

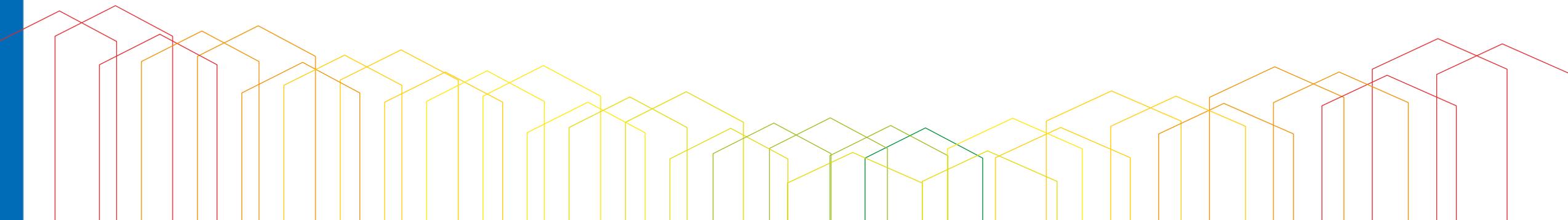


Ministerio de
Vivienda y
Urbanismo

Gobierno de Chile

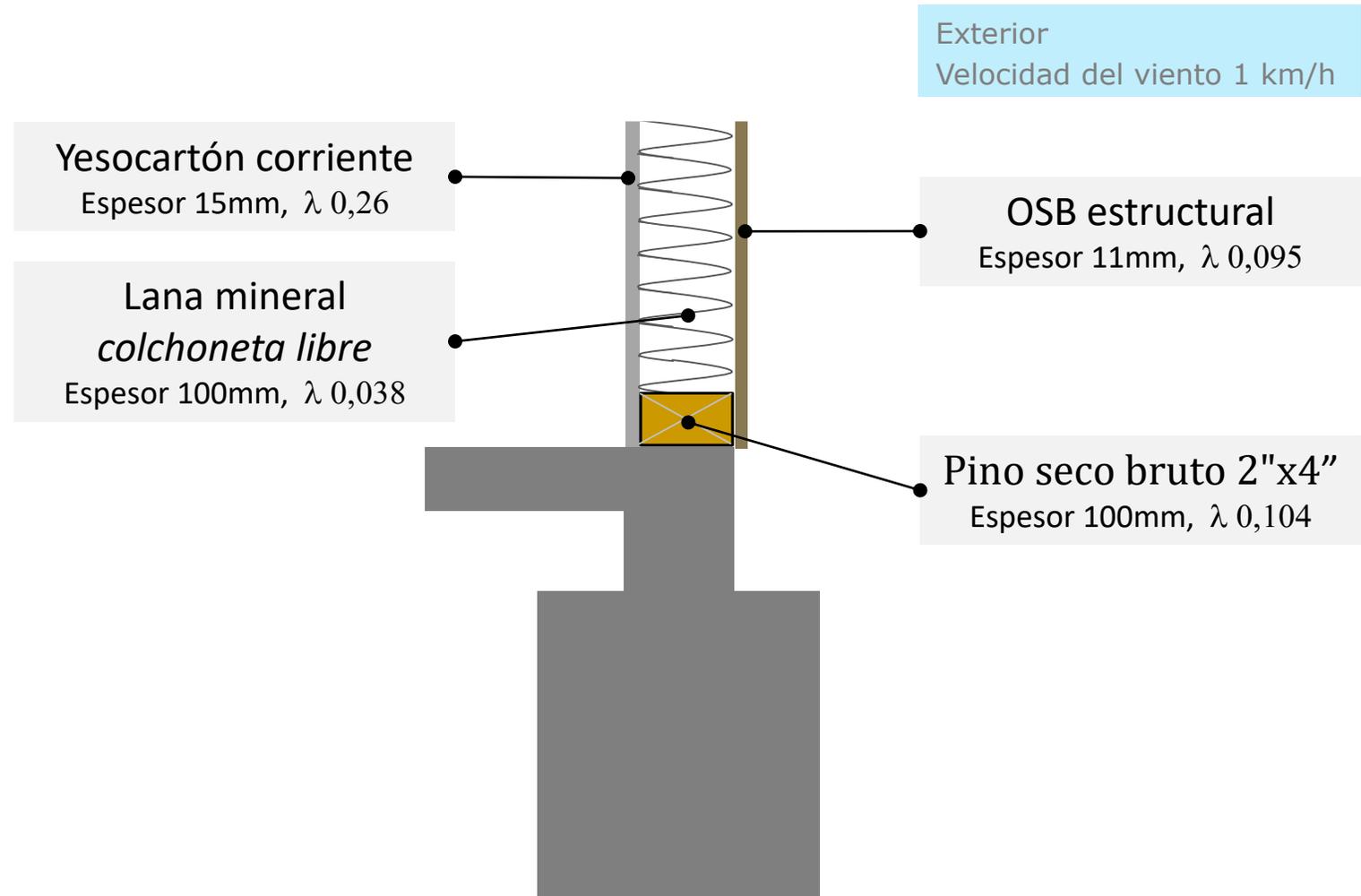
Ejercitación para acreditación de Evaluadores Energéticos de la CEV

Sistema de calificación energética vivienda (SCEV)



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro y ponderación



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro y ponderación

Paso 1: Identificar caso

El muro está compuesto por dos tipos de sección con elementos compuestos por varias capas homogéneas.

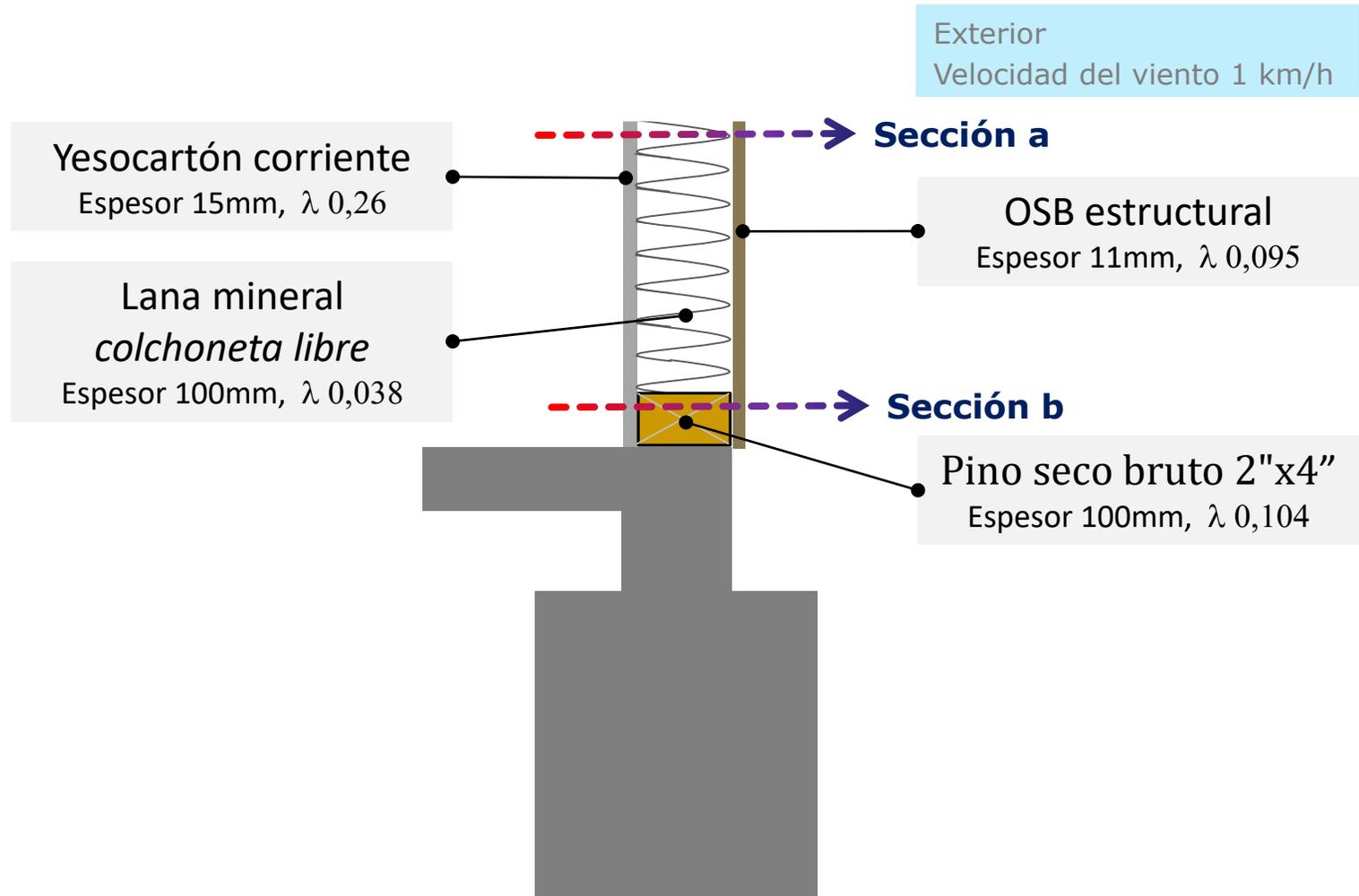
La metodología para el cálculo de la transmitancia térmica de este tipo de elementos (varias capas homogéneas), es la descrita en la sección 5.3.1 de la NCh 853 2007 y la ecuación es:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

Dónde:

- R_{si} : Resistencia superficial interior
- e : espesor
- λ : conductividad térmica
- R_{se} : Resistencia superficial exterior

De acuerdo a lo indicado en sección 5.4.2 de la NCh 853 2007, se trata de un elemento con heterogeneidad simple, por lo que se puede utilizar la ecuación anotada en la misma sección para obtener la transmitancia global del muro.



Ejercitación acreditación CEV

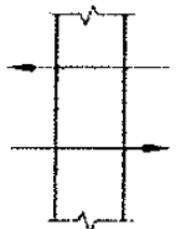
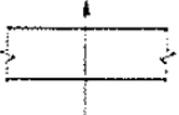
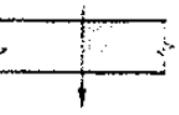
Cálculo transmitancia térmica muro y ponderación

Paso 2: Identificación resistencia superficial

En la sección 5.1 de la NCh857 2007 se encuentra la tabla 2. En dicha tabla se muestran las resistencias superficiales en función de la posición del elemento.

- El flujo horizontal se refiere a muros,
- el flujo ascendente se refiere a techos y
- el flujo descendente se refiere a pisos ventilados.

El ejemplo del ejercicio se trata de un muro que separa con el exterior, por lo que las resistencias superficiales son las que se destacan en la imagen.

Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$							
Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que 60° respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Ejercitación acreditación CEV

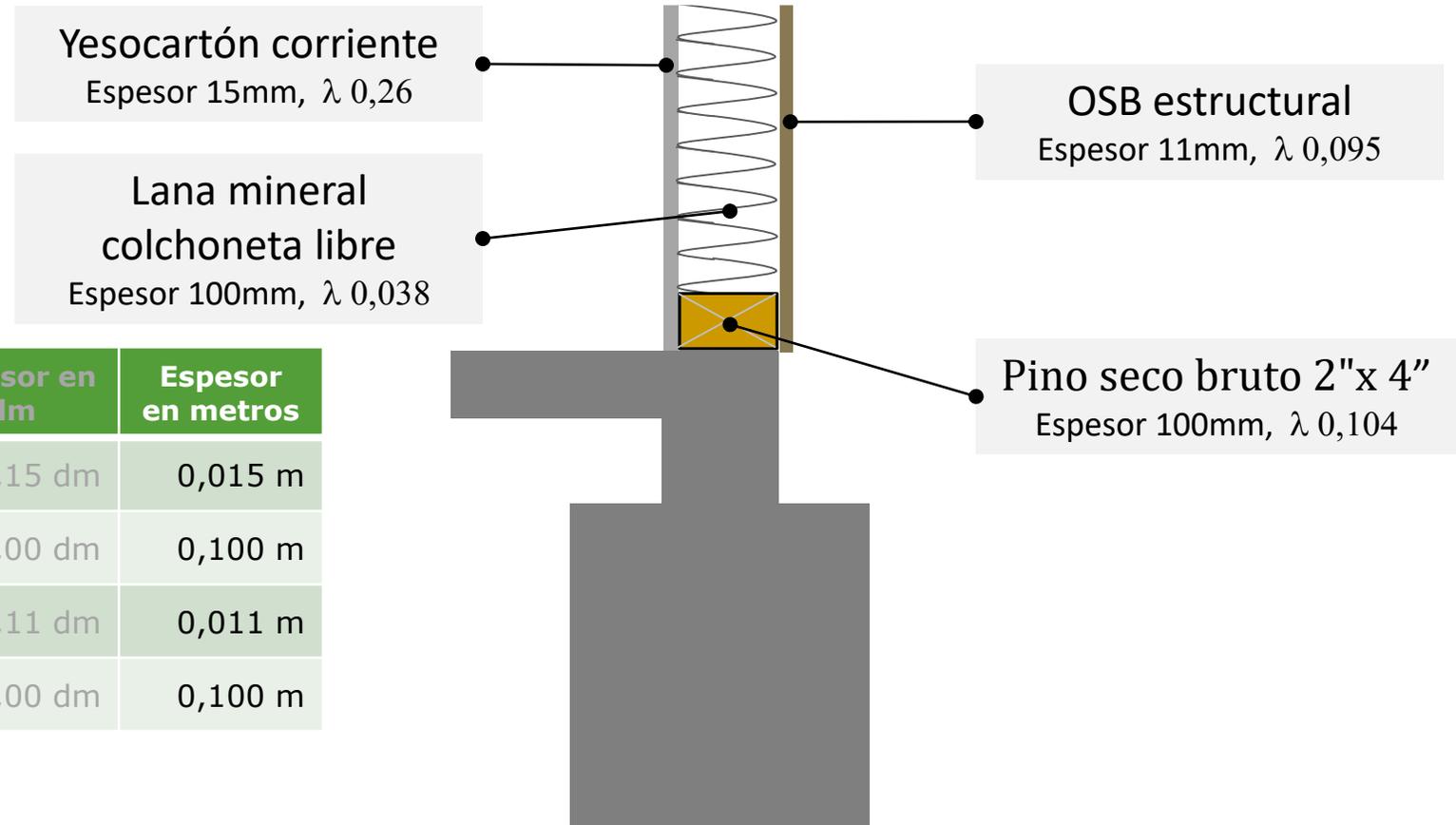
Cálculo transmitancia térmica muro y ponderación

Paso 3: Conversión de unidades

Es un paso que parece simple, sin embargo es un error frecuente, por lo que es necesario detenerse en él.

Ya que la unidad de la transmitancia térmica es W/m^2K , es necesario que siempre el espesor para el cálculo esté expresado en metros y no en centímetros o milímetros.

Material	Dato original	Espesor en cm	Espesor en dm	Espesor en metros
Yesocartón corriente	15 mm	1,5 cm	0,15 dm	0,015 m
Lana mineral	100 mm	10,0 cm	1,00 dm	0,100 m
OSB estructural	11 mm	1,1 cm	0,11 dm	0,011 m
Pino seco bruto 2"x4"	100 mm	10,0 cm	1,00 dm	0,100 m



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro y ponderación

Paso 4: Cálculo transmitancia (U) sección a

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

Obtener valores R_{si} y R_{se} de la tabla 2 de la NCh 853 2007

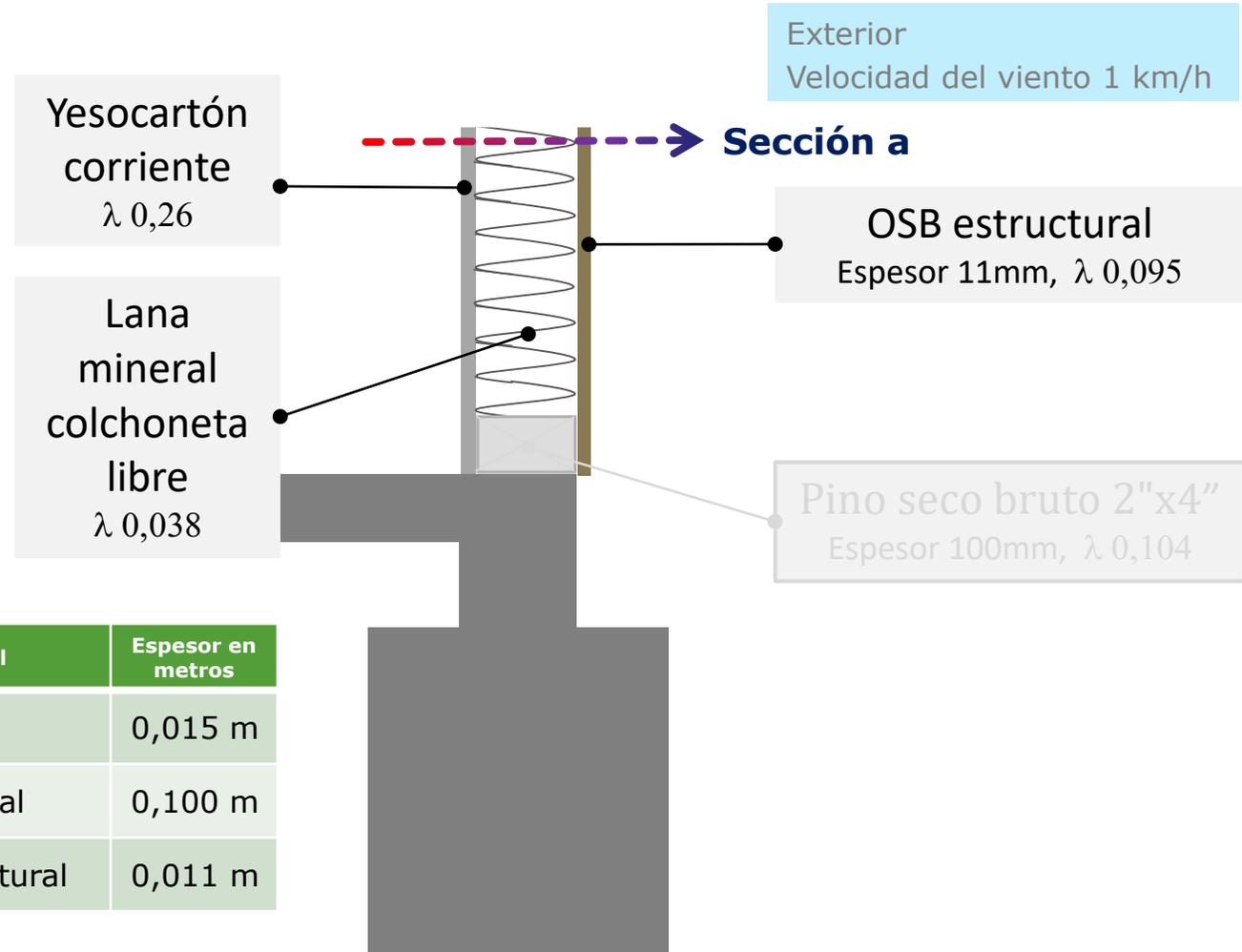
$$U = \frac{1}{0,12 + \left(\frac{0,015}{0,26} + \frac{0,100}{0,038} + \frac{0,011}{0,095} \right) + 0,05}$$

R_{si}	Yeso cartón	Lana mineral	OSB	R_{se}
----------	-------------	--------------	-----	----------

$$U = \frac{1}{0,12 + (0,058 + 2,632 + 0,116) + 0,05}$$

$$U = \frac{1}{0,12 + (2,805) + 0,05} = \frac{1}{2,975} = 0,336$$

U
sección a



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro y ponderación

Paso 5: Cálculo transmitancia (U) sección b

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

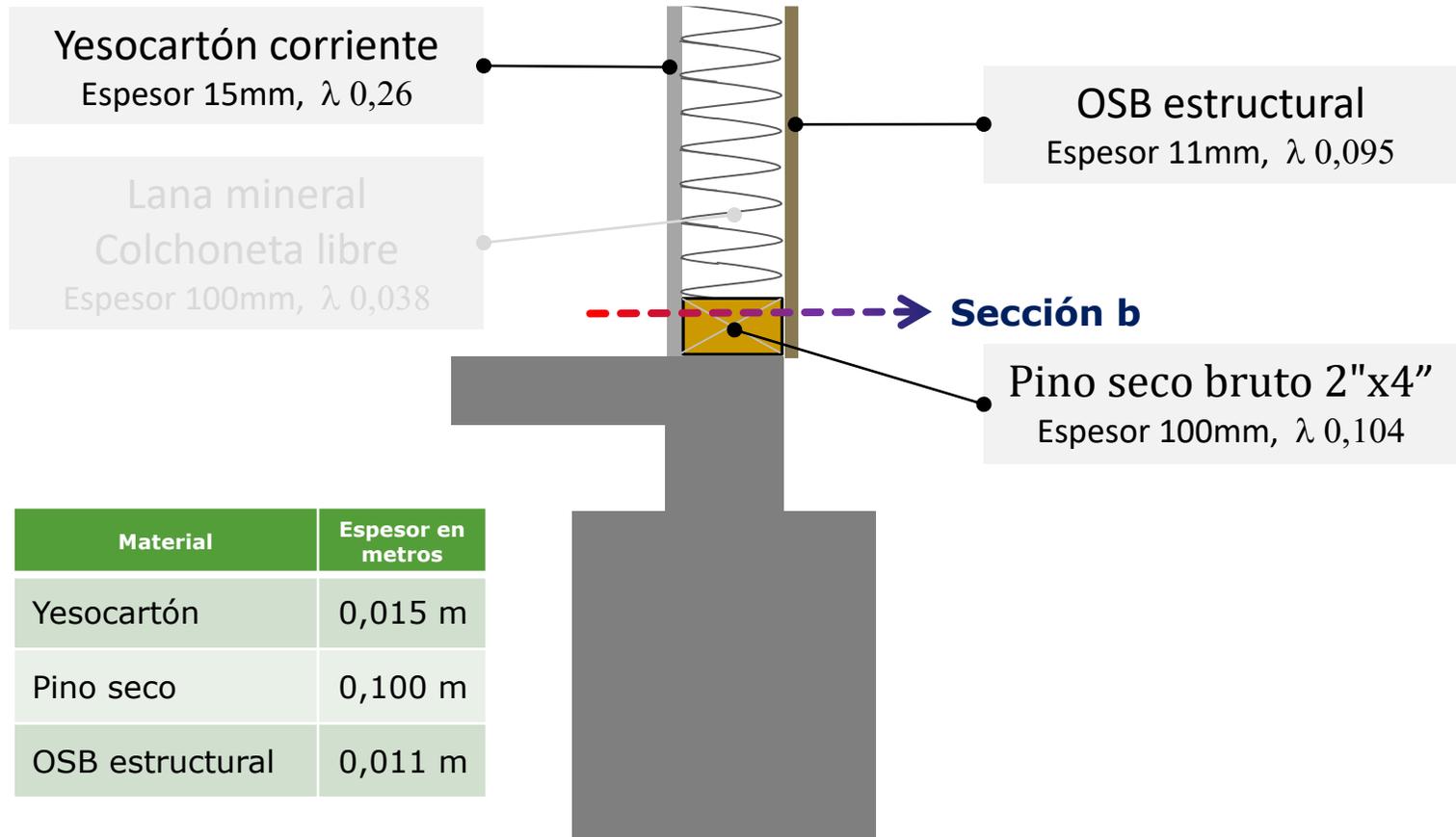
$$U = \frac{1}{0,12 + \left(\frac{0,015}{0,26} + \frac{0,100}{0,104} + \frac{0,011}{0,095} \right) + 0,05}$$

R_{si}	Yeso cartón	Pino	OSB	R_{se}
----------	-------------	------	-----	----------

$$U = \frac{1}{0,12 + (0,058 + 0,962 + 0,116) + 0,05}$$

$$U = \frac{1}{0,12 + (1,135) + 0,05} = \frac{1}{1,305} = 0,766$$

U
sección b



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro y ponderación

Paso 6: Ponderación Al calcular la transmitancia térmica a través de la Norma NCh 853 se acepta ponderar la transmitancia de cada elemento en función de su superficie.

Estructura	Superficie [m ²]
Sección aislada	238
Sección estructura	42

$$U_{ponderado} = \frac{\sum(m^2 * U)}{\sum m^2}$$

$$U_{ponderado} = \frac{\begin{matrix} \text{m}^2 & \text{sección} \\ & \text{a} \\ (238 * U) \end{matrix} + \begin{matrix} \text{m}^2 & \text{sección} \\ & \text{b} \\ (42 * U) \end{matrix}}{\begin{matrix} 238 + 42 \\ \text{Área total menos} \\ \text{la estructura} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{Área} \\ \text{estructura} \end{matrix}}$$

$$U_{ponderado} = \frac{\begin{matrix} U * \text{área sección a} \\ (238 * 0,336) \end{matrix} + \begin{matrix} U * \text{área sección b} \\ (42 * 0,766) \end{matrix}}{\begin{matrix} 280 \\ \text{Área total} \end{matrix}}$$

$$U_{ponderado} = \frac{\begin{matrix} \text{sección a} \\ (80) \end{matrix} + \begin{matrix} \text{sección b} \\ (32,2) \end{matrix}}{280}$$

$$U_{ponderado} = 0,401 \text{ w/m}^2\text{K}$$

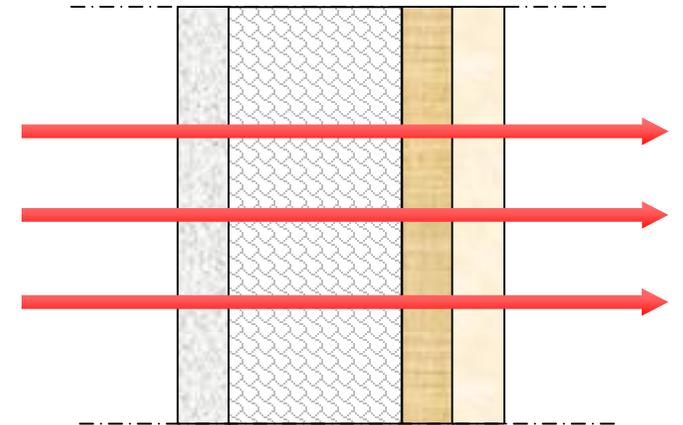
Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Elemento homogéneo

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

Flujo de calor

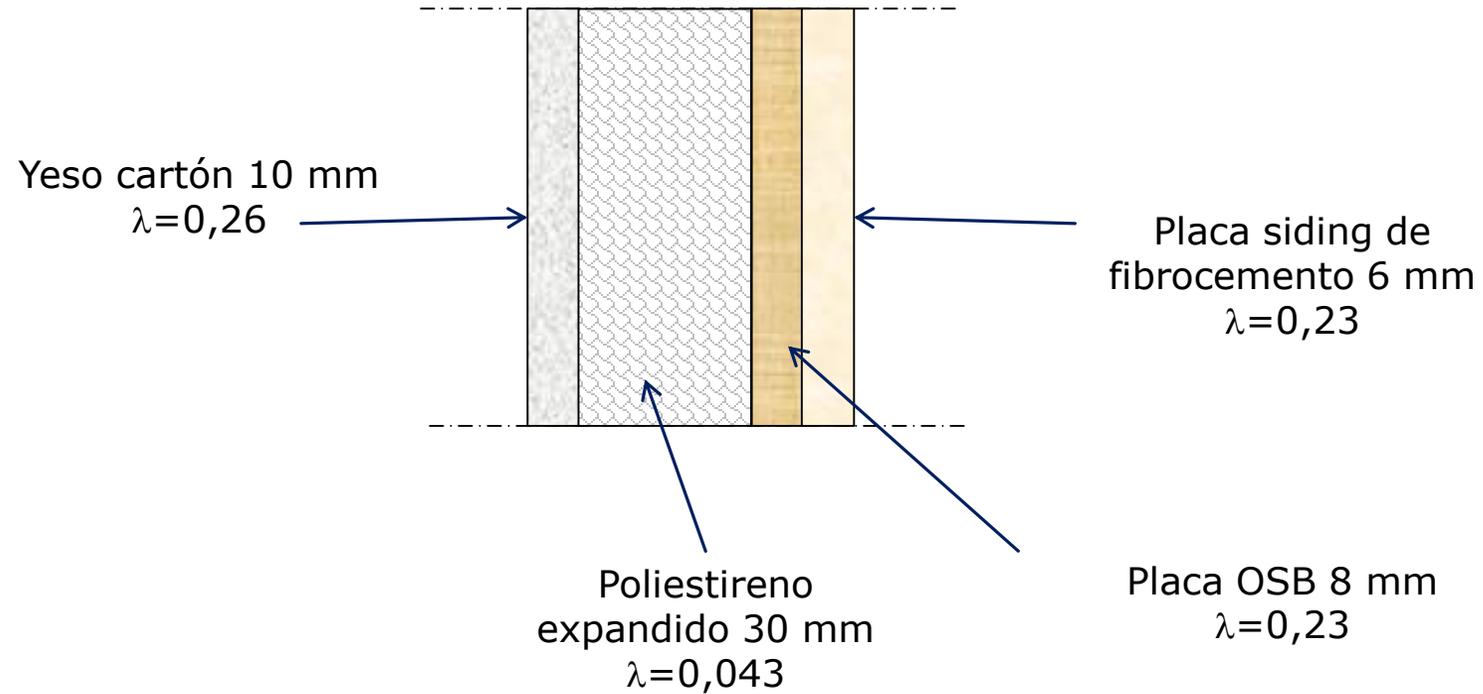


- El elemento homogéneo tiene la misma composición a cualquier altura de una línea paralela al flujo de calor.

Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Elemento homogéneo en contacto con el exterior Nº1



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

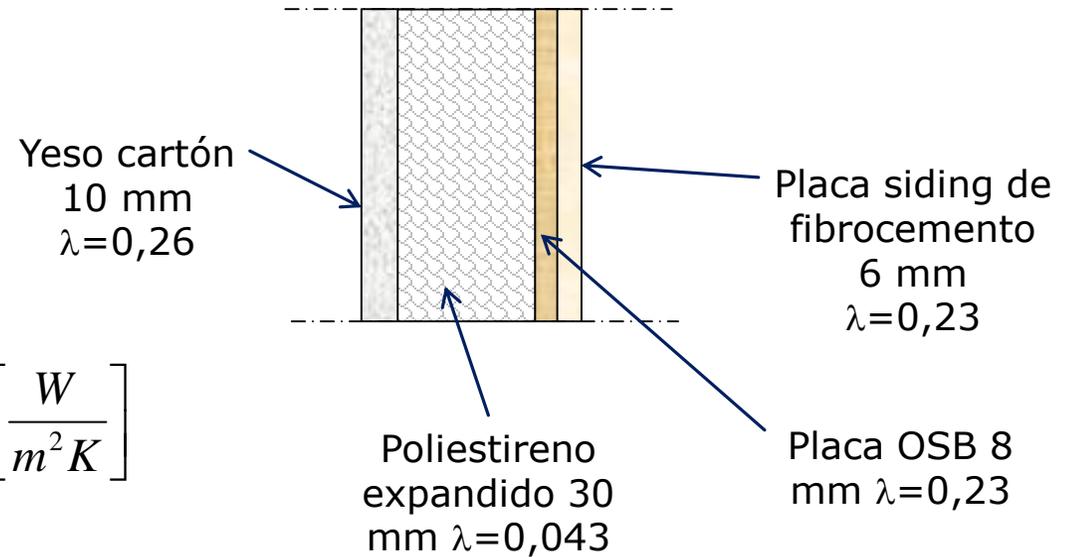
Elemento homogéneo en contacto con el exterior Nº1

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U = \frac{1}{0,12 + \frac{0,01}{0,26} + \frac{0,03}{0,043} + \frac{0,008}{0,23} + \frac{0,006}{0,23} + 0,05} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

R_{si}	Yeso cartón	Poliestireno	OSB	Siding	R_{se}
----------	-------------	--------------	-----	--------	----------

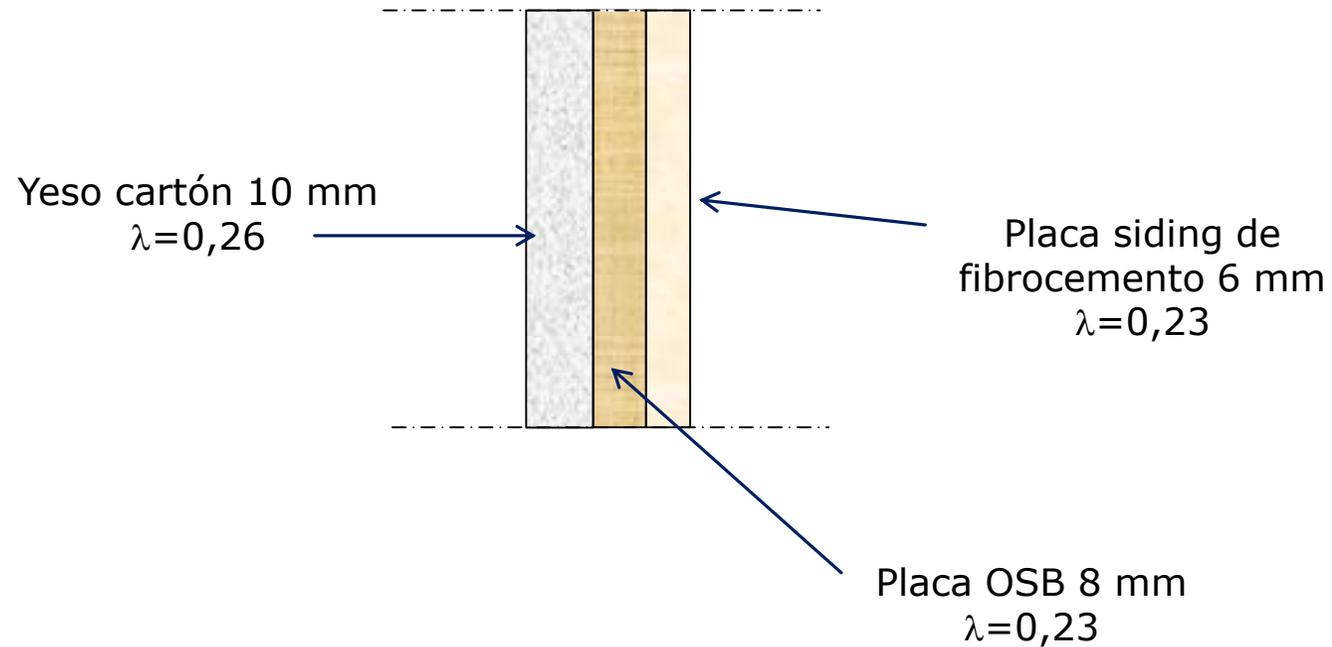
$$U = 1,03 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Elemento homogéneo en contacto con el exterior Nº2



Ejercitación acreditación CEV

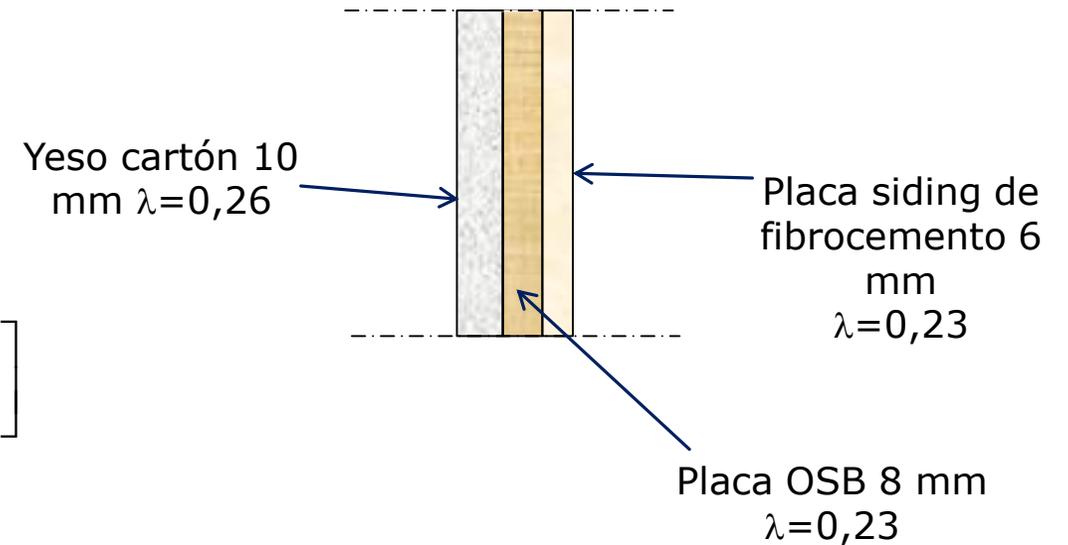
Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Elemento homogéneo en contacto con el exterior Nº2

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U = \frac{1}{\begin{array}{c} 0,12 \\ R_{si} \end{array} + \begin{array}{c} 0,01 \\ 0,26 \\ \text{Yeso} \\ \text{cartón} \end{array} + \begin{array}{c} 0,008 \\ 0,23 \\ \text{OSB} \end{array} + \begin{array}{c} 0,006 \\ 0,23 \\ \text{Siding} \end{array} + \begin{array}{c} 0,05 \\ R_{se} \end{array}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

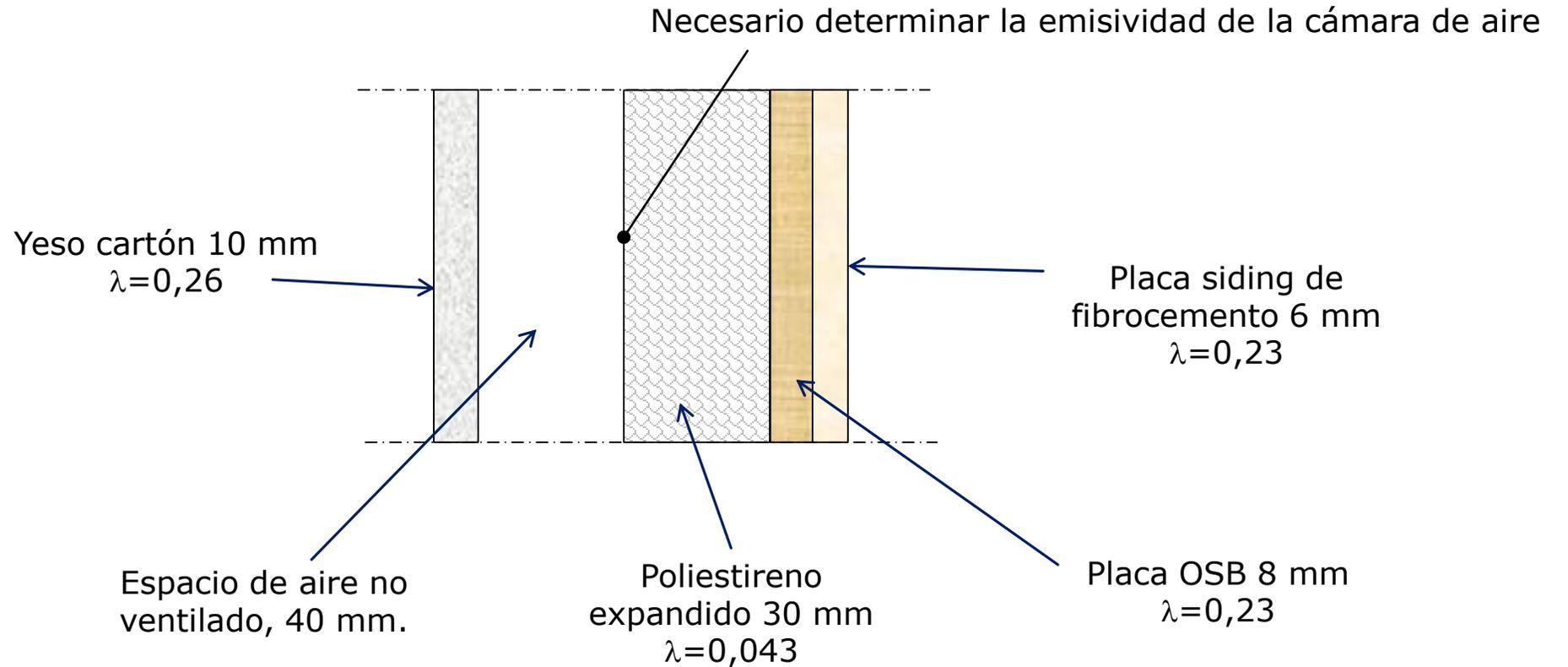
$$U = 3,71 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Elemento homogéneo en contacto con el exterior Nº3



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Elemento homogéneo en contacto con el exterior N°3

NCh853 – Anexo C

En general se distinguen cuatro casos característicos, ellos son:

- a) caso general (materiales corrientes de construcción, tales como madera, hormigón, ladrillos, vidrio, papeles no metálicos, etc.): $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,9$ de donde $E = 0,82$, ver Figura C.1;
- b) una de las superficies de la cámara es brillante, $\varepsilon_1 = 0,2$, la otra superficie, en cambio, corresponde a materiales corrientes de construcción, $\varepsilon_2 = 0,9$ de donde $E = 0,20$, ver Tablas C.1, C.2 y C.3;
- c) ambas superficies de la cámara son brillantes, $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,2$ de donde $E = 0,11$, ver Tablas C.1, C.2 y C.3;
- d) una de las superficies de la cámara es muy brillante, $\varepsilon_1 = 0,05$, la otra superficie en cambio, corresponde a materiales corrientes, $\varepsilon_2 = 0,9$ de donde $E = 0,05$, ver Tablas C.1, C.2 y C.3.

Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Elemento homogéneo en contacto con el exterior N°3

NCh853 – Anexo C

Tabla C.1 - Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas -
Cámaras de aire verticales, flujo térmico horizontal

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
Resistencia térmica, R_g , $m^2 \times K/W$				
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,140	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,165	0,37	0,46	0,55
35	0,165	0,37	0,46	0,55
e ≥ 40	0,165	0,37	0,46	0,55

Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

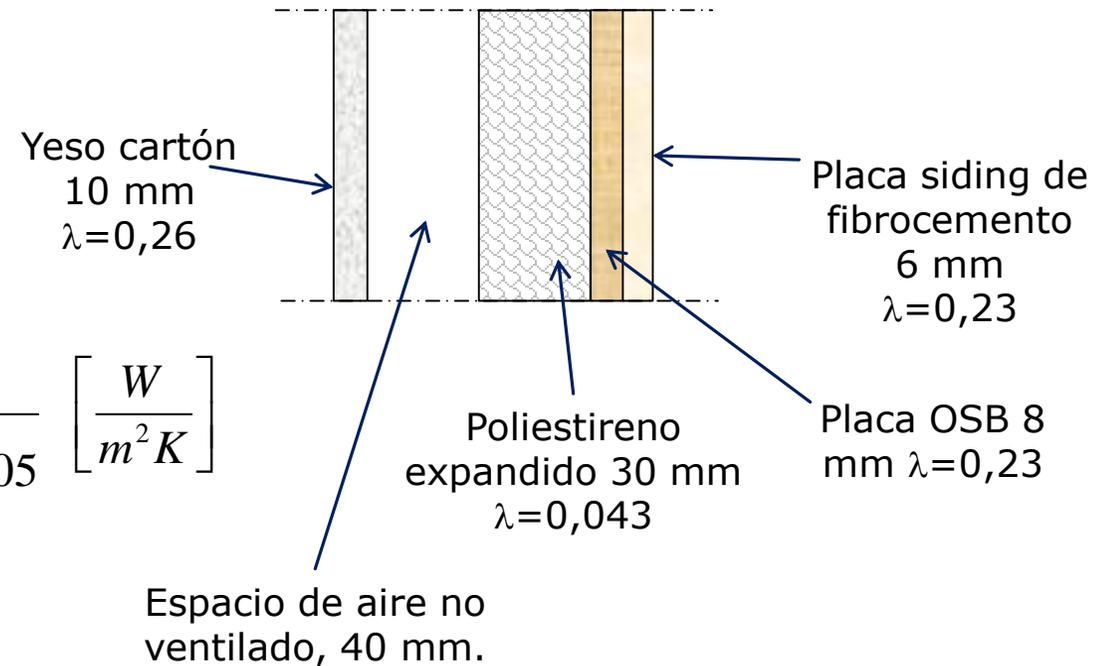
Elemento homogéneo en contacto con el exterior Nº3

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_i + R_g + R_e + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U = \frac{1}{0,12 + \frac{0,01}{0,26} + 0,165 + \frac{0,03}{0,043} + \frac{0,008}{0,23} + \frac{0,006}{0,23} + 0,05} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Resistencia cámara de aire

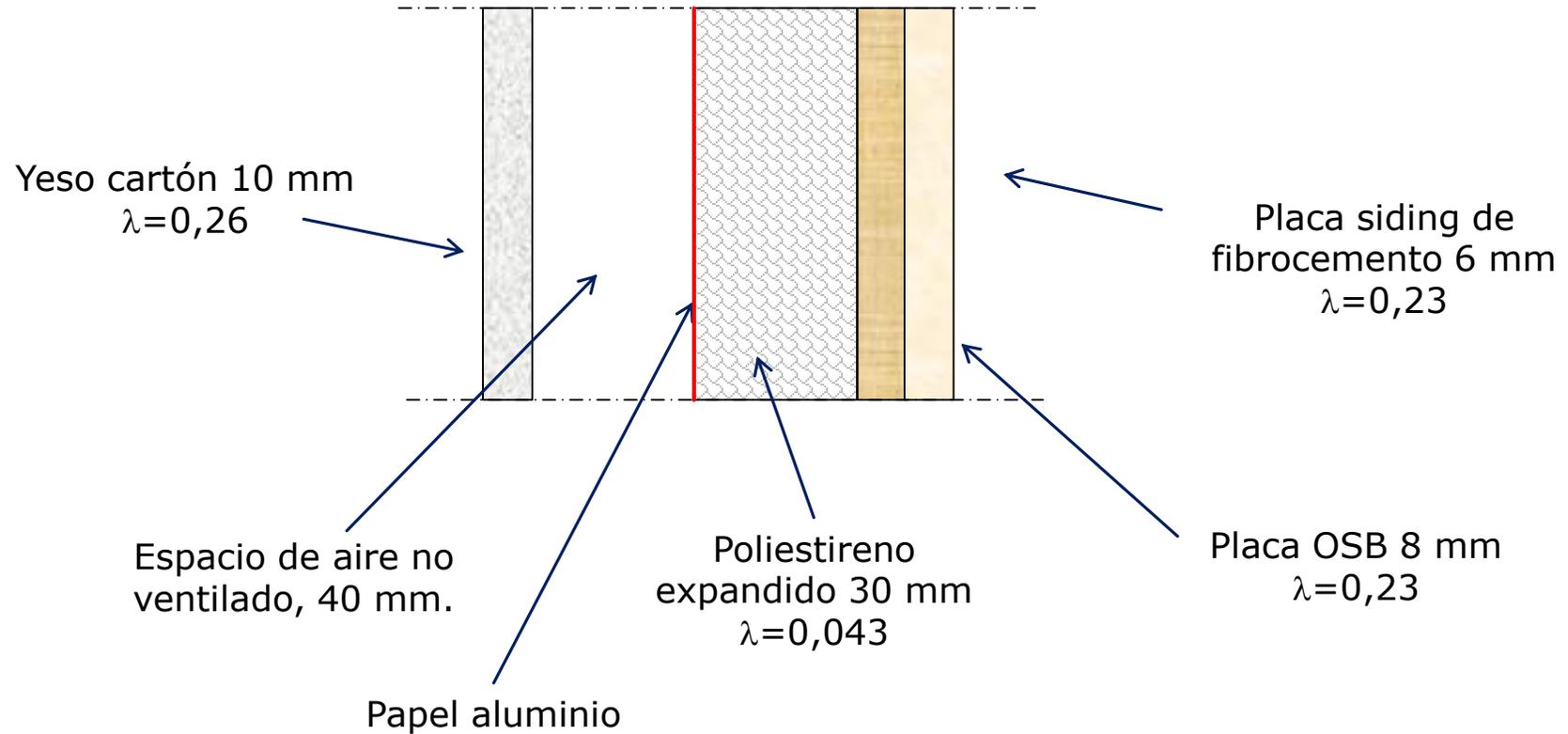
$$U = 0,88 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Elemento homogéneo en contacto con el exterior Nº4



Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Elemento homogéneo en contacto con el exterior N°4

NCh853 – Anexo C

En general se distinguen cuatro casos característicos, ellos son:

- a) caso general (materiales corrientes de construcción, tales como madera, hormigón, ladrillos, vidrio, papeles no metálicos, etc.): $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,9$ de donde $E = 0,82$, ver Figura C.1;
- b) una de las superficies de la cámara es brillante, $\varepsilon_1 = 0,2$, la otra superficie, en cambio, corresponde a materiales corrientes de construcción, $\varepsilon_2 = 0,9$ de donde $E = 0,20$, ver Tablas C.1, C.2 y C.3;
- c) ambas superficies de la cámara son brillantes, $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,2$ de donde $E = 0,11$, ver Tablas C.1, C.2 y C.3;
- d) una de las superficies de la cámara es muy brillante, $\varepsilon_1 = 0,05$, la otra superficie en cambio, corresponde a materiales corrientes, $\varepsilon_2 = 0,9$ de donde $E = 0,05$, ver Tablas C.1, C.2 y C.3.

Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Elemento homogéneo en contacto con el exterior N°4

NCh853 – Anexo C

Tabla C.1 - Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas -
Cámaras de aire verticales, flujo térmico horizontal

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
Resistencia térmica, R_g , $m^2 \times K/W$				
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,140	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,165	0,37	0,46	0,55
35	0,165	0,37	0,46	0,55
e ≥ 40	0,165	0,37	0,46	0,55

Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

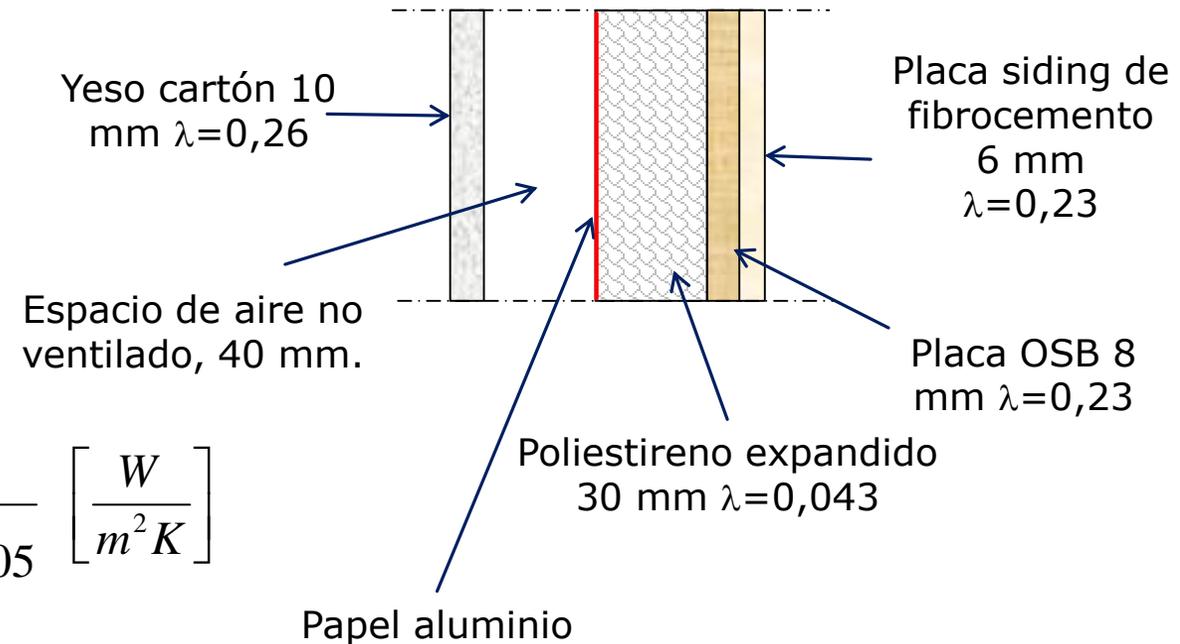
Elemento homogéneo en contacto con el exterior Nº4

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_i + R_g + R_e + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U = \frac{1}{0,12 + \frac{0,01}{0,26} + 0,37 + \frac{0,03}{0,043} + \frac{0,008}{0,23} + \frac{0,006}{0,23} + 0,05} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Resistencia
cámara de
aire

$$U = 0,75 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

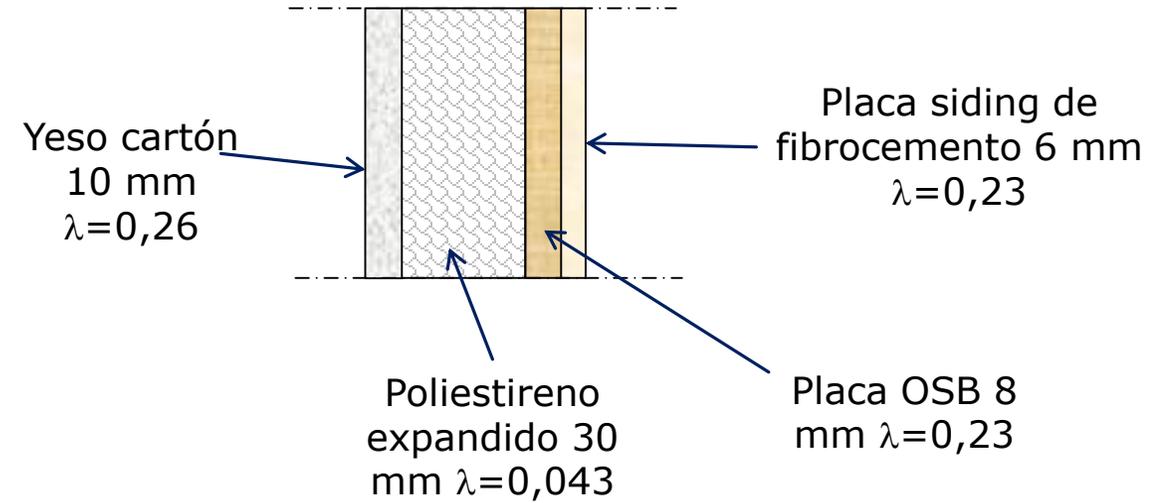


Ejercitación acreditación CEV

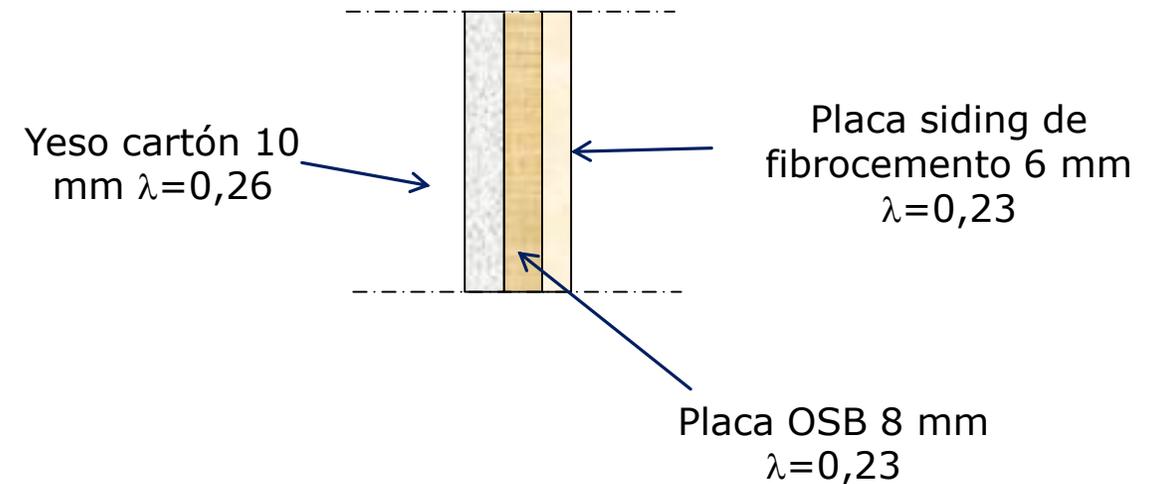
Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Resultados comparados

$$U = 1,03 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$



$$U = 3,71 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

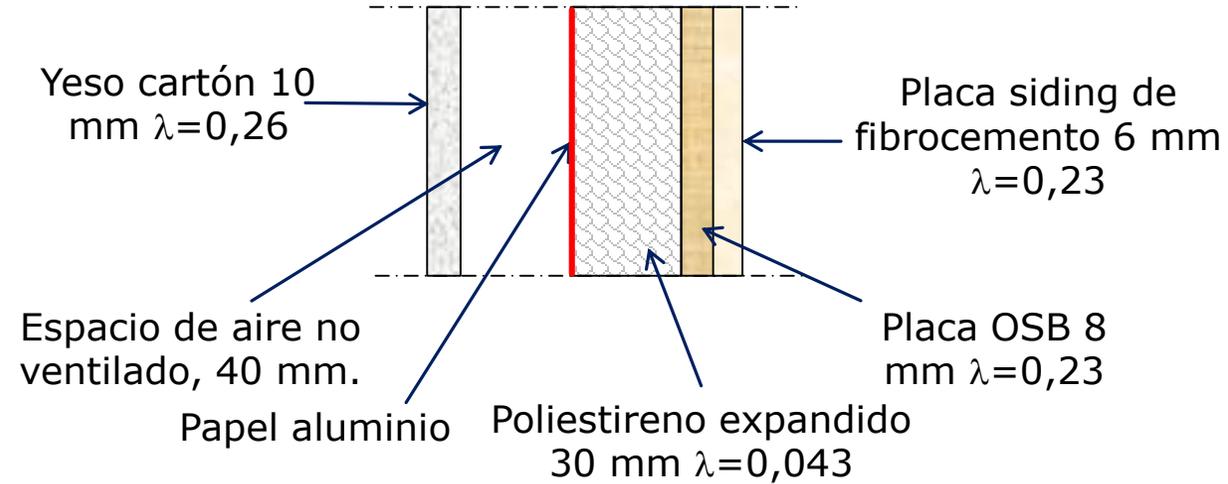


Ejercitación acreditación CEV

Cálculo transmitancia térmica muro, ejemplos con distintos elementos

Resultados comparados

$$U = 0,75 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$



$$U = 0,88 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

