



INFORME DE ENSAYO Nº:

115318

CLIENTE	CEBE INGENIRIA Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS S.L.U.
DIRECCIÓN	RODRIGUEZ ARIAS 4, 2º drcha 48008 BILBAO, BIZKAIA
OBJETO	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DEL COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA «U» (EN ISO 6946:2024)
MUESTRA ENSAYADA	PIEZA DE ENCAJE PARA SOLERAS REF. «GAP»
FECHA DE RECEPCIÓN	11.10.2024
FECHAS DE ENSAYO	17.11.2024 – 30.01.2025
FECHA DE EMISIÓN	06.02.2025

Ainhoa Galparsoro
Técnico Laboratorio
Laboratorio de Seguridad / Lab_Services



- Los resultados del presente informe conciernen, única y exclusivamente al material ensayado.
- Este informe no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de FUNDACIÓN TECNALIA R&I, excepto cuando lo sea de forma íntegra.
(*) Información aportada por el cliente. Tecnalia no se hace responsable de la información aportada por el cliente y esta información no está cubierta por la acreditación.





1. ANTECEDENTES

El 11 de octubre de 2024 se recibieron en TECNALIA, enviados por la empresa CEBE INGENIERIA planos descriptivos de la pieza de material homogéneo para su uso en soleras.

(*) Las características de la pieza a estudiar son:

- Referencia: « **GAP** »
- Material: Poliestireno expandido, EPS
- Densidad del material: 30 kg/m^3
- Conductividad térmica del material: $0,032 \text{ W/mK}$

El ensayo solicitado se corresponde con la “determinación de la Resistencia y Transmitancia térmica para elementos de construcción” según la norma EN ISO 6946, siendo una metodología de cálculo.

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente informe es caracterizar térmicamente la pieza de EPS, “GAP”. Para ello se calculará la transmitancia térmica del sistema constructivo, pieza GAP con planchas de poliestireno extruido a sus lados y con 50 mm de hormigón por la parte superior, simulando el comportamiento real en obra.

El cálculo de la resistencia térmica, según la EN ISO 6946:2017 “*Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo*”, basada en calcular la transmitancia térmica del conjunto. Está fundamentado en las conductividades térmicas o resistencias térmicas de diseño apropiadas de los materiales y productos utilizados. Este método se aplica a componentes y elementos constituidos por capas térmicamente homogéneas.

3. HIPOTÉISIS DE CÁLCULO

3.1. Método computacional

El cálculo o la simulación se ha realizado utilizando el programa THERM 7.7, desarrollado en el Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). Se trata de una herramienta informática basada en el método de elementos finitos para la resolución de la ecuación de transmisión de calor bidimensional.

El cálculo se realiza importando al software las secciones correspondientes a la pieza y creando sobre ésta el modelo a simular mediante combinaciones de polígonos. Es necesario definir las propiedades de los materiales involucrados, así como las condiciones de contorno a aplicar. Con esta información, THERM realiza el mallado para el análisis por elementos finitos y el cálculo de la transferencia de calor en el sistema simulado. De esta forma, se calcula la transmitancia térmica de las superficies a evaluar.

Esta herramienta computacional ha sido convenientemente testada mediante los ejemplos de cálculo propuestos por diferentes normativas, como EN ISO 10077-2:2018 «*Thermal performance of windows, doors and shutters- Calculation of thermal transmittance*», o UNE EN 1745:2020 «*Fábrica de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto*».

3.2.Principios del cálculo

La norma EN ISO 6946 proporciona el método de cálculo de la resistencia y transmitancia térmica de los componentes y elementos de edificación, exceptuando puertas, ventanas y otros componentes vidriados, componentes que implican transmisión de calor hacia el terreno, y componentes a través de los cuales el aire puede penetrar. El software empleado cumple con las exigencias de cálculo indicadas por la norma.

El método de cálculo está basado en las conductividades térmicas o resistencias térmicas de diseño apropiadas de los materiales y productos utilizados. Se aplica a componentes y elementos constituidos por capas térmicamente homogéneas (que pueden incluir cámaras de aire).

En cuanto a las resistencias superficiales, se usarán las resistencias superficiales especificadas en la norma EN ISO 6946, en el cual, los valores de la columna “horizontal” se aplicarán a direcciones de flujo de calor de $\pm 30^\circ$ desde el plano horizontal.

Resistencias superficiales (en $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)

	Dirección del flujo de calor		
	Hacia arriba	Horizontal	Hacia abajo
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

NOTA – Los valores de la tabla 1 son valores de diseño. Para declarar la transmitancia térmica de los componentes y otros casos donde se requieren valores independientes de la dirección del flujo de calor, se recomienda utilizar los valores de flujo de calor horizontal.

La resistencia térmica total, R_T , de un elemento de edificación constituido por capas térmicamente homogéneas perpendiculares al flujo de calor se calculará según la siguiente expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots R_n + R_{se}$$

donde, R_{si} y R_{se} son las resistencias superficiales interior y exterior, respectivamente. Y R_1 , R_2 , ... R_n son las resistencias térmicas de diseño de cada capa.

Y en cuanto a la transmitancia térmica, ésta se define como:

$$U = \frac{1}{R_T}$$



3.3. Características de la muestra

La pieza a simular es una pieza de encaje de EPS que se usa para encajar y colocar los paneles comerciales de XPS y poder verter la capa de compresión de hormigón en la solera. El cliente proporcionó las secciones verticales y horizontales de la pieza mostrando su diseño. La pieza está constituida de un único material, poliestireno expandido EPS.

Se van a estudiar dos modelos de **GAP**, la primera denominada GAP10 y la segunda GAP15. El modelo GAP10 se caracteriza por la altura de la parte inferior de la pieza, que es de 40 mm, creando por tanto una cámara de aire estanca de 40 mm con el terreno. El modelo GAP15 se caracteriza dispone de 90 mm en la parte inferior y crea una cámara de aire estanca de 90 mm con el terreno.

En el anexo se muestran las secciones de la pieza, y detalles descriptivos de ambos modelos.

Se listan los valores de conductividad térmica de los materiales que han sido utilizados en el cálculo:

Material	λ (W/m·K)
Material de la pieza GAP, EPS	0,032
Panel comercial de XPS	0,033
Hormigón de solera	1,65

Tabla 1. Conductividad térmica de los componentes. Fuente: Norma EN 12524

La emisividad de las superficies contiguas a cámaras de aire se considera igual a 0,9 (en ausencia de datos), según la norma. A su vez, el rango del flujo de calor considerado en los huecos se ha representado por una conductividad equivalente λ_{equi} de acuerdo con la norma EN ISO 6496. Esta conductividad térmica equivalente incluye el flujo de calor por conducción, convección y radiación y depende de la geometría del hueco y de los materiales colindantes.

Las temperaturas de los ambientes a ambos lados se han establecido en 20°C en el lado interior, y en 0°C en el exterior. Desde un punto de vista teórico, estos valores no influyen en el resultado final, puesto que el valor de U se da por grado de diferencia, y el modelo realizado mantiene las propiedades térmicas de los materiales constantes a cualquier temperatura.

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de Transmitancia térmica de la pieza en uso final:

Se consideran dos posibilidades:

- El uso del producto GAP con planchas de XPS, pero sin capa superior de hormigón.
- Uso del producto GAP con planchas de XPS con 50mm de hormigón por encima.

Para ambos casos, se ha tomado la sección horizontal (corte A-A') pero en uso real; con paneles de XPS a su alrededor y capa de hormigón de 5 cm en la parte superior, y sin capa de hormigón. Y se calculan las transmitancias térmicas:

Con planchas de XPS y sin hormigón:

	GAP 10 solo aislamiento	GAP 15 solo aislamiento
Transmitancia térmica, U (W/m ² K)	0,30 W/m ² K	0,15 W/m ² K
Resistencia térmica, R (m ² K/W)	3,11 m ² K/W	6,57 m ² K/W

Con planchas de XPS y con 50mm de hormigón por encima:

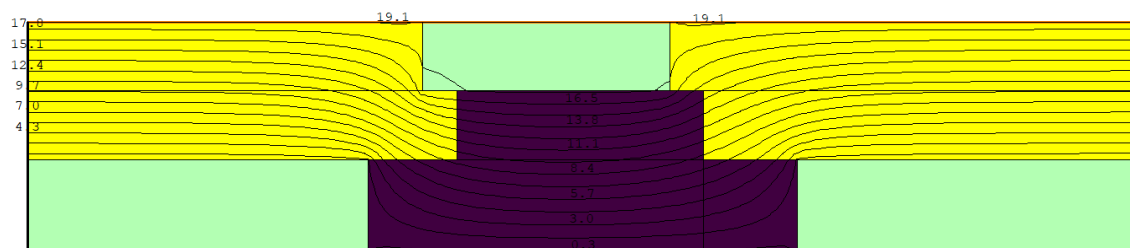
	GAP 10 con 50mm HA	GAP 15 con 50mm HA
Transmitancia térmica, U (W/m ² K)	0,30 W/m ² K	0,15 W/m ² K
Resistencia térmica, R (m ² K/W)	3,08 m ² K/W	6,57 m ² K/W

La transmitancia térmica se evalúa para una longitud proyectada de 188,5mm en el eje X.

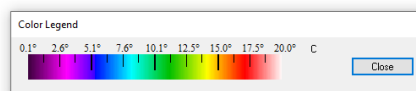
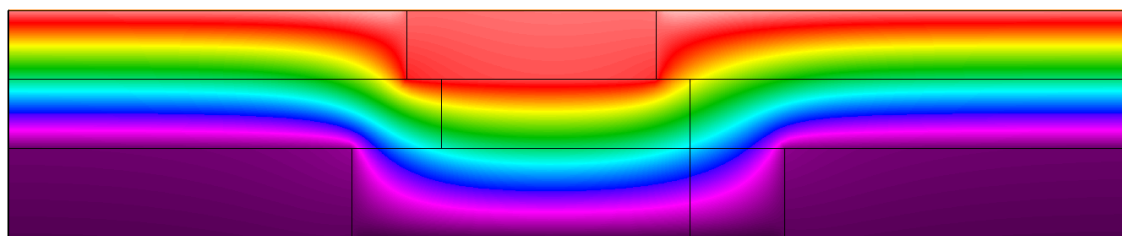
A tener en cuenta las resistencia superficiales del apartado anterior, $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ para flujo de calor descendente. Y se calcula la resistencia térmica según el apartado anterior.

Las distribuciones de temperatura y de calor del GAP 10 sin hormigón, se muestran a continuación:

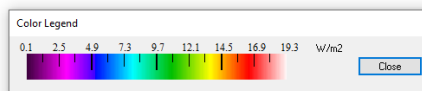
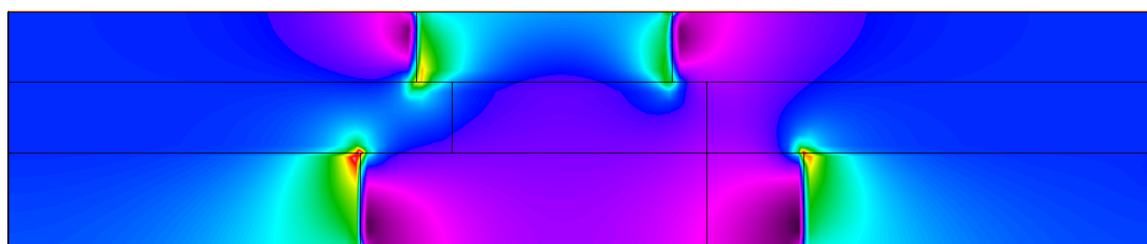
Corte A-A:



Distribucion de isotermas



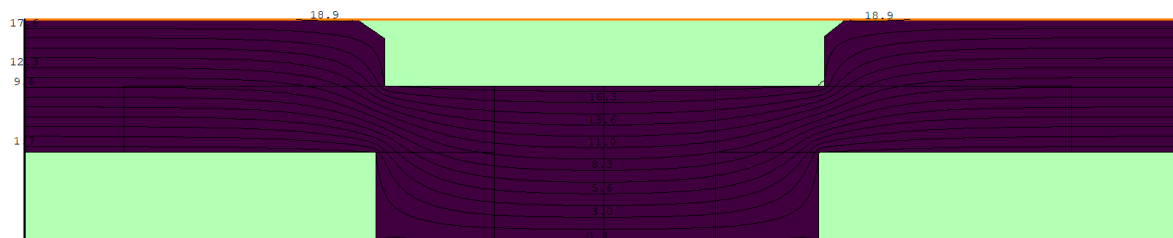
Distribucion de temperaturas



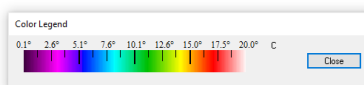
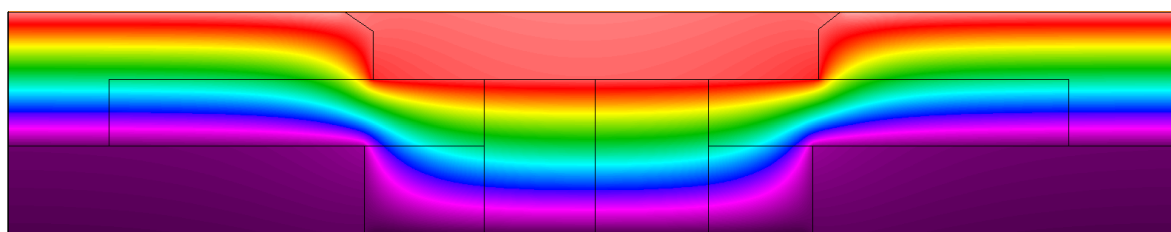
Distribucion de calor



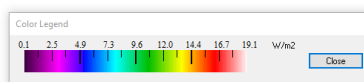
Corte C-C:



Distribucion de isotermas



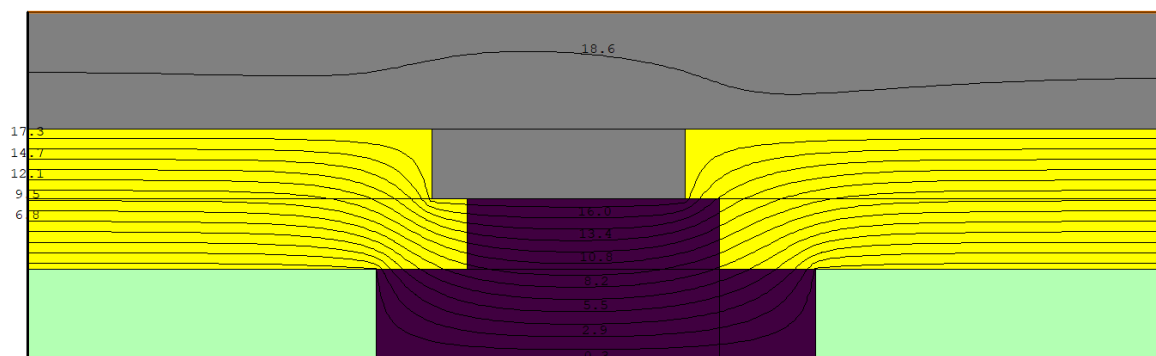
Distribucion de temperaturas



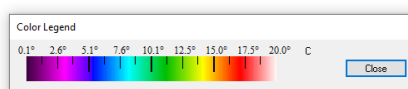
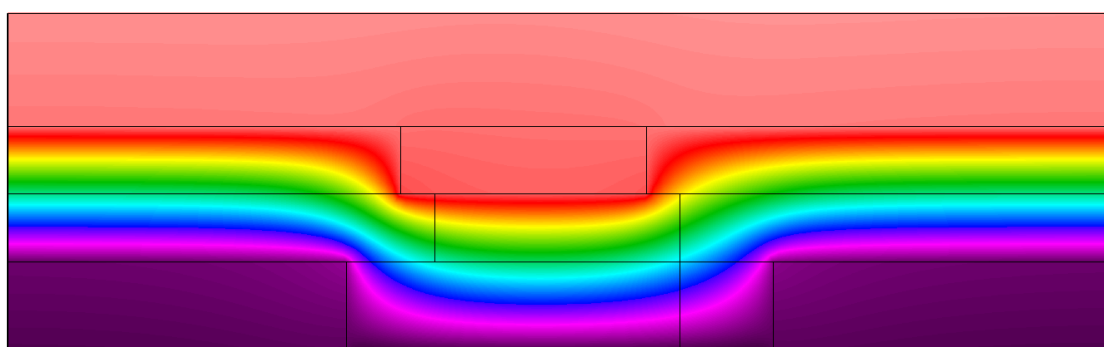
Distribucion de calor

Las distribuciones de temperatura y de calor del GAP 10, se muestran a continuación:

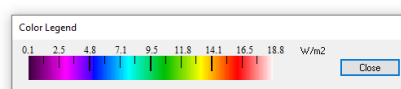
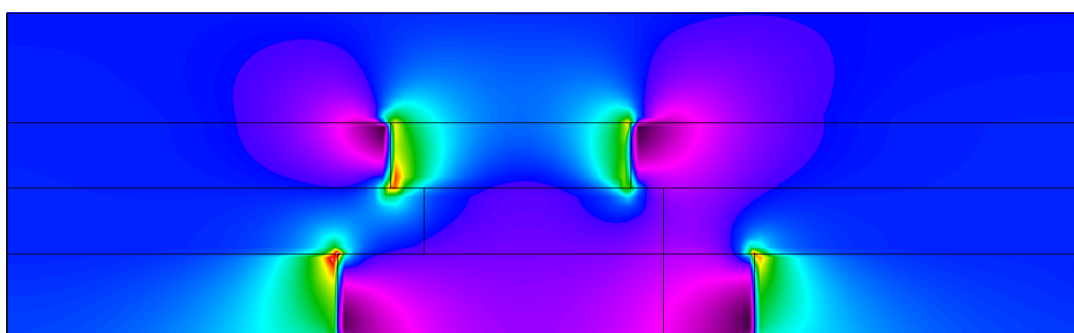
Corte A-A:



Distribución de isotermas en GAP10



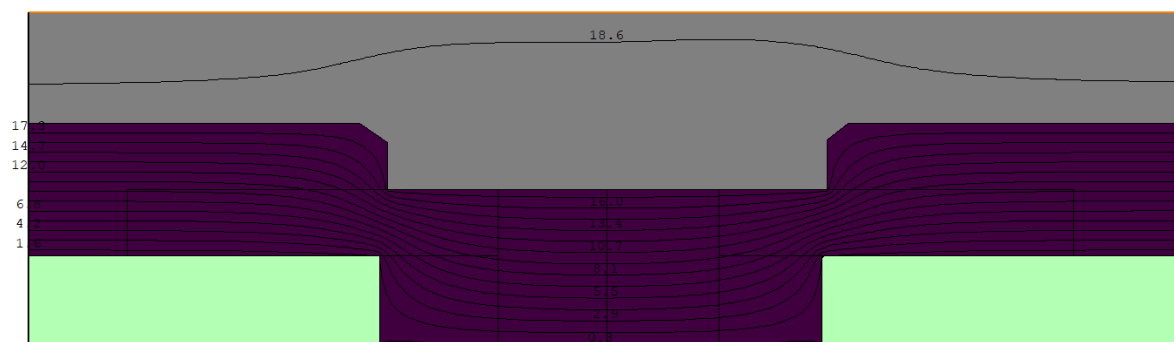
Distribución de temperaturas en GAP10



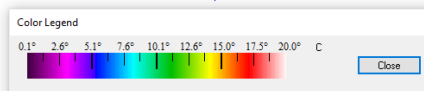
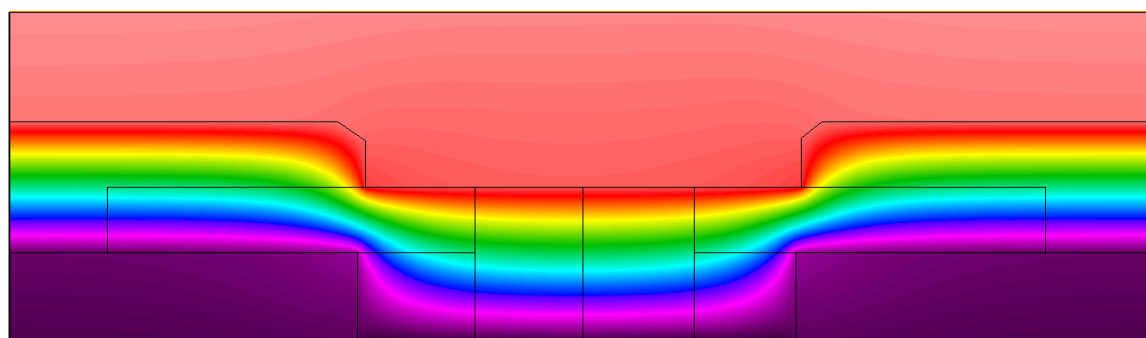
Distribución de flujo de calor en GAP10



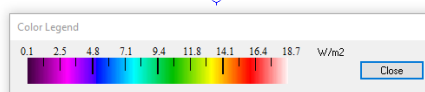
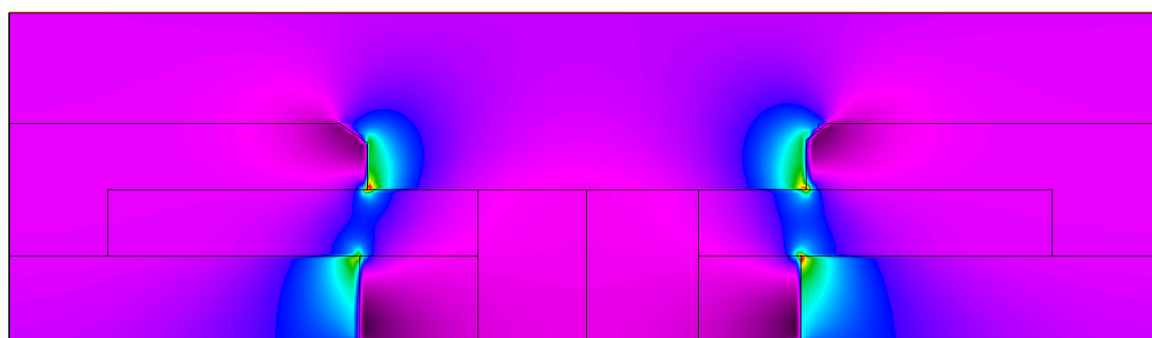
Corte C-C:



Distribucion de isotermas



Distribucion de temperaturas

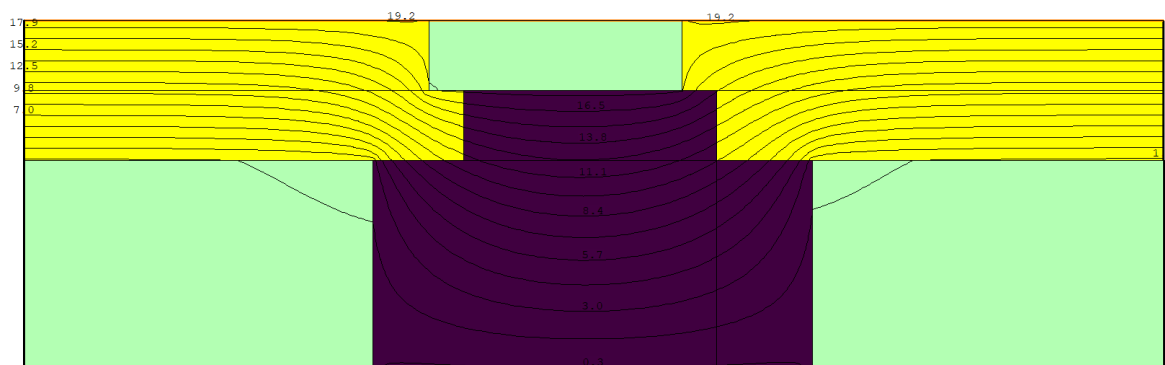


Distribucion de calor

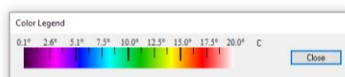
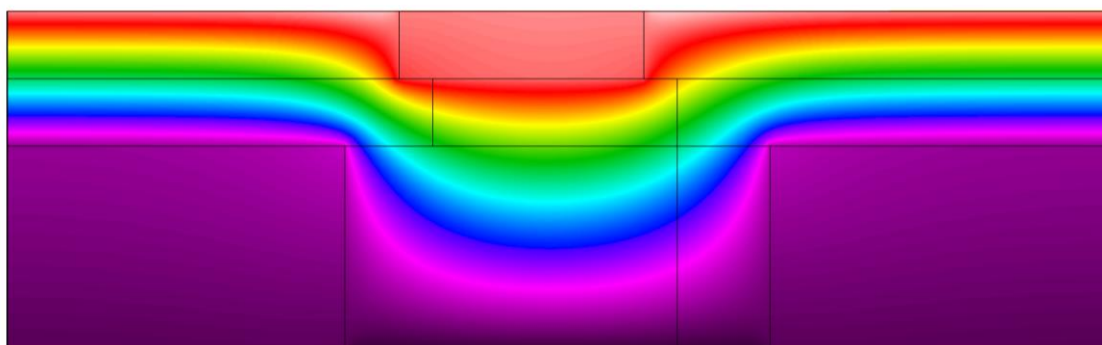


Las distribuciones de temperatura y de calor del GAP 15 sin hormigón:

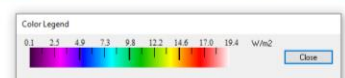
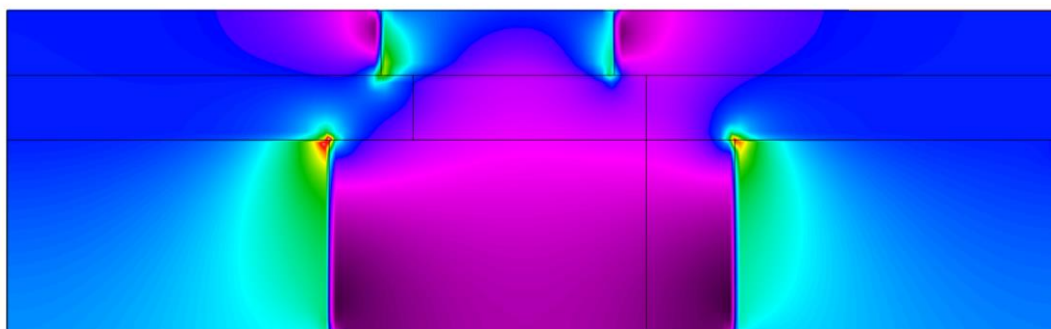
Corte A-A:



Distribucion de isotermas GAP15 sin hormigon



Distribución de temperaturas en GAP15 sin hormigon

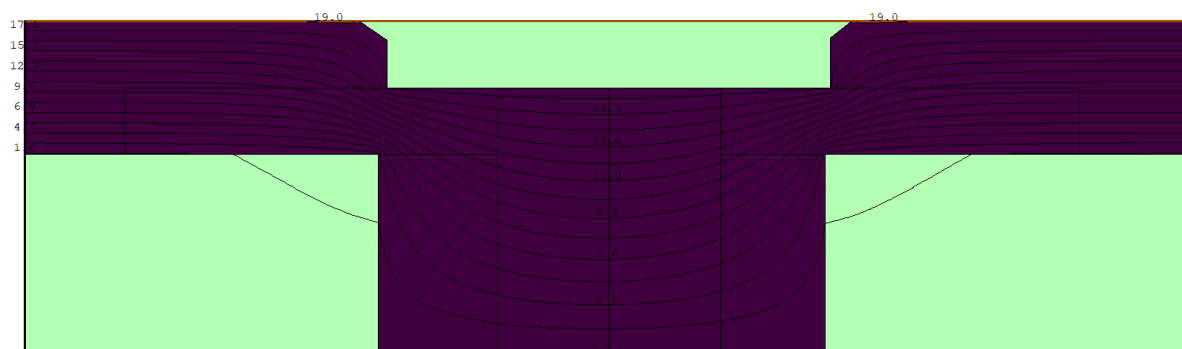


Distribución de flujo de calor en GAP15 sin hormigon

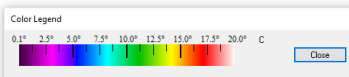
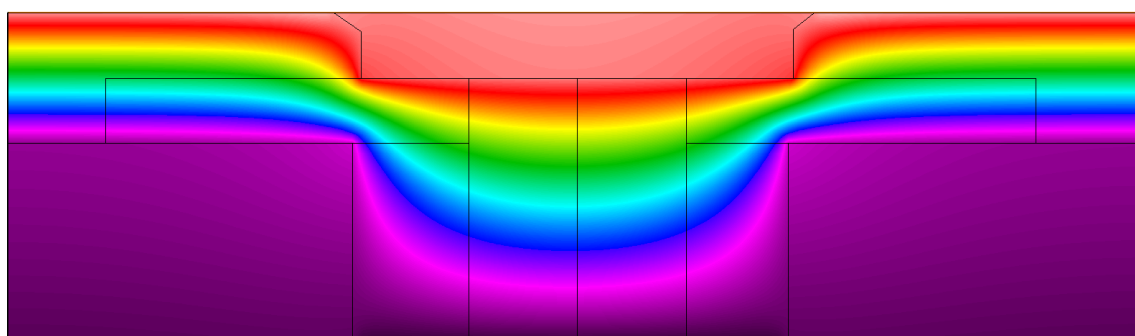




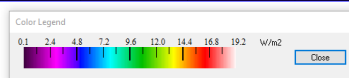
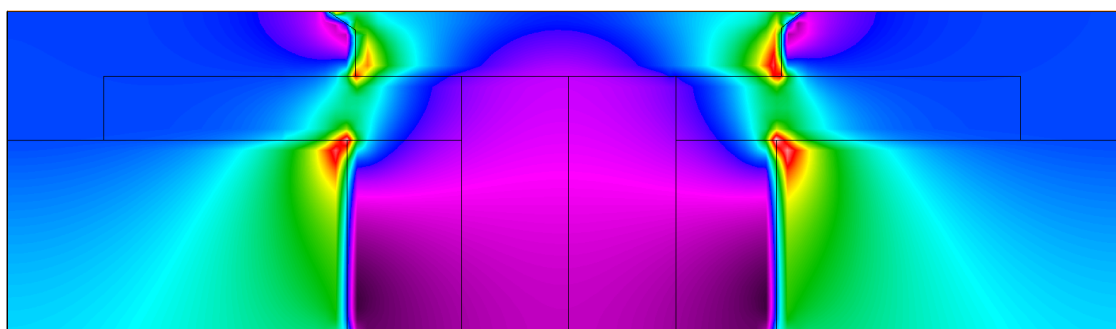
Corte C-C:



Distribucion de isotermas



Distribucion de temperaturas

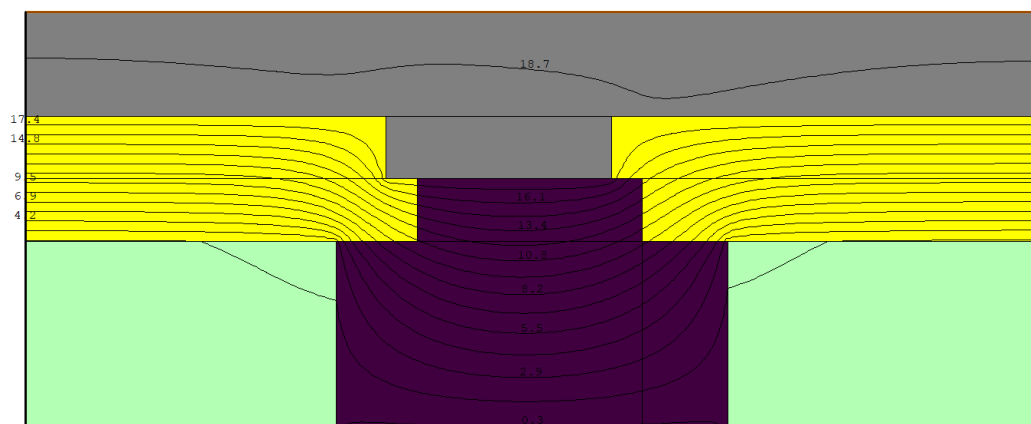


Distribucion de calor

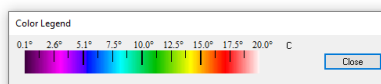
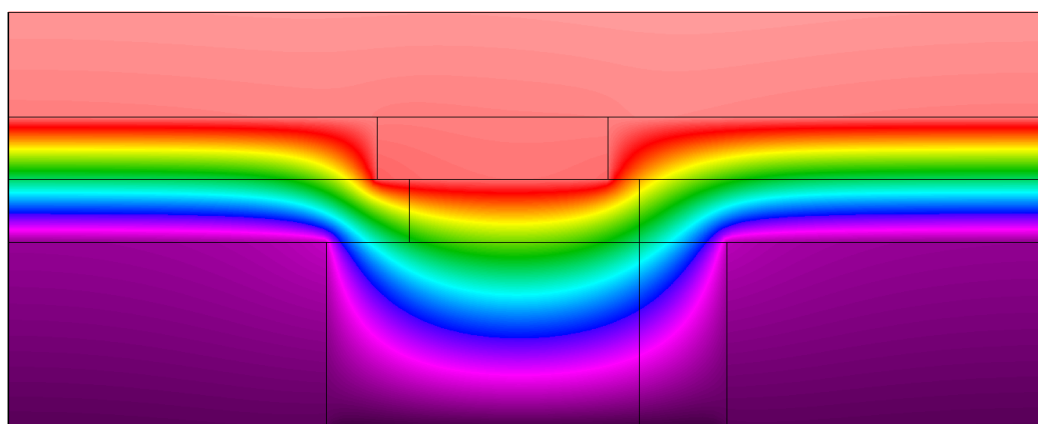


Las distribuciones de temperatura y de calor del GAP 15 con hormigón:

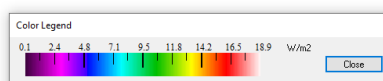
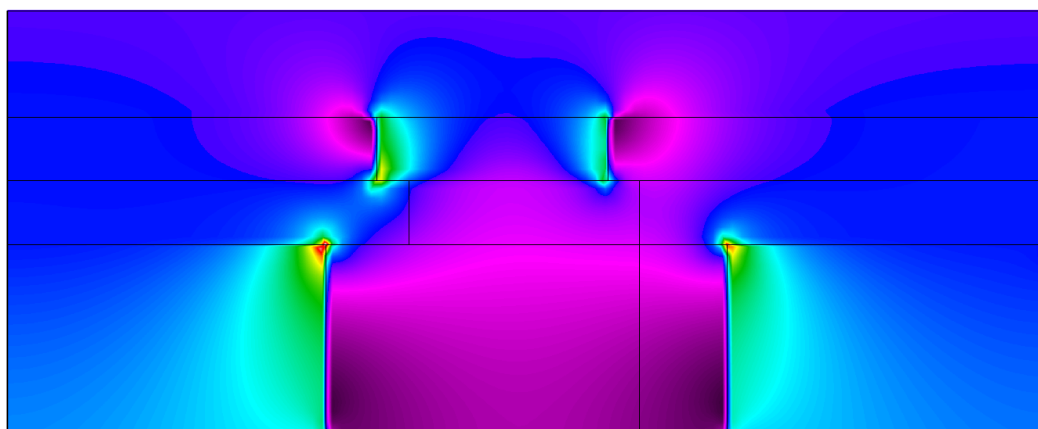
Corte A-A:



Distribución de isoterma en GAP15 en uso final



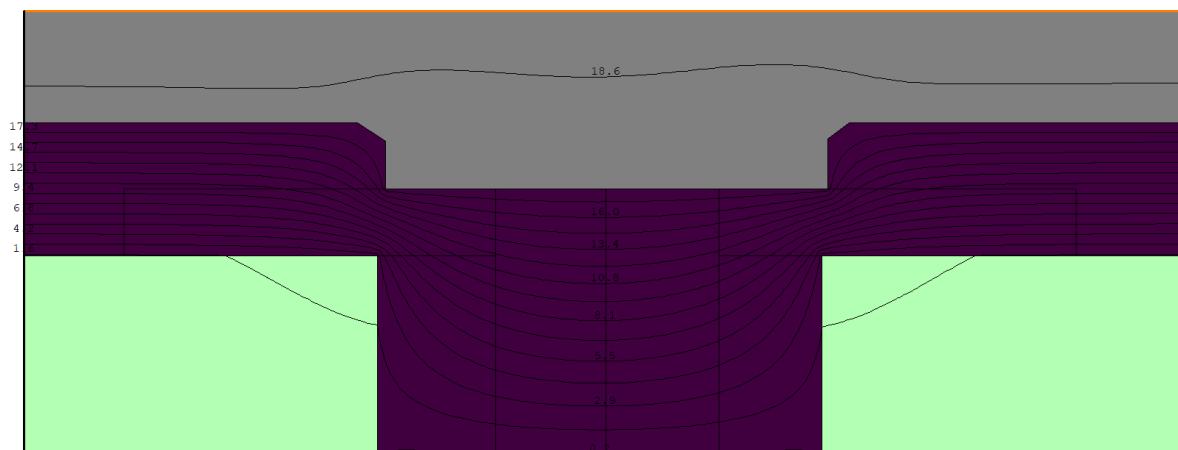
Distribución de temperaturas en GAP15 en uso final



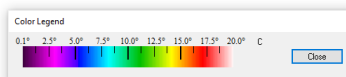
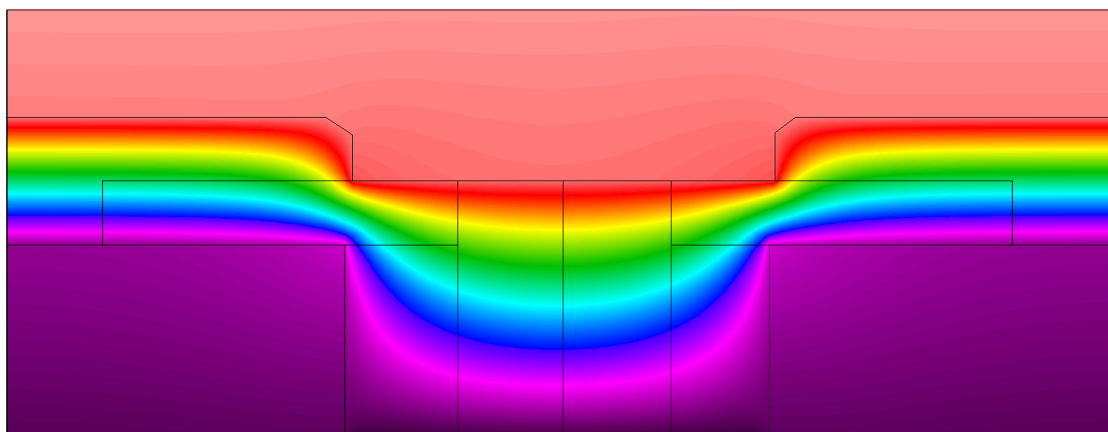
Distribución de flujo de calor en GAP15 en uso final



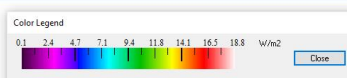
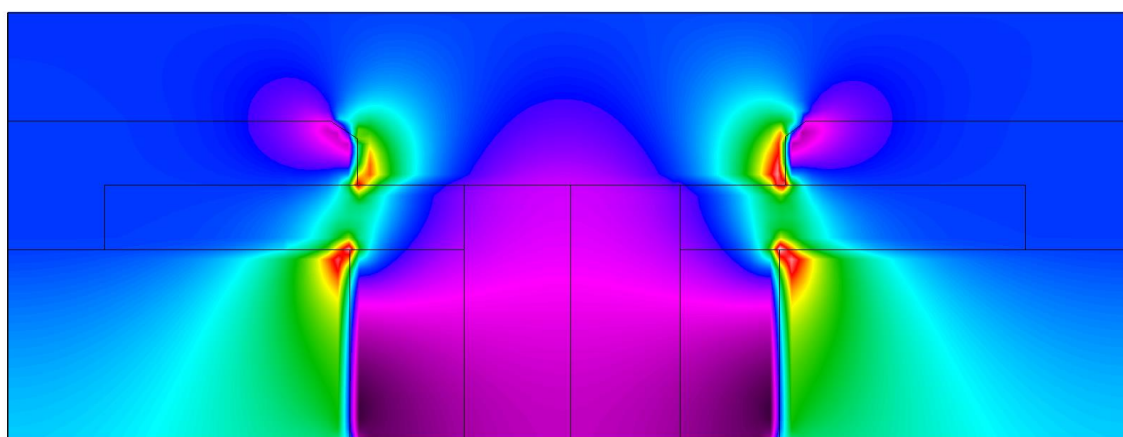
Corte C-C:



Distribucion de isotermas



Distribucion de temperaturas



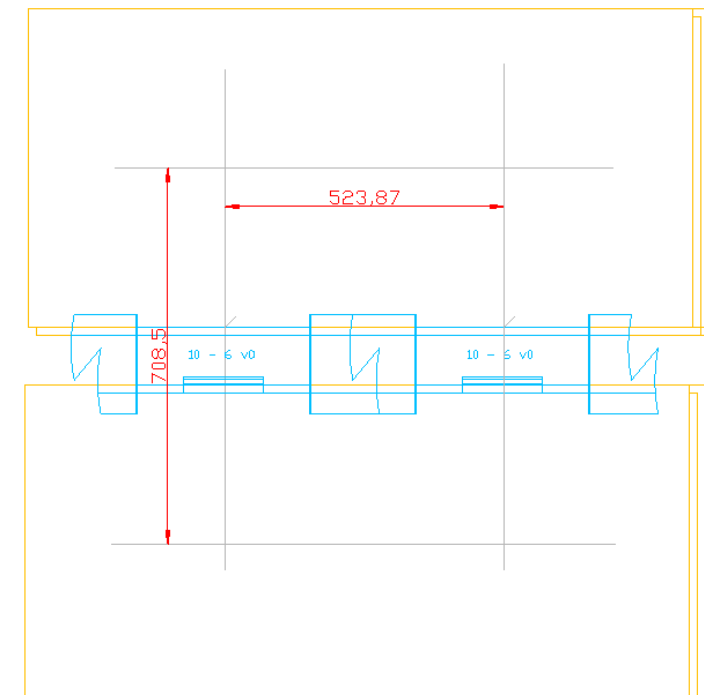
Distribucion de calor



4.2. Resultados de Transmitancia térmica de la pieza en una superficie real:

Para este caso, se ha tomado la condicion de la situacion anterior pero para el caso de una superficie de solera de las siguientes características: (708,5 x 523,87)mm de intereje.

Y se calcula la transmitancia térmica:



La pieza GAP ha sido caracterizada en el apartado anterior, y el resto de los materiales que conforman la superficie se caracterizan como sigue:

	18.5
17.3	16.0
14.7	13.4
12.1	10.8
9.6	8.3
7.0	5.7
4.4	3.1
1.9	0.6

- $U_{(resto)} = 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ para una longitud proyectada de 188,5mm en el eje X en el caso del GAP10 y
- $U_{(resto)} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ para una longitud proyectada de 188,5mm en el eje X en el caso del GAP15.

Por tanto, para unas dimensiones de 523,87mm de ancho y 708,5mm de alto, las transmitancias térmicas obtenidas de todo el conjunto es:

Con planchas de XPS y sin hormigón por encima:

	GAP 10 solo aislamiento	GAP 15 solo aislamiento
Transmitancia térmica, U (W/m ² K)	0,45 W/m ² K	0,40 W/m ² K
Resistencia térmica, R (m ² K/W)	2,03 m ² K/W	2,27 m ² K/W

Con planchas de XPS y con 50mm de hormigón por encima:

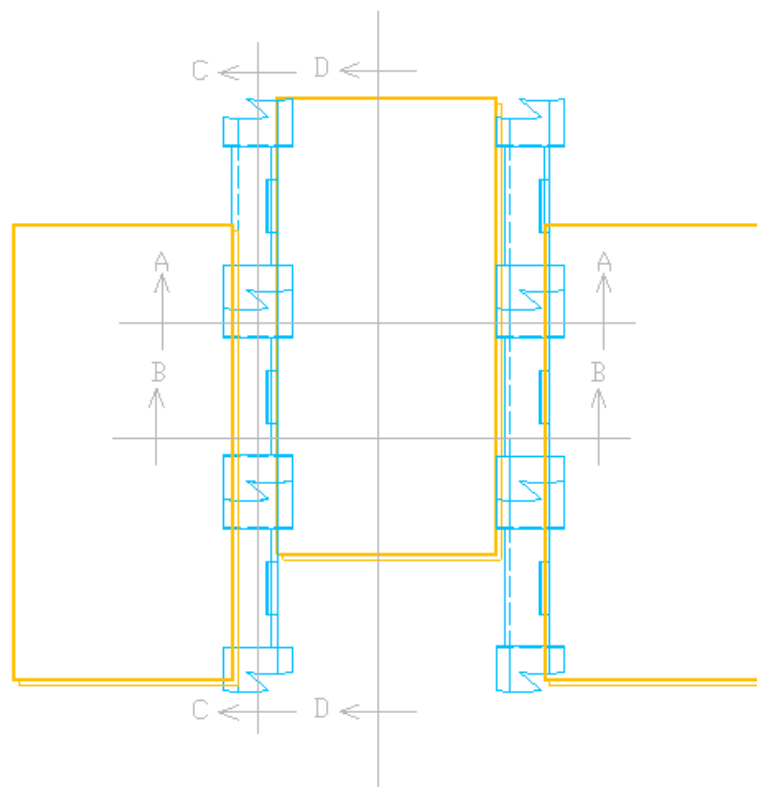
	GAP 10 con hormigón	GAP 15 con hormigón
Transmitancia térmica, U (W/m ² K)	0,43 W/m ² K	0,40 W/m ² K
Resistencia térmica, R (m ² K/W)	2,10 m ² K/W	2,31 m ² K/W

Teniendo en cuenta que las resistencias superficiales del apartado anterior, $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ para flujo de calor descendente.

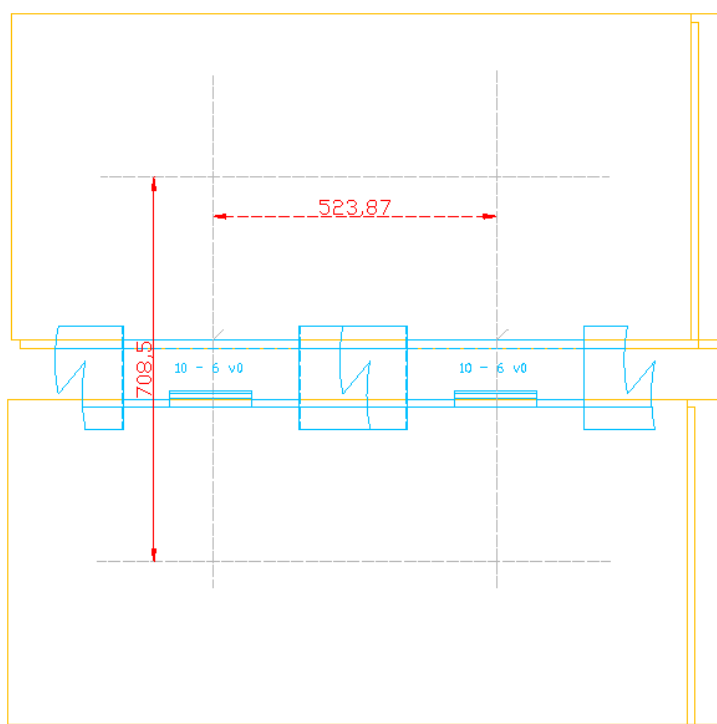
NOTA: Los valores de transmitancia térmica del sistema (*U*) recogidos en este informe corresponden a unas dimensiones de pieza determinados, cualquier variación en los mismos dará lugar a variaciones en el resultado.

5. ANEXOS

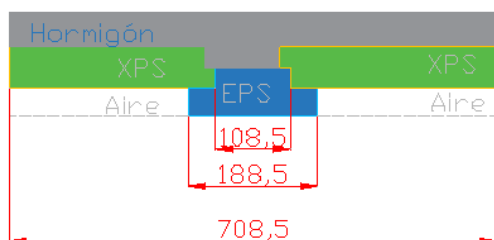
SECCIONES SIMULADAS



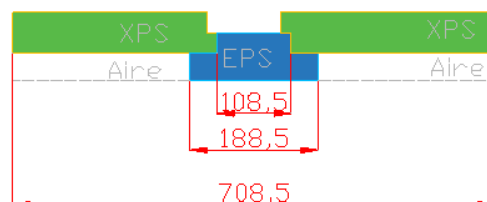
Sistema montado



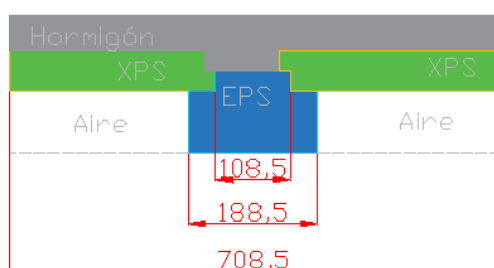
GAP 10



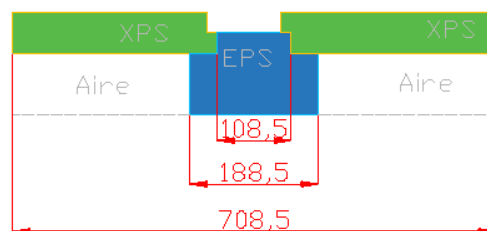
GAP 10



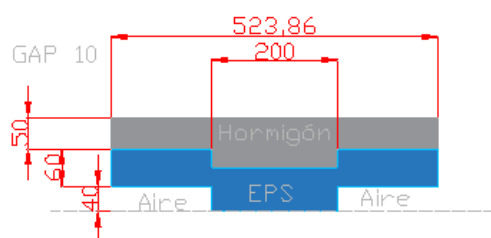
GAP 15



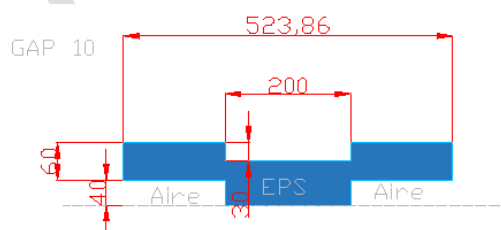
GAP 15



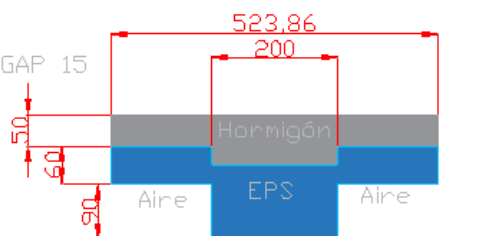
A-A sistema completo



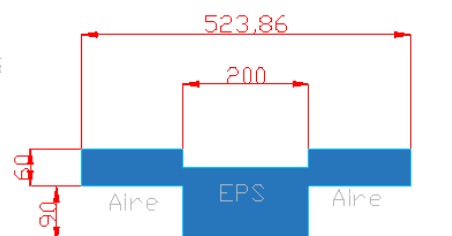
Sección A-A sólo aislamiento



GAP 15



GAP 15



Sección C-C sistema completo

Sección C-C sólo aislamiento