

CLIENTE	NORTALU
REQUERENCE	LUIS BENTO
DIREÇÃO	RUA DR. JOSE BRAGANÇA TAVARES, 78 - FRACÇÃO A 4580-015 MOURIZ PRD (PORTUGAL)
OBJECTO DO PEDIDO	CÁLCULO E SIMULAÇÃO DO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA «U» (UNE-EN ISO 10077-2:2008)
MATERIAL SIMULADO	PERFÍS DE ALUMÍNIO DE PORTA DE REF.: «NORTALU RC»
Nº RELATÓRIO	27536-e

* Os resultados apresentados neste relatório fazem referencia exclusivamente ao material recebido e submetido a ensaio neste Centro de Investigação nas datas indicadas.

* Este relatório não poderá ser reproduzido sem a autorização expressa do FUNDACIÓN TECNALIA R&I, excepto quando a reprodução seja feita na integra.

Índice

1. Antecedentes	3
2. Objectivos	4
3. Hipótese do Cálculo	
3.1 Método computacional	5
3.2 Características da amostra	5
3.3 Processo de cálculo do coeficiente de transmissão térmica	8
4. Resultados	9
5. Transmissão na porta completa	13
5.1 Método de cálculo segundo a norma UNE - EN ISO 10077-1:2010	16
6. Anexo	19

1. Antecedentes

Em 7 de Março de 2011 foram recebidos no TECNALIA, enviados pela empresa NORTALU, planos de secções de perfis de porta com as seguintes referencias:

- SISTEMA NORTALU RC Lateral superior (1)
- SISTEMA NORTALU RC Lateral inferior (2)
- SISTEMA NORTALU RC Lateral superior (3)
- SISTEMA NORTALU RC Nó Central (4)
- SISTEMA NORTALU RC Lateral inferior (5)
- SISTEMA NORTALU RC Lateral esquerdo (6)
- SISTEMA NORTALU RC Nó Central (7)
- SISTEMA NORTALU RC Nó Central (8) (10)
- SISTEMA NORTALU RC Lateral direito (9)
- SISTEMA NORTALU RC Lateral direito (11)

Para estes perfis foi solicitado o cálculo teórico do **coeficiente de transmissão térmica** mediante simulações segundo a norma EN ISO 10077-2:2008 «*Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance. Part 2 Numerical method for frames*».

Com data 29 de Março de 2011, TECNALIA emite o presente relatório com os resultados obtidos, detalhados a seguir.

2. Objectivos

O objectivo do presente informe é caracterizar termicamente os perfis enviados pela NORTALU. Para isso será calculado o coeficiente de transmissão térmica destes perfis e serão realizadas as representações gráficas das distribuições de temperaturas e de fluxos de calor resultantes do cálculo.

A simulação foi realizada segundo a norma EN ISO 10077-2:2008 «*Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance. Part 2 Numerical method for frames*».

No relatório apresenta-se o cálculo duma porta completa incluindo o vidro, tendo em conta o efeito de borda de interação entre toda a folha e moldura + vidro em si.

3. Hipótese do Cálculo

3.1 Método computacional

A simulação foi realizada utilizando o programa THERM 6, desenvolvido no Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). Esta é uma ferramenta informática baseada no método de elementos finitos para a resolução da equação de transmissão de calor bidimensional. Esta ferramenta computacional foi convenientemente testada mediante os exemplos de cálculo propostos por diferentes normativas, como ISO 10077-2:2008 «*Thermal performance of windows, doors and shutters- Calculation of thermal transmittance*», ou UNE EN 1745:2002 «*Fábrica de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto*».

O cálculo é realizado importando ao THERM a secção correspondente e criando sobre este modelo o padrão a simular mediante combinações de polígonos. É necessário definir a seguir as propriedades dos materiais envolvidos e as condições de contorno a aplicar.

Com a informação anterior, o THERM realiza o malhado para o análise por elementos finitos e o cálculo da transferência de calor no sistema simulado.

3.2. Características da amostra

As amostras a simular são 7 sistemas aro + folha correspondentes aos laterais da porta, e 4 sistemas que representam o nó central. Foram enviados representados em planos em formato informático. Os perfis estão constituídos principalmente de alumínio á com roturas de ponte térmica de poliamida e elementos de EPDM.No anexo mostram-se as secções dos perfis simulados, tal e como foram enviadas pela NORTALU.

Ajuntam-se a seguir os valores de condutividade térmica dos materiais que foram utilizados no cálculo:

Material	λ (W/m·K)
Alumínio liga	160
Vedante EPDM	0,25
Poliamida	0,30
Painel calibração	0,035

Tabela 1. Condutividade térmica dos componentes dos perfis. Fonte: Norma UNE-EN 12524:2000, «Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores de diseño tabulados».

As resistências superficiais utilizadas são as que estabelece a norma EN ISO 10077-2:2008 – Anexo normativo B “Resistencias Superficiales para Flujo de Calor Horizontal”.

Posição	Exterior (Rse) m ² K / W	Interior (Rsi) m ² K / W
Normal (superfície plana)	0,04	0,13
Radiação/Convecção reduzida (nas bordas ou uniões entre dos superfícies)	0,04	0,20

Tabela 2. Resistências Superficiais para Fluxo de Calor Horizontal

As temperaturas dos ambientes a ambos lados dos perfis foram estabelecidas em 20°C no lado interior, e em 0°C no exterior. Estes valores são os empregados na normativa EN ISO 12567-1 de determinação experimental das propriedades de transmissão térmica de portas. De um ponto de vista teórico, estes valores não influem no resultado final, posto que o valor de U dá-se por grado de diferencia, e o padrão realizado mantém as propriedades térmicas dos materiais constantes a qualquer temperatura.

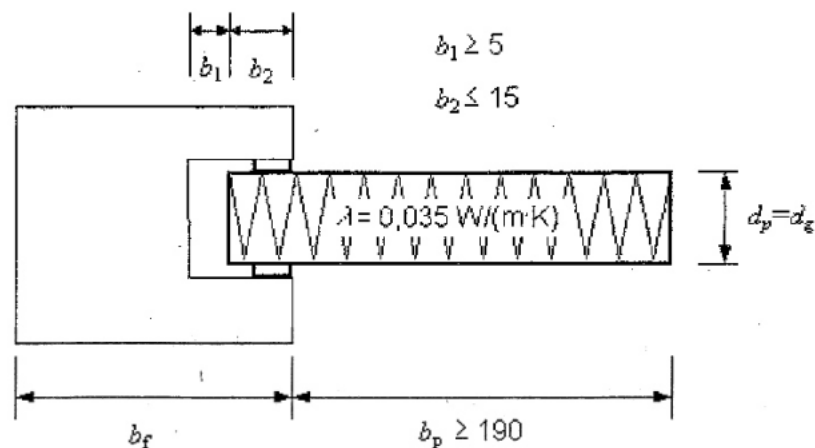
3.3. Processo de cálculo do coeficiente de transmissão térmica

A norma EN ISO 10077-2:2008 estabelece o procedimento para calcular o coeficiente de transmissão térmica do aro. Esta magnitude calcula-se para cada secção de acordo com a expressão:

$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p b_p}{b_f} \quad (2)$$

Donde,

- **U_f : Coeficiente de transmissão térmica do aro.**
- L_f^{2D} : é o coeficiente de transmissão térmica linear da secção com o envidraçamento substituído por um painel de calibração de igual espessura e condutividade térmica $\lambda=0.035 \text{ W/mK}$.
- U_p : coeficiente de transmissão térmica no centro do painel de calibração.
- b_p : longitude visível do painel de calibração.
- b_f : longitude projectada do aro.



4. Resultados

SISTEMA NORTAL U Lateral superior (1)

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,62	1,21	0,19	0,13	3,1

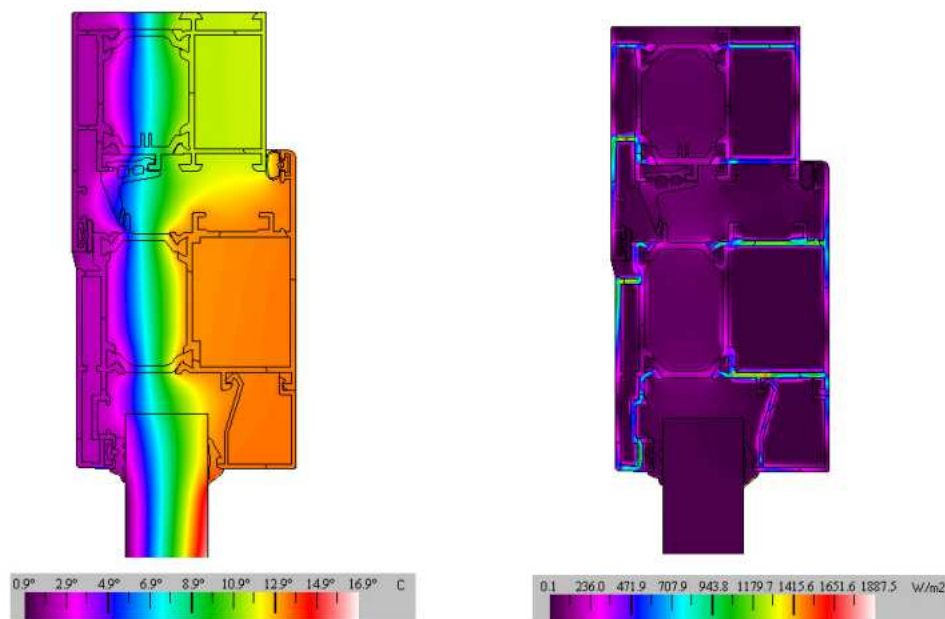


Fig. 1: Distribuição de temperatura e fluxo de calor no perfil, junto com as escalas correspondentes.

SISTEMA NORTALU RC Lateral inferior (2)

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,73	1,21	0,19	0,15	3,3

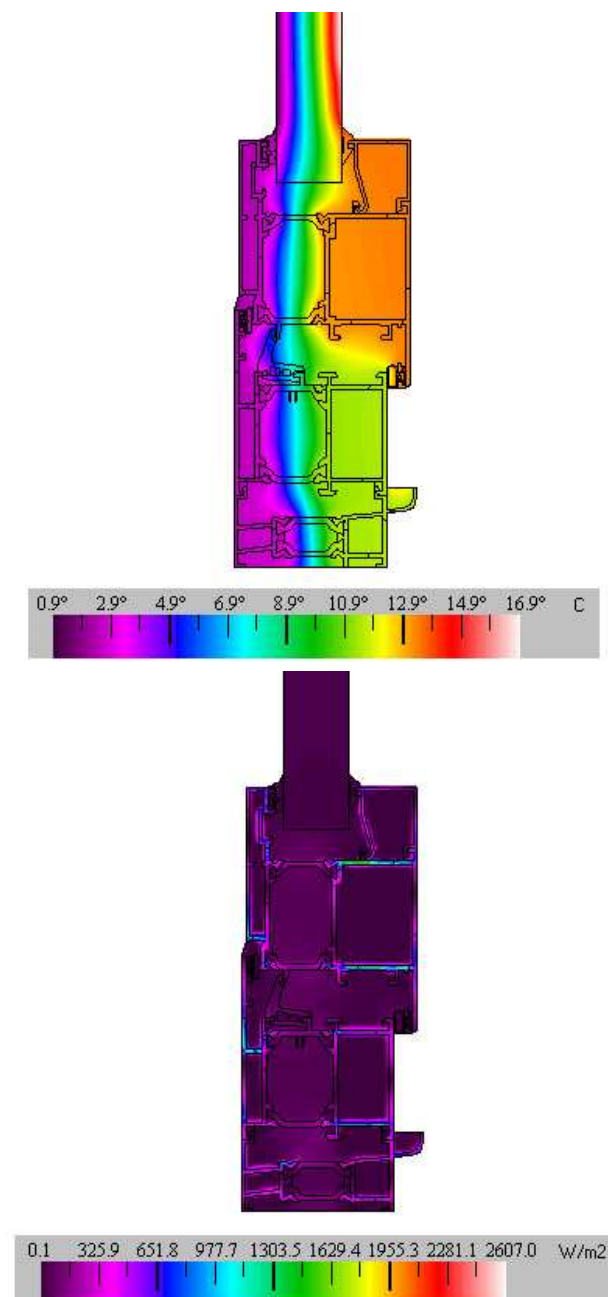


Fig. 2: Distribuição de temperatura e fluxo de calor no perfil, junto com as escalas correspondentes.

SISTEMA NORTAL U RC Lateral superior (3) y lateral direito (9)

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,56	1,21	0,19	0,11	3,1

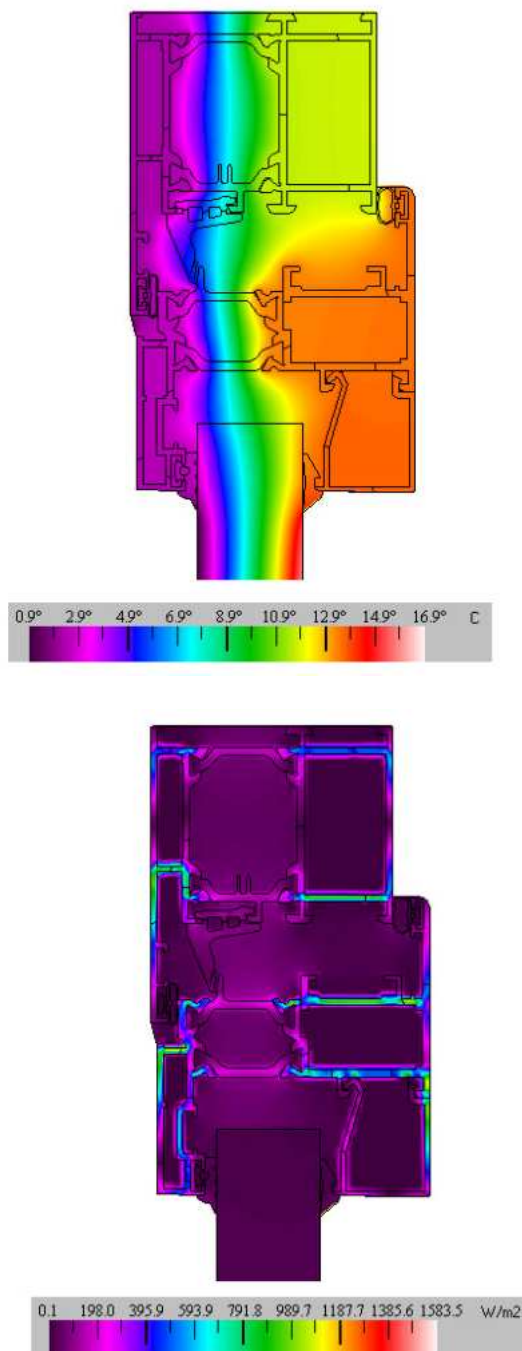


Fig. 3: Distribuição de temperatura e fluxo de calor no perfil, junto com as escalas correspondentes.

SISTEMA NORTALU RC Nudo Central (4)

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,85	1,21	0,38	0,13	3,1

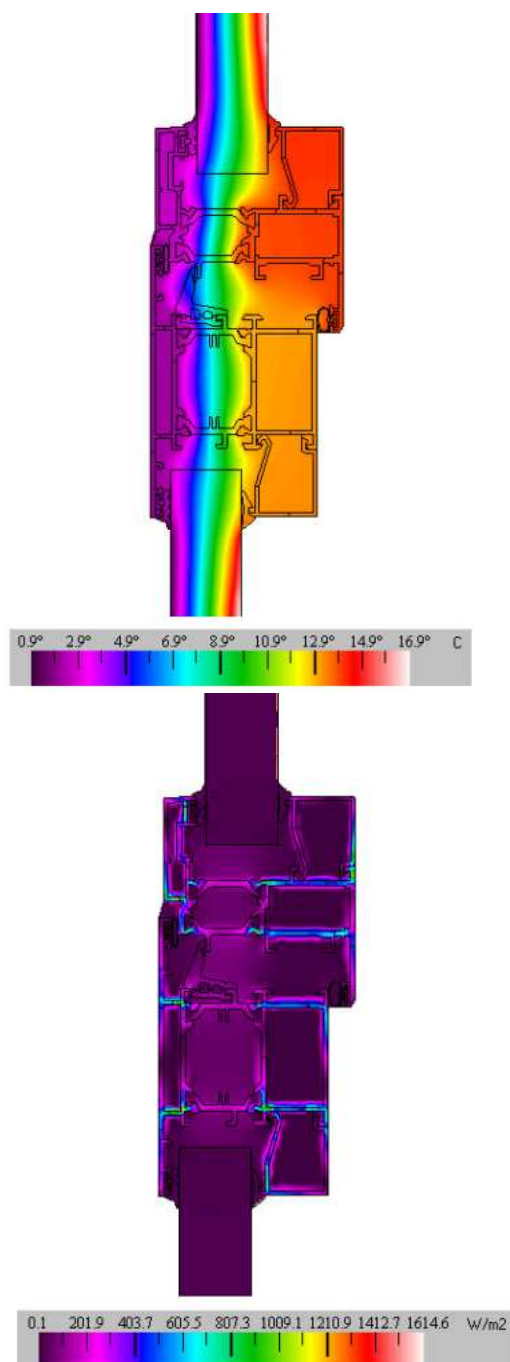


Fig. 4: Distribuição de temperatura e fluxo de calor no perfil, junto com as escalas correspondentes..

SISTEMA NORTALU RC Lateral inferior (5)

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,54	1,21	0,19	0,09	3,3

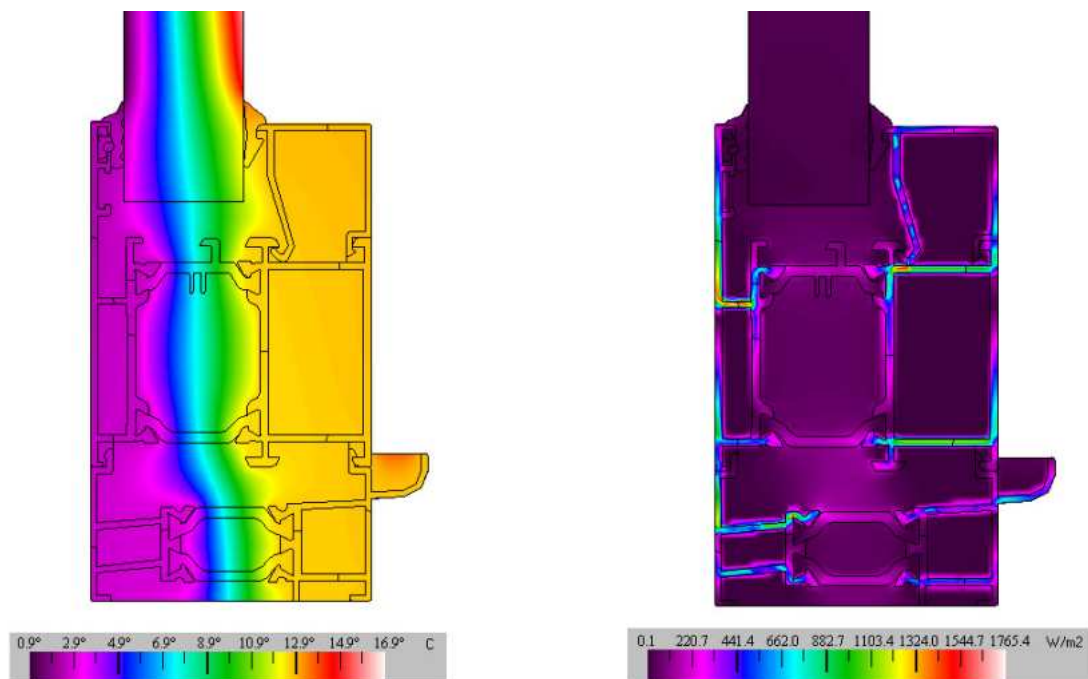


Fig. 5: Distribuição de temperatura e fluxo de calor no perfil, junto com as escalas correspondentes..

SISTEMA NORTAL U Lateral esquerdo (6)

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,62	1,21	0,19	0,13	3,1

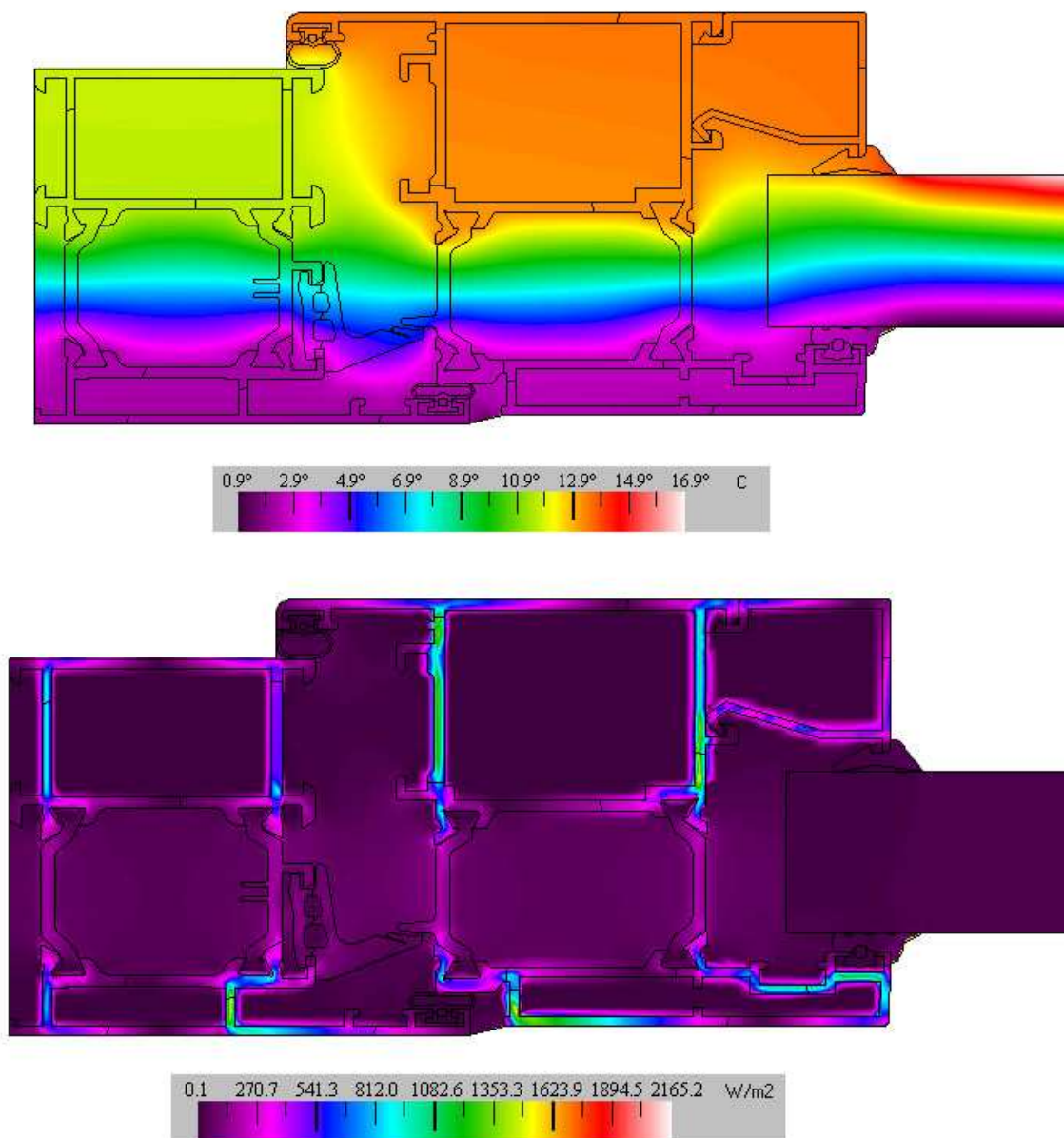


Fig. 6: Distribuição de temperatura e fluxo de calor no perfil, junto com as escalas correspondentes.

SISTEMA NORTALU RC Nó Central (7)

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
1,02	1,21	0,38	0,18	3,1

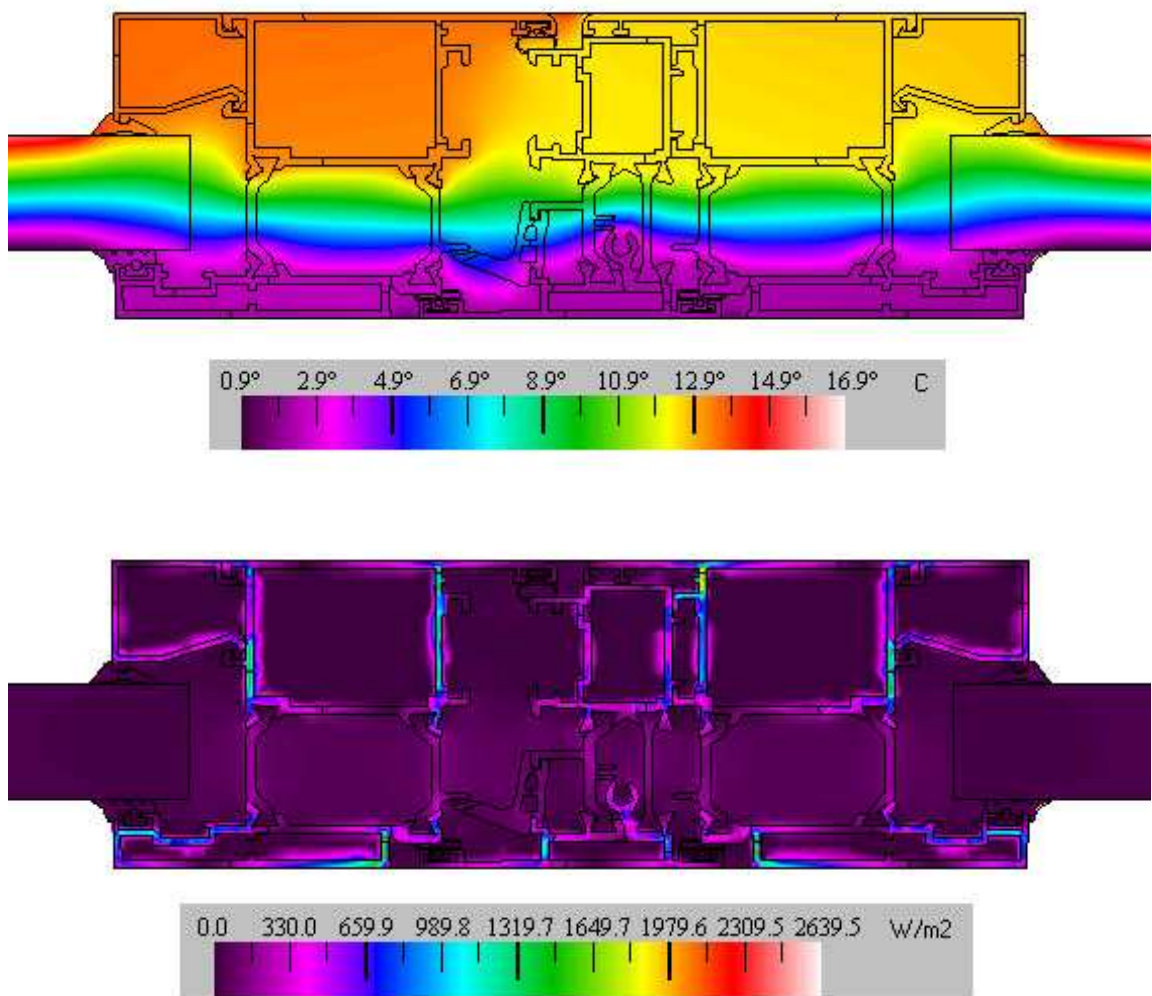


Fig. 7: Distribuição de temperatura e fluxo de calor no perfil, junto com as escalas correspondentes.

SISTEMA NORTALU RC Nó Central (8)-(10)

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
1,06	1,21	0,38	0,19	3,2

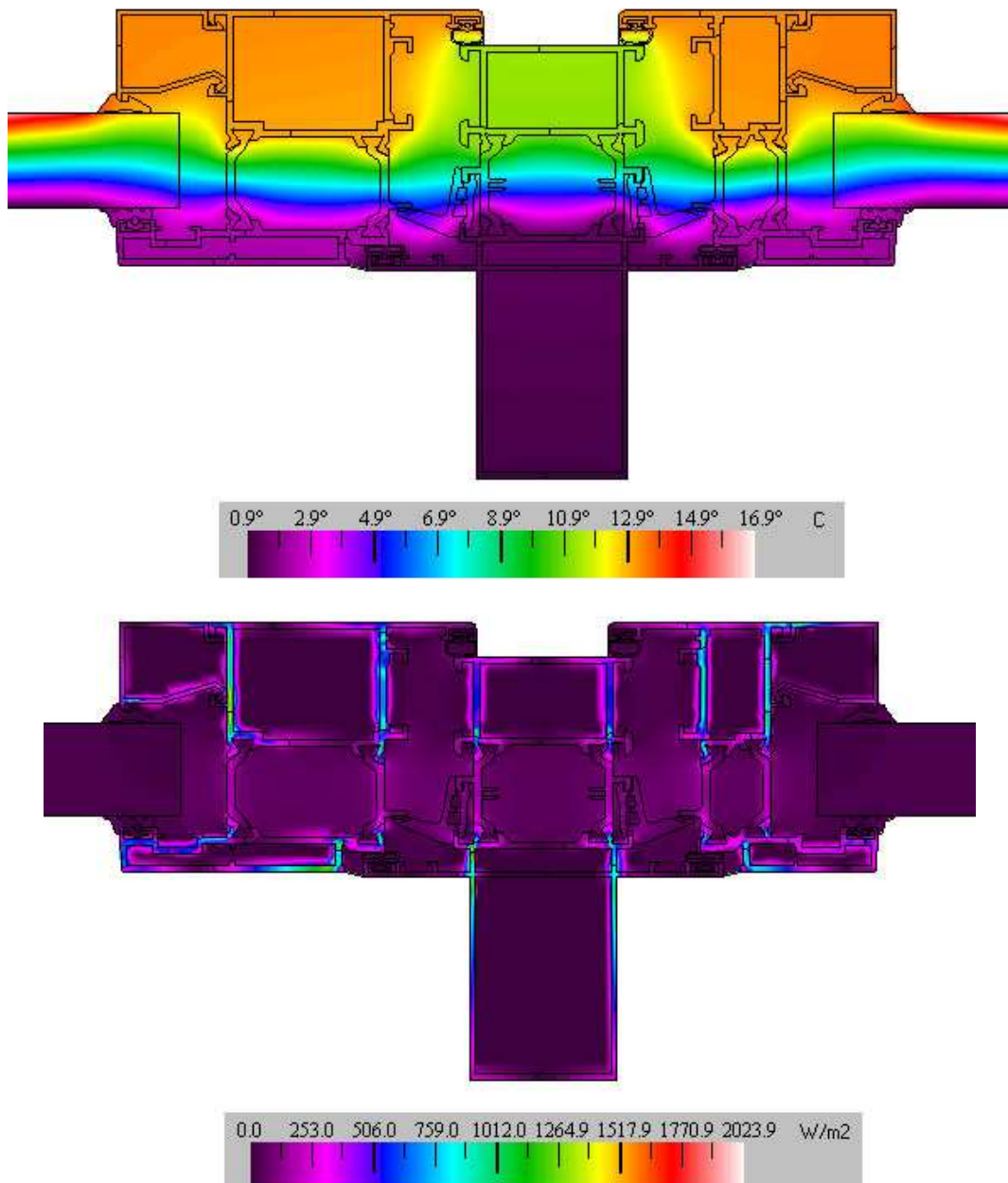


Fig. 8: Distribuição de temperatura e fluxo de calor no perfil, junto com as escalas correspondentes.

SISTEMA NORTALU RC Lateral direito (11)

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,42	1,21	0,19	0,07	3,0

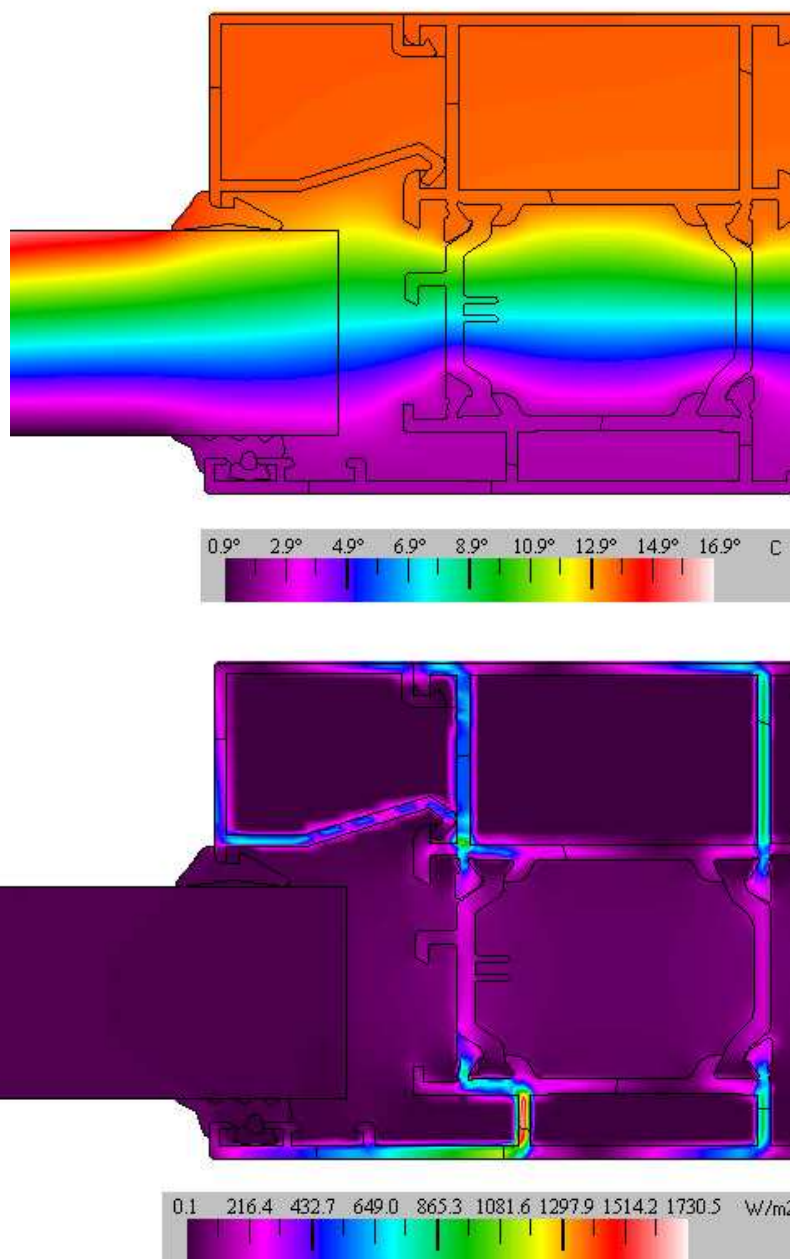


Fig. 9: Distribuição de temperatura e fluxo de calor no perfil, junto com as escalas correspondentes.

5. Transmissão na porta completa

A seguir procede-se ao cálculo do coeficiente de transmissão térmica da porta completa. O cálculo de transmissão foi realizado para uma porta de dimensões 2,24 x 1,30 metros.

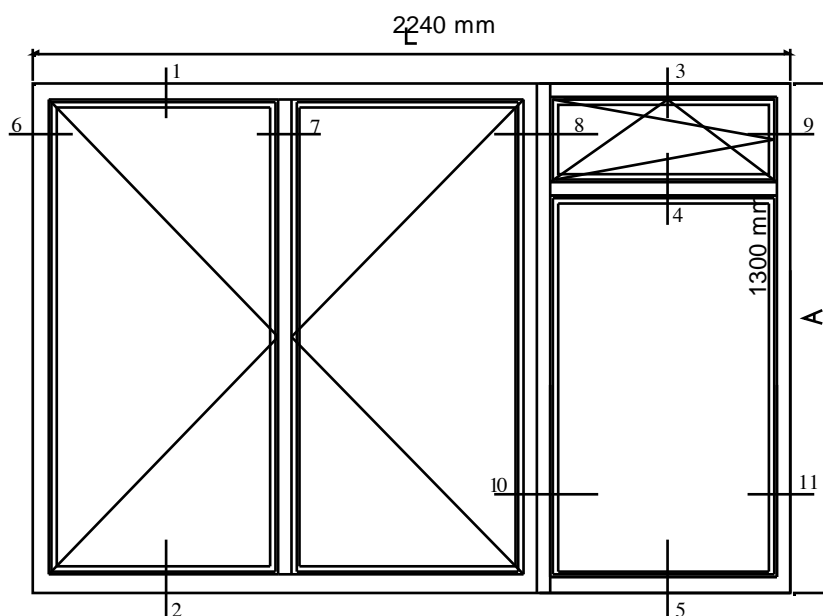


Fig.5. Porta

A secção do perfil da porta (A-A) corresponde ao perfil de alumínio:

SISTEMA NORTALU RC Lateral superior $U_f = 3,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

A secção do perfil central (2) corresponde a:

SISTEMA NORTALU RC Lateral inferior $U_f = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

A secção do perfil (3) corresponde a:

SISTEMA NORTALU RC Lateral superior $U_f = 3,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

A secção do perfil (4) corresponde a:

SISTEMA NORTALU RC Nó Central $U_f = 3,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

A secção do perfil (5) corresponde a:

SISTEMA NORTALU RC Lateral inferior $U_f = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

A secção do perfil (6) corresponde a:

SISTEMA NORTAL U RC Lateral esquerdo $U_f = 3,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

A secção do perfil (7) corresponde a:

SISTEMA NORTAL U RC Nó Central $U_f = 3,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

A secção do perfil (8) corresponde a:

SISTEMA NORTAL U RC Nó Central $U_f = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

A secção do perfil (9) corresponde a:

SISTEMA NORTAL U RC Lateral direito $U_f = 3,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

A secção do perfil (10) corresponde a:

SISTEMA NORTAL U RC Nó Central $U_f = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

A secção do perfil (11) corresponde a:

SISTEMA NORTAL U RC Lateral direito $U_f = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

O vidro duplo utilizado para o cálculo do coeficiente de transmissão térmica responde ao seguinte esquema:

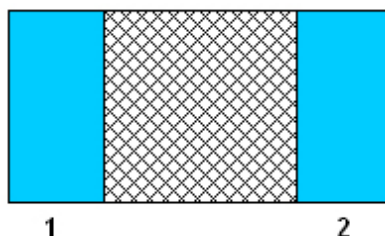


Fig.6. Detalhe do vidro duplo

1^{er} tipo:

Os vidros são 5 milímetros e 6 milímetros e a câmara de ar é de 12 mm de espessura.

Uma vez determinado o envidraçamento, as suas principais características são:

$$U_g = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

2^o tipo:

Os vidros são Guardian Sun 4mm e um laminado 3+3 e a câmara de ar é de 14 mm de espessura. Uma vez determinado o envidraçamento, as suas principais características são:

$$U_g = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$$

No quanto às dimensões correspondentes a cada elemento:

$A_g = 2,999 \text{ m}^2$	área correspondente ao envidraçamento
$A_{f \text{ Lateral superior (1)}} = 0,141 \text{ m}^2$	área projectada correspondente ao aro lateral superior (1)
$A_{f \text{ lateral inferior (2)}} = 0,169 \text{ m}^2$	área projectada correspondente ao aro lateral inferior (2)
$A_{f \text{ lateral superior (3)}} = 0,062 \text{ m}^2$	área projectada correspondente ao aro lateral superior (3)
$A_{f \text{ Nudo Central (4)}} = 0,075 \text{ m}^2$	área projectada correspondente ao aro nó central (4)
$A_{f \text{ lateral inferior (5)}} = 0,058 \text{ m}^2$	área projectada correspondente ao aro lateral inferior (5)
$A_{f \text{ lateral izquierdo (6)}} = 0,249 \text{ m}^2$	área projectada correspondente ao aro lateral esquerdo (6)
$A_{f \text{ Nudo Central (7)}} = 0,383 \text{ m}^2$	área projectada correspondente ao aro nó central (7)
$A_{f \text{ Nudo Central (8) (10)}} = 0,394 \text{ m}^2$	área projectada correspondente ao aro nó central (8) (10)
$A_{f \text{ lateral derecho (9)}} = 0,091 \text{ m}^2$	área projectada correspondente ao aro lateral direito (9)
$A_{f \text{ lateral derecho (11)}} = 0,082 \text{ m}^2$	área projectada correspondente ao aro lateral direito (11)
$I_g = 15,370 \text{ m}$	perímetro total visível do envidraçamento

Os cálculos são realizados segundo a metodologia apresentada na norma de produto UNE-EN 14351-1 "Ventanas y puertas peatonales exteriores - Norma de producto, características de prestación. Parte 1: Ventanas y puertas peatonales exteriores sin características de resistencia al fuego y/o control de humo". Esta norma estabelece que a transmissão térmica de portas e portas exteriores pedonais deve ser determinada por cálculo mediante a norma UNE-EN ISO 10077-1:2010: "Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de Transmisión Térmica. Parte 1: Método simplificado".

5.1. Método de cálculo según a norma UNE - EN ISO 10077-1:2010

Tabla E.1 – Valores de la transmitancia térmica lineal para los tipos comunes de barras de espaciadoras de acristalamiento (por ejemplo, aluminio o acero)

Tipo de marco	Transmitancia térmica lineal para distintos tipos de acristalamientos ψ_g	
	Doble o triple acristalamiento vidrio sin revestir relleno de aire o gas	Doble ^a o triple ^b acristalamiento con vidrio bajo emisivo relleno de aire o gas
Madera o PVC	0,06	0,08
Metálico con rotura de puente térmico	0,08	0,11
Metálico sin rotura de puente térmico	0,02	0,05
^a Una de las hojas de vidrio del doble acristalamiento revestida. ^b Dos hojas de vidrio del triple acristalamiento revestidas.		

Uma vez determinado o valor correspondente ao coeficiente de transmissão térmica do aro (U_f), é necessário ter em conta a interação entre o aro e o vidro, para o que é necessário calcular o coeficiente de transmissão térmica linear (ψ), que pode-se determinar por cálculo numérico segundo estabelece a norma UNE-EN ISO 10077-2:2008, ou bem utilizar os valores predeterminados no Anexo E da norma UNE-EN ISO 10077-1:2010.

Com o valor de transmissão do aro, o vidro e o efeito borda, procede-se a calcular o valor do coeficiente de transmissão térmica da porta segundo a metodologia apresentada no apartado 5 da norma UNE-EN ISO 10077-1:2001: “**Cálculo do coeficiente de Transmisión Térmica**”, e que deve ser calculado mediante a seguinte equação.

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

Donde,

U_w é o coeficiente de transmissão térmica correspondente à porta

U_g é o coeficiente de transmissão térmica do envidraçamento

U_f é o coeficiente de transmissão térmica do aro

ψ_g é o coeficiente de transmissão térmica linear devido aos efeitos térmicos combinados do intercalado, do vidro e do aro

A_g é a área correspondente ao envidraçamento

A_f é a área projectada correspondente ao aro

l_g é o perímetro total visível do envidraçamento

Tendo em conta o envidraçamento, o factor da borda é:

1^{er} tipo:

$$\psi_g = 0,08 \text{ W/m K}$$

2º tipo:

$$\psi_g = 0,11 \text{ W/m K}$$

Por tanto, o coeficiente de transmissão térmica da porta completa segundo a norma UNE - EN ISO 10077-1:2001 é:

1 ^{er} tipo U_w (W/m ² K)	2º tipo U_w (W/m ² K)
3,2	2,4

NOTA: Os valores de transmissão térmica da porta completa (U_w) apresentados no presente relatório correspondem a umas dimensões de porta e tipo de envidraçamento determinados, qualquer variação dos mesmos irá dar lugar a alterações no resultado.

DATA DA RECEPÇÃO:	18.03.2011
DATA DA INÍCIO DO ENSAIO:	07.03.2011
DATA DA TERMINAÇÃO DO ENSAIO:	21.03.2011
DATA DA EMISSÃO DO RELATÓRIO:	31.03.2011



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "N. Berra".

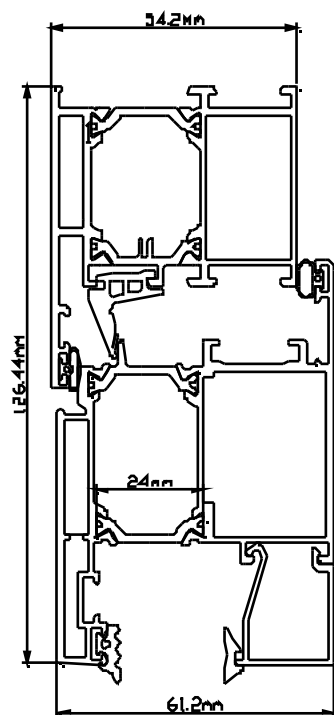
Nerea Berra
Técnico do laboratório
Sistemas e Productos

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "M. Mateos".

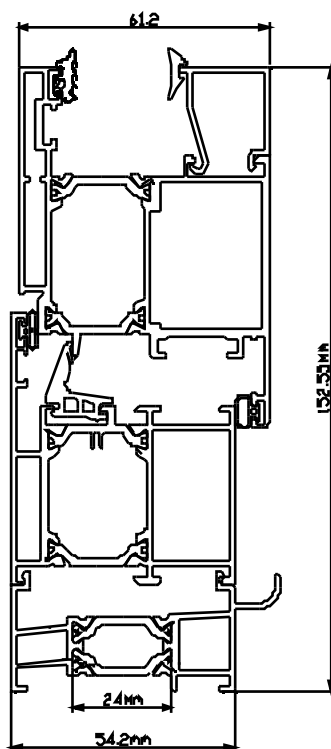
Miguel Mateos
Chefe do Área
Sistemas e Productos

ANEXOS

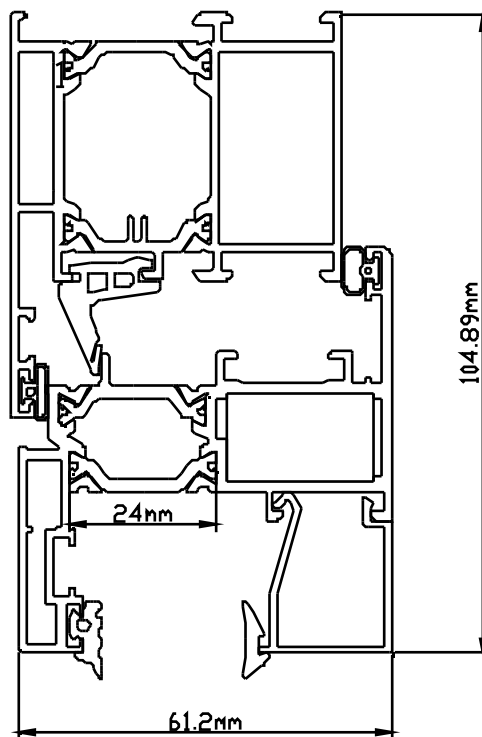
Secções simuladas



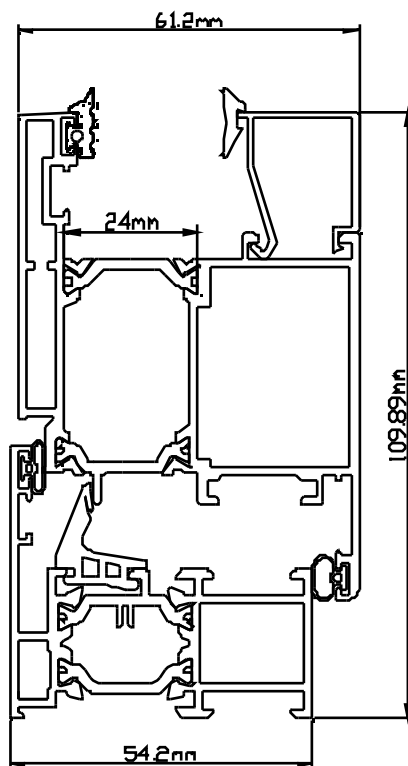
SISTEMA NORTALU RC lateral superior (1)



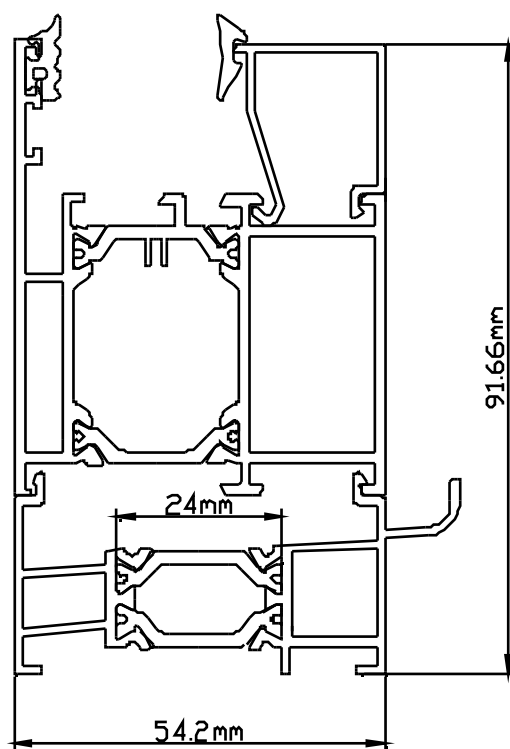
SISTEMA NORTALU RC lateral inferior (2)



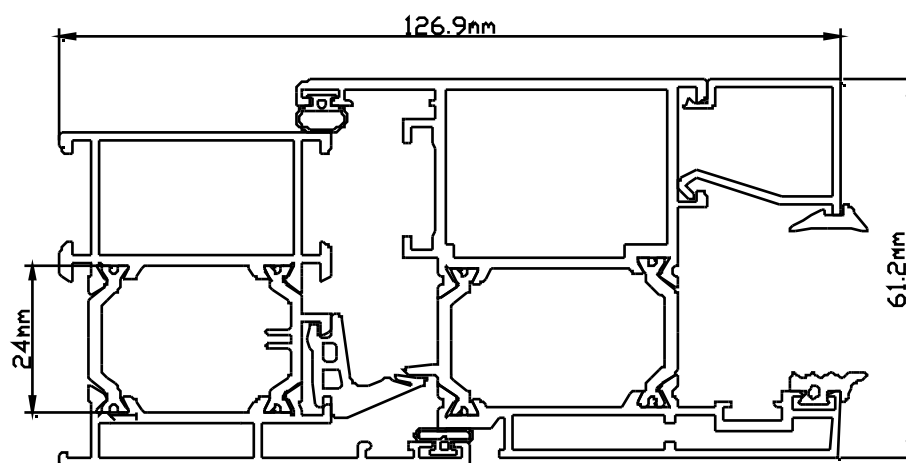
SISTEMA NORTALU RC lateral superior (3)-(9)



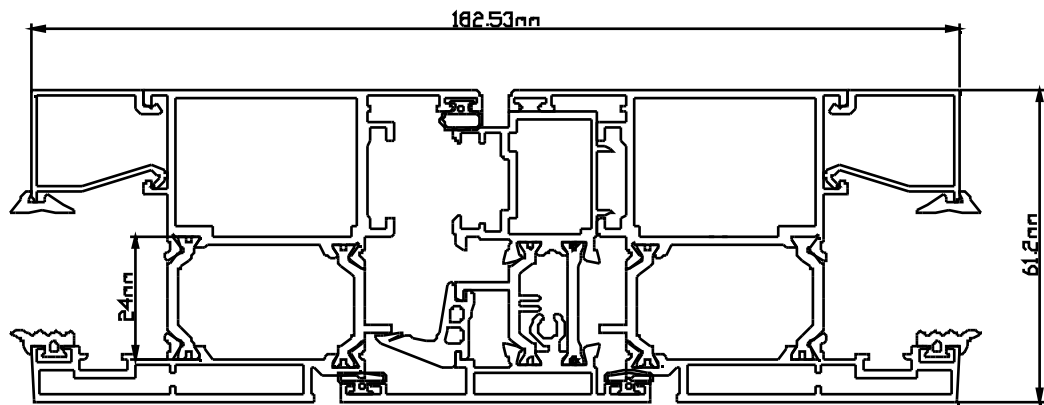
SISTEMA NORTALU RC N6 Central (4)



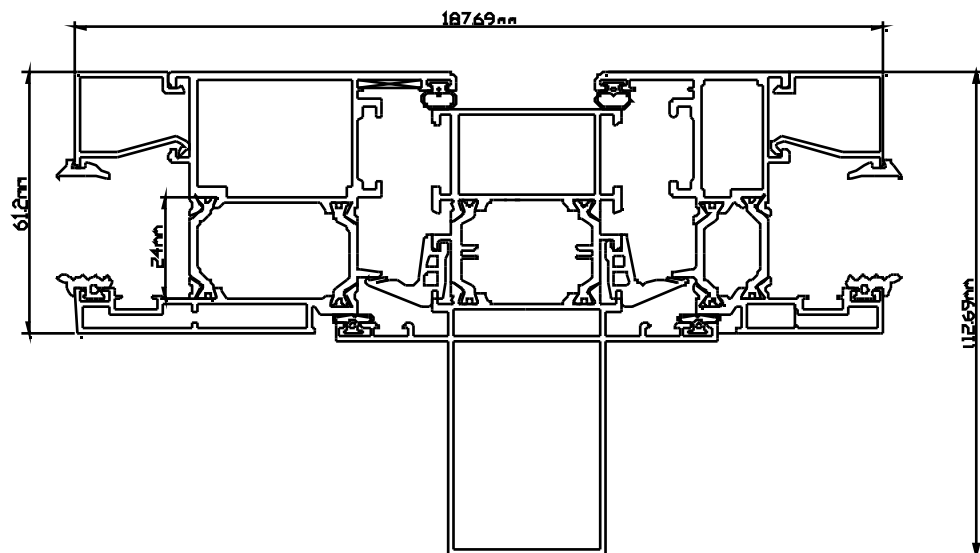
SISTEMA NORTALU RC Lateral inferior (5)



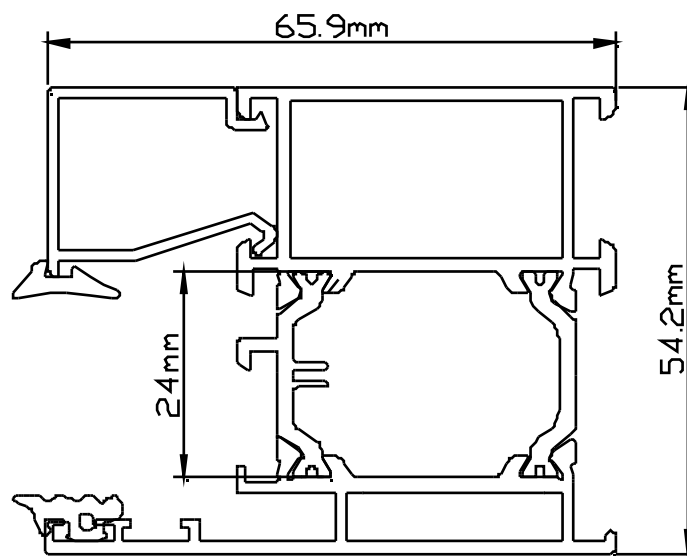
SISTEMA NORTALU RC Lateral izquierdo (6)



SISTEMA NORTALU RC Nó Central (7)



SISTEMA NORTALU RC Nó Central (8)-(10)



SISTEMA NORTALU RC Lateral direito (11)