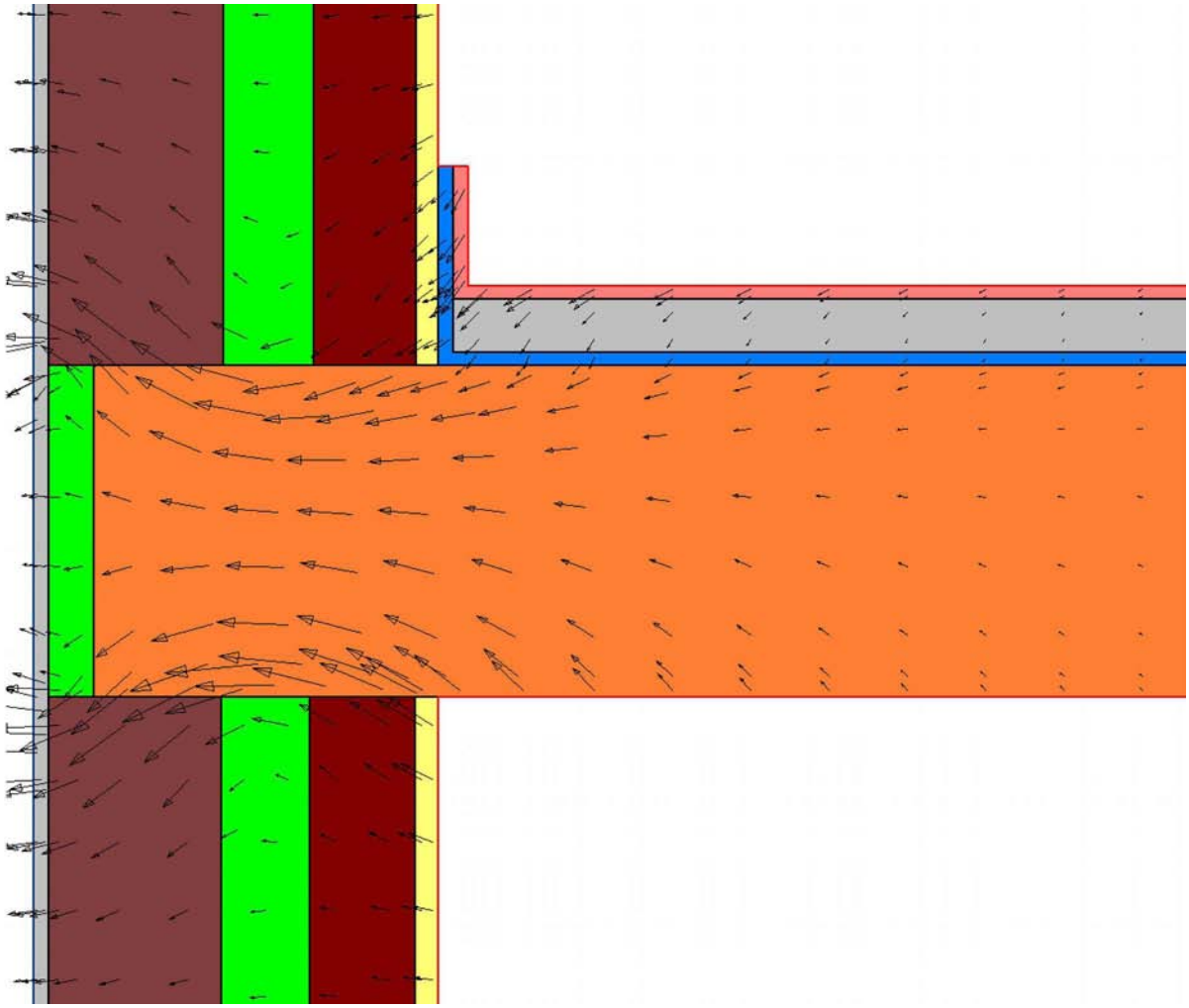
PUENTES TÉRMICOS DE FRENTE DE FORJADO

Caracterización de frentes de forjado aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero



Julio de 2017

Este estudio ha sido realizada por:

C/ Alfonso XII, 31 local 2
03203 · Elche · (Alicante)
Tel. 965.45.51.29 · www.etresconsultores.com · info@etresconsultores.com

Las indicaciones de este documento se basan en nuestro conocimiento y experiencia actual. No presuponen ninguna garantía jurídica ni el cumplimiento de las normativas aplicables. Este documento puede estar sometido a cambios, por ello, si lo emplea en sus proyectos asegúrese de utilizar la versión más reciente.

Índice de contenido

1. OBJETO DEL ESTUDIO ***4***
2. HISTÓRICO DE MODIFICACIONES ***4***
3. METODOLOGÍA EMPLEADA ***4***
3.1 Introducción 4
3.2 Software de simulación empleado 5
3.3 Condiciones de contorno 5
3.3 Criterios dimensionales 6
3.4 Características del encuentro “frente de forjado” 7
3.5 Determinación de la transmitancia térmica lineal ψ 8
3.6 Implementación en la Herramienta Unificada LIDER CALENER HULC 9
4. RESULTADOS ***9***
5. COMPARACIÓN CON EL ATLAS DE PUENTES TÉRMICOS ***25***

1. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto de este documento es caracterizar el comportamiento higrotérmico de los puentes térmicos de frentes de forjado a través de la determinación del valor de la transmitancia térmica lineal del mismo.

En concreto, este estudio se ha realizado por petición de la empresa Grupo Valero – José Manuel Valero SL con el fin de determinar el valor de la transmitancia térmica de diversos puentes térmicos de frentes de forjado aislados con el producto “Grafipol TR-32” fabricado por dicha empresa.

2. HISTÓRICO DE MODIFICACIONES

Revisión	Fecha	Modificaciones efectuadas
1	21/07/17	Emisión del documento

3. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Introducción

El Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico HE, sección HE1, define puente térmico como aquella zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento o de los materiales empleados, por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc., que conllevan una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento.

La norma UNE-EN ISO 10211 define puente térmico como aquella parte del cerramiento de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente debido a:

a) penetraciones completas o parciales en el cerramiento de un edificio, de materiales con diferente conductividad térmica;

b) un cambio en el espesor de la fábrica;

c) una diferencia entre las áreas internas o externas, tales como juntas entre paredes, suelos, o techos.

Además del efecto en la demanda energética del edificio, los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios al aumentar en ellos el riesgo de formación de mohos por condensaciones superficiales debidas a la disminución de la temperatura de las superficies interiores (en condiciones de invierno).

Este estudio se centra en el impacto en la demanda energética. Además, pretende completar el Atlas de Puentes Térmicos publicado por el Ministerio de Fomento como “Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía. Código Técnico de la Edificación. DA-DB-HE/ 3 Puentes Térmicos”.

3.2 Software de simulación empleado

Para la determinación de la transmitancia térmica del puente térmico de frente de forjado, se ha usado el software “THERM Finite Element Simulator” en su última versión 7.5.13.0 (fecha de versión 19 de enero de 2017).

THERM está desarrollado por Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) para modelar efectos de transferencia de calor en dos dimensiones en los elementos de los edificios como ventanas, muros, suelos, cubiertas, etc.

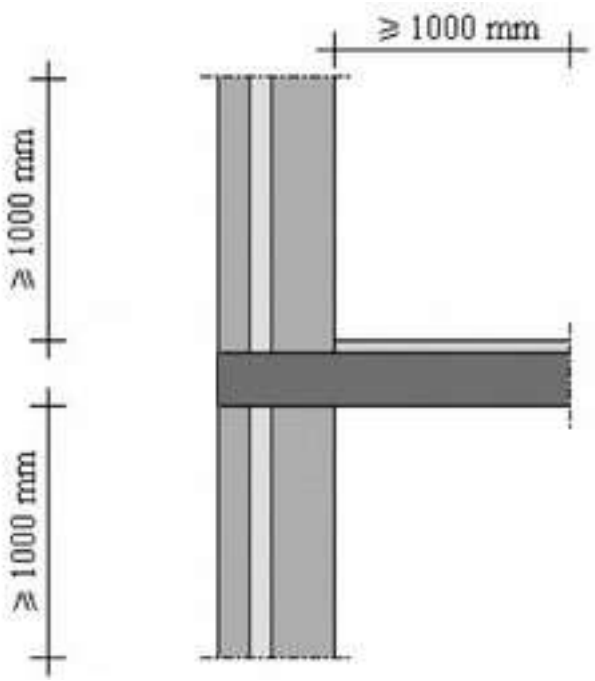
El análisis de transferencia de calor empleado por THERM está basado en el método de elementos finitos y cumple con los requisitos indicados en la norma UNE-EN ISO 10211 “Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales”.

3.3 Condiciones de contorno

Conforme a lo indicado en el “Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía. Código Técnico de la Edificación. DA-DB-HE/ 3 Puentes Térmicos”:

- Se considera que el flujo de calor por cada grado de diferencia de temperatura (factor de acoplamiento) es independiente del salto térmico para los rangos de temperaturas existentes en condiciones normales.
- Salto térmico considerado para condiciones de invierno de 20 ºC.
  - Temperatura exterior: 0 ºC
  - Temperatura interior: 20 ºC

- Coeficientes de película superficiales:
  - Exterior: 25,00 W/m²·K equivalente a una resistencia superficial exterior de 0,04 m²·K/W.
  - Interior: 7,69 W/m²·K equivalente a una resistencia superficial interior de 0,13 m²·K/W.
- Los planos de corte se han considerado con una condición “adiabática” (flujo de calor nulo).
- Conforme a la norma UNE-EN ISO 10211, la longitud considerada para simular el comportamiento del puente térmico es 1.000 mm o tres veces el espesor del muro de fachada (el valor mayo de los dos):



Para el caso estudiado más desfavorable, con transmitancia térmica de la fachada U igual a 0,15 W/m²·K, el espesor total de fachada es de 418,03 mm.

Por tanto, la longitud mínima a considerar a ambos lados del puente térmico es 3 x 418,03 mm = 1.254,09 mm

En las simulaciones se ha usado una longitud de 1.260 mm.

3.3 Criterios dimensionales

Conforme a lo indicado en el “Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía. Código Técnico de la Edificación. DA-DB-HE/ 3 Puentes Térmicos”, en nuestro entorno normativo y en las herramientas oficiales para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios, se emplea el “sistema de dimensiones interior” y por tanto el valor de “transmitancia térmica lineal interior ψ_i”.

Adicionalmente, se indica también el valor para el “sistema de dimensiones exteriores” y el valor “transmitancia térmica lineal exterior ψ_e” puesto que se emplea en algunos catálogos de puentes térmicos de países de nuestro entorno y puede resultar útil para su comparación.

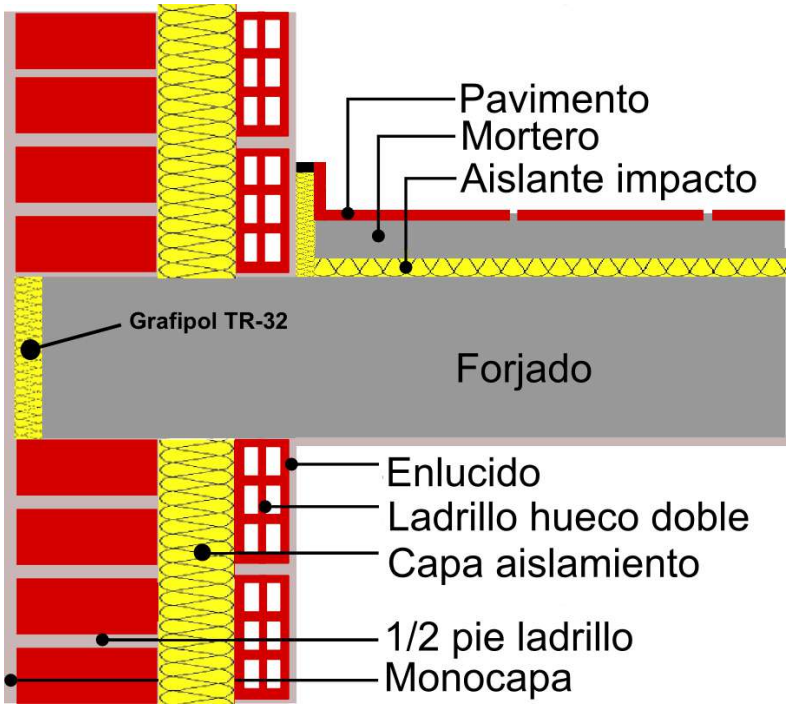
3.4 Características del encuentro "frente de forjado"

Para este estudio se ha considerado:

- Tres cantos de forjado: 250 mm, 300 mm y 350 mm.
- Cinco valores de transmitancia térmica U del muro de fachada: 0,44 W/m²·K, 0,31 W/m²·K, 0,27 W/m²·K, 0,24 W/m²·K y 0,15 W/m²·K.

Por tanto, en total se han simulado quince situaciones distintas.

El encuentro fachada – frente de forjado considerado en las simulaciones en el siguiente:



El valor de la conductividad térmica para cada una de las capas indicadas en la imagen anterior coincide con el ofrecido en la base de datos de HULC Herramienta Unificada LIDER CALENER:

- Monocapa.- espesor 10mm, conductividad térmica λ 0,55 W/mK.
- ½ pie de ladrillo perforado.- espesor 115 mm, conductividad térmica λ 0,667 W/mK.
- Aislamiento térmico entre hojas cerámicas.- espesor variable para obtener los valores de transmitancia térmica deseados. conductividad térmica λ 0,034 W/mK:
  - U = 0,44 W/m²· K → espesor 58,64 mm
  - U = 0,31 W/m²· K → espesor 91,05 mm
  - U = 0,27 W/m²· K → espesor 107,29 mm
  - U = 0,24 W/m²· K → espesor 123,03 mm
  - U = 0,15 W/m²· K → espesor 208,03 mm

- Ladrillo hueco doble.- espesor 70 mm, conductividad térmica λ 0,432 W/mK.
- Enlucido de yeso.- espesor 15mm, conductividad térmica λ 0,57 W/mK.
- Forjado.- se ha considerado un forjado unidireccional con bovedillas cerámicas:
  - canto 250mm, conductividad térmica λ 0,908 W/mK.
  - canto 300mm, conductividad térmica λ 0,846 W/mK.
  - canto 350mm, conductividad térmica λ 0,995 W/mK.
- Aislamiento a ruido de impacto.- espesor 10mm, conductividad térmica λ 0,046 W/mK.
- Mortero bajo pavimento.- espesor 40mm, conductividad térmica λ 0,55 W/mK.
- Pavimento de gres.- espesor 10mm, conductividad térmica λ 2,30 W/mK.
- Aislamiento de frente de forjado Grafipol TR-32.- espesor 30mm, conductividad térmica λ 0,032 W/mK.

3.5 Determinación de la transmitancia térmica lineal ψ

Con los resultados obtenidos con THERM, el valor de transmitancia térmica lineal se determina de la siguiente forma:

Transmitancia térmica lineal interior Ψ_i.-

$\Psi_i = U_{Factor}\, x\, Length - U_M\, x\,(L_1 + L_2)$	Donde.- U_{FACTOR}.- Factor obtenido con THERM. Length.- Longitud obtenida con THERM. U_M.- Transmitancia térmica del muro de fachada. L_1.- Distancia vertical desde la parte superior del pavimento hasta el extremo superior de la fachada, en nuestro caso es 1.245 mm L_2.- Distancia vertical desde la cara inferior del forjado hasta el extremo inferior de la fachada, en nuestro caso es 1.200 mm
Como comprobación, también se ha determinado mediante el valor del flujo de calor:	
$\Psi_i = \frac{\Phi\, interior}{\Delta T} - U_M\, x\,(L_1 + L_2)$	$\Phi_{interior}$.- Es el flujo de calor interior ΔT.- Es la diferencia de temperaturas interior – exterior, en nuestro caso 20 ºC.

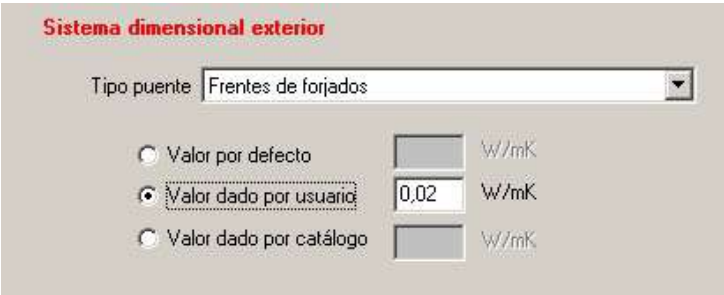
Transmitancia térmica lineal exterior Ψ_e.-

$\Psi_e = U_{Factor}\, x\, Length - U_M\, x\, L_3$	Donde.- U_{FACTOR}.- Factor obtenido con THERM. Length.- Longitud obtenida con THERM. U_M.- Transmitancia térmica del muro de fachada. L_3.- Distancia total exterior de la fachada incluyendo el canto de forjado, en nuestro caso es: • Forjado canto 250mm → 2.770 mm • Forjado canto 300mm → 2.820 mm • Forjado canto 350mm → 2.870 mm
Como comprobación, también se ha determinado mediante el valor del flujo de calor:	
$\Psi_e = \frac{\Phi\, exterior}{\Delta T} - U_M\, x\, L_3$	$\Phi_{exterior}$.- Es el flujo de calor exterior ΔT.- Es la diferencia de temperaturas interior – exterior, en nuestro caso 20 ºC.

3.6 Implementación en la Herramienta Unificada LIDER CALENER HULC

De cara a la utilización de los valores de transmitancia térmica indicados en este estudio en la Herramienta Unificada LIDER CALENER HULC, se procederá de la siguiente forma:

- Se empleará siempre el valor “transmitancia térmica **exterior** Ψ_e”.
- En el puente térmico “Frente de forjado” seleccionar la opción “valor dados por usuario” e introducir el valor de la “transmitancia térmica exterior Ψ_e”.



4. RESULTADOS

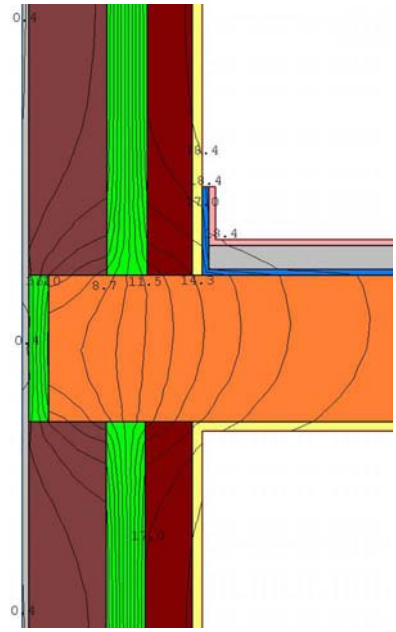
En las siguientes fichas se indican los resultados obtenidos para cada uno de los quince casos simulados.

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

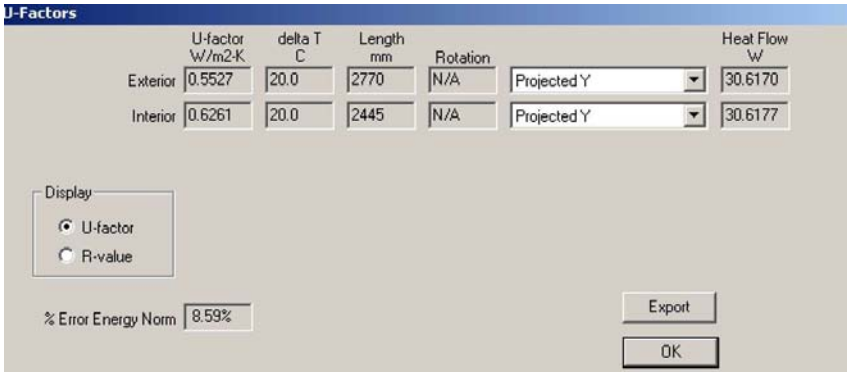
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,44 W/m²·K		Forjado canto 250 mm

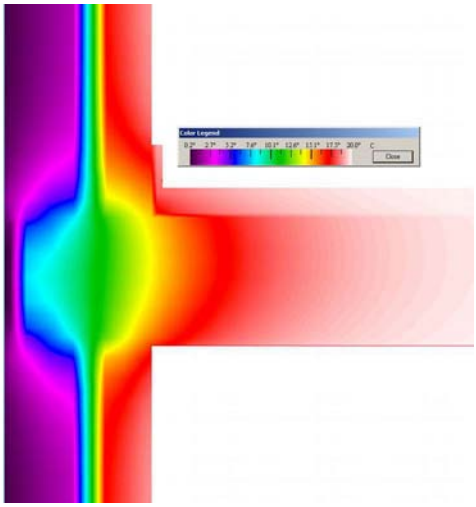
ISOTERMAS



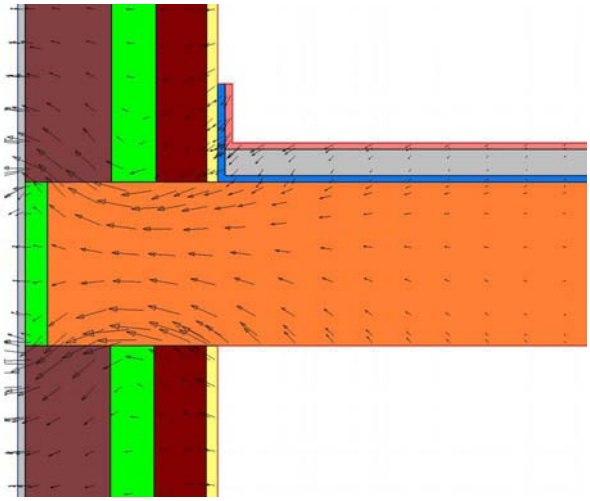
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



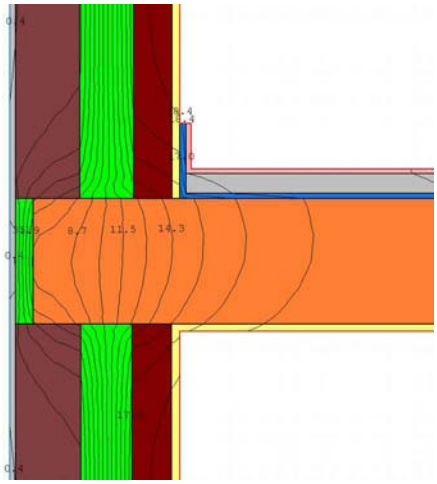
Ψ interior = 0,46 W/m·K	Ψ exterior = 0,31 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

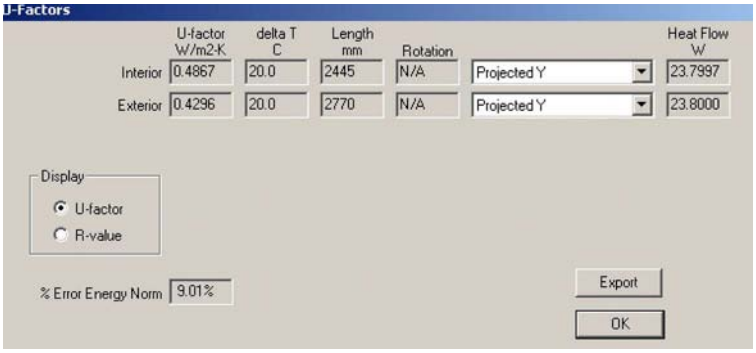
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,31 W/m²·K		Forjado canto 250 mm

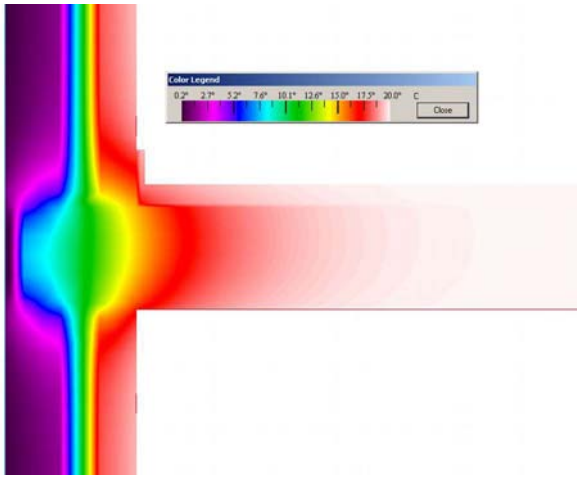
ISOTERMAS



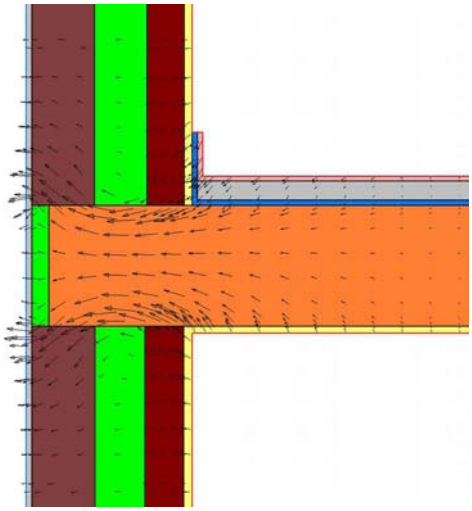
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



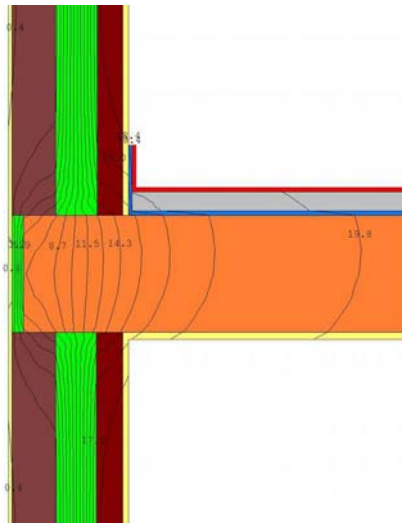
Ψ interior = 0,43 W/m·K	Ψ exterior = 0,33 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

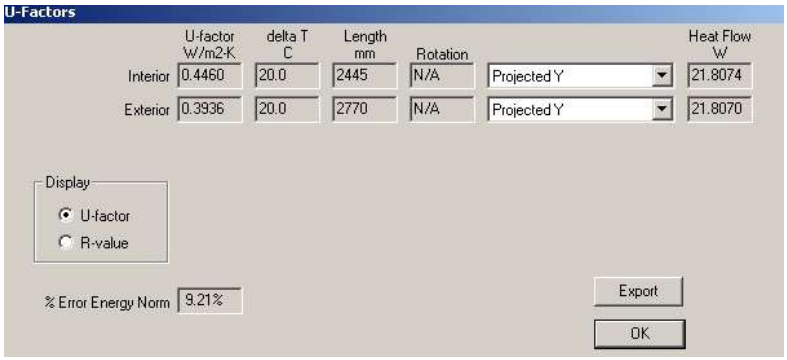
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,27 W/m²·K		Forjado canto 250 mm

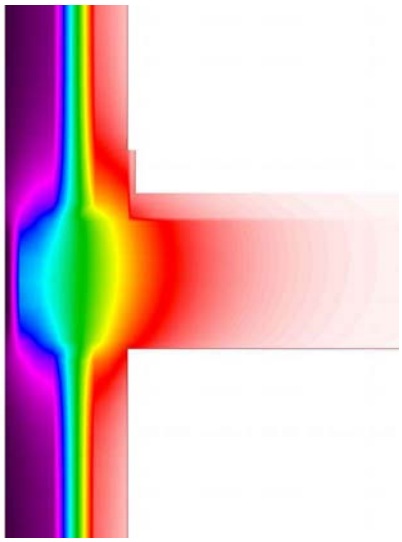
ISOTERMAS



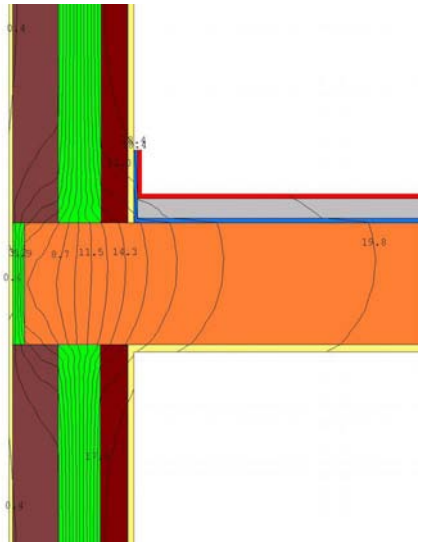
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



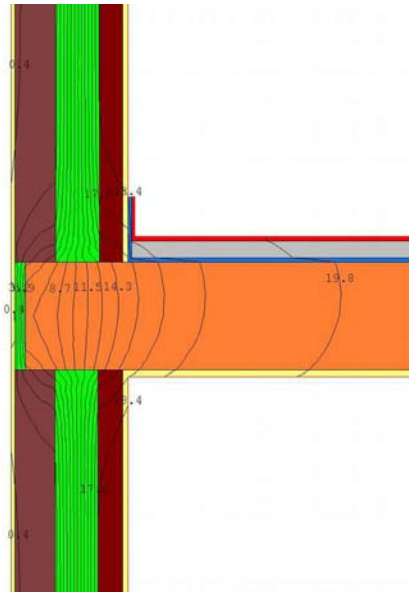
Ψ interior = 0,43 W/m·K	Ψ exterior = 0,34 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

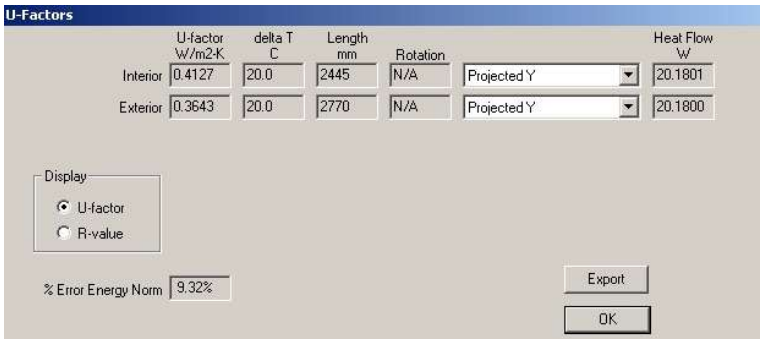
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,24 W/m²·K		Forjado canto 250 mm

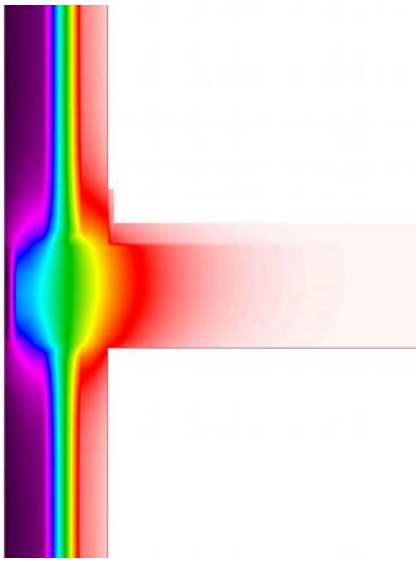
ISOTERMAS



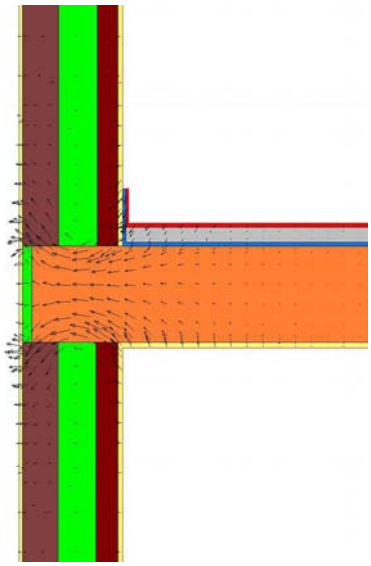
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



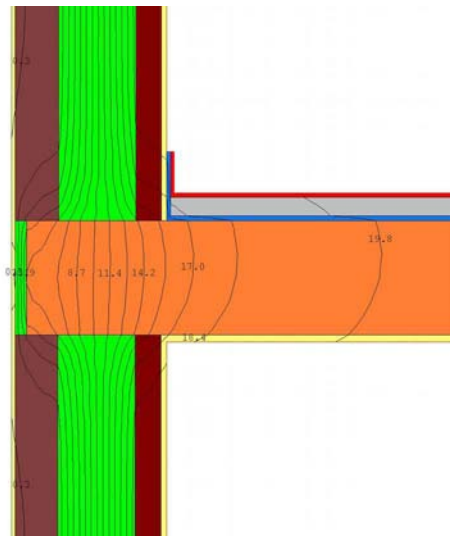
Ψ interior = 0,42 W/m·K	Ψ exterior = 0,34 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

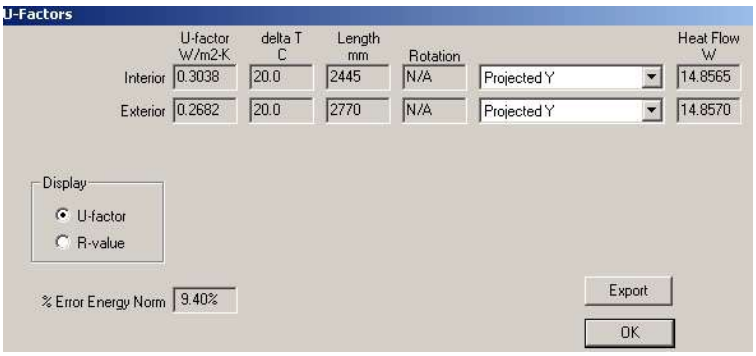
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,15 W/m²·K		Forjado canto 250 mm

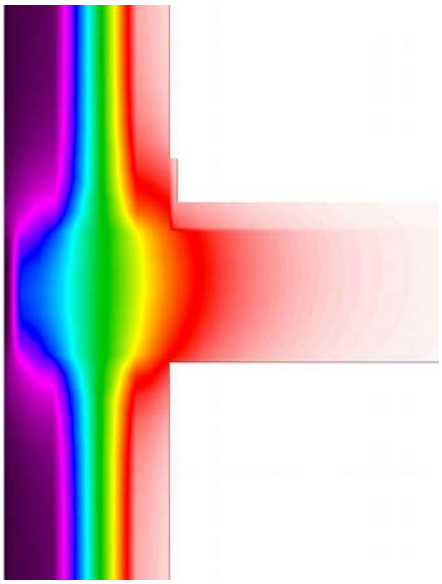
ISOTERMAS



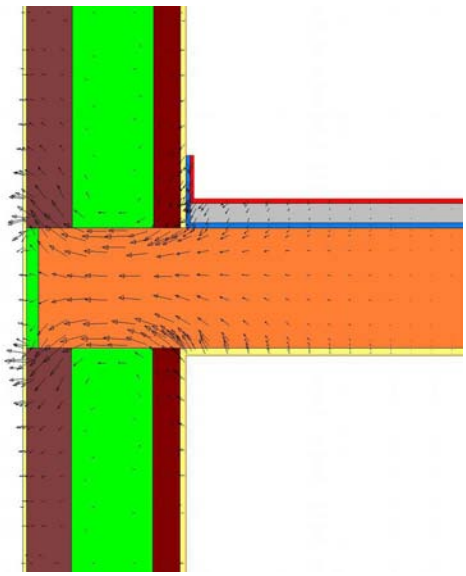
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



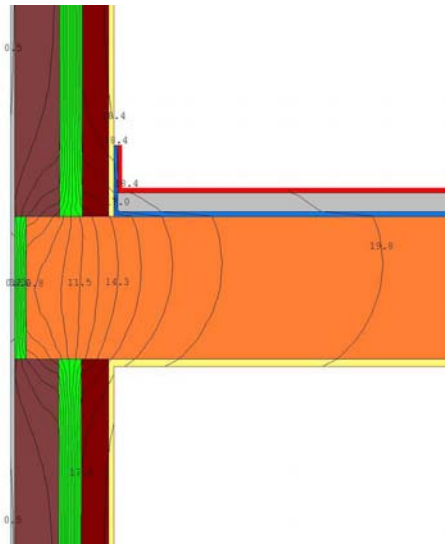
Ψ interior = 0,38 W/m·K	Ψ exterior = 0,33 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

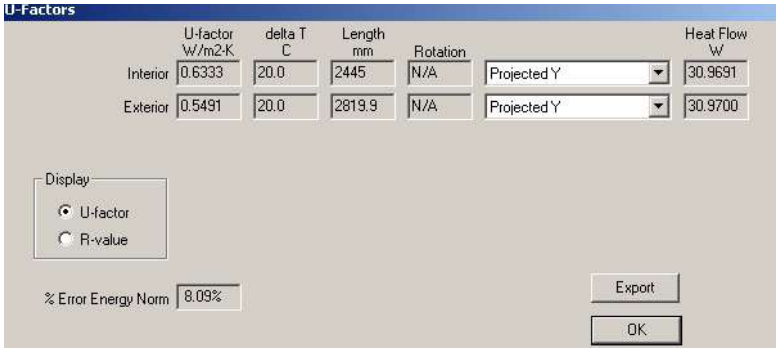
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,44 W/m²·K		Forjado canto 300 mm

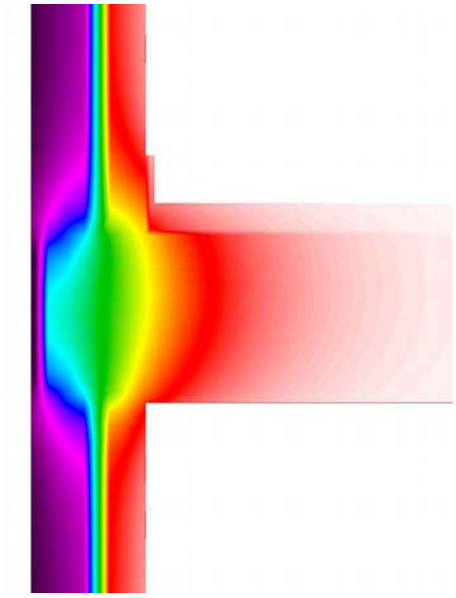
ISOTERMAS



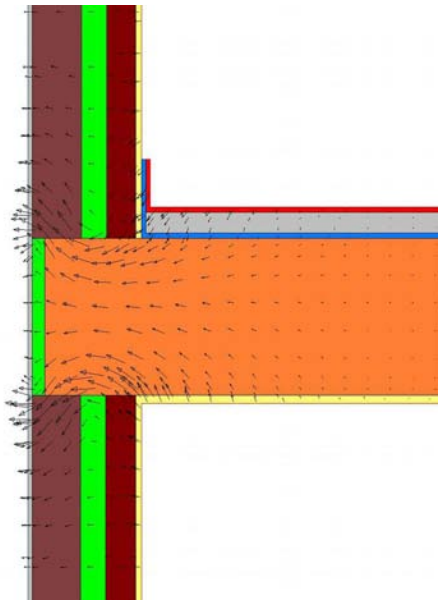
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



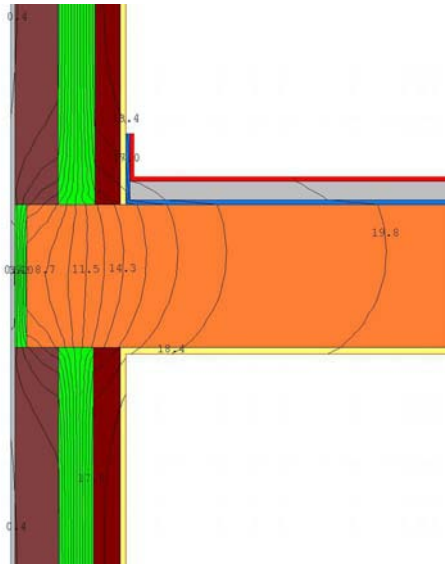
Ψ interior = 0,47 W/m·K	Ψ exterior = 0,31 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

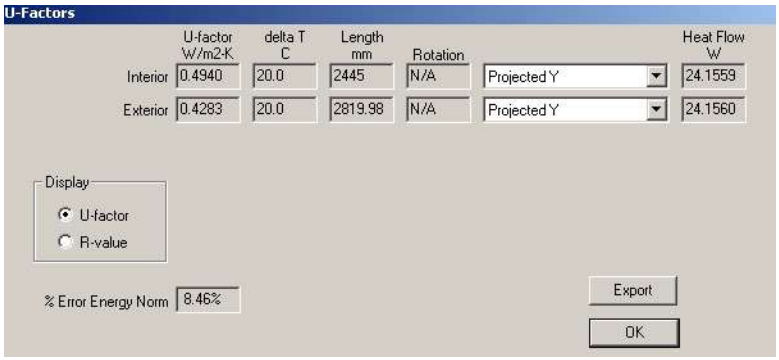
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,31 W/m²·K		Forjado canto 300 mm

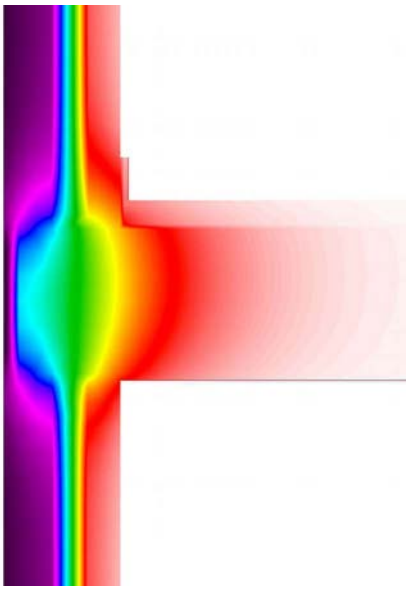
ISOTERMAS



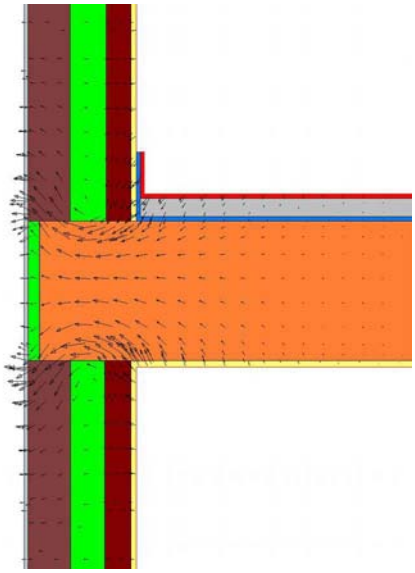
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



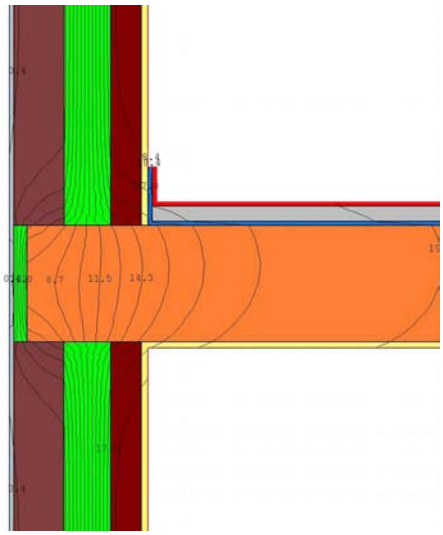
Ψ interior = 0,45 W/m·K	Ψ exterior = 0,33 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

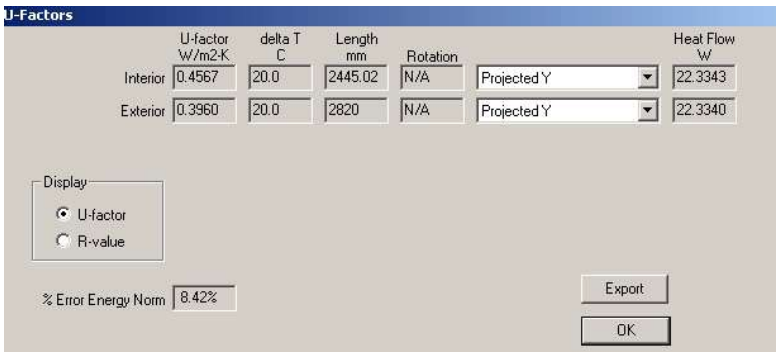
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,27 W/m²·K		Forjado canto 300 mm

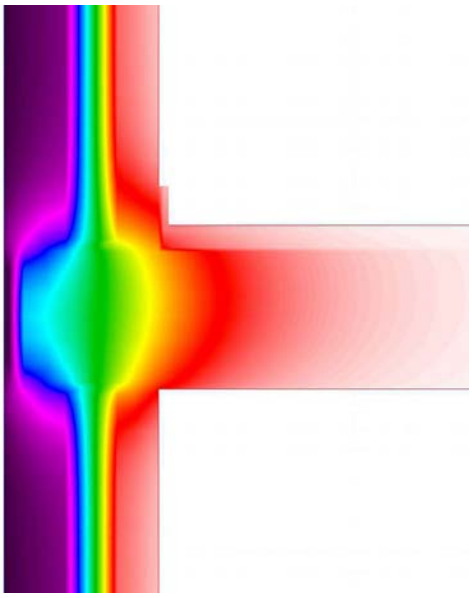
ISOTERMAS



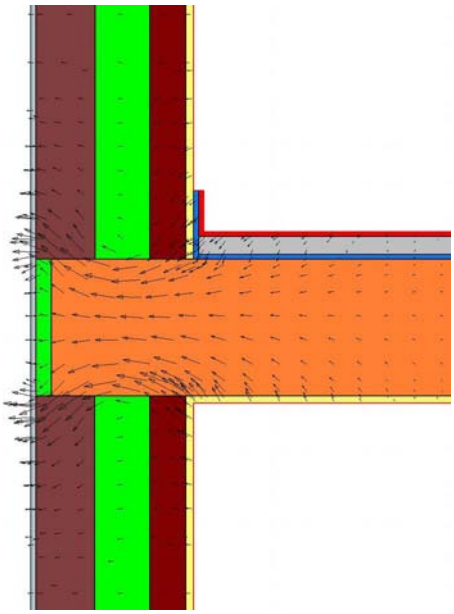
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



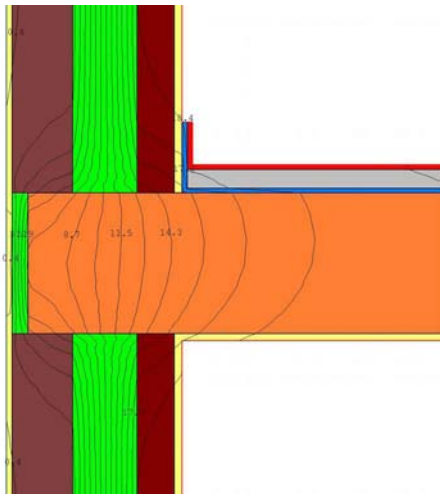
Ψ interior = 0,46 W/m·K	Ψ exterior = 0,36 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

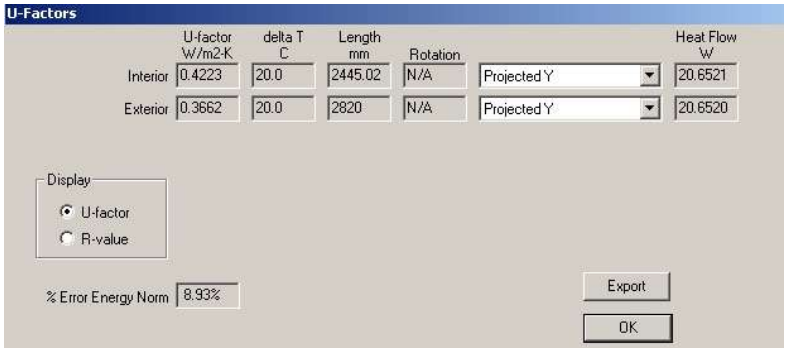
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,24 W/m²·K		Forjado canto 300 mm

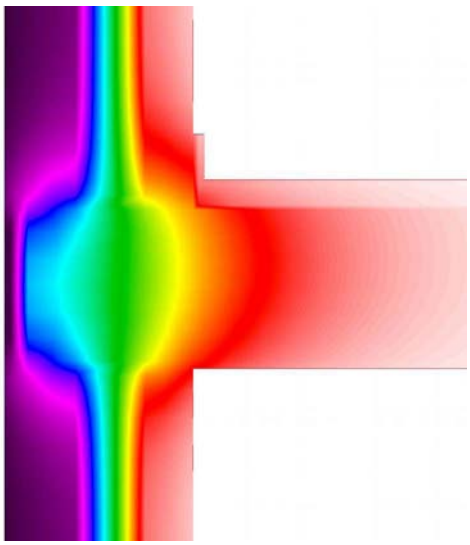
ISOTERMAS



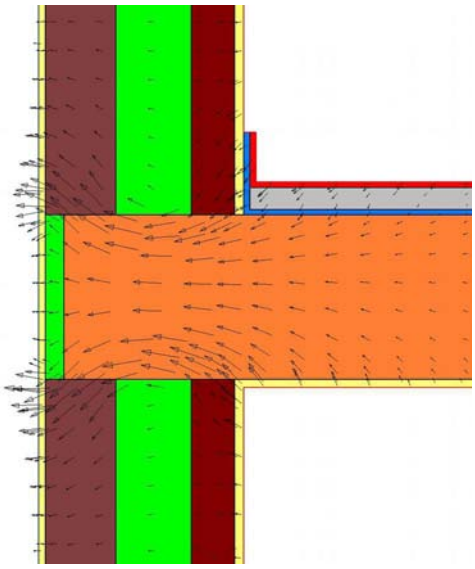
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



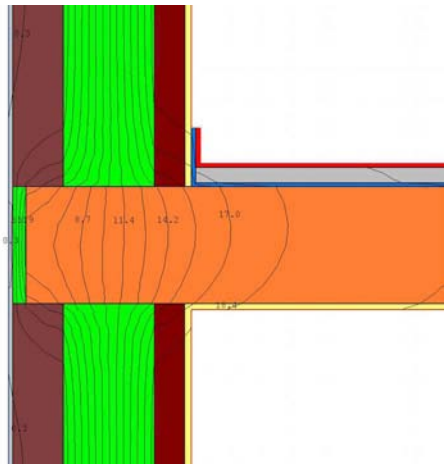
Ψ interior = 0,45 W/m·K	Ψ exterior = 0,36 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

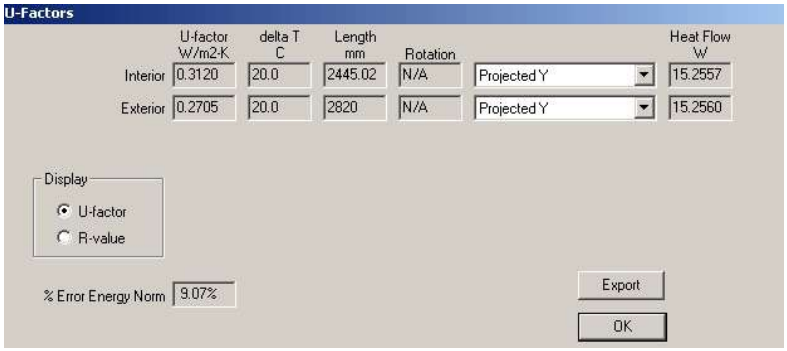
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,15 W/m²·K		Forjado canto 300 mm

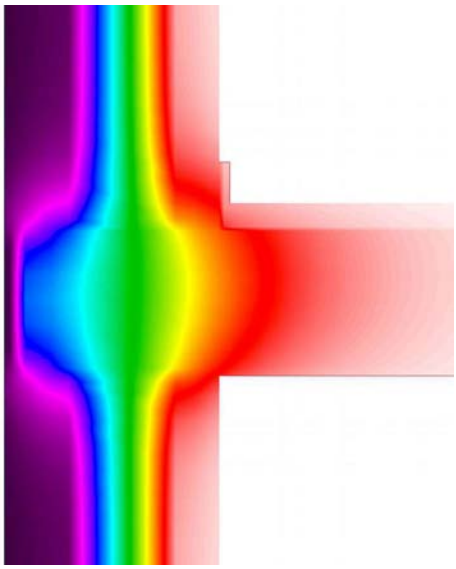
ISOTERMAS



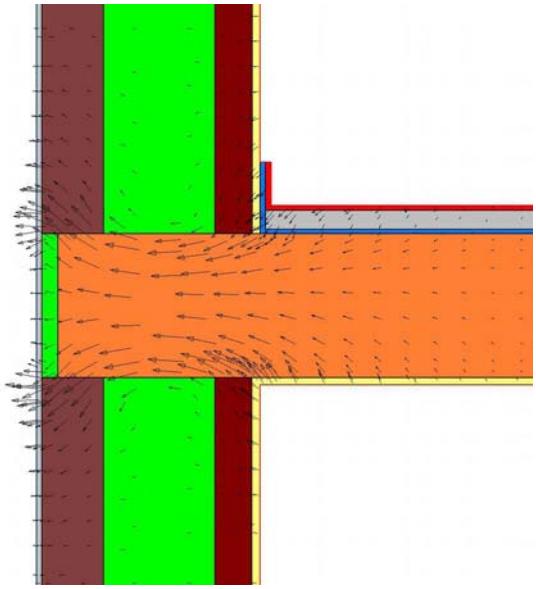
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



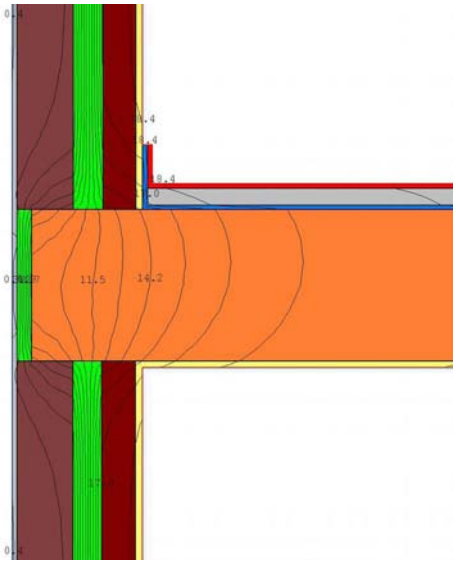
Ψ interior = 0,40 W/m·K	Ψ exterior = 0,34 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

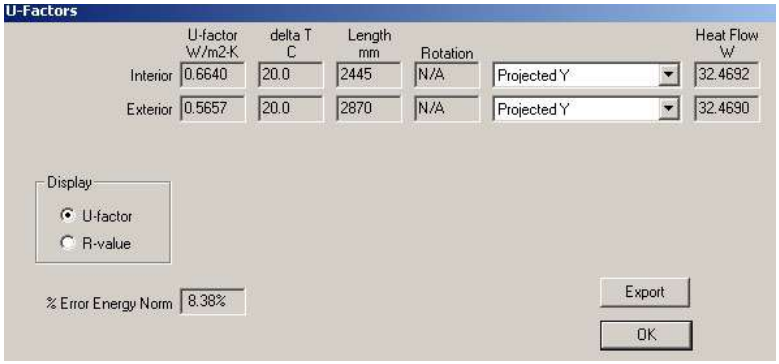
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,44 W/m²·K		Forjado canto 350 mm

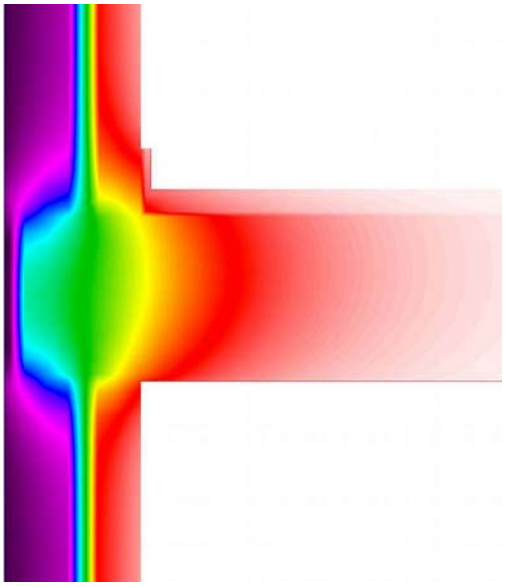
ISOTERMAS



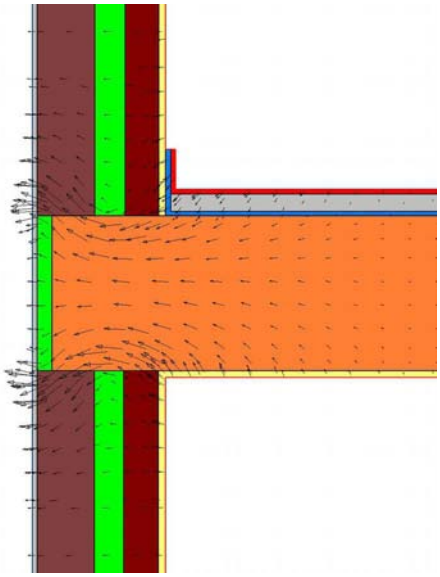
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



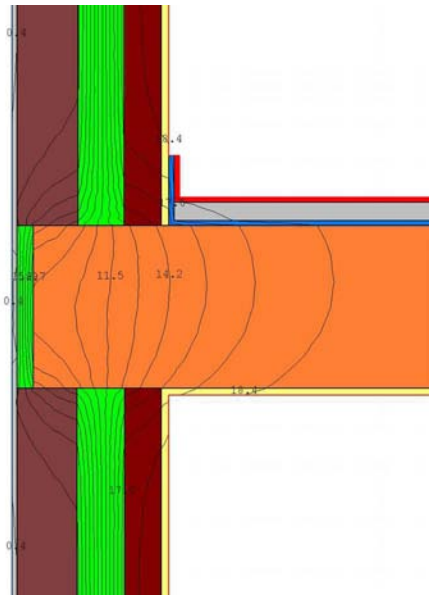
Ψ interior = 0,55 W/m·K	Ψ exterior = 0,36 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

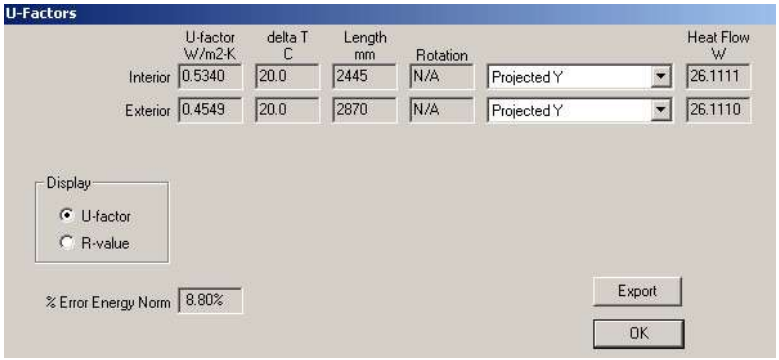
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,31 W/m²·K		Forjado canto 350 mm

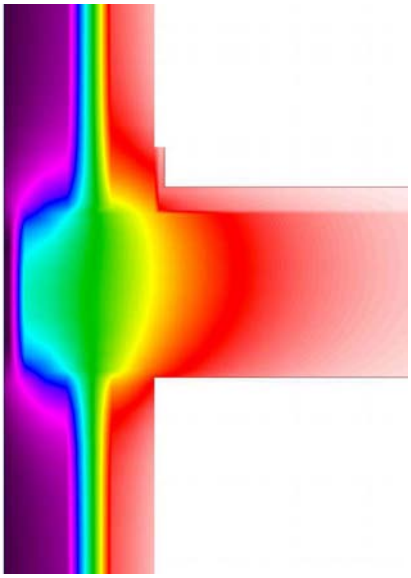
ISOTERMAS



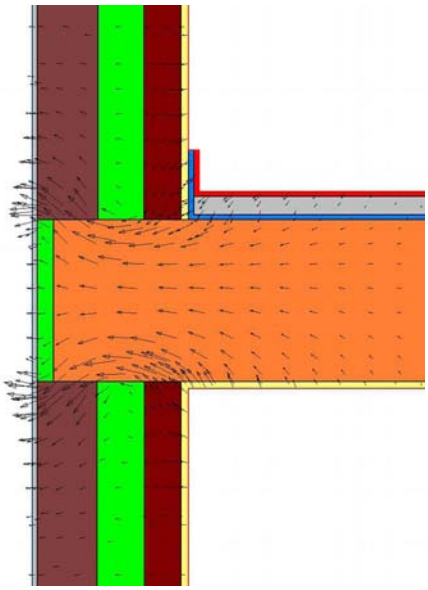
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



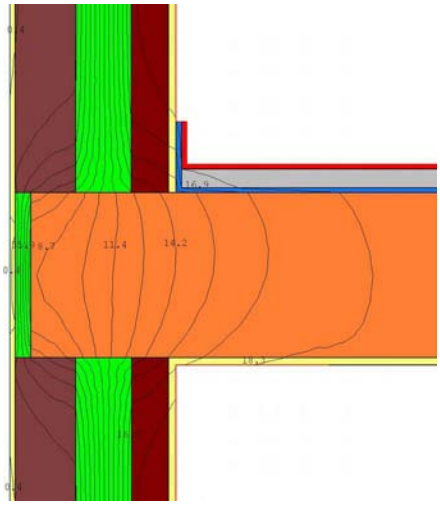
Ψ interior = 0,55 W/m·K	Ψ exterior = 0,42 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

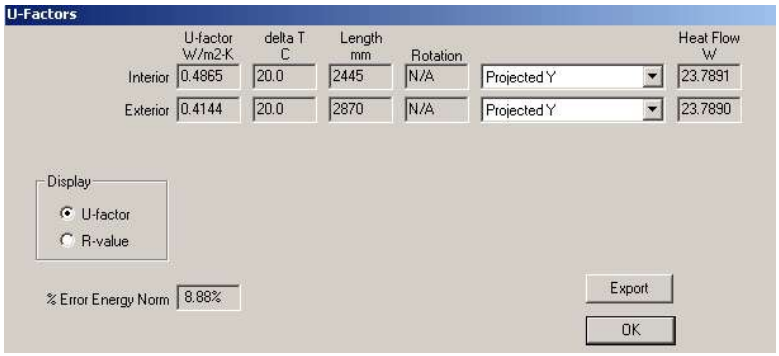
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,27 W/m²·K		Forjado canto 350 mm

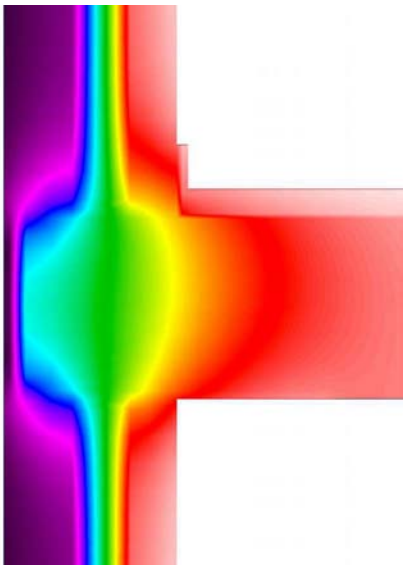
ISOTERMAS



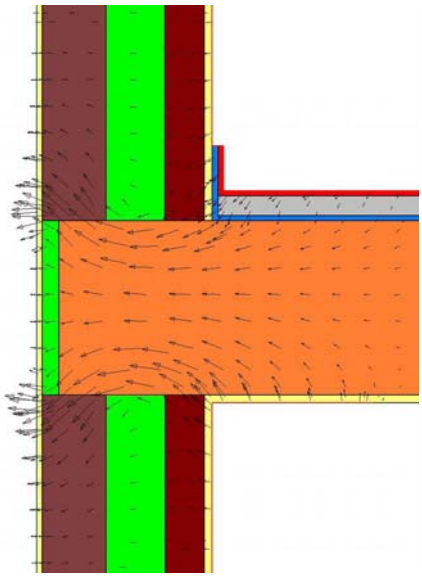
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



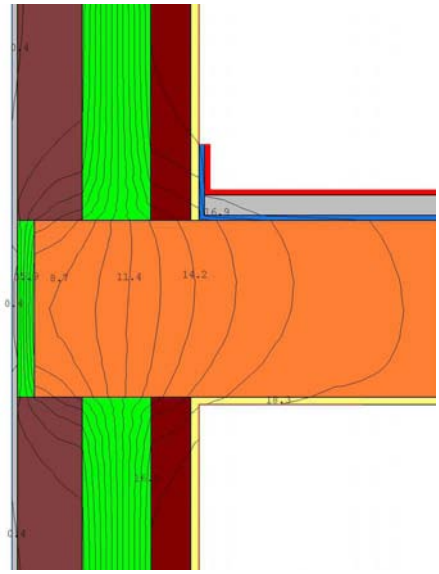
Ψ interior = 0,53 W/m·K	Ψ exterior = 0,41 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

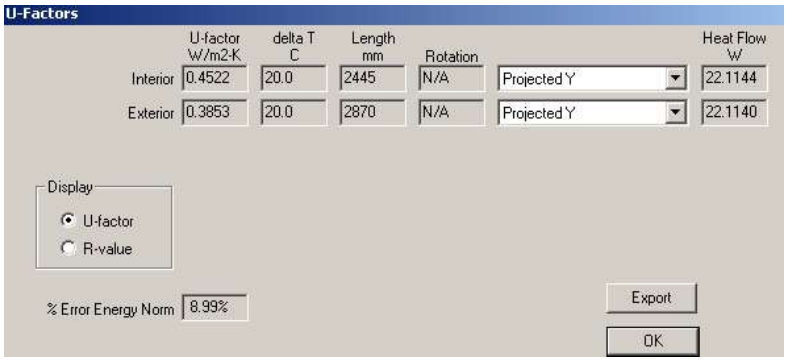
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,24 W/m²·K		Forjado canto 350 mm

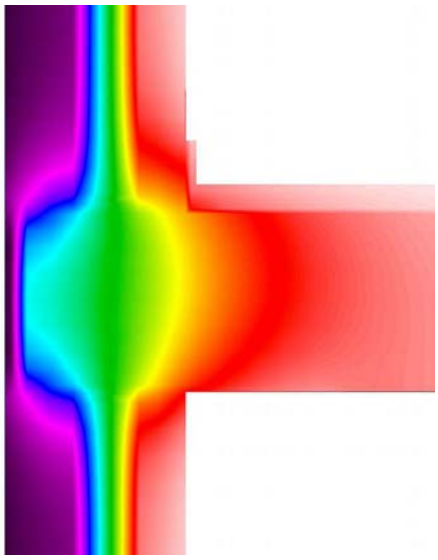
ISOTERMAS



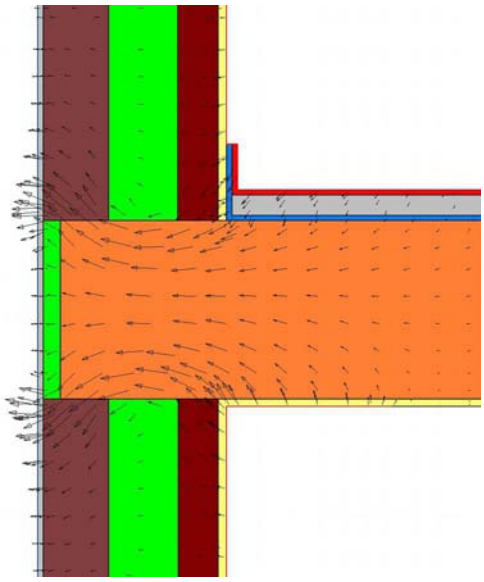
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



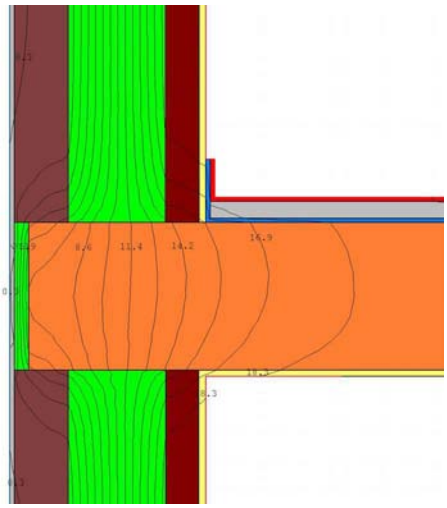
Ψ interior = 0,52 W/m·K	Ψ exterior = 0,42 W/m·K

PUENTES TÉRMICOS DE FRENTES DE FORJADO

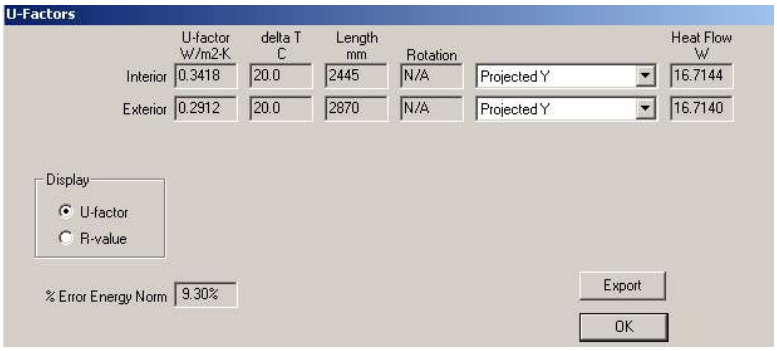
Aislados con “Grafipol TR-32” de Grupo Valero

U_M = 0,15 W/m²·K		Forjado canto 350 mm

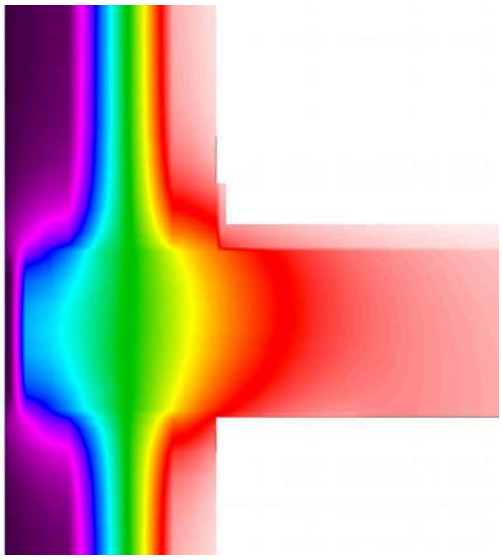
ISOTERMAS



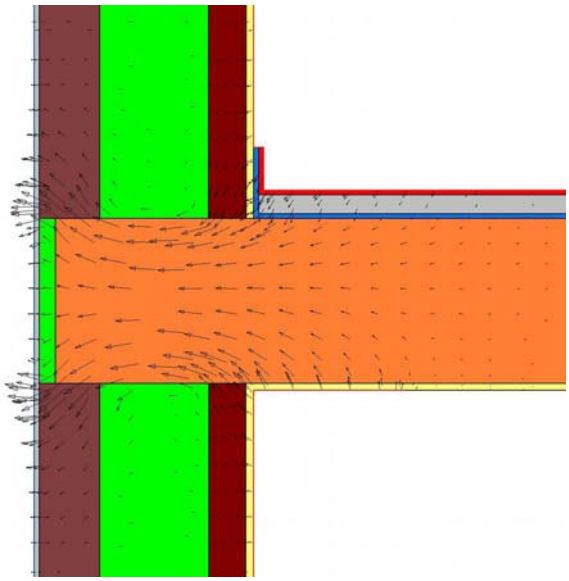
RESULTADOS



TEMPERATURAS POR COLORES



VECTORES DEL FLUJO DE CALOR



Ψ interior = 0,47 W/m·K	Ψ exterior = 0,41 W/m·K

5. COMPARACIÓN CON EL ATLAS DE PUENTES TÉRMICOS

El Atlas de Puentes Térmicos publicado por el Ministerio de Fomento como “Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía. Código Técnico de la Edificación. DA-DB-HE/ 3 Puentes Térmicos”, facilita dos situaciones en el caso de puentes térmicos de frentes de forjado:

- Grupo 1.- Frentes de forjado con continuidad del aislamiento de fachada

		Ψe [W/mK]			Ψi [W/mK]		
		Espesor forjado (cm)			Espesor forjado (cm)		
		25	**30**	**35**	**25**	**30**	**35**
U_{muro} [W/m²K]	**0,73**	0,02	0,02	0,02	0,25	0,29	0,33
	0,44	0,01	0,01	0,01	0,15	0,17	0,19
	0,31	0,00	0,00	0,00	0,10	0,12	0,13
	0,27	0,00	0,00	0,00	0,09	0,10	0,12
	0,24	0,00	0,00	0,00	0,08	0,09	0,10

- Grupo 2.- Frentes de forjado sin continuidad del aislamiento de fachada

		Ψe [W/mK]			Ψi [W/mK]		
		Espesor forjado (cm)			Espesor forjado (cm)		
		25	**30**	**35**	**25**	**30**	**35**
U_{muro} [W/m²K]	**0,73**	0,64	0,70	0,76	0,88	0,97	1,07
	0,44	0,67	0,74	0,81	0,81	0,91	0,99
	0,31	0,65	0,72	0,79	0,75	0,84	0,92
	0,27	0,64	0,71	0,78	0,72	0,81	0,89
	0,24	0,62	0,69	0,76	0,70	0,78	0,86

Con este estudio **añadimos un GRUPO 3 al Atlas:**

- Grupo 3.- Frente de forjado aislado sin continuidad del aislamiento de fachada

		Ψe [W/mK]			Ψi [W/mK]		
		Espesor del forjado (cm)			Espesor del forjado (cm)		
		25	30	35	25	30	35
U muro W/m²·K	0,44	0,46	0,47	0,55	0,31	0,31	0,36
	0,31	0,43	0,45	0,55	0,33	0,33	0,42
	0,27	0,43	0,46	0,53	0,34	0,36	0,41
	0,24	0,42	0,45	0,52	0,34	0,36	0,42
	0,15	0,38	0,40	0,47	0,33	0,34	0,41