CIDEMCO
CENTRO DE INVESTIGACION TECNOLOGICA

Pol. Lasao, Área Anardi nº 5
Apartado 134 P.O. Box
20730 Azpeitia (Guipúzcoa) SPAIN
Tel. +34 943816800
Fax +34 943816074
Email: cidemco@cidemco.es
www.cidemco.es

INFORME DE ENSAYO

CLIENTE: **VEKAPLAST IBERICA, S.A.**

SOLICITANTE: **ANTONIO REVILLA**

DIRECCIÓN: **POL. IND. VILLALONQUÉJAR, C/ LÓPEZ BRAVO, 58 APDO. 147, 09001 BURGOS**

MATERIAL ENSAYADO: **VENTANA PVC OSCILOBATIENTE 2 HOJAS CON CAPIALZADO, REF. «Sistema SOFTLINE (SL-DJ-13 mm) CAPIALZADO EUROSTAR 200»**

OBJETO DE LA PETICIÓN: **CÁLCULO TEÓRICO DEL COEFICIENTE DE TRASMISIÓN TÉRMICA (UNE-EN ISO 10077-1)**

FECHA DE RECEPCIÓN:	**16.03.2005**
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO:	**04.04.2005**
FECHA DE FINALIZACIÓN DEL ENSAYO:	**11.04.2005**
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	**13.06.2005**

Los resultados recogidos en este informe solo se refieren al material recibido y sometido a ensayo en este Centro de Investigación en las fechas indicadas.

Este Informe consta de veintiocho (28) páginas y no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de CIDEMCO, excepto cuando lo sea de forma íntegra.

CIDEMCO · CENTRO DE INVESTIGACION TECNOLOGICA · TEKNOLOGI IKERTEGIA

Iñigo Urra	**Sergio Saiz**	**Asier Maiztegi**
Técnico Área Eficiencia Energética	**Resp. Área Eficiencia Energética**	**Director Dpto. Construcción**
Dpto. Construcción	**Dpto. Construcción**	

CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS

El día 16 de marzo de 2005 se recibieron en CIDEMCO, procedentes de la empresa VEKAPLAST IBERICA, S.A. los planos de detalle de los perfiles de una ventana de PVC oscilobatiente de 2 hojas con capialzado de dimensiones (1.340 x 1.340) mm referenciada como **«Sistema SOFTLINE (SL-DJ-13 mm) CAPIALZADO EUROSTAR 200»** con un acristalamiento tipo 4-16-4 mm. El tipo de gas de relleno es aire y los materiales correspondientes al marco de la ventana se detallan a continuación.

- Policloruro de Vinilo – rígido (PVC)
  - Conductividad térmica: K = 0,17 W/m K
- Juntas de estanqueidad y de acristalamiento EPDM
  - Conductividad térmica: K = 0,25 W/m K
- Refuerzos de Acero Galvanizado
  - Conductividad térmica: K = 50 W/m K

El doble acristalamiento utilizado para el cálculo teórico del coeficiente de transmisión térmica (UNE-EN ISO 10077-1) responde al siguiente esquema:

Figura 1. Detalle del Doble Acristalamiento

El **vidrio 1**, es un vidrio flotado de 4 mm de espesor cuyas características se muestran en la Tabla 1. El **vidrio 2** es, a su vez, un vidrio flotado de 4 mm de espesor y de idénticas características al vidrio 1. La cámara de aire es de 16 mm de espesor.

De esta forma, las características ópticas correspondientes al doble acristalamiento empleado en el cálculo teórico del coeficiente de transmisión térmica se enumeran a continuación:

	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	E1	E2	Cond. (W/m K)
Vidrio 1	0,840	0,080	0,080	0,900	0,08	0,08	0,840	0,840	0.900
Vidrio 2	0,840	0,080	0,080	0,900	0,08	0,08	0,840	0,840	0.900

Tabla 1. Características del doble acristalamiento empleado. Datos obtenidos del programa Window 6.0 Research version del LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory)

Donde **T** es la transmisión, **R** la reflexión y **E** la emisividad. **"sol"** hace referencia a la radiación solar y **"vis"** al espectro visible.

Una vez determinado el acristalamiento, el coeficiente de transmisión térmica del mismo en el área central resulta ser:

$$U_g = 2{,}7290 \quad W/(m^2 K)$$

En el Anexo del presente informe figuran planos detallados de las secciones de la ventana objeto de ensayo.

ENSAYO SOLICITADO

El ensayo solicitado responde al ***cálculo teórico del coeficiente de transmisión térmica*** de ventana en conformidad con la norma UNE-EN ISO 10077-1:2001. "***Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 1: método simplificado".***

Dicha norma establece la posibilidad de realizar el cálculo del mencionado coeficiente de transmisión térmica para marcos mediante herramientas de simulación en base a elementos finitos, según se especifica en la UNE-EN ISO 10077-2:2001 "***Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 2: método numérico para marcos".***

ENSAYO REALIZADO

El ensayo realizado consiste en la simulación de la ventana descrita en el presente informe en base a la norma UNE-EN ISO 10077.

Con objeto de llevar a cabo la simulación se dispone de una aplicación desarrollada por el **Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)** y validada por CIDEMCO según la metodología expuesta en la norma UNE-EN ISO 10077-2:2001 – Anexo normativo D "Ejemplos para la validación de Programas de Cálculo".

RESISTENCIAS SUPERFICIALES

Las resistencias superficiales utilizadas son las que establece la norma UNE-EN ISO 10077-2:2001 – Anexo normativo B "Resistencias Superficiales para Flujo de Calor Horizontal". Estas resistencias se indican en la Tabla 2.

Posición	Exterior (R_{se}) m^2 K / W	Interior (R_{si}) m^2 K / W
Normal (superficie plana)	0,04	0,13
Radiación/Convección reducida (en bordes o uniones entre dos superficies)*	0,04	0,20
NOTA: Estos valores corresponden a los valores de resistencias superficiales de la ISO 6946. La norma ISO 6946 proporciona información adicional sobre la influencia de la convección y la radiación en las resistencias superficiales		

Tabla 2. Resistencias Superficiales para Flujo de Calor Horizontal

CONDICIONES DE CONTORNO

Las condiciones de contorno empleadas en la simulación son las que establece la norma UNE-EN ISO 10077-2:2001 en su Anexo normativo D "Ejemplos para la validación de Programas de Cálculo". Estas condiciones se muestran en la siguiente tabla.

Key	Resistencia Superficial (R_s) m^2 K / W	Temperatura (θ) º C
A adiabatico	Infinito	-
B exterior	Ver Tabla 2	0
C interior	Ver Tabla 2	20

Tabla 3. Condiciones de Contorno

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA

1. Coeficiente de Transmisión Térmica de la Sección correspondiente al Marco (U_f).

El coeficiente de transmisión térmica correspondiente a la sección del marco, U_f, se define de la siguiente manera. En el modelo de cálculo, el vidrio o panel opaco es reemplazado por un panel aislante con una conductividad térmica λ = 0,035 W/(m K); colocado en el marco con una holgura b_1, nunca menos de 5 mm y un solape b_2 que no exceda de 15 mm. La longitud visible del panel debe de ser superior a 190 mm y el espesor debe ser el correspondiente al vidrio o panel opaco a colocar. El lado opuesto del panel se considera adiabático. El marco debe contener todos los materiales empleados en la fabricación de la ventana salvo el vidrio o panel opaco, que será reemplazado por el panel aislante.

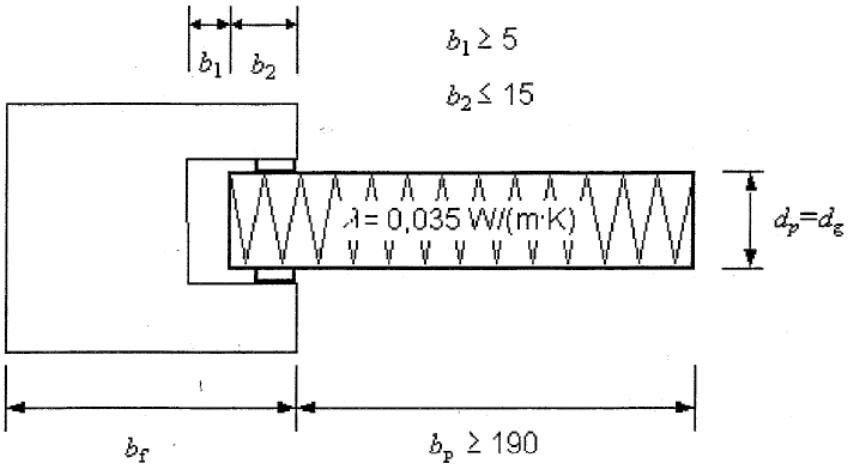


Figura 2. Perfil de la sección con el panel instalado (mm)

De esta forma se calcula la conductancia térmica en dos dimensiones L_f^{2D} de la sección que se muestra en la Figura 1 que consta del marco y el panel aislante. Una vez calculado este valor, el valor del coeficiente de transmisión térmica del marco, U_f, se define como:

$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p \cdot b_p}{b_f}$$

Donde,

U_f es el coeficiente de transmisión térmica del marco en *W/(m² K)*

L_f^{2D} es la conductancia térmica de la sección en *W/(m K)*

U_p es el coeficiente de transmisión térmica del área central del panel en *W/(m² K)*

b_f es la longitud proyectada del marco en *m*

b_p es la longitud visible del panel en *m*

2. Coeficiente de Transmisión Térmica Lineal de la unión con el vidrio o panel opaco (ψ).

El coeficiente de transmisión térmica del vidrio, U_g., se aplica al área central del vidrio y no incluye el efecto del espaciador en el borde del vidrio. El coeficiente de transmisión térmica del marco, U_f , se aplica en ausencia de vidrio. El coeficiente de transmisión térmica lineal, , refleja el flujo de calor adicional debido a la interacción entre el marco y el borde del vidrio, incluido el efecto del espaciador.

De esta forma, se procede a calcular el coeficiente de transmisión térmica lineal en dos dimensiones correspondiente al marco y al vidrio teniendo en cuenta el efecto del espaciador. Para ello, la sección del marco, con su longitud proyectada, b_f, y su coeficiente de transmisión térmica, U_f (anteriormente calculado) se completan con la longitud visible del vidrio, b_g y su coeficiente de transmisión térmica U_g, según se indica en la Figura 3.

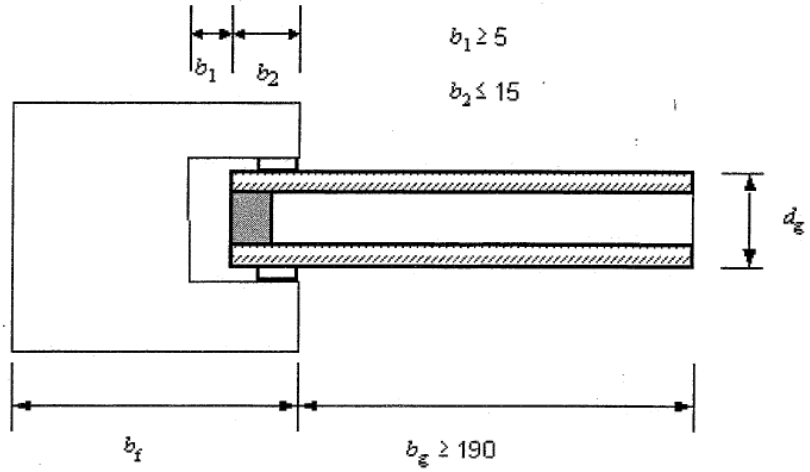


Figura 3. Perfil de la sección con vidrio instalado (mm)

De esta forma, el coeficiente de transmisión térmica lineal se calcula según la siguiente expresión:

$$\psi = L_{\psi}^{2D} - U_f \cdot b_f - U_g \cdot b_g \text{ en } W/(m\ K)$$

Donde,

ψ es el coeficiente de transmisión térmica lineal en *W/ (m K)*

L_{ψ}^{2D} es la conductancia térmica de la sección en *W/ (m K)*

U_f es el coeficiente de transmisión térmica del marco en *W/ (m^2 K)*

U_g es el coeficiente de transmisión térmica del área central del vidrio en *W/ (m^2 K)*

b_f es la longitud proyectada del marco en *m*

b_g es la longitud visible del vidrio en *m*

3. Determinación del Coeficiente de Transmisión Térmica (U_f) y del Coeficiente de Transmisión Térmica Lineal (ψ) para cada una de las Secciones de Cálculo.

La ventana objeto de ensayo consta de cuatro secciones diferentes. Dichas secciones se representan a continuación.

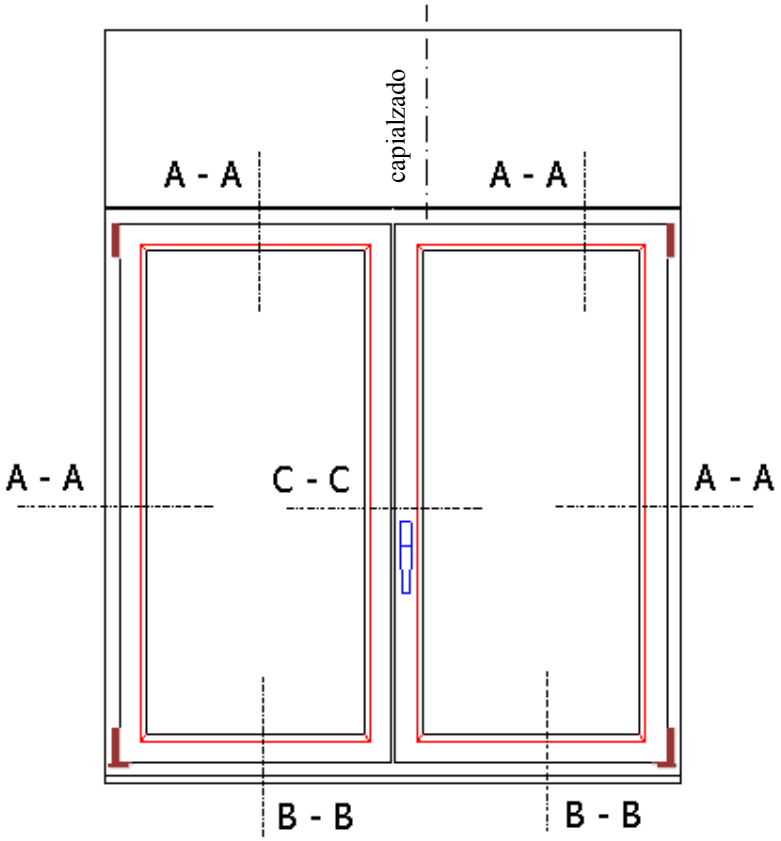


Figura 4. Secciones de la ventana objeto de ensayo.

Sección A-A

Cálculo del Coeficiente de Transmisión Térmica, U_f, para el marco de la sección A-A

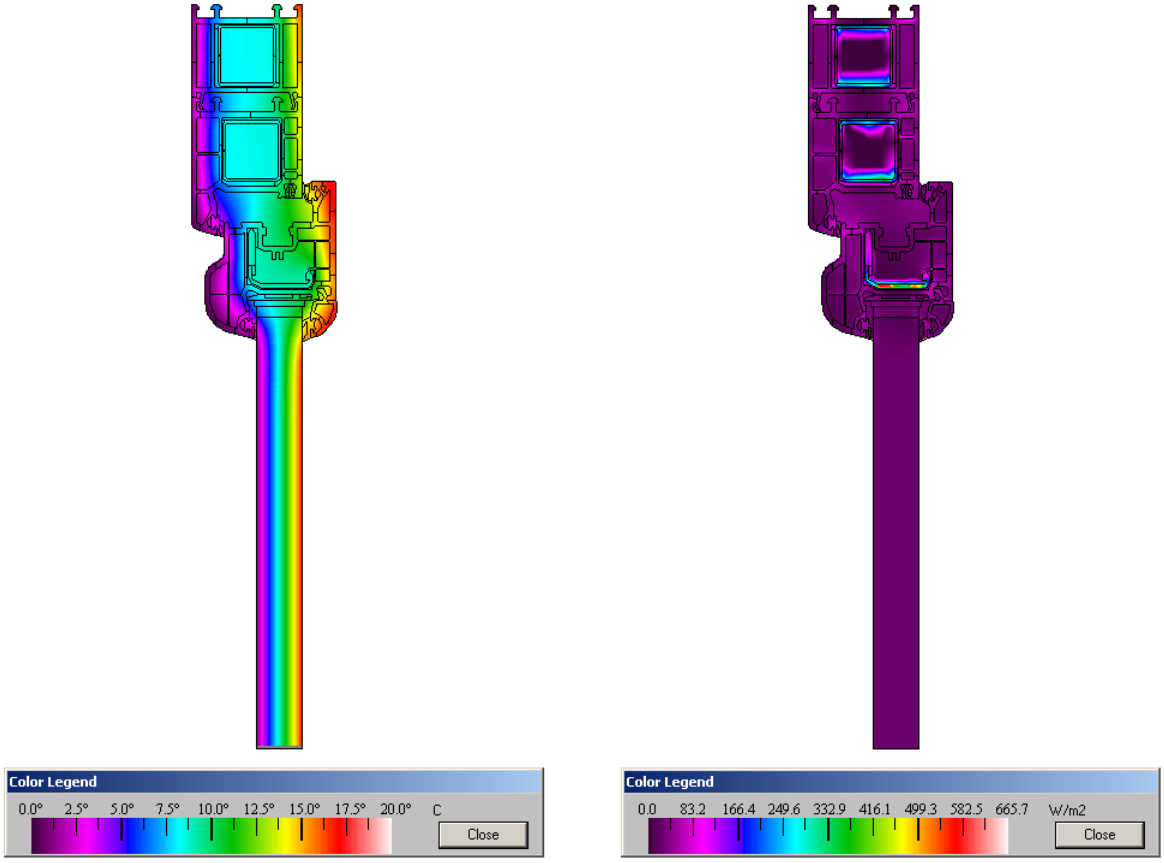


Figura 5. Distribución de Temperaturas y del flujo de calor en la sección A-A (marco y panel aislante)

L_f^{2D} = 0,5347 *W/(m K)*

U_p = 1,1686 *W/(m² K)*

b_f = 0,1649 *m*

b_p = 0,1982 *m*

El coeficiente de transmisión térmica correspondiente al marco de la sección A-A resulta ser el siguiente:

$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p \cdot b_p}{b_f} = 1{,}8380 \ W/(m^2\ K)$$

Cálculo del Coeficiente de Transmisión Térmica Lineal para la sección A-A

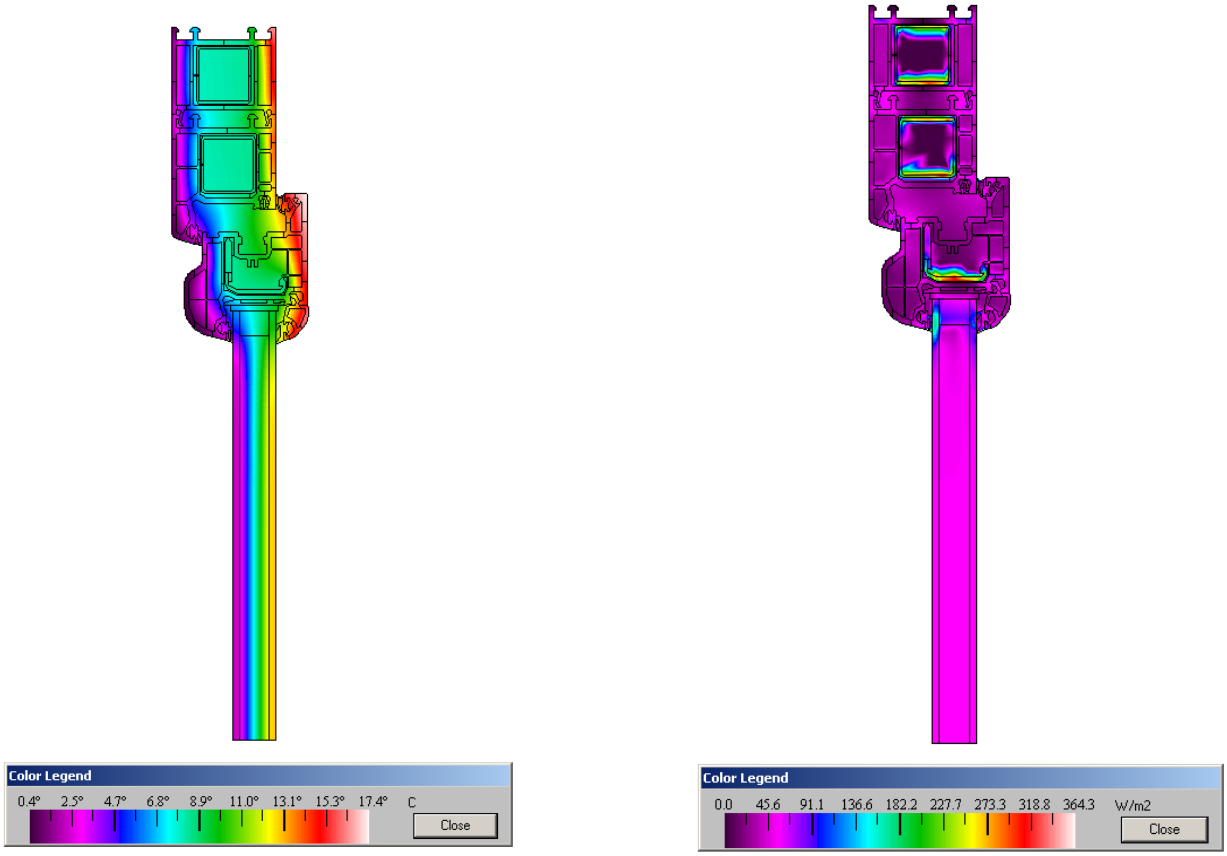


Figura 6. Distribución de Temperaturas y del flujo de calor en la sección A-A (marco y vidrio)

L_{ψ}^{2D} = 0,8914 *W/ (m K)*

U_f = 1,8380 *W/ (m² K)*

U_g = 2,7290 *W/ (m² K)*

b_f = 0,1649 *m*

b_g = 0,2051 *m*

El coeficiente de transmisión térmica lineal correspondiente a la sección A-A resulta ser el siguiente:

$$\psi_{A-A} = L_{\psi}^{2D} - U_f \cdot b_f - U_g \cdot b_g$$ **= 0,0286 *W/(m K)***

Sección B-B

Cálculo del Coeficiente de Transmisión Térmica, U_f, para el marco de la sección B-B

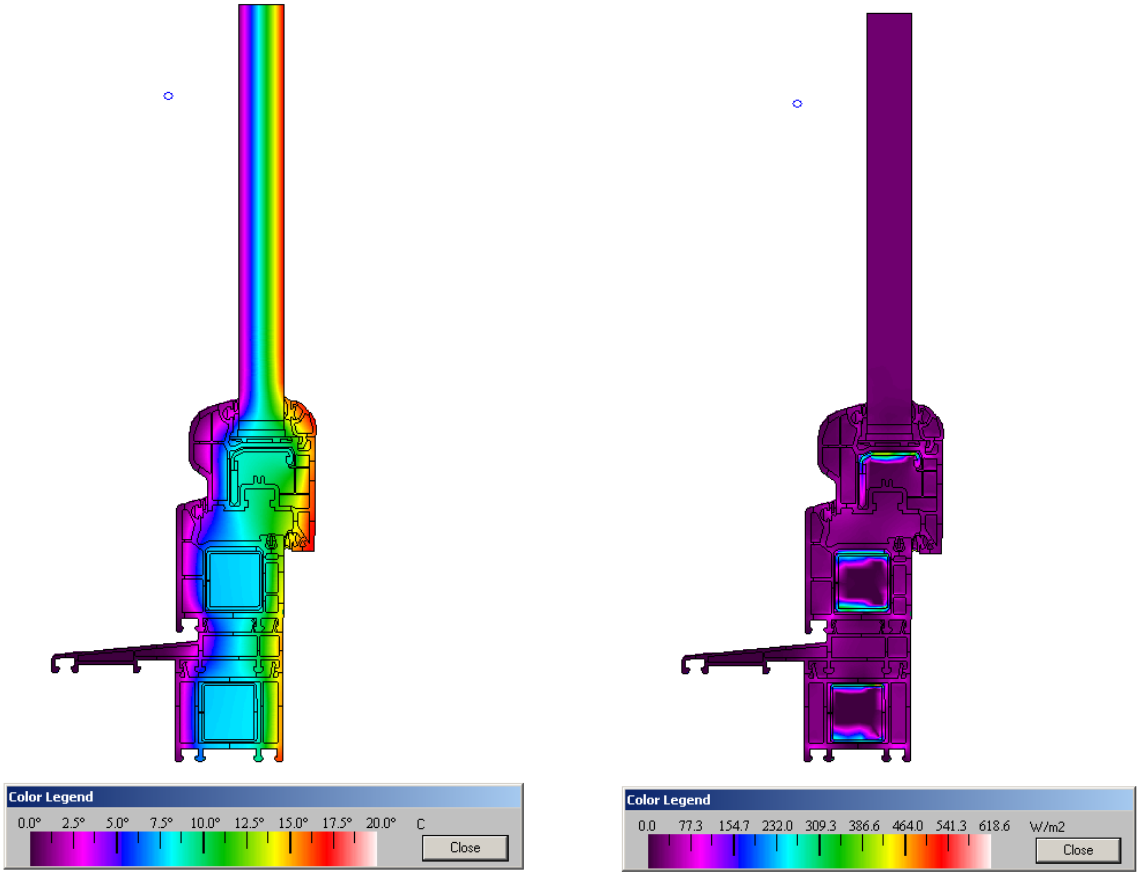


Figura 7. Distribución de Temperaturas y del flujo de calor en la sección B-B (marco y panel aislante)

L_f^{2D} = 0,5761 *W/(m K)*

U_p = 1,1686 *W/(m² K)*

b_f = 0,1854 *m*

b_p = 0,1982 *m*

El coeficiente de transmisión térmica correspondiente al marco de la sección B-B resulta ser el siguiente:

$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p \cdot b_p}{b_f} = 1{,}8580 \ W/(m^2\ K)$$

Cálculo del Coeficiente de Transmisión Térmica Lineal para la sección B-B

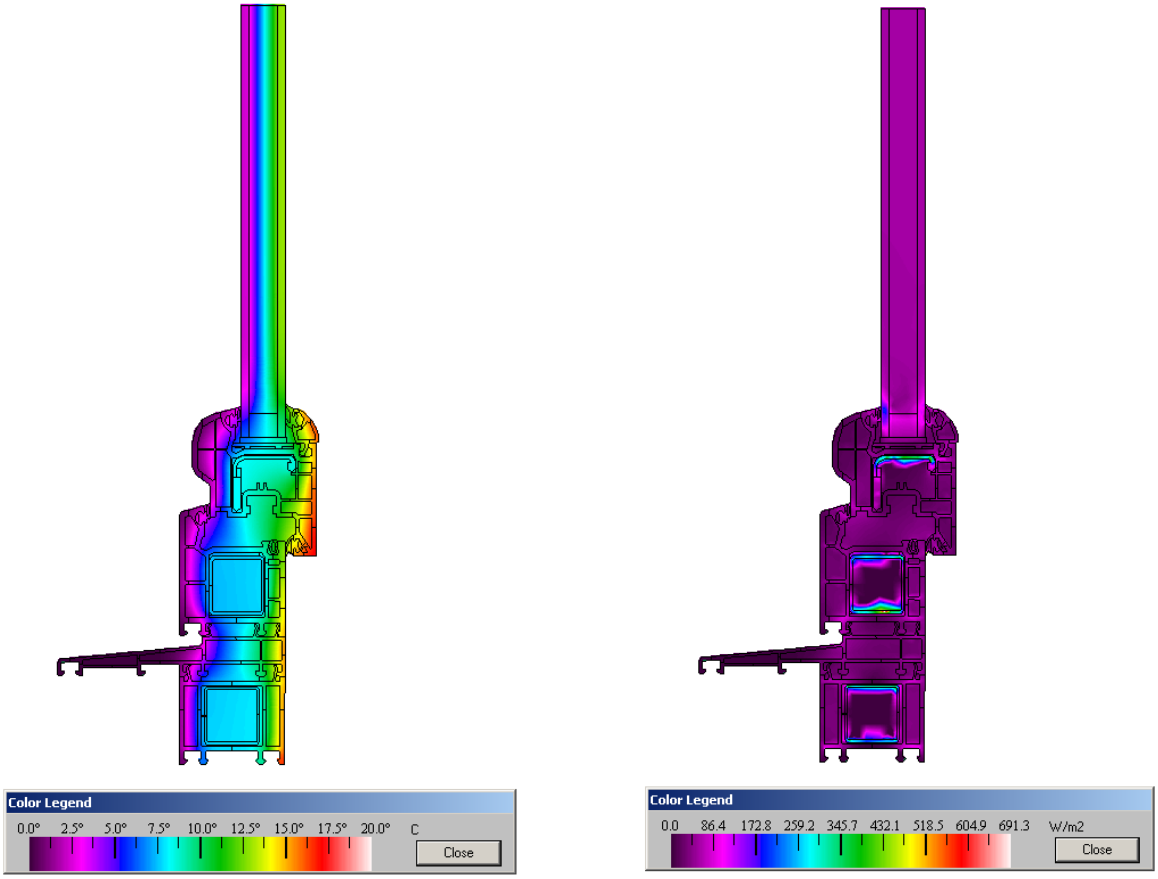


Figura 8. Distribución de Temperaturas y del flujo de calor en la sección B-B (marco y vidrio)

L_{ψ}^{2D} = 0,9333 *W/ (m K)*

U_f = 1,8580 *W/ (m² K)*

U_g = 2,729 *W/ (m² K)*

b_f = 0,1854 *m*

b_g = 0,2051 *m*

El coeficiente de transmisión térmica lineal correspondiente a la sección B-B resulta ser el siguiente:

$$\psi_{B-B} = L_{\psi}^{2D} - U_f \cdot b_f - U_g \cdot b_g$$ **= 0,0291 *W/(m K)***

Sección C-C

Cálculo del Coeficiente de Transmisión Térmica, U_f, para el marco de la sección C-C

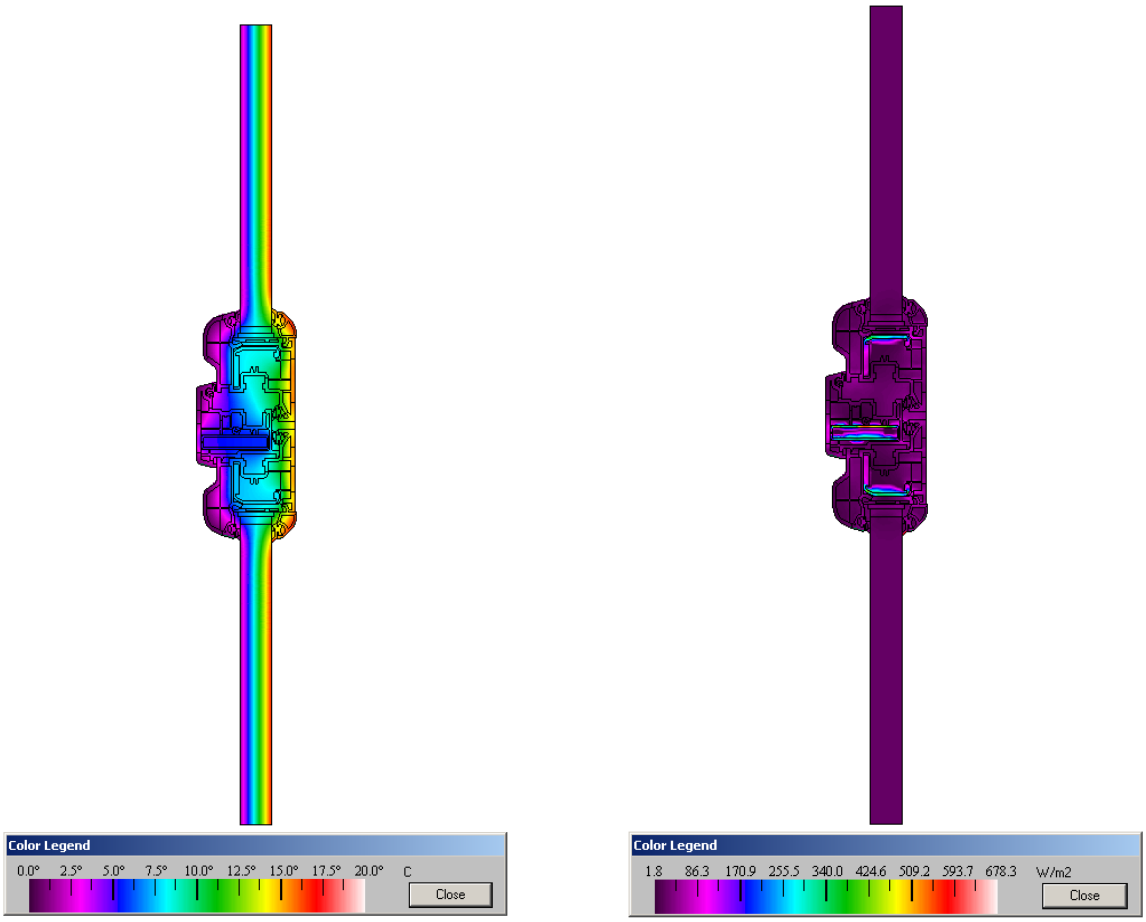


Figura 9. Distribución de Temperaturas y del flujo de calor en la sección C-C (marco y panel aislante)

L_f^{2D} = 0,7768 *W/(m K)*

U_p = 1,1686 *W/(m² K)*

b_f = 0,1630 *m*

b_p = 0,3965 *m*

El coeficiente de transmisión térmica correspondiente al marco de la sección C-C resulta ser el siguiente:

$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \mathbf{1{,}9230\ W/(m^2\ K)}$$

Cálculo del Coeficiente de Transmisión Térmica Lineal para la sección C-C

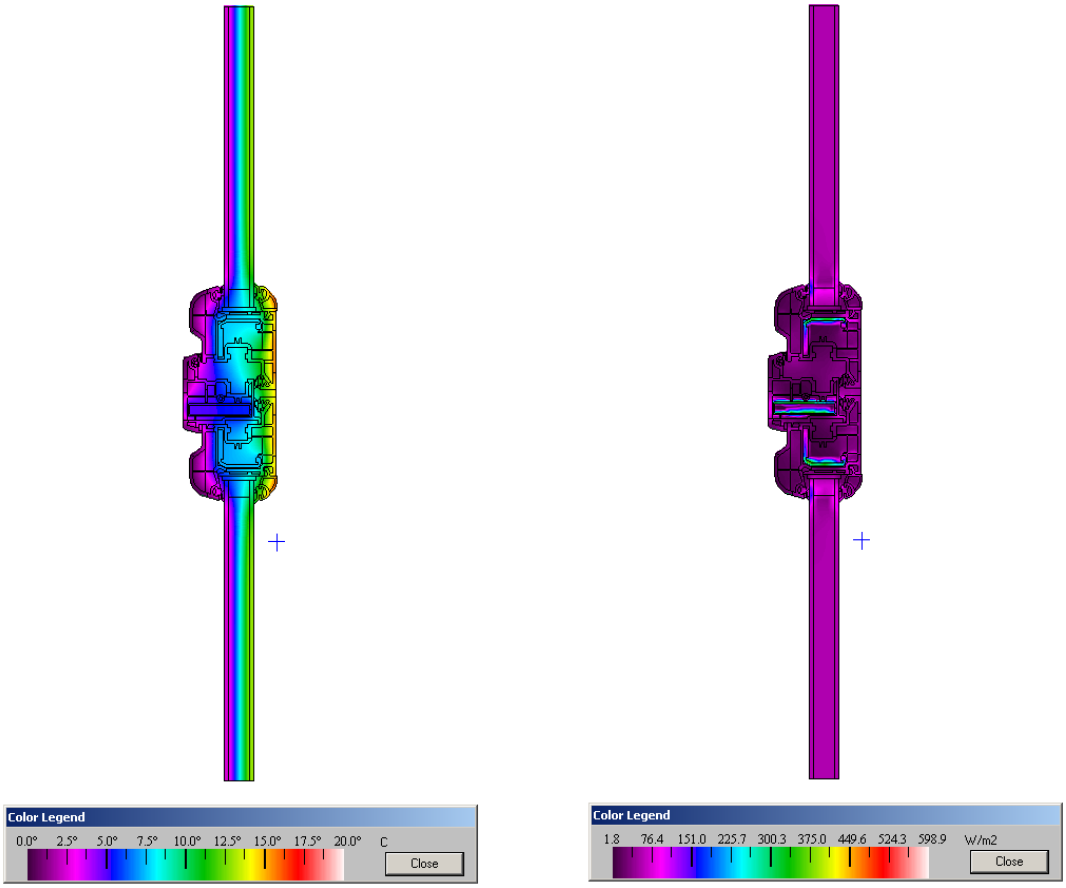


Figura 10. Distribución de Temperaturas y del flujo de calor en la sección C-C (marco y vidrio)

L_{ψ}^{2D} = 1,4838 *W/ (m K)*

U_f = 1,9230 *W/ (m² K)*

U_g = 2,729 *W/ (m² K)*

b_f = 0,1630 *m*

b_g = 0,4104 *m*

El coeficiente de transmisión térmica lineal correspondiente a la sección C-C resulta ser el siguiente:

$$\psi_{C-C} = L_{\psi}^{2D} - U_f \cdot b_f - U_g \cdot b_g$$ **= 0,0503 *W/(m K)***

- **Capialzado**

Los resultados obtenidos en el cálculo del coeficiente de transmisión térmica para el capialzado son los siguientes:

U_{CP} (W/m^2K)
2,6

En la figura 11 se muestra la distribución de temperaturas y de flujo de calor en la sección considerada.

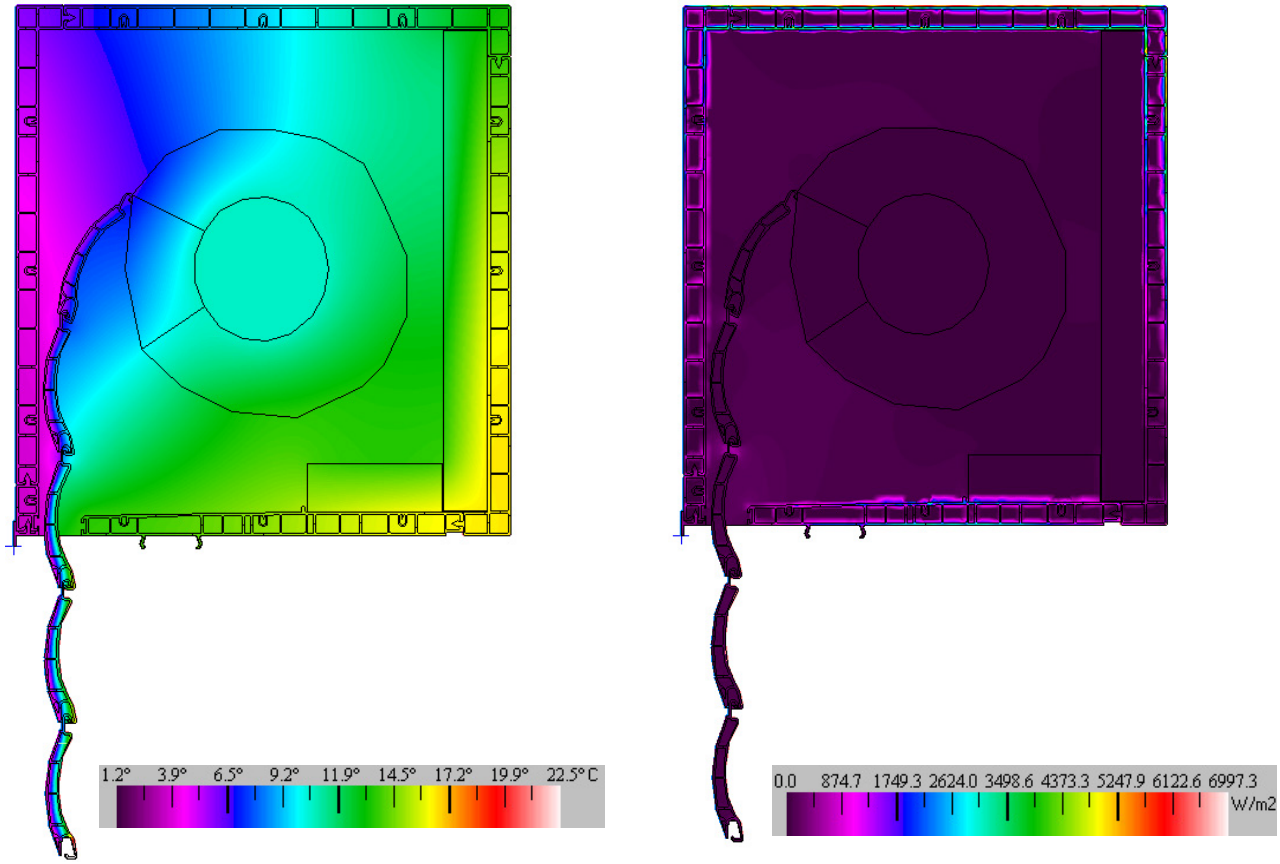
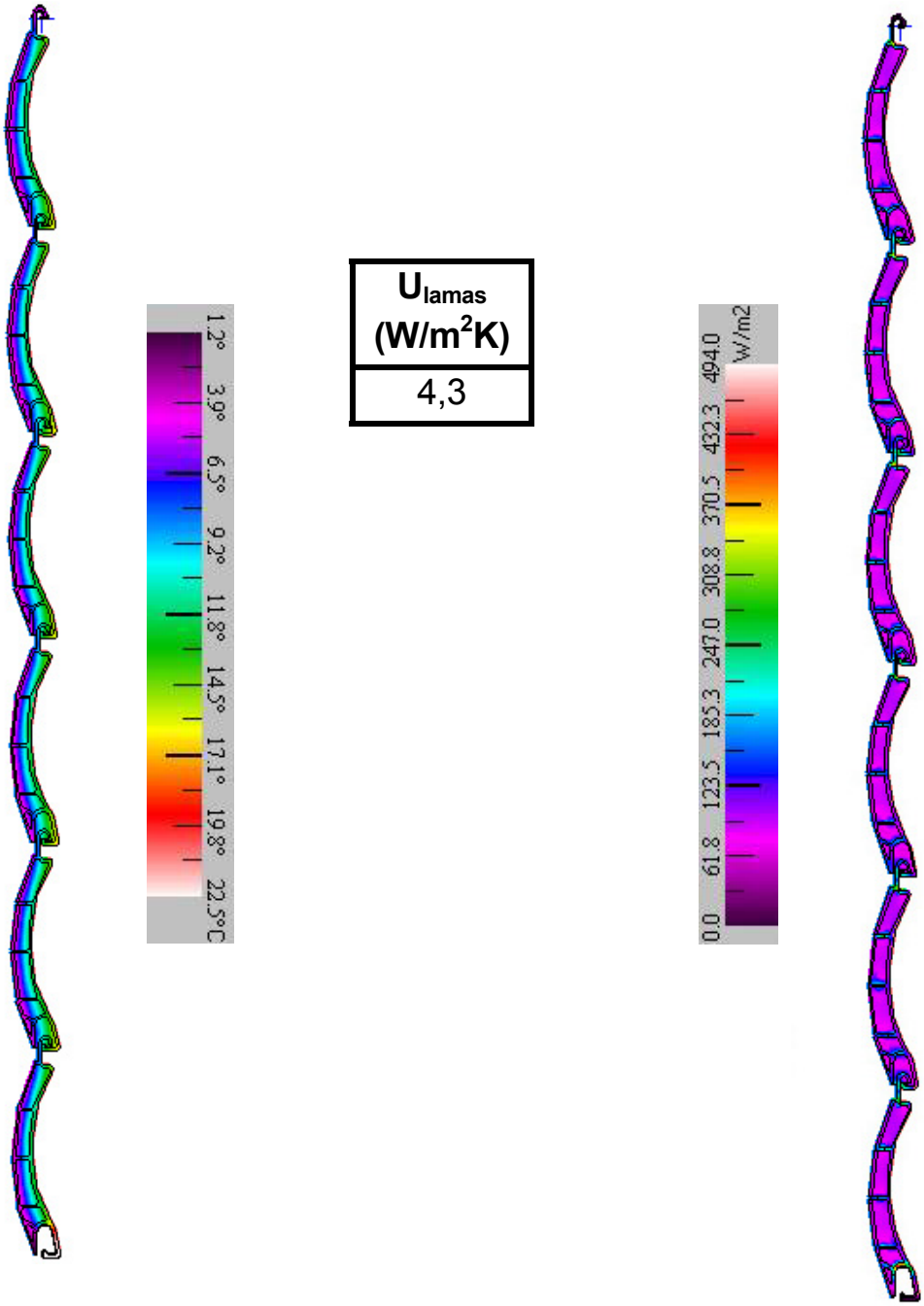


Fig. 11: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes. Capialzado.

-Lamas de la persiana

Se han simulado las lamas de la persiana para poder implementarlas en el cálculo de la resistencia adicional que confieren a la ventana en caso de que la persiana esté extendida. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura.



U_{lamas} (W/m^2K)
4,3

Fig. 12: Distribución de temperatura y flujo de calor en las lamas de persiana, junto con las escalas correspondientes.

Una vez determinados los valores correspondientes al coeficiente de transmisión térmica del marco (U_f) y al coeficiente de transmisión térmica lineal (y) según establece la norma UNE-EN ISO 10077-2:2001, se procede a calcular el valor del coeficiente de transmisión térmica de la ventana según la metodología recogida en el apartado 5 de la norma UNE-EN ISO 10077-1:2001: ***"Cálculo del coeficiente de Transmisión Térmica"***, y que debe ser calculado mediante la siguiente ecuación.

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f}$$

Donde,

U_w es el coeficiente de transmisión térmica correspondiente a la ventana
U_g es el coeficiente de transmisión térmica del acristalado
U_f es el coeficiente de transmisión térmica del marco
ψ_g es el coeficiente de transmisión térmica lineal debido a los efectos térmicos combinados del intercalado, del cristal y del marco
A_g es el área correspondiente al acristalamiento
A_f es el área proyectada correspondiente al marco
l_g es el perímetro total visible del acristalamiento

Si aplicamos la mencionada ecuación al caso particular de la ventana descrita en el presente informe se obtiene un valor para el **Coeficiente de transmisión de calor de la ventana** de:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f} = \mathbf{2{,}3\ W/m^2\ K}$$

Teniendo en cuenta el capialzado, el conjunto de ventana + capialzado presenta un coeficiente de transmisión térmica que se puede calcular mediante una ponderación de áreas aplicando la siguiente expresión:

$$U_{w+capialzado} = \frac{U_w \cdot A_w + U_{CP} \cdot A_{CP}}{A_W + A_{CP}}$$

Donde,

U_w es el coeficiente de transmisión térmica correspondiente a la ventana sin el capialzado
A_W es el área correspondiente a la ventana sin el capialzado.
U_{CP} es el coeficiente de transmisión térmica correspondiente al capialzado
A_{CP} es el área correspondiente al capialzado
$U_{W+capialzado}$ es el coeficiente de transmisión térmica correspondiente al conjunto ventana más capialzado.

Siendo el resultado de la anterior expresión:

$$U_{w+capialzado} = \frac{U_w \cdot A_w + U_{CP} \cdot A_{CP}}{A_W + A_{CP}}$$ **=2,4 W/m² K**

La persiana en el exterior de una ventana introduce una resistencia térmica suplementaria, resultante a la vez de la cámara de aire encerrada entre ambas y de la persiana misma. El coeficiente Uws de resistencia térmica de una ventana con persiana viene dada por la fórmula:

$$U_{WS} = \frac{1}{1/U_{W+capialzado} + \Delta R}$$

$U_{W+capialzado}$ es el coeficiente de transmisión térmica correspondiente al conjunto ventana más capialzado
ΔR es la resistencia térmica suplementaria de la cámara de aire encerrada entre la persiana y la ventana, y la persiana misma.

Existen cinco categorías de permeabilidad al aire para las persianas siendo del tipo de baja permeabilidad al aire las que se han considerado en el presente informe.
La resistencia térmica suplementaria se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\Delta R = 0.80 \cdot R_{sh} + 0.14 \qquad m^2 \cdot K / W$$

Donde R_{sh} es la resistencia térmica de la persiana misma.

La resistencia térmica de la persiana se define como el inverso del coeficiente de transmisión térmica que se cita en este apartado y que se muestra en la figura 12.

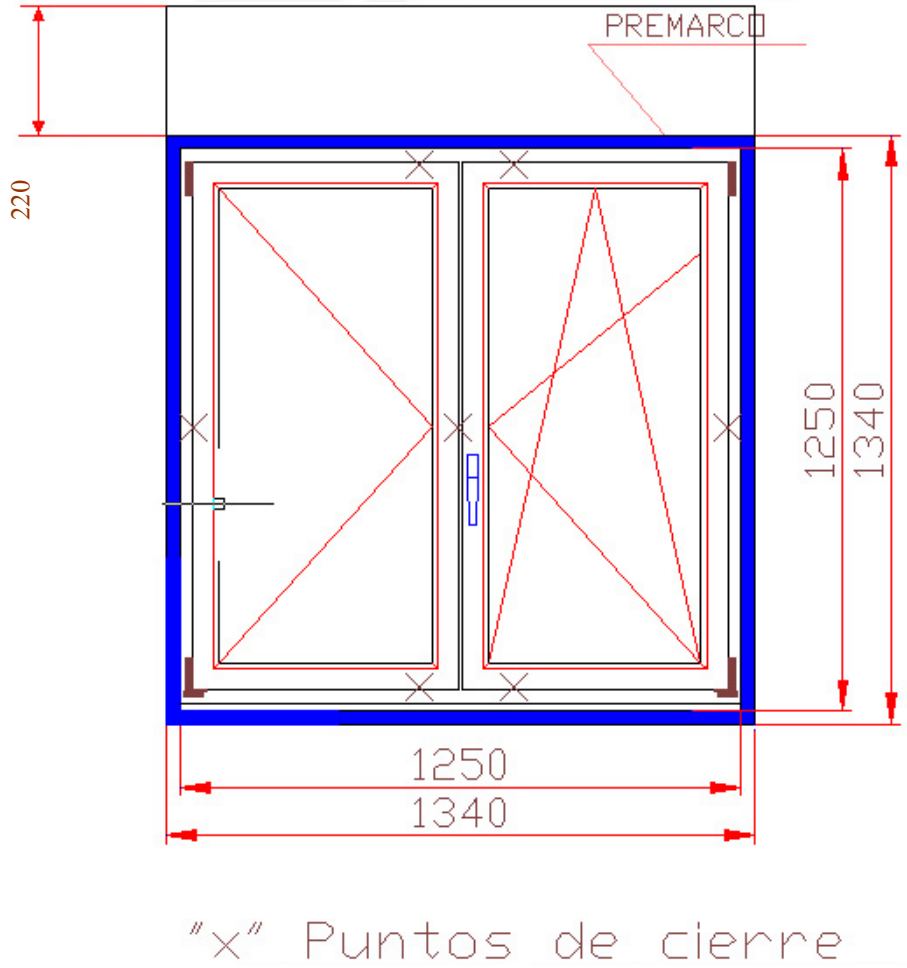
$$R_{sh} = 1/U_{lamas}$$

Siendo el resultado de la anterior expresión:

$$U_{WS} = \frac{1}{1/U_{W+capialzado} + \Delta R}$$ **= 1,4 W/m^2 K**

ANEXO

Plano conjunto de la ventana



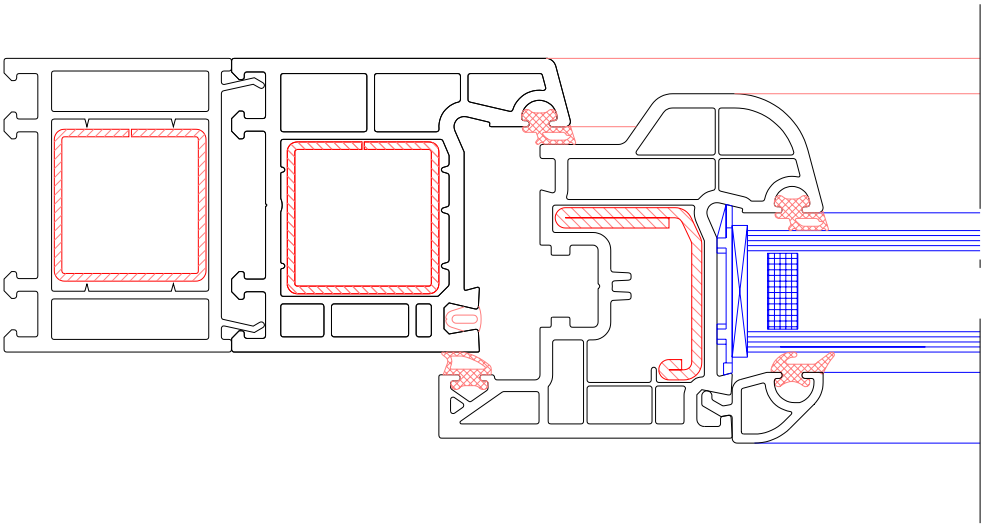
Caracterización de la ventana:

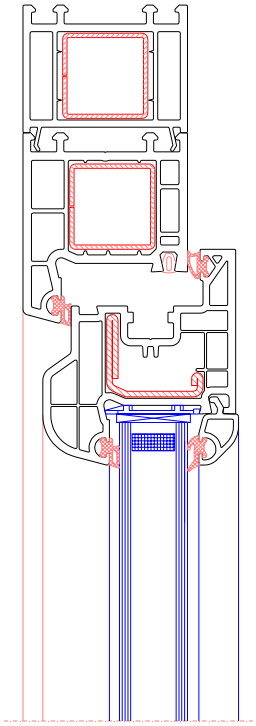
- **Área acristalada (m^2): 0.84**
- **Área interior del marco desarrollada (m^2): 1.11**
- **Área interior del marco proyectada (m^2): 0.96**
- **Área exterior del marco desarrollada (m^2): 1.46**
- **Área exterior del marco proyectada (m^2): 0.95**
- **Area del capialzado (m^2): 0.29**

NOTA: Como se puede observar a lo largo del presente informe, el premarco de PVC se ha tenido en cuenta a la hora de realizar la totalidad de los cálculos

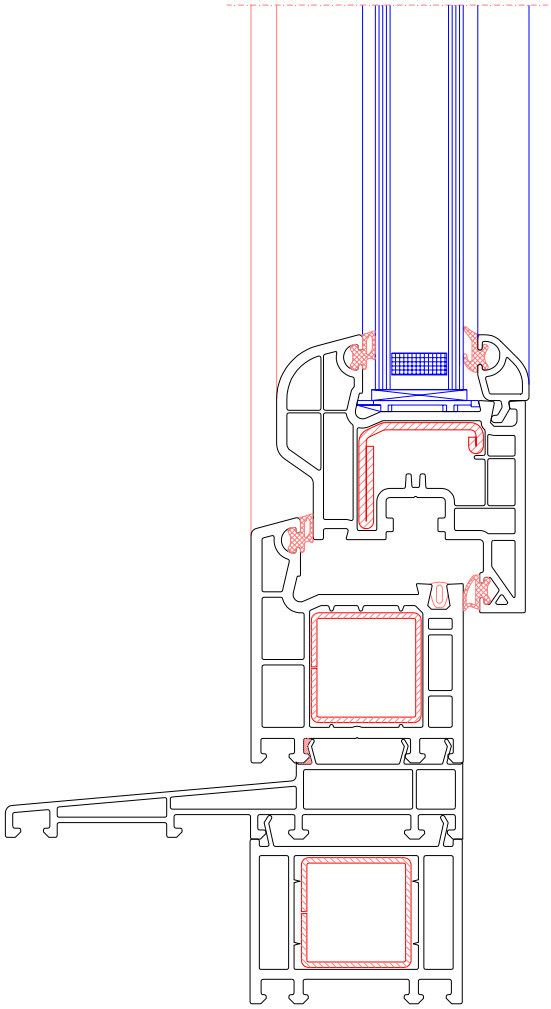
Planos de detalle de las secciones marcadas

Sección A- A

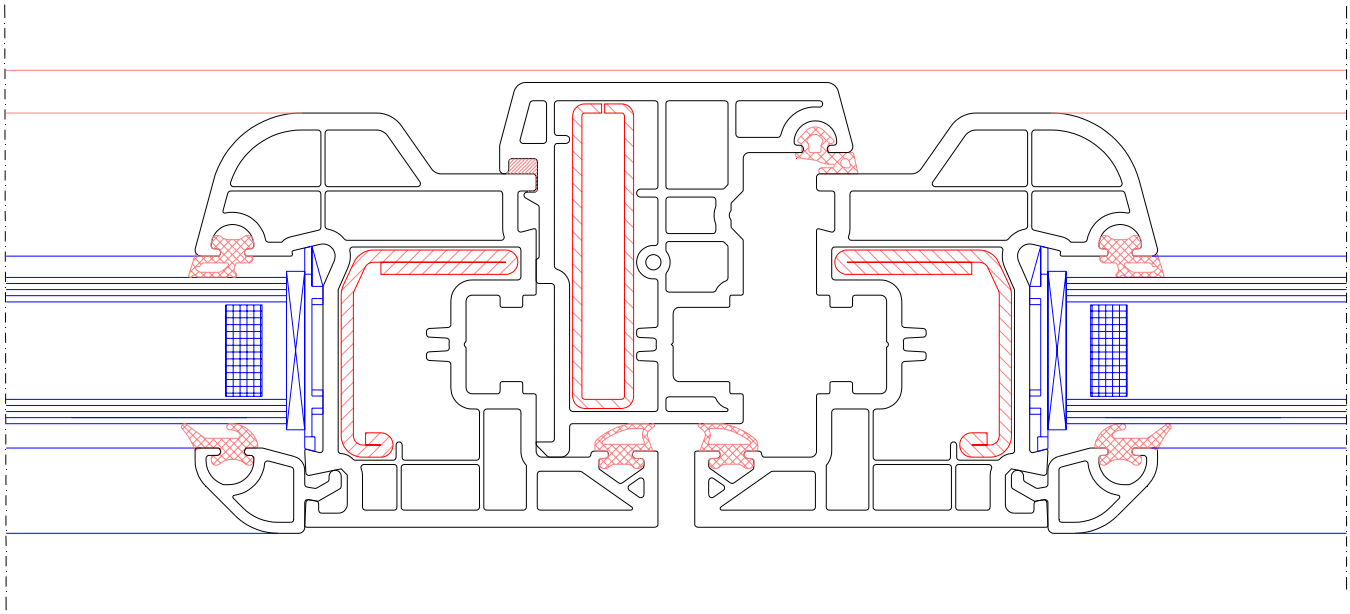




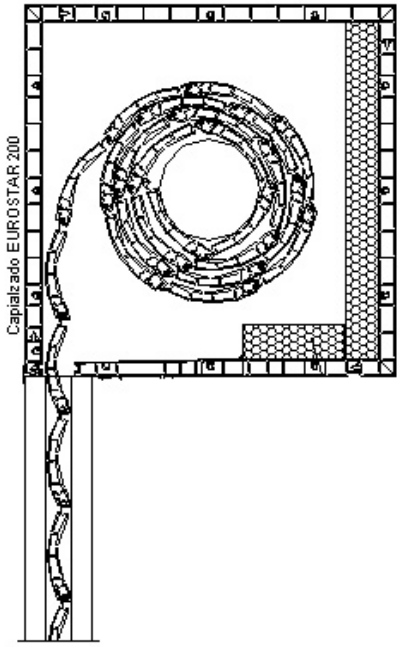
Sección B-B



Sección C-C

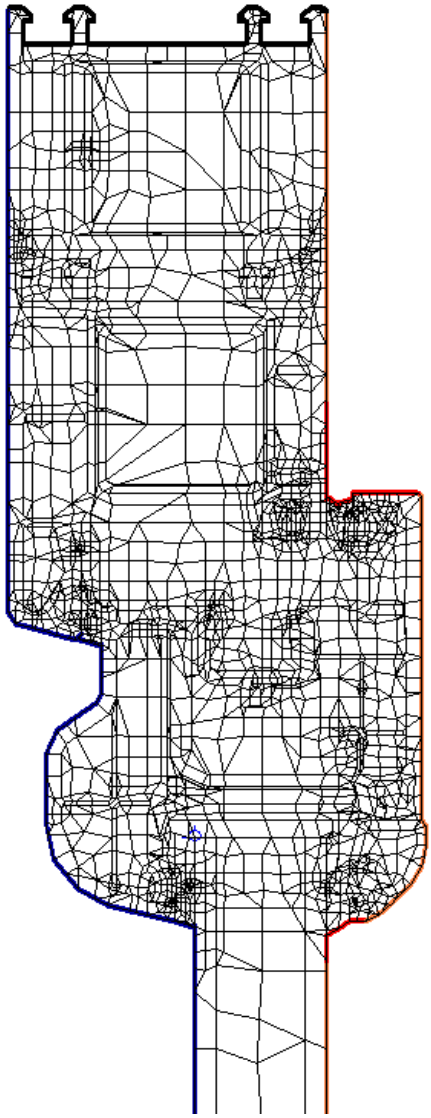


Capialzado

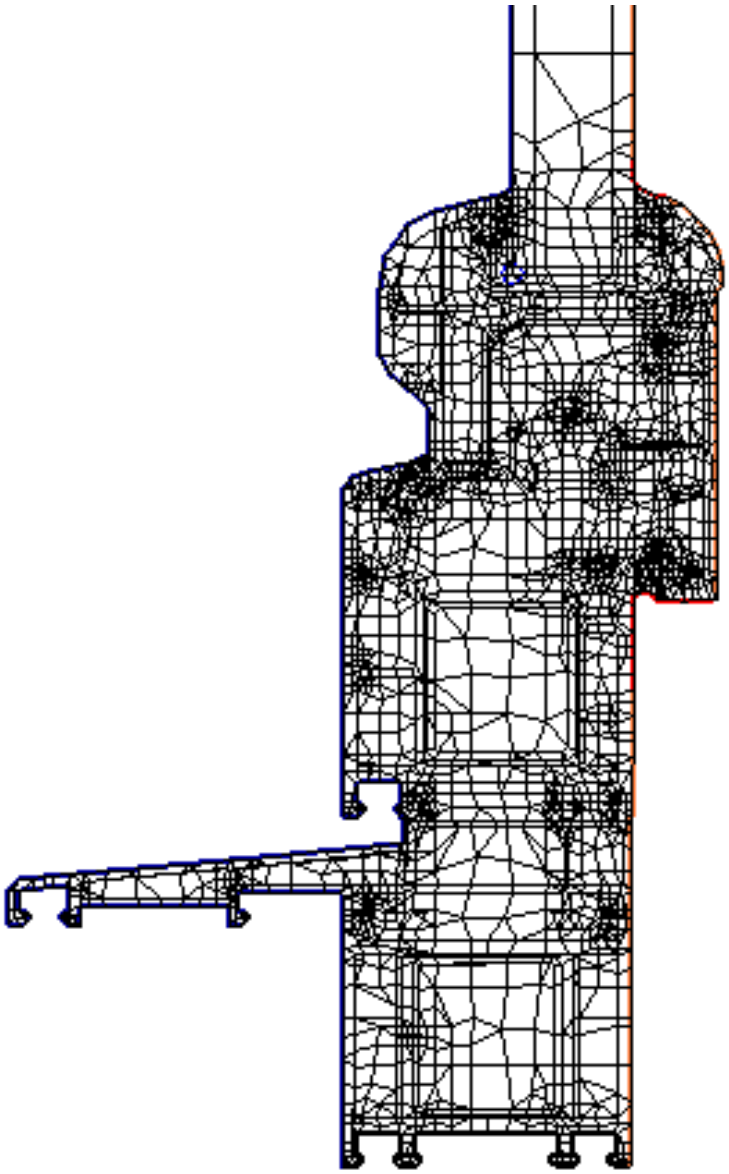


Planos de detalle del mallado utilizado para cada una de las secciones

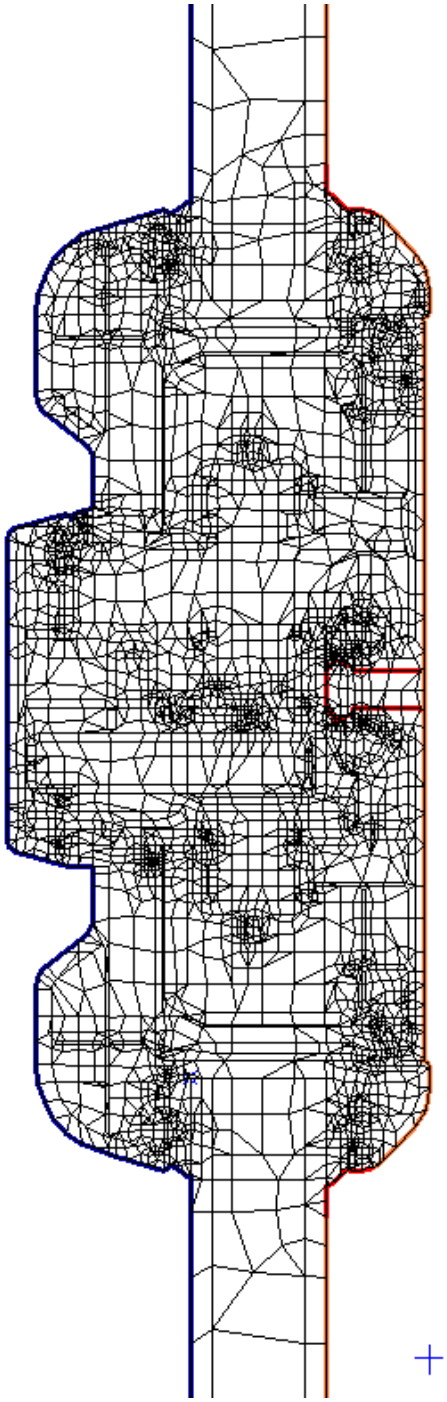
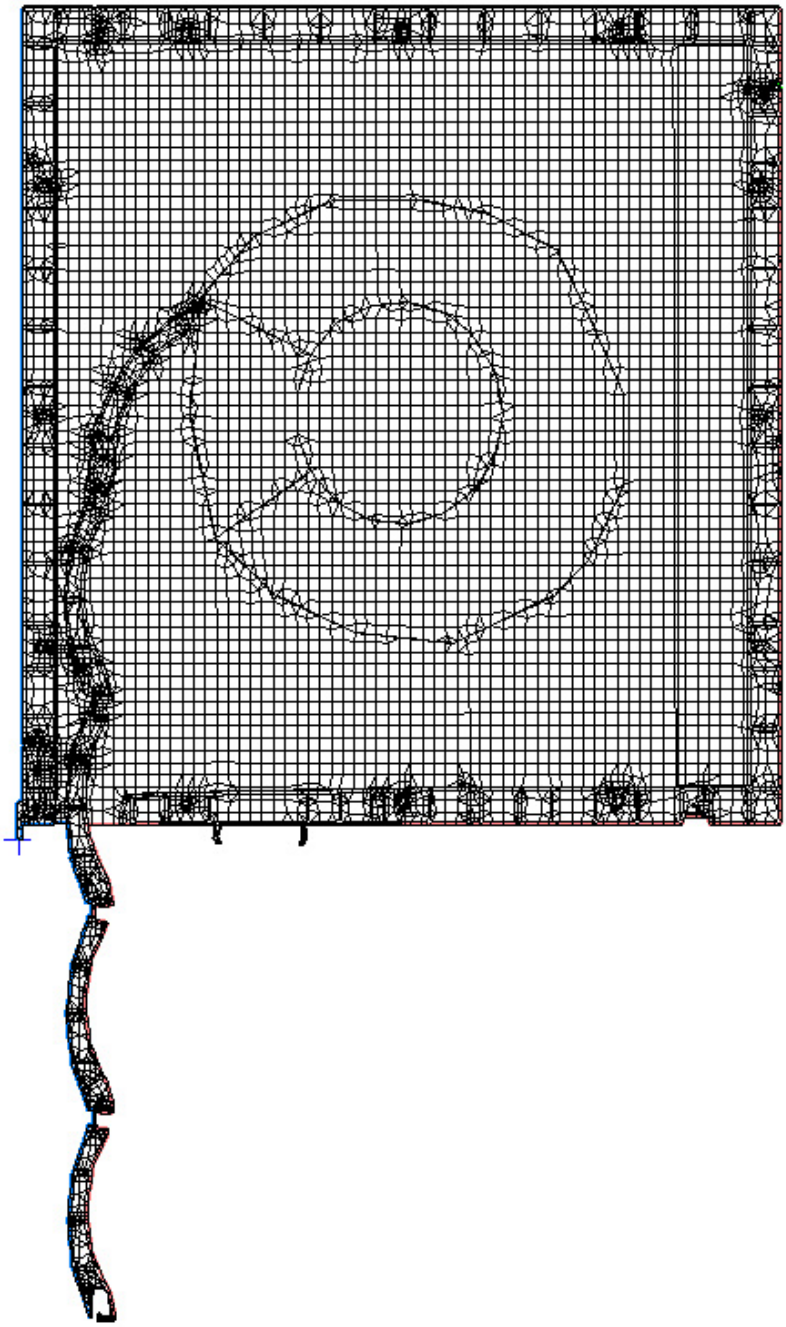
Sección A-A



Sección B-B



Sección C-C



Capialzado