidimensional definido por sus planos de corte, que deben posicionarse al menos a 1 m de la cara interior (puede variar s/ el caso, p.ej. terreno).
- Dibujar polígonos (F2) o rectángulos (F3).
- Se recomienda simplificar el dibujo en rectángulos, correspondiendo cada rectángulo a un material.
- Se recomienda simplificar el modelo reduciendo elementos sin implicación térmica o con misma λ.



SOFTWARE DE SIMULACIÓN THERM: INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

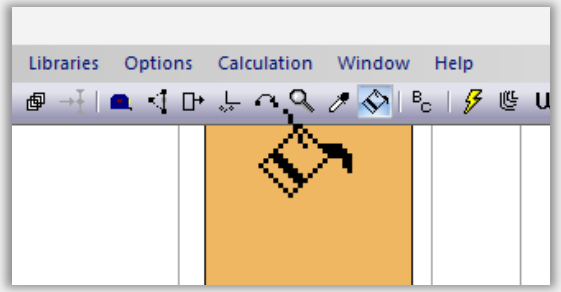
PASO 5

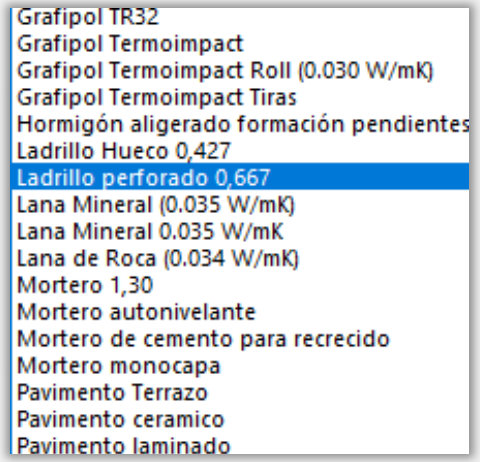
ASIGNACIÓN DE MATERIALES AL DIBUJO

- Seleccionar el botón “Fill” para asignar un material a cada zona cerrada del dibujo.
- Antes de usar “Fill”, elegir en listado de materiales, dicho material se convierte en material activo.
- Clic dentro del elemento al que se quiera asignar.

Recomendaciones:

- Utilizar colores contrastados para cada material.
- Revisar huecos que impidan el relleno.



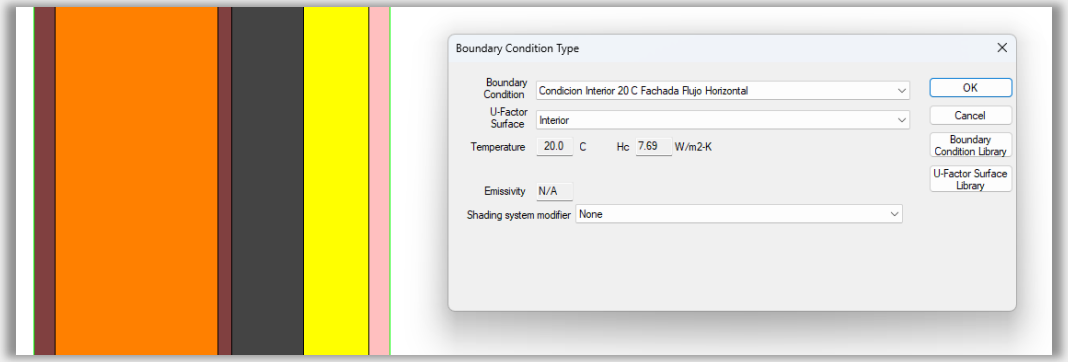


ASIGNACIÓN DE CONDICIONES DE CONTORNO

- Seleccionar el botón “Boundary Condition” (F10) o Menú ⟶ Draw ⟶ Boundary Conditions.
- Seleccionar el segmento del contorno al que quieras aplicar la condición (interior, exterior, adiabática, etc.) ⟶ el borde quedará resaltado.
- Pulsar “Intro” y se abre el cuadro “Boundary Condition Type” donde puedes elegir la BC.

Recomendaciones:

- Asignar BC a todos los bordes exteriores,
- Evitar dejar bordes sin BC (error en el cálculo).
- No aplicar BC a líneas interiores entre materiales.



SOFTWARE DE SIMULACIÓN THERM: INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

PASO 6

REALIZACIÓN DEL CÁLCULO

Checklist

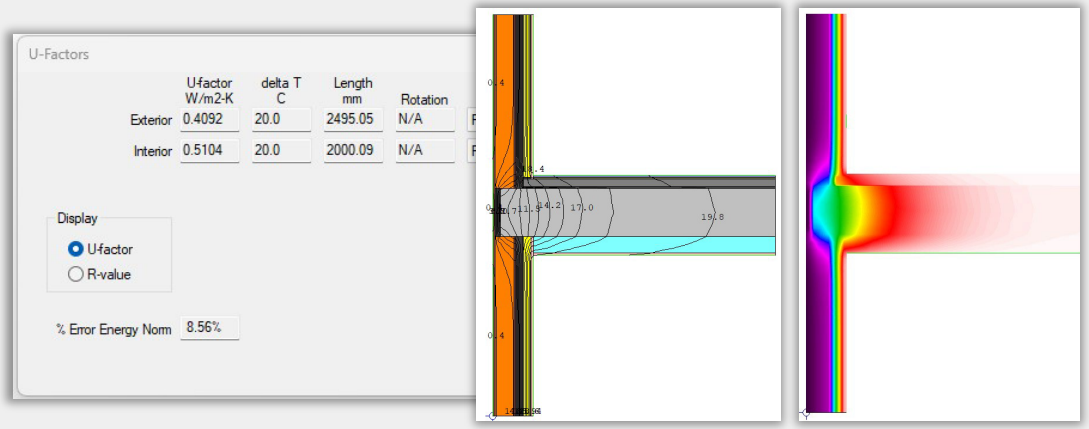
- Antes de calcular, comprobar modelo ⟶
- Para calcular, utilizar el botón “Calc” (F9) o el menú “Calculation” ⟶ Calculation.
- Revisar el panel de mensajes para detectar:
  - Polígonos abiertos.
  - Regiones sin material.
  - Falta de condiciones de contorno.
  - Intersecciones incorrectas.
- THERM proporciona el “Heat Flow”, flujo de calor en (W), atravesando el plano de cálculo, importante para el cálculo de ψ, junto con las longitudes del modelo y el salto térmico (ΔT):

$$\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma\,(U \cdot L)$$

- A partir de los resultados, se puede analizar:
  - Patrones de transmisión térmica.
  - Intensidades de flujo de calor.
  - Direcciones de pérdidas energéticas.
  - Zonas de riesgo de condensación superficial.

VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

- Seleccionar el botón “Show results” o el menú “Calculation” ⟶ Show Results.
- Seleccionar tipo de visualización, menú “Calculation” ⟶ Display Options (Mayus+F9), destacando mapas:
  - Isotermas (líneas de igual temperatura).
  - Vectores (flechas con dirección y magnitud).
  - Infrarrojo (colorea el modelo s/ temperaturas).
- Para análisis numérico avanzado, seleccionar el botón (Ctrl+F9) o menú “Calculation”⟶U-Factor.



PASO 6

REVISIÓN ANTES DEL CÁLCULO EN THERM

Checklist

1. Modelado geométrico

- ❑ Todas las áreas están completamente cerradas, no existen huecos ni solapes entre materiales.
- ❑ El detalle está simplificado (preferiblemente rectángulos) y solo con elementos térmicamente relevantes.

2. Materiales

- ❑ Cada área tiene su material asignado correctamente.
- ❑ Los materiales han sido revisados y proceden de la biblioteca correcta.

3. Condiciones de contorno

- ❑ Las zonas interior, exterior y contornos adiabáticos están correctamente definidos.
- ❑ Las condiciones de contorno están asignadas a todos los contornos necesarios.

CÁLCULO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4. Cálculo e interpretación de los resultados

- ❑ El cálculo converge sin errores.
- ❑ El flujo de calor (Φ) tiene un valor razonable y sigue el recorrido esperado.
- ❑ Las isotermas y el mapa de infrarrojos son coherentes con el comportamiento esperado.
- ❑ El valor obtenido de transmitancia térmica lineal (Ψ) es coherente con la solución constructiva y su entorno (transmitancia térmica (U) de los cerramientos adyacentes).

U-Factors

	U-factor W/m2-K	delta T C	Length mm	Rotation		Heat Flow W
Exterior	0.4092	20.0	2495.05	N/A	Projected Y	20.4180
Interior	0.5104	20.0	2000.09	N/A	Projected Y	20.4185

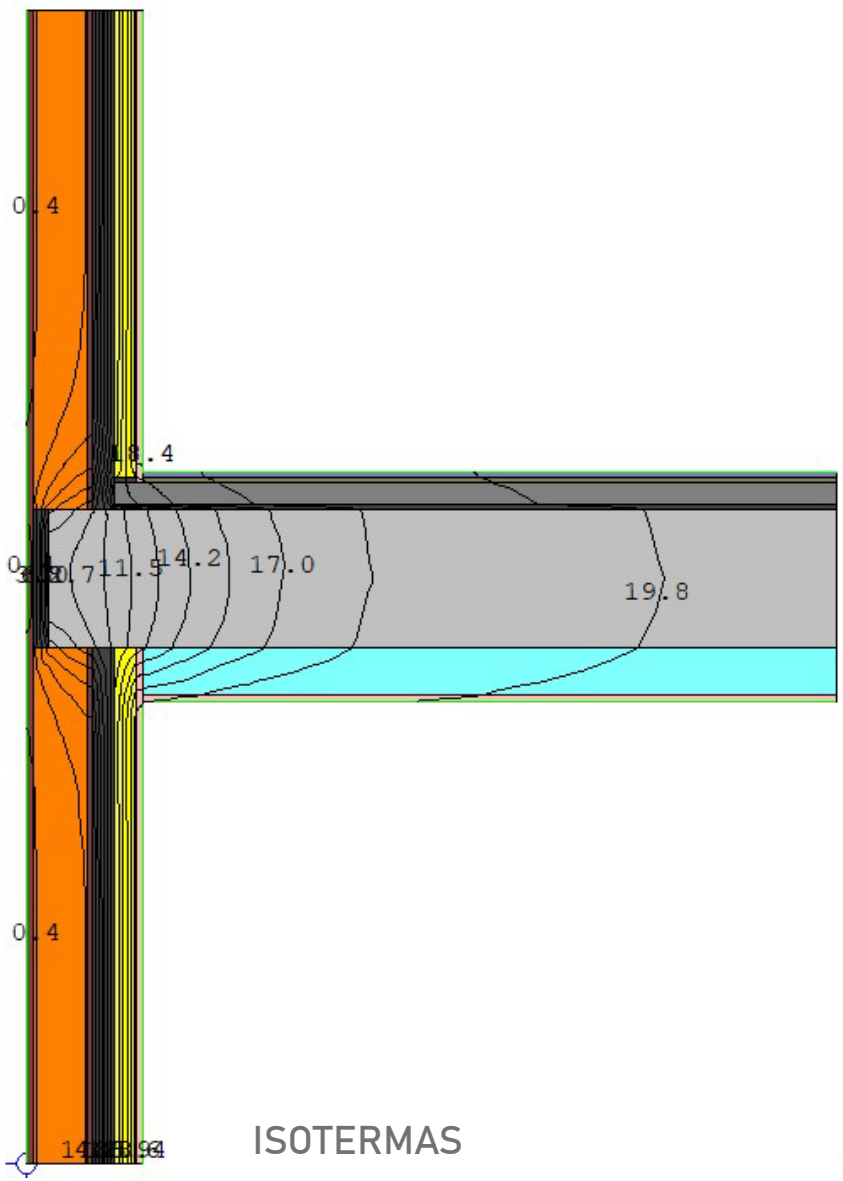
Display

- (•) U-factor
- ( ) R-value

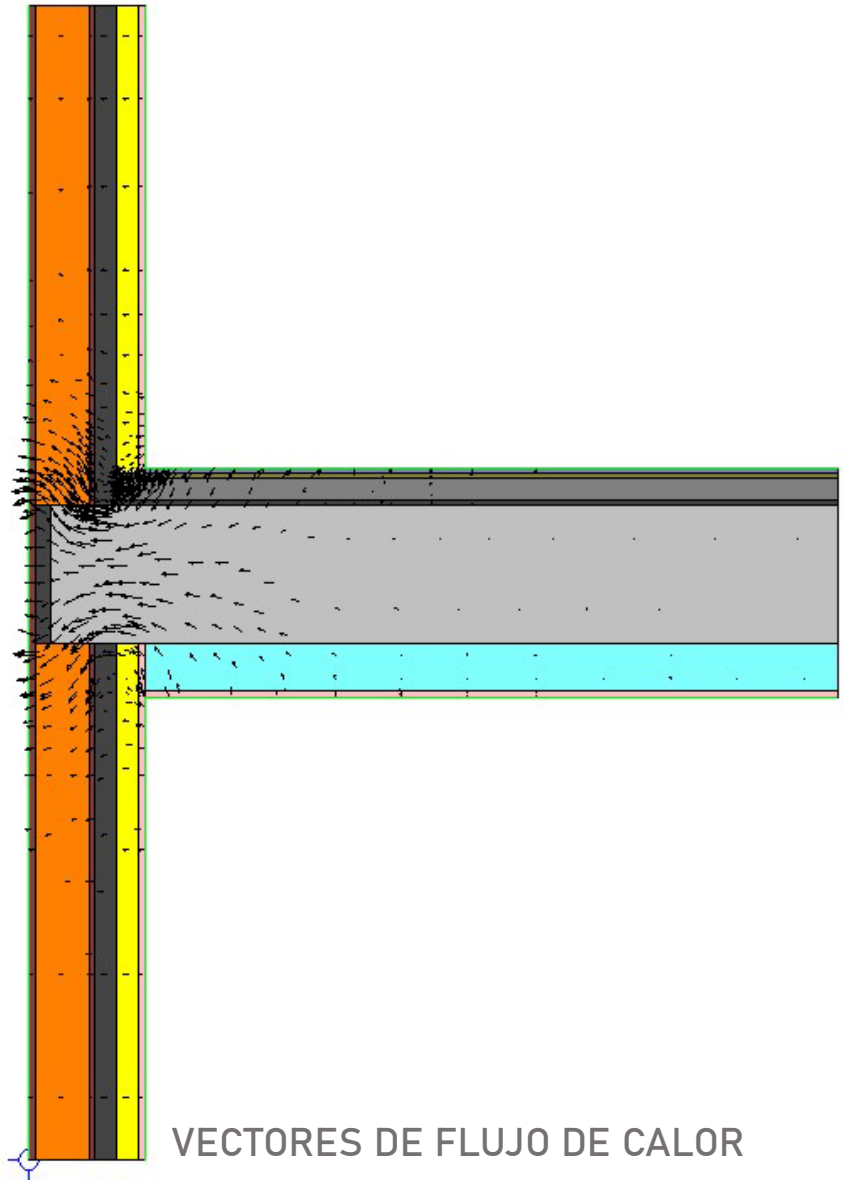
% Error Energy Norm 8.56%

Export

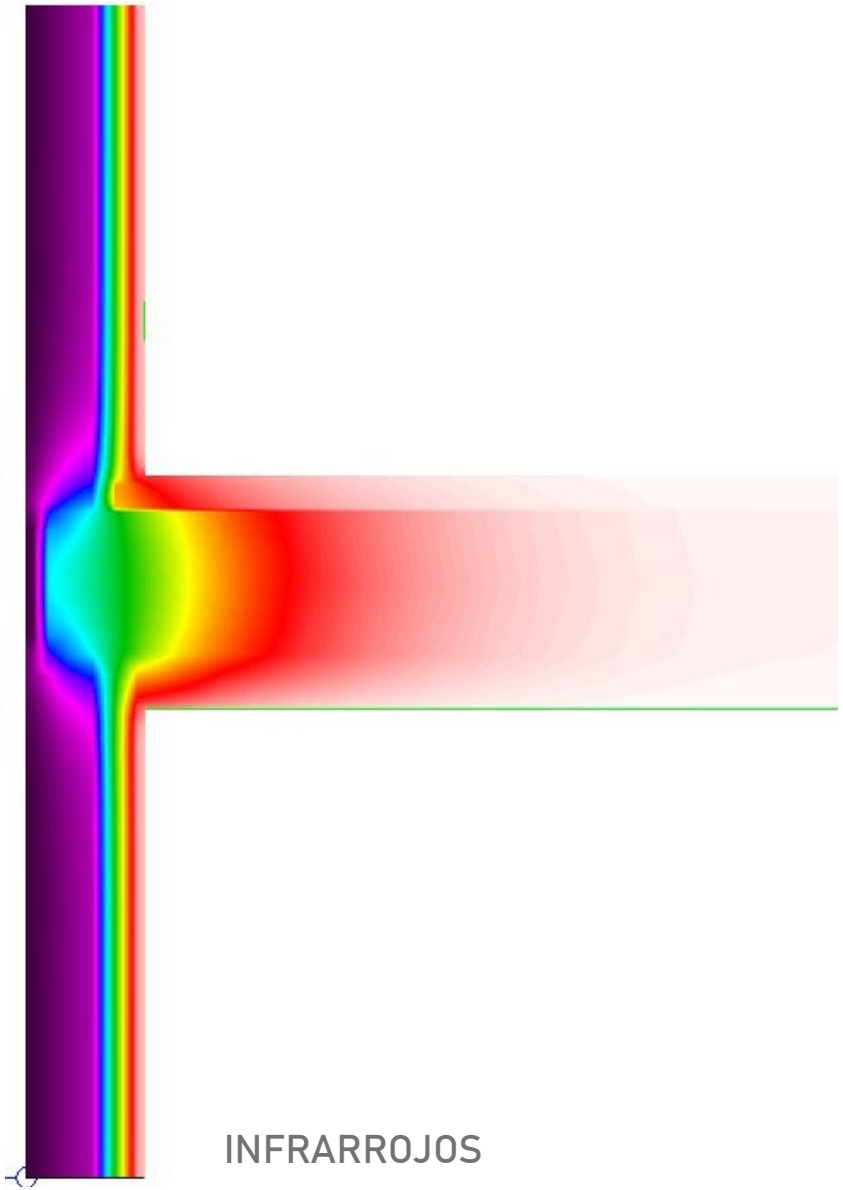
OK



ISOTERMAS



VECTORES DE FLUJO DE CALOR

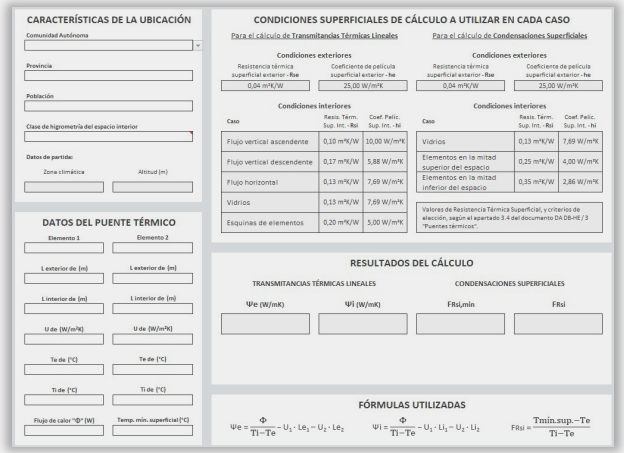


INFRARROJOS

CÁLCULO DE LOS VALORES (ψ) E IMPLEMENTACIÓN EN LOS PROGRAMAS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

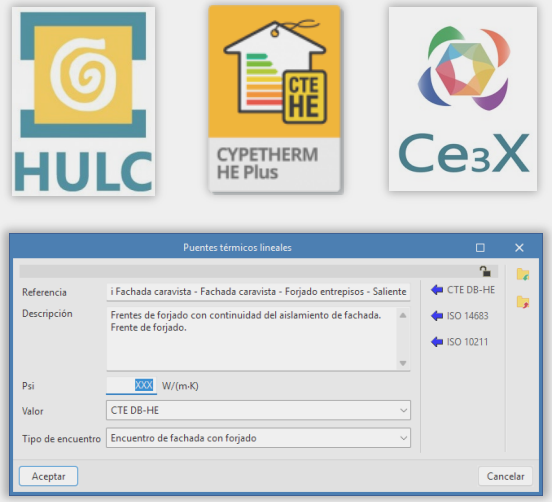
CÁLCULO DE LOS VALORES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL ψ

A PARTIR DE RESULTADOS DE THERM



IMPLEMENTACIÓN DE ψ EN LOS PROGRAMAS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

HULC, CYPETHERM HE PLUS, CE3X



Provincia

Población

Clase de higrometría del espacio interior

Datos de partida:

Zona climática	Altitud (m)

DATOS DEL PUENTE TÉRMICO

Elemento 1	Elemento 2
L exterior de (m)	L exterior de (m)
L interior de (m)	L interior de (m)
U de (W/m²K)	U de (W/m²K)
Te de (°C)	Te de (°C)
Ti de (°C)	Ti de (°C)

Condiciones exteriores

Resistencia térmica superficial exterior - **Rse**	Coeficiente de película superficial exterior - **he**
0,04 m²K/W	25,00 W/m²K

Condiciones interiores

Caso	Resis. Térm. Sup. Int. - **Rsi**	Coef. Pelíc. Sup. Int. - **hi**
Flujo vertical ascendente	0,10 m²K/W	10,00 W/m²K
Flujo vertical descendente	0,17 m²K/W	5,88 W/m²K
Flujo horizontal	0,13 m²K/W	7,69 W/m²K
Vidrios	0,13 m²K/W	7,69 W/m²K
Esquinas de elementos	0,20 m²K/W	5,00 W/m²K

Condiciones exteriores

Resistencia térmica superficial exterior - **Rse**	Coeficiente de película superficial exterior - **he**
0,04 m²K/W	25,00 W/m²K

Condiciones interiores

Caso	Resis. Térm. Sup. Int. - **Rsi**	Coef. Pelíc. Sup. Int. - **hi**
Vidrios	0,13 m²K/W	7,69 W/m²K
Elementos en la mitad superior del espacio	0,25 m²K/W	4,00 W/m²K
Elementos en la mitad inferior del espacio	0,35 m²K/W	2,86 W/m²K

Valores de Resistencia Térmica Superficial, y criterios de elección, según el apartado 3.4 del documento DA DB-HE / 3 "Puentes térmicos".

RESULTADOS DEL CÁLCULO

TRANSMITANCIAS TÉRMICAS LINEALES

Ψe (W/mK)	Ψi (W/mK)

CONDENSACIONES SUPERFICIALES

FRsi,min	FRsi

FÓRMULAS UTILIZADAS

$$\Psi e = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Le_1 - U_2 \cdot Le_2 \qquad \Psi i = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Li_1 - U_2 \cdot Li_2$$

CÁLCULO DE LOS VALORES (ψ) E IMPLEMENTACIÓN EN LOS PROGRAMAS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

IMPLEMENTACIÓN DE LOS VALORES DE ψ EN LOS PROGRAMAS DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

HULC, CYPETHERM HE PLUS, CE3X

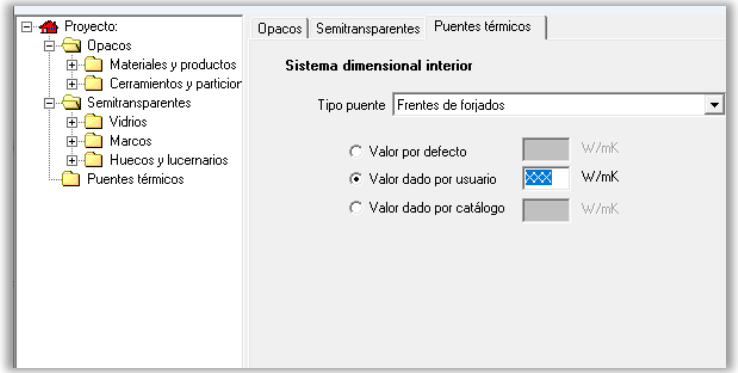
Menú Bases de datos

↓

Puentes térmicos

↓

Valor dado por usuario



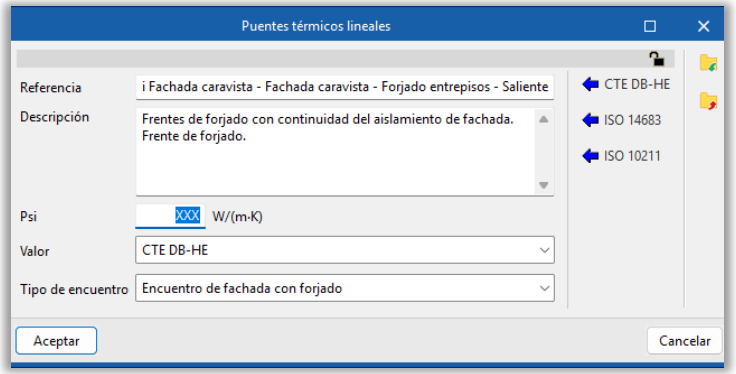
Menú Biblioteca

↓

Puentes térmicos lineales

↓

Psi



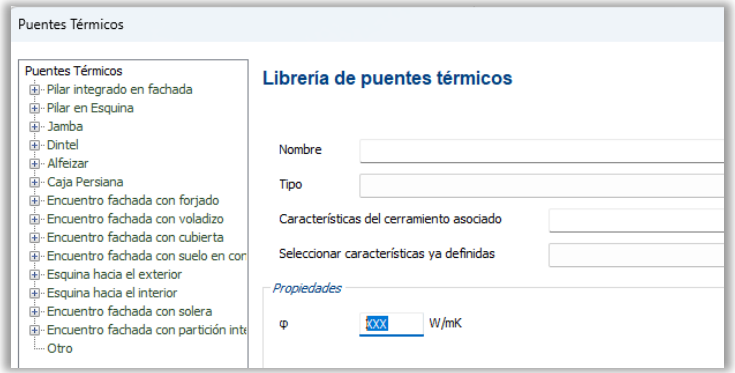
Menú Librerías

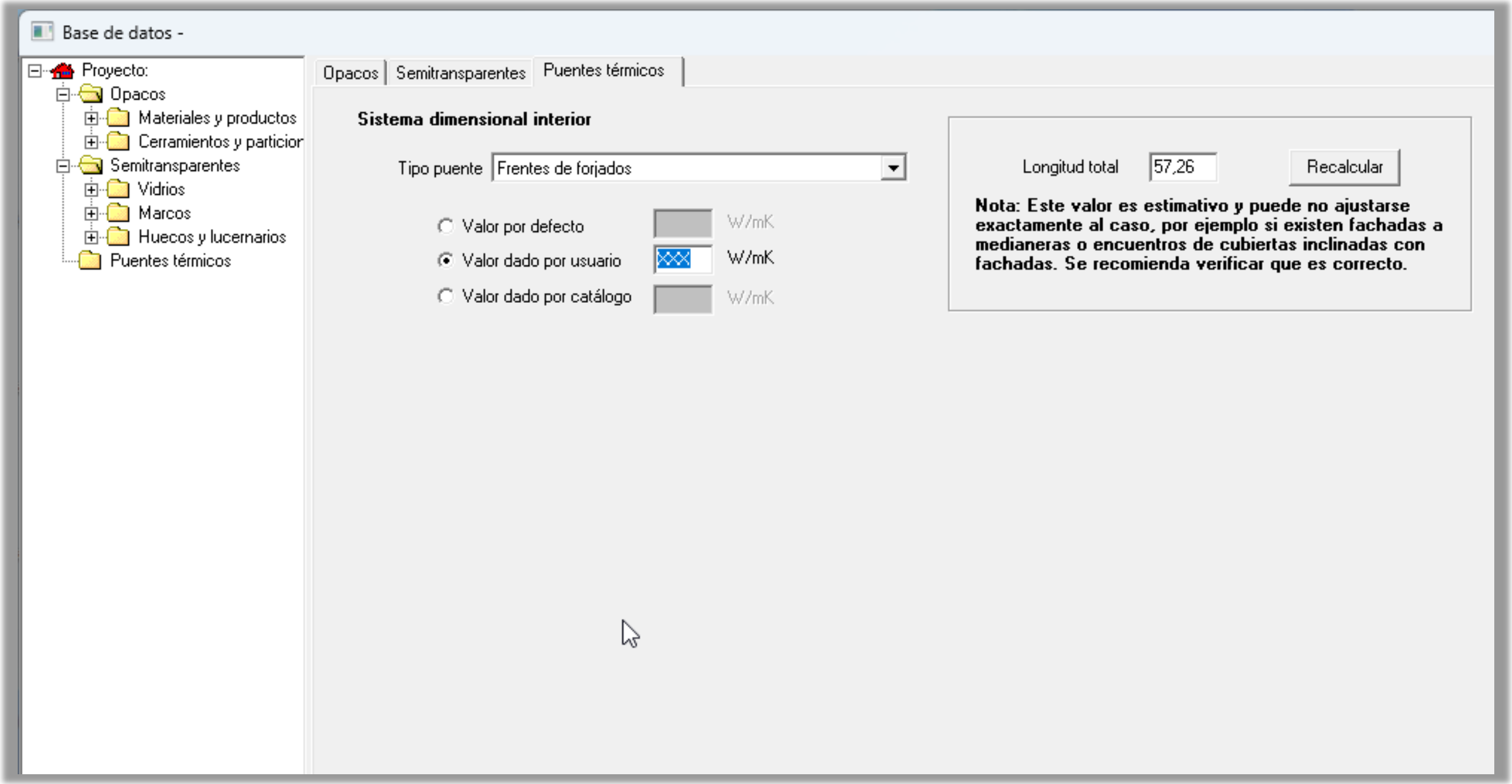
↓

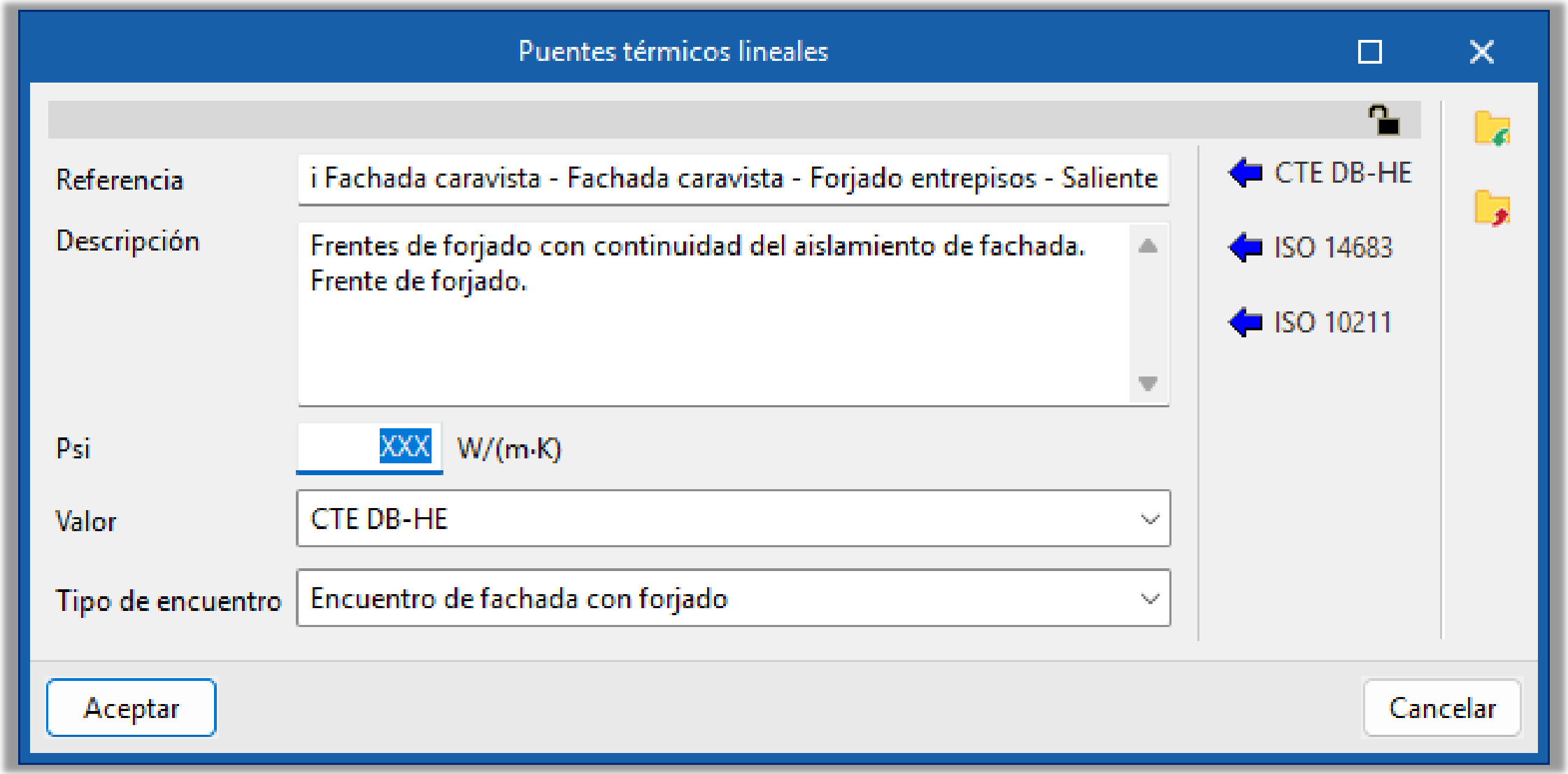
Puentes térmicos

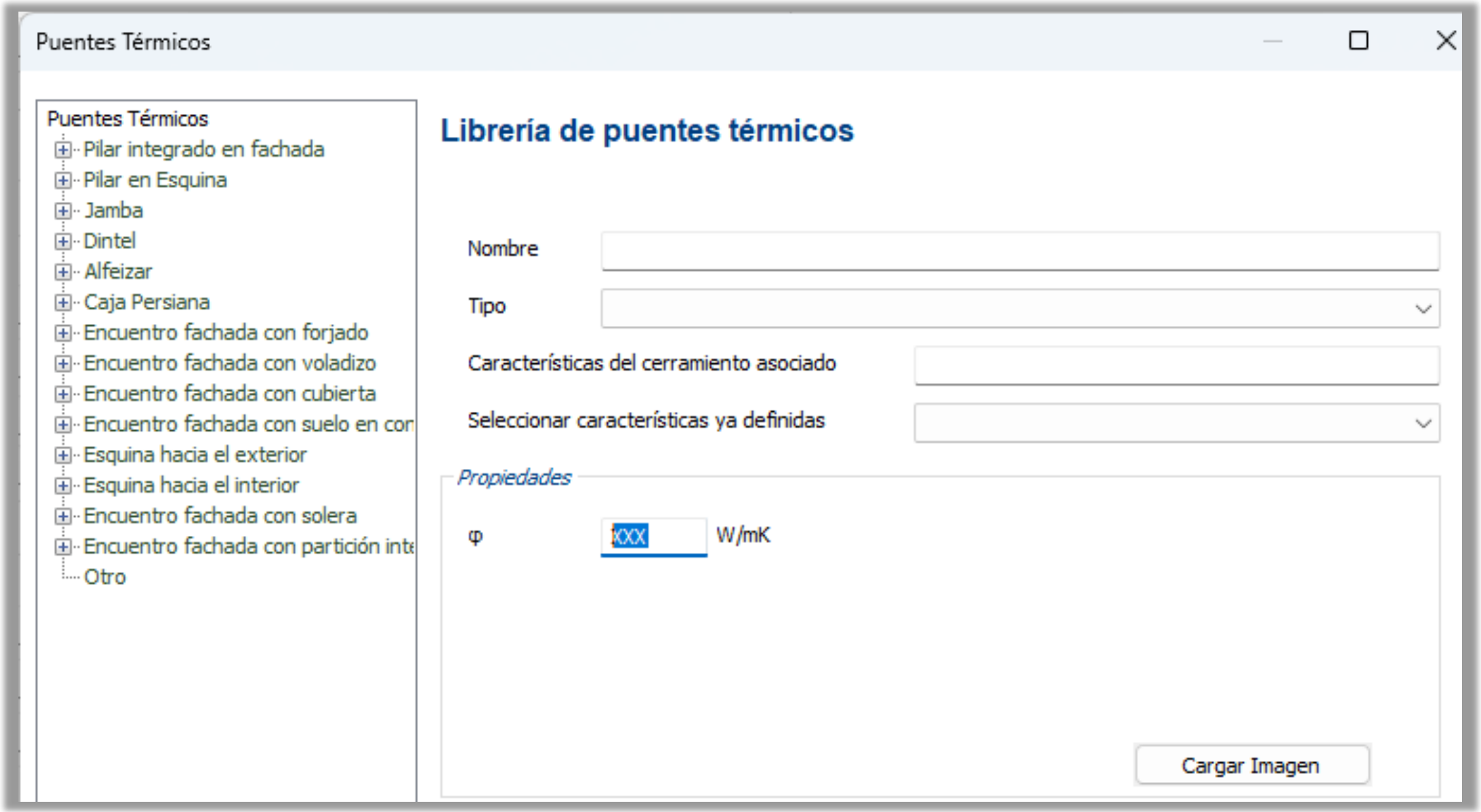
↓

Propiedades




Base de datos -
Proyecto:
Opacos
Materiales y productos
Cerramientos y particior
Semitransparentes
Vidrios
Marcos
Huecos y lucernarios
Puentes térmicos
Opacos
Semitransparentes
Puentes térmicos
Sistema dimensional interior
Tipo puente
Frentes de forjados
Valor por defecto
W/mK
Valor dado por usuario
W/mK
Valor dado por catálogo
W/mK
Longitud total
57,26
Recalcular
Nota: Este valor es estimativo y puede no ajustarse exactamente al caso, por ejemplo si existen fachadas a medianeras o encuentros de cubiertas inclinadas con fachadas. Se recomienda verificar que es correcto.


Puentes térmicos lineales
Referencia
i Fachada caravista - Fachada caravista - Forjado entrepisos - Saliente
Descripción
Frentes de forjado con continuidad del aislamiento de fachada.
Frente de forjado.
CTE DB-HE
ISO 14683
ISO 10211
Psi
XXX
W/(m·K)
Valor
CTE DB-HE
Tipo de encuentro
Encuentro de fachada con forjado
Aceptar
Cancelar

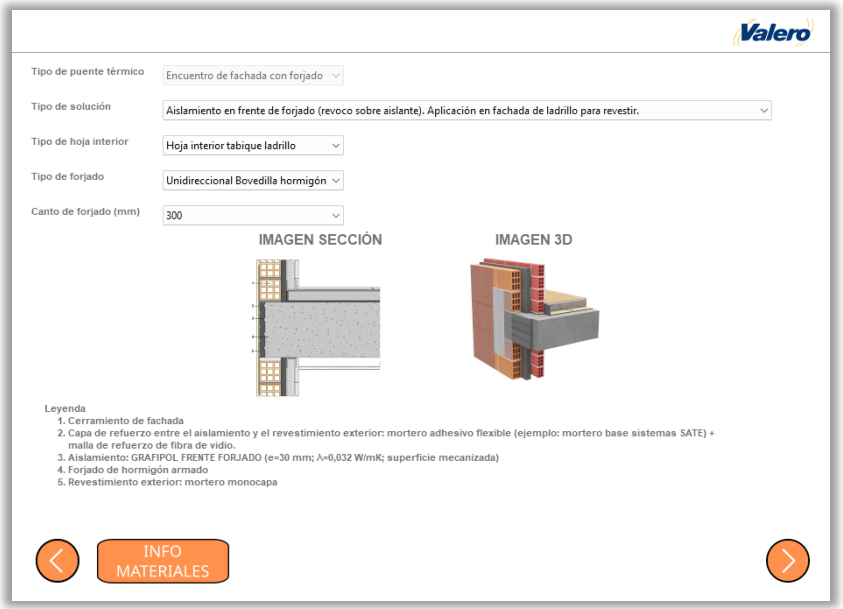

Puentes Térmicos
Puentes Térmicos
Pilar integrado en fachada
Pilar en Esquina
Jamba
Dintel
Alfeizar
Caja Persiana
Encuentro fachada con forjado
Encuentro fachada con voladizo
Encuentro fachada con cubierta
Encuentro fachada con suelo en cor
Esquina hacia el exterior
Esquina hacia el interior
Encuentro fachada con solera
Encuentro fachada con partición inte
Otro
Librería de puentes térmicos
Nombre
Tipo
Características del cerramiento asociado
Seleccionar características ya definidas
Propiedades
φ
XXX
W/mK
Cargar Imagen

HERRAMIENTAS PARA EL PREDIMENSIONADO DE PUENTES TÉRMICOS

COMPLEMENTO GRUPO VALERO PARA CE3X

https://www.efinovatic.es/complementos/grupovalero

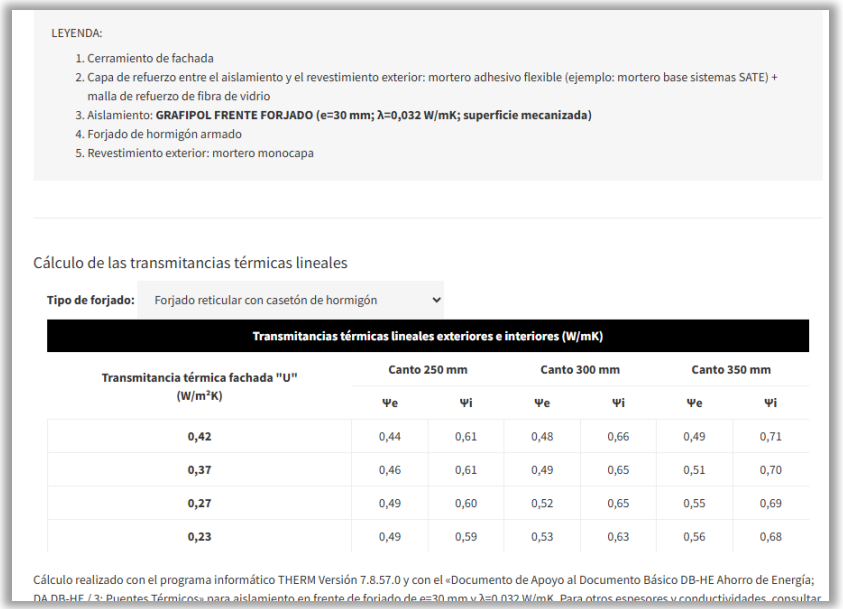
Menú Complementos
↓
Grupo Valero
↓
Soluciones puentes térmicos



PRONTUARIO PUENTES TÉRMICOS VALERO

https://www.grupovalero.com/productos/soluciones-constructivas/aislamientos/grafipol-frente-forjado/

Menú Productos
↓
Soluciones constructivas
↓
Puentes térmicos



LEYENDA:

1. Cerramiento de fachada
2. Capa de refuerzo entre el aislamiento y el revestimiento exterior: mortero adhesivo flexible (ejemplo: mortero base sistemas SATE) + malla de refuerzo de fibra de vidrio
3. Aislamiento: **GRAFIPOL FRENTE FORJADO (e=30 mm; λ=0,032 W/mK; superficie mecanizada)**
4. Forjado de hormigón armado
5. Revestimiento exterior: mortero monocapa

Cálculo de las transmitancias térmicas lineales

Tipo de forjado: Forjado reticular con casetón de hormigón

Transmitancias térmicas lineales exteriores e interiores (W/mK)

Transmitancia térmica fachada "U" (W/m^2K)	Canto 250 mm		Canto 300 mm		Canto 350 mm	
	Ψe	Ψi	Ψe	Ψi	Ψe	Ψi
0,42	0,44	0,61	0,48	0,66	0,49	0,71
0,37	0,46	0,61	0,49	0,65	0,51	0,70
0,27	0,49	0,60	0,52	0,65	0,55	0,69
0,23	0,49	0,59	0,53	0,63	0,56	0,68

Cálculo realizado con el programa informático THERM Versión 7.8.57.0 y con el «Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía; DA DB-HE / 3: Puentes Térmicos» para aislamiento en frente de forjado de e=30 mm y λ=0,032 W/mK. Para otros espesores y conductividades, consultar

Soluciones de puentes térmicos

Tipo de puente térmico: Encuentro de fachada con forjado

Tipo de solución: Aislamiento en frente de forjado (revoco sobre aislante). Aplicación en fachada de ladrillo para revestir.

Tipo de hoja interior: Hoja interior tabique ladrillo

Tipo de forjado: Unidireccional Bovedilla hormigón

Canto de forjado (mm): 300

IMAGEN SECCIÓN

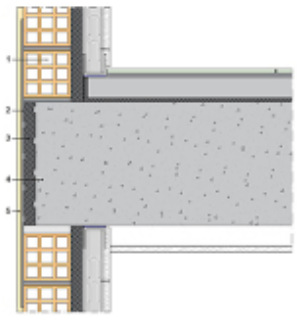
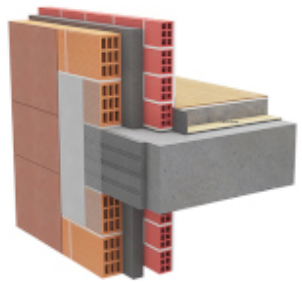


IMAGEN 3D



Leyenda

1. Cerramiento de fachada
2. Capa de refuerzo entre el aislamiento y el revestimiento exterior: mortero adhesivo flexible (ejemplo: mortero base sistemas SATE) + malla de refuerzo de fibra de vidio.
3. Aislamiento: GRAFIPOL FRENTE FORJADO (e=30 mm; λ=0,032 W/mK; superficie mecanizada)
4. Forjado de hormigón armado
5. Revestimiento exterior: mortero monocapa

INFO MATERIALES

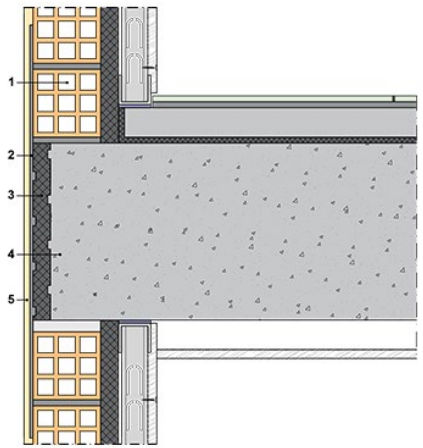
Solución 1

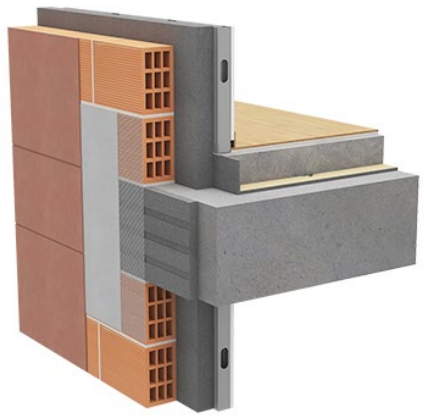
Aislamiento en frente de forjado (revoco sobre aislante).

Aplicación en fachada de ladrillo para revestir .

Hoja interior con tabique de ladrillo LH7 | **Hoja interior con trasdosado autoportante de PYL**

SECCIÓN | DETALLE 3D





LEYENDA:

1. Cerramiento de fachada
2. Capa de refuerzo entre el aislamiento y el revestimiento exterior: mortero adhesivo flexible (ejemplo: mortero base sistemas SATE) + malla de refuerzo de fibra de vidrio
3. Aislamiento: **GRAFIPOL FRENTE FORJADO (e=30 mm; λ=0,032 W/mK; superficie mecanizada)**
4. Forjado de hormigón armado
5. Revestimiento exterior: mortero monocapa

Cálculo de las transmitancias térmicas lineales

Tipo de forjado: Forjado reticular con casetón de hormigón

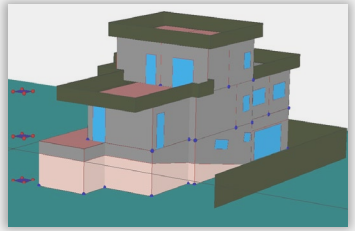
Transmitancias térmicas lineales exteriores e interiores (W/mK)

Transmitancia térmica fachada "U" (W/m^2K)	Canto 250 mm		Canto 300 mm		Canto 350 mm	
	Ψe	Ψi	Ψe	Ψi	Ψe	Ψi
0,42	0,44	0,61	0,48	0,66	0,49	0,71
0,37	0,46	0,61	0,49	0,65	0,51	0,70
0,27	0,49	0,60	0,52	0,65	0,55	0,69
0,23	0,49	0,59	0,53	0,63	0,56	0,68

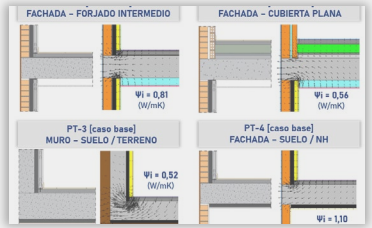
Cálculo realizado con el programa informático THERM Versión 7.8.57.0 y con el «Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía; DA DB-HE / 3: Puentes Térmicos» para aislamiento en frente de forjado de e=30 mm y λ=0,032 W/mK. Para otros espesores y conductividades, consulta con nuestro Departamento Técnico.

CÁLCULO DE PUENTES TÉRMICOS Y VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL HE1 EN VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

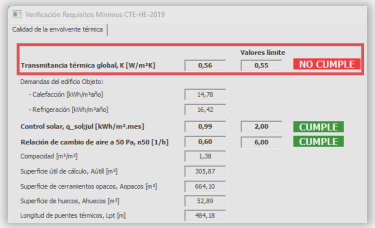
DATOS DE PARTIDA DE LA VIVIENDA EN HULC



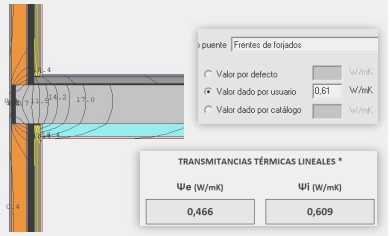
PUENTES TÉRMICOS DEL CASO BASE



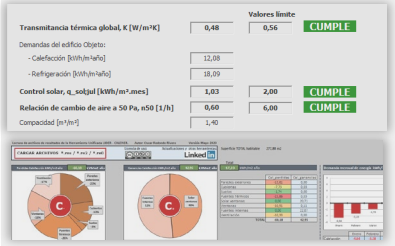
CUMPLIMIENTO HE1 DEL CASO BASE



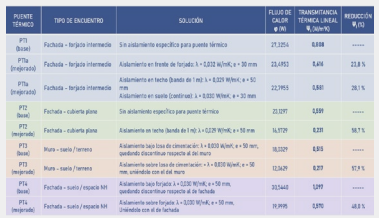
PUENTES TÉRMICOS DEL CASO MEJORADO



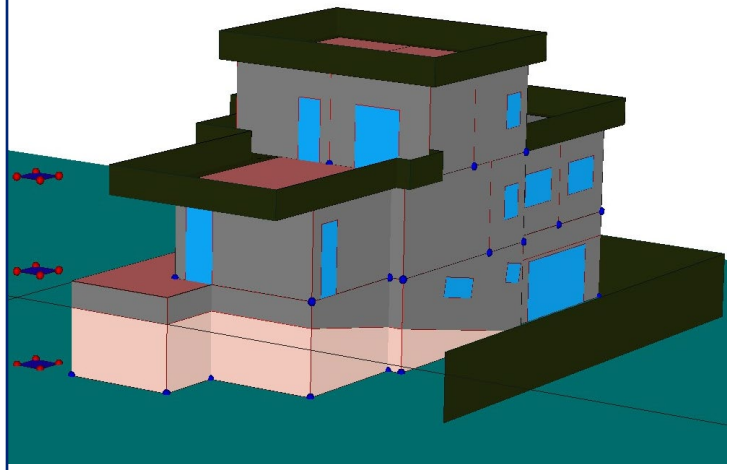
CUMPLIMIENTO HE1 DEL CASO MEJORADO



RESUMEN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



PUENTE TÉRMICO	TIPO DE ENCUENTRO	SOLUCIÓN	FLUJO DE CALOR φ (W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ (W/mK)	REDUCCIÓN Ψ (%)
PT1 (base)	Fachada – forjado intermedio	Sin aislamiento específico para puente térmico	27,1256	0,808	-----
PT1a (mejorado)	Fachada – forjado intermedio	Aislamiento en frente de forjado: λ = 0,032 W/mK; e = 30 mm	23,4953	0,466	23,8 %
PT1b (mejorado)	Fachada – forjado intermedio	Aislamiento en techo (banda de 1 m): λ = 0,029 W/mK; e = 50 mm Aislamiento en suelo (continuo): λ = 0,031 W/mK; e = 30 mm	22,7955	0,841	28,1 %
PT2 (base)	Fachada – cubierta plana	Sin aislamiento específico para puente térmico	23,1297	0,591	-----
PT2 (mejorado)	Fachada – cubierta plana	Aislamiento en techo (banda de 1 m): λ = 0,029 W/mK; e = 50 mm	16,1729	0,231	98,7 %
PT3 (base)	Muro – suelo / terreno	Aislamiento bajo losa de cimentación: λ = 0,033 W/mK; e = 50 mm; quedando discontinuo respecto al del muro	18,3329	0,915	-----
PT3 (mejorado)	Muro – suelo / terreno	Aislamiento sobre losa de cimentación: = λ = 0,033 W/mK; e = 50 mm, unièndole con el del muro	12,1429	0,277	97,9 %
PT4 (base)	Fachada – suelo / espacio NH	Aislamiento bajo forjado: λ = 0,035 W/mK; e = 50 mm, quedando discontinuo respecto al de fachada	20,5448	1,299	-----
PT4 (mejorado)	Fachada – suelo / espacio NH	Aislamiento sobre forjado: λ = 0,035 W/mK; e = 50 mm, ùnièndole con el de fachada	19,9995	0,970	48,8 %



Windows & Daylighting Group
LBNL
Therm
Copyright 1996 - 2019 University of California Regents.
All rights reserved. This program is protected by U.S. and international copyright laws as described in the About box.
Funded by the U.S. Department of Energy

HULC

DATOS DE PARTIDA DE LA VIVIENDA GENERADA EN HULC

VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN: ALCOY (ALICANTE) [ZONA C3]

SUPERFICIE ÚTIL HABITABLE: 305,87 m²

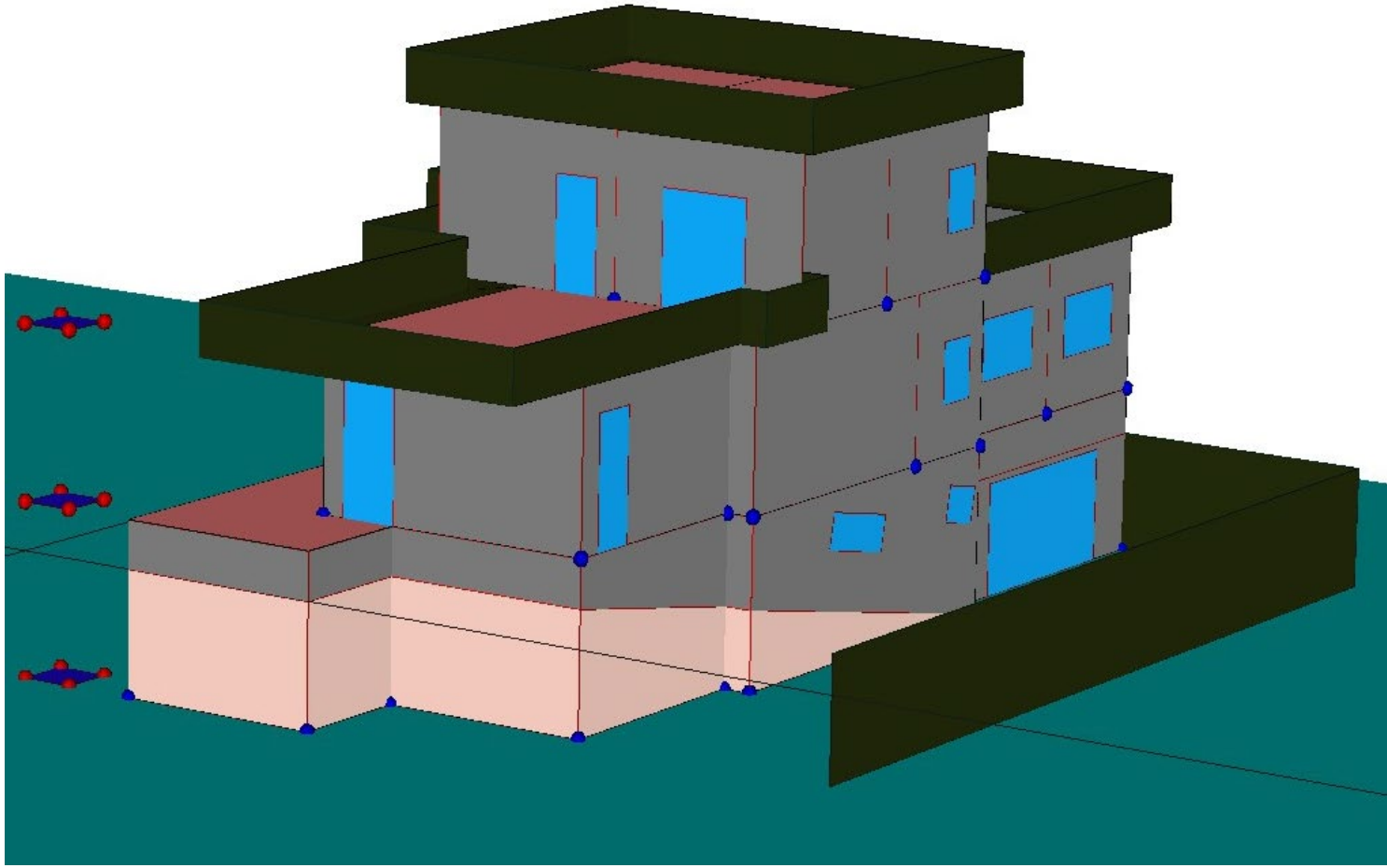
SUPERFICIE DE CERRAMIENTOS: 664,10 m²

COMPACIDAD: 1,38 m³/m²

SUPERFICIE DE HUECOS: 52,89 m²

- U VIDRIO = 1,40 W/m²K
- U MARCO (pvc) = 1,80 W/m²K
- U MARCO (alu) = 2,40 W/m²K

VALORES “U” CERRAMIENTOS S/ ANEJO E





PUENTES TÉRMICOS DEL CASO BASE

Introducción en HULC
"Valor dado por usuario":

- Frentes de forjados:

⟶ **Ψi** = 0,72 W/mK

p.p. fachada-forjado intermedio
30,21 m.l. ⟶ Ψi = 0,81 W/mK
p.p. fachada-forjado/no habitable
27,05 m.l. ⟶ Ψi = 0,63 W/mK

- Cubiertas planas

⟶ **Ψi** = 0,56 W/mK

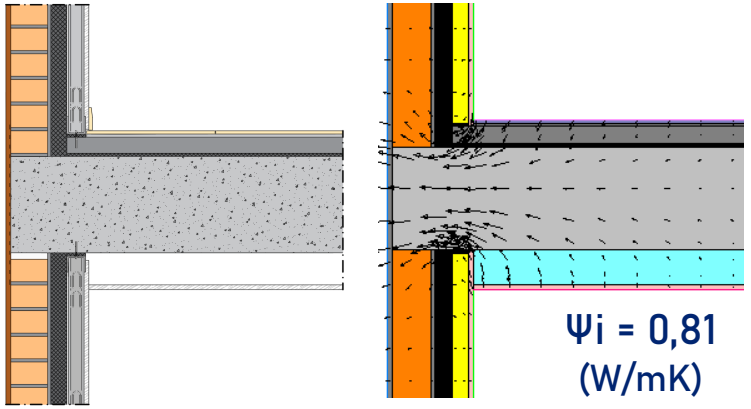
- Suelos en contacto con el terreno

⟶ **Ψi** = 0,52 W/mK

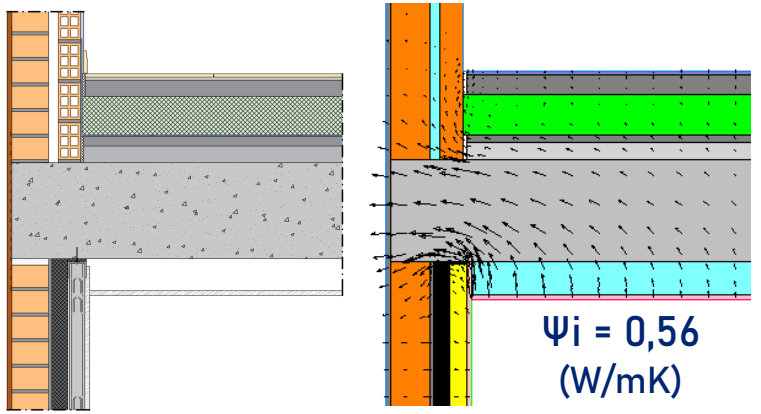
Valores obtenidos mediante simulación 2D en THERM y fórmula del DA DB-HE/3:

$$\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma\,(U \cdot L)$$

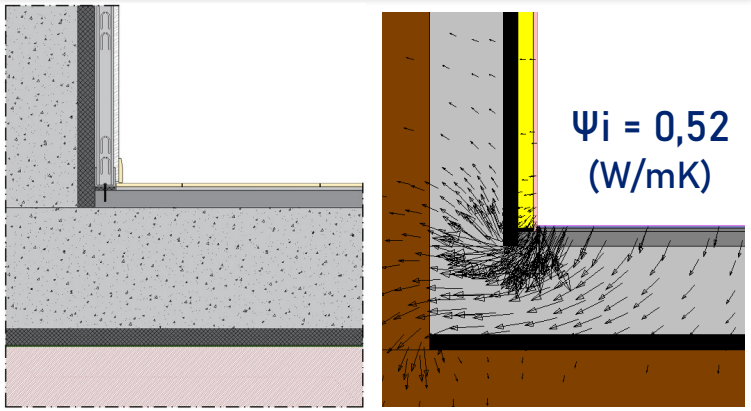
PT-1 [caso base]
FACHADA – FORJADO INTERMEDIO



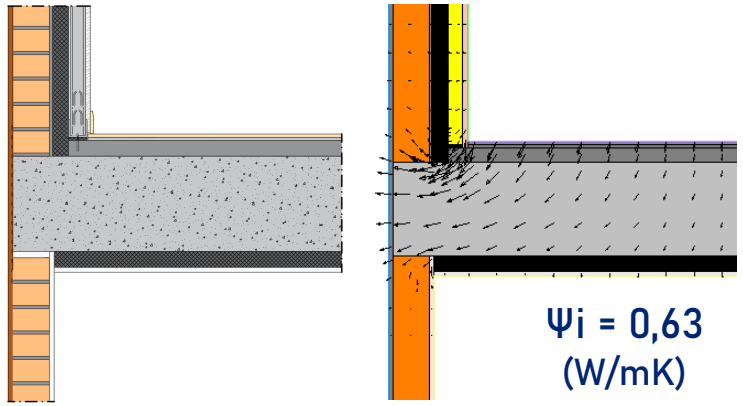
PT-2 [caso base]
FACHADA – CUBIERTA PLANA



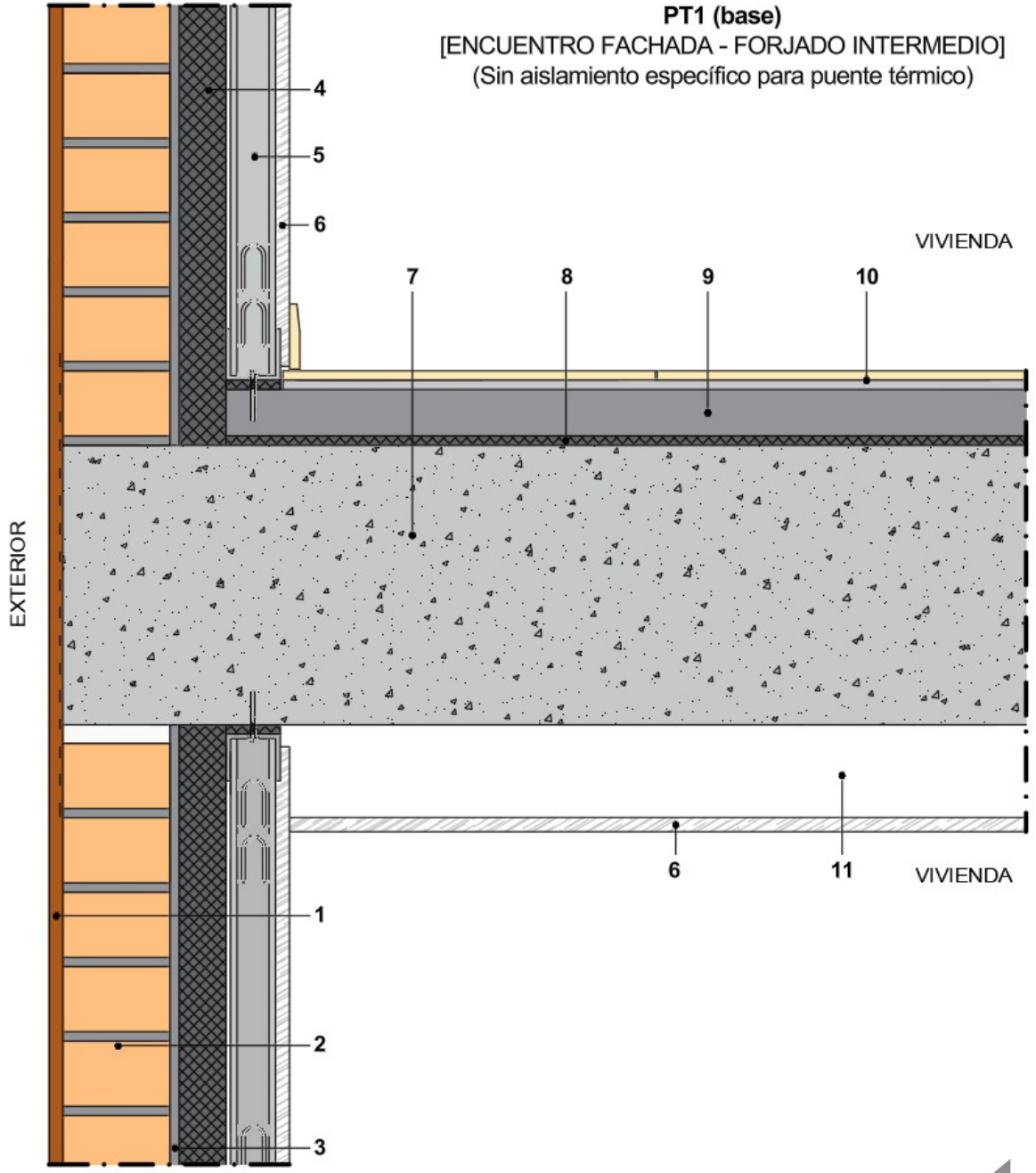
PT-3 [caso base]
MURO – SUELO / TERRENO



PT-4 [caso base]
FACHADA – SUELO / NH



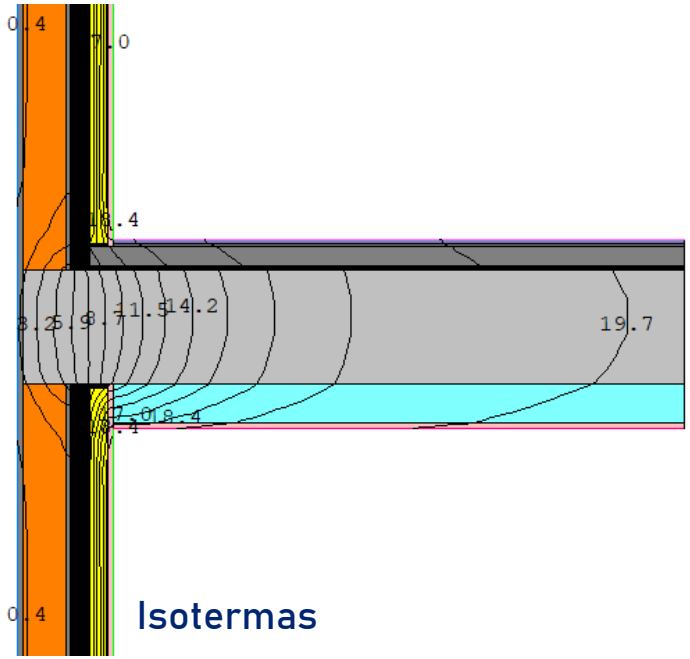
LEYENDA:
1: Revestimiento exterior continuo: mortero monocapa (15 mm)
2: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir (115 mm)
3: Revestimiento intermedio: enfoscado de mortero de cemento hidrófugo (10 mm)
4: Aislamiento en fachada:
EPS Grafipol TR-29 (λ=0,029 W/mK; e=50 mm)
5: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral (λ=0,035 W/mK; e=50 mm) colocado entre montantes
6: Placa de yeso laminado (15 mm)
7: Forjado unidireccional de canto 30 cm y bovedillas de hormigón
8: Aislamiento en suelo (antiimpacto):
EPS Grafipol Termoimpact Roll
(λ=0,030 W/mK; e=10 mm; ΔL_w=27 dB)
9: Capa base para pavimento: mortero autonivelante (50 mm)
10: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso (20 mm)
11: Cámara de aire (100 mm)



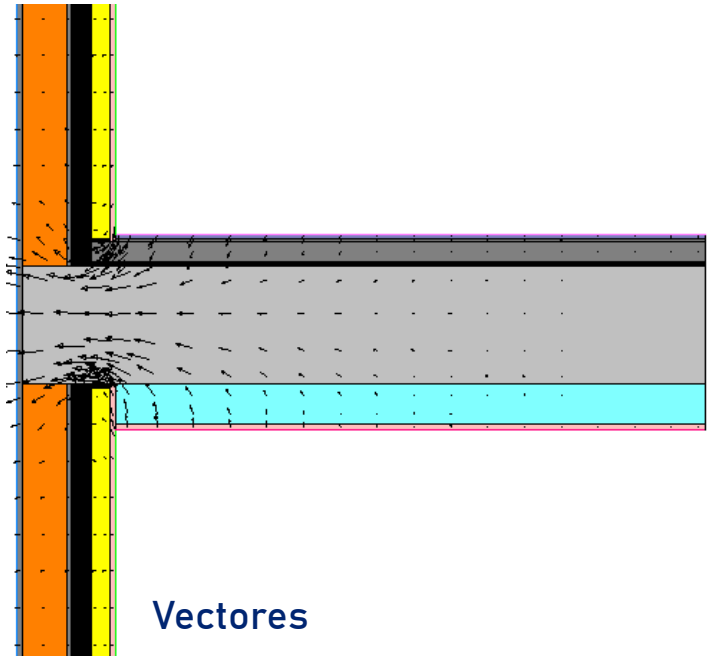
PT-1 [caso base]: ENCUENTRO FACHADA – FORJADO INTERMEDIO
(sin aislamiento específico para puente térmico)

MÉTODO NUMÉRICO
(UNE-EN ISO 10211)
Simulación en 2D

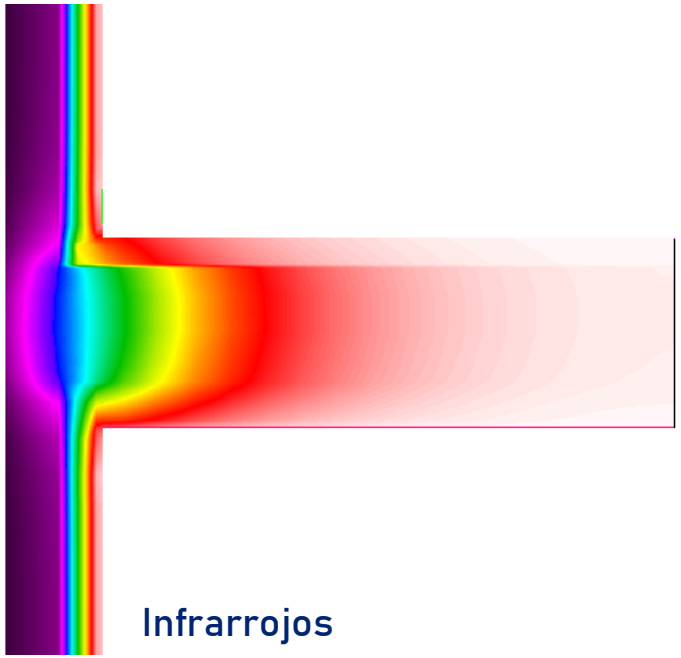
Simulación 2D en THERM ⟶ obtención del flujo de calor Φ:



Isotermas



Vectores



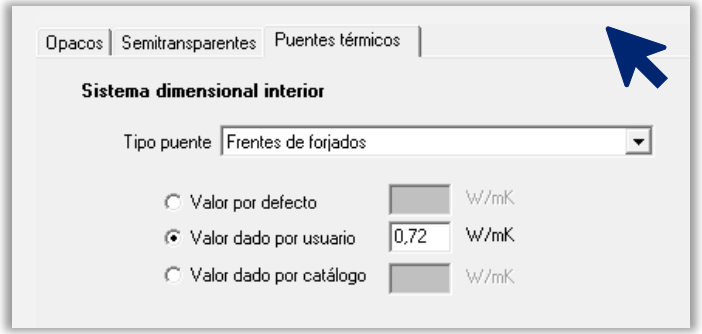
Infrarrojos

Flujo de calor
Φ = 27,3254 (W)

Cálculo de Ψi s/ DA DB-HE/3 $\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma (U \cdot L)$

Ψi = 0,808 (W/mK)

Implementación en HULC



PT-1 [caso base]: ENCUENTRO FACHADA – FORJADO INTERMEDIO

CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ

DATOS DEL PUENTE TÉRMICO

	Elemento 1	Elemento 2
	Fachada	Fachada
L exterior de Fachada 1 (m) / L exterior de Fachada 2 (m)	1,248	1,248
L interior de Fachada 1 (m) / L interior de Fachada 2 (m)	1,000	1,000
U de Fachada 1 (W/m²K) / U de Fachada 2 (W/m²K)	0,2793	0,2793
Te de Fachada 1 (°C) / Te de Fachada 2 (°C)	0,0	0,0
Ti de Fachada 1 (°C) / Ti de Fachada 2 (°C)	20,0	20,0
Flujo de calor "Φ" (W) / Temp. mín. superficial (°C)	27,3254	

TRANSMITANCIAS TÉRMICAS LINEALES

Ψe (W/mK)	Ψi (W/mK)
0,669	0,808

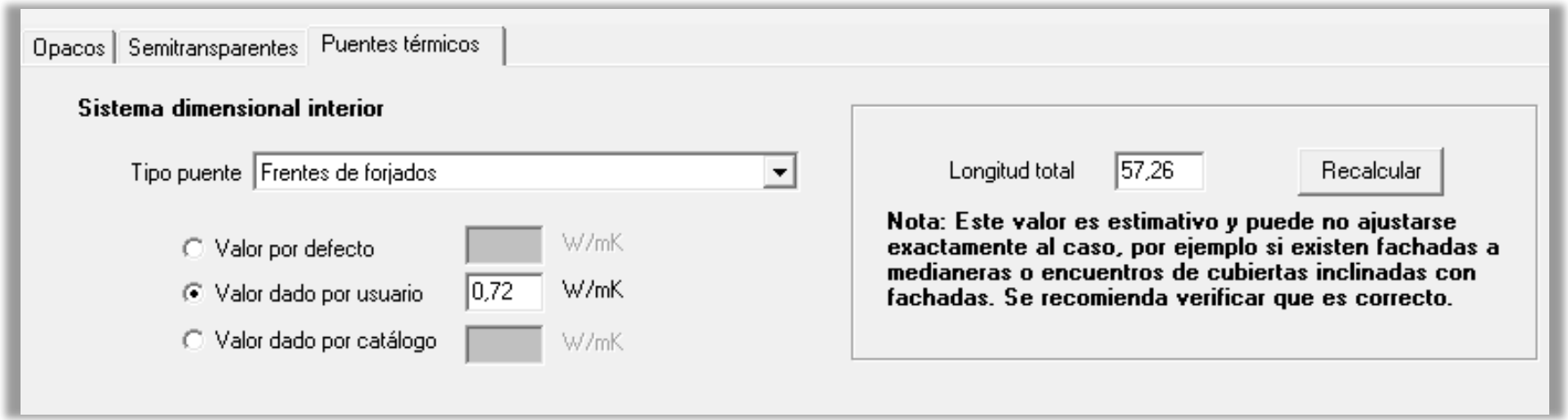
Teniendo en cuenta una temperatura exterior de 0 °C y temperatura interior de 20 °C, como indica el DA DB-HE / 3.

FÓRMULAS UTILIZADAS

$$\Psi e = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Le_1 - U_2 \cdot Le_2 \qquad \Psi i = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Li_1 - U_2 \cdot Li_2$$

PT-1 [caso base]: ENCUENTRO FACHADA – FORJADO INTERMEDIO

IMPLEMENTACIÓN EN HULC DE TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ



¡OJO!
HULC agrupa ambos encuentros como “Frentes de forjados”. Por tanto, se debe introducir un valor de Ψ ponderado según sus longitudes

Introducción en HULC
“Valor dado por usuario":

- Frentes de forjados:

⟶ **Ψi = 0,72 W/mK**

p.p. fachada-forjado intermedio
30,21 m.l. ⟶ Ψi = **0,81 W/mK**

p.p. fachada-forjado/no habitable
27,05 m.l. ⟶ Ψi = **0,63 W/mK**

LEYENDA:

1: Revestimiento exterior continuo: mortero monocapa (15 mm)

2: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir (115 mm)

3: Revestimiento intermedio: enfoscado de mortero de cemento hidrófugo (10 mm)

4: Aislamiento en fachada:

EPS Grafipol TR-29 (λ=0,029 W/mK; e=50 mm)

5: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral (λ=0,035 W/mK; e=50 mm) colocado entre montantes

6: Placa de yeso laminado (15 mm)

7: Forjado unidireccional de canto 30 cm y bovedillas de hormigón

8: Formación de pendientes: hormigón aligerado (e_{medio}=50 mm)

9: Capa de regularización: mortero de cemento (20 mm)

10: Impermeabilización bituminosa (4 mm)

11: Capa separadora: geotextil (1 mm)

12: Aislamiento en cubierta:

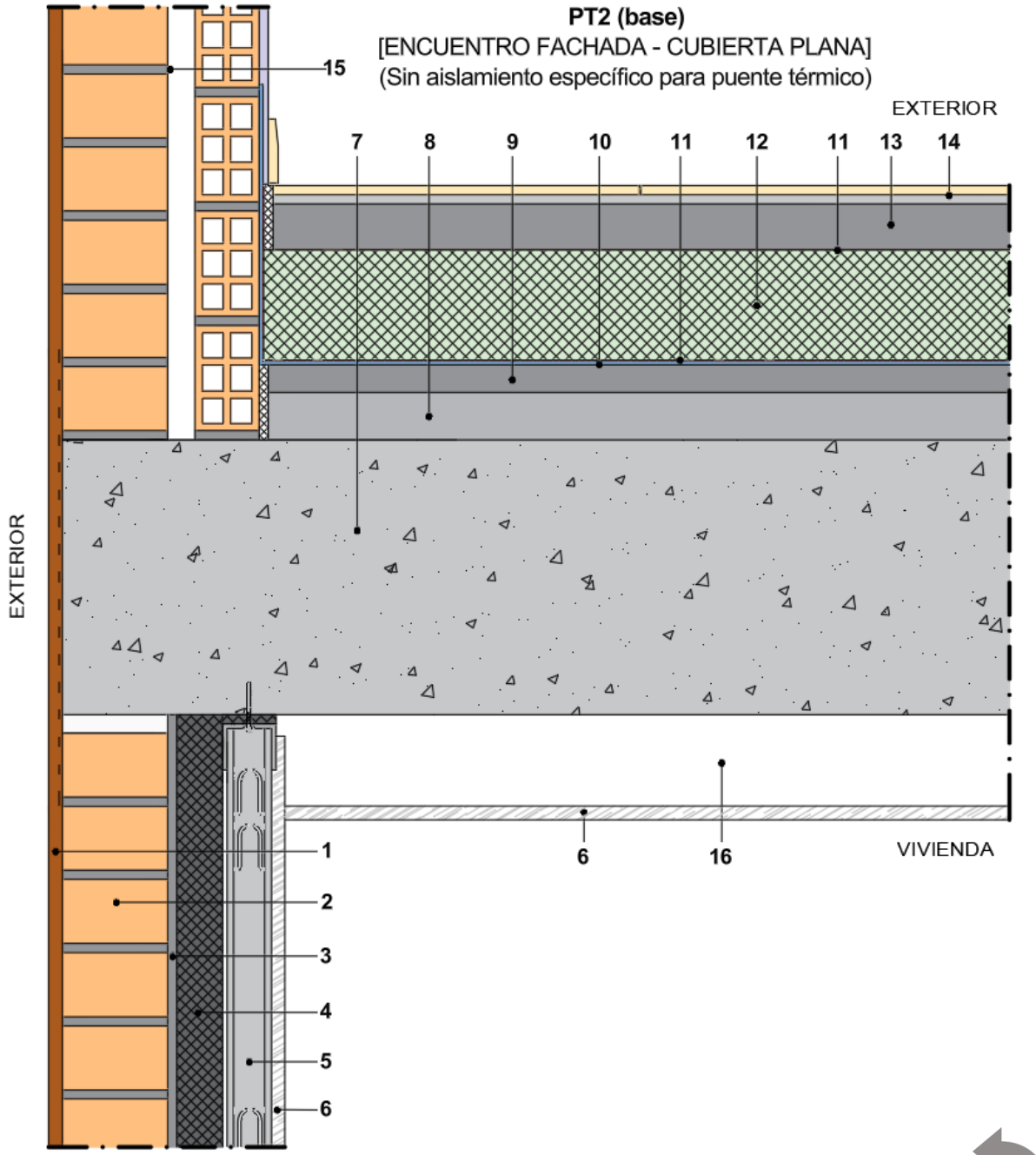
EPS Donpol Verde Hidrófobo (λ=0,032 W/mK; e=120 mm)

13: Capa base para pavimento: mortero de cemento (50 mm)

14: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso (20 mm)

15: Antepecho de cubierta

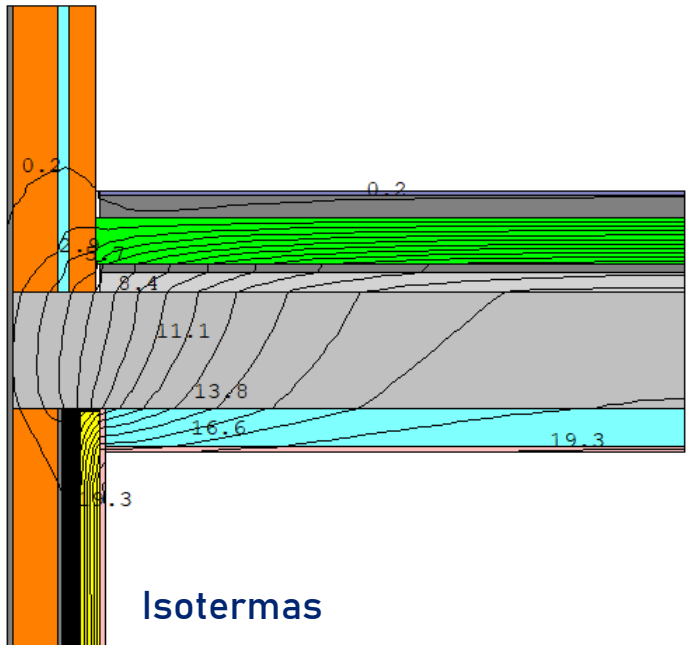
16: Cámara de aire (100 mm)



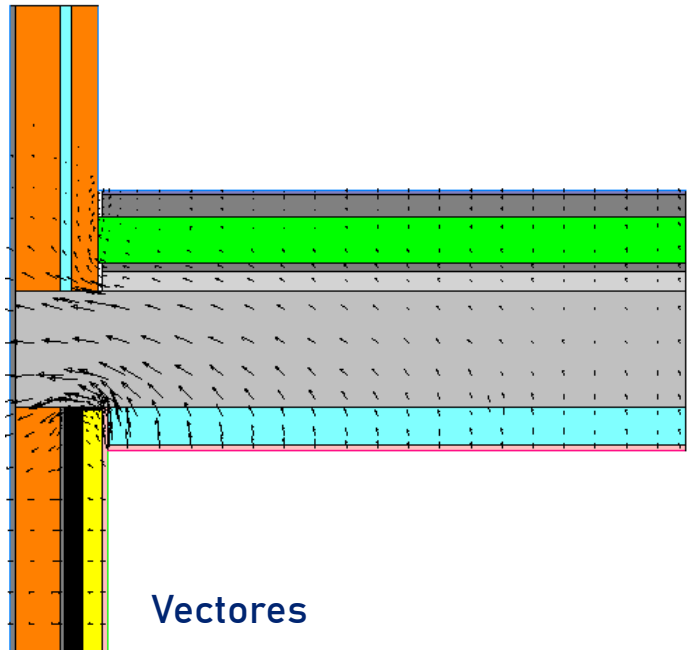
PT-2 [caso base]: ENCUENTRO FACHADA – CUBIERTA PLANA
(sin aislamiento específico para puente térmico)

MÉTODO NUMÉRICO
(UNE-EN ISO 10211)
Simulación en 2D

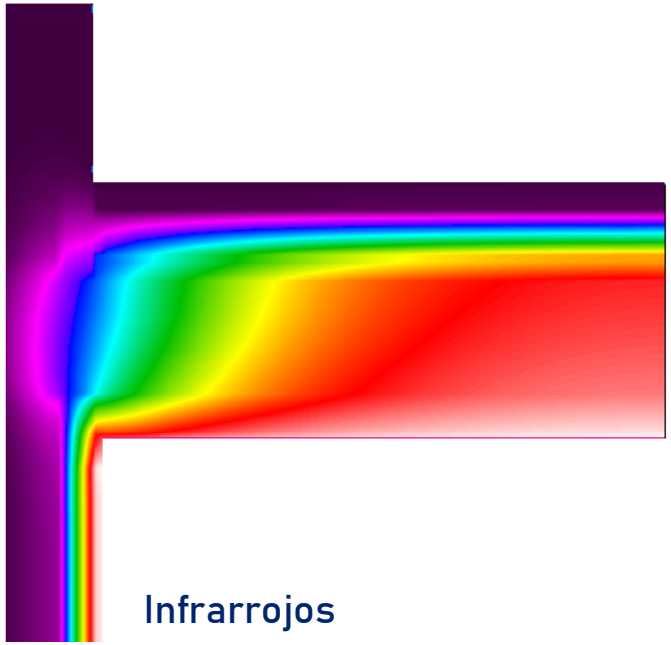
Simulación 2D en THERM ⟶ obtención del flujo de calor Φ:



Isotermas



Vectores



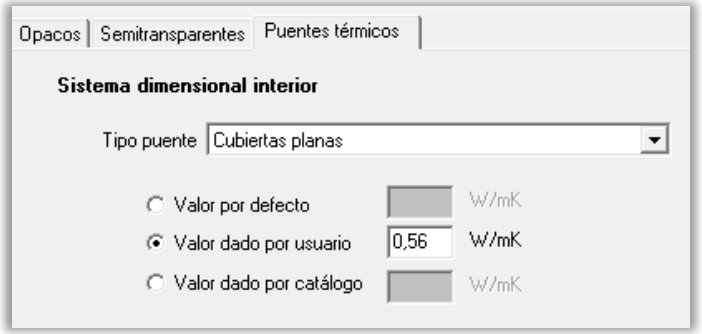
Infrarrojos

Flujo de calor
Φ = 23,1297 (W)

Cálculo de Ψi s/ DA DB-HE/3 $\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma (U \cdot L)$

Ψi = 0,559 (W/mK)

Implementación en HULC



PT-2 [caso base]: ENCUENTRO FACHADA – CUBIERTA PLANA

CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ

DATOS DEL PUENTE TÉRMICO

Elemento 1	Elemento 2
Fachada	Cubierta
L exterior de Fachada (m)	**L exterior de Cubierta (m)**
1,688	1,758
L interior de Fachada (m)	**L interior de Cubierta (m)**
1,000	1,500
U de Fachada (W/m²K)	**U de Cubierta (W/m²K)**
0,2793	0,2124
Te de Fachada (°C)	**Te de Cubierta (°C)**
0,0	0,0
Ti de Fachada (°C)	**Ti de Cubierta (°C)**
20,0	20,0
Flujo de calor "Φ" (W)	**Temp. mín. superficial (°C)**
23,1297	

TRANSMITANCIAS TÉRMICAS LINEALES

Ψe (W/mK)	Ψi (W/mK)
0,312	**0,559**

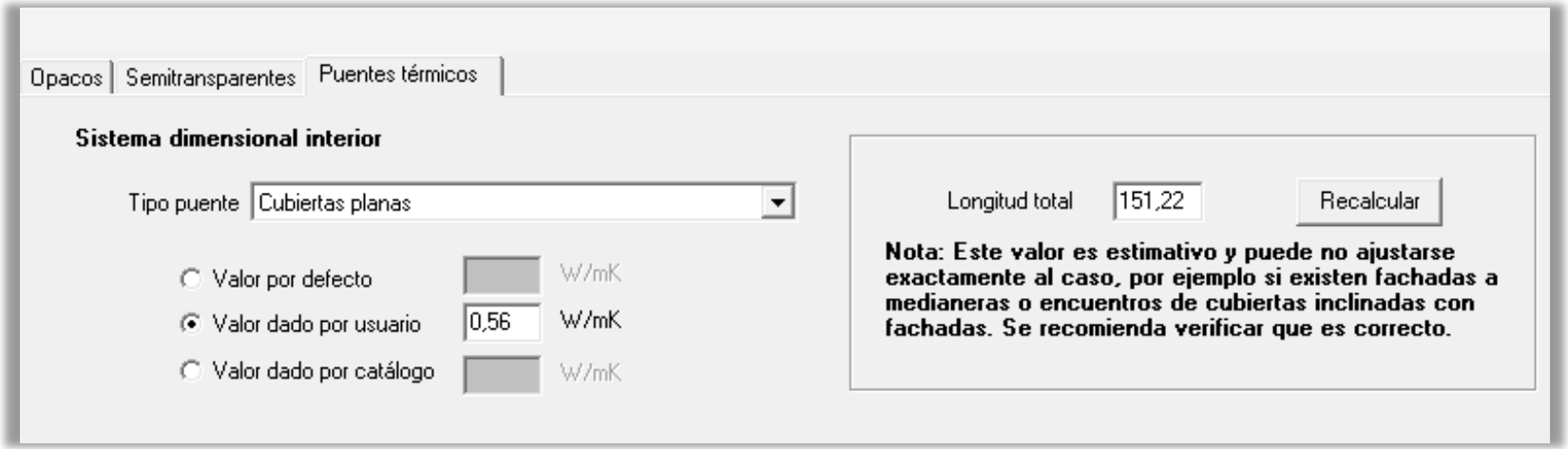
Teniendo en cuenta una temperatura exterior de 0 °C y temperatura interior de 20 °C, como indica el DA DB-HE / 3.

FÓRMULAS UTILIZADAS

$$\Psi e = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Le_1 - U_2 \cdot Le_2 \qquad \Psi i = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Li_1 - U_2 \cdot Li_2$$

PT-2 [caso base]: ENCUENTRO FACHADA – CUBIERTA PLANA

IMPLEMENTACIÓN EN HULC DE TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ



Introducción en HULC
"Valor dado por usuario":

- Cubiertas planas:

⟶ **Ψi = 0,56 W/mK**

LEYENDA:

1: Muro de contención de hormigón armado en contacto con el terreno (250 mm)

2: Aislamiento en muro:
EPS Grafipol TR-29
(λ=0,029 W/mK; e=50 mm)

3: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral (λ=0,035 W/mK; e=50 mm) colocado entre montantes

4: Placa de yeso laminado (15 mm)

5: Terreno

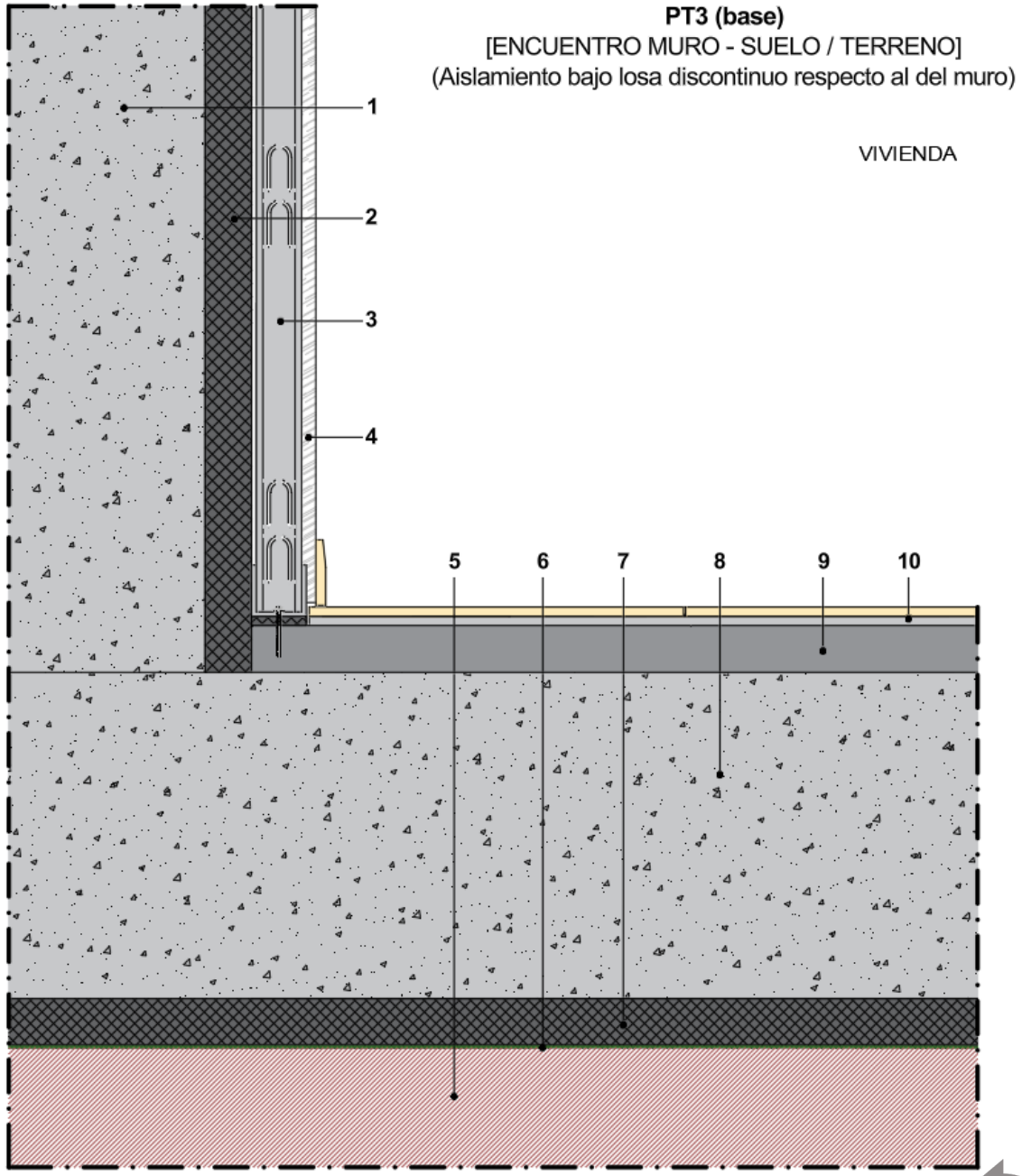
6: Capa separadora: film de polietileno (0,2 mm)

7: Aislamiento bajo losa:
EPS Grafipol Termoimpact Roll
(λ=0,030 W/mK; e=50 mm)

8: Losa de cimentación de hormigón armado (300 mm)

9: Capa base para pavimento: mortero autonivelante (50 mm)

10: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso (20 mm)

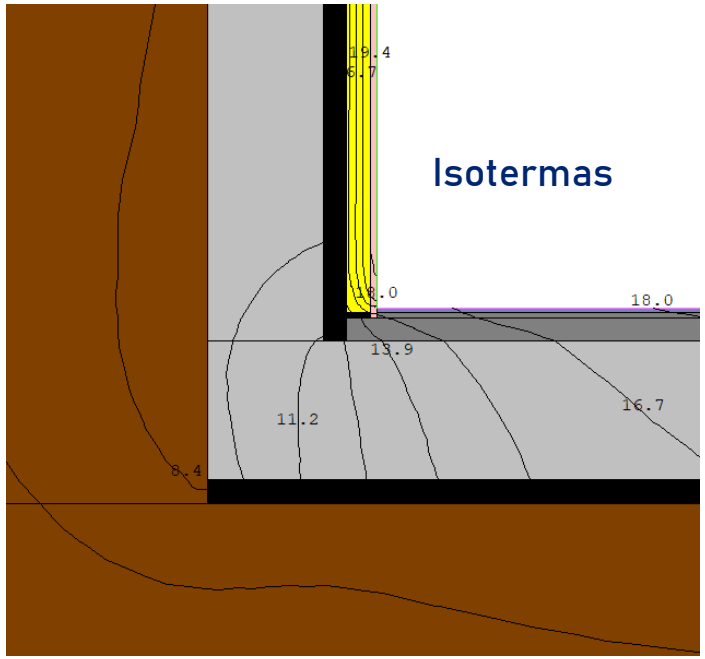


PT-3 [caso base]: ENCUENTRO MURO – SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO

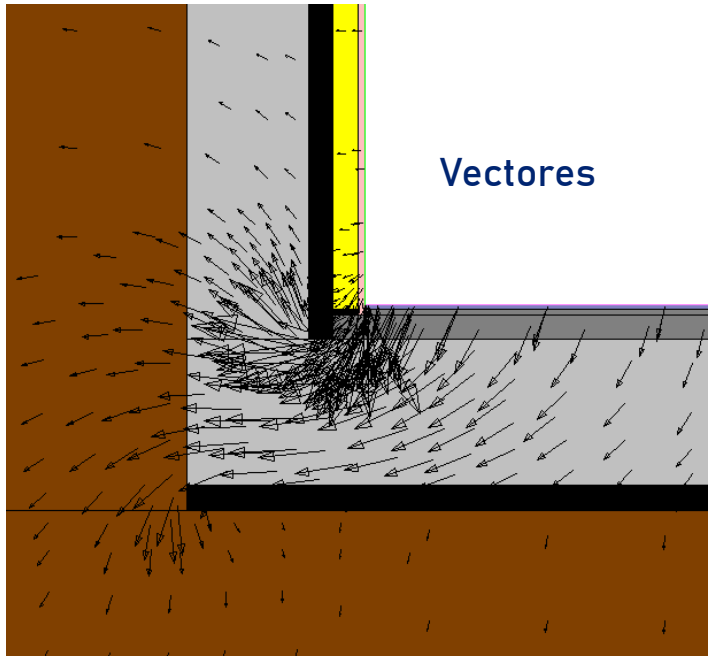
(aislamiento bajo losa discontinuo respecto al del muro)

MÉTODO NUMÉRICO
(UNE-EN ISO 10211)
Simulación en 2D

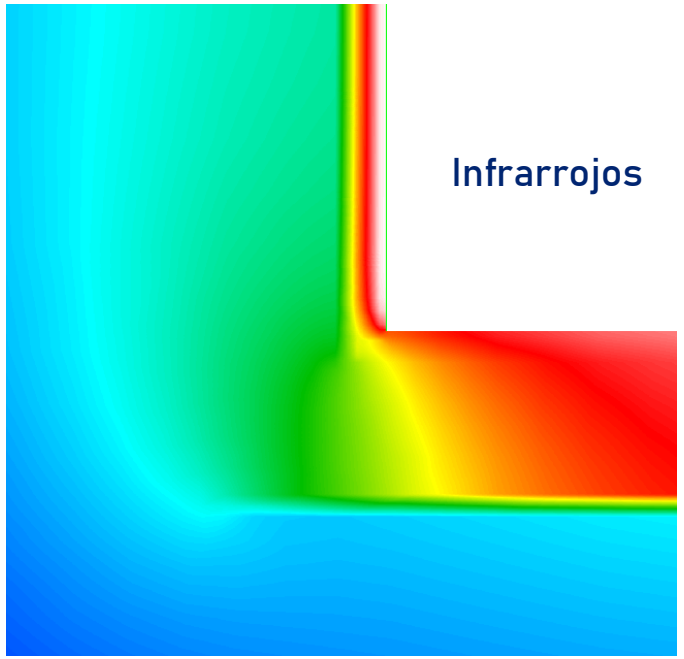
Simulación 2D en THERM ⟶ obtención del flujo de calor Φ:



Isotermas



Vectores



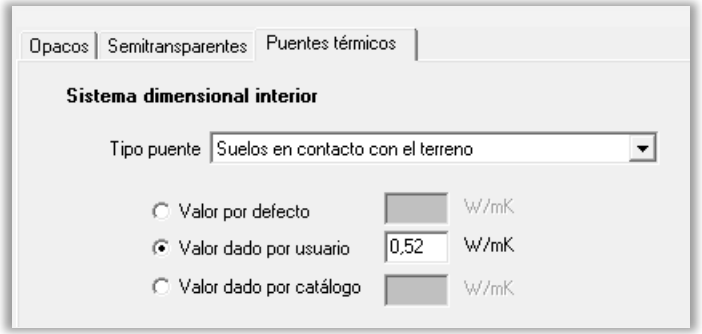
Infrarrojos

Flujo de calor
Φ = 18,0329 (W)

Ψi = 0,515 (W/mK)

Cálculo de Ψi s/ DA DB-HE/3 $\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma (U \cdot L)$

Implementación en HULC



PT-3 [caso base]: ENCUENTRO MURO – SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO

CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ

DATOS DEL PUENTE TÉRMICO

Elemento 1	Elemento 2
Muro/terreno	Suelo/terreno
L exterior de Muro/terreno (m)	. exterior de Suelo/terreno (m
6,420	6,365
L interior de Muro/terreno (m)	. interior de Suelo/terreno (m
1,000	1,000
U de Muro/terreno (W/m²K)	U de Suelo/terreno (W/m²K)
0,1671	0,2192
Te de Muro/terreno (°C)	Te de Suelo/terreno (°C)
0,0	0,0
Ti de Muro/terreno (°C)	Ti de Suelo/terreno (°C)
20,0	20,0
Flujo de calor "Φ" (W)	Temp. mín. superficial (°C)
18,0329	

TRANSMITANCIAS TÉRMICAS LINEALES

Ψe (W/mK)	Ψi (W/mK)
-1,566	0,515

Teniendo en cuenta una temperatura exterior de 0 °C y temperatura interior de 20 °C, como indica el DA DB-HE / 3.

FÓRMULAS UTILIZADAS

$$\Psi e = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Le_1 - U_2 \cdot Le_2 \qquad \Psi i = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Li_1 - U_2 \cdot Li_2$$

PT-3 [caso base]: ENCUENTRO MURO – SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO

IMPLEMENTACIÓN EN HULC DE TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ



Introducción en HULC
"Valor dado por usuario":

- Suelos en contacto con el terreno:

⟶ **Ψi** = 0,52 W/mK

LEYENDA:

1: Revestimiento exterior continuo: mortero monocapa (15 mm)

2: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir (115 mm)

3: Revestimiento interior: enlucido de yeso (15 mm)

4: Revestimiento intermedio: enfoscado de mortero de cemento hidrófugo (10 mm)

5: Aislamiento en fachada:
EPS Grafipol TR-29
(λ=0,029 W/mK; e=50 mm)

6: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral (λ=0,035 W/mK; e=50 mm) colocado entre montantes

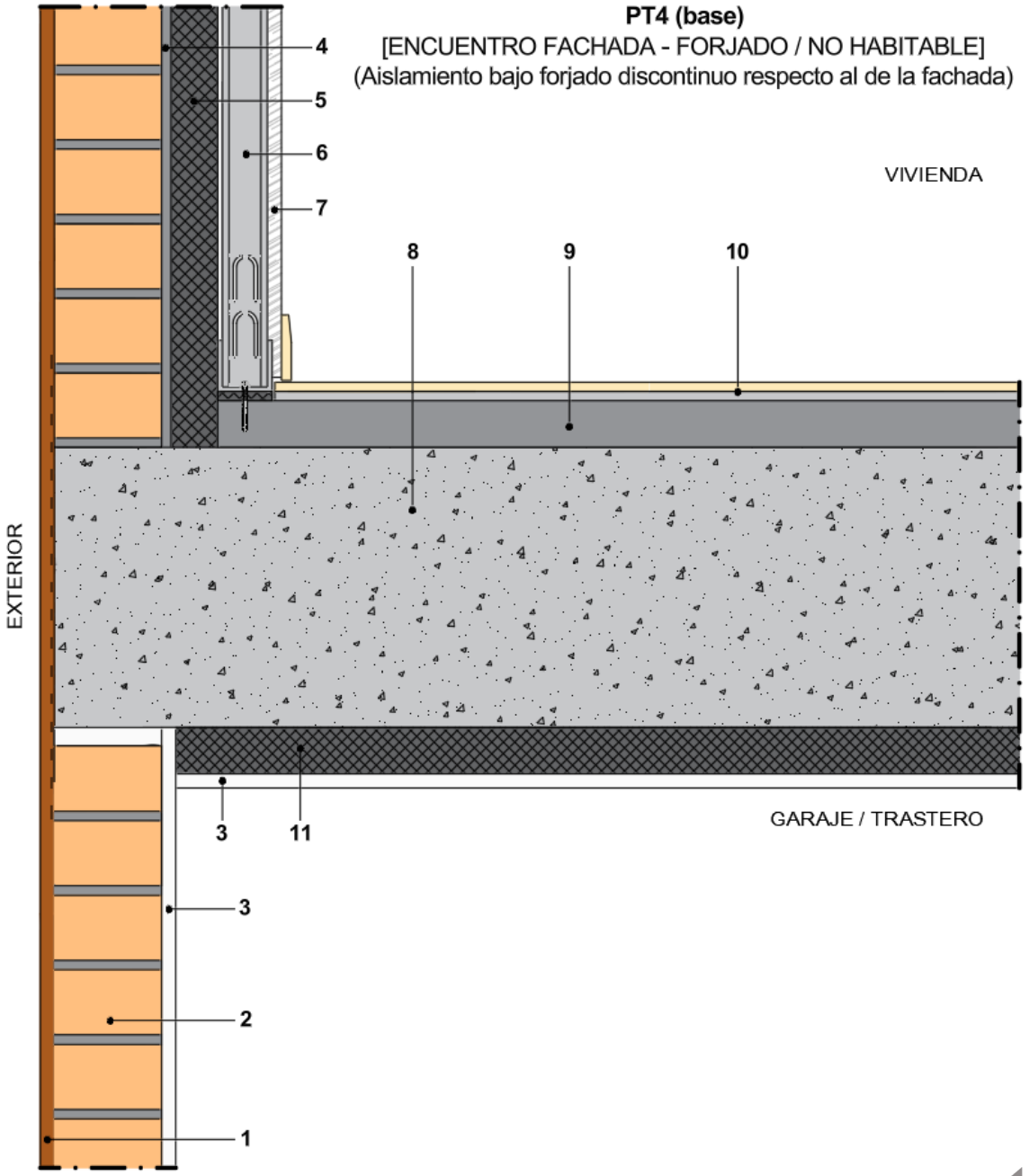
7: Placa de yeso laminado (15 mm)

8: Forjado unidireccional de canto 30 cm y bovedillas de hormigón

9: Capa base para pavimento: mortero autonivelante (50 mm)

10: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso (20 mm)

11: Aislamiento en techo continuo:
EPS Grafipol Termoimpact
(λ=0,030 W/mK; e=50 mm)

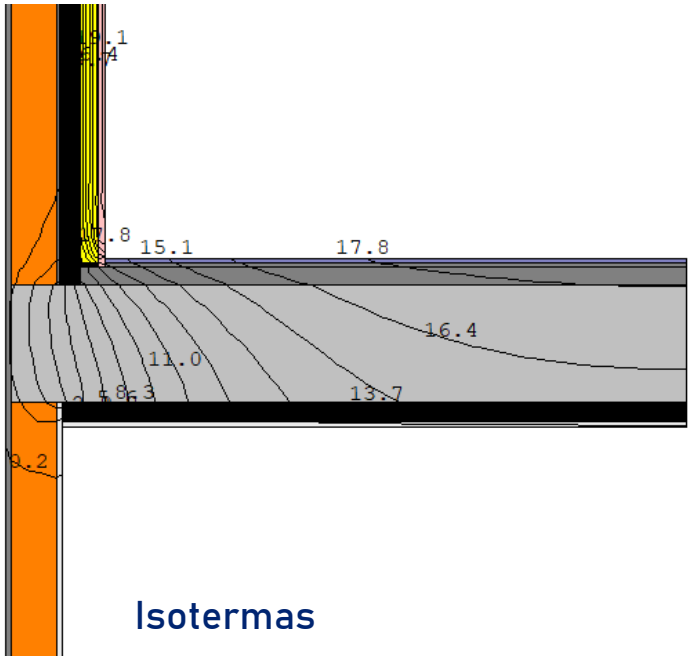


PT-4 [caso base]: ENCUENTRO FACHADA – SUELO / ESPACIO NO HABITABLE

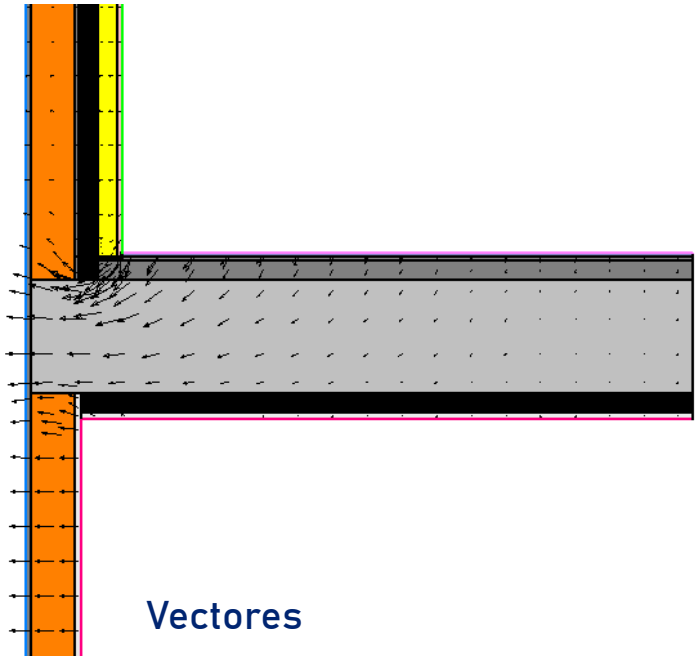
(aislamiento bajo forjado discontinuo respecto al de la fachada)

MÉTODO NUMÉRICO
(UNE-EN ISO 10211)
Simulación en 2D

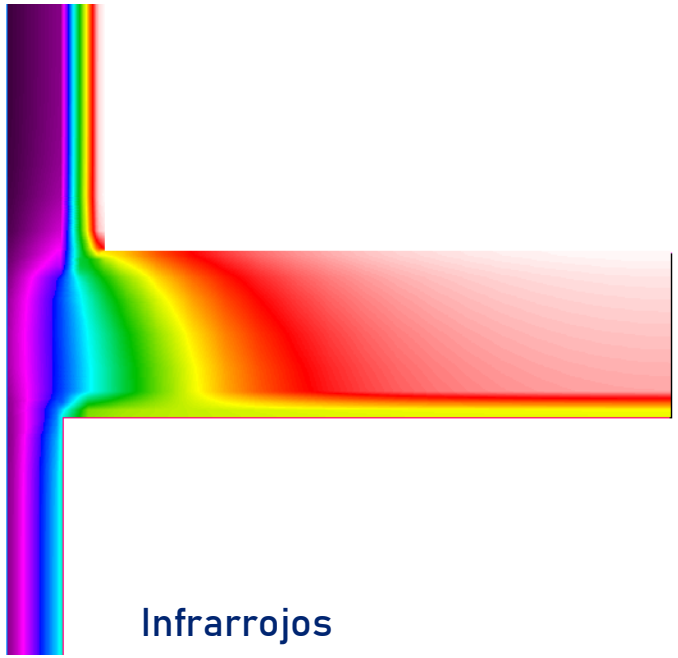
Simulación 2D en THERM ⟶ obtención del flujo de calor Φ:



Isotermas



Vectores



Infrarrojos

Flujo de calor
Φ = 22,6256
(W)

Ψi = 0,626
(W/mK)

Cálculo de Ψi
s/ DA DB-HE/3

$$\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma\,(U \cdot L)$$

PT-4 [caso base]: ENCUENTRO FACHADA – SUELO / ESPACIO NO HABITABLE

CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ

DATOS DEL PUENTE TÉRMICO

	Elemento 1	Elemento 2
	Fachada	Suelo/NH
L exterior de Fachada (m)	1,435	
L exterior de Suelo/NH (m)		1,755
L interior de Fachada (m)	1,000	
L interior de Suelo/NH (m)		1,500
U de Fachada (W/m²K)	0,2793	
U de Suelo/NH (W/m²K)		0,4309
Te de Fachada (°C)	0,0	
Te de Suelo/NH (°C)		13,0
Ti de Fachada (°C)	20,0	
Ti de Suelo/NH (°C)		20,0
Flujo de calor "Φ" (W)	22,6256	
Temp. mín. superficial (°C)		

TRANSMITANCIAS TÉRMICAS LINEALES

Ψe (W/mK)	Ψi (W/mK)
0,466	0,626

Teniendo en cuenta una temperatura interior de 20 °C y temperaturas exteriores diferentes: 0 °C y 13 °C.

FÓRMULAS UTILIZADAS

$$\Psi e = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Le_1 - U_2 \cdot Le_2 \qquad \Psi i = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Li_1 - U_2 \cdot Li_2$$

CUMPLIMIENTO HE1 DEL CASO BASE

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

Calidad de la envolvente térmica

		Valores límite	
Transmitancia térmica global, K [W/m²K]	**0,56**	**0,55**	**NO CUMPLE**
Demandas del edificio Objeto:			
- Calefacción [kWh/m²año]	14,78		
- Refrigeración [kWh/m²año]	16,42		
Control solar, q_sol;jul [kWh/m².mes]	**0,99**	**2,00**	**CUMPLE**
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]	**0,60**	**6,00**	**CUMPLE**
Compacidad [m³/m²]	1,38		
Superficie útil de cálculo, Aútill [m²]	305,87		
Superficie de cerramientos opacos, Aopacos [m²]	664,10		
Superficie de huecos, Ahuecos [m²]	52,89		
Longitud de puentes térmicos, Lpt [m]	484,18		

Coeficiente K = 0,56 W/m²K > K_{lim} = 0,55 W/m²K

NO CUMPLE DB-HE1

(0,55 = valor límite "K_{lim}" Tabla 3.1.1.b–HE1)

3 El *coeficiente global de transmisión de calor* a través de la *envolvente térmica* (K) del edificio, o parte del mismo, con *uso residencial privado*, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1:

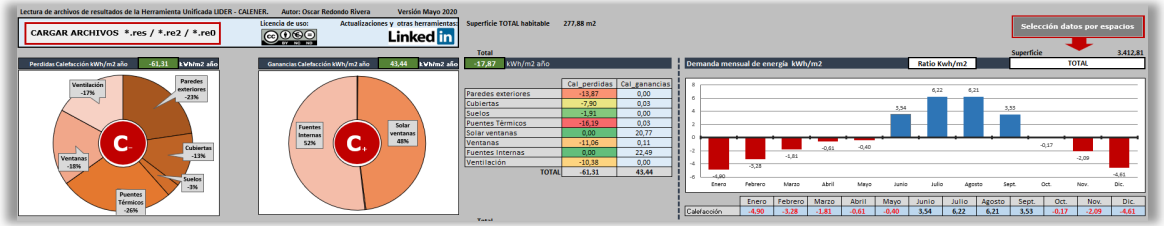
Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para *uso residencial privado*

	Compacidad V/A [m³/m²]	Zona climática de invierno α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la *envolvente térmica* final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las *compacidades* intermedias (1<V/A<4) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

Análisis de los resultados ⟶ Herramienta Óscar Redondo



PROPUESTA DE MEJORA:

Corrección de puentes térmicos, recalculando los valores de Ψ_i para soluciones mejoradas, incorporando o modificando la posición del aislamiento, para mejorar su continuidad con respecto a los elementos contiguos.

3 El *coeficiente global de transmisión de calor* a través de la *envolvente térmica* (K) del edificio, o parte del mismo, con *uso residencial privado*, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1:

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para *uso residencial privado*

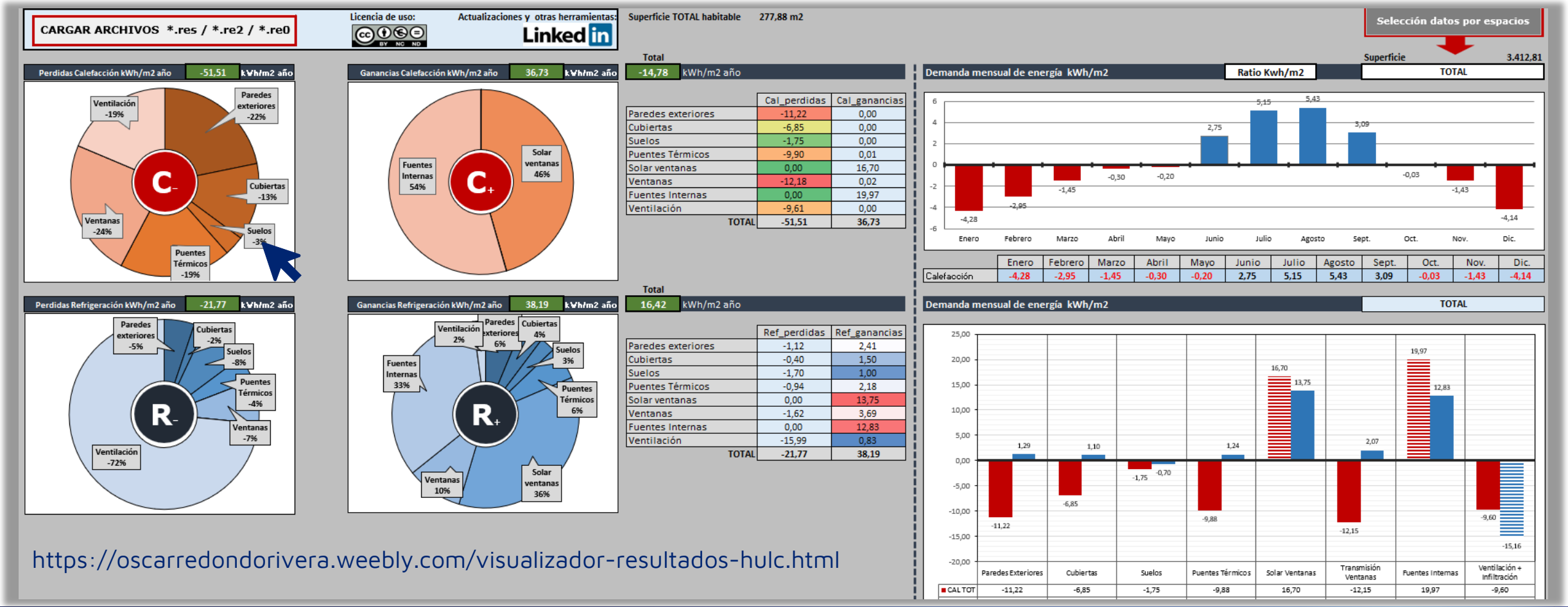
	Compacidad **V/A [m³/m²]**	**Zona climática de invierno**					
		α	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la *envolvente térmica* final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las *compacidades* intermedias (1<V/A<4) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

CUMPLIMIENTO HE1 DEL CASO BASE

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CASO BASE
HERRAMIENTA "VISUALIZADOR DE RESULTADOS DE HULC" DE ÓSCAR REDONDO



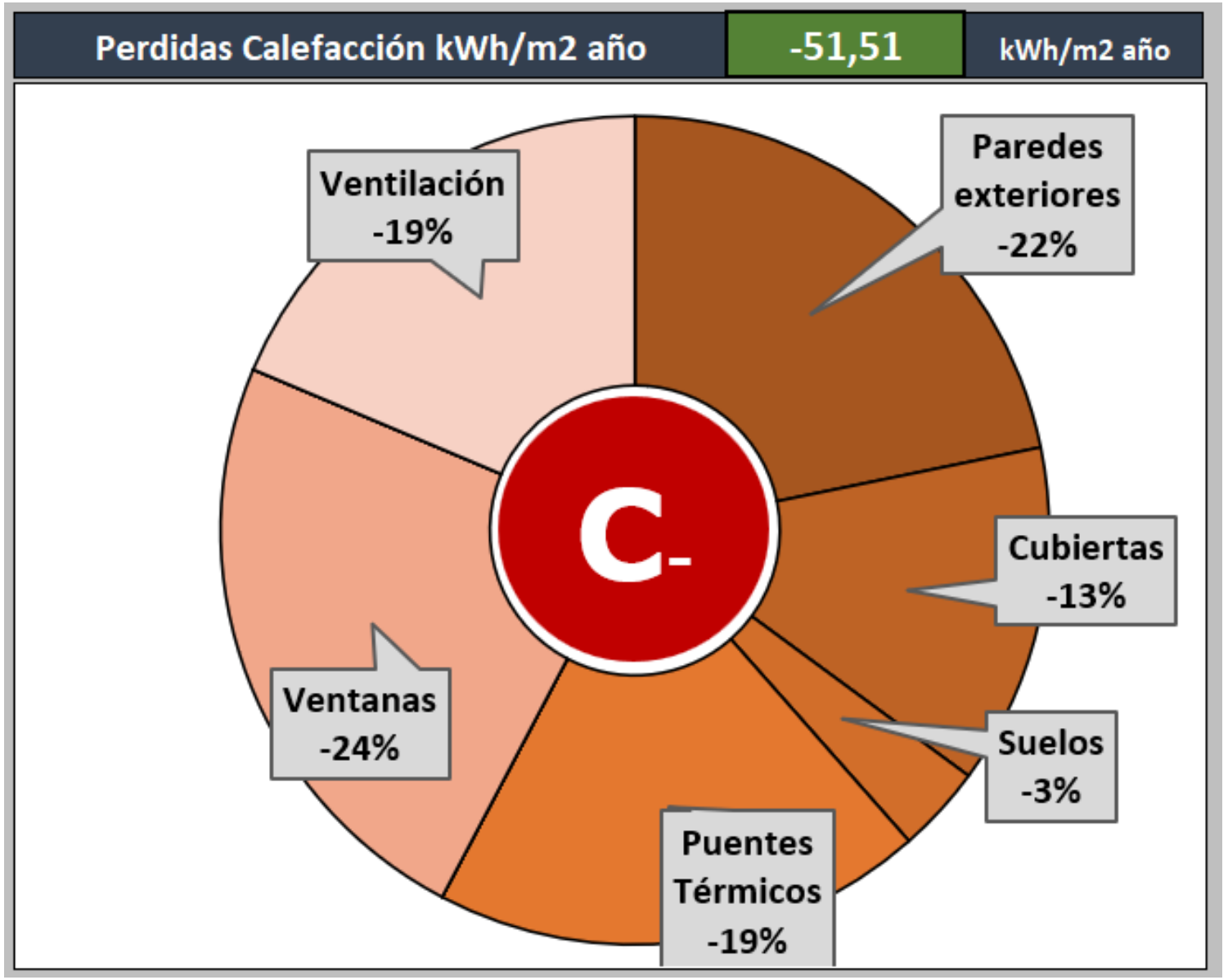
	Cal_perdidas	Cal_ganancias
Paredes exteriores	-11,22	0,00
Cubiertas	-6,85	0,00
Suelos	-1,75	0,00
Puentes Térmicos	-9,90	0,01
Solar ventanas	0,00	16,70
Ventanas	-12,18	0,02
Fuentes Internas	0,00	19,97
Ventilación	-9,61	0,00
TOTAL	-51,51	36,73

	Ref_perdidas	Ref_ganancias
Paredes exteriores	-1,12	2,41
Cubiertas	-0,40	1,50
Suelos	-1,70	1,00
Puentes Térmicos	-0,94	2,18
Solar ventanas	0,00	13,75
Ventanas	-1,62	3,69
Fuentes Internas	0,00	12,83
Ventilación	-15,99	0,83
TOTAL	-21,77	38,19

https://oscarredondorivera.weebly.com/visualizador-resultados-hulc.html

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CASO BASE

HERRAMIENTA "VISUALIZADOR DE RESULTADOS DE HULC" DE ÓSCAR REDONDO



PUENTES TÉRMICOS DEL CASO MEJORADO

Introducción en HULC
"Valor dado por usuario":

- Frentes de forjados:

⟶ **Ψi** = 0,38 W/mK

p.p. fachada-forjado intermedio
30,21 m.l. ⟶ Ψi = 0,62 W/mK
p.p. fachada-forjado/no habitable
27,05 m.l. ⟶ Ψi = 0,11 W/mK

- Cubiertas planas

⟶ **Ψi** = 0,23 W/mK

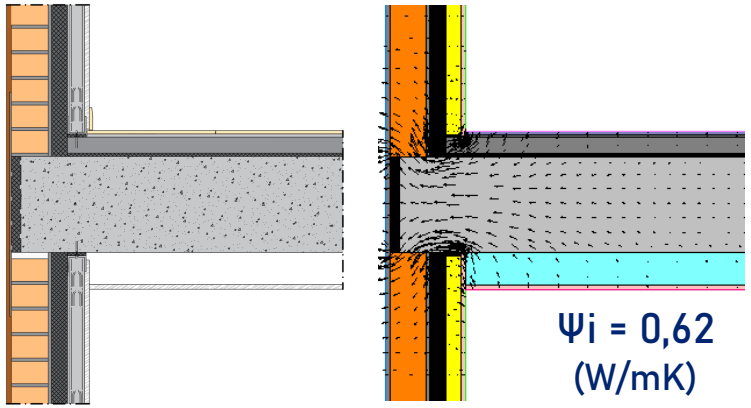
- Suelos en contacto con el terreno

⟶ **Ψi** = 0,22 W/mK

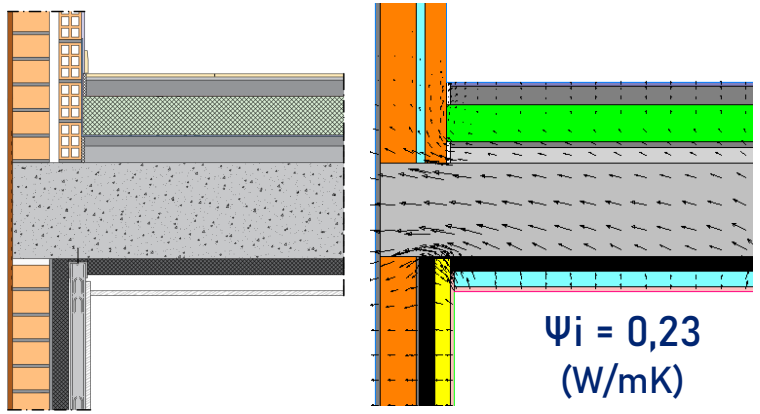
Valores obtenidos mediante simulación 2D en THERM y fórmula del DA DB-HE/3:

$$\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma\,(U \cdot L)$$

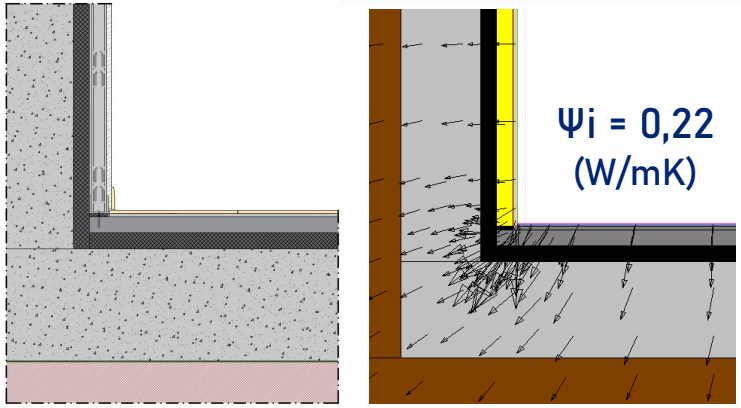
PT-1 [caso mejorado]
FACHADA – FORJADO INTERMEDIO



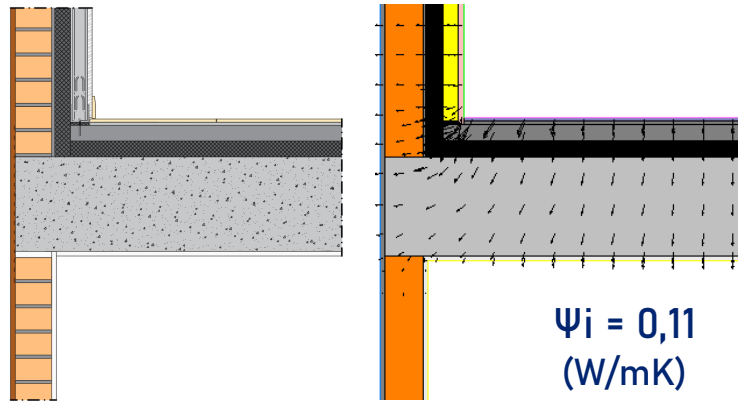
PT-2 [caso mejorado]
FACHADA – CUBIERTA PLANA



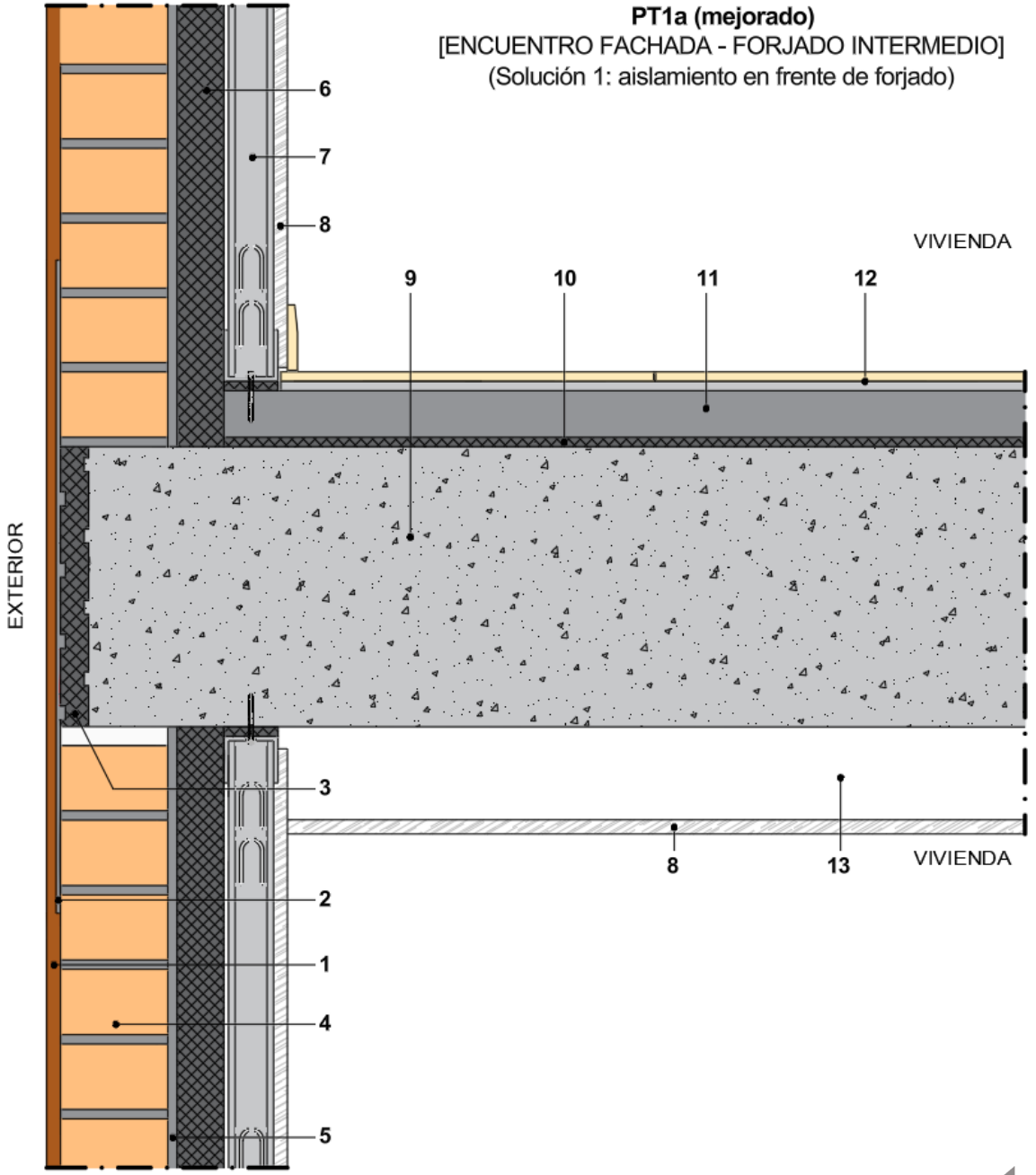
PT-3 [caso mejorado]
MURO – SUELO / TERRENO



PT-4 [caso mejorado]
FACHADA – SUELO / NH



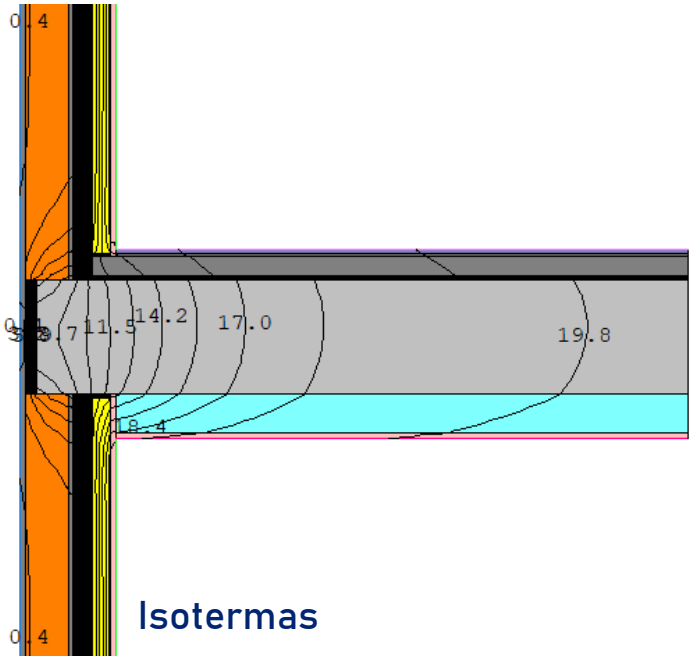
LEYENDA:
1: Revestimiento exterior continuo: mortero monocapa (15 mm)
2: Capa de refuerzo entre el aislamiento y el revestimiento exterior: mortero flexible tipo SATE + malla de refuerzo
3: Aislamiento para puente térmico:
EPS Grafipol Frente Forjado (λ=0,032 W/mK; e=30 mm)
4: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir (115 mm)
5: Revestimiento intermedio: enfoscado de mortero de cemento hidrófugo (10 mm)
6: Aislamiento en fachada:
EPS Grafipol TR-29 (λ=0,029 W/mK; e=50 mm)
7: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral (λ=0,035 W/mK; e=50 mm) colocado entre montantes
8: Placa de yeso laminado (15 mm)
9: Forjado unidireccional de canto 30 cm y bovedillas de hormigón
10: Aislamiento en suelo (antiimpacto):
EPS Grafipol Termoimpact Roll
(λ=0,030 W/mK; e=10 mm; ΔL_w=27 dB)
11: Capa base para pavimento: mortero autonivelante (50 mm)
12: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso (20 mm)
13: Cámara de aire (100 mm)



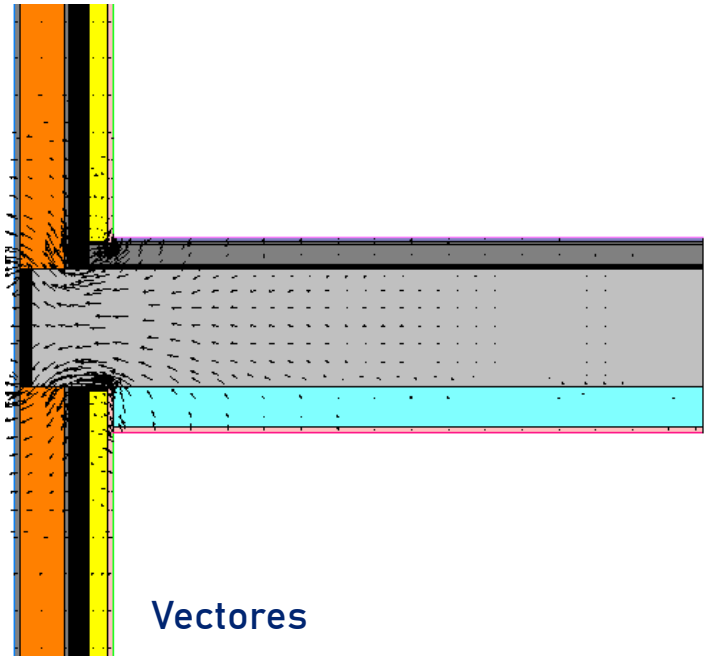
PT-1a [caso mejorado]: ENCUENTRO FACHADA – FORJADO INTERMEDIO
(solución 1: aislamiento en frente de forjado)

MÉTODO NUMÉRICO
(UNE-EN ISO 10211)
Simulación en 2D

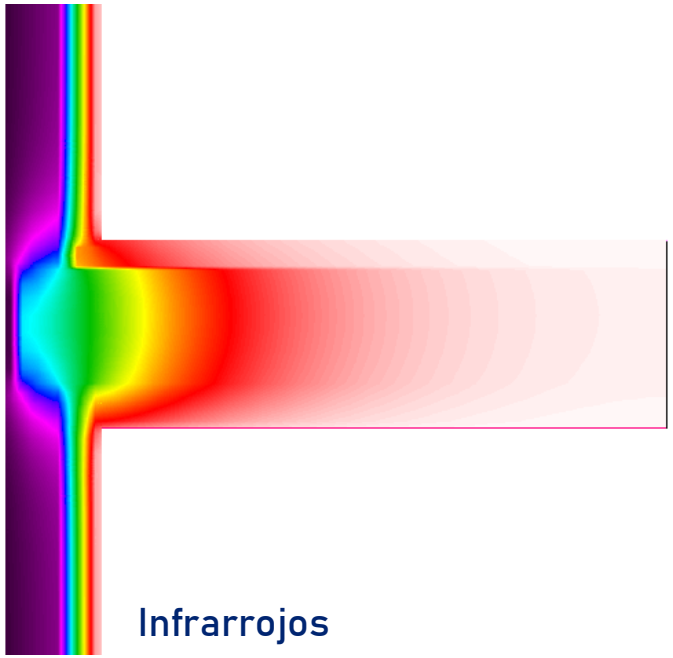
Simulación 2D en THERM ⟶ obtención del flujo de calor Φ:



Isotermas



Vectores



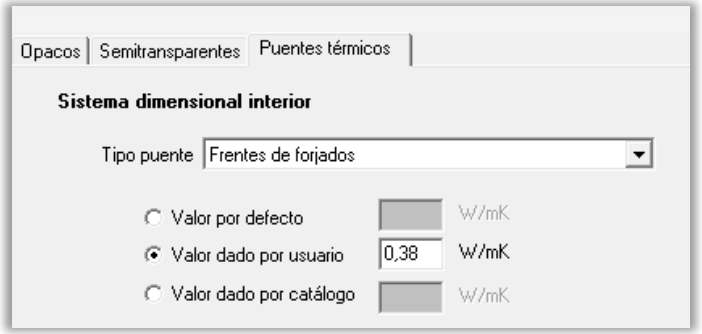
Infrarrojos

Flujo de calor
Φ = 23,4953 (W)

Cálculo de Ψi s/ DA DB-HE/3 $\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma (U \cdot L)$

Ψi = 0,616 (W/mK)

Implementación en HULC



PT-1a [caso mejorado]: ENCUENTRO FACHADA – FORJADO INTERMEDIO

CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ

DATOS DEL PUENTE TÉRMICO

	Elemento 1	Elemento 2
	Fachada	Fachada
L exterior de Fachada 1 (m)	1,248	
L exterior de Fachada 2 (m)		1,248
L interior de Fachada 1 (m)	1,000	
L interior de Fachada 2 (m)		1,000
U de Fachada 1 (W/m²K)	0,2793	
U de Fachada 2 (W/m²K)		0,2793
Te de Fachada 1 (°C)	0,0	
Te de Fachada 2 (°C)		0,0
Ti de Fachada 1 (°C)	20,0	
Ti de Fachada 2 (°C)		20,0
Flujo de calor "Φ" (W)	23,4953	
Temp. mín. superficial (°C)		

TRANSMITANCIAS TÉRMICAS LINEALES

Ψe (W/mK)	Ψi (W/mK)
0,478	0,616

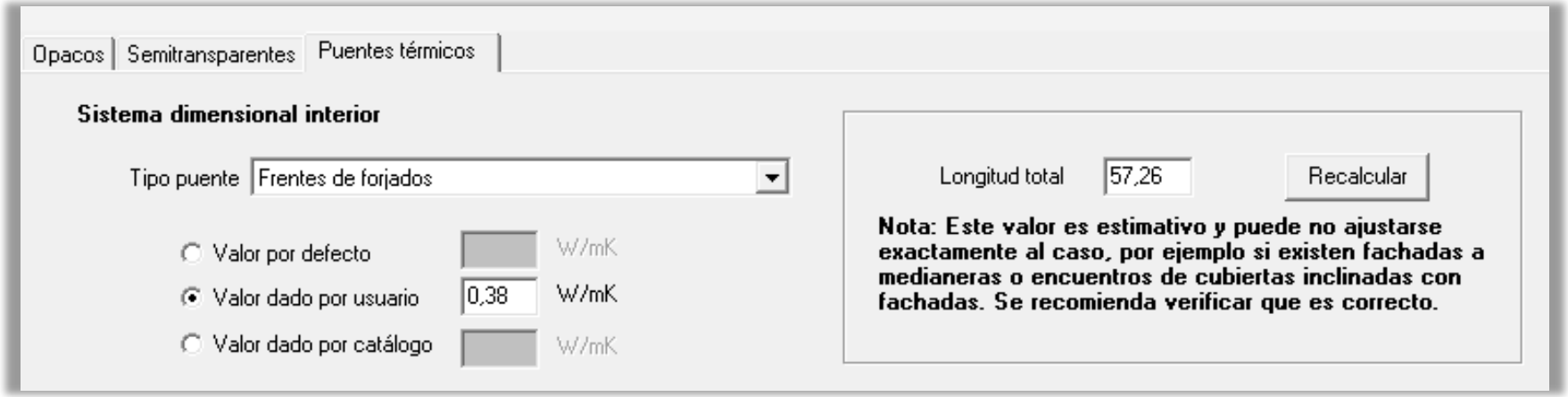
Teniendo en cuenta una temperatura exterior de 0 °C y temperatura interior de 20 °C, como indica el DA DB-HE / 3.

FÓRMULAS UTILIZADAS

$$\Psi e = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Le_1 - U_2 \cdot Le_2 \qquad \Psi i = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Li_1 - U_2 \cdot Li_2$$

PT-1a [caso mejorado]: ENCUENTRO FACHADA – FORJADO INTERMEDIO

IMPLEMENTACIÓN EN HULC DE TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ



¡OJO!
HULC agrupa ambos encuentros como “Frentes de forjados”. Por tanto, se debe introducir un valor de Ψ ponderado según sus longitudes

Introducción en HULC
“Valor dado por usuario":

- Frentes de forjados:

⟶ **Ψi = 0,38 W/mK**

p.p. fachada-forjado intermedio
30,21 m.l. ⟶ Ψi = **0,62 W/mK**

p.p. fachada-forjado/no habitable
27,05 m.l. ⟶ Ψi = **0,11 W/mK**

LEYENDA:

1: Revestimiento exterior continuo: mortero monocapa (15 mm)

2: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir (115 mm)

3: Revestimiento intermedio: enfoscado de mortero de cemento hidrófugo (10 mm)

4: Aislamiento en fachada:
EPS Grafipol TR-29 (λ=0,029 W/mK; e=50 mm)

5: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral (λ=0,035 W/mK; e=50 mm) colocado entre montantes

6: Placa de yeso laminado (15 mm)

7: Forjado unidireccional de canto 30 cm y bovedillas de hormigón

8: Formación de pendientes: hormigón aligerado (e_{medio}=50 mm)

9: Capa de regularización: mortero de cemento (20 mm)

10: Impermeabilización bituminosa (4 mm)

11: Capa separadora: geotextil (1 mm)

12: Aislamiento en cubierta:
EPS Donpol Verde Hidrófobo (λ=0,032 W/mK; e=120 mm)

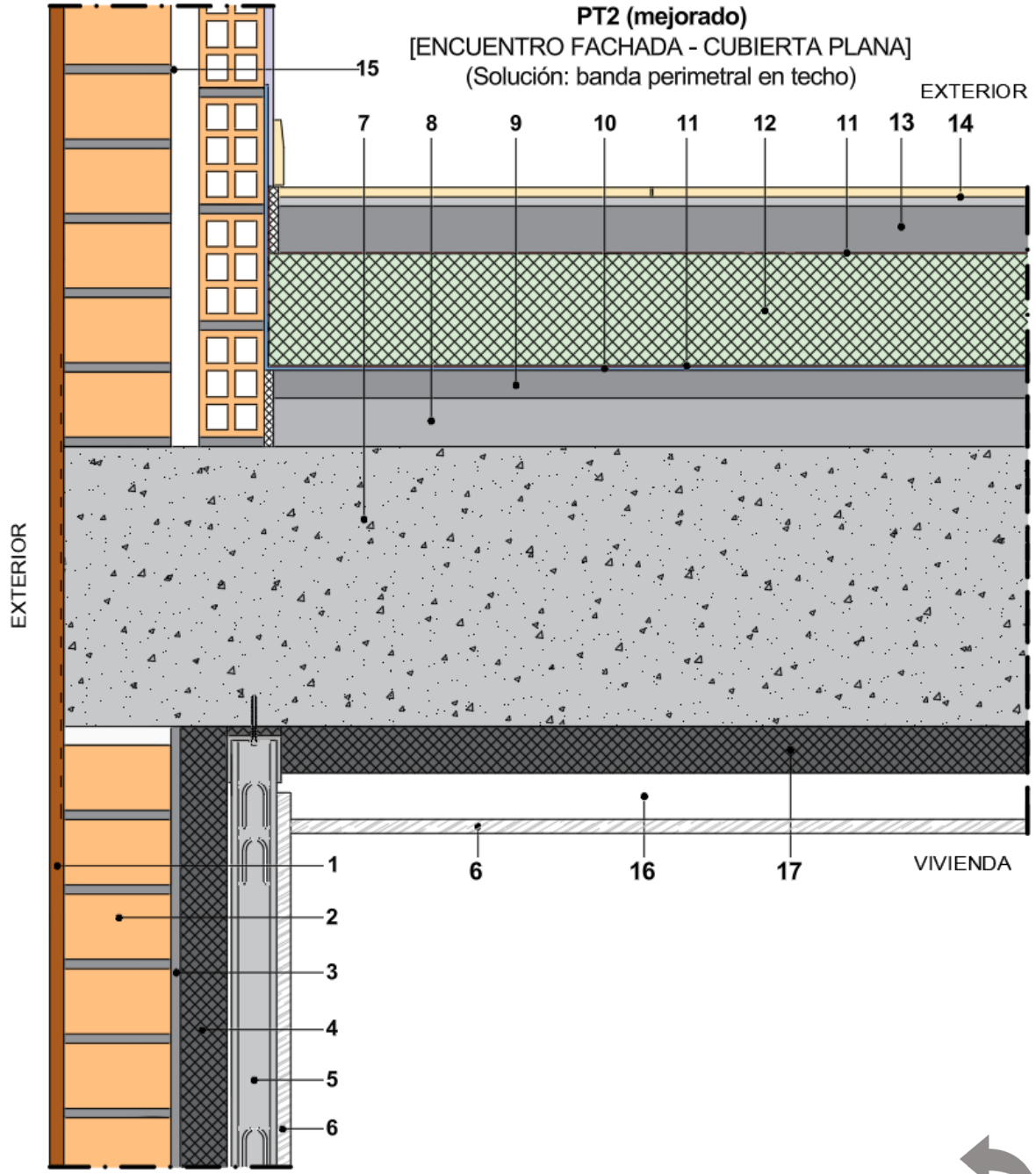
13: Capa base para pavimento: mortero de cemento (50 mm)

14: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso (20 mm)

15: Antepecho de cubierta

16: Cámara de aire (100 mm)

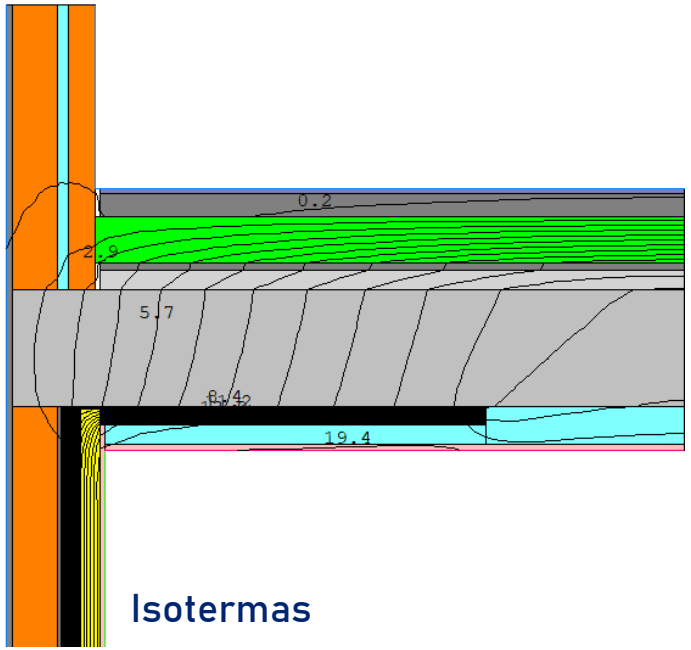
17: Aislamiento en techo (banda de 1 m):
EPS Grafipol TR-29 (λ=0,029 W/mK; e=50 mm)



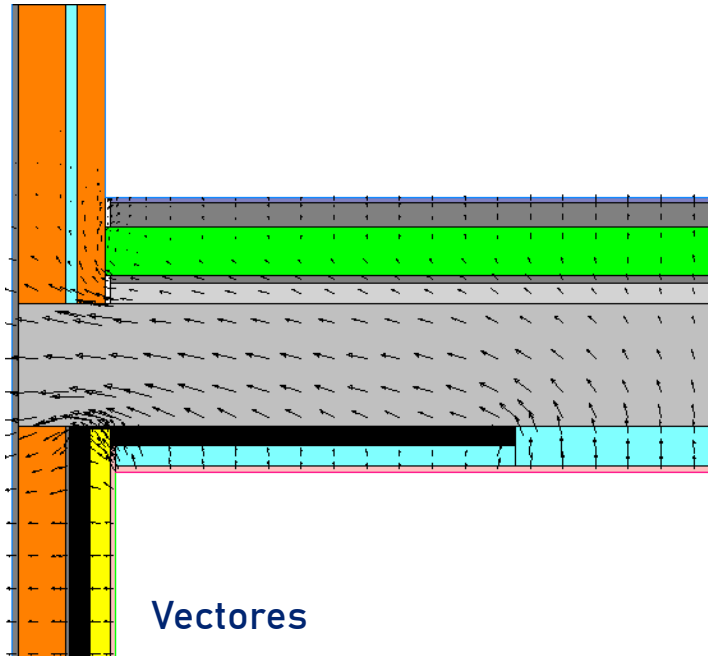
PT-2 [caso mejorado]: ENCUENTRO FACHADA – CUBIERTA PLANA
(solución: banda perimetral en techo)

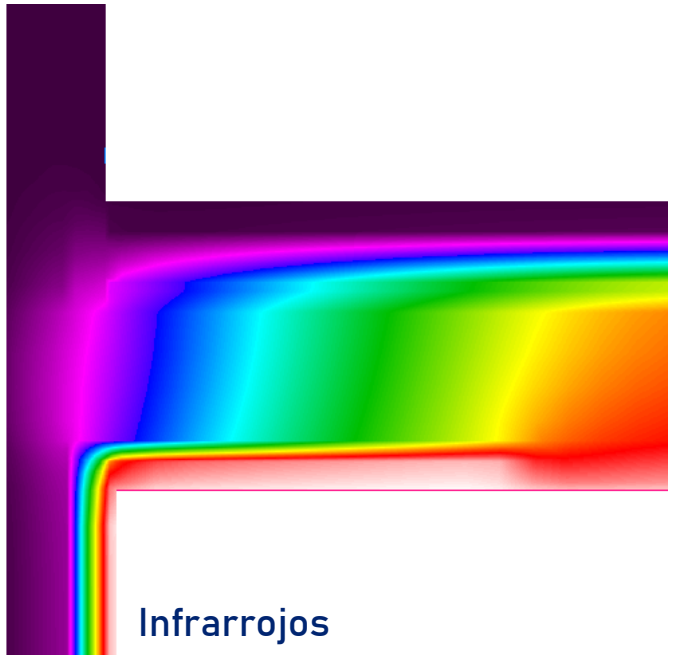
MÉTODO NUMÉRICO
(UNE-EN ISO 10211)
Simulación en 2D

Simulación 2D en THERM ⟶ obtención del flujo de calor Φ:



Isotermas


Vectores

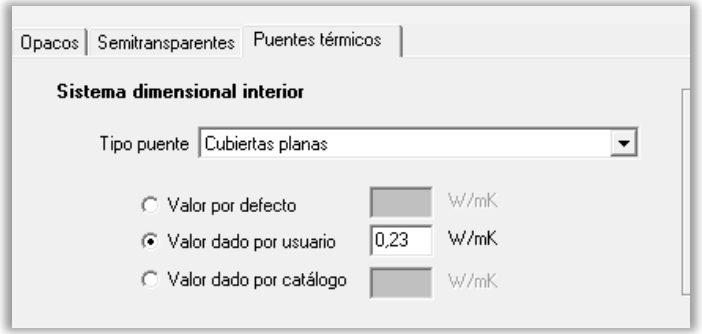

Infrarrojos

Flujo de calor
Φ = 16,5729 (W)

Cálculo de Ψi s/ DA DB-HE/3 $\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma (U \cdot L)$

Ψi = 0,231 (W/mK)

Implementación en HULC



PT-2 [caso mejorado]: ENCUENTRO FACHADA – CUBIERTA PLANA

CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ

DATOS DEL PUENTE TÉRMICO

Elemento 1	Elemento 2
Fachada	Cubierta
L exterior de Fachada (m)	**L exterior de Cubierta (m)**
1,688	1,758
L interior de Fachada (m)	**L interior de Cubierta (m)**
1,000	1,500
U de Fachada (W/m²K)	**U de Cubierta (W/m²K)**
0,2793	0,2124
Te de Fachada (°C)	**Te de Cubierta (°C)**
0,0	0,0
Ti de Fachada (°C)	**Ti de Cubierta (°C)**
20,0	20,0
Flujo de calor "Φ" (W)	**Temp. mín. superficial (°C)**
16,5729	

TRANSMITANCIAS TÉRMICAS LINEALES

Ψe (W/mK)	Ψi (W/mK)
-0,016	0,231

Teniendo en cuenta una temperatura exterior de 0 °C y temperatura interior de 20 °C, como indica el DA DB-HE / 3.

FÓRMULAS UTILIZADAS

$$\Psi e = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Le_1 - U_2 \cdot Le_2 \qquad \Psi i = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Li_1 - U_2 \cdot Li_2$$

PT-2 [caso mejorado]: ENCUENTRO FACHADA – CUBIERTA PLANA

IMPLEMENTACIÓN EN HULC DE TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ



Introducción en HULC
"Valor dado por usuario":

- Cubiertas planas:

⟶ **Ψi = 0,23 W/mK**

LEYENDA:

1: Muro de contención de hormigón armado en contacto con el terreno (250 mm)

2: Aislamiento en muro:
EPS Grafipol TR-29
(λ=0,029 W/mK; e=50 mm)

3: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral (λ=0,035 W/mK; e=50 mm) colocado entre montantes

4: Placa de yeso laminado (15 mm)

5: Terreno

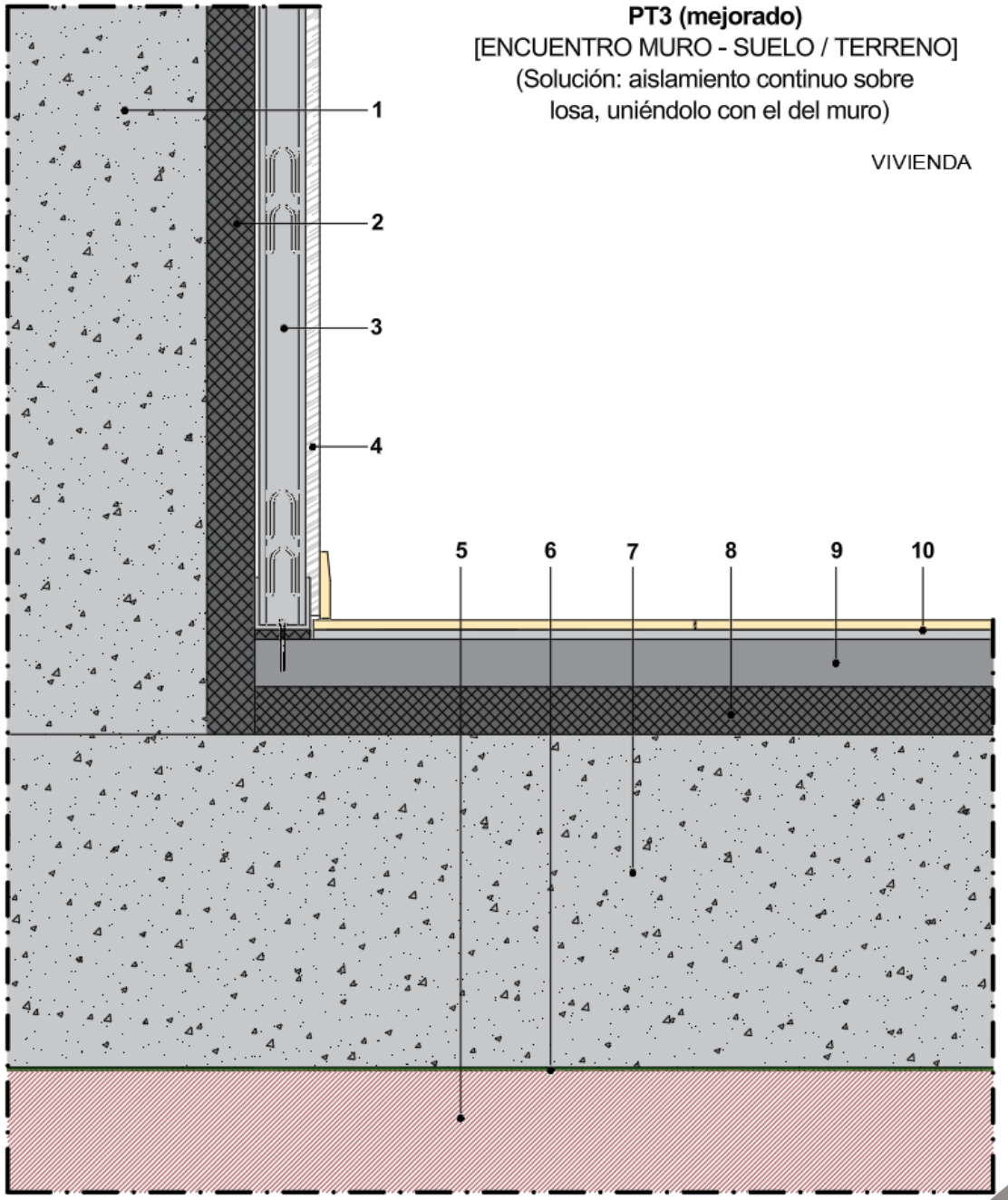
6: Capa separadora: film de polietileno (0,2 mm)

7: Losa de cimentación de hormigón armado (300 mm)

8: Aislamiento sobre losa:
EPS Grafipol Termoimpact Roll
(λ=0,030 W/mK; e=50 mm)

9: Capa base para pavimento: mortero autonivelante (50 mm)

10: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso (20 mm)

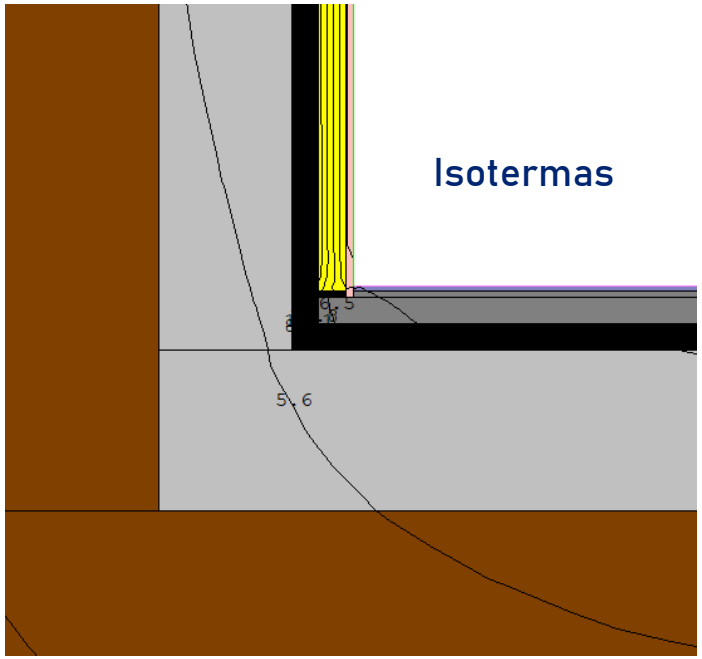


PT-3 [caso mejorado]: ENCUENTRO MURO – SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO

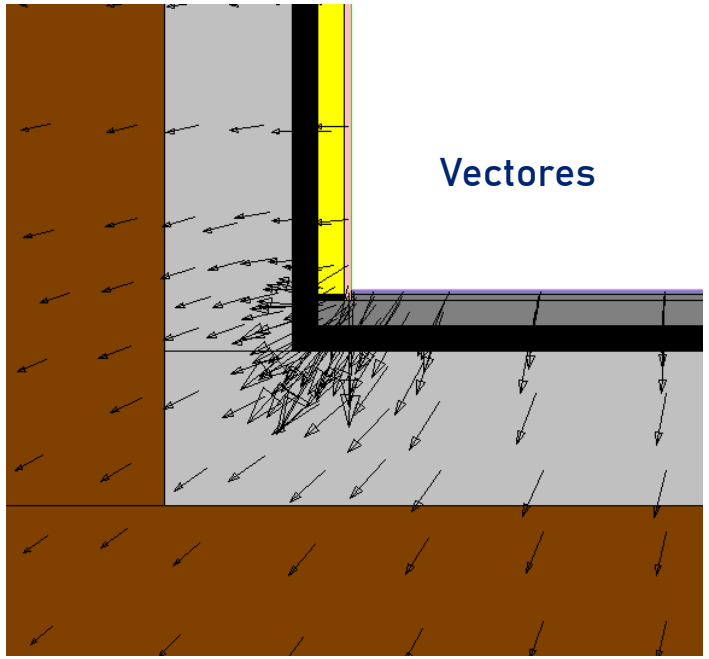
(solución: aislamiento continuo sobre losa, uniéndolo con el del muro)

MÉTODO NUMÉRICO
(UNE-EN ISO 10211)
Simulación en 2D

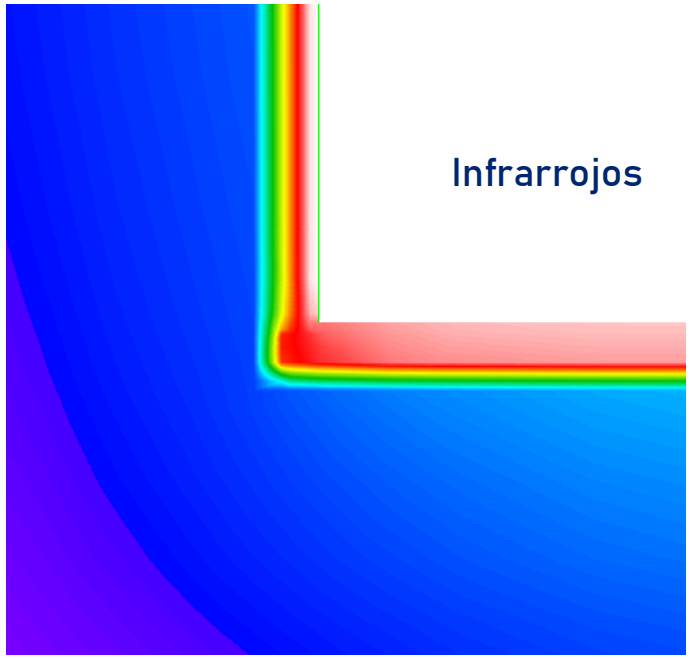
Simulación 2D en THERM ⟶ obtención del flujo de calor Φ:



Isotermas



Vectores



Infrarrojos

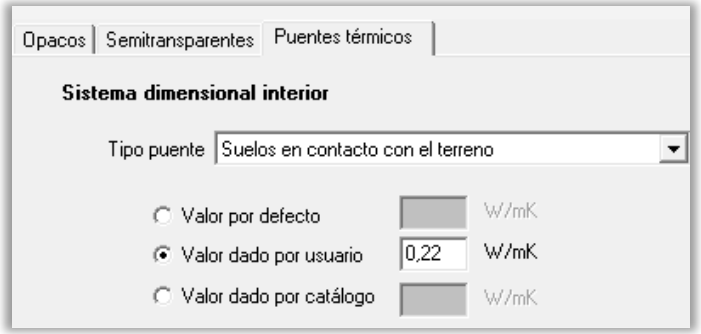
Flujo de calor
Φ = 12,0629
(W)

Cálculo de Ψi
s/ DA DB-HE/3

$$\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma\,(U \cdot L)$$

Ψi = 0,217
(W/mK)

Implementación
en HULC



PT-3 [caso mejorado]: ENCUENTRO MURO – SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO

CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ

DATOS DEL PUENTE TÉRMICO

Elemento 1	Elemento 2
Muro/terreno	Suelo/terreno
L exterior de Muro/terreno (m)	**exterior de Suelo/terreno (m**
6,420	6,365
L interior de Muro/terreno (m)	**. interior de Suelo/terreno (m**
1,000	1,000
U de Muro/terreno (W/m²K)	**U de Suelo/terreno (W/m²K)**
0,1671	0,2192
Te de Muro/terreno (°C)	**Te de Suelo/terreno (°C)**
0,0	0,0
Ti de Muro/terreno (°C)	**Ti de Suelo/terreno (°C)**
20,0	20,0
Flujo de calor "Φ" (W)	**Temp. mín. superficial (°C)**
12,0629	

TRANSMITANCIAS TÉRMICAS LINEALES

Ψe (W/mK)	Ψi (W/mK)
-1,865	0,217

Teniendo en cuenta una temperatura exterior de 0 °C y temperatura interior de 20 °C, como indica el DA DB-HE / 3.

FÓRMULAS UTILIZADAS

$$\Psi e = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Le_1 - U_2 \cdot Le_2 \qquad \Psi i = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Li_1 - U_2 \cdot Li_2$$

PT-3 [caso mejorado]: ENCUENTRO MURO – SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO

IMPLEMENTACIÓN EN HULC DE TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ



Introducción en HULC
"Valor dado por usuario":

- Suelos en contacto con el terreno:

⟶ **Ψi** = 0,22 W/mK

LEYENDA:

1: Revestimiento exterior continuo: mortero monocapa (15 mm)

2: Hoja principal: fábrica de ½ pie de ladrillo cerámico perforado para revestir (115 mm)

3: Revestimiento interior: enlucido de yeso (15 mm)

4: Revestimiento intermedio: enfoscado de mortero de cemento hidrófugo (10 mm)

5: Aislamiento en fachada:
EPS Grafipol TR-29
(λ=0,029 W/mK; e=50 mm)

6: Trasdosado autoportante de placas de yeso laminado con aislamiento de lana mineral (λ=0,035 W/mK; e=50 mm) colocado entre montantes

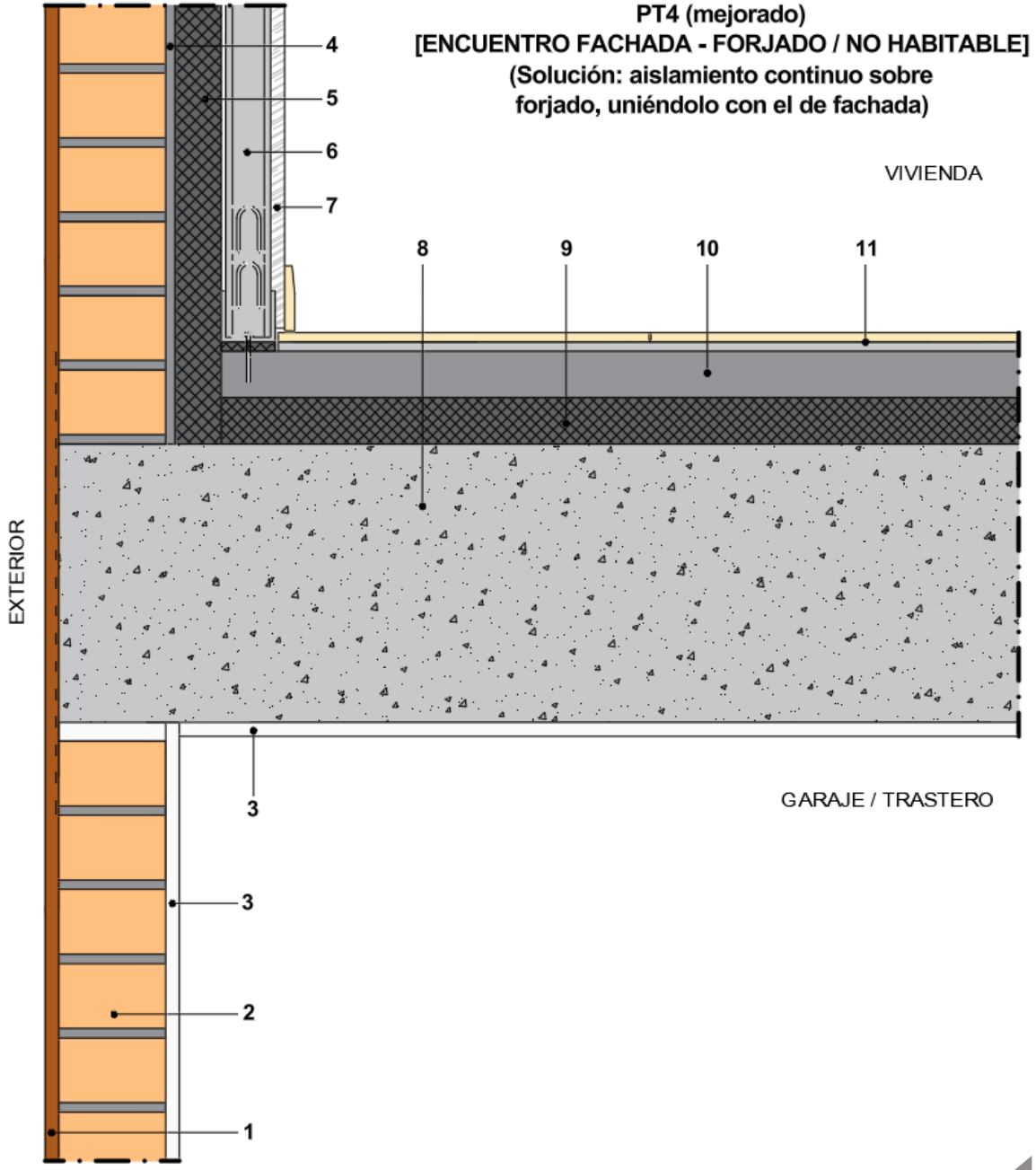
7: Placa de yeso laminado (15 mm)

8: Forjado unidireccional de canto 30 cm y bovedillas de hormigón

9: Aislamiento en suelo:
EPS Grafipol Termoimpact Roll
(λ=0,030 W/mK; e=50 mm)

10: Capa base para pavimento: mortero autonivelante (50 mm)

11: Pavimento cerámico fijado con adhesivo cementoso (20 mm)

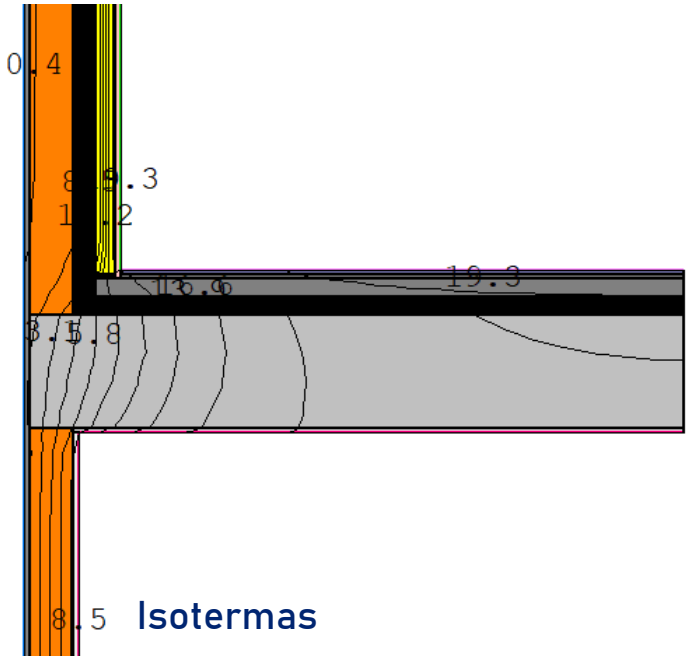


PT-4 [caso mejorado]: ENCUENTRO FACHADA – SUELO / ESPACIO NO HABITABLE

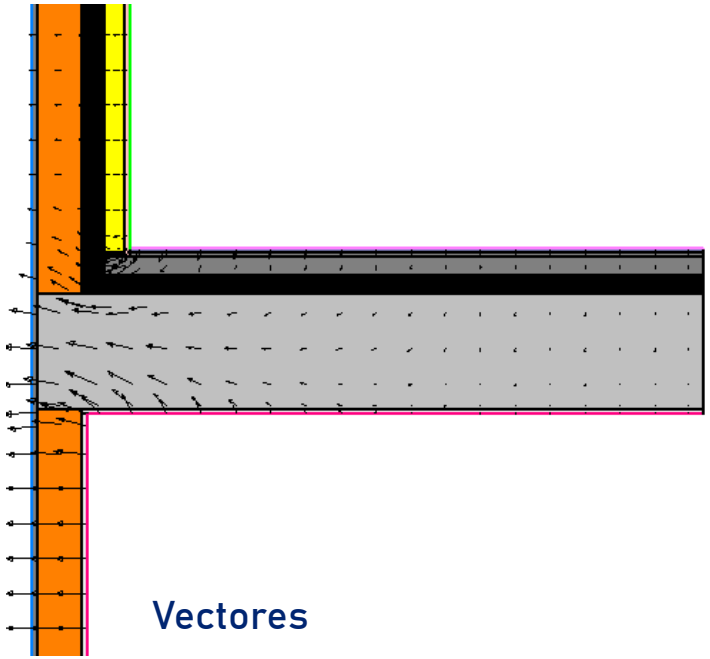
(solución: aislamiento continuo sobre forjado, uniéndolo con el del muro)

MÉTODO NUMÉRICO
(UNE-EN ISO 10211)
Simulación en 2D

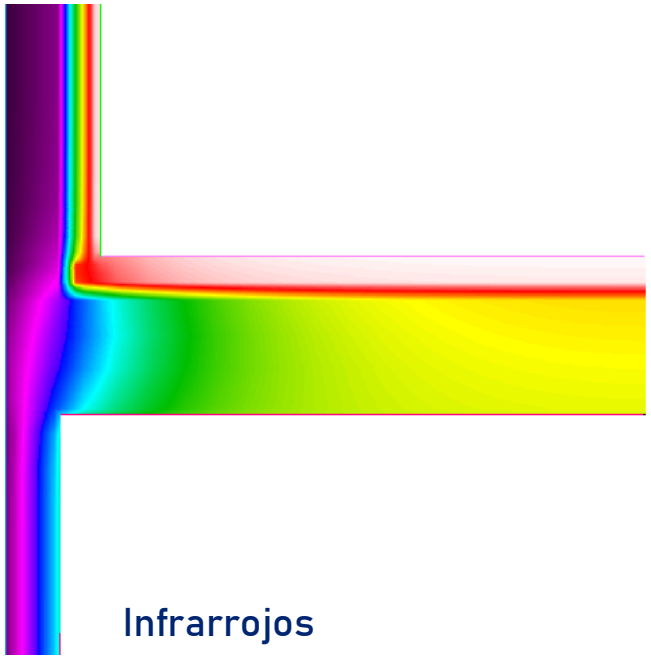
Simulación 2D en THERM ⟶ obtención del flujo de calor Φ:



Isotermas



Vectores



Infrarrojos

Flujo de calor
Φ = 12,2896
(W)

Ψi = 0,109
(W/mK)

Cálculo de Ψi
s/ DA DB-HE/3

$$\Psi = \frac{\Phi}{(Ti - Te)} - \Sigma\,(U \cdot L)$$

PT-4 [caso mejorado]: ENCUENTRO FACHADA – SUELO / ESPACIO NO HABITABLE

CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ

DATOS DEL PUENTE TÉRMICO

Elemento 1	Elemento 2
Fachada	Suelo/NH
L exterior de Fachada (m)	**L exterior de Suelo/NH (m)**
1,435	1,755
L interior de Fachada (m)	**L interior de Suelo/NH (m)**
1,000	1,500
U de Fachada (W/m²K)	**U de Suelo/NH (W/m²K)**
0,2793	0,4309
Te de Fachada (°C)	**Te de Suelo/NH (°C)**
0,0	13,0
Ti de Fachada (°C)	**Ti de Suelo/NH (°C)**
20,0	20,0
Flujo de calor "Φ" (W)	**Temp. mín. superficial (°C)**
12,2897	

TRANSMITANCIAS TÉRMICAS LINEALES

Ψe (W/mK)	Ψi (W/mK)
-0,051	0,109

Teniendo en cuenta una temperatura interior de 20 °C y temperaturas exteriores diferentes: 0 °C y 13 °C.

FÓRMULAS UTILIZADAS

$$\Psi e = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Le_1 - U_2 \cdot Le_2 \qquad \Psi i = \frac{\Phi}{Ti - Te} - U_1 \cdot Li_1 - U_2 \cdot Li_2$$

CUMPLIMIENTO HE1 DEL CASO MEJORADO

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

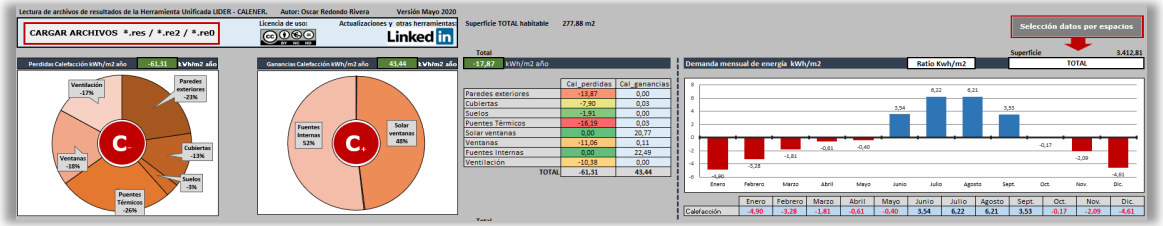
Calidad de la envolvente térmica

		Valores límite	
Transmitancia térmica global, K [W/m²K]	**0,46**	**0,55**	**CUMPLE**
Demandas del edificio Objeto:			
- Calefacción [kWh/m²año]	11,50		
- Refrigeración [kWh/m²año]	15,90		
Control solar, q_sol;jul [kWh/m².mes]	**0,99**	**2,00**	**CUMPLE**
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]	**0,60**	**6,00**	**CUMPLE**
Compacidad [m³/m²]	1,38		
Superficie útil de cálculo, Aútill [m²]	305,87		
Superficie de cerramientos opacos, Aopacos [m²]	664,10		
Superficie de huecos, Ahuecos [m²]	52,89		
Longitud de puentes térmicos, Lpt [m]	484,18		

Coeficiente K = 0,46 W/m²K < K_{lim} = 0,55 W/m²K

☑ CUMPLE DB-HE1

Análisis de los resultados ⟶ Herramienta Óscar Redondo



3 El *coeficiente global de transmisión de calor* a través de la *envolvente térmica* (K) del edificio, o parte del mismo, con *uso residencial privado*, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1:

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para *uso residencial privado*

	Compacidad V/A [m³/m²]	Zona climática de invierno α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la *envolvente térmica* final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las *compacidades* intermedias (1<V/A<4) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

3 El *coeficiente global de transmisión de calor* a través de la *envolvente térmica* (K) del edificio, o parte del mismo, con *uso residencial privado*, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1:

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para *uso residencial privado*

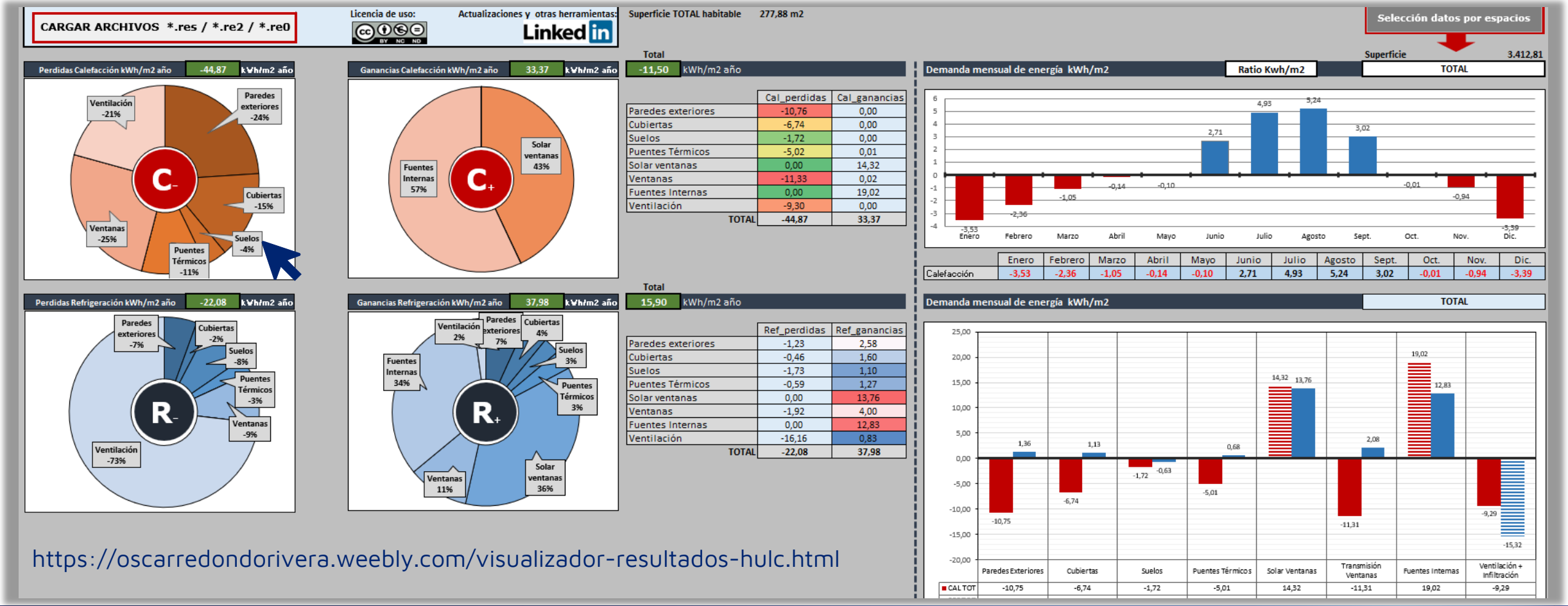
	Compacidad **V/A [m³/m²]**	**Zona climática de invierno**					
		α	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la *envolvente térmica* final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las *compacidades* intermedias (1<V/A<4) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

CUMPLIMIENTO HE1 DEL CASO MEJORADO

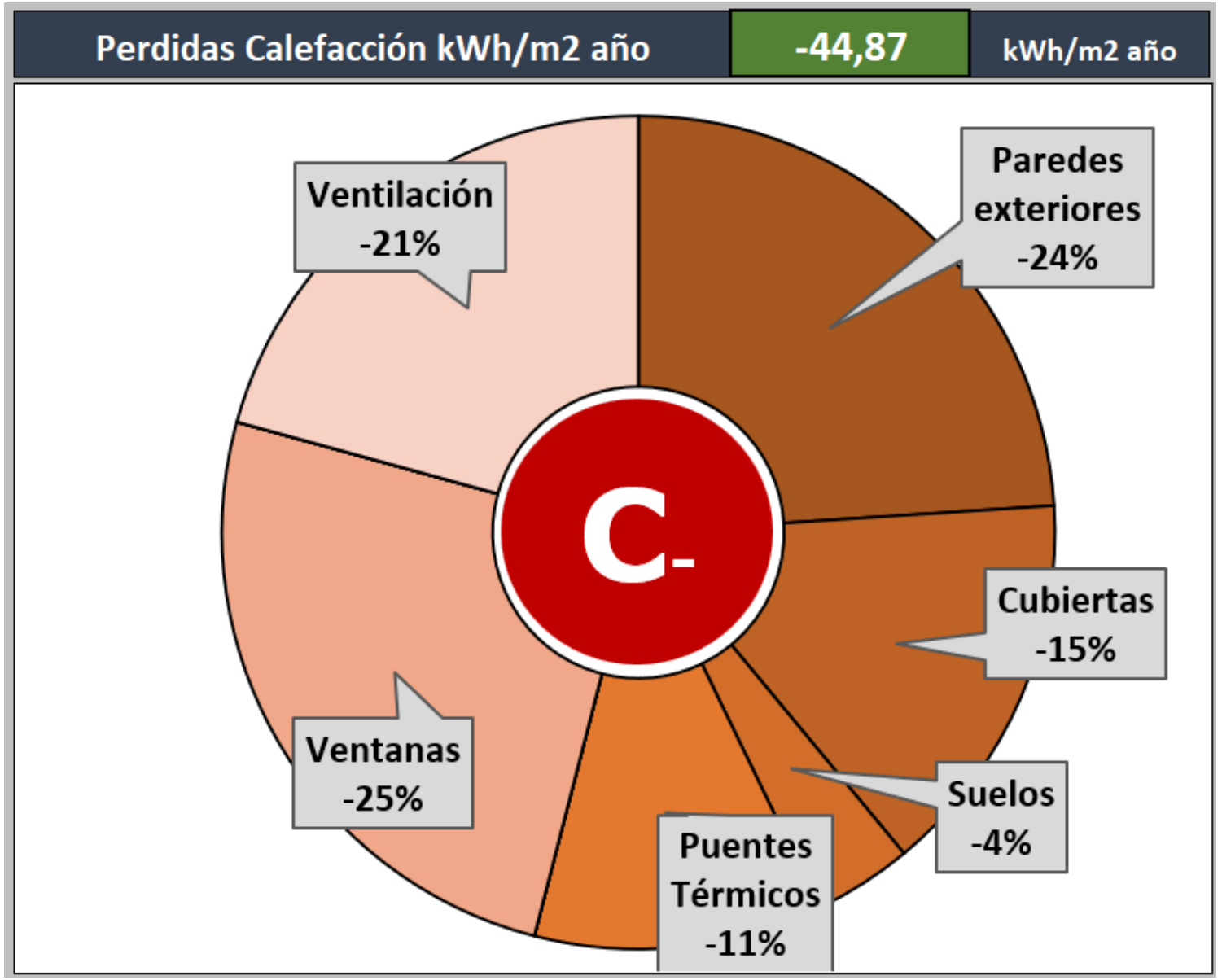
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CASO MEJORADO
HERRAMIENTA "VISUALIZADOR DE RESULTADOS DE HULC" DE ÓSCAR REDONDO



https://oscarredondorivera.weebly.com/visualizador-resultados-hulc.html

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CASO MEJORADO

HERRAMIENTA "VISUALIZADOR DE RESULTADOS DE HULC" DE ÓSCAR REDONDO



RESUMEN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

PUENTE TÉRMICO	TIPO DE ENCUENTRO	SOLUCIÓN	FLUJO DE CALOR φ (W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL Ψ_i (W/mK)	REDUCCIÓN Ψ_i (%)
PT1 (base)	Fachada – forjado intermedio	Sin aislamiento específico para puente térmico	27,3254	0,808	-----
PT1a (mejorado)	Fachada – forjado intermedio	Aislamiento en frente de forjado: λ = 0,032 W/mK; e = 30 mm	23,4953	0,616	23,8 %
PT1a (mejorado)	Fachada – forjado intermedio	Aislamiento en techo (banda de 1 m): λ = 0,029 W/mK; e = 50 mm Aislamiento en suelo (continuo): λ = 0,030 W/mK; e = 30 mm	22,7955	0,581	28,1 %
PT2 (base)	Fachada – cubierta plana	Sin aislamiento específico para puente térmico	23,1297	0,559	-----
PT2 (mejorado)	Fachada – cubierta plana	Aislamiento en techo (banda de 1 m): λ = 0,029 W/mK; e = 50 mm	16,5729	0,231	58,7 %
PT3 (base)	Muro – suelo / terreno	Aislamiento bajo losa de cimentación: λ = 0,030 W/mK; e = 50 mm, quedando discontinuo respecto al del muro	18,0329	0,515	-----
PT3 (mejorado)	Muro – suelo / terreno	Aislamiento sobre losa de cimentación: λ = 0,030 W/mK; e = 50 mm, uniéndolo con el del muro	12,0629	0,217	57,9 %
PT4 (base)	Fachada – suelo / espacio NH	Aislamiento bajo forjado: λ = 0,030 W/mK; e = 50 mm, quedando discontinuo respecto al de fachada	22,6256	0,626	-----
PT4 (mejorado)	Fachada – suelo / espacio NH	Aislamiento sobre forjado: λ = 0,030 W/mK; e = 50 mm, Uniéndolo con el de fachada	12,2897	0,109	82,6 %

GRACIAS POR LA ASISTENCIA

Pablo Palma Sellés

ppalma@grupovalero.com

617 40 54 43