

$$e_{material3} = 0.015 \text{ m}$$

- Coeficiente de transmitancia térmica

$$K_{material3} = 0.30 \text{ W/mk}$$

Reemplazando datos en la fórmula

$$U_{1-muro \text{ sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material 1}}{k_{material 1}} + \frac{e_{material 2}}{k_{material 2}} + \frac{e_{material 3}}{k_{material 3}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

$$U_{1-muro \text{ sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{0.37}{0.90} + \frac{0.015}{0.30} + \frac{0.015}{0.30} + 0.11 + 0.06\right)}$$

$$U_{1-muro \text{ con cámara}} = 1.47 \text{ U(W/m}^2\text{k)}$$

Tabla 87.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial extrema (Rse)				0.11				
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin camara de aire								
Muro Este								
Adobe	0.37				0.9			
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3	14.18	1.47	20.8446
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			
Muro sin camara de aire								
Muro Norte								
Adobe	0.37				0.9			
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3	6.94	1.47	10.2018
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			
Muro sin camara de aire								
Muro Sur								
Adobe	0.37				0.9			
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3	16.62	1.47	24.4314
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			

Fuente: Elaboración propia.

4. Sobrecimientos

(Lado Este y Sur, Cocina - Comedor)

Espesor de los materiales

Mortero Cemento Arena e= 0.03m

Piedra natural porosa e= 0.10m

Mortero Cemento Arena $e = 0.03\text{m}$

Piedra natural porosa $e = 0.10\text{m}$

Mortero cemento arena $e = 0.04\text{m}$

TOTAL espesor sobrecimiento = 0.30m

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 11 y 27: Roca natural y mortero cemento arena

Hallando la transmitancia térmica del Sobrecimiento

$$U_{1-\text{sobrecim}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material 1}}}{k_{\text{material 1}}} + \frac{e_{\text{material 2}}}{k_{\text{material 2}}} + \frac{e_{\text{material 3}}}{k_{\text{material 3}}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

$e_{\text{material 1}}$ espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{\text{material 1}}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-\text{sobrecim}} = \frac{1}{\left(\frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.04}{1.4}\right)}$$

$$U_{1-\text{sobrecim}} = 2.33 \text{ (W/m}^2\text{k)}$$

Hallando el Área del sobrecimiento

Sobrecimiento Muro Este (Cocina – Comedor)

Área Sobrecimiento (Tipo 1A)

$$H = 0.30 \text{ m}$$

$$A = 5.10\text{m}$$

$$S = 0.30 \times 5.10 = 1.53\text{m}^2$$

Sobrecimiento Muro Sur (Cocina – Comedor)

Área Sobrecimiento (Tipo 1A)

$$H = 0.30 \text{ m}$$

$$A = 4.50\text{m}$$

$$S = 0.30 \times 4.50 = 1.35\text{m}^2$$

Tabla 88.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Sobrecimiento Este						1.53	2.33	3.5649
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			
Puente Térmico: Sobrecimiento Sur						1.35	2.33	3.1455
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			

Fuente: Elaboración propia.

5. Vigas

Espesor del material

$$\text{Madera Eucalipto} = 0.18\text{m}$$

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 43: Maderas muy densas

Hallando la transmitancia térmica de la viga

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la viga, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\frac{0.18}{0.29}}$$

$$U_{1-viga} = 1.61 (w/m^2k)$$

Área de la viga Este (Sviga)

$$H = 0.18m$$

$$L = 5.10m$$

$$S = 0.18m \times 5.10m = 0.918 m^2$$

Área de la viga Sur (Sviga)

$$H = 0.18m$$

$$L = 4.50m$$

$$S = 0.18m \times 4.50m = 0.81 m^2$$

Tabla 89.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Viga Este						0.918	1.61	1.4780
Composición:								
Madera Eucalipto	0.18				0.29			
Puente Térmico: Viga Sur						0.81	1.61	1.3041
Composición:								
Madera Eucalipto	0.18				0.29			

Fuente: Elaboración propia.

6. Vestidura de derrame

Ventana 2

Dimensiones

$$H \text{ vestidura de derrame} = 0.02m = \text{espesor}$$

$$\text{Perímetro de la vestidura de derrame de la ventana 1} = 2h + 2a$$

$$1.22m(2) + 0.81m (2) = 4.06m$$

Área de la vestidura de derrame (S)

$$S = h * p = 0.02m * 4.06m = 0.0812m^2$$

Ventana 3

Dimensiones

$$H \text{ vestidura de derrame} = 0.02m = \text{espesor}$$



Perímetro de la vestidura de derrame de la ventana $1 = 2h + 2a$

$$1.22(2) + 0.81(2) = 4.06\text{m}$$

Área de la vestidura de derrame (S)

$$S = h * p = 0.02\text{m} * 4.06\text{m} = 0.0812\text{m}^2$$

Ventana 4

Dimensiones

H vestidura de derrame = 0.02m = espesor

Perímetro de la vestidura de derrame de la ventana $1 = 2h + 2a$

$$1.22\text{m}(2) + 0.82\text{m}(2) = 4.08\text{m}$$

Área de la vestidura de derrame (S)

$$S = h * p = 0.02\text{m} * 4.08\text{m} = 0.08\text{m}^2$$

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 15: Yeso

Hallando la transmitancia térmica de la Vestidura de derrame

$$U_{1-vdd} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-vdd} = \frac{1}{\left(\frac{0.02}{0.30}\right)}$$

$$U_{1-vdd} = 1.49\text{ (w/m}^2\text{k)}$$



Tabla 90.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k	S1	U1	S1xU1
Ventana 2 (según plano)								
Composición:								
Yeso	0.02		4.06		0.3	0.0812	1.49	0.120988
Ventana 3 (según plano)								
Composición:								
Yeso	0.02		4.06		0.3	0.0812	1.49	0.120988
Ventana 4 (según plano)								
Composición:								
Yeso	0.02		4.08		0.3	0.0816	1.49	0.121584

Fuente: Elaboración propia.



Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Los datos que se poseen hasta el momento ayudarán a calcular la transmitancia térmica final para los muros tipo 1^a

Tabla 91.

Integrando los datos según norma

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Envolventes Tipo 1A y 1B	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventana 2								
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)								
		Vidrio Incoloro de 6 mm	0.006					0.61	5.7	3.477
		Ventana 3								
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)								
		Vidrio Incoloro de 6 mm	0.006					0.61	5.7	3.477
		Ventana 4								
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)								
		Vidrio Incoloro de 6 mm	0.006					0.61	5.7	3.477
		Tipo de carpintería del marco (Ventana 2)								
		Puertas								
		Tipo de puerta: (Puerta 1 : Este)								
		Hoja maciza de madera	0.035					2.03	3.5	7.105
Madera Tornillo	0.06			4.06		0.2436	2	0.4872		
Carpintería 2, etc										



Muros tipo 1A
(verticales o
inclinados mas
de 60° con la
horizontal)

Tipo de carpintería del marco (Ventana 3)								
Madera Tornillo	0.06		4.06			0.2436	2	0.4872
Carpintería 2, etc								
Tipo de carpintería del marco (Ventana 4)								
Madera Tornillo	0.06		4.08			0.2448	2	0.4896
Carpintería 2, etc								
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial extrema (Rse)				0.11				
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin camara de aire								
Muro								
Adobe	0.37				0.9			
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3	7.12	1.47	10.4664
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 01								
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4	1.16	2.33	2.7028
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			
Puente Térmico: Viga N° 1						0.69	1.61	1.1109



	Composición:								
	Madera Eucalipto	0.18				0.29			
	Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
	Ventana 1 (según plano)								
	Composición:								
	Yeso	0.02		4.08		0.3	0.0816	1.49	0.121584
			TRANSMITANCIA (U1 final) = ESxU/ES					2.45 W/m²k	

Fuente: Elaboración propia.

**Fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica final**

La transmitancia térmica U final (U_{1A}^{final}) para muros de tipo 1 A. con cámara de aire y sin ella, se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}$$

Donde.

$\sum S_i$ Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente.

$\sum S_i \times U_i$ Suma total de todos los productos "S_i x U_i" encontrados:

S x U de los tipos de ventanas

S x U de los tipos de carpintería de los marcos

S x U de los tipos de puertas

S x U de los muros sin cámara de aire

S x U de los muros con cámara de aire

S x U de los puentes térmicos "Columnas"

S x U de los puentes térmicos "Vigas"

S x U de los puentes térmicos "Sobrecimientos"

S x U de los puentes térmicos "Vestiduras de derrame"

S x U de los puentes térmicos "Caja de persianas"

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Reemplazando valores en la fórmula tenemos:

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{7.23}{45.15} = 1.71 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Este resultado (U1Afinal) se compara con la transmitancia térmica máxima (Umax) para muros, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la Tabla N° 2 de la Norma.

- ⇒ Si U1Afinal es menor o igual a Umax entonces el muro CUMPLE con la Norma
- ⇒ Si U1Afinal es mayor a Umax entonces el muro NO CUMPLE con la Norma.
El usuario deberá hallar otra solución

Tabla 92.

Grafico: Tabla N° 2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m^2k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°2.

El resultado final se compara con los valores de la norma

$$U_{1A} \text{ final } 2.45 < 1.00$$

NO CUMPLE

En conclusión, los muros tipo 1A del dormitorio 4 – comedor – cocina, no cumplen con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática. Disipan el calor más de lo necesario

3.9.2 Envoltente Tipo 2

A. Envoltente Tipo 2A

Envoltentes tipo 2 del dormitorio 4, cocina, comedor (según plano)

1. Ventanas

Los muros del tipo 2 del dormitorio 4 – cocina – comedor, no cuenta con ninguna

Puertas (Puertas 5 y 6 según plano)

Se comienza a calcular la transmitancia térmica de las puertas que separan el interior con el exterior

- Llenar la celda “puerta I” escribiendo el tipo de puerta y el material de la hoja de puerta



- b) En la celda “Si” se coloca el área del vano
- c) En la celda U1 se coloca la transmitancia térmica de la hoja

Puerta 5

Dimensiones:

$H = 2.21m, Ancho = 0.76m$

$S = 1.68m^2$

Puerta 6

Dimensiones:

$H = 2.09m, Ancho = 0.76m$

$S = 1.59m^2$

Tabla 93.

Transmitancia térmica por tipos de carpinterías o marcos de puertas par muros tipo 2A y 2B

Material	Transmitancia Térmica (U) W/m² K
	Separación con ambiente no acondicionado
Carpintería o marco de madera y:	
Hoja maciza de madera (cualquier espesor)	2.0
Carpintería o marco metálico y:	
Hoja de metal	4.5
Hoja de vidrio sin carpintería	4.5

(1) Para conocer las densidades según el tipo de madera, ver Anexo N° 3 - Lista de características higrométricas de los materiales de construcción.

(2) Dos cámaras quiere decir que el marco de PVC posee 2 cavidades de aire. Tres cámaras, quiere decir que posee 3 cavidades de aire. Dichas cavidades deberán ser mayores a 5 mm de espesor para ser consideradas como cámaras.

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°10.

Tabla 94.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Puertas								
Tipo de puerta: (Puerta 5 según plano)								
Hoja maciza de madera	0.035					1.68	2	3.36
Tipo de puerta: (Puerta 6 según plano)								
Hoja maciza de madera	0.035					1.59	2	3.18

Fuente: Elaboración propia.

2. Muros

Para hallar las resistencias superficiales, se colocan los siguientes datos como referencia según norma, tal como muestra la siguiente imagen:

3. Muros: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 3. Muros.

Donde se lea S_1 , U_1 o $S_1 \times U_1$ deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2 , U_2 o $S_2 \times U_2$. Asimismo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

3.1 Para muros 2A sin cámara de aire

⇒ Ir al numeral 3.1 a) del Paso 4.

En la celda ubicada en la intersección de la columna “ U_2 ” y de la fila “Resistencia Superficial Externa (R_{se})”, se coloca el siguiente valor: 0,11 W/m²K.

⇒ Ir al numeral 3.1 b) del Paso 4.

En la celda ubicada en la intersección de la columna “ U_2 ” y de la fila “Resistencia Superficial Interna (R_{si})”, se coloca el siguiente valor: 0,11 W/m²K.

3.2 Para muros 2A con cámara de aire

Se debe aplicar el mismo procedimiento indicado en el numeral 3.2.2 a) utilizando los mismos valores de la Tabla N° 9.

Figura 105. Imagen: Paso 5, numeral 3 - Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Tabla 95.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial extrema (Rse)				0.11				
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.11				

Fuente: Elaboración propia.



En las celdas de bajo de composición del muro se coloca los materiales, su espesor, y el coeficiente de transmisión térmica de cada uno.

Para el caso del dormitorio 1, los materiales de los muros tipo 2 son Yeso, adobe, triplay y madera machihembrada (tornillo)

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 15 y 26: Yeso y adobe respectivamente

Hallando las áreas de los muros Tipo 2

Área Muro 1 Oeste (Lindero con el hall)

$$H = 4.53 \text{ m} - 0.30\text{m (sobrecimiento)} = 4.23\text{m}$$

$$A = 5.10\text{m}$$

$$S = 4.23 \times 5.10 = 21.57\text{m}^2$$

Se excluye el área de la puerta 5 según plano

Dimensiones de la puerta 5

$$H = 2.21\text{m}$$

$$A = 0.76\text{m}$$

Área = 1.68 m²

Área total del Muro

$$21.57\text{m}^2 - 1.68\text{m}^2 = 19.89\text{m}^2$$

Área Muro 2 Oeste (Lindero con el dormitorio 3)

Dimensiones

$$H = 2.51\text{m}$$

$$\text{Ancho} = 4.28\text{m}$$

$$S = 10.74\text{m}^2$$

Este muro no cuenta con puertas ni ventanas

Área Muro 3 Dirección Norte (Lindero con dormitorio 1 y 2)

$$H = 2.41 \text{ m} - 0.30\text{m (sobrecimiento)} = 2.11\text{m}$$

$$A = 4.50\text{m}$$

$$S = 2.11\text{m} \times 4.50\text{m} = 9.49\text{m}^2$$

Se excluye el área de la puerta 6 según plano



Dimensiones de la puerta 6

H = 2.09m

A= 0.76m

Área = 1.59 m²

Área total del Muro

9.49m² – 1.59m² = 7.90m²

Hallando la transmitancia térmica de los muros:

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material 1}}}{k_{\text{material 1}}} + \frac{e_{\text{material 2}}}{k_{\text{material 2}}} + \frac{e_{\text{material 3}}}{k_{\text{material 3}}} + \dots R_{si} + R_{se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

$e_{\text{material 1}}$ espesor del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc.

$k_{\text{material 1}}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Muro Norte (sin cámara de aire)

Adobe

- Espesor
 $e_{\text{material1}} = 0.37\text{m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{\text{material1}} = 0.90 \text{ W/mk}$

Yeso (Revestimiento interior)

- Espesor
 $e_{\text{material2}} = 0.015 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{\text{material2}} = 0.30 \text{ W/mk}$

Yeso (Revestimiento exterior)

- Espesor
 $e_{\text{material3}} = 0.015 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{\text{material3}} = 0.30 \text{ W/mk}$

Reemplazando datos en la fórmula

$$U_{1-muro\ sin\ cámara} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots R_{si} + R_{se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

$$U_{1-muro\ sin\ cámara} = \frac{1}{\left(\frac{0.37}{0.90} + \frac{0.015}{0.30} + \frac{0.015}{0.30} + 0.11 + 0.11\right)}$$

$$U_{1-muro\ sin\ cámara} = 1.37\ U(W/m^2k)$$

Tabla 96.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
MUROS								
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial extrema (Rse)				0.11				
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.11				
Muro sin cámara de aire 1								
Muro Oeste 1								
Composición del muro:								
Adobe	0.37				0.9	19.9	1.37	27.2
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			
Muro Oeste 2								
Adobe	0.37				0.9	10.7	1.37	14.7
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			
Muro Norte								
Composición del muro:								
Adobe	0.37				0.9	7.9	1.37	10.8
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			

Fuente: Elaboración propia.

3. Sobrecimientos (tipo 2A)

Muro Norte

Compuesto por los siguientes materiales:

- Mortero Cemento Arena
- Piedra natural porosa

Espesor de los materiales

Mortero Cemento Arena e= 0.03m



Piedra natural porosa e= 0.10m

Mortero Cemento Arena e= 0.03m

Piedra natural porosa e= 0.10m

Mortero cemento arena e= 0.04m

TOTAL espesor sobrecimiento = 0.30m

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 11 y 27: Roca natural y mortero cemento arena

Hallando la transmitancia térmica del Sobrecimiento

$$U_{1-sobrecim} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-sobrecim} = \frac{1}{\left(\frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.04}{1.4}\right)}$$

$$U_{1-sobrecim} = 2.33 (W/m^2k)$$

Hallando el Área del sobrecimiento del Muro Norte

Área Sobrecimiento (Tipo 2A)

H = 0.30 m

L = 4.50m

S = 0.30m x 4.50 m= 1.13m²

Tabla 97.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 1						0.65	2.33	1.51
Muro Norte								
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			

Fuente: Elaboración propia.

Muro Oeste (Tipo 2A)

Compuesto por los siguientes materiales:

- Mortero Cemento Arena
- Piedra natural porosa

Espesor de los materiales

Mortero Cemento Arena e= 0.03m

Piedra natural porosa e= 0.10m

Mortero Cemento Arena e= 0.03m

Piedra natural porosa e= 0.10m

Mortero cemento arena e= 0.04m

TOTAL espesor sobrecimiento = 0.30m

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 11 y 27: Roca natural y mortero cemento arena

Hallando la transmitancia térmica del Sobrecimiento

$$U_{1-sobrecim} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

$e_{\text{material 1}}$ espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{\text{material 1}}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-\text{sobrecim}} = \frac{1}{\left(\frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.04}{1.4}\right)}$$

$$U_{1-\text{sobrecim}} = 2.33 (W/m^2k)$$

Hallando el Área del sobrecimiento

Área Sobrecimiento (Tipo 2A)

$H = 0.30 \text{ m}$

$L = 5.10\text{m}$

$S = 0.30\text{m} \times 5.10\text{m} = 1.53\text{m}^2$

Tabla 98.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 1								
Muro Norte								
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4	1.13	2.33	2.63
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 2								
Muro Oeste								
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4	1.53	2.33	3.56
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			

Fuente: Elaboración propia.

4. Vigas

Espesor del material

Madera Eucalipto = 0.18m

Tabla 99.

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción

N°	Material	Densidad ρ (kg / m³)	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica k (W / m K)	Transmitancia térmica U (W/m²K)	Calor Especifico Cp (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
MADERAS						
40	Maderas livianas: Álamo, Avellano, Aliso, Zapote, Bolaina blanca, Tomillo, Casho Moena, Diablo Fuerte, Huimba, Maquisapa, Nagcha, Marupa, Panguana, Ucshaquiro Blanco	200 - 565	0.130 - 0.150	---	1600	50
41	Maderas de densidad media: Abedul, Canelo, Castaño, Laurel, Roble, Olmo, Caoba, Lagarto, Copaiba, Chimicua, Huayruro, Manchinga, Fresno, Nogal, Cerezo, Palosangre Amarillo, Palosangre Negro, Pumaquiro	565 - 750	0.180	---	1600	50
42	Maderas densas: Capirona, Estoraque	750 - 870	0.230	---	1600	50
43	Maderas muy densas: Algarrobo, Eucalipto, Shihuahuaco	≥ 870	0.290	---	1600	50

Fuente: Norma (EM.110, 2014) anexo 3.

Hallando la transmitancia térmica de la viga

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la viga, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\frac{0.18}{0.29}}$$

$$U_{1-viga} = 1.61 (w/m^2k)$$

Área de la viga Norte (Sviga)

$$H = 0.18m$$

$$L = 4.50m$$

$$S = 0.18m \times 4.50m = 0.81\ m^2$$

Área de la viga Oeste (Sviga)

$$H = 0.18m$$

$$L = 5.10m$$

$$S = 0.18m \times 5.10m = 0.92\ m^2$$

Tabla 100.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Viga N° 1						0.81	1.61	1.3041
Composición:								
Madera Eucalipto	0.18			0.29				
Puente Térmico: Viga N° 2						0.92	1.61	1.4812
Composición:								
Madera Eucalipto	0.18			0.29				

Fuente: Elaboración propia.

Transmitancia final de muros tipos 2A

Se utiliza la siguiente fórmula según norma

La transmitancia térmica U final (U_{final2A,2B}) para muros de tipo 2A, con cámara de aire y sin ella, se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{2A}^{final} = 0,5 \times \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = 0,5 \times \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}$$

Reemplazamos datos en la fórmula:

$$U_{1A}^{final} = 0.5 \times \frac{68.31}{46.19}$$

$$U_{1A}^{final} = 0.739 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Tabla 101.

Se coloca los datos en los cuadros Excel

Muro Oeste 2						10.7	1.37	14.7
Adobe	0.37				0.9			
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			
Muro Norte						7.9	1.37	10.8
Composición del muro:								
Adobe	0.37				0.9			
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 1						1.13	2.33	2.63
Muro Norte								
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Puertas								
Tipo de puerta: (Puerta 5 según plano)								
Hoja maciza de madera	0.035					1.68	2	3.36
Tipo de puerta: (Puerta 6 según plano)								
Hoja maciza de madera	0.035					1.59	2	3.18
MUROS								
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial extrema (Rse)				0.11				
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.11				
Muro sin cámara de aire 1								
Muro Oeste 1								
Composición del muro:								
Adobe	0.37				0.9	19.9	1.37	27.2
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			

Puente Térmico: Sobrecimiento N° 2								
Muro Oeste								
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4	1.53	2.33	3.56
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			
Puente Térmico: Viga N° 1						0.81	1.61	1.3041
Composición:								
Madera Eucalipto	0.18				0.29			
Puente Térmico: Viga N° 2						0.92	1.61	1.4812
Composición:								
Madera Eucalipto	0.18				0.29			
TRANSMITANCIA (U1 final) = 0.5 x ESxU/ES						0.739		

Fuente: Elaboración propia.

El resultado final se compara con la tabla N° 02 de la Norma, (mostradas en la tabla 102)

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k⁷

Tabla 102.

Comparando el resultado final

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°2.

0.739 < 1.00 CUMPLE

En conclusión quiere decir, que los muros 2A del dormitorio 4 – cocina – comedor, cumplen con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

B. Envoltente Tipo 2B - Losa

Vista en corte con las medidas del dormitorio 4 – cocina – comedor (Ver plano en Anexos)

11. Procedimiento para el cálculo de la Transmitancia térmica final de los pisos de tipo 2B en contacto con el ambiente exterior.

La transmitancia térmica U final (U_{2B}^{final}) para pisos de tipo 2B se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{2B}^{final} = 0,5 \times \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = 0,5 \times \left(\frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots} \right)$$

Donde,

$\sum S_i$ suma total de las superficies de cada tipo de piso.
 $\sum S_i \times U_i$ suma total de todos los productos " $S_i \times U_i$ " encontrados.

Este resultado (U_{2B}^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para pisos, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la Tabla N° 3 de la Norma.

⇒ Si U_{2B}^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el piso CUMPLE con la Norma.

⇒ Si U_{2B}^{final} es mayor a U_{max} entonces el piso NO CUMPLE con la Norma. El usuario deberá modificar su solución.



Figura 106. Según Norma: Paso 5, numeral 11 - Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Piso Superior Tipo 2B (sin cámara de aire)

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 28, 58 y 93: Mortero cemento y cal o yeso, madera machihembrada y polipropileno

Machihembrada (Tornillo)

- Espesor
 $e_{material1} = 0.025m$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material1} = 0.12 W/mK$

Polipropileno

- Espesor
 $e_{material3} = 0.001 m$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material3} = 0.30 W/mK$

Nota: Según norma no se incluye espesores menores a 5mm, por ende este espesor se suma al espesor del enlucido de yeso

Enlucido de Yeso

- Espesor
 $e_{material2} = 0.004 m$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material2} = 0.22 W/mK$

Nota: El espesor total del enlucido de yeso sería de 0.004m más 0.001m del espesor del polipropileno asumiendo que existe cielo raso

Área Piso Dormitorio 4

Dimensiones

Largo= 4.50m

Ancho= 4.28m

S = Área total = 19.26m²

Cálculo de la transmitancia térmica para pisos tipo 2B

Según normal, el usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 10. Donde se lea S1, U1 o S1 x U1 deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S2, U2 o S2 x U2.

10. Pisos: Calcular la transmitancia térmica de pisos tipo 1B sobre ambientes exteriores mayores a 1 metro, que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U₁" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca lo siguiente:

• 0,09 W/m²K ⇒ cuando el flujo de calor es ascendente (o sea, cuando el calor tiende a salir del ambiente interior al ambiente exterior). Este valor se aplicará para las Zonas Bioclimáticas 4, 5 y 6.

• 0,17 W/m²K ⇒ cuando el flujo de calor es descendente (o sea, cuando el calor tiende a entrar al ambiente interior desde el ambiente exterior). Este valor se aplicará para las Zonas Bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U₁" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", se coloca lo siguiente:

• 0,09 W/m²K ⇒ cuando el flujo de calor es ascendente (o sea, cuando el calor tiende a salir del ambiente interior al ambiente exterior). Este valor se aplicará para las Zonas Bioclimáticas 4, 5 y 6.

• 0,17 W/m²K ⇒ cuando el flujo de calor es descendente (o sea, cuando el calor tiende a entrar al ambiente interior desde el ambiente exterior). Este valor se aplicará para las Zonas Bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

Figura 107. Imagen Paso 4, numeral 10 de la Norma.

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Nota: R_{se} = 0.09 W/m²k

R_{si} = 0.09 W/m²k

Se utiliza la siguiente fórmula: Paso 4, numeral 10 de la Norma

$$U_{1-piso} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots + R_{si} + R_{se} \right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

e_{material 1} espesor del material 1 componente del piso, etc.

k_{material 1} coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del piso, etc

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-piso} = \frac{1}{(e_{machihembrado} + e_{yeso} + R_{si} + R_{se})}$$

$$U_{1-piso} = \frac{1}{0.025 + 0.005 + 0.09 + 0.09}$$

$$U_{1-piso} = 4.76 \text{ w/m}^2\text{k}$$

Ahora, se reemplazará estos valores en la fórmula siguiente

La transmitancia térmica U final (U_{2B}^{final}) para pisos de tipo 2B, con cámara de aire y sin ella, se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{2A}^{final} = 0,5 \times \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = 0,5 \times \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}$$

Reemplazamos datos en la fórmula:

$$U_{1A}^{final} = 0.5 \times \frac{91.68}{19.3}$$

$$U_{1A}^{final} = 2.380 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Tabla 103.

Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m ² °C)	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales						19.3	4.76	91.68
Piso Superior Tipo 2B								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.09				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.09				
Composición:								
Machihembrada (Tornillo)	0.025				0.12			
Yeso	0.005				0.22			
TRANSMITANCIA (U1 final) = 0.5 x ESxU/ES						2.380		

Fuente: Elaboración propia.

El resultado final se compara con la tabla N° 02 de la Norma, (mostradas en la tabla

104)

Tabla 104.

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m^2k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°2.

2.38 < 3.26 CUMPLE

En conclusión quiere decir, que el muro tipo 2 B del dormitorio 4 – cocina – comedor, cumple con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

3.9.3 Tipo 3a: dormitorio 4 – cocina – comedor

Vista en corte con las medidas del dormitorio 4, cocina, comedor (Ver plano en Anexos)

A. Envoltente Tipo 3A: Techos inclinados

1. Ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos traslúcidos o transparentes sobre el techo

Este ambiente no cuenta con ninguna de éstas especificaciones

2. Compuertas sobre techo

Este ambiente no cuenta con ninguna de éstas especificaciones

3. Techos inclinados Tipo 3A

Paso N° 06, numeral 4

4. Techos inclinados (Tipo 3A), techos horizontales y curvos (Tipo 3B) y Pisos Enterrados (Tipo 3C): Calcular envoltente tipo 3A, 3B y 3C con o sin cámara de aire, que

separan el interior del ambiente exterior (Ver definición en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.29. Envolverte*). Nota: En este caso los techos horizontales pueden incluir a las "Azoteas".

El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 3. Donde se lea S_1 , U_1 , o $S_1 \times U_1$, deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_3 , U_3 o $S_3 \times U_3$. Donde se lea muro, se deberá entender que para este paso corresponde a un techo.

Para el caso de las resistencias superficiales, se deberá tomar los siguientes valores:

=>En la celda ubicada en la intersección de la columna "U" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca el valor: 0,05 W/m²K para cualquier zona bioclimática.

=>En la celda ubicada en la intersección de la columna " U_1 " y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{se})", se coloca el valor: 0,17 W/m²K para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9, y el valor: 0,05 W/m² K para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.

Para el caso de las resistencias térmicas del techo con cámara de aire, se deberá tomar los siguientes valores de la tabla siguiente de la Norma EM 110

Tabla 105.

Transmitancia térmica de la cámara de aire (R) según su espesor (en m² K / W) en techos tipo 3A, 3B y 3C

Situación de la cámara y dirección del flujo de calor	Espesor de la cámara (mm)				
	10	20	50	100	≥150
Cámara de aire horizontal y flujo ascendente (Zonas bioclimáticas: 4, 5 y 6)	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°12.

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 15, 16, 80 y 100: Yeso, barro con paja, teja de arcilla y paja respectivamente

Muro Sur (sin cámara de aire)

Adobe

- Espesor
ematerial1 = 0.37m
- Coeficiente de transmitancia térmica



Yeso

- Espesor
 $e_{material2} = 0.015 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material2} = 0.30 \text{ W/mk}$

Carrizo

- Espesor
 $e_{material3} = 0.02 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material3} = 0.09 \text{ W/mk}$

Barro con paja

- Espesor
 $e_{material3} = 0.05 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material3} = 0.09 \text{ W/mk}$

Teja de arcilla

- Espesor
 $e_{material3} = 0.05 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material3} = 1.00 \text{ W/mk}$

Reemplazando datos en la fórmula

Paso 4, numeral 3.2.2

$$U_{1-\text{muro con cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots + R_{si} + R_{se} + R_{ca} \right)}$$

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente del muro, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del muro, etc

R_{si} resistencia térmica superficial interna

R_{se} resistencia térmica superficial externa

R_{ca} resistencia térmica de la cámara de aire

Resistencia superficial externa: 0.05 W/m²k

Resistencia superficial interna: 0.09 W/m²k

Transmitancia térmica de la cámara de aire Rca = 0.16m²k/w

$$U_{1-muro\ con\ cámara} = \frac{1}{\left(\frac{0.015}{0.30} + \frac{0.02}{0.09} + \frac{0.05}{1} + 0.05 + 0.09 + 0.16\right)}$$

$$U_{1-muro\ con\ cámara} = 0.84\ U(W/m^2k)$$

Hallando el área del techo norte del dormitorio 4 – cocina – comedor

$$A = 1.56m + 4.19m = 5.75m$$

$$L = 4.05m$$

$$S = 23.29m^2$$

Tabla 106.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.05				
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.09				
Techo con cámara de aire						23.3	0.84	19.6
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				0.16				
Composición:								
Yeso	0.015			0.3				
Carrizo	0.02			0.09				
Barro con paja	0.05			0.09				
Teja de arcilla	0.05			1				

Fuente: Elaboración propia.

4. Vigas

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 40 y 43: Maderas livianas y maderas muy densas respectivamente

3. Vigas: Calcular la transmitancia térmica del puente térmico "Vigas" en techos, con cámara de aire o sin ella, y que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior

Se puede dar el caso de que exista más de un tipo de vigas (diferentes alturas, diversas composiciones, etc.). En este caso, se deberá realizar un cálculo por cada tipo, enumerando los puentes térmicos como "Viga N° 1", "Viga N° 2", etc. El siguiente cálculo es el mismo para cualquier tipo de viga.

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Espesor" y de la fila "Ancho al exterior (metros)", se coloca el espesor (ancho) de la cara de la viga que está en contacto con el ambiente exterior.

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Perímetro (m)" y de la fila "Perímetro al exterior (metros)", se coloca la longitud de la parte de la viga que está en contacto con el ambiente exterior.

c) El área de cada tipo de viga existente será el producto obtenido del valor de "Ancho al exterior (metros)" multiplicado por el valor del "Perímetro al exterior (metros)". Este valor se coloca en la columna "S_i" y se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$S_i = e_i \times P_i = e_1 \times P_1 + e_2 \times P_2 + \dots$$

Donde,

S_i área de la viga tipo i
e_i espesor (ancho) de la viga tipo i al exterior
P_i perímetro de la viga tipo i al exterior

d) En las celdas ubicadas debajo de la celda "Composición", se colocan todas las capas de materiales componentes de las vigas (como concreto, revestimientos, enchapes, etc.)

e) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Coeficiente de transmisión térmica" (k) y de las filas donde se ha detallado todas las capas de materiales con los que se ha fabricado la viga, se colocan sus respectivos coeficientes de transmisión térmica. Este valor k (en W/mK) se encuentra en el Anexo N° 3: Lista de características higrotérmicas de los materiales de construcción.

f) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U₁" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material del puente térmico viga, se coloca la transmitancia térmica de este elemento (U_{1-viga}). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Donde,

e_{material 1} espesor del material 1 componente de la viga, etc.
k_{material 1} coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc.

g) Finalmente, se completan las celdas "S_i x U₁" con el resultado de la multiplicación entre la superficie o área total de cada tipo de viga existente por sus respectivas transmitancias térmicas.

Figura 108. Imagen Paso 6, numeral 3.

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Según norma

Hallando el área de las vigas

Vigas principales (tijerales Norte)

Espesores (ancho de la viga)

$$e_1 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

$$e_2 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

$$e_3 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

$$e_4 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

$$e_5 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

Perímetro (longitud de la viga)

$$P_1 = \text{Perímetro de la viga} = 1.56\text{m} + 4.19\text{m} = 5.75\text{m}$$

$$P_2 = \text{Perímetro de la viga} = 1.56\text{m} + 4.19\text{m} = 5.75\text{m}$$

$$P_3 = \text{Perímetro de la viga} = 1.56\text{m} + 4.19\text{m} = 5.75\text{m}$$

$$P_4 = \text{Perímetro de la viga} = 1.56\text{m} + 4.19\text{m} = 5.75\text{m}$$

$$P_5 = \text{Perímetro de la viga} = 1.56\text{m} + 4.19\text{m} = 5.75\text{m}$$

Reemplazando valores en la fórmula



$$S_i = e_i \times P_i = e_1 \times P_1 + e_2 \times P_2 + \dots$$

Donde,

S_i área de la viga tipo i

e_i espesor (ancho) de la viga tipo i al exterior

P_i perímetro de la viga i al exterior

$$S_1 = (0.15 \times 5.75) + (0.15 \times 5.75) + (0.15 \times 5.75) + (0.15 \times 5.75) + (0.15 \times 5.75)$$

$$S_1 = 4.31 \text{ m}^2$$

Vigas secundarias (correas)

Espesores (ancho de la viga)

$e_1 =$ espesor de la viga = 0.075m

$e_2 =$ espesor de la viga = 0.075m

$e_3 =$ espesor de la viga = 0.075m

$e_4 =$ espesor de la viga = 0.075m

$e_5 =$ espesor de la viga = 0.075m

$e_6 =$ espesor de la viga = 0.075m

$e_7 =$ espesor de la viga = 0.075m

$e_8 =$ espesor de la viga = 0.075m

$e_9 =$ espesor de la viga = 0.075m

$e_{10} =$ espesor de la viga = 0.075m

Perímetro (longitud de la viga)

$P_1 =$ Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15 ancho de la viga principal) = 3.90m

$P_2 =$ Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

$P_3 =$ Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

$P_4 =$ Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

$P_5 =$ Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

$P_6 =$ Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

$P_7 =$ Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

$P_8 =$ Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

$P_9 =$ Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

$P_{10} =$ Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

Reemplazando valores en la fórmula



$$S_i = e_i \times P_i = e_1 \times P_1 + e_2 \times P_2 + \dots$$

Donde,

S_i área de la viga tipo i

e_i espesor (ancho) de la viga tipo i al exterior

P_i perímetro de la viga i al exterior

$$S_1 = (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90)$$

$$S_1 = 2.925 \text{ m}^2$$

Calculando las transmitancias térmicas de las vigas

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots \right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la viga, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc

Vigas Principales (esta viga es de madera eucalipto solo cuenta con una capa)

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\frac{0.15 \text{ m}}{0.29 \text{ w/mk}}}$$

$$U_{1-viga} = \frac{1}{0.52} = \mathbf{1.92 \text{ (w/m}^2\text{k)}}$$

Vigas secundarias o correas (esta viga es de madera tornillo solo cuenta con una capa)

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\frac{0.075 \text{ m}}{0.13 \text{ w/mk}}}$$

$$U_{1-viga} = 1/0.58 = \mathbf{1.72 \text{ (w/m}^2\text{k)}}$$

Tabla 107.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Teja de arcilla	0.05				1			
Vigas Principales						4.31	1.92	8.28
Puente Térmico: Viga N° 1								
Composición n:								
Madera Eucalipto	0.15				0.29			
Vigas Secundarias						2.93	1.72	5.04
Puente Térmico: Viga N° 2								
Composición n:								
Madera tornillo	0.075				0.13			

Fuente: Elaboración propia.

5. Procedimiento para el cálculo de transmitancia térmica final

Según norma

5. Procedimiento para el cálculo de la Transmitancia térmica final de la Envolvente Tipo 3: *Envolventes de techo o cubierta.*

Finalmente, en el caso de la Envolvente de Tipo 3, el coeficiente de transmitancia térmica promedio (U_3) se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_3^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}$$

Donde,

$\sum S_i$ suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente.

$\sum S_i \times U_i$ suma total de todos los productos " $S_i \times U_i$ " encontrados:

Este resultado (U_3^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para techos, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la *Tabla N° 3 de la Norma.*

⇒ Si U_3^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el techo CUMPLE con la Norma.

⇒ Si U_3^{final} es mayor a U_{max} entonces el techo NO CUMPLE con la Norma. El usuario deberá modificar su solución.

Finaliza cálculo (llenado de celdas) para Envolventes de techo o cubierta (Tipo 3A, 3B y 3C)

Figura 109. Imagen paso 6, numeral 5.

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Tabla 108.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coficiente Transmisión Térmica k (W/m ² °C)	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.05				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.09				
Techo con cámara de aire								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				0.16				
Composición:								
Yeso	0.015				0.3	23.3	0.84	19.6
Carnizo	0.02				0.09			
Barro con paja	0.05				0.09			
Teja de arcilla	0.05				1			
Vigas Principales						4.31	1.92	8.28
Puente Térmico: Viga N° 1								
Composición:								
Madera Eucalipto	0.15				0.29			
Vigas Secundarias						2.93	1.72	5.04
Puente Térmico: Viga N° 2								
Composición:								
Madera tornillo	0.075				0.13			
TRANSMITANCIA (U1 final) = ESxU/ES						1.077		

Fuente: Elaboración propia.

El resultado final se compara con la tabla N° 02 de la Norma:

Tabla 109.

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U _{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U _{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U _{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°2.

1.077 < 0.83 NO CUMPLE

En conclusión quiere decir, que el techo 3A del dormitorio 4 -cocina - comedor no cumple con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

3.9.4 Envoltentes tipo 4 (Pisos)

Procedimiento para envoltentes de separación con el terreno: Losa o piso tipo 4A y 4B, según norma

Paso 7, numeral 1.1

1. Procedimiento para envoltentes de separación con el terreno: Losa o piso tipo 4A y 4B

1.1 Losa o Piso tipo 4A (sin cámara de aire): Para calcular la transmitancia térmica de losas o pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural, sin cámara de aire, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RCA" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca lo siguiente:
 $\Rightarrow 0,09 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, cuando el flujo de calor es ascendente (o sea, cuando el calor tiende a salir del ambiente interior al ambiente exterior) Se aplica para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.
 $\Rightarrow 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, cuando el flujo de calor es descendente (o sea, cuando el calor tiende a entrar al ambiente interior desde el ambiente exterior) Se aplica para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.
- b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RCA" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})" se coloca lo siguiente:
 - $0,09 \text{ W/m}^2 \text{ K} \Rightarrow$ cuando el flujo de calor es ascendente (o sea, cuando el calor tiende a salir del ambiente interior al ambiente exterior) Se aplica para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.
 - $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K} \Rightarrow$ cuando el flujo de calor es descendente (o sea, cuando el calor tiende a entrar al ambiente interior desde el ambiente exterior). Se aplica para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.
- c) Los materiales que componen el piso sin cámara de aire se especificará en las celdas "Material 1", "Material 2", etc., colocando sus "Espesores" y sus "Coeficientes de transmisión térmica k".
- d) Se coloca la superficie o área total del piso sin cámara de aire en la columna "S₄".
- e) Para hallar la transmitancia térmica " $U_{4A\text{-piso sin cámara}}$ " del piso sin cámara de aire, se utilizará la siguiente formula

$$U_{4A\text{-piso sin cámara}} = \frac{1}{\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \dots + R_{se} + R_{si}}$$

Siendo,

e_1 espesor del material 1

k_1 conductividad térmica del material 1, y así sucesivamente. R_{se} resistencia superficial externa R_{si} resistencia superficial interna

Según norma Paso 7, numeral 1.1; la resistencia superficial externa (R_{se}) se coloca 0.09 W/m²K a la zona bioclimática altoandina (zona 5)

Según norma Paso 7, numeral 1.1; la resistencia superficial interna (R_{si}) también se coloca 0.09 W/m²K a la zona bioclimática altoandina (zona 5)

El material que compone el piso sin cámara de aire es: cemento pulido de 5cm de espesor.

Tabla 110.

Anexo N° 3: Lista de características higrométricas de los materiales de construcción

N°	Material	Densidad ρ (kg / m ³)	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica k (W / m K)	Transmitancia térmica U (W/m ² K)	Calor Especifico C_p (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
CONCRETO						
17	Concreto armado	2400	1.63	---	1000	80
18	Concreto simple	2300	1.51	---	1000	80
19	Cemento pulido (pisos de 5 cm. de espesor)	---	0.53	---	---	---

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Anexo N°4.

Cemento pulido

- Espesor
 $e_{material2} = 0.05 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material2} = 0.53 \text{ W/mk}$

Área Piso (Tipo 4A)

Dimensiones

Largo= 4.50m

Ancho= 5.10m

$S = \text{Área total} = 22.95\text{m}^2$

Norma Paso 7, numeral 1.1.e

e) Para hallar la transmitancia térmica “ $U_{4A-piso \text{ sin cámara}}$ ” del piso sin cámara de aire, se utilizará la siguiente formula

$$U_{4A-piso \text{ sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \dots R_{se} + R_{si}\right)}$$

Siendo,

- e_1 espesor del material 1.
- k_1 conductividad térmica del material 1, y así sucesivamente.
- R_{se} resistencia superficial externa
- R_{si} resistencia superficial interna

$$U_{4A-piso sin cámara} = \frac{1}{\left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \dots R_{se} + R_{si}\right)}$$

$$U_{4A-piso sin cámara} = \frac{1}{\frac{0.05}{0.53} + 0.09 + 0.09}$$

$$U_{4A-piso sin cámara} = \frac{1}{0.274}$$

$$U_{4A-piso sin cámara} = 3.65 \text{ w/m}^2\text{k}$$

Tabla 111.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Tipo 4	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m ² °C)	S1	U1	S1xU1	
	Pisos tipo 4A: Losa o piso horizontal o ligeramente inclinado de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural	Resistencias superficiales									
		Resistencia superficial externa (R _{se})					0.09				
		Resistencia Superficial interna (R _{si})					0.09				
		Piso sin cámara de aire									
		Composición: Material 1: Cemento Pulido		0.05				0.53	22.95	3.65	83.7675
TRANSMITANCIA (U1 final) = ESxU/ES											3.65

Fuente: Elaboración propia.

El resultado final se compara con la tabla N° 02 de la Norma:

Tabla 112.

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U _{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U _{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U _{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **Tabla N°2.**

3.65 < 3.26 NO CUMPLE

En conclusión, quiere decir, que el piso 4A del dormitorio 4 – cocina – comedor, no cumple con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

3.10 Cálculo de la Envolvente del Hall (según plano)

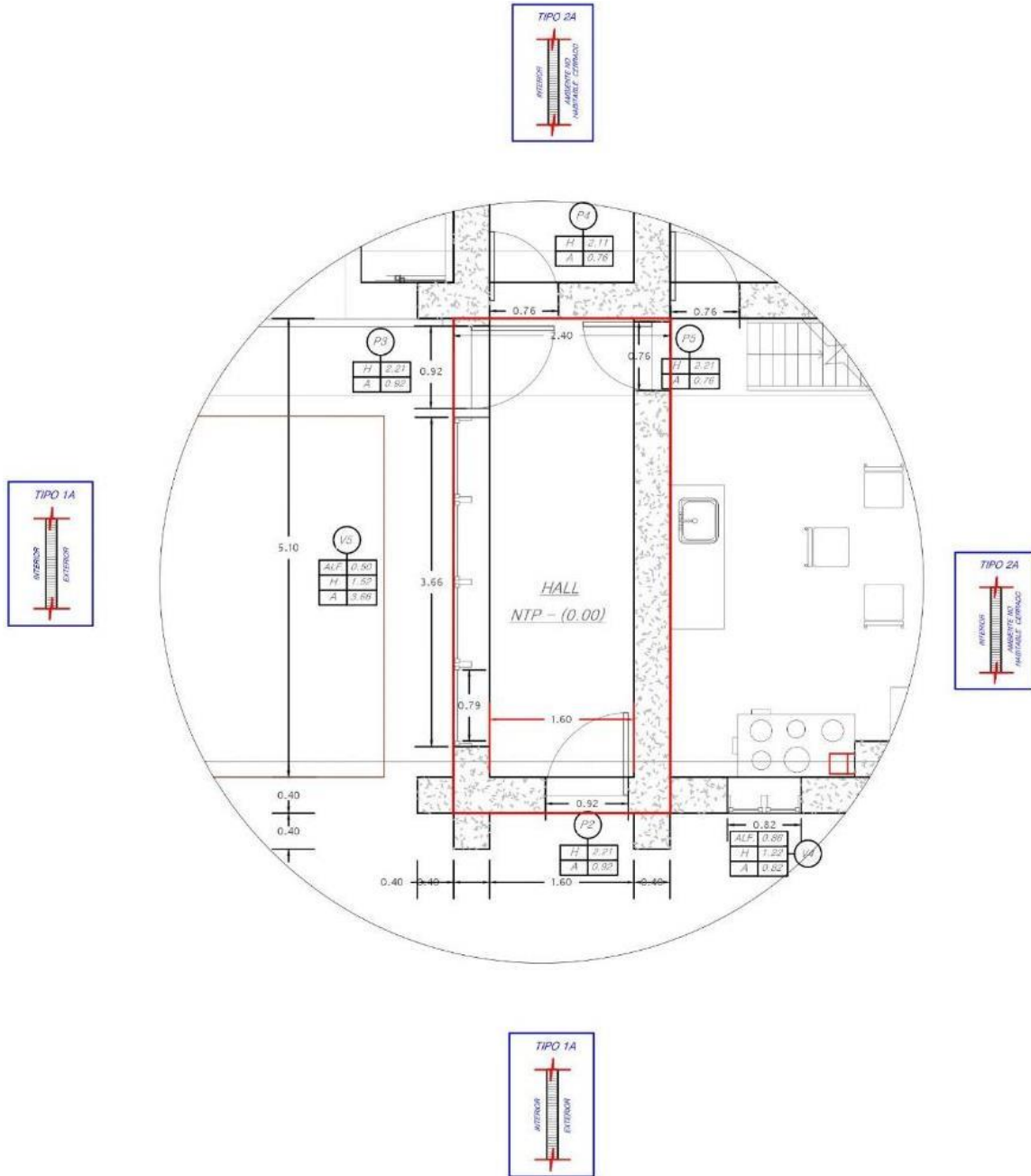


Figura 110. Identificación de los tipos de envolvente en planta del hall.

Ubicación en planta del hall del dibujo 3D



Figura 111. Identificación de los tipos de envolvente del hall



Figura 112. Ventana hall.



Figura 113. Puerta hall.

3.10.1 Envoltente Tipo 1

1. Ventanas o mamparas (Ventana 5, según plano)

Se comenzará a calcular la transmitancia térmica de las ventanas o mamparas que se paran el interior con el exterior que consta de dos partes: Vidrio o material transparente y marco o carpintería

- Para la transmitancia térmica del vidrio se calcula el área sin contar la carpintería

$$S = 0.79m \times 1.40 m \times 4$$

$$S = 4.42m^2$$

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 119: Vidrio incoloro de 6mm

Tabla 113.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas	Ventana 1								
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)								
		Vidrio Incoloro de 6 mm	0.006					4.42	5.7	25.194
		Tipo de carpintería del marco (Ventana 1)								

Fuente: Elaboración propia.

- Para la transmitancia térmica del marco se identifica el tipo de material, se rellena es espesor, se calcula el área de la carpintería y se coloca la transmitancia Ver plano en Anexos (Ventana 5)

$$\text{Perímetro marco} = 2(1.52m) + 2(3.66m) = 10.36m$$

$$S = \text{espesor} \times \text{perímetro}$$

$$S = 0.06m \times 10.36m$$

$$S = 0.6216m^2$$

Tabla 114.

Tabla hidrometrica

N°	Material	Densidad ρ (kg / m ³)	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica k (W / m K)
MADERAS			
40	Maderas livianas: Alamo, Avellano, Aliso, Zapote, Bolaina blanca, Tornillo, Casho Moena, Diablo Fuerte, Huimba, Maquisapa, Ñaccha, Marupa, Panguana, Ucshaquiuro Blanco	200 - 565	0.130 - 0.150
41	Maderas de densidad media: Abedul, Canelo, Castaño, Laurel, Roble, Olmo, Caoba, Lagarto, Copaiba, Chemicua, Huayruro, Manchinga, Fresno, Nogal, Cerezo, Palosangre Amarillo, Palosangre Negro, Pumaquiuro	565 - 750	0.180
42	Maderas densas: Capirona, Estoraque	750 - 870	0.230
43	Maderas muy densas: Algarrobo, Eucalipto, Shihuahuaco	≥ 870	0.290

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **anexo 3.**

Tabla 115.

Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo IA.

Material	U (W/m ² K) vertical
Metálico	
Sin rotura de puente térmico (Ver definición en el Capítulo 5. Glosario, numeral 5.50)	5,7
Con rotura de puente térmico, entre 4 y 12 mm	4,0
Con rotura de puente térmico, mayor a 12 mm	3,2
Madera ⁽¹⁾	
Madera de densidad media alta ¹ . Densidad: 700 kg/m ³	2,2
Madera de densidad media baja ¹ . Densidad: 500 kg/m ³	2,0
PVC ⁽²⁾	

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°7.

Tabla 116.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perimetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente de Transmisión	S1	U1	S1xU1
	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o	Ventana 1								
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)								
		Vidrio Incoloro de 6 mm	0.006					4.42	5.7	25.194
		Tipo de carpintería del marco (Ventana 1)								
		Madera Tornillo	0.06		10.36		0.6216	2	1.2432	

Fuente: Elaboración propia.

2. Puertas (Puertas 2 y 3 según plano)

Calcular la transmitancia térmica de puertas que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior

2.1 Para hallar la transmitancia térmica (U) del tipo de puerta:

a) Llenar la celda “Puerta 1” ubicada debajo de “Tipo de puerta”, escribiendo el nombre del tipo de puerta y precisando el material de la hoja de la puerta, así como su marco o carpintería. (Ejemplo: Puerta maciza de madera tornillo y marco de madera tornillo).

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna “S1” y de la fi la donde se ha escrito el nombre del tipo de puerta, se coloca el resultado de la suma de las áreas o superficies de los vanos de puertas de un mismo tipo, según el diseño del proyecto. Unidad de medida: Metro cuadrado.

c) En la celda ubicada en la intersección de la columna “U1” y de la fi la donde se ha escrito el nombre del tipo de puerta, se coloca la transmitancia térmica de la hoja, según se indica en la Tabla N° 8, para puertas que separan al interior con el ambiente exterior. Unidad de medida: W/ m² K.

Tabla 117.

Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A

Tipo de puerta	Transmitancia Térmica (U) W/m ² K
	Separación con el ambiente exterior
Carpintería o marco de madera y:	
Hoja maciza de madera (cualquier espesor)	3.5
Hoja contraplacada de fibra MDF (espesor: 4 cm)	4.7
Hoja de vidrio simple en < 30% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.0
Hoja de Vidrio simple en 30% a 60% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.5
Hoja de Vidrio doble	3.3
Carpintería o marco metálico y:	

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°8.

Puerta 2 (Sur)

Dimensiones:

$$H = 2.21\text{m}$$

$$\text{Ancho} = 0.92\text{m}$$

$$S = 2.03\text{m}^2$$

Puerta 3 (Oeste)

Dimensiones:

$$H = 2.21\text{m}$$

$$\text{Ancho} = 0.92\text{m}$$

$$S = 2.03\text{m}^2$$

Tabla N° 8: Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A

Tipo de puerta	Transmitancia Térmica (U) W/m ² K
	Separación con el ambiente exterior
Carpintería o marco de madera y:	
Hoja maciza de madera (cualquier espesor)	3.5
Hoja contraplacada de fibra MDF (espesor: 4 cm)	4.7
Hoja de vidrio simple en < 30% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.0
Hoja de Vidrio simple en 30% a 60% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.5
Hoja de Vidrio doble	3.3
Carpintería o marco metálico y:	

Figura 114. Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A (Tabla N° 8)

Tabla 118.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
Puertas								
Tipo de puerta: (Puerta 2 : Sur)								
Hoja maciza de madera	0.035					2.03	3.50	7.11
Tipo de puerta: (Puerta 3: Oeste)								
Hoja maciza de madera	0.035					2.03	3.5	7.105

Fuente: Elaboración propia.

3. Muros (En dirección Oeste y Sur, según plano)

Procedimiento para hallar las resistencias superficiales

Se colocan los siguientes datos como referencia según norma:

Entre la celda RST/RSA y Rse se coloca 0.11 W/m²k y entre la celda RST/RSA y

Rsi se coloca 0.06W/m²k

Tabla 119.

Cuadro Excel

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión
	Resistencias superficiales				
Resistencia superficial extrema (Rse)				0.11	
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06	

Fuente: Elaboración propia.



En las celdas de bajo de composición del muro se coloca los materiales, su espesor, y el coeficiente de transmisión térmica de cada uno

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 15 y 26: Yeso y adobe respectivamente

Hallando el área del muro Tipo 1A

MURO OESTE

Área Muro (Tipo 1A)

$$H = 2.93\text{m} - 0.30\text{m (sobrecimiento)} = 2.63\text{m}$$

$$A = 5.10\text{m}$$

$$S = 2.63\text{m}^2 \times 5.10\text{m}^2 = 13.41\text{m}^2$$

Se excluye el área de la ventana 5 según plano

$$H = 1.52\text{m}$$

$$A = 3.66\text{m}$$

$$\text{Área} = 5.56 \text{ m}^2$$

Se excluye el área de la puerta 3 según plano

$$H = 2.21\text{m}$$

$$A = 0.92\text{m}$$

$$\text{Área} = 2.03 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Área total del Muro (Área del muro - área de la ventana - área de la puerta)}$$

$$S = 13.41\text{m}^2 - 5.56\text{m}^2 - 2.03 \text{ m}^2 = 5.82\text{m}^2$$

MURO SUR

Área Muro (Tipo 1A)

$$H = [(2.93\text{m} + 4.21\text{m})/2] - 0.30\text{m (sobrecimiento)} = 3.27\text{m}$$

$$A = 1.60\text{m}$$

$$S = 3.27\text{m}^2 \times 1.60\text{m}^2 = 5.23\text{m}^2$$

Se excluye el área de la puerta 2 según plano

$$H = 2.21\text{m}$$

$$A = 0.92\text{m}$$

$$\text{Área} = 2.03 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Área total del Muro (Área del muro - área de la puerta)}$$

$$S = 5.23\text{m}^2 - 2.03\text{m}^2 = 3.2\text{m}^2$$

Hallando la transmitancia térmica del muro:

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material 1}}}{k_{\text{material 1}}} + \frac{e_{\text{material 2}}}{k_{\text{material 2}}} + \frac{e_{\text{material 3}}}{k_{\text{material 3}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Adobe

- Espesor
 $e_{\text{material 1}} = 0.37\text{m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{\text{material 1}} = 0.90 \text{ W/mk}$

Yeso (Revestimiento interior)

- Espesor
 $e_{\text{material 2}} = 0.015 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{\text{material 2}} = 0.30 \text{ W/mk}$

Yeso (Revestimiento exterior)

- Espesor
 $e_{\text{material 3}} = 0.015 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{\text{material 3}} = 0.30 \text{ W/mk}$

Reemplazando datos en la fórmula

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material 1}}}{k_{\text{material 1}}} + \frac{e_{\text{material 2}}}{k_{\text{material 2}}} + \frac{e_{\text{material 3}}}{k_{\text{material 3}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{0.37}{0.90} + \frac{0.015}{0.30} + \frac{0.015}{0.30} + 0.11 + 0.06\right)}$$

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = 1.47 \text{ U(W/m}^2\text{k)}$$

Tabla 120.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial				0.11				
Resistencia Superficial				0.06				
Muro sin camara de aire								
Muro Oeste								
Adobe	0.37				0.9			
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3	5.82	1.47	8.5554
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			
Muro sin camara de aire								
Muro Sur								
Adobe	0.37				0.9			
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3	3.2	1.47	4.704
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			

Fuente: Elaboración propia.

4. Sobrecimientos (Lado Oste y Sur, Hall)

Espesor de los materiales

Mortero Cemento Arena e= 0.03m

Piedra natural porosa e= 0.10m

Mortero Cemento Arena e= 0.03m

Piedra natural porosa e= 0.10m

Mortero cemento arena e= 0.04m

TOTAL espesor sobrecimiento = 0.30m

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 11 y 27: Roca natural y mortero cemento arena

Hallando la transmitancia térmica del Sobrecimiento

$$U_{1-sobrecim} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

e_{material 1} espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

k_{material 1} coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-sobrecim} = \frac{1}{\left(\frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.04}{1.4}\right)}$$

$$U_{1-sobrecim} = 2.33 \text{ (w/m}^2\text{k)}$$

Sobrecimiento Oeste

Hallando el Área

Área Sobrecimiento (Tipo 1A)

H = 0.30 m

A = 5.10m

S = 0.30m² x 5.10m² = 1.53m²

Sobrecimiento Sur

Hallando el Área

Área Sobrecimiento (Tipo 1A)

H = 0.30 m

A = 1.60m

S = 0.30m² x 1.60m² = 0.48m²

Tabla 121.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Sobrecimiento Oeste						1.53	2.33	3.5649
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			
Puente Térmico: Sobrecimiento Sur						0.48	2.33	1.1184
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			

Fuente: Elaboración propia.

5. Vigas

Espesor del material

Madera Eucalipto = 0.18m

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 43: Maderas muy densas

Hallando la transmitancia térmica de la viga

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la viga, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\frac{0.18}{0.29}}$$

$$U_{1-viga} = 1.61 (w/m^2k)$$

Área de la viga Oeste (Sviga)

$$H = 0.18m$$

$$L = 5.10m$$

$$S = 0.18m \times 5.10m = 0.918\ m^2$$

Área de la viga Sur (Sviga)

$$H = 0.18m$$

$$L = 1.60m$$

$$S = 0.18m \times 1.60m = 0.288\ m^2$$

Tabla 122.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RC A (m ² °C/w)	Coficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Viga N° 1						0.69	1.61	1.1109
Composición:								
Madera Eucalipto	0.18			0.29				

Fuente: Elaboración propia.

6. Vestidura de derrame

Dimensiones Ventana 5 Oeste

$$H \text{ vestidura de derrame} = 0.02\text{m} = \text{espesor}$$

$$\text{Perímetro de la vestidura de derrame de la ventana 5} = 2h + 2a$$

$$1.52\text{m}(2) + 3.66\text{m} (2) = 10.36\text{m}$$

Área de la vestidura de derrame (S)

$$S = h * p = 0.02\text{m} * 10.36\text{m} = 0.21\text{m}^2$$

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 15: Yeso

Hallando la transmitancia térmica de la Vestidura de derrame

$$U_{1-vdd} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-vdd} = \frac{1}{\frac{0.02}{0.30}}$$

$$U_{1-vdd} = 1.49 (w/m^2k)$$

Tabla 123.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
Ventana 5 (según plano)								
Composición:								
Yeso	0.02		4.08		0.3	0.21	1.49	0.3129

Fuente: Elaboración propia.

Los datos que se poseen hasta el momento ayudarán a calcular la transmitancia térmica final para los muros tipo 1A

Tabla 124.

Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
Envolturas Tipo 1A y 1B	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o	Ventana 1								
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)								
		Vidrio Incoloro de 6 mm	0.006					4.42	5.7	25.194
		Tipo de carpintería del marco (Ventana 1)								
		Madera Tornillo	0.06	10.36			0.6216	2	1.2432	
		Puertas								
		Tipo de puerta: (Puerta 2 : Sur)								
		Hoja maciza de madera	0.035				2.03	3.50	7.11	
		Tipo de puerta: (Puerta 3: Oeste)								
		Hoja maciza de madera	0.035				2.03	3.5	7.105	
		Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial				0.11				
		Resistencia Superficial				0.06				
		Muro sin cámara de aire								
		Muro Oeste								
		Adobe	0.37				0.9			
		Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3	5.82	1.47	8.5554
		Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			
		Muro sin cámara de aire								
		Muro Sur								
		Adobe	0.37				0.9			
		Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3	3.2	1.47	4.704
		Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Oeste								
		Composición:								
		Mortero Cemento Arena	0.03				1.4	1.53	2.33	3.5649
		Roca natural porosa	0.1				0.55			
		Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
		Roca natural porosa	0.1				0.55			
		Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			
		Puente Térmico: Sobrecimiento Oeste								
		Composición:								
		Mortero Cemento Arena	0.03				1.4	0.48	2.33	1.1184
		Roca natural porosa	0.1				0.55			
		Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
	Roca natural porosa	0.1				0.55				
	Mortero Cemento Arena	0.04				1.4				
	Puente Térmico: Viga Oeste									
	Composición:						0.918	1.61	1.47798	
	Madera Eucalipto	0.18				0.29				
	Puente Térmico: Viga Sur									
	Composición:						0.288	1.61	0.46368	
	Madera Eucalipto	0.18				0.29				
	Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario									
	Ventana 5 (según plano)									
	Composición:									
	Yeso	0.02			4.08		0.3	0.21	1.49	0.3129
					TRANSMITANCIA (U1 final) = ESxU/ES			2.82 W/m²k		

Fuente: Elaboración propia.

Fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica final

La transmitancia térmica U final (U_{1A}^{final}) para muros de tipo 1 A. con cámara de aire y sin ella, se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}$$

Donde.

$\sum S_i$ Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente.

$\sum S_i \times U_i$ Suma total de todos los productos “ $S_i \times U_i$ ” encontrados:

- S x U de los tipos de ventanas
- S x U de los tipos de carpintería de los marcos
- S x U de los tipos de puertas
- S x U de los muros sin cámara de aire
- S x U de los muros con cámara de aire
- S x U de los puentes térmicos "Columnas"
- S x U de los puentes térmicos "Vigas"
- S x U de los puentes térmicos "Sobrecimientos"
- S x U de los puentes térmicos "Vestiduras de derrame"
- S x U de los puentes térmicos "Caja de persianas"

Reemplazando valores en la fórmula tenemos:

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{18.37}{9.90} = 1.86 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Este resultado (U_{1A}^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para muros, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la Tabla N° 2 de la Norma.

- ⇒ Si U_{1A}^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el muro CUMPLE con la Norma
- ⇒ Si U_{1A}^{final} es mayor a U_{max} entonces el muro NO CUMPLE con la Norma. El usuario deberá hallar otra solución

Tabla 125.

Gráfico: Tabla N° 2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°2.

**El resultado final se compara con los valores de la norma**

$$U1A \text{ final } 2.82 \text{ W/m}^2\text{k} > 1.00 \text{ W/m}^2\text{k}$$

NO CUMPLE

En conclusión, los muros tipo 1A del hall no cumplen con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

3.10.2 Envoltente Tipo 2**A. Envoltente Tipo 2A**

Identificación de los tipos de envoltente en planta del hall (ver planos en Anexos)

1. Ventanas

El hall no cuenta con ventanas en este tipo de muros (tipo 2)

2. Puertas (Puerta 4 y 5 según plano)

Se comienza a calcular la transmitancia térmica de las puertas que separan el interior con el exterior

- a) Llenar la celda “puerta I” escribiendo el tipo de puerta y el material de la hoja de puerta
- b) En la celda “Si” se coloca el área del vano
- c) En la celda U1 se coloca la transmitancia térmica de la hoja

Dimensiones Puerta 4

$$H = 2.11\text{m}$$

$$\text{Ancho} = 0.76\text{m}$$

$$S = 1.60\text{m}^2$$

Dimensiones Puerta 5:

$$H = 2.21\text{m}$$

$$\text{Ancho} = 0.76\text{m}$$

$$S = 1.68\text{m}^2$$

Tabla 126.

Tabla N° 10: Transmitancia térmica por tipos de carpintería o marcos de puertas para uros tipo 2A y 2B (ver planos en Anexos)

Material	Transmitancia Térmica (U) W/m ² K
	Separación con ambiente no acondicionado
Carpintería o marco de madera y:	
Hoja maciza de madera (cualquier espesor)	2.0
Carpintería o marco metálico y:	
Hoja de metal	4.5
Hoja de vidrio sin carpintería	4.5

(1) Para conocer las densidades según el tipo de madera, ver Anexo N° 3 - Lista de características higrométricas de los materiales de construcción.

(2) Dos cámaras quiere decir que el marco de PVC posee 2 cavidades de aire. Tres cámaras, quiere decir que posee 3 cavidades de aire. Dichas cavidades deberán ser mayores a 5 mm de espesor para ser consideradas como cámaras.

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **Tabla N°10.**

Tabla 127.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Puertas								
Tipo de puerta: (Puerta 6 según plano)								
Hoja maciza de madera	0.035					1.60	2.00	3.20
Tipo de puerta: (Puerta 7 según plano)								
Hoja maciza de madera	0.035					1.68	2.00	3.36

Fuente: Elaboración propia.

3. Muros

Para hallar las resistencias superficiales, se colocan los siguientes datos como referencia según norma, tal como muestra la siguiente imagen:

3. Muros: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 3. Muros.

Donde se lea S_1 , U_1 o $S_1 \times U_1$ deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2 , U_2 o $S_2 \times U_2$. Asimismo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

3.1 Para muros 2A sin cámara de aire

⇒ Ir al numeral 3.1 a) del Paso 4.
En la celda ubicada en la intersección de la columna "U₂" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca el siguiente valor: 0,11 W/m²K.

⇒ Ir al numeral 3.1 b) del Paso 4.
En la celda ubicada en la intersección de la columna "U₂" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", se coloca el siguiente valor: 0,11 W/m²K.

3.2 Para muros 2A con cámara de aire

Se debe aplicar el mismo procedimiento indicado en el numeral 3.2.2 a) utilizando los mismos valores de la Tabla N° 9.

Figura 115. Imagen: Paso 5, numeral 3 - Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Tabla 128.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial extrema (Rse)				0.11				
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.11				

Fuente: Elaboración propia.

En las celdas de bajo de composición del muro se coloca los materiales, su espesor, y el coeficiente de transmisión térmica de cada uno.

Para el caso del dormitorio 2, los materiales de los muros tipo 2 son Yeso, adobe, triplay y madera machihembrada (tornillo)

Hallando el área del muro Tipo 2A

Área Muro Norte sin cámara de aire (Tipo 2A)

$$H = [(2.93m + 4.53m)/2] - 0.30m \text{ (sobrecimiento)} = 3.43m$$

$$A = 1.60m$$

$$S = 3.43m \times 1.60m = 5.49m^2$$

Se excluye el área de la puerta N° 4

$$H = 2.11m$$

$$A = 0.76m$$

$$S_{puerta} = 1.60m^2$$

$$\text{Área total Muro} = 5.49\text{m}^2 - 1.60\text{m}^2 = 3.89\text{m}^2$$

Área Muro Este (Tipo 2A)

$$H = 4.53\text{m} - 0.30\text{m (sobrecimiento)} = 4.23\text{m}$$

$$A = 5.10\text{m}$$

$$S = 1.81\text{m} \times 3.85\text{m} = 21.57\text{m}^2$$

Se excluye el área de la puerta N° 5

$$H = 2.21\text{m}$$

$$A = 0.76\text{m}$$

$$\text{Spuerta} = 1.68\text{m}^2$$

$$\text{Área total Muro} = 21.57\text{m}^2 - 1.68\text{m}^2 = 19.89\text{m}^2$$

Hallando la transmitancia térmica de los muros:

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material 1}}}{k_{\text{material 1}}} + \frac{e_{\text{material 2}}}{k_{\text{material 2}}} + \frac{e_{\text{material 3}}}{k_{\text{material 3}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: (Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Muros Norte y Este (sin cámara de aire)

Adobe

- Espesor
 $e_{\text{material1}} = 0.37\text{m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{\text{material1}} = 0.90 \text{ W/mk}$

Yeso (Revestimiento interior)

- Espesor
 $e_{\text{material2}} = 0.015 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{\text{material2}} = 0.30 \text{ W/mk}$

Yeso (Revestimiento exterior)

- Espesor
 $e_{\text{material3}} = 0.015 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{\text{material3}} = 0.30 \text{ W/mk}$

Reemplazando datos en la fórmula

$$U_{1-muro\ sin\ cámara} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$U_{1-muro\ sin\ cámara} = \frac{1}{\left(\frac{0.37}{0.90} + \frac{0.015}{0.30} + \frac{0.015}{0.30} + 0.11 + 0.11\right)}$$

$$U_{1-muro\ sin\ cámara} = 1.37\ U\left(\frac{W}{m^2k}\right)$$

Tabla 129

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perimetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m ² °C)	S1	U1	S1xU1
MUROS								
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial extrema (Rse)				0.11				
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.11				
Muro sin cámara de aire N° 01								
Muro Norte								
Composición del muro:								
Adobe	0.37				0.9	3.89	1.37	5.33
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			
Muro Este								
Muro A								
Composición del muro:								
Adobe	0.37				0.9	19.9	1.37	27.2
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			

Fuente: Elaboración propia.

4. Sobrecimientos (tipo 2A)

Muros Norte y Este

Compuesto por los siguientes materiales:

- Mortero Cemento Arena
- Piedra natural porosa

Espesor de los materiales

Mortero Cemento Arena e= 0.03m

Piedra natural porosa e= 0.10m

Mortero Cemento Arena e= 0.03m

Piedra natural porosa e= 0.10m

Mortero cemento arena e= 0.04m

TOTAL espesor sobrecimiento = 0.30m

Materiales**Vease**

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 11 y 27: Roca natural y mortero cemento arena

Hallando la transmitancia térmica del Sobrecimiento

$$U_{1-sobrecim} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots \right)}$$

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-sobrecim} = \frac{1}{\left(\frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.04}{1.4} \right)}$$

$$U_{1-sobrecim} = 2.33 \text{ (w/m}^2\text{k)}$$

Hallando el Área del sobrecimiento del Muro Norte

Área Sobrecimiento (Tipo 2A)

$$H = 0.30 \text{ m}$$

$$L = (5.10\text{m} - 0.76\text{m}) = 4.34\text{m}$$

$$S = 0.30\text{m} \times 4.34\text{m} = 1.30\text{m}^2$$

Hallando el Área del sobrecimiento del Muro Este

Área Sobrecimiento (Tipo 2A)

$$H = 0.30 \text{ m}$$

$$L = (1.60\text{m} - 0.76\text{m}) = 0.84\text{m}$$

- $S = 0.30\text{m} \times 0.84\text{m} = 0.25\text{m}^2$

Tabla 130.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 1								
Muro Norte						1.3	2.33	3.03
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 2								
Muro Este						0.25	2.33	0.58
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 131.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Puertas								
Tipo de puerta: (Puerta 6 según plano)						1.60	2.00	3.20
Hoja maciza de madera	0.035							
Tipo de puerta: (Puerta 7 según plano)						1.68	2.00	3.36
Hoja maciza de madera	0.035							
MUROS								
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial extrema (Rse)				0.11				
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.11				
Muro sin cámara de aire N° 01						3.89	1.37	5.33
Muro Norte								
Composición del muro:								
Adobe	0.37				0.9			
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			
Muro Este								
Muro A						19.9	1.37	27.2
Composición del muro:								
Adobe	0.37				0.9			
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 1								
Muro Norte						1.3	2.33	3.03
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 2								
Muro Este						0.25	2.33	0.58
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			
TRANSMITANCIA (U1 final) = 0.5 x ESxU/ES						0.75		

Fuente: Elaboración propia.

El resultado final se compara con la tabla N° 02 de la Norma:

Tabla 132.

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m^2k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **Tabla N°2.**

$$0.75 w/m^2k < 1.00 w/m^2k \text{ CUMPLE}$$

En conclusión quiere decir, que los muros 2A del hall cumplen con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática, disipan el calor como debe ser.

3.10.3 Envoltentes Tipo 3 de techo o cubierta

A. ENVOLVENTE TIPO 3A:

Techos inclinados, Ver plano en Anexos

1. Ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos traslúcidos o transparentes sobre el techo

Este ambiente no cuenta con ninguna de éstas especificaciones

2. Compuertas sobre techo

Este ambiente no cuenta con ninguna de éstas especificaciones

3. Vigas

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 40 y 43: Maderas livianas y maderas densas respectivamente

Imagen Paso 6, numeral 3

Según norma

3. Vigas: Calcular la transmitancia térmica del puente térmico "Vigas" en techos, con cámara de aire o sin ella, y que separan el interior de la edificación con el ambiente exterior

Se puede dar el caso de que exista más de un tipo de vigas (diferentes alturas, diversas composiciones, etc.). En este caso, se deberá realizar un cálculo por cada tipo, enumerando los puentes térmicos como "Viga N° 1", "Viga N° 2", etc. El siguiente cálculo es el mismo para cualquier tipo de viga.

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Espesor" y de la fila "Ancho al exterior (metros)", se coloca el espesor (ancho) de la cara de la viga que está en contacto con el ambiente exterior.

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Perímetro (m)" y de la fila "Perímetro al exterior (metros)", se coloca la longitud de la parte de la viga que está en contacto con el ambiente exterior.

c) El área de cada tipo de viga existente será el producto obtenido del valor de "Ancho al exterior (metros)" multiplicado por el valor del "Perímetro al exterior (metros)". Este valor se coloca en la columna "S_i" y se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$S_i = e_i \times P_i = e_1 \times P_1 + e_2 \times P_2 + \dots$$

Donde,

S_i área de la viga tipo i
e_i espesor (ancho) de la viga tipo i al exterior
P_i perímetro de la viga tipo i al exterior

d) En las celdas ubicadas debajo de la celda "Composición", se colocan todas las capas de materiales componentes de las vigas (como concreto, revestimientos, enchapes, etc.)

e) En la celda ubicada en la intersección de la columna "Coeficiente de transmisión térmica" (k) y de las filas donde se ha detallado todas las capas de materiales con los que se ha fabricado la viga, se colocan sus respectivos coeficientes de transmisión térmica. Este valor k (en W/mK) se encuentra en el Anexo N° 3: *Lista de características higrotérmicas de los materiales de construcción*.

f) En la celda ubicada en la intersección de la columna "U_i" y de la celda que agrupa a todas las filas en las que se ha caracterizado cada material del puente térmico viga, se coloca la transmitancia térmica de este elemento (U_{1-viga}). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Donde,

e_{material 1} espesor del material 1 componente de la viga, etc.
k_{material 1} coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc.

g) Finalmente, se completan las celdas "S_i x U_i" con el resultado de la multiplicación entre la superficie o área total de cada tipo de viga existente por sus respectivas transmitancias térmicas.

Figura 116. Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Hallando el área de las vigas

Vigas principales (tijerales)

Espesores (ancho de la viga)

$$e_1 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

$$e_2 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

$$e_3 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

$$e_4 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

$$e_5 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

$$e_6 = \text{espesor de la viga} = 0.15\text{m}$$

Perímetro (longitud de la viga)

$$P_1 = \text{Perímetro de la viga} = 2.06\text{m}$$

$$P_2 = \text{Perímetro de la viga} = 2.06\text{m}$$

$$P_3 = \text{Perímetro de la viga} = 2.06\text{m}$$

$$P_4 = \text{Perímetro de la viga} = 2.06\text{m}$$

$$P_5 = \text{Perímetro de la viga} = 2.06\text{m}$$

$$P_6 = \text{Perímetro de la viga} = 2.06\text{m}$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$S_i = e_i \times P_i = e_1 \times P_1 + e_2 \times P_2 + \dots$$

Donde,

S_i área de la viga tipo i

E_i espesor (ancho) de la viga tipo i al exterior

P_i perímetro de la viga i al exterior

$$S_1 = (0.15 \times 2.06) + (0.15 \times 2.06) + (0.15 \times 2.06) + (0.15 \times 2.06) + \\ (0.15 \times 2.06) + (0.15 \times 2.06)$$

$$S_1 = 1.85\text{m}^2$$

Vigas secundarias (correas)

Espesores (ancho de la viga)

e_1 = espesor de la viga = 0.075m

e_2 = espesor de la viga = 0.075m

e_3 = espesor de la viga = 0.075m

e_4 = espesor de la viga = 0.075m

Perímetro (longitud de la viga)

P_1 = Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15 ancho de la viga principal) = 3.90m

P_2 = Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

P_3 = Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

P_4 = Perímetro de la viga = 4.65m – 5(0.15) = 3.90m

Reemplazando valores en la fórmula

$$S_i = e_i \times P_i = e_1 \times P_1 + e_2 \times P_2 + \dots$$

Donde,

S_i área de la viga tipo i

E_i espesor (ancho) de la viga tipo i al exterior

P_i perímetro de la viga i al exterior

$$S_1 = (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90) + (0.075 \times 3.90)$$

$$S_1 = 1.17\text{m}^2$$

Calculando las transmitancias térmicas de las vigas

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

$e_{material 1}$ espesor del material 1 componente de la viga, etc.

$k_{material 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc

Vigas Principales (esta viga es de madera eucalipto solo cuenta con una capa)

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\frac{0.15 m}{0.29 w/mk}}$$

$$U_{1-viga} = 1/0.52 = 1.92 (w/m^2k)$$

Vigas secundarias o correas (esta viga es de madera tornillo solo cuenta con una capa)

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\frac{0.075 m}{0.13 w/mk}}$$

$$U_{1-viga} = 1/0.58 = 1.72 (w/m^2k)$$

Tabla 133.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Vigas Principales								
Puente Térmico: Viga N° 1						1.85	1.92	3.55
Composición:								
Madera Eucalipto	0.15				0.29			
Vigas Secundarias								
Puente Térmico: Viga N° 2						1.17	1.72	2.01
Composición:								
Madera tornillo	0.075				0.13			

Fuente: Elaboración propia.

4. Techos inclinados Tipo 3A

Paso N° 06, numeral 4

4. Techos inclinados (Tipo 3A), techos horizontales y curvos (Tipo 3B) y Pisos Enterrados (Tipo 3C): Calcular envolvente tipo 3A, 3B y 3C con o sin cámara de aire, que separan el interior del ambiente exterior (Ver definición en el *Capítulo 5. Glosario, numeral 5.29. Envolvente*). Nota: En este caso los techos horizontales pueden incluir a las "Azoteas".

El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 3. Donde se lea S_1 , U_1 , o $S_1, x U_1$, deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_3 , U_3 o S_3xU_3 . Donde se lea muro, se deberá entender que para este paso corresponde a un techo.

Para el caso de las resistencias superficiales, se deberá tomar los siguientes valores:

=>En la celda ubicada en la intersección de la columna "U" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca el valor: 0,05 W/m²K para cualquier zona bioclimática.

=>En la celda ubicada en la intersección de la columna " U_1 " y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{se})", se coloca el valor: 0,17 W/m²K para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9, y el valor: 0,05 W/m² K para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.

Para el caso de las resistencias térmicas del techo con cámara de aire, se deberá tomar los siguientes valores de la Tabla N° 12:

Tabla 134.

Transmitancia térmica de la cámara de aire (R) según su espesor (en m² K / W) en techos tipo 3A, 3B y 3C

Situación de la cámara y dirección del flujo de calor	Espesor de la cámara (mm)				
	10	20	50	100	≥150
Cámara de aire horizontal y flujo ascendente (Zonas bioclimáticas: 4, 5 y 6)	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°9.

Materiales

Vease

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 15, 16, 80 y 100: Yeso, barro con paja de 2cm, teja de arcilla y paja respectivamente

Muro Sur (sin cámara de aire)

Adobe

- Espesor
ematerial1 = 0.37m
- Coeficiente de transmitancia térmica

Yeso

- Espesor
 $e_{material2} = 0.015 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material2} = 0.30 \text{ W/mk}$

Carrizo

- Espesor
 $e_{material3} = 0.02 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material3} = 0.09 \text{ W/mk}$

Barro con paja

- Espesor
 $e_{material3} = 0.05 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material3} = 0.09 \text{ W/mk}$

Teja de arcilla

- Espesor
 $e_{material3} = 0.05 \text{ m}$
- Coeficiente de transmitancia térmica
 $K_{material3} = 1.00 \text{ W/mk}$

Reemplazando datos en la fórmula

Imagen Paso 4, numeral 3.2.2

$$U_{1-\text{muro con cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots + R_{si} + R_{se} + R_{ca} \right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

- $e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente del muro, etc.
- $k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del muro, etc
- R_{si} resistencia térmica superficial interna
- R_{se} resistencia térmica superficial externa
- R_{ca} resistencia térmica de la cámara de aire

Resistencia superficial externa: $0.05 \text{ W/m}^2\text{k}$

Resistencia superficial interna: $0.09 \text{ W/m}^2\text{k}$

Transmitancia térmica de la cámara de aire $R_{ca} = 0.16 \text{ m}^2\text{k/w}$

$$U_{1-\text{muro con cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{0.015}{0.30} + \frac{0.02}{0.09} + \frac{0.05}{0.09} + \frac{0.05}{1} + 0.05 + 0.09 + 0.16\right)}$$

$$U_{1-\text{muro con cámara}} = 0.84 \text{ UW/m}^2\text{k}$$

Hallando el área del techo

Largo = 5.10m

Ancho = 2.05m

S = 5.10 x 2.06

S = 10.51

Tabla 135.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.05				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.09				
Techo con cámara de aire								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				0.16				
Composición:								
Yeso	0.015				0.3	10.51	0.84	8.828
Carrizo	0.02				0.09			
Barro con paja	0.05				0.09			
Teja de arcilla	0.05				1			

Fuente: Elaboración propia.

5. Procedimiento para el cálculo de transmitancia térmica final

Según norma

5. Procedimiento para el cálculo de la Transmitancia térmica final de la Envoltente Tipo 3: Envoltentes de techo o cubierta.

Finalmente, en el caso de la Envoltente de Tipo 3, el coeficiente de transmitancia térmica promedio (U₃) se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_3^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + S_3 \times U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}$$

Donde,

Σ S_i, suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envoltente.

Σ S_i x U_i, suma total de todos los productos "S_i x U_i" encontrados:

Este resultado (U₃^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para techos, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la Tabla N° 3 de la Norma.

⇒ Si U₃^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el techo CUMPLE con la Norma.

⇒ Si U₃^{final} es mayor a U_{max} entonces el techo NO CUMPLE con la Norma. El usuario deberá modificar su solución.

Finaliza cálculo (llenado de celdas) para Envoltentes de techo o cubierta (Tipo 3A, 3B y 3C)

Figura 117. Imagen paso 6, numeral 5 - Identificación de los tipos de envoltente en planta del dormitorio 1.

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Tabla 136.

Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.05				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.09				
Techo con cámara de aire								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				0.16				
Composición:								
Yeso	0.015				0.3	9.58	0.84	8.047
Carrizo	0.02				0.09			
Barro con paja	0.05				0.09			
Teja de arcilla	0.05				1			
Vigas Principales								
Puente Térmico: Viga N° 1						1.55	1.92	2.98
Composición:								
Madera Eucalipto	0.15				0.29			
Vigas Secundarias								
Puente Térmico: Viga N° 2						1.17	1.72	2.01
Composición:								
Madera tornillo	0.075				0.13			
TRANSMITANCIA (U1 final) = ESxU/ES						1.06		

Fuente: Elaboración propia.

El resultado final se compara con la tabla N° 02 de la Norma:

Tabla 137.

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U _{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U _{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U _{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°2.

$$1.06 \text{ w/m}^2\text{k} < 0.83 \text{ w/m}^2\text{k} \text{ NO CUMPLE}$$

En conclusión quiere decir, que el techo 3A del Hall no cumple con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

3.10.4 Envoltentes Tipo 4 (Pisos)

Procedimiento para envoltentes de separación con el terreno: Losa o piso tipo 4A y 4B, según norma

1. Procedimiento para envoltentes de separación con el terreno: Losa o piso tipo 4A y 4B

1.1 Losa o Piso tipo 4A (sin cámara de aire): Para calcular la transmitancia térmica de losas o pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural, **sin** cámara de aire, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

a) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RCA" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca lo siguiente:

- ⇒ 0,09 W/m²K, cuando el flujo de calor es ascendente (o sea, cuando el calor tiende a salir del ambiente interior al ambiente exterior). Se aplica para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.
- ⇒ 0,17 W/m²K, cuando el flujo de calor es descendente (o sea, cuando el calor tiende a entrar al ambiente interior desde el ambiente exterior). Se aplica para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

b) En la celda ubicada en la intersección de la columna "RST/RCA" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", se coloca lo siguiente:

- 0,09 W/m²K ⇒ cuando el flujo de calor es ascendente (o sea, cuando el calor tiende a salir del ambiente interior al

ambiente exterior). Se aplica para las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.

- 0,17 W/m²K ⇒ cuando el flujo de calor es descendente (o sea, cuando el calor tiende a entrar al ambiente interior desde el ambiente exterior). Se aplica para las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

c) Los materiales que componen el piso sin cámara de aire se especificará en las celdas "Material 1", "Material 2", etc., colocando sus "Espesores" y sus "Coeficientes de transmisión térmica k".

d) Se coloca la superficie o área total del piso sin cámara de aire en la columna " S_4 ".

e) Para hallar la transmitancia térmica " $U_{4A-piso sin cámara}$ " del piso sin cámara de aire, se utilizará la siguiente fórmula:

$$U_{4A-piso sin cámara} = \frac{1}{\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \dots + R_{se} + R_{si}}$$

Siendo,

- e_1 espesor del material 1
- k_1 conductividad térmica del material 1, y así sucesivamente.
- R_{se} resistencia superficial externa
- R_{si} resistencia superficial interna

Figura 118. Imagen: Paso 7, numeral 1.1 - Identificación de los tipos de envoltente en planta del dormitorio 1.

Nota:(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

Según norma Paso 7, numeral 1.1; la resistencia superficial externa (R_{se}) se coloca 0.09 W/m²k a la zona bioclimática altoandina (zona 5)

Según norma Paso 7, numeral 1.1; la resistencia superficial interna (R_{si}) también se coloca 0.09 W/m²k a la zona bioclimática altoandina (zona 5)



El material que compone el piso sin cámara de aire es: cemento pulido de 5cm de espesor.

Materiales

Vease *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)*

Item 19: Cemento pulido

Cemento pulido

- Espesor
ematerial2 = 0.05 m
- Coeficiente de transmitancia térmica
Kmaterial2 = 0.53 W/mk

Área Piso (Tipo 4A)

Dimensiones

Largo= 5.10m

Ancho= 1.60m

S = Área total = 8.16m²

Norma Paso 7, numeral 1.1.e

e) Para hallar la transmitancia térmica “ $U_{4A-piso\ sin\ cámara}$ ” del piso sin cámara de aire, se utilizará la siguiente formula

$$U_{4A-piso\ sin\ cámara} = \frac{1}{\left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \dots R_{se} + R_{si}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Siendo,

- e_1 espesor del material 1.
- k_1 conductividad térmica del material 1, y así sucesivamente.
- R_{se} resistencia superficial externa
- R_{si} resistencia superficial interna

$$U_{4A-piso\ sin\ cámara} = \frac{1}{\frac{0.05}{0.53} + 0.09 + 0.09}$$

$$U_{4A-piso\ sin\ cámara} = \frac{1}{0.274}$$

$$U_{4A-piso\ sin\ cámara} = 3.65\ w/m^2k$$

Tabla 138.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Tipo 4	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1	
	Pisos tipo 4A: Losa o piso horizontal o ligeramente inclinado de separación entre el interior de la	Resistencias superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)				0.09					
		Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.09					
		Piso sin cámara de aire									
		Composición:							8.16	3.65	29.784
		Material 1: Cemento Pulido		0.05				0.53			
	TRANSMITANCIA (U1 final) = ESxU/ES								3.65		

Fuente: Elaboración propia.

El resultado final se compara con la tabla N° 02 de la Norma:

Tabla 139.

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U _{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U _{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U _{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **Tabla N°2.**

$$3.65 \text{ w/m}^2\text{k} < 3.26 \text{ w/m}^2\text{k} \text{ NO CUMPLE}$$

En conclusión, quiere decir, que el piso 4A del Hall, no cumple con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

3.11 Cálculo de Condensaciones Superficiales

Para cumplir con el confort térmico en esta zona bioclimática la segunda condición según norma EM.110 debe de cumplir con los lineamientos de condensaciones superficiales.

Según el paso 1:

Cumplir $T_{si} > t_r$

Donde:

- T_{si} = temperatura superficial interior.(°C)
- T_r = temperatura de rocío. (°C)

Fórmula para hallar la temperatura superficial interior:

$$\text{Para muros: } T_{si} = T_i - U_{muro} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

$$\text{Para techos: } T_{si} = T_i - U_{techo} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

$$\text{Para pisos: } T_{si} = T_i - U_{piso} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014)

Donde:

- T_{si} = temperatura superficial interior. (°C)
- T_i = temperatura del ambiente interior.(°C)
- T_e = temperatura del ambiente exterior. (°C)
- U = transmitancia térmica de la envolvente. (W/m²K)
- R_{si} = resistencia térmica superficial interior. (m²K/W)

PASO 1:

Temperatura del ambiente interior:

Para la temperatura del ambiente interior tenemos unos parámetros de acuerdo a la tabla número 17 de la norma EM.110

$$\begin{aligned} \text{Para muros: } T_{si} &= T_i - U_{muro} \times R_{si} \times (T_i - T_e) \\ \text{Para techos: } T_{si} &= T_i - U_{techo} \times R_{si} \times (T_i - T_e) \\ \text{Para pisos: } T_{si} &= T_i - U_{piso} \times R_{si} \times (T_i - T_e) \end{aligned}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **anexo 4.**

En este cuadro identificamos los Valores de temperaturas del ambiente interior por tipo de uso en edificaciones para nuestro caso en viviendas la temperatura de ambiente interior es de:

$$T_i = 18^{\circ}\text{C}$$

Edificación o local	Temperatura del ambiente interior (T) en °C
Vivienda	18
Locales de trabajo	18 – 20
Salas de exposiciones	15 – 18
Bibliotecas, archivos	15 – 18
Oficinas	20
Restaurantes	20
Cantinas	18
Grandes almacenes	20
Cines y teatros	20

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **Tabla N°17.**

PASO 2:

Resistencia térmica superficial interior. (m²K/W):

La resistencia térmica superficial interior tiene los siguientes parámetros de acuerdo a la norma EM.110.

$$\begin{aligned} \text{Para muros:} \quad T_{si} &= T_i - U_{muro} \times R_{si} \times (T_i - T_e) \\ \text{Para techos:} \quad T_{si} &= T_i - U_{techo} \times R_{si} \times (T_i - T_e) \\ \text{Para pisos:} \quad T_{si} &= T_i - U_{piso} \times R_{si} \times (T_i - T_e) \end{aligned}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **anexo 4.**

Condición para la resistencia térmica superficial interior.

Para hallar la resistencia térmica superficial interior (R_{si}), se deben escoger los siguientes valores, de acuerdo a la zona bioclimática:

- ⇒ 0,11 m² K/W para muros, en cualquier zona bioclimática.
- ⇒ 0,09 m² K/W para techos o pisos, en las zonas bioclimáticas 4, 5 y 6.
- ⇒ 0,17 m² K/W para techos o pisos, en las zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 7, 8 y 9.

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **anexo 4.**



De acuerdo a la condición tenemos:

Según nuestra Zona Bioclimática Alto andina .

Muros = 0.11 m²K/ W.

Techo = 0.09 m²K/ W.

Valores de Te, Temax y humedad relativa media (HR) por zona bioclimática

Zona bioclimática	Valor de T _e (°C)	Valor de T _{e max} (°C)	Valor de HR (%)
1	18	30	80
2	24	33	70
3	20	30	50
4	12	21	50
5	6	15	50
6	0	-	50
7	26	31	70
8	22	31	70
9	27	32	70

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **anexo 4.**

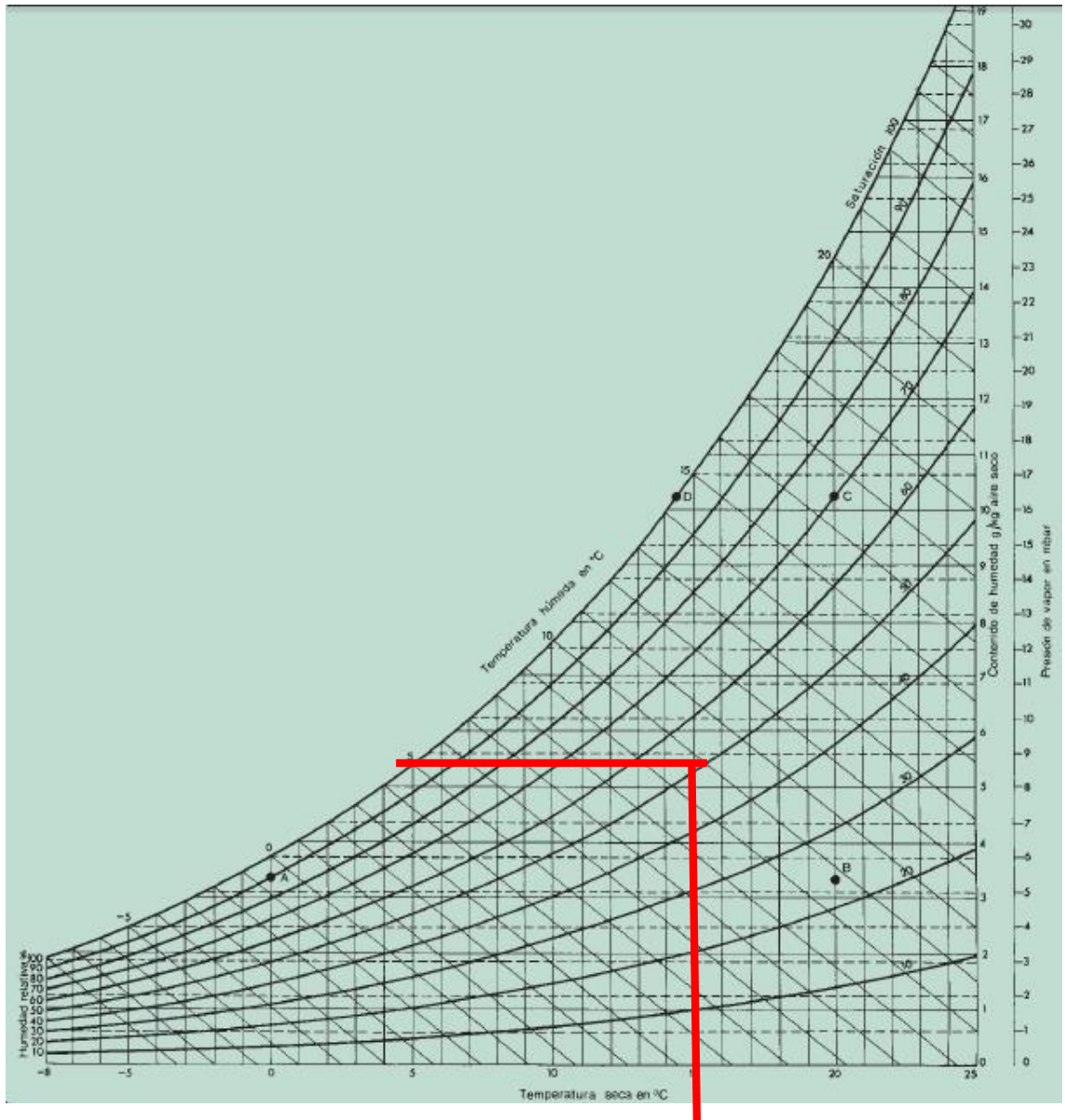
De acuerdo a esta condición tenemos:

Según nuestra Zona Bioclimática Alto andina .

Te = 6 °C.

HR = 50 %.

Calculo de temperatura de rocío según el abaco psicrometrico



Fuente: Norma (EM.110, 2014) **anexo 4.**

De acuerdo a esta condición tenemos:

Según nuestra Zona Bioclimática Alto andina .

$$T_i = 18 \text{ }^\circ\text{C.}$$

$$HR = 50 \text{ \%}.$$

Aplicando este abaco psicrometrico tenemos que la temperatura de rocío es:

$$T_r = 7.2 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Con todos estos datos podremos calcular cada uno de las envolventes de todos los ambientes de la casa ecológica PUCP.



CAPITULO IV: RESULTADOS

Resultados obtenidos a partir de los cálculos de las envolventes de todos los ambientes de la Casa Ecológica PUCP

Dormitorio 1:

El componente unitario 1.49 W/m² K del envolvente muro Tipo 1A, del dormitorio 1 sobrepasa la transmitancia térmica máxima de muros de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envolvente no cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario 0.72 W/m² K de los envolventes de los muros Tipo 2A, del dormitorio 1 no sobrepasa la transmitancia térmica máxima de muros de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envolvente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario 2.38 W/m² K del envolvente pisos tipo 2B, del dormitorio 1 no sobrepasa la transmitancia térmica máxima de pisos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto ésta envolvente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El dormitorio 1 no cuenta con el envolvente tipo 3.

El componente unitario 1.50 W/m² K del envolvente piso tipo 4B, del dormitorio 1 no sobrepasa la transmitancia térmica máxima de pisos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envolvente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo

Tabla 140.

Cuadro comparativo de resultados del dormitorio 1.

DORMITORIO 1			
TIPO DE ENVOLVENTE	Valores de transmitancia térmica (U) en W/m ² k	Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m ² k	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA
TIPO 1A	1.49	1	NO CUMPLE
TIPO 1B			
TIPO 2A	0.72	1	CUMPLE
TIPO 2B	2.38	3.26	CUMPLE
TIPO 3A			
TIPO 3B			
TIPO 3C			
TIPO 4A			
TIPO 4B	1.5	3.26	CUMPLE
TIPO 4C			

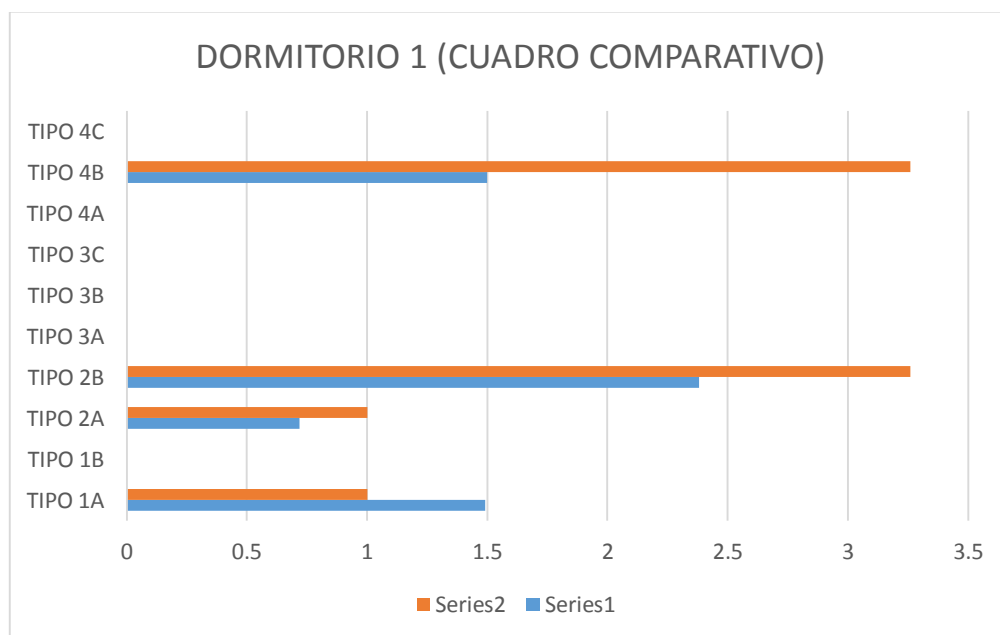


Figura 119. Cuadro comparativo de transmitancias térmicas máximas Vs resultados.

Fuente: elaboración propia.

Dormitorio 2:

El dormitorio 2 no cuenta con el envoltente tipo 1.

El componente unitario 0.77 W/m² K de los envolventes de los muros tipo 2A, del dormitorio 2 no sobrepasa la transmitancia térmica máxima de muros de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envolvente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario 2.38 W/m² K del envolvente pisos tipo 2B, del dormitorio 2 no sobrepasa la transmitancia térmica máxima de pisos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envolvente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El dormitorio 2 no cuenta con el envolvente tipo 3.

El componente unitario 1.50 W/m² K del envolvente piso tipo 4B, del dormitorio 2 no sobrepasa la transmitancia térmica máxima de pisos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envolvente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo

Tabla 141.

Cuadro comparativo de resultados del dormitorio 2.

DORMITORIO 2			
TIPO DE ENVOLVENTE	Valores de transmitancia térmica (U) en W/m ² k	Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m ² k	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA
TIPO 1A			
TIPO 1B			
TIPO 2A	0.77	1	CUMPLE
TIPO 2B	2.38	3.26	CUMPLE
TIPO 3A			
TIPO 3B			
TIPO 3C			
TIPO 4A			
TIPO 4B	1.5	3.26	CUMPLE
TIPO 4C			

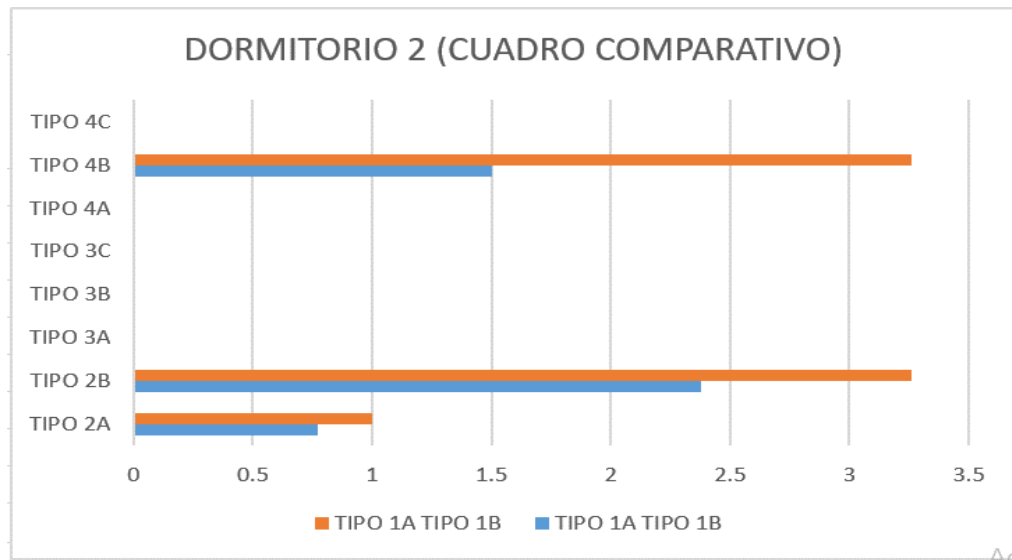


Figura 120. Cuadro comparativo de transmitancias térmicas máximas Vs resultados.

Fuente: Elaboración propia.

Dormitorio 3:

El componente unitario $1.47 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ del envoltente muro tipo 1A, del dormitorio 3 sobrepasa la transmitancia térmica máxima de muros de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envoltente no cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario $0.75 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ de los envoltentes de los muros tipo 2A, del dormitorio 3 no sobrepasa la transmitancia térmica máxima de muros de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envoltente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario $1.06 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ del envoltente techo tipo 3A, del dormitorio 3 sobrepasa la transmitancia térmica máxima de techos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envoltente no cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario $1.50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ del envoltente piso tipo 4B, del dormitorio 3 no sobrepasa la transmitancia térmica máxima de pisos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envoltente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

Tabla 142.

Cuadro comparativo de resultados del dormitorio 3.

DORMITORIO 3			
TIPO DE ENVOLVENTE	Valores de transmitancia térmica (U) en W/m ² k	Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m ² k	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA
TIPO 1A	1.47	1	NO CUMPLE
TIPO 1B			
TIPO 2A	0.75	1	CUMPLE
TIPO 2B			
TIPO 3A	1.06	0.83	NO CUMPLE
TIPO 3B			
TIPO 3C			
TIPO 4A			
TIPO 4B	1.5	3.26	CUMPLE
TIPO 4C			

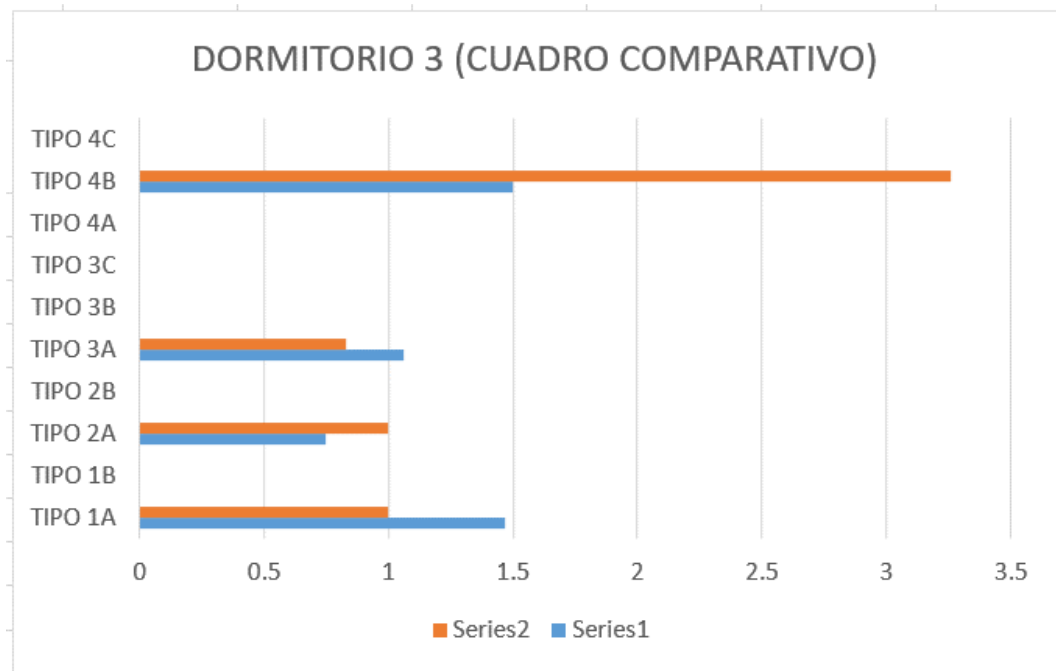


Figura 121. Cuadro comparativo de transmitancias térmicas máximas Vs resultados.

Fuente: Elaboración propia.

Dormitorio 4 : Cocina – Comedor -

El componente unitario 2.45 W/m² K del envoltente muro tipo 1A, de la cocina – comedor – dormitorio 4 sobrepasa la transmitancia térmica máxima de muros de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envoltente no cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario 0.739 W/m² K de los envolventes de los muros tipo 2A, de la cocina – comedor – dormitorio 4 no sobrepasa la transmitancia térmica máxima de muros de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envolvente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario 2.38 W/m² K de los envolventes de los pisos tipo 2B, de la cocina – comedor – dormitorio 4 sobrepasa la transmitancia térmica máxima de pisos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envolvente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario 1.077 W/m² K del envolvente techo tipo 3A, de la cocina – comedor – dormitorio 4 sobrepasa la transmitancia térmica máxima de techos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envolvente no cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario 3.65 W/m² K del envolvente piso tipo 4A, de la cocina – comedor – dormitorio 4 sobrepasa la transmitancia térmica máxima de pisos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envolvente no cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

Tabla 143.

Cuadro comparativo de resultados del ambiente 4.

AMBIENTE 4 (COSINA, COMEDOR, DORMITORIO 4)			
TIPO DE ENVOLVENTE	Valores de transmitancia térmica (U) en W/m²k	Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA
TIPO 1A	2.45	1	NO CUMPLE
TIPO 1B			
TIPO 2A	0.739	1	CUMPLE
TIPO 2B	2.38	3.26	CUMPLE
TIPO 3A	1.08	0.83	NO CUMPLE
TIPO 3B			
TIPO 3C			
TIPO 4A	3.65	3.26	NO CUMPLE
TIPO 4B			
TIPO 4C			

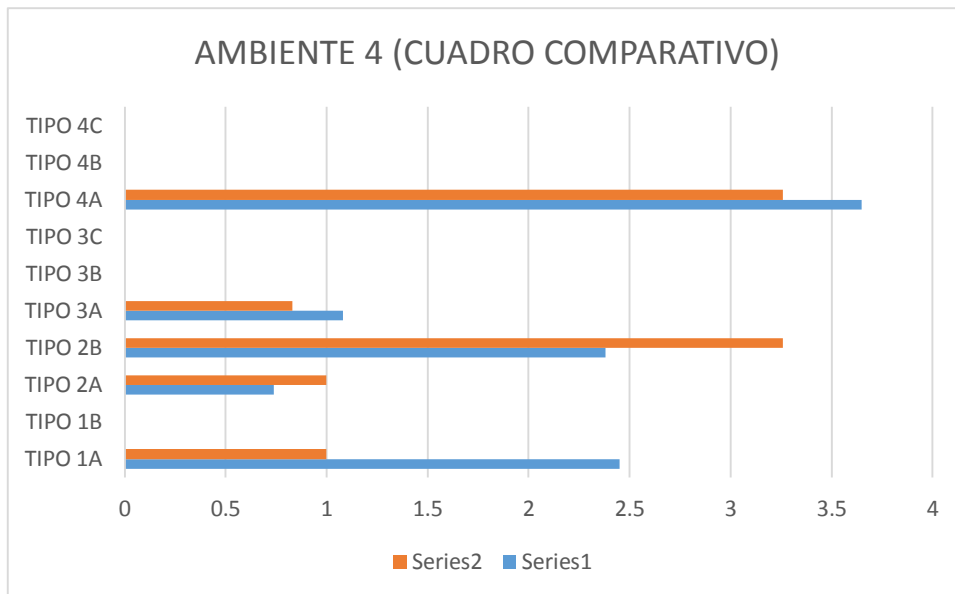


Figura 122. Cuadro comparativo de transmitancias térmicas máximas Vs resultados.

Fuente: Elaboración propia.

HALL:

El componente unitario 2.82 W/m² K del envoltente muro tipo 1A, del hall sobrepasa la transmitancia térmica máxima de muros de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envoltente no cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario 0.75 W/m² K de los envoltentes de los muros tipo 2A, del hall no sobrepasa la transmitancia térmica máxima de muros de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envoltente si cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario 1.06 W/m² K del envoltente techo tipo 3A, del hall sobrepasa la transmitancia térmica máxima de techos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta envoltente no cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

El componente unitario 3.65 W/m² K del envoltente piso tipo 4A, del hall sobrepasa la transmitancia térmica máxima de pisos de la zona bioclimática alto andina según los valores indicados en la tabla número 2 de la Norma EM.110. Por lo tanto esta

envolvente no cumple con los parámetros máximos establecidos conforme a la metodología de cálculo.

Tabla 144.

Cuadro comparativo de resultados del hall.

HALL			
TIPO DE ENVOLVENTE	Valores de transmitancia térmica (U) en W/m ² k	Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m ² k	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA
TIPO 1A	2.82		NO CUMPLE
TIPO 1B		1	
TIPO 2A	0.75		CUMPLE
TIPO 2B		1	
TIPO 3A	1.06		NO CUMPLE
TIPO 3B		0.83	
TIPO 3C			
TIPO 4A	3.65		NO CUMPLE
TIPO 4B		3.26	
TIPO 4C			

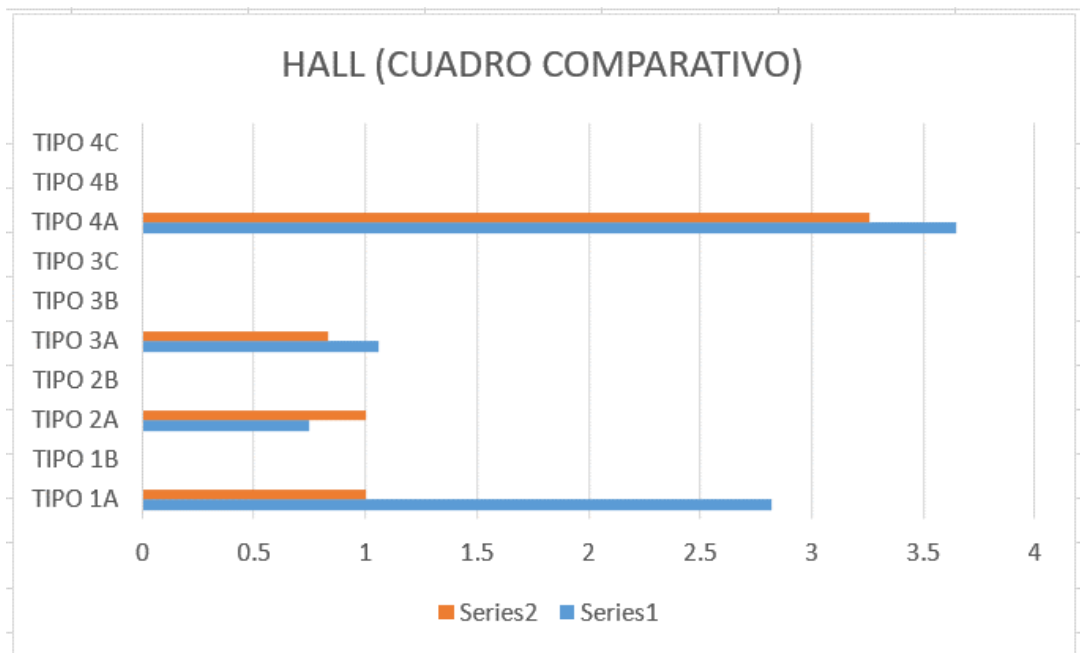


Figura 123. Cuadro comparativo de transmitancias térmicas máximas Vs resultados.

Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

DISCUSIÓN 1

Se ha demostrado la hipótesis general: “Los valores obtenidos de las transmitancias térmicas finales de la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui – Cusco, no cumplen con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la Norma EM.110, según las condiciones de confort térmico para la zona bioclimática alto andina del Perú

Pero con las tecnologías de calefacción como muros trombe y pisos radiante hacen que cumple con las condiciones de confort térmico según la Norma EM. 110. (Tabla N° 17)

DISCUSIÓN 2

Se ha demostrado la Sub hipótesis 01: “Los valores obtenidos de las transmitancias térmicas finales de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP, no cumplen en su totalidad (once envolventes cumplen y nueve no cumplen) con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la Norma EM. 110

DISCUSIÓN 3

Se ha demostrado la sub hipótesis 02: Los valores obtenidos de la temperatura superficial interior de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP, cumplen con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales

DISCUSIÓN 4

Se ha demostrado la sub hipótesis 03: La carpintería de ventanas de la Casa Ecológica Andina PUCP no cumple con la clase de permeabilidad al aire según a la clase que establece la Norma EM. 110 para la zona bioclimática alto andina.

Además podemos recalcar las siguientes discusiones:

- **¿Son los resultados óptimos para el cálculo de cada una de las transmitancias térmicas de cada envolvente?**

Los resultados de los cálculos son totalmente óptimos, puesto que se ha ejecutado en cumplimiento específico y a detalle de la Norma EM.110

- **¿Servirá la presente investigación como base de estudio para próximas investigaciones similares?**



Efectivamente, el presente trabajo de investigación no solo servirá de base de estudio, sino que además es útil para la aplicación directa de construcciones de casas ecológicas puesto que en el desarrollo se explica además de las evaluaciones, la correcta interpretación de la Norma EM- 110 y las recomendaciones puntuales de cómo se debe realizar la construcción de una edificación con eficiencia energética en toda la zona bioclimática altonadino del Perú

- **¿Por qué debe empezar a construirse casas Ecológicas, incluso en ciudades que no sufren de climas fríos?**

Son muchos los beneficios de construir casas ecológicas o autosustentables, que ahora mismo por esa razón son tendencia a nivel mundial. Entre los principales beneficios están la reducción del consumo de energía, así como las emisiones contaminantes también se reducen considerablemente y por supuesto aportan mayor confort térmico, entre otros.

- **¿Las tecnologías que proponen son de fácil implementación?**

Si, son totalmente de fácil implementación puesto que son materiales de uso incluso cotidiano, locales como barro, piedra, carrizo, yeso, adobe, paja, etc y es más, son mucho más económicos, rentables y sustentables a mediano y largo plazo.



GLOSARIO

Para efectos de esta Tesis, se establecen las siguientes definiciones de los conceptos fundamentales que en ella aparecen.

- **Ábaco psicométrico:**

Diagrama que se utiliza para representar las propiedades termodinámicas del aire húmedo y del efecto de la humedad atmosférica en los materiales y en el confort humano, también utilizado para para controlar las propiedades térmicas del aire húmedo. (EM.110, 2014)

- **Ambiente habitable:**

Recinto interior destinado a la reunión o al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. (EM.110, 2014)

- **Ambiente no habitable:**

Para la presente Norma, se incluye bajo este rubro al ambiente o espacio cerrado que no ha sido construido para ser ocupado por tiempo prolongado por seres humanos, tales como estacionamientos cerrados, tanques, cisternas, cuartos de máquinas, cajas de ascensor, cuartos de bombas, cuartos de equipos electromecánicos y similares. (EM.110, 2014)

- **Calor:**

El calor se puede definir como una sensación. Es producido por la combustión, por el paso de la corriente eléctrica, por la compresión brusca de un gas y también por ciertas reacciones químicas y nucleares. El calor es una fuente de energía y puede producir trabajo. (EM.110, 2014)

- **Calor específico:**

Es la cantidad de calor necesario para elevar 1 °C la temperatura de 1 kg de un cuerpo. Se expresa en Vatios hora por kilogramo grado centígrado (Wh/kg °C). (EM.110, 2014)

- **Cámara de aire (en Muros, Techos o Pisos):**

Para efectos de la presente Norma, es una cámara cerrada por todos sus lados cuyos elementos de separación pueden estar en forma paralela o no. En donde se encuentre la denominación “cámara de aire” se deberá entender que es “no ventilada”. (EM.110, 2014)



- **Cantidad de calor (Q):**

Es la cantidad de energía medible. Por ejemplo, para elevar la temperatura de un cuerpo es necesario aportar una cantidad de energía calorífica, que irá creciendo proporcionalmente al número de grados que deseemos alcanzar. Se expresa en Vatios (W). (EM.110, 2014)

- **Carpintería:**

Para efectos de esta norma, considerando que un vano normalmente se conforma del marco y de la hoja o panel (en caso de puertas) o de la superficie vidriada, transparente o traslúcida (en caso de ventanas, mamparas, claraboyas, etc.), se considerará carpintería como el marco del vano. Existen ventanas que además del marco tienen bastidores que sujetan los vidrios. Para tales casos, se considerará carpintería al marco y al bastidor. (EM.110, 2014)

- **Coefficiente de conductividad térmica (k):**

Cantidad de calor que atraviesa, por unidad de tiempo, una unidad de superficie de una muestra plana de caras paralelas y espesor unitario, cuando se establece entre las caras una diferencia de temperatura de un grado.

La conductividad térmica es una propiedad característica de cada material, su valor puede depender de la temperatura y de una serie de factores tales como la densidad, porosidad, contenido de humedad, diámetro de fibra, tamaño de los poros y tipo de gas que encierre el material.

Se expresa en Vatios por metro y grado Kelvin (W/m K). (EM.110, 2014)

- **Condensación:**

Consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida, generalmente cuando el tránsito se produce a presiones cercanas a la ambiental. La condensación se produce al bajar la temperatura, por ejemplo, con el rocío en la madrugada. Se produce siempre que el aire descienda su temperatura hasta un nivel igual o inferior a su punto de rocío, o cuando el vapor contenido en el aire se encuentre en contacto con un envolvente u objeto cuya temperatura sea inferior al punto de rocío. (EM.110, 2014)



- **Condensación superficial:**

Es la condensación que aparece en la superficie de un envolvente o elemento constructivo cuando su temperatura superficial es inferior o igual al punto de rocío de aire que está en contacto con dicha superficie. (EM.110, 2014)

- **Conductividad térmica (k):**

Capacidad de los materiales para dejar pasar el calor a su través. La inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica (capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor). Se expresa en Watio por metro grado Kelvin (W/m K). (EM.110, 2014)

- **Confort térmico:**

Es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. (EM.110, 2014)

- **Cubiertas:**

Capa superior del techo que lo separa del exterior y está en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal. (EM.110, 2014)

- **Densidad:**

Cantidad de masa contenida en un determinado volumen. Se expresa en Kilogramo por metro cúbico (kg/m³). (EM.110, 2014)

- **Confort Térmico:**

Es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. (EM.110, 2014).

El confort térmico en una vivienda saludable no solo tiene que ver con la isotermita lograda si no que va más hacia un enfoque integral que contempla la conservación del calor, la ventilación adecuada de los ambientes de la vivienda, el aprovechamiento de la energía solar, tanto lumínica como calorífica, el ordenamiento de la vivienda, el control de la humedad interna, la eliminación de los humos de las cocinas, la mejora de la alimentación de la familia a través del invernadero familiar y el mejoramiento de las capacidades de la familia para afrontar las severas condiciones climáticas a través del buen uso de sus viviendas.



- **Zona Bioclimática:**

Clasificación climática que define los parámetros ambientales de grandes áreas geográficas, necesaria para aplicar estrategias de diseño bioclimático de una edificación y obtener confort térmico y lumínico con eficiencia energética. (EM.110, 2014)

- **Envolvente**

Elemento constructivo del edificio que lo separa del ambiente exterior, ya sea aire, terreno u otro edificio. Estos elementos pueden ser muros, techos y pisos. Los vanos tales como puertas, ventanas, claraboyas, compuertas, etc., se incluyen como parte del elemento constructivo pertinente (Ejemplo: puertas y ventanas en muros, claraboyas y compuertas en techos, etc.) Se considera envolvente a los muros que forman patios, ductos o pozos de luz mayor a dos metros de distancia entre caras paralelas o no paralelas. Para realizar el cálculo de transmitancias térmicas, se han clasificado los siguientes tipos de envolventes: (EM.110, 2014)

- **Techo**

Para efectos de la presente Norma, se denomina techo al elemento constructivo horizontal, inclinado o curvo que sirve de separación o límite final de la edificación con el medio ambiente exterior. Los techos conforman la envolvente, junto a los muros y a los pisos. La cubierta es la última capa superior del techo que lo separa del medio ambiente exterior. (EM.110, 2014)

- **Piso**

Para los efectos de la presente Norma, se denomina piso o losa al elemento constructivo usualmente horizontal o ligeramente inclinado que sirve para delimitar o separar un espacio de otro espacio (debajo o encima) así como del terreno natural. Los pisos o losas que separan el interior de una edificación con el medio ambiente exterior o terreno natural conforman la envolvente, junto a los muros y a los techos. (EM.110, 2014)

- **Muro**

Para los efectos de la presente Norma, se denomina muro al elemento constructivo usualmente vertical o ligeramente inclinado que sirve para delimitar o separar un espacio. Los muros que separan el interior de una edificación con el medio ambiente exterior conforman la envolvente, junto a los techos y a los pisos. (EM.110, 2014).

CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN 1

La casa ecológica andina PUCP del distrito de Languí – Cusco no cumple en forma global o general con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica según la Norma EM.110 para la zona bioclimática alto andina en el Perú

CONCLUSIÓN 2

La casa ecológica andina PUCP cuenta con veinte envoltentes, de la cuales solo once envoltentes cumplen con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica según la Norma EM. 110 para la zona bioclimática alto andina en el Perú.

Tabla 145.

Envoltentes que cumplen con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica según la Norma EM. 110.

AMBIENTE	TIPO DE ENVOLVENTE		U (W/m2k)	ENVOLVENTE	Umax(W/m2k)	CUMPLIMIENTO
Dormitorio 1	TIPO 1	A	1.49	MURO	1	NO CUMPLE
	TIPO2	A	0.72	MURO	1	CUMPLE
	TIPO 2	B	2.38	PISO	3.26	CUMPLE
	TIPO 3	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA
	TIPO 4	B	1.5	PISO	3.26	CUMPLE
Dormitorio 2	TIPO 1	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA
	TIPO 2	A	0.77	MURO	1	CUMPLE
	TIPO 2	B	2.38	PISO	3.26	CUMPLE
	TIPO 3	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA
	TIPO 4	B	1.5	PISO	3.26	CUMPLE
Dormitorio 3	TIPO 1	A	1.47	MURO	1	NO CUMPLE
	TIPO2	A	0.75	MURO	1	CUMPLE
	TIPO 3	A	1.06	TECHO	0.83	NO CUMPLE
	TIPO 4	B	1.5	PISO	3.26	CUMPLE
Ambiente Multiple	TIPO 1	A	2.45	MURO	1	NO CUMPLE
	TIPO 2	A	0.72	MURO	1	CUMPLE
	TIPO 2	B	2.38	PISO	3.26	CUMPLE
	TIPO 3	A	1.08	TECHO	0.83	NO CUMPLE
	TIPO 4	A	3.65	PISO	3.26	NO CUMPLE
Hall	TIPO 1	A	2.82	MURO	1	NO CUMPLE
	TIPO2	A	0.75	MURO	1	CUMPLE
	TIPO 3	A	1.06	TECHO	0.83	NO CUMPLE
	TIPO 4	A	3.65	PISO	3.26	NO CUMPLE

CONCLUSIÓN 3

- Las veinte envolventes de la casa ecológica PUPC cumplen con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales de la Norma EM. 110 para la zona bioclimática alto andina en el Perú con una humedad relativa media del 50% según la tabla N° 18 de la Norma. Es decir la temperatura superficial interior de la envolvente es mayor a la temperatura de rocío. ($T_{si} > T_r$)

Tabla 146.

Envolventes que cumplen con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales de la Norma EM. 110. (50% de humedad relativa media)

AMBIENTE	ENVOLVENTE	U (W/m2k)	Ti (°C)	Te (°C)	ENVOLVENTE	Rsi (m2K/ W)	Tr (°C)	Tsi (°C)	CUMPLIMIENTO	
Dormitorio 1	TIPO 1	A	1.49	18	6	MURO	0.11	7.2	16.03	CUMPLE
	TIPO2	A	0.72	18	6	MURO	0.11	7.2	17.05	CUMPLE
	TIPO 2	B	2.38	18	6	PISO	0.09	7.2	15.43	CUMPLE
	TIPO 3	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA
	TIPO 4	B	1.5	18	6	PISO	0.09	7.2	16.38	CUMPLE
Dormitorio 2	TIPO 1	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA
	TIPO 2	A	0.77	18	6	MURO	0.11	7.2	16.98	CUMPLE
	TIPO 2	B	2.38	18	6	PISO	0.09	7.2	15.43	CUMPLE
	TIPO 3	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA
	TIPO 4	B	1.5	18	6	PISO	0.09	7.2	16.38	CUMPLE
Dormitorio 3	TIPO 1	A	1.47	18	6	MURO	0.11	7.2	16.06	CUMPLE
	TIPO2	A	0.75	18	6	MURO	0.11	7.2	17.01	CUMPLE
	TIPO 3	A	1.06	18	6	TECHO	0.09	7.2	16.86	CUMPLE
	TIPO 4	B	1.5	18	6	PISO	0.09	7.2	16.38	CUMPLE
Ambiente Multiple	TIPO 1	A	2.45	18	6	MURO	0.11	7.2	14.77	CUMPLE
	TIPO 2	A	0.72	18	6	MURO	0.11	7.2	17.05	CUMPLE
	TIPO 2	B	2.38	18	6	PISO	0.09	7.2	15.43	CUMPLE
	TIPO 3	A	1.08	18	6	TECHO	0.09	7.2	16.83	CUMPLE
	TIPO 4	A	3.65	18	6	PISO	0.09	7.2	14.06	CUMPLE
Hall	TIPO 1	A	2.82	18	6	MURO	0.11	7.2	14.28	CUMPLE
	TIPO2	A	0.75	18	6	MURO	0.11	7.2	17.01	CUMPLE
	TIPO 3	A	1.06	18	6	TECHO	0.09	7.2	16.86	CUMPLE
	TIPO 4	A	3.65	18	6	PISO	0.09	7.2	14.06	CUMPLE

Sin embargo el distrito de Langui, donde está ubicada la casa ecológica andina PUPC se encuentra al pie de una laguna de la misma denominación por lo que la humedad relativa no es del 50% como figura en el cuadro de la Norma, sino del 70%, aún así, con la humedad relativa de 70% igualmente las veinte envolventes cumplen con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales de la Norma EM. 110. Es decir la temperatura superficial interior de la envolvente es mayor a la temperatura de rocío. ($T_{si} > T_r$)

Tabla 147.

Envolvertes que cumplen con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales de la Norma EM. 110. (70% de humedad relativa media)

AMBIENTE	ENVOLVENTE	U (W/m2k)	Ti (°C)	Te (°C)	ENVOLVENTE	Rsi (m2K/ W)	Tr (°C)	Tsi (°C)	CUMPLIMIENTO	
Dormitorio 1	TIPO 1	A	1.49	18	6	MURO	0.11	12	16.03	CUMPLE
	TIPO2	A	0.72	18	6	MURO	0.11	12	17.05	CUMPLE
	TIPO 2	B	2.38	18	6	PISO	0.09	12	15.43	CUMPLE
	TIPO 3	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA
	TIPO 4	B	1.5	18	6	PISO	0.09	12	16.38	CUMPLE
Dormitorio 2	TIPO 1	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA
	TIPO 2	A	0.77	18	6	MURO	0.11	12	16.98	CUMPLE
	TIPO 2	B	2.38	18	6	PISO	0.09	12	15.43	CUMPLE
	TIPO 3	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA	NO CUENTA
	TIPO 4	B	1.5	18	6	PISO	0.09	12	16.38	CUMPLE
Dormitorio 3	TIPO 1	A	1.47	18	6	MURO	0.11	12	16.06	CUMPLE
	TIPO2	A	0.75	18	6	MURO	0.11	12	17.01	CUMPLE
	TIPO 3	A	1.06	18	6	TECHO	0.09	12	16.86	CUMPLE
	TIPO 4	B	1.5	18	6	PISO	0.09	12	16.38	CUMPLE
Ambiente Multiple	TIPO 1	A	2.45	18	6	MURO	0.11	12	14.77	CUMPLE
	TIPO 2	A	0.72	18	6	MURO	0.11	12	17.05	CUMPLE
	TIPO 2	B	2.38	18	6	PISO	0.09	12	15.43	CUMPLE
	TIPO 3	A	1.08	18	6	TECHO	0.09	12	16.83	CUMPLE
	TIPO 4	A	3.65	18	6	PISO	0.09	12	14.06	CUMPLE
Hall	TIPO 1	A	2.82	18	6	MURO	0.11	12	14.28	CUMPLE
	TIPO2	A	0.75	18	6	MURO	0.11	12	17.01	CUMPLE
	TIPO 3	A	1.06	18	6	TECHO	0.09	12	16.86	CUMPLE
	TIPO 4	A	3.65	18	6	PISO	0.09	12	14.06	CUMPLE

- **CONCLUSIÓN 4**

Ninguna de las carpinterías de ventanas de la Casa Ecológica Andina PUCP cuentan con cámara de aire que es requisito para ser clasificado en la clase 2 según la Tabla N° 03: “Clases de carpintería de ventanas por zona bioclimática”, por lo que no cumple con la clase de permeabilidad al aire según la clase que establece la Norma EM. 110 para la zona bioclimática alto andina.

RECOMENDACIONES

Estas son nuestras recomendaciones para una mejor construcción de la Casa Ecológica PUCP y como consecuencia lograr un mejor y mayor confort térmico.

1. El muro trombe de la vivienda ha de estar orientado al norte

Esto es básicamente por el muro trombe, ya que a este lado (norte) es la mejor posición donde ha de ubicarse el muro trombe para recibir los rayos del sol la mayor cantidad de tiempo, proporcionando así mayor calor a la vivienda prácticamente durante todo el día.



Figura 124. Vista nor este de la casa ecológica andina PUCP
Fuente: elaboración propia

2. El color de la vivienda y ambientes.

Un color se considera cálido o frío según la sensación de temperatura que transmita.

La calidez o frialdad de un color atiende a sensaciones térmicas subjetivas. Esto quiere decir que un color es frío o cálido en función de cómo es percibido por el ojo humano y la interpretación de la sensación que nos provoca por parte de nuestro cerebro.

Colores cálidos

Como norma general, los colores cálidos son todos aquellos que van del rojo al amarillo, pasando por naranjas, marrones y dorados. Para simplificar, suele decirse que cuanto más rojo tenga un color en su composición, más cálido será.

Son los colores del fuego, de la pasión, del atardecer, de las hojas en otoño... Este tipo de tonos, además de la sensación térmica, transmiten cercanía, intimidad, energía, calidez, etc.

Colores fríos

Por otro lado, los colores fríos son todos los colores que van desde el azul al verde pasando por los morados.

Cuanto más azul tenga un color, más frío será. Los colores fríos son los tonos del invierno, de la noche, de los mares y lagos, etc.

En diseño, los colores fríos suelen usarse para dar sensación de tranquilidad, calma, seriedad y profesionalidad.



Figura 125. Colores Fríos y Cálidos
(Pinterest, s.f.)

3. Emplear claraboyas.

Las claraboyas son ventanas en el techo donde se aperturan en el día dejando ingresar los rayos de sol y produciendo calor a la vivienda la cual serán cerradas en la noche para impedir el ingreso de frío al ambiente interior.

4. Las dimensiones de los ambientes sean mínimas.

Los volúmenes de aire también deben de ser menores, para que de esta manera se emplee menor energía para calentarlos. Se precisa que estas viviendas con las tecnologías especificadas deban de ser las mínimas normadas para poder obtener un mejor resultado de confort térmico.

5. La altura de las viviendas sean mínimas.

La altura de una vivienda ha de ser también mínima para que este pueda ser calentada por el ciclo convectivo de calor donde la mayor temperatura se va hacia arriba y la menor



temperatura se encuentra en la parte inferior por tal motivo sera mas facil calentar un volumen de aire pequeño que uno grande.

6. Tenga un cerco perimétrico.

De esta manera el cerco impedirá que los vientos disminuyan la temperatura superficial externa de las envolventes de la vivienda y se puedan asi mantener temperaturas adecuadas en el interior de la casa

7. Biombo cerrado a la entrada de la casa.

El biombo o muro de aislamiento termico de ingreso y salida de la vivienda, protege y mantiene el calor al momento de abrir y cerrar la puerta de entrada, para que a la vivienda no ingrese mucha cantidad de aire frio y que además aporte a la hermeticidad de la vivienda.

8. Que las puertas sean hermeticas y las ventanas tener doble vidrio con camara de aire o de clase 2 según la Norma EM. 110

Esta carpinteria tiene un grado de hermeticidad alto, la cual no permite la perdida de calor hacia el exterior.

Las ventanas de doble vidrio, reducen la evacuación de calor. Cabe resaltar, que los parámetros de control variarán en función de los vidrios que se utilicen, según sean; incoloros, de color o reflectantes según el Anexo N° 3: “Lista de características higrométricas de los materiales de construcción” de la Norma EM. 110

9. Que los muros y techos tengan una camara de aire para un mejor aislamiento termico.

El aire seco es un gran aislante termico la cual se desarrollan entre muro y muro, entre la cobertura y el cielo raso, entre el piso con un colchon de piedra y enchapado de madera. Esto proporciona un gran incremento de temperatura por lo tanto mejora el confort térmico.

10. Que el campo de aplicación de la norma EM.110 sea obligatorio.

Según la Norma EM. 110, ésta se aplica optativamente en el territorio nacional a toda edificación nueva así como en la ampliación, remodelación, refacción y/o acondicionamiento de edificaciones existentes.

11. Que se incluya la modalidad “A” dentro del campo de aplicación.

La norma EM.110 solo abarca las Modalidades B, C y D, de la Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y de Edificaciones (Ley 29090) y sus modificatorias.



12. Que se incluya en la curricula de la Escuela Profesional de Ingenieria Civil de la Universidad Andina del Cusco, el curso de construcciones con eficiencia energética y laboratorios de investigacion de componentes energeticos eficientes.

PUCP

- Analisis bioclimatico en edificaciones eficientes.
- Construcciones eficientes.
- Laboratorio de envolventes y componentes de carpinteria eficientes en edificaciones.

UNI

- Analisis termico y luminico en edificaciones eficientes.
- Laboratorio de mecanica (eficiencia energetica en edificaciones)

13. Que las entidades publicas y privadas incluyan dentro de los Términos de Referencia (TDR)

Para las obras de edificaciones, al menos en la zona bioclimática alto andina y en construcciones con eficiencia energetica aplicando nuestra Norma EM.110.

14. Se recomienda utilizar tecnologías de calefacción donde se priorice la convección del aire

Que es una forma importante de transferencia de calor que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas, llevando la temperatura caliente a zona superior y la temperatura fría a la zona inferior como por ejemplo el muro trombe y el piso radiante con los que cuenta la casa ecológica y que gracias a estos la casa alcanza finalmente el confort térmico



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrea, A. (29 de Agosto de 2012). *CasasRestauradas.com*. Obtenido de <http://www.casasrestauradas.com/la-mejor-orientacion-solar-para-tu-vivienda/>
- ARQ. DAVID GUILLERMO MARTIN RAYTER ARNAO, A. (2008). *Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos*. Lima: Ministerio de Educación.
- ARQ. RAYTER ARNAO, D. G. (2008). *Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos*. Lima: Ministerio de Educacion.
- Carlos Hadzich Marín, E. A. (2009). *Koñiwasi Casa Caliente*. Lima.
- Carrasco Díaz, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Confort Termico, N. I. (s.f.). *Zona Variable de Confort Térmico. Conceptos Generales sobre Ambiente y Confort Térmico*.
- Diario El Comercio Peru, E. (2015). *ElComercio.pe*. Obtenido de <http://elcomercio.pe/vamos/peru/destino-maravilloso-ica-cumple-452-anos-fundacion-noticia-1819067>
- EGG, A. B. (2000). *ECOLOGOA DEL PERU*. LIMA : BRUÑO.
- EM.110, N. (2014). *NORMA EM-110 CONFORT TERMICO Y LUMINICO CON EFICIENCIA ENERGETICA*. LIMA: EL PERUANO.
- Hadzich, M. (s.f.). *Tecnologías para Casas y Hoteles Ecológicos. Curso de Capacitación Técnica Grupo PUCP*.
- Harman, L. (2010). *“Confort Térmico en Viviendas Altoandinas... un enfoque integral”*. Lima: Care PERU.
- Inmobiliaria, A. (8 de Julio de 2015). *Aliseda Inmobiliaria*. Obtenido de <https://www.alisedainmobiliaria.com/blog/la-mejor-orientacion-para-tu-vivienda/>
- Pinterest. (s.f.). <https://es.pinterest.com>. Obtenido de <https://es.pinterest.com>: <https://es.pinterest.com/explore/colores-calidos-y-frios/>



Playa Lagunilla, P. (s.f.). *DePeru.com*. Obtenido de

<http://www.deperu.com/esparcimiento/playas/playa-lagunilla-3528>

RAE. (2014). *Real Academia Española*.

Real Academia Española, R. (2014). *RAE*.

SANCHEZ, A. R. (2010). *CONSTRUCCION BIOCLIMATICA Y CON EFICIENCIA ENERGETICA*. LIMA: MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO.

VIDAL, D. J. (1941). *TESIS (LAS OCHO REGIONES NATURALES DEL PERU)*. LIMA: Tercera Asamblea General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia.