

Tutorial para la verificación de la *Limitación de la Demanda Energética* de un Vivienda Unifamiliar entre Medianeras, mediante la **OPCIÓN SIMPLIFICADA** del DB-HE1.

**EDICIÓN:**

**COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA. [C.O.A.C.V.]**

**DISEÑO Y MAQUETACIÓN:**

**Comisión de Asuntos Tecnológicos de la Comunidad Valenciana [CAT-CV]**

**FOTOGOMPOSICIÓN:**

**Comisión de Asuntos Tecnológicos de la Comunidad Valenciana [CAT-CV]**

# Índice.

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 OBJETO**

## **2 MÉTODO PRESCRIPTIVO O SIMPLIFICADO**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO**

#### **2.1.1 DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA DEL EDIFICIO**

#### **2.1.2 CONSTITUCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA**

#### **2.1.3 CONSTITUCIÓN DE LOS HUECOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA**

### **2.2 PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO**

#### **DATOS PREVIOS**

##### **2.2.1 DETERMINACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA**

##### **2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS DEL EDIFICIO**

##### **2.2.3 DEFINICIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA**

#### **APLICACIÓN DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA**

##### **2.2.4 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS Y LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LOS CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES**

###### **2.2.4.1.CUBIERTAS: pág 44**

**C1** : En contacto con el aire

**C2**: En contacto con espacio no habitable

**Pc**: Puente térmico ( Contorno de lucernario > 0.5m<sup>2</sup>)

**L** : Lucernarios ( UL ) (FL)

###### **2.2.4.2.FACHADAS: pág 57**

**M1**: Muro en contacto con el aire

**M2**: Muro en contacto con espacios no habitables

**PF1**: Puente térmico ( contorno de huecos >0.5m<sup>2</sup>)

**PF2**: Puente térmico (pilares en fachada >0.5 m<sup>2</sup>)

**PF3**: Puente térmico (cajas de persiana >0.5m<sup>2</sup>)

**H** : Huecos ( UH ) (FH)

### **2.2.4.3. SUELOS :pág 76**

**S1: Apoyados sobre el terreno**  
**S2: En contacto con espacios no habitables**  
**S3: En contacto con el aire exterior**

### **2.2.4.4. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO: pág 95**

**T1: Muros en contacto con el terreno**  
**T2: Cubiertas enterradas**  
**T3: Suelos a una profundidad >0.5m**

### **2.2.4.5. MEDIANERAS:pág 104**

**MD: Medianeras**  
**PI: Particiones interiores**

## **2.2.5 CONTROL DE LAS CONDENSACIONES INTERSTICIALES Y SUPERFICIALES :pág107**

## **2.2.6 COMPROBACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AL AIRE DE HUECOS Y LUCERNARIOS:pág 122**

Nota: Antes de empezar con la introducción de este tutorial, debemos saber que en todos los apartados siempre habrá una parte teórica previa a la aplicación práctica de nuestro edificio. Todos los cerramientos tienen un desarrollo teórico aunque no todos participen de la envolvente del edificio ejemplo. Abarcando de esta manera en la parte teórica todos los casos posibles.

Nota : Este tutorial se complementa con unas hojas excell que recogen los ejemplos constructivos contemplados en tutorial, resumiendo al final las tres fichas justificativas del cumplimiento del DB-HE1



# 1. Introducción.



## 1.1.Objeto del Tutorial.

**La EXIGENCIA BÁSICA DE LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGETICA, registrada en el DOCUMENTO BÁSICO DB HE-1, determina que:**

- 1. los edificios deben de disponer de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función de:**
  - *Del clima de la localidad,*
  - *Del uso del edificio,*
  - *Del Régimen de Verano y de Invierno,*
  - *De las Características de Aislamiento e Inercia,*
  - *De la Permeabilidad al Aire*
  - *De la Exposición a la Radiación Solar*
- 2. Además se debe reducir el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales y humedades de condensación intersticiales que puedan perjudicar las características de los mismos.**
- 3. Y para finalizar se deben tratar adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.**

**Para la correcta aplicación del DOCUMENTO BASICO DB HE-1, deben realizarse las verificaciones mediante la OPCIÓN SIMPLIFICADA o mediante la OPCIÓN GENERAL.**

**La OPCIÓN SIMPLIFICADA, tiene por objetivo limitar la demanda energética de los edificios, mediante:**

- 1. el establecimiento de valores límite de los parámetros de transmitancia térmica (U)**
- 2. y del factor solar modificado (F) de los componentes de la envolvente térmica,**
- 3. así como limitar la transmisión de calor entre las unidades de uso calefactadas y las zonas comunes no calefactadas.**

**En la memoria del proyecto se justificará el cumplimiento de las condiciones que se establecen en esta Sección mediante las fichas justificativas del cálculo de los parámetros característicos medios y los formularios de conformidad que figuran en el Apéndice H del DB-HE1 para la zona habitable de baja carga interna y la de alta carga interna del edificio.**

**El Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana, a través de la Comisión de Asuntos Tecnológicos de la C. V., ha creído oportuno la elaboración de este TUTORIAL, para poder facilitar la comprensión del MÉTODO SIMPLIFICADO, a las personas que están vinculadas con el mundo del diseño arquitectónico.**

Todos sabemos que este método si se hace sin una metodología clara y precisa, es tedioso, aburrido y denso de digerir.

En este tutorial se intentará ayudaros a comprender cómo se deben completar las fichas justificativas del DB-HE1 entendiendo cómo funciona energéticamente nuestro edificio.

Todos tenemos en mente multitud de hojas excel y programas informáticos que nos completan correctamente esta opción, pero vemos necesario explicar el transfondo de cálculo de este método para saber entender los resultados que obtengamos en las fichas justificativas.

A continuación se adjuntan las tres fichas justificativas que nos exige el DB-HE1, a saber:

Ficha 1: Cálculo de parámetros característicos medios

Ficha 2: Conformidad –Demanda energética

Ficha 3: Conformidad- Condensaciones

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

## FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA  Zona de baja carga Interna  Zona de alta carga Interna

MUROS ( $U_{int}$ ) y ( $U_{ext}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	A·U (W/K)	Resultados
N					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{int} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
E					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{int} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
O					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{int} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
S					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{int} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
SE					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{int} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
SO					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{int} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
C-TER					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{int} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>

SUELOS ( $U_{int}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	A·U (W/K)	Resultados
					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{int} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS ( $U_{cn}$ , $F_{ln}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	A·U (W/K)	Resultados
					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{cn} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>

Tipos		A (m <sup>2</sup> )	F	A·F (m <sup>2</sup> )	Resultados	Tipos
					$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
					$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
					$F_{ln} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

ZONA CLIMÁTICA  Zona de baja carga interna  Zona de alta carga interna

HUECOS ( $U_{lim}$ , $F_{lim}$ )								
Tipos		A ( $m^2$ )	U ( $W/m^2 \cdot K$ )	A · U ( $W/K$ )	Resultados			
N					$\Sigma A =$ <input type="text"/>			
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>			
					$U_{lim} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>			
Tipos		A ( $m^2$ )	U	F	A · U	A · F ( $m^2$ )	Resultados	Tipos
W							$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
							$U_{lim} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$F_{lim} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
O							$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
							$U_{lim} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$F_{lim} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
W/O							$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
							$U_{lim} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$F_{lim} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
O/O							$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>	
							$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
							$U_{lim} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>	
							$F_{lim} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

## FICHA 2 CONFORMIDAD- Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA  Zona de baja carga Interna  Zona de alta carga Interna

Cerramientos y particiones Interiores de la envolvente térmica	$U_{max(projecto)}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada	<input type="text"/>	} ≤ <input type="text"/>
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	<input type="text"/>	
Particiones Interiores en contacto con espacios no habitables	<input type="text"/>	
Suelos	<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>
Cubiertas	<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios	<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>
Medianerías	<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>
Particiones Interiores (edifícios de viviendas) <sup>(3)</sup>	<input type="text"/>	≤ 1,2 W/m <sup>2</sup> K

MUROS DE FACHADA	
$U_{min}^{(4)}$	$U_{max}^{(5)}$
N	} ≤ <input type="text"/>
E	
O	
S	
SE	
SO	

HUECOS			
$U_{min}^{(4)}$	$U_{max}^{(5)}$	$F_{lim}^{(6)}$	$F_{lim}^{(7)}$
<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>	} ≤ <input type="text"/>	} ≤ <input type="text"/>
<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>		
<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>	} ≤ <input type="text"/>	} ≤ <input type="text"/>
<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>		
<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>	} ≤ <input type="text"/>	} ≤ <input type="text"/>
<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>		

CERR. CONTACTO TERRENO	
$U_{min}^{(4)}$	$U_{max}^{(5)}$
<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>

SUELOS	
$U_{min}^{(4)}$	$U_{max}^{(5)}$
<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS	
$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Cm}^{(5)}$
<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>

LUCERNARIOS	
$F_{Lim}$	$F_{Lim}$
<input type="text"/>	≤ <input type="text"/>

- <sup>(1)</sup>  $U_{max(projecto)}$  corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en proyecto.  
<sup>(2)</sup>  $U_{max}$  corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2.1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.  
<sup>(3)</sup> En edificios de viviendas,  $U_{max(projecto)}$  de particiones interiores que limitan unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto con las zonas comunes no calefaccionadas.  
<sup>(4)</sup> Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.  
<sup>(5)</sup> Valores límite de los parámetros característicos medios definidos en la tabla 2.2.

## FICHA 3 CONFORMIDAD-Condensaciones

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS									
Tipos	C. superficiales		C. Intersticiales						
	$f_{Rsi} \geq f_{lim}$	$P_n \leq P_{max}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
	$f_{Rsi}$	$P_{max}$							
	$f_{Rsi}$	$P_n$							
	$f_{Rsi}$	$P_{max}$							
	$f_{Rsi}$	$P_n$							
	$f_{Rsi}$	$P_{max}$							
	$f_{Rsi}$	$P_n$							
	$f_{Rsi}$	$P_{max}$							
	$f_{Rsi}$	$P_n$							
	$f_{Rsi}$	$P_{max}$							
	$f_{Rsi}$	$P_n$							
	$f_{Rsi}$	$P_{max}$							
	$f_{Rsi}$	$P_n$							

## 2. Método prescriptivo o simplificado.

## 2.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

### 2.1.1. Descripción geométrica del edificio.

**El edificio el cual se va a verificar la LIMITACIÓN de la DEMANDA ENERGÉTICA, es una vivienda plurifamiliar entre medianeras, formada por Sótano, Baja + 2  
La vivienda tiene un programa funcional distribuido en :**

**PLANTA SÓTANO**            Local sin uso específico

**PLANTA BAJA:**            Garaje  
Zaguán  
Cuarto Residuos Sólidos.  
Armarios Contadores  
Armario RITI  
Aseo

**PLANTA PRIMERA:**    Estar - Comedor  
Cocina  
Galería  
Entrada  
Pasillo  
Dormitorio principal  
Dormitorio nº 1  
Dormitorio nº 2  
Baño  
Aseo  
Balcón  
Escalera Común  
Patio

**PLANTA SEGUNDA:**    Estar - Comedor  
Cocina  
Galería  
Entrada  
Pasillo  
Dormitorio principal  
Dormitorio nº 1  
Dormitorio nº 2  
Baño  
Aseo  
Balcón  
Escalera Común

**P. BAJO CUBIERTA:** Pasillo  
Local Alm. Enseres - 1  
Local Alm. Enseres - 2  
Cuarto Acumulador A.C.S  
Terraza Cubierta  
Escalera Común  
Cuarto Limpieza E.C

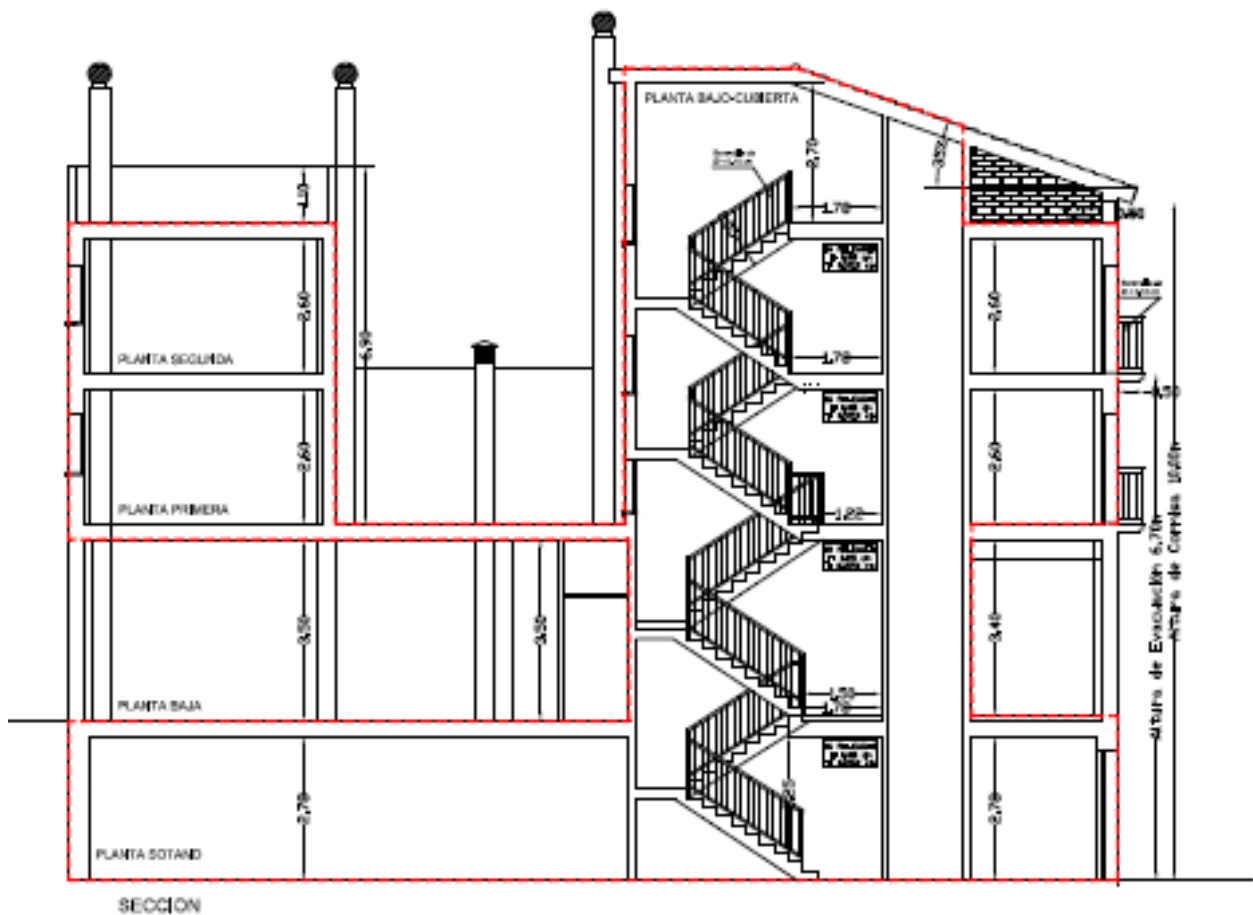
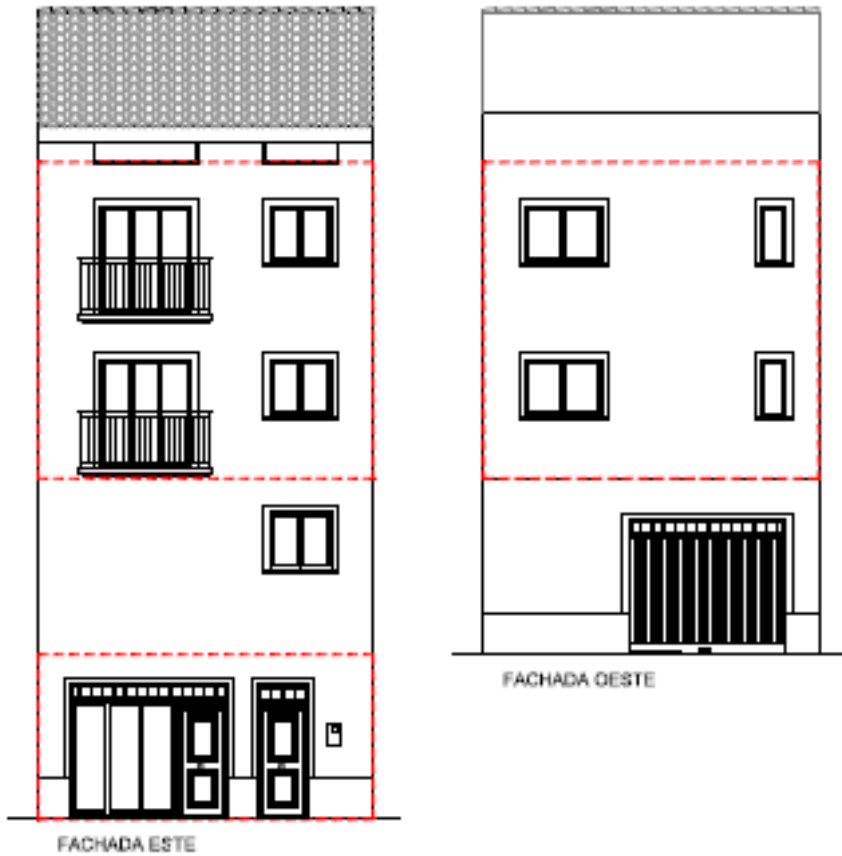
A continuación se adjuntan los planos del edificio ejemplo marcado la línea de la envolvente en trazos rojos.

Formarán parte de la envolvente:

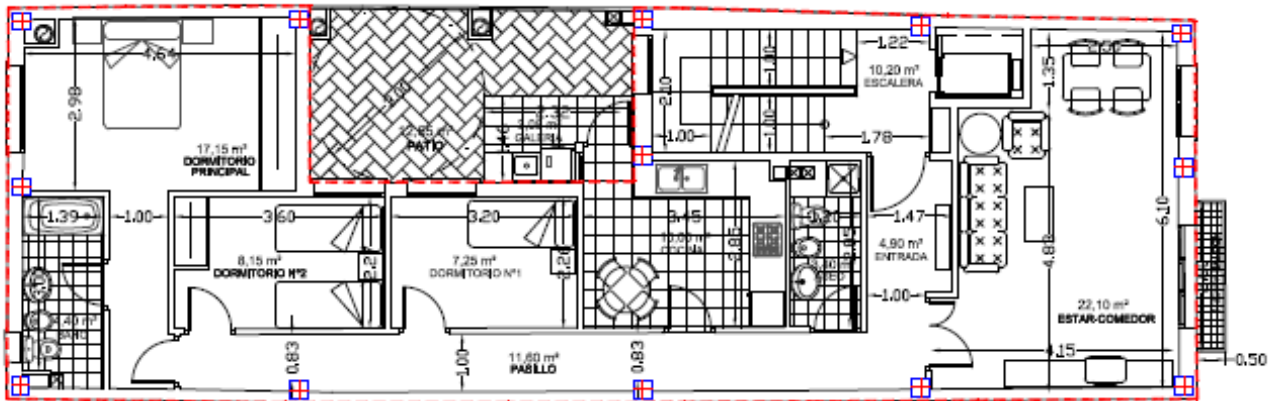
- Planta sótano: local comercial
- Planta baja: núcleo común de comunicación vertical excluyéndose el garaje por ser espacio no habitable
- Planta primera: vivienda
- Planta segunda: vivienda
- Planta bajo cubierta: núcleo de comunicaciones.

En las páginas siguientes a los planos de la envolvente, se adjuntan unos despleables del edificio para facilitar el cálculo de las superficies a estudiar así como una tabla resumen de éstas.

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

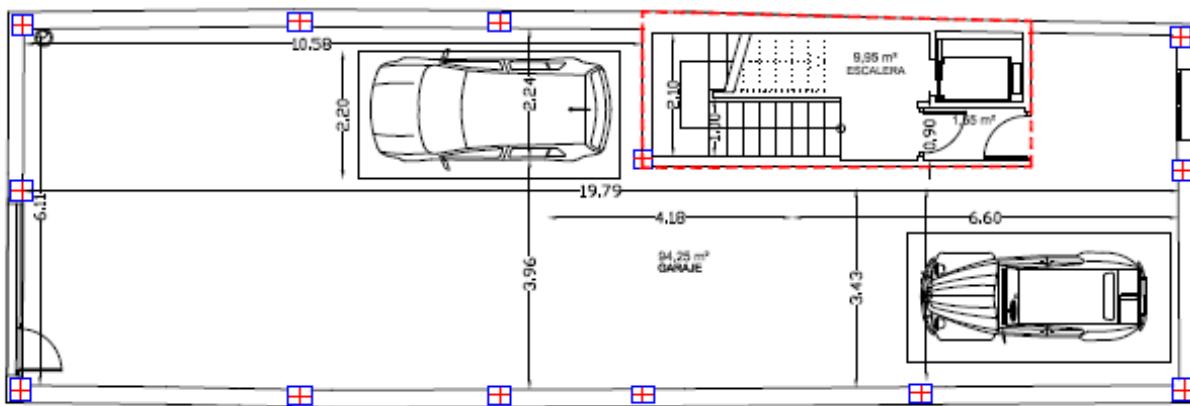


# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1



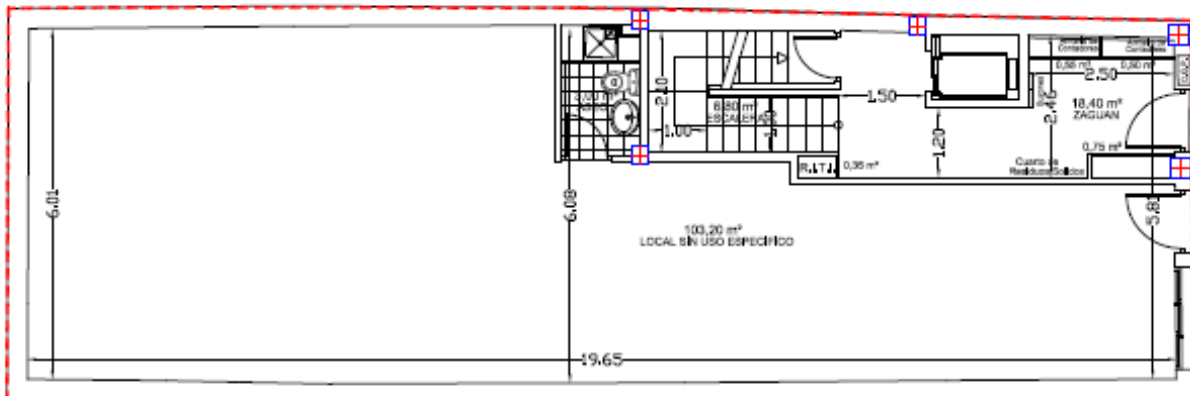
PLANTA SEGUNDA

SUP. CONSTRUIDA	SUP. UTIL. TOTAL
125,15 m <sup>2</sup>	103,35 m <sup>2</sup>



PLANTA PRIMERA

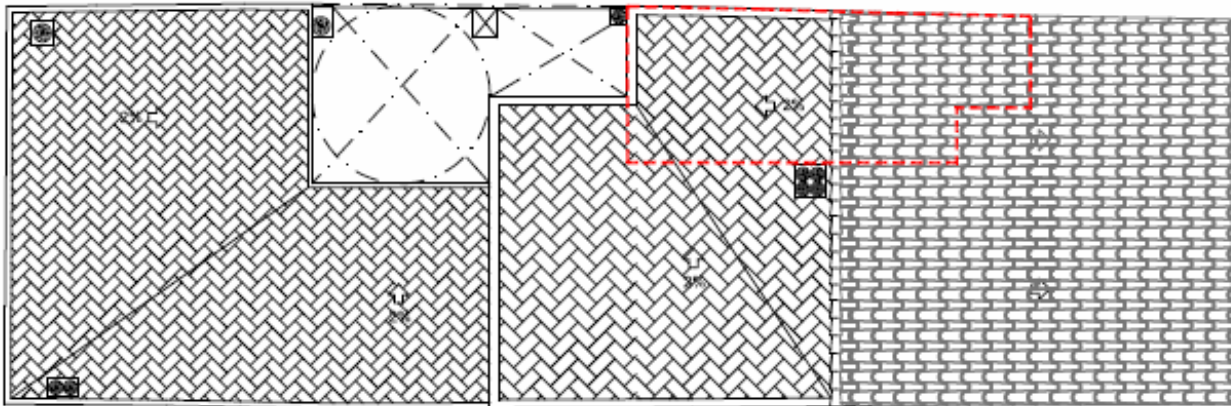
SUP. CONSTRUIDA	SUP. UTIL. TOTAL
136,45 m <sup>2</sup>	117,80 m <sup>2</sup>



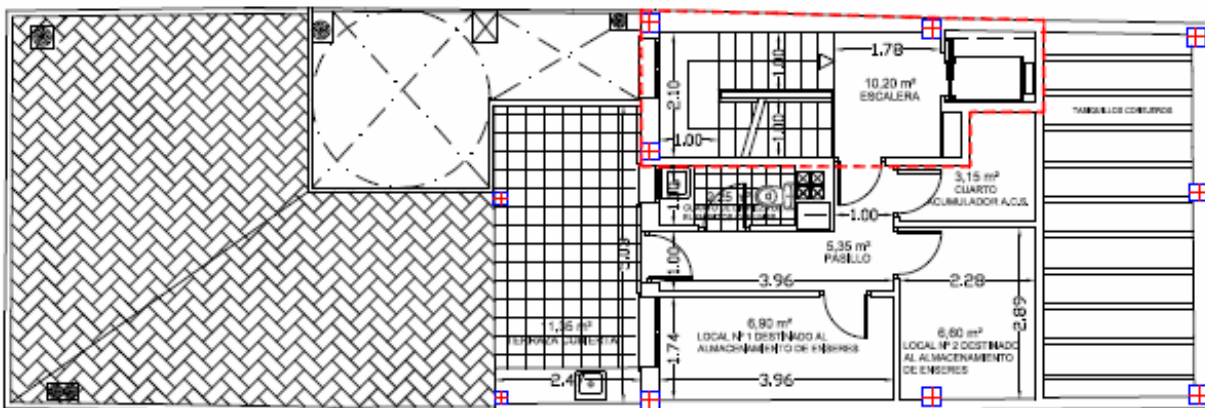
PLANTA BAJA

SUP. CONSTRUIDA	SUP. UTIL. TOTAL
136,45 m <sup>2</sup>	114,70 m <sup>2</sup>

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

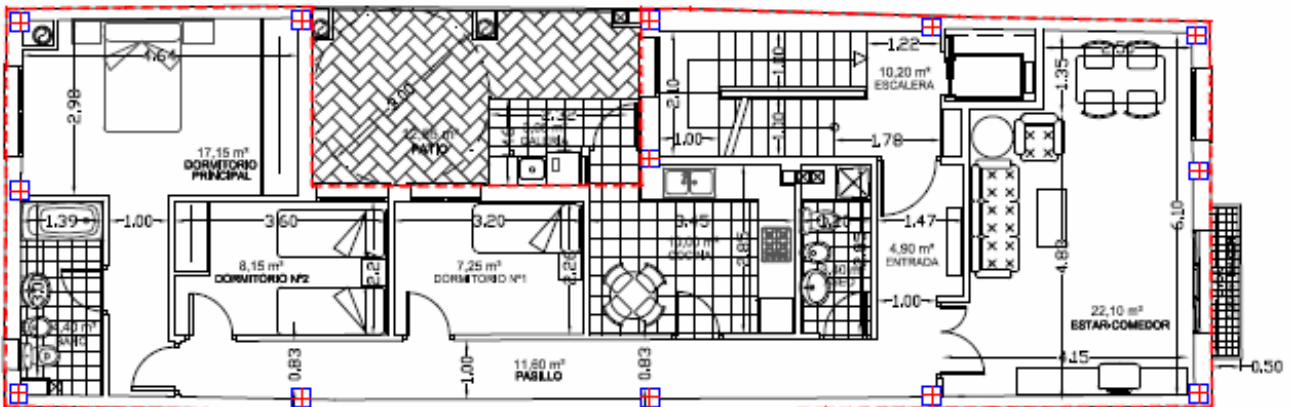


PLANTA CUBIERTA



PLANTA BAJO-CUBIERTA

SUP. CONSTRUIDA	SUP. UTIL. TOTAL
55,20 m <sup>2</sup>	45,80 m <sup>2</sup>



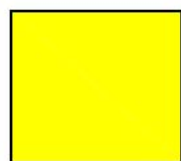
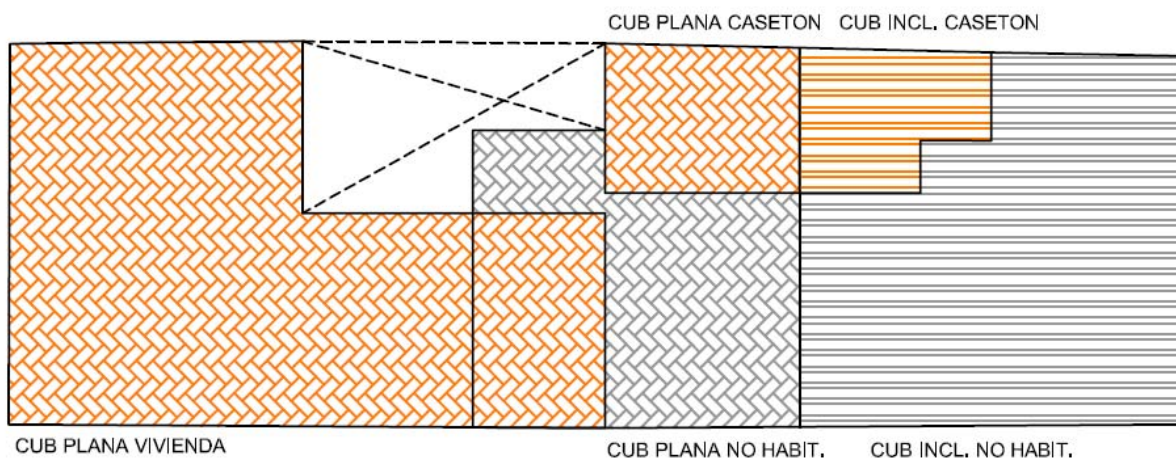
PLANTA TERCERA

SUP. CONSTRUIDA	SUP. UTIL. TOTAL
125,15 m <sup>2</sup>	103,35 m <sup>2</sup>

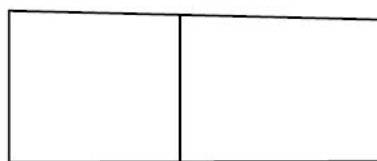
Los esquemas siguientes sirven de ejemplo como metodología para obtener los datos de superficies de la envolvente, como podéis comprobar se trata de un esquema geométrico a modo de “recortable”.

En naranja se representa la superficies de cubierta que se tiene en cuenta en la envolvente.

En amarillo se representan las particiones interiores del núcleo de comunicaciones en contacto con espacios no habitables



PART INT NO HAB



PART INT NO HAB



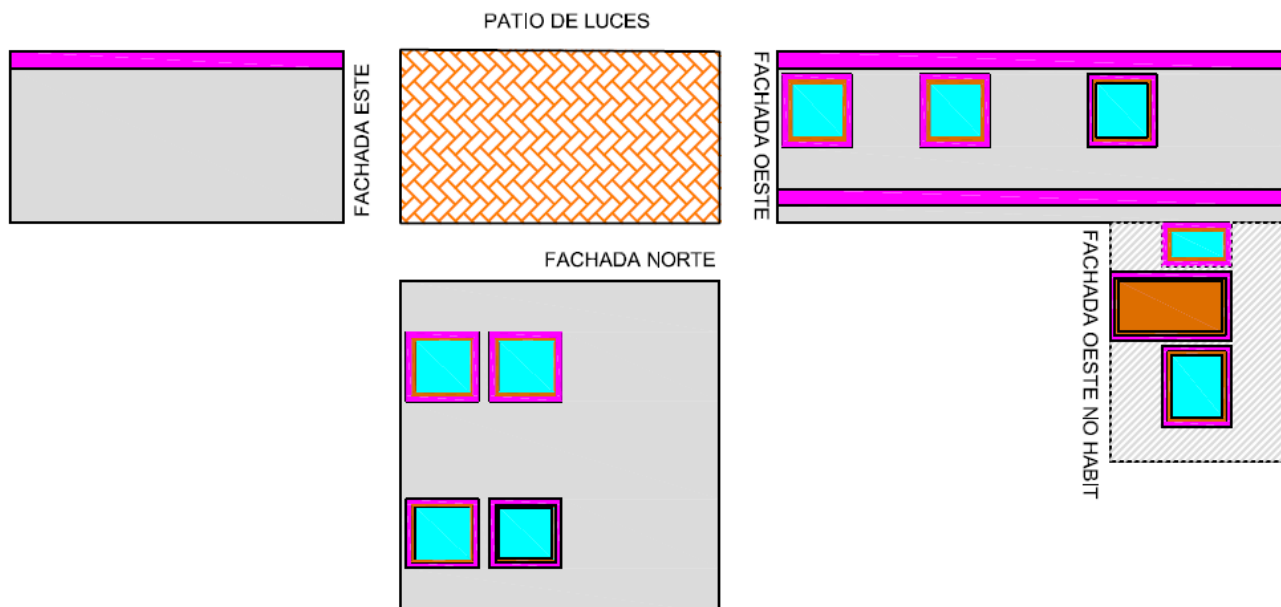
PART INT NO HAB

Aquí se representan las fachadas y superficie de cubierta del patio interior.

En gris se representa la superficie opaca de las fachadas de patio.

En color magenta los puentes térmicos de pilares en fachada y contorno de huecos.

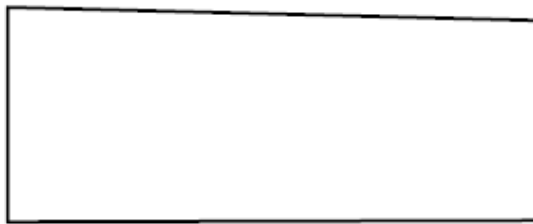
En azul las superficies acristaladas.



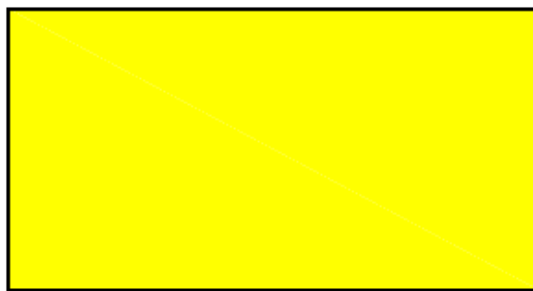
Este recortable corresponde al espacio del núcleo de comunicaciones a nivel de planta baja en contacto con espacio no habitable del garaje.



PART INT NO HAB



PART INT NO HAB



PART INT NO HAB

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Este recortable corresponde a las fachadas a viales.

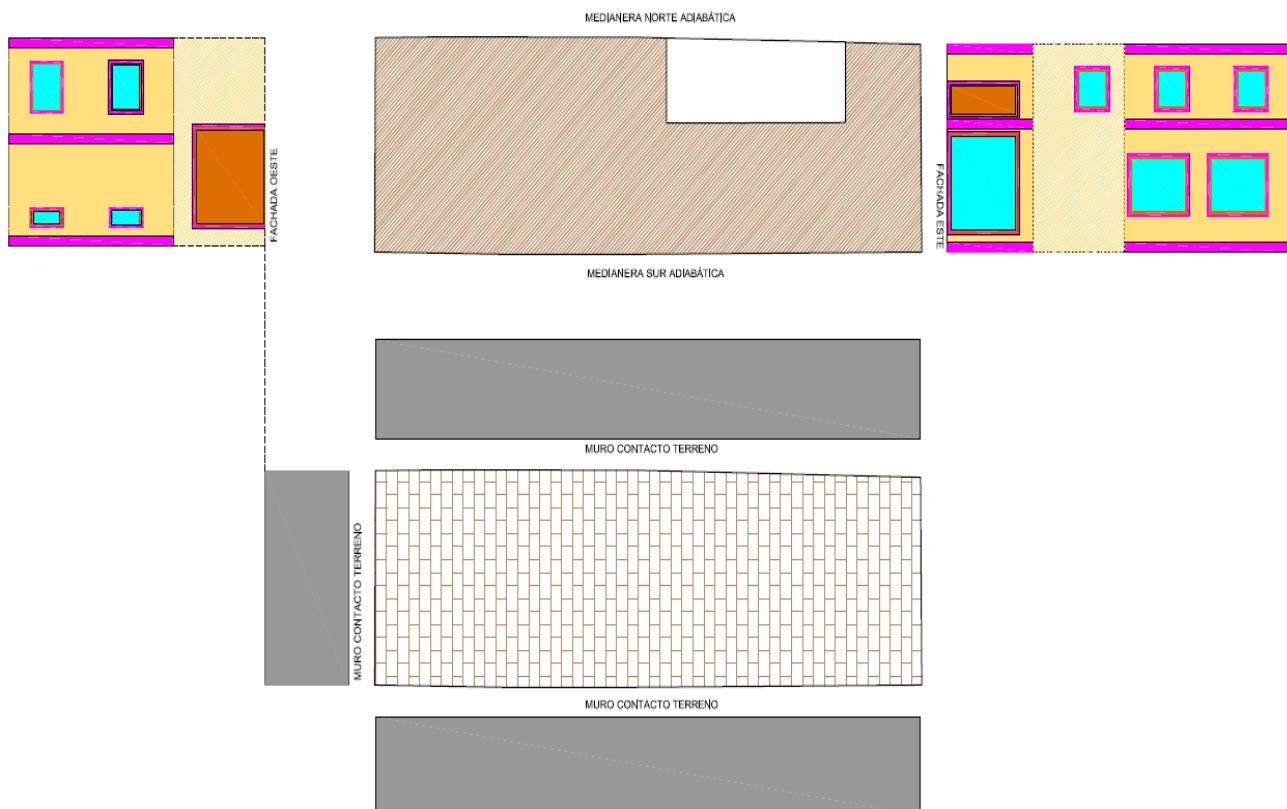
En gris se representa la superficie de muros en contacto con el terreno.

En color magenta los puentes térmicos de pilares en fachada y contorno de huecos.

En azul las superficies acristaladas.

Se diferencia el tramado de la parte de fachada en contacto con espacios habitables de los espacios no habitables (planta baja =garaje).

El tramado del pavimento representa la superficie de solera en contacto con el terreno.



Se adjunta las tablas de superficies de la envolvente a saber:

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

MUROS	ORIENTACION	ELEMENTO	Sup Total (m2)		Opaco (m2)	Huecos (m2)	% Huecos
	Norte	Fachada patio	29,47		26,20	3,27	11,10
	Este	Fachada calle	45,46		27,26	18,20	40,04
	Este	Fachada patio	15,57		15,57	0,00	0,00
	Oeste	Fachada calle	31,38		27,97	3,41	10,87
	Oeste	Fachada patio	18,94		16,48	2,46	12,99
	SurEste						
SurOeste							
MEDIANERIAS en contacto con el EXTERIOR	ORIENTACION	ELEMENTO	Sup Total (m2)				
	Norte						
	Este						
	Oeste						
	Sur						
	SurEste						
	SurOeste						
PARTICION INTERIOR VERTICAL en contacto con ESPACIOS NO HABITABLES (Identificar para cada orientación *Caso 1, 2 ó 3)	CASO	ELEMENTO	Sup Int-No Hab	Sup No Hab-Ext	Opaco (m2)	Huecos (m2)	% Huecos
	Caso 1						
	Caso 2						
	Caso 3	Partición garaje	41,50	44,20	35,22	8,98	20,32
	Caso 3	Partición casetón	32,58	44,20	35,22	8,98	20,32
	Caso 3 Part garaje						
	ORIENTACION	ELEMENTO	Sup Total (m2)		Opaco (m2)	Huecos (m2)	% Huecos
	Norte						
	Este	Fachada calle	21,34		20,28	1,06	4,97
	Oeste	Fachada calle	21,25		13,32	7,93	37,32
	Sur						
	SurEste						
	SurOeste						
	Caso 3 Part casetón						
	ORIENTACION	ELEMENTO	Sup Total (m2)		Opaco (m2)	Huecos (m2)	% Huecos
	Norte						
	Este						
Oeste	Fachada patio	10,24		7,32	2,92	28,52	
Sur							
SurEste							
SurOeste							
PUENTE TERMICO (Contorno de huecos > 0,5m2)	ORIENTACION	ELEMENTO	Sup Total (m2)		Ancho jamba sin aislante (m)	Altura alféizar (m)	Altura dintel sin aislante (m)
	Norte	Hueco patio	1,80		0,10	0,10	0,10
	Este	Hueco calle	4,94		0,10	0,10	0,10
	Oeste	Hueco calle	1,83		0,10	0,10	0,10
	Oeste	Hueco patio	1,35		0,10	0,10	0,10
	Sur						
	SurEste						
SurOeste							
PUENTE TERMICO (Cajas de persiana > 0,5m2)	ORIENTACION	ELEMENTO	Sup Total (m2)				Alto capitalzado persiana (m)
	Norte						
	Este						

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

	Oeste					
	Sur					
	SurEste					
	SurOeste					
PUENTE TERMICO (Pilares en fachada > 0,5m <sup>2</sup> )	<b>ORIENTACION</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>Sup Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ancho 1 cara pilar (m)</b>	<b>Largo 1 cara pilar (m)</b>	<b>Alto pilar (total fachada) (m)</b>
	Norte					
	Este	Fachada calle	8,36			
	Este	Fachada patio	1,74			
	Oeste	Fachada calle	5,49			
	Oeste	Fachada patio	5,28			
	Sur					
	SurEste					
en contacto con EL TERRENO		<b>ELEMENTO</b>	<b>Sup Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Profundidad Total</b>	<b>Profundidad Parcial</b>	
	Muro enterrado	Semisótano	146,25	3,10		
	Cubiertas enterradas					
SUELOS		<b>ELEMENTO</b>	<b>Sup Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ancho franja aislamiento (m)</b>	<b>Longitud perímetro solera (m)</b>	<b>Área de la solera (m<sup>2</sup>)</b>
APOYADOS sobre el TERRENO	Soleras profundidad ≤ 0,5m	Semisótano	135,96	Total solera	53,75	135,96
		<b>ELEMENTO</b>	<b>Sup Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Profundidad Total</b>	<b>Longitud perímetro solera (m)</b>	<b>Área de la solera (m<sup>2</sup>)</b>
	Soleras profundidad > 0,5m					
en contacto con ESPACIOS NO HABITABLES		<b>ELEMENTO</b>	<b>Sup Int-No Hab</b>	<b>Sup No Hab-Ext</b>		
	Cámara sanitaria alto ≤ 1,0m *(Caso 1, 2 o 3)					
		<b>ELEMENTO</b>	<b>Sup Total (m<sup>2</sup>)</b>		<b>Longitud perímetro solera (m)</b>	
	C. sanitaria alto ≤ 1,0m y profundidad ≤ 0,5m					
		<b>ELEMENTO</b>	<b>Sup Int-No Hab</b>	<b>Sup No Hab-Ext</b>		
	Sin cámara sanit. *(Caso 1, 2 o 3)					
en contacto con el EXTERIOR		<b>ELEMENTO</b>	<b>Sup Total (m<sup>2</sup>)</b>			
CUBIERTAS		<b>ELEMENTO</b>	<b>Sup Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Opaco (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Huecos (m<sup>2</sup>)</b>	<b>% Huecos</b>
en contacto con el EXTERIOR		Cubierta plana	63,78	63,78		
		Cubierta inclin.	7,34	7,34		

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

en contacto con ESPACIOS NO HABITABLES		ELEMENTO	Sup Int-No Hab	Sup No Hab-Ext				
		Forjado garaje	118,73					
		Forjado viv.	118,73					
		Cubierta plana		26,30				
		Cubierta inclin.		37,15				
PUENTE TERMICO (contorno de lucernarios > 0,5m2)		ELEMENTO	Sup Total (m2)	Ancho jamba sin aislante (m)	Ancho marco obra (m)			
LUCERNARIOS		ELEMENTO	Sup Total (m2)	Sup. Semitransparente (m2)	Sup marco (m2)	Fracción marco/ hueco (%)		
HUECOS	ORIENTACION	ELEMENTO	Sup Total (m2)	Sup. Semitransparente (m2)	Sup marco (m2)	Fracción marco/ hueco (%)		
	Ventana	Norte	Hueco	4,19	3,27	0,92	21,96	
			Factor de sombra voladizo	Ancho vuelo hasta acrist (m)	Altura hueco (m)	Altura de hueco a voladizo (m)		
			Factor de sombra retranqueo	Ancho hueco (m)	Altura hueco (m)	Ancho retranqueo (m)		
	Sur		Factor de sombra lamas horiz	Ancho lamas (m)	Distancia entre lamas (m)	Ángulo de inclinación (m)		
			Factor de sombra lamas vertic	Ancho lamas (m)	Distancia entre lamas (m)	Ángulo de inclinación (m)		
			Factor de sombra toldos		Abate desde dintel áng. (α)	Abate desde alféizar (α)		
				Factor de sombra voladizo	Ancho vuelo hasta acrist (m)	Altura hueco (m)	Altura de hueco a voladizo (m)	

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

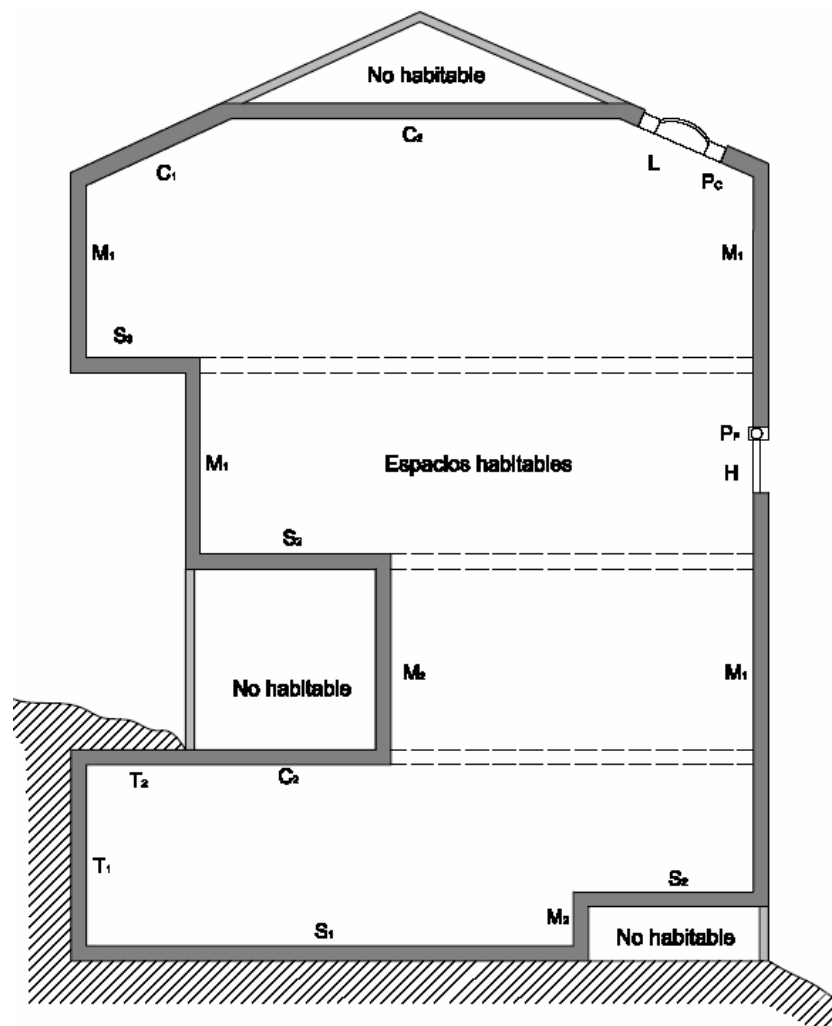
			Factor de sombra retranqueo	Ancho hueco (m)	Altura hueco (m)	Ancho retranqueo (m)	
	SurEste/ SurOeste						
			Factor de sombra lamas horiz	Ancho lamas (m)	Distancia entre lamas (m)	Ángulo de inclinación (m)	
			Factor de sombra lamas vertic	Ancho lamas (m)	Distancia entre lamas (m)	Ángulo de inclinación (m)	
			Factor de sombra toldos	Abate desde dintel áng. ( $\alpha$ )	Abate desde alféizar ( $\alpha$ )		
Ventana	Este/ Oeste	Hueco tipo	37,03	22,60	14,43	38,97	
			Factor de sombra voladizo		Ancho vuelo hasta acrist (m)	Altura hueco (m)	Altura de hueco a voladizo (m)
			Factor de sombra retranqueo	0,90	1,20	1,10	0,20
			Factor de sombra lamas horiz		Ancho lamas (m)	Distancia entre lamas (m)	Ángulo de inclinación (m)
			Factor de sombra lamas vertic		Ancho lamas (m)	Distancia entre lamas (m)	Ángulo de inclinación (m)
			Factor de sombra toldos		Abate desde dintel áng. ( $\alpha$ )	Abate desde alféizar ( $\alpha$ )	

\*: Caso 1: aislamiento en el interior del espacio habitable. Caso 2: sin aislamiento. Caso 3: aislamiento en el interior del espacio no

Nota: los valores en rojo son los obtenidos directamente del esquema de superficies y en negro son aquellos que suponen operaciones entre ellos, sumas, porcentajes, etc....

## 2.1.2. Constitución de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica.

La **envolvente térmica**<sup>1</sup> del edificio, como muestra la figura anexa, está compuesta por todos los **cerramientos**<sup>2</sup> que limitan los espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las **particiones interiores**<sup>3</sup> que limitan los **espacios habitables** con los **espacios no habitables** que a su vez están en contacto con el ambiente exterior.



<sup>1</sup> La envolvente térmica se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables de los no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

<sup>2</sup> el cerramiento es el elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios.

<sup>3</sup> Las particiones interiores son los elementos constructivos del edificio que dividen su interior en recintos independientes. Pueden ser verticales y horizontales (suelos y techos).

**Los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables de la envolvente térmica se clasifican según su situación en las siguientes categorías:**

**a) Cubiertas:**

**Definición:** comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal: C1,C2,L,Pc

En el ejercicio que vamos a analizar encontramos la siguiente cubierta plana.

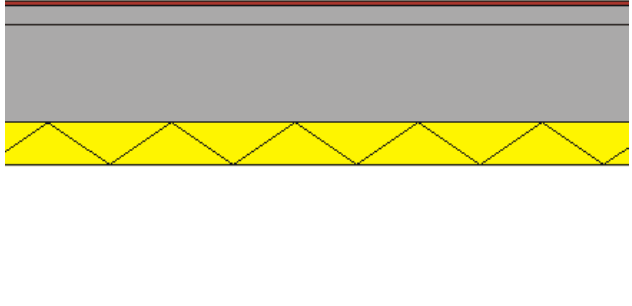
• **Cubierta plana transitable 00:**

Nº	Material	Espesor	Esquemas extraídos del O.S.E.
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	
3	Etileno propileno dieno monómero (EPDM)	0.0050	
4	Hormigón con arcilla expandida como árido principal	0.0600	
5	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0600	
6	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado	0.3000	
7	Cámara de aire ligeramente ventilada	0.1000	
8	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	

**b) Suelos:**

**Definición:** comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable: S1, S2, S3:

- Suelo en contacto con el terreno

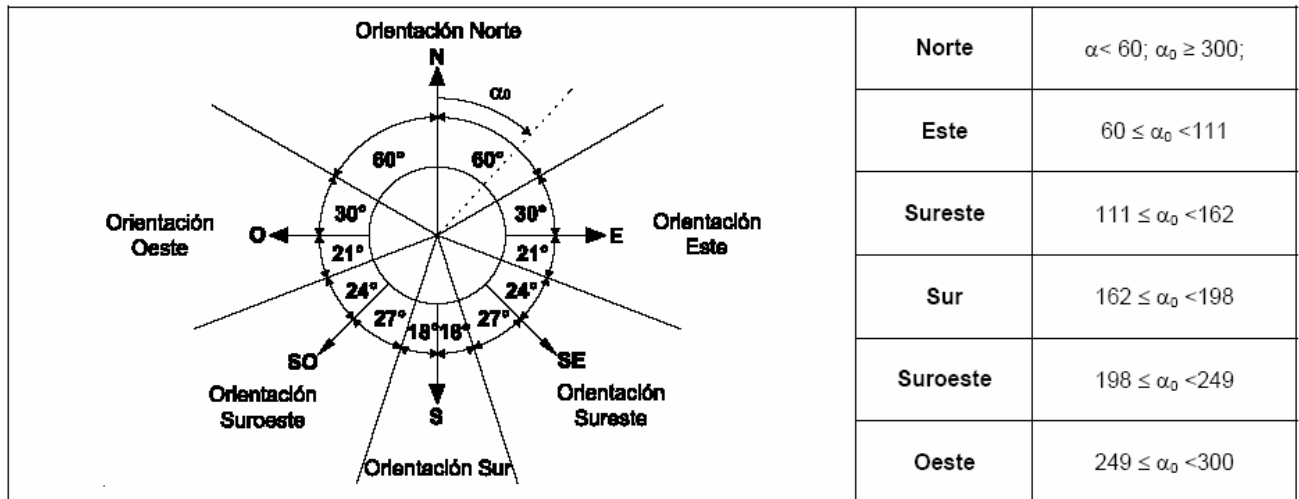
Nº	Material	Espesor	Esquemas extraídos del O.S.E.
1	Plaqueta o baldosa de gres	0.0200	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0300	
3	Hormigón armado 2300<d<2500	0.1500	
4	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0600	
5	Polietileno de alta densidad (HDPE)	0.0020	

**c) Fachadas:**

**Definición:** comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60° respecto de la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura anexa.

La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo  $\alpha$  que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario; M1,M2,UPf1 (Huecos), UPf2 (Pilares fachada), UPF3 (Caja persiana).

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1



En los “recortables” se indica la orientación del edificio ejemplo.

**En el ejercicio que vamos a analizar, las fachadas tendrán los siguientes espesores y elementos constituyentes:**

- **Fachada a patios:**

Nº	Material	Espesor	Esquemas extraídos del O.S.E.
1	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0200	
2	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	
3	Cámara de aire		
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	
5	Tabicón de LH doble (60mm< E < 90mm)	0.0700	
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0150	

- Fachada a viales:

Nº	Material	Espesor	Esquemas extraídos del O.S.E.
1	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0150	
3	Cámara de aire		
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	
5	Tabicón de LH doble (60mm< E< 90mm)	0.0700	
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	

d) medianeras:

**Definición:** Comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyen a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada.

- Medianera con edificio colindante:

Nº	Material	Espesor	Esquemas extraídos del O.S.E.
1	EPS Poliestireno Expandido (0.029 W/mK)	0.0400	
2	Tabicón de LH doble (60mm< E< 90mm)	0.0900	
3	Yeso, de alta dureza 900<d<1200	0.0150	

e) cerramientos en contacto con el terreno:

**Definición:** comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno.

- Muro estructural bajo el terreno

Nº	Material	Espesor	Esquemas extraídos del O.S.E.
1	Hormigón armado 2300<d<2500	0.3000	
2	Etileno propileno dieno monómero ( EPDM)	0.0050	
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0400	
4	Cámara de aire sin ventilar	0.0200	
5	Tabique de LH doble ( 60mm<E<90mm)	0.0900	
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0150	

f) particiones interiores:

**Definición:** comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos:

- Medianeras entre viviendas y elementos comunes:

Nº	Material	Espesor	Esquemas extraídos del O.S.E.
1	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0150	
2	½ pie LM métrico o catalán 60mm<G<80mm	0.1200	
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0300	
4	Tabicón de LH doble ( 60mm<E<90mm)	0.0700	
5	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0150	

- **Forjado interior con aislamiento**

Nº	Material	Espesor	Esquemas extraídos del O.S.E.
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	
3	MW Lana mineral (0.031 W/mK)	0.0350	
4	FU Entrevigado de EPS mecanizado enrasado	0.3000	
5	Cámara de aire sin ventilar	0.1000	
6	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	

### 2.1.3. Constitución de los huecos de la envolvente térmica.

- **Vidrio doble: (códigos extraídos del LIDER)**

<b>Vidrio</b>	<b>Dobles en posición vertical</b>	<b>VER_DC_4-12-4</b>	
<b>Marco</b>	<b>De PVC en posición vertical</b>	<b>VER_PVC dos cámaras</b>	
<b>% cubierto por el marco</b>	<b>10%</b>	<b>Permeabilidad al aire (en función de la zona climática)</b>	<b>25m3/hm2</b>

- **Puertas: (códigos extraídos del LIDER)**

<b>Vidrio</b>	<b>Monolíticos en posición vertical</b>	<b>VER-ML-331</b>	
<b>Marco</b>	<b>De Madera en posición vertical</b>	<b>VER_Madera de densidad media alta</b>	
<b>% cubierto por el marco</b>	<b>100%</b>	<b>Permeabilidad al aire (en función de la zona climática)</b>	<b>60m3/hm2a 100Pa</b>

## 2.2 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

### DATOS PREVIOS

#### 2.2.1 DETERMINACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA

**La determinación de la zonificación climática se establece en el apartado 3.1.1. del DB-HE1 del CTE. Para la limitación energética se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. En general, la zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados. En localidades que no sean capitales de provincia y que dispongan de registro climáticos contrastados, se podrán emplear, justificándolo, zonas climáticas específicas.**

**En la tabla D.1 del DB-HE1, se puede obtener la zona climática de cualquier localidad en la que se ubiquen los edificios en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la referencia, se tomará para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia.**

**La provincia de nuestro proyecto a estudiar es VALENCIA .**

**La temperatura exterior de proyecto para la comprobación de condensaciones en el mes de Enero es de 10,4 °C. La humedad relativa exterior de proyecto para la comprobación de condensaciones en el mes de Enero es de 63 % datos obtenidos de la tabla G.2 del DB-HE1.**

**La zona climática resultante es B3**

**Atendiendo a la clasificación de los puntos 1 y 2, apartado 3.2.1 de la sección 1 del DB HE, en nuestro edificio existen espacios interiores clasificados como “espacios habitables de carga interna baja”, y atendiendo a la clasificación del punto 3, apartado 3.2.1 de la sección 1 del DB HE, en nuestro edificio a estudiar existen espacios interiores clasificados como “espacios de clase de higrometría 3 o inferior”. *(más adelante desarrollaremos estos conceptos)***

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastian	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Méllia	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de gran canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	964	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

## 2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS DEL EDIFICIO

Los espacios de un edificio tal y como define el **DB-HE1** se componen de recintos. Éstos espacios pueden ser habitables y no habitables y tener alta o baja carga interna con un nivel de higrometría específico. Para nuestro edificio los podríamos definir en la siguiente tabla:

USOS		TIPO DE ESPACIO			
Planta	Recinto	Espacio habitable			Espacios no habitables
		Carga interna		Higrometría (Clase)	
		Baja	Alta		
<b>Sótano</b>	<b>Local sin uso</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
<b>Pl. Baja</b>	<b>Garaje</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>X</b>
	<b>Zaguán</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>C. Residuos</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Aseo</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
<b>Pl. Primera</b>	<b>Estar-Comedor</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Cocina</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Galería</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>X</b>
	<b>Entrada</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Pasillo</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Dormitorio nº1</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Dormitorio nº2</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Dormitorio Ppal</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Baño</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Aseo</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Balcón</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>X</b>
	<b>Escalera Común</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
	<b>Patio</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>X</b>
	<b>Pl. Segunda</b>	<b>Estar-Comedor</b>	<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>
<b>Cocina</b>		<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
<b>Galería</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>X</b>
<b>Entrada</b>		<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
<b>Pasillo</b>		<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
<b>Dormitorio nº1</b>		<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
<b>Dormitorio nº2</b>		<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
<b>Dormitorio Ppal</b>		<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
<b>Baño</b>		<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
<b>Aseo</b>		<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
<b>Balcón</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>X</b>
<b>Escalera Común</b>		<b>X</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>

USOS		TIPO DE ESPACIO			
Planta	Recinto	Espacio habitable			Espacios no habitables
		Carga interna		Higrometría (Clase)	
		Baja	Alta		
Pl.Cubierta	Pasillo	-	-	-	X
	Desván -1	-	-	-	X
	Desván -2	-	-	-	X
	Cuarto acs	-	-	-	X
	Terraza	-	-	-	X
	Escalera común	-	-	-	X
	Cuarto limpieza	-	-	-	X

*Los espacios interiores de los edificios se clasifican en espacios habitables y espacios no habitables.*

*A efectos de cálculo de la demanda energética, los espacios habitables se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:*

*a) espacios con baja carga interna: espacios en los que se disipa poco calor.*

*Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.*

*b) espacios con alta carga interna: espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio.*

*A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los espacios habitables se caracterizan por el exceso de humedad interior. En ausencia de datos más precisos y de acuerdo con la clasificación que se expresa en la norma EN ISO 13788: 2002 se establecen las siguientes categorías:*

*a) espacios de clase de higrometría 5: espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías y piscinas;*

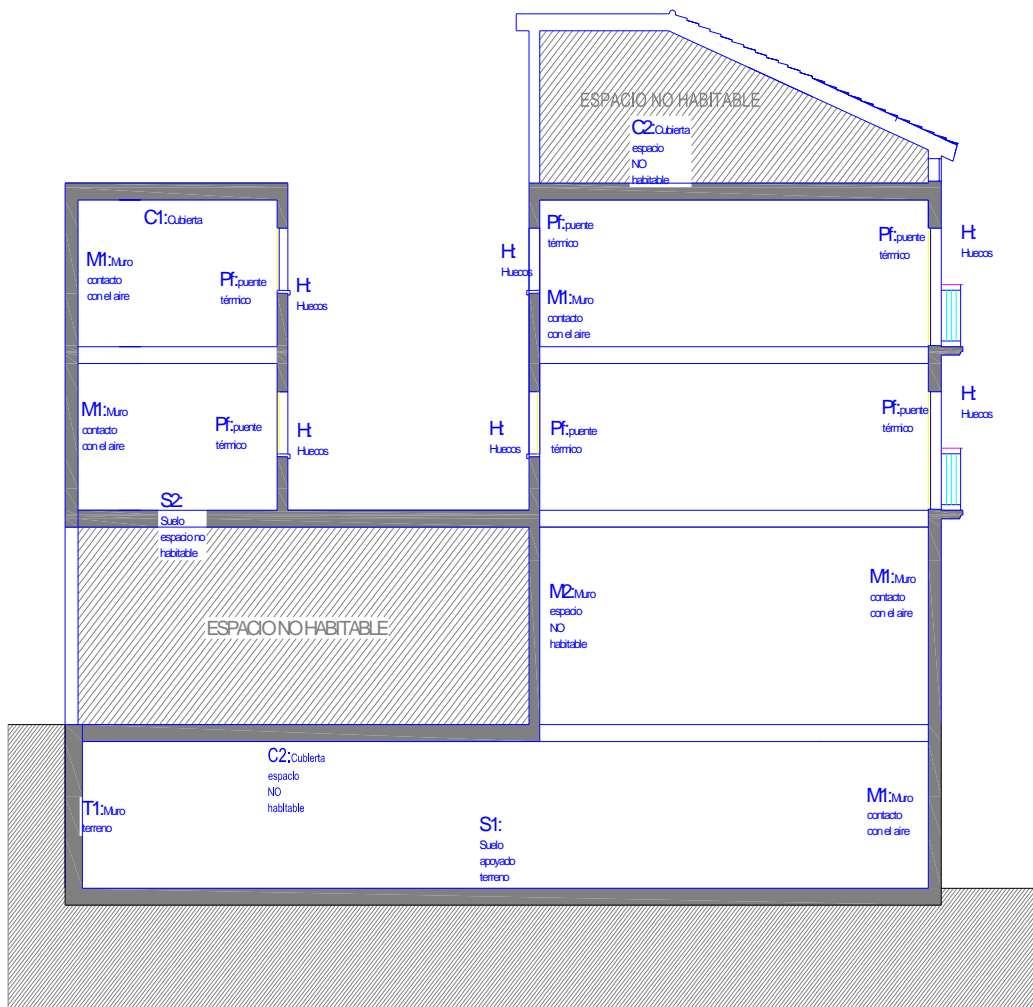
*b) espacios de clase de higrometría 4: espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar;*

*c) espacios de clase de higrometría 3 o inferior: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.*

## 2.2.3 DEFINICIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

La envolvente térmica del edificio, como muestra la figura anexa, está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

La definición gráfica de la envolvente térmica de nuestro edificio:



**Los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables se clasifican según su situación en las siguientes categorías:**

**a) cubiertas, comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a  $60^\circ$  respecto a la horizontal**

**b) suelos, comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable;**

**c) fachadas, comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a  $60^\circ$  respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura 3.1. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo  $\alpha$  que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario;**

**d) medianerías, comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada;**

**e) cerramientos en contacto con el terreno, comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno;**

**f) particiones interiores, comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.**

**Los cerramientos de los espacios habitables se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:**

**a) cerramientos en contacto con el aire:**

**i) parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados;**

**ii) parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.**

**b) cerramientos en contacto con el terreno, clasificados según los tipos siguientes:**

**i) suelos en contacto con el terreno;**

**ii) muros en contacto con el terreno;**

**iii) cubiertas enterradas.**

**c) particiones interiores en contacto con espacios no habitables, clasificados según los tipos siguientes:**

**i) particiones interiores en contacto con cualquier espacio no habitable (excepto cámaras sanitarias);**

**ii) suelos en contacto con cámaras sanitaria**

**A efectos de limitación de la demanda se incluirán en la consideración anterior aquellos puentes térmicos cuya superficie sea superior a  $0.5m^2$  y que estén integrados en las fachadas, tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persianas.**

**No se incluirán en la consideración anterior las puertas cuyo porcentaje de superficie semitransparente sea inferior al 50%.**

**Todas estas definiciones de la envolvente térmica la iremos describiendo a la hora de ir definiendo sus parámetros característicos, gráficamente tiene el siguiente aspecto.**

## APLICACIÓN DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA

En nuestro caso las fachadas del edificio a estudiar están orientadas respecto al norte geográfico, que dando las fachadas principales orientadas ESTE/ OESTE:

Comprobemos el porcentaje de huecos de cada fachada: *(valores obtenidos de las tablas de superficies)*

FACHADAS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA			
Orientación	Superficie (m2)	Superficie huecos (m2)	% huecos
Norte	29.47m2	3.27m2	11.10%
Sur	-	-	-
Sureste	-	-	-
Suroeste	-	-	-
Este	61.03m2	18.20m2	40.04%
Oeste	50.32 m2	2.46m2	23.86%

Podemos aplicar la opción simplificada en nuestro ejercicio ya que el porcentaje de huecos es inferior al límite establecido ( 60%) y no tenemos lucernarios en la cubierta. Además se trata de una obra nueva, no de rehabilitación, y sólo tenemos soluciones constructivas tradicionales.

Tras comprobar que cumplimos los requisitos necesarios para aplicar la opción simplificada, desarrollaremos el cálculo de dicha opción, verificando el cumplimiento de las tres exigencias básicas cuantificadas en el DB:

- 1-DEMANDA ENERGÉTICA
- 2-CONDENSACIONES
- 3-PERMEABILIDAD AL AIRE

---

*Puede utilizarse la opción simplificada cuando se cumplan simultáneamente las condiciones siguientes:*

- a) que la superficie de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie;*
- b) que la superficie de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.*

*Como excepción, se admiten superficies de huecos superiores al 60% en aquellas fachadas cuyas áreas supongan un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio.*

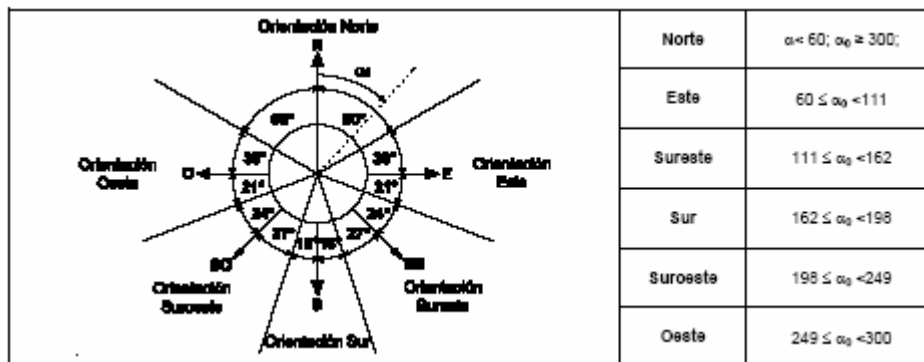
## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

*Quedan excluidos aquellos edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales tales como muros Trombe, muros parietodinámicos, invernaderos adosados, etc.*

*En el caso de obras de rehabilitación, se aplicarán a los nuevos cerramientos los criterios establecidos en esta opción.*

*Por lo tanto necesitaremos conocer el porcentaje de huecos (puertas y ventanas) en cada fachada de nuestro edificio. La orientación de una fachada se define según el sector angular de la roseta donde quede comprendida la normal exterior de la fachada.*

*Ante casos límite, se mide el ángulo que forma dicha normal con el norte, en sentido horario y se comprueba el sector en la siguiente tabla:*



## 2.2.4 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS Y LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LOS CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES

“Descansa tres minutos y toma aire antes de continuar, que a partir de ahora empieza la cruda realidad del HE1.

Lo que habremos conseguido una vez terminemos de desarrollar este apartado es haber completado las fichas justificativas de la opción simplificada, obligatorias en el proyecto de ejecución:

- FICHA 1: Cálculo de los parámetros característicos medios
- FICHA 2: Demanda energética”

**En este apartado comprobaremos para cada COMPONENTE de la envolvente térmica lo siguiente:**

- a) Comprobación de que cada una de las transmitancias térmicas “U” de la envolvente térmica es inferior al valor máximo “U<sub>max</sub>” indicado en la [tabla 2.1 del DB-HE1](#).**

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos <sup>(2)</sup>	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas <sup>(3)</sup>	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

<sup>(2)</sup> Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

<sup>(3)</sup> Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

**b) Cálculo de la media de los parámetros característicos “Um” para cada grupo de componentes, necesitando saber la orientación y el área de cada uno de ellos.**

**c) Comprobación de que los parámetros característicos medios calculados anteriormente son inferiores a los valores límite “Ulim” definidos en las tablas 2.2 del DB-HE1 en función de la zona climática, para nuestro edificio, que estamos en una zona B3, tendríamos:**

**Transmitancia límite Ulim a no sobrepasar por los parámetros característicos medios que se calcularán.**

### ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Lim}: 0,30$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

“Para que con un golpe de vista entendamos mejor todo esto, vamos a trabajar identificando cada grupo de componentes con un color que utilizaremos después en las tablas resumen de cálculo”;

**Los COMPONENTES de la envolvente térmica los vamos a agrupar en los siguientes grupos de color:**

#### 2.2.4.1. CUBIERTAS:

- **C1: En contacto con el aire**
- **C2: En contacto con espacio no habitable**
- **Pc: Puente térmico ( Contorno de lucernario > 0.5m<sup>2</sup>)**
- **L: Lucernarios ( UL ) (FL)**

#### 2.2.4.2.FACHADAS:

- **M1: Muro en contacto con el aire**
- **M2: Muro en contacto con espacios no habitables**
- **PF1: Puente térmico ( contorno de huecos >0.5m<sup>2</sup>)**
- **PF2: Puente térmico (pilares en fachada >0.5 m<sup>2</sup>)**
- **PF3: Puente térmico (cajas de persiana >0.5m<sup>2</sup>)**
- **H : Huecos ( UH ) (FH)**

#### 2.2.4.3.SUELOS :

- **S1: Apoyados sobre el terreno**
- **S2: En contacto con espacios no habitables**
- **S3:En contacto con el aire exterior**

#### 2.2.4.4.CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO:

- **T1: Muros en contacto con el terreno**
- **T2: Cubiertas enterradas**
- **T3: Suelos a una profundidad >0.5m**

#### 2.2.4.5.MEDIANERAS:

- **MD: Medianeras**
- **PI: Particiones interiores**

“En la siguiente tabla se resumen las dos comprobaciones que tendremos que hacer para cada *grupo de color*.”

1ª comprobación: Cálculo de los parámetros característicos  $\leq U_{max}$

2ª comprobación: Cálculo de los parámetros medios  $\leq U_{lim}$  ”;

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

1ª COMPROBACIÓN					2ª COMPROBACIÓN		
Cálculo de Parámetros Característicos				U <sub>max</sub>	Cálculo de Parámetros Medios		U <sub>lim</sub>
Componentes	Cálc. (Ap.E)	Parámetro característico	U <sub>c</sub>	Valor máximo tabla 2.1	Categorías	P.med	Valor límite tabla 2.2
<b>CUBIERTA</b>	C1: en contacto con el aire	E.1.1	U <sub>c1</sub>	U <sub>cmax</sub>	$U_{cm} = \frac{\sum A_c \cdot U_c + \sum A_{pc} \cdot U_{pc} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_c + \sum A_{pc} + \sum A_L}$	U <sub>cm</sub>	U <sub>clim</sub>
	C2: en contacto con espacio no habitable	E.1.3.1	U <sub>c2</sub>	U <sub>cmax</sub>			
	Pc1: Puente térmic. (contor. Lucer>0.5)	E.1.1	U <sub>pc1</sub>	-			
	Pc2: Puente térmic. (vigas cubiert>0.5)	E.1.1	U <sub>pc2</sub>	-			
	L: Lucernarios	E.1.4.1.	U <sub>L</sub>	U <sub>Lmax</sub>			
	E.2.	F <sub>L</sub>	-	$F_{Lm} = \frac{\sum A_F \cdot F_L}{\sum A_F}$	F <sub>Lm</sub>	F <sub>Llim</sub>	
<b>FACHADAS</b>	M1: en contacto con el aire	E.1.1	U <sub>M1</sub>	U <sub>Mmax</sub>	Muros por orientaciones, N, E, O, S, SE, SO	U <sub>Mm</sub>	U <sub>Mlim</sub>
	M2: en contacto con espacio no habitable	E.1.3.1	U <sub>M2</sub>	U <sub>Mmax</sub>			
	Pf1: Puente térmic. (cont. huecos>0.5)	E.1.1	U <sub>pf1</sub>				
	Pf2: Puente térmic. (pilar fachad>0.5)	E.1.1	U <sub>pf2</sub>				
	Pf3: Puente térmic. (caja persian.>0.5)	E.1.1	U <sub>pf2</sub>				
	H: Huecos	E.1.4.1	U <sub>H</sub>	U <sub>Hmax</sub>			
	E.2	F <sub>H</sub>		$F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	F <sub>Hm</sub>	F <sub>Hlim</sub>	
<b>SUELOS</b>	S1: Sobre terreno (prof>0.5m)	E.1.2.1.	U <sub>s1</sub>	U <sub>Mmax</sub> 1º perim	$U_{sm} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	U <sub>sm</sub>	U <sub>slim</sub>
	S2: en contacto con espacio no habitable	E.1.3.1 o E.1.3.2	U <sub>s2</sub>	U <sub>smax</sub>			
	S3: en contacto con el aire exterior	E.1.1	U <sub>s3</sub>	U <sub>smax</sub>			

1ª COMPROBACIÓN					2ª COMPROBACIÓN						
Cálculo de Parámetros Característicos					≤	U <sub>max</sub>		Cálculo de Parámetros Medios		≤	U <sub>lim</sub>
Componentes	Cálc. (Ap.E)	Parámetro característico	≤	Valor máximo tabla 2.1	Categorías		P.med	≤	Valor límite tabla 2.2		
CERRAMIENTO CONTACTO TERRENO	T1: en contacto con el terreno	E.1.2.2	U <sub>T1</sub>	≤	U <sub>Mmax</sub> 1º metro	$U_{tm} = \frac{\sum A_T \cdot U_T}{\sum A_T}$	U <sub>tm</sub>	≤	U <sub>lim</sub>		
	T2: cubiertas enterradas	E.1.2.3	U <sub>T2</sub>	-							
	T3: profundidad >0.5 m	E.1.2.1 Caso 2	U <sub>T3</sub>	≤	U <sub>Smax</sub>						
MEDIANERAS	Md: medianera	E.1.1.8	U <sub>MD</sub>	≤	U <sub>MDmax</sub>						
	PI: part. Interior solo si se prevé calefacción	E.1.1.8	U <sub>PI</sub>	≤	1.2 w/m <sup>2</sup> K						

Recurriremos a esta tabla descomponiéndola por cerramientos cada vez que comencemos a calcular todo lo correspondiente a un *grupo de color*.

Efectuaremos dos comprobaciones:

- 1.-Parámetros característicos ≤ U<sub>max</sub>
- 2.-Parámetros medios ≤ U<sub>lim</sub>

**Para obtener la conductividad térmica de los distintos materiales que componen el cerramiento en el CTE nos remitiremos a los valores declarados por los fabricantes ( según la norma UNE-EN ISO 10 456:2001) o a los datos contenidos en Documentos Reconocidos (DR), como el Catálogo de Elementos Constructivos**

En este ejercicio vamos a desarrollar el cálculo de todos los elementos, aplicando siempre los procedimientos explicados en el Apéndice E del DB-HE1 del CTE, en cada apartado y siempre después de la tabla resumen de cálculo reproduciremos el texto íntegro del CTE.

### 2.2.4.1.CUBIERTAS:

1ª COMPROBACIÓN					2ª COMPROBACIÓN				
Cálculo de Parámetros Característicos				≤	U <sub>max</sub>	Cálculo de Parámetros Medios		≤	U <sub>lim</sub>
Componentes	Cálc. (Ap.E)	Parámetro característico	≤	Valor máximo tabla 2.1	Categorías	P.med	≤	Valor límite tabla 2.2	
<b>CUBIERTA</b>	C1: en contacto con el aire	E.1.1	U <sub>c1</sub>	≤	U <sub>cmax</sub>	$U_{cm} = \frac{\sum A_c \cdot U_c + \sum A_{pc} \cdot U_{pc} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_c + \sum A_{pc} + \sum A_L}$	U <sub>cm</sub>	≤	U <sub>clim</sub>
	C2: en contacto con espacio no habitable	E.1.3.1	U <sub>c2</sub>	≤	U <sub>cmax</sub>				
	Pc1: Puente térmic. (contor. Lucer>0.5)	E.1.1	U <sub>pc1</sub>		-				
	Pc2: Puente térmic. (vigas cubiert>0.5)	E.1.1	U <sub>pc2</sub>		-				
	L: Lucernarios	E.1.4.1.	U <sub>L</sub>	≤	U <sub>Lmax</sub>				
		E.2.	F <sub>L</sub>		-	$F_{Lm} = \frac{\sum A_F \cdot F_L}{\sum A_F}$	F <sub>Lm</sub>	≤	F <sub>Llim</sub>

### 1ª comprobación: Cálculo de los parámetros característicos < U<sub>max</sub>

Para cada componente de un *grupo de color* hemos desarrollado unas tablas resumen de cálculo donde encontraremos los siguientes puntos:

- a) DATOS
- b) CÁLCULOS
- c) COMPROBACIÓN

Si seguimos paso a paso cada una de estas tablas tendremos resuelta esta primera comprobación.

Tabla resumen de cálculo para:

- **C1: CUBIERTA EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR:**

<b>C1: CUBIERTA EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR: <math>U_{c1} &lt; U_{max}</math></b>				
<b>DATOS</b>	e (m) espesor de capa			
	$\lambda$ ( W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).			
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica capa (m2K/W)	$R = e / \lambda$		
	Resistencia térmica superficial de la cubierta en contacto con el aire exterior (m2K/W)	Rsi (cara interior)	0.10	Según Tabla E.1 del DB-HE1
		Rse (cara exterior)	0.04	
	Resistencia térmica total de la cubierta (m2K/W)	$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se}$		
Transmitancia térmica de la cubierta (W/m2K)	$U_{c1} = 1 / R_t$			
<b>COMPROBACIÓN</b> $U_{c1} < U_{max}$ Tabla 2.1 del DB-HE1 según zona climática	A	B	C	D
	0.65	0.59	0.53	0.49
	E			
				0.46

Texto extraído del apéndice E del DB-HE1: (si os lo queréis saltar sabed que los cálculos que vamos a hacer vienen de aquí)

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, **CUBIERTAS** y suelos en contacto con el aire exterior. De la misma forma se calcularán los puentes térmicos integrados en los citados cerramientos cuya superficie sea superior a 0,5 m2, despreciándose en este caso los efectos multidimensionales del flujo de calor.

La transmitancia térmica U (W/m2K) viene dada por la siguiente expresión:

$U = 1 / R_T$  Siendo:

$R_T$  la resistencia térmica total del componente constructivo (m2 K/ W).




La resistencia térmica total  $R_T$  de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$R_T = R_{Si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se}$  Siendo:

**R1, R2...Rn las resistencias térmicas de cada capa definidas  $\text{lm}^2 \text{K/W}$ ;**

**Rsi y Rse las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio  $\text{lm}^2 \text{K/W}$ .**

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en  $\text{m}^2\text{K/W}$

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,04	0,17

En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total  $R_T$  debe calcularse mediante el procedimiento descrito en el apéndice F.

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = e / \lambda \quad \text{siendo:}$$

e el espesor de la capa  $\text{lm}$ . En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

$\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos,  $\text{W/m K}$ .

Las cámaras de aire pueden ser consideradas por su resistencia térmica, para ello se considerarán:

**a) cámara de aire sin ventilar:**

aquella en la que no existe ningún sistema específico para el flujo del aire a través de ella. Una cámara de aire que no tenga aislamiento entre ella y el ambiente exterior pero con pequeñas aberturas al exterior puede también considerarse como cámara de aire sin ventilar, si esas aberturas no permiten el flujo de aire a través de la cámara y no exceden:

i)  $500 \text{ mm}^2$  por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;

ii)  $500 \text{ mm}^2$  por  $\text{m}^2$  de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de las cámaras de aires sin ventilar viene definida en la tabla E.2 en función de su espesor. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Los valores son aplicables cuando la cámara:

- esté limitada por dos superficies paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección del flujo de calor y cuyas emisividades sean superiores a 0,8
- tengan un espesor menor a 0,1 veces cada una de las otras dos dimensiones y no mayor a 0,3 m
- no tenga intercambio de aire con el ambiente interior.

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en  $m^2 K/W$

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Para un cálculo más detallado se considera válido el procedimiento descrito en el apartado B.2 de la norma UNE EN ISO 6 946:1997.

**b) cámara de aire ligeramente ventilada:**

aquella en la que no existe un dispositivo para el flujo de aire limitado a través de ella desde el ambiente exterior pero con aberturas dentro de los siguientes rangos:

i)  $500 \text{ mm}^2 < \text{Saberturas} \leq 1500 \text{ mm}^2$  por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales

ii)  $500 \text{ mm}^2 < \text{Saberturas} \leq 1500 \text{ mm}^2$  por  $m^2$  de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de una cámara de aire ligeramente ventilada es la mitad de los valores de la [tabla E.2](#).

**c) cámara de aire muy ventilada:**

aquella en que los valores de las aberturas exceden:

i)  $1500 \text{ mm}^2$  por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;

ii)  $1500 \text{ mm}^2$  por  $m^2$  de superficie para cámaras de aire horizontales.

Para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.

La transmitancia térmica UMD ( $W/m^2K$ ) de las medianerías se calculará como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias superficiales como interiores.

Por fin el cálculo, venga atrevámonos ya a calcular y comprobar si el valor de las transmitancias térmicas de las cubiertas en contacto con el aire exterior es menor que el valor máximo de la tabla 2.1

**Cubierta plana transitable 00:**

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	R=e/ $\lambda$	Rt= Rsi+ R1+....+Rn+ Rse; Rsi, Rse valores tabla E.1.
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	1.000	0.0200	$Rt=0.10+0.0200+0.0875+0.0200+0.1714+1.4280+0.8790+$ $+0.1800+0.0800+0.04=3.0059$  $Uc1=1/ Rt$       $Uc1= 1/ 3.0059 = 0.3326$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	0.400	0.0875	
3	Etileno propileno dieno monómero (EPDM)	0.0050	0.250	0.0200	
4	Hormigón con arcilla expandida como árido principal	0.0600	0.350	0.1714	
5	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0600	0.042	1.4280	
6	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado	0.3000	0.341	0.8790	
7	Cámara de aire ligeramente ventilada	0.1000		0.1800	
8	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	0.250	0.0800	
COMPROBACIÓN $Uc1 < Umax$ :			$Uc1= 0.3326 < Umax$ tabla 2.1 (zona B3) =0.59 <b>CUMPLE</b>		

Tabla resumen de cálculo para:

- C2: CUBIERTA EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES:**

<b>C2: CUBIERTA EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES: <math>U_{c2}</math></b>								
<b>DATOS</b>	e (m) espesor de capa							
	$\lambda$ (W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).							
	Aiu (m2) Área de la partición interior entre el espacio habitable y el no habitable							
	Aue (m2) Área del cerramiento entre el espacio no habitable y el exterior							
	Grado de ventilación nivel de estanqueidad.	CASO 1	1	Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación				
		2	Todos los componentes sellados					
		3	Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación					
	CASO 2	4	Poco estanco, a causa de juntas abiertas o de aberturas de ventilación permanente					
		5	Poco estanco, con numerosas juntas o aberturas de ventilación grandes o numerosas					
<b>CÁLCULOS</b>	Relación de áreas	Aiu / Aue						
	Resistencia térmica capa (m2K/W)	$R = e / \lambda$						
	Resistencia térmica superficial de la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable (m2K/W)	Rsi (cara interior)	0.10		Según <u>Tabla E.6 del DB-HE1</u>			
		Rse (cara exterior)	0.10					
	Coeficientes de reducción de temperatura . <u>Coefficiente b.</u> Según <u>Tabla E.7 del DB-HE1</u>	No aislado <sub>ue</sub> - Aislado <sub>iu</sub>		No aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>		Aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>		
		A <sub>iu</sub> /A <sub>ue</sub>	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
		<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
		0.25 ≤0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤0.75		0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84	
0.75 ≤1.00		0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79	
1.00 ≤1.25		0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74	
1.25 ≤2.00		0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67	
2.00 ≤2.50		0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59	
2.50 ≤3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54		
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50		
Resistencia térmica total de la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable (m2K/W)	$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se}$							
Transmitancia térmica de la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable (W/m2K)	$U_p = 1 / R_t$							
Transmitancia térmica de la cubierta en contacto con el espacio no habitable (W/m2K)	$U_{c2} = U_p \times b$							
<b>COMPROBACIÓN</b> Uc2 < Umax <u>Tabla 2.1, del DB-HE1</u> según <u>zona climática</u>	A	B	C	D	E			
	0.65	0.59	0.53	0.49	0.46			

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Texto extraído del DB-HE1: (por favor leedlo, pero si os lo queréis saltar sabed por lo menos que los cálculos que vamos a hacer vienen de aquí)

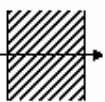
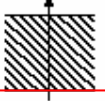
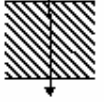
Para el cálculo de la transmitancia  $U$  ( $W/m^2K$ ) se consideran en este apartado el caso de cualquier *partición interior* en contacto con un *espacio no habitable* que a su vez esté en contacto con el exterior. Se excluyen de este apartado los vacíos o cámaras sanitarias.

La transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2K$ ) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_p \times b \text{ siendo:}$$

$U_p$  la transmitancia térmica de la *partición interior* en contacto con el *espacio no habitable*, calculada según el apartado E.1.1, tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla E.6. ( $m^2K/W$ );  
 $b$  el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al *espacio no habitable* obtenido por la tabla E.7 para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito.

Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de *particiones interiores* en  $m^2K/W$

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal 	0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente 	0,17	0,17

El coeficiente de reducción de temperatura  $b$  para espacios adyacentes *no habitables* (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajo cubierta inclinada se podrá obtener de la tabla E.7 en función de:

- la situación del aislamiento térmico (véase figura E.6),
- del grado de ventilación del espacio
- de la relación de áreas entre la *partición interior* y el *cerramiento* ( $A_{iu}/A_{ue}$ ). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio definido en la tabla E.8 del DB-HE1:

**CASO 1** espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 1, 2 o 3  
**CASO 2** espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 4 o 5.

Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura b

$A_{iu}/A_{ue}$	No aislado <sub>ue</sub> - Aislado <sub>iu</sub>		No aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>		Aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0.25 ≤0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤0.75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0.75 ≤1.00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1.00 ≤1.25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1.25 ≤2.00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2.00 ≤2.50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2.50 ≤3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

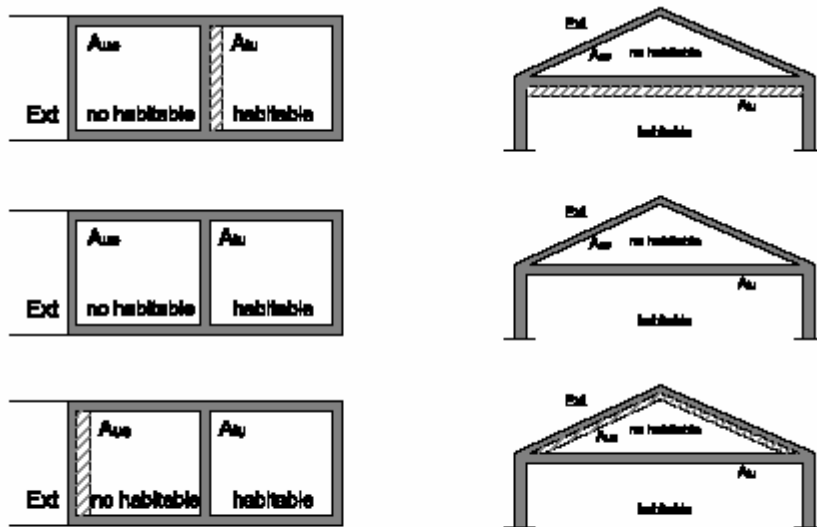


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

NOTA: El subíndice *ue* se refiere al cerramiento entre el *espacio no habitable* y el exterior;  
El subíndice *iu* se refiere a la partición interior entre el *espacio habitable* y el *espacio no habitable*.

El coeficiente de reducción de temperatura b, para el resto de *espacios no habitables*, se define mediante la siguiente expresión:

$b = H_{ue} / (H_{iu} + H_{ue})$  siendo:

$H_{ue}$  es el coeficiente de pérdida del *espacio no habitable* hacia el exterior (W/m);  
 $H_{iu}$  es el coeficiente de pérdida del *espacio habitable* hacia el *espacio no habitable* (W/m).

Los coeficientes  $H_{ue}$  y  $H_{iu}$  incluyen las pérdidas por transmisión y por renovación de aire. Se calculan mediante las fórmulas siguientes:

$H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0.34 Q_{ue}$

$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu}$  siendo:

$U_{ue}$  la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior, calculado mediante la expresión (E.1) si está en contacto con el aire o

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

mediante la metodología descrita en el apartado E.1.2 si está en contacto con el terreno  $IW/m^2Kl$

$U_{i1}$  la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable* calculado mediante la expresión (E.1)  $IW/m^2Kl$

Aue el área del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior

Aiu el área del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable*

Que el caudal de aire entre el exterior y el *espacio no habitable*  $l/m^3/h$

Qui el caudal de aire entre el *espacio no habitable* y el *espacio habitable*  $l/m^3/h$

Para el cálculo del caudal de aire que se utilizarán los valores del apartado 2 de la Sección HS3 del DB "Salubridad". En ausencia de datos podrán utilizar los valores de renovaciones hora (h<sup>-1</sup>) contenidos en la tabla E.8 multiplicados por el volumen del espacio *no habitable*

Tabla E.8 Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior (h<sup>-1</sup>)

	Nivel de estanqueidad	h <sup>-1</sup>
1	Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación	0
2	Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación	0,5
3	Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación	1
4	Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes	5
5	Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes grandes o numerosas	10

Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica  $U$  podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 789:2001.

## ATENCIÓN DESPIERTA:

Tal y como reza el punto (3) de la tabla 2.1 del DB-HE1:

..." Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas".....

ESTE ES NUESTRO CASO!!!!!!

Así que la partición interior en contacto con espacio no habitable correspondería con el forjado aislado que hemos definido en el apartado f) del punto 2.1.2.

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

- C2: Cubierta en contacto con espacio no habitable= forjado interior con aislamiento**

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	λ (W/mK)	R=e/ λ	Rt= Rsi+ R1+...+Rn+ Rse
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	1	0.020	$Rt=0.10+0.02+0.0636+1.13+0.88+0.18+0.8+0.10=3.27$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	0.550	0.0636	
3	MW Lana mineral (0.031 W/mK)	0.0350	0.031	1.13	
4	FU Entrevigado de EPS mecanizado enrasado	0.3000	0.341	0.88	
5	Cámara de aire sin ventilar	0.1000		0.180	
6	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	0.250	0.800	
Aiu = 67.55 m2		Grado de ventilación, nivel estanqueidad= CASO 1		Aiu / Aue = 67.55 / 37.15= 1.82	
Aue= 37.15 m2				Coeficiente b= 0.94	
				Up= 1/Rt= 0.30	
				Uc = Up x b = 0.30x 0.94 = 0.282	
<b>COMPROBACIÓN <math>U_c &lt; U_{max}</math>:</b>			$U_c = 0.28 < U_{max}$ tabla 2.1 (zona B3) = 0.59 <b>CUMPLE</b>		

- PC: PUENTE TÉRMICO ( Contorno de lucernario > 0.5m):**

PC: PUENTE TÉRMICO ( Contorno de lucernario > 0.5m: Upc					
DATOS	e (m) espesor de capa				
	λ ( W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE). <i>Ver anexo</i>				
CÁLCULOS	Resistencia térmica capa (m2K/W)		R=e/ λ		
	Resistencia térmica superficial de la cubierta en contacto con el aire exterior (m2K/W)		Rsi (cara interior)	0.10	Según Tabla E.1 del DB-HE1
			Rse (cara exterior)	0.04	
	Resistencia térmica total de la cubierta (m2K/W)		Rt= Rsi+ R1+...+Rn+ Rse		
Transmitancia térmica de la cubierta (W/m2K)		Upc =1/ Rt			
COMPROBACIÓN	$U_{c1} < U_{max}$ Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática				
	A	B	C	D	E
	0.65	0.59	0.53	0.49	0.46

Se debe calcular como un cerramiento Uc pero con los datos del puente térmico, espesores y conductividades de las capas del puente. Alegraos !!!! en nuestro ejercicio no tenemos ningún lucernario por lo tanto tampoco tenemos su puente térmico.

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

- **L: LUCERNARIOS: (U<sub>L</sub> - F<sub>L</sub>)**

<b>L: LUCERNARIOS: U<sub>L</sub> - F<sub>L</sub></b>					
<b>DATOS</b>	<b>U<sub>iv</sub> (W/m2K) Transmitancia térmica del acristalamiento ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).</b>				
	<b>U<sub>fm</sub> (W/m2K) Transmitancia térmica del marco ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).</b>				
	<b>A<sub>h</sub> (m2) Área del hueco</b>				
	<b>A<sub>m</sub> (m2) Área del marco</b>				
	<b>g<sub>L</sub> Factor solar de la parte acristalada ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).</b>				
	<b>α absortividad del marco ( según tabla E.10)</b>				
<b>F<sub>s</sub> Factor de sombra del lucernario (según Tabla E.15 )</b>					
<b>CÁLCULOS</b>	<b>Fracción del hueco ocupada por el marco</b>		<b>FM= A<sub>m</sub> /A<sub>h</sub></b>		
	<b>Transmitancia térmica del lucernario (W/m2K)</b>		<b>U<sub>L</sub>=(1-FM) x U<sub>iv</sub> + FM x U<sub>fm</sub></b>		
	<b>Factor solar modificado del hueco</b>		<b>F<sub>L</sub> = F<sub>s</sub> ( (1-FM) x g<sub>L</sub> + FM x 0.04 x U<sub>fm</sub> x α )</b>		
<b>COMPROBACIÓN</b> U <sub>L</sub> < U <sub>max</sub> Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
	<b>5.70</b>	<b>5.70</b>	<b>4.40</b>	<b>3.50</b>	<b>3.10</b>

Tabla E.15 Factor de sombra para lucernarios

Tabla E.10 Absortividad del marco para radiación solar α

Color	Claro	Medio	Oscuro
Bianco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

		Y / Z					
		0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0
X / Z	0,1	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44
	0,5	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52
	1,0	0,43	0,48	0,52	0,56	0,58	0,59
	2,0	0,43	0,50	0,56	0,60	0,66	0,68
	5,0	0,44	0,51	0,58	0,66	0,75	0,79
	10,0	0,44	0,52	0,59	0,68	0,79	0,85

NOTAS: Los valores de factor de sombra que se indican en esta tabla son válidos para lucernarios sensiblemente horizontales. En caso de lucernarios de planta elíptica o circular podrán tomarse como dimensiones características equivalentes los ejes mayor y menor o el diámetro.

Como hemos dicho antes, en nuestro ejercicio no tenemos ningún lucernario.

**1ª COMPROBACIÓN ACABADA.**

2ª comprobación: Cálculo de parámetros medios < U<sub>lím</sub>

2ª COMPROBACIÓN						
Cálculo de Parámetros Medios					≤	U <sub>lím</sub>
Componentes	Parámetro característico	Categorías	P.med	≤	Valor límite tabla 2.2	
<b>CUBIERTA</b>	<b>C1: en contacto con el aire</b>	<b>U<sub>c1</sub></b>	$U_{cm} = \frac{\sum A_c \cdot U_c + \sum A_{pc} \cdot U_{pc} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_c + \sum A_{pc} + \sum A_L}$	≤	<b>U<sub>clim</sub></b>	
	<b>C2: en contacto con espacio no habitable</b>	<b>U<sub>c2</sub></b>				
	<b>Pc1: Puente térmic. (contor. Lucer&gt;0.5)</b>	<b>U<sub>pc1</sub></b>				
	<b>Pc2: Puente térmic. (vigas cubiert&gt;0.5)</b>	<b>U<sub>pc2</sub></b>				
	<b>L: Lucernarios</b>	<b>U<sub>L</sub></b>				
		<b>F<sub>L</sub></b>	$F_{Lm} = \frac{\sum A_F \cdot F_L}{\sum A_F}$	<b>F<sub>Lm</sub></b>	≤	<b>F<sub>Llím</sub></b>

No os asustéis, que solo tenemos los componentes C1 y C2, así que de las fórmulas de la tabla sólo tendremos que calcular:

$$U_{cm} = \sum A_c \times U_c / \sum A_c = (63.78 \times 0.33) + (63.45 \times 0.28) / 127.23 =$$

$$U_{cm} = (21.04 + 17.76) / 127.23 = 0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Los valores de áreas las hemos obtenidos de la tabla resumen de superficies y los valores de transmitancias son los obtenidos de las tablas de las páginas 51 y 56.

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

## ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,30$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

$U_{cm} = 0.30 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{clim} = 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$  CUMPLE

Ahora ya estamos en condiciones de completar las casillas de CUBIERTAS y LUCERNARIOS de las fichas justificativas. FICHA 1 Y FICHA 2.

### 2.2.4.2. FACHADAS

	Cálculo de Parámetros Característicos				<	U <sub>max</sub>	Cálculo de Parámetros Medios			<	U <sub>lim</sub>
	Componentes	Cálc. (Ap.E)	Parámetro característico	≤	Valor máximo tabla 2.1	Categorías	P.med	≤	Valor límite tabla 2.2		
<b>FACHADAS</b>	M1: en contacto con el aire	E.1.1	U <sub>M1</sub>	≤	U <sub>Mmax</sub>	Muros por orientaciones, N, E, O, S, SE, SO	U <sub>Mm</sub>	≤	U <sub>Mlim</sub>		
	M2: en contacto con espacio no habitable	E.1.3.1	U <sub>M2</sub>	≤	U <sub>Mmax</sub>						
	Pf1: Puente térmic. (cont. huecos>0.5)	E.1.1	U <sub>pf1</sub>								
	Pf2: Puente térmic. (pilar fachad>0.5)	E.1.1	U <sub>pf2</sub>								
	Pf3: Puente térmic. (caja persian.>0.5)	E.1.1	U <sub>pf2</sub>								
	H: Huecos	E.1.4.1	U <sub>H</sub>	≤	U <sub>Hmax</sub>	$U_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$	U <sub>Hm</sub>	≤	U <sub>Hlim</sub>		
	E.2	F <sub>H</sub>			$F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	F <sub>Hm</sub>	≤	F <sub>Hlim</sub>			

1º Comprobación: Cálculo de Parámetros Característicos < U<sub>max</sub>:

• **M1: MUROS EN CONTACTO CON EL AIRE:**

<b>M1: MUROS EN CONTACTO CON EL AIRE: U<sub>M1</sub></b>																				
<b>DATOS</b>	e (m) espesor de capa																			
	λ ( W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ). <i>Ver anexo</i>																			
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica capa (m2K/W)	$R = e / \lambda$																		
	Resistencia térmica superficial del cerramiento total (m2K/W)	Rsi (cara interior)	0.13		Según Tabla E.1 del DB-HE1															
		Rse (cara exterior)	0.04																	
	Resistencia térmica de la cámara Rcám (m2K/W)	Rcám sin ventilar	Casos Tabla E.2			<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">e (cm)</th> <th colspan="2">Sin ventilar</th> </tr> <tr> <th>horizontal</th> <th>vertical</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,15</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,16</td> <td>0,17</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,16</td> <td>0,18</td> </tr> </tbody> </table>	e (cm)	Sin ventilar		horizontal	vertical	1	0,15	0,15	2	0,16	0,17	5	0,16	0,18
		e (cm)	Sin ventilar																	
			horizontal	vertical																
1	0,15	0,15																		
2	0,16	0,17																		
5	0,16	0,18																		
Rcám ligeramente ventilada	½ Tabla E.2																			
Rcám muy ventilada	Despreciamos Rcám y tomamos Rse=Rsi=0.13																			
Resistencia térmica total del cerramiento (m2K/W)	$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} + R_{cámara}$																			
Transmitancia térmica del cerramiento (W/m2K)	$U_{m1} = 1 / R_t$																			
<b>COMPROBACIÓN</b> U <sub>m1</sub> < U <sub>max</sub> Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>															
	1.22	1.07	0.95	0.86	0.74															

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como **MUROS DE FACHADA**, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior. De la misma forma se calcularán los puentes térmicos integrados en los citados cerramientos cuya superficie sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>, despreciándose en este caso los efectos multidimensionales del flujo de calor.

La transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup>K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U=1/RT \text{ siendo}$$



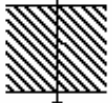
RT la resistencia térmica total del componente constructivo [m<sup>2</sup> K/ W].

La resistencia térmica total RT de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

R1, R2...Rn las resistencias térmicas de cada capa definidas [m<sup>2</sup> K/W];

Rsi y Rse las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento,dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m<sup>2</sup> K/W].

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>K/W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17

En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total RT debe calcularse mediante el procedimiento descrito en el apéndice F.

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R=e/\lambda \text{ siendo:}$$

e el espesor de la capa [m].En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos, [W/m K].

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Las cámaras de aire pueden ser consideradas por su resistencia térmica, para ello se considerarán:

**a) cámara de aire sin ventilar:**

aquella en la que no existe ningún sistema específico para el flujo del aire a través de ella. Una cámara de aire que no tenga aislamiento entre ella y el ambiente exterior pero con pequeñas aberturas al exterior puede también considerarse como cámara de aire sin ventilar, si esas aberturas no permiten el flujo de aire a través de la cámara y no exceden:

i) 500 mm<sup>2</sup> por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;

ii) 500 mm<sup>2</sup> por m<sup>2</sup> de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de las cámaras de aires sin ventilar viene definida en la tabla E.2 en función de su espesor. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Los valores son aplicables cuando la cámara:

- esté limitada por dos superficies paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección del flujo de calor y cuyas emisividades sean superiores a 0,8
- tengan un espesor menor a 0,1 veces cada una de las otras dos dimensiones y no mayor a 0,3 m
- no tenga intercambio de aire con el ambiente interior.

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en m<sup>2</sup> K/W

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Para un cálculo más detallado se considera válido el procedimiento descrito en el apartado B.2 de la norma UNE EN ISO 6 946:1997.

**b) cámara de aire ligeramente ventilada:**

aquella en la que no existe un dispositivo para el flujo de aire limitado a través de ella desde el ambiente exterior pero con aberturas dentro de los siguientes rangos:

i) 500 mm<sup>2</sup> < Saberturas ≤ 1500 mm<sup>2</sup> por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales

ii) 500 mm<sup>2</sup> < Saberturas ≤ 1500 mm<sup>2</sup> por m<sup>2</sup> de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de una cámara de aire ligeramente ventilada es la mitad de los valores de la tabla E.2.

**c) cámara de aire muy ventilada:** aquella en que los valores de las aberturas exceden:

i) 1500 mm<sup>2</sup> por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;

ii) 1500 mm<sup>2</sup> por m<sup>2</sup> de superficie para cámaras de aire horizontales.

Para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.

La transmitancia térmica UMD (W/m<sup>2</sup>K) de las medianerías se calculará como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias superficiales como interiores.

Estamos ya en condiciones de comprobar si el valor de las transmitancias térmicas de los muros en contacto con el aire exterior es menor que el valor máximo de la tabla 2.1.

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Veamos los resultados de las fachadas que tenemos en nuestro edificio.

Fachada a viales:

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	R=e/ $\lambda$	Rt= Rsi+ R1+ ...+Rn+ Rse
1	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	0.991	0.121	Rt =0.13+0.121+0.021+0.170+1.206+0.162+0.046+0.04=1.896
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0150	0.700	0.021	
3	Cámara de aire			0.170	Uc1=1/ Rt=0.52
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	0.029	1.206	
5	Tabicón de LH doble (60mm< E< 90mm)	0.0700	0.432	0.162	
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.430	0.046	
COMPROBACIÓN $U_{c1} < U_{max}$ :		Uc1= 0.52 < Umax tabla 2.1 (zona B3) =1.07		<b>CUMPLE</b>	

Fachada a patios:

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	R=e/ $\lambda$	Rt= Rsi+ R1+ ...+Rn+ Rse
1	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.020	0.700	0.014	Rt =0.13+0.121+0.014+0.170+1.206+0.162+0.046+0.04=1.889
2	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	0.991	0.121	
3	Cámara de aire			0.170	Uc1=1/ Rt=0.52
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	0.029	1.206	
5	Tabicón de LH doble (60mm< E< 90mm)	0.0700	0.432	0.162	
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.430	0.046	
COMPROBACIÓN $U_{c1} < U_{max}$ :		Uc1= 0.52 < Umax (zona B3) =1.07		<b>CUMPLE</b>	

**M2: MURO EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES:**

M2: MURO EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES: $U_{M2}$						
<b>DATOS</b>	e (m) espesor de capa					
	$\lambda$ (W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).					
	$A_{iu}$ (m <sup>2</sup> ) Área de la partición interior entre el espacio habitable y el no habitable					
	$A_{ue}$ (m <sup>2</sup> ) Área del cerramiento entre el espacio no habitable y el exterior					
	Grado de ventilación nivel de estanqueidad.	CASO 1	1	Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación		
		2	Todos los componentes sellados			
		3	Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación			
	CASO 2	4	Poco estanco, a causa de juntas abiertas o de aberturas de ventilación permanente			
		5	Poco estanco, con numerosas juntas o aberturas de ventilación grandes o numerosas			
<b>CÁLCULOS</b>	Relación de áreas		$A_{iu} / A_{ue}$			
	Resistencia térmica capa (m <sup>2</sup> K/W)		$R = e / \lambda$			
	Resistencia térmica superficial de la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable (m <sup>2</sup> K/W)		Rsi (cara interior)		0.13	
			Rse (cara exterior)		0.13	
	Coeficientes de reducción de temperatura . Coeficiente b. Según Tabla E.7 del DB-HE1				Según Tabla E.6 del DB-HE1	
Resistencia térmica de la cámara Rcám (m <sup>2</sup> K/W)		Rcám sin ventilar		Casos Tabla E.2 del HE1		
		Rcám ligeramente ventilada		½ Tabla E.2 del HE1		
Resistencia térmica total de la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable (m <sup>2</sup> K/W)		$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} + R_{cám}$				
Transmitancia térmica de la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable (W/m <sup>2</sup> K)		$U_p = 1 / R_t$				
Transmitancia térmica de la cubierta en contacto con el espacio no habitable (W/m <sup>2</sup> K)		$U_{M2} = U_p \times b$				
<b>COMPROBACIÓN</b> $U_{M2} < U_{max}$ Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática	A	B	C	D	E	
	1.22	1.07	0.95	0.86	0.74	

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Para el cálculo de la transmitancia  $U$  ( $W/m^2K$ ) se consideran en este apartado el caso de cualquier *partición interior* en contacto con un *espacio no habitable* que a su vez esté en contacto con el exterior. Se excluyen de este apartado los vacíos o cámaras sanitarias.

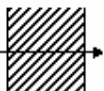
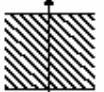
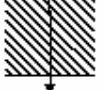
La transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2K$ ) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_p \times b \text{ siendo:}$$

$U_p$  la transmitancia térmica de la *partición interior* en contacto con el *espacio no habitable*, calculada según el apartado E.1.1, tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla E.6. ( $m^2K/W$ );

$b$  el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al *espacio no habitable* obtenido por la tabla E.7 para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito).

Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de *particiones interiores* en  $m^2K/W$

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal 	0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente 	0,17	0,17

El coeficiente de reducción de temperatura  $b$  para espacios adyacentes *no habitables* (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajo cubierta inclinada se podrá obtener de la tabla E.7 en función de:

- la situación del aislamiento térmico (véase figura E.6),
- del grado de ventilación del espacio
- de la relación de áreas entre la *partición interior* y el *cerramiento* ( $A_{iu}/A_{ue}$ ). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio definido en la tabla E.8:

**CASO 1** espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un

nivel de estanqueidad 1, 2 o 3

**CASO 2** espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de

estanqueidad 4 o 5.

Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura  $b$

$A_{iu}/A_{ue}$	No aislado <sub>ue</sub> - Aislado <sub>iu</sub>		No aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>		Aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0.25 ≤0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤0.75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0.75 ≤1.00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1.00 ≤1.25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1.25 ≤2.00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2.00 ≤2.50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2.50 ≤3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

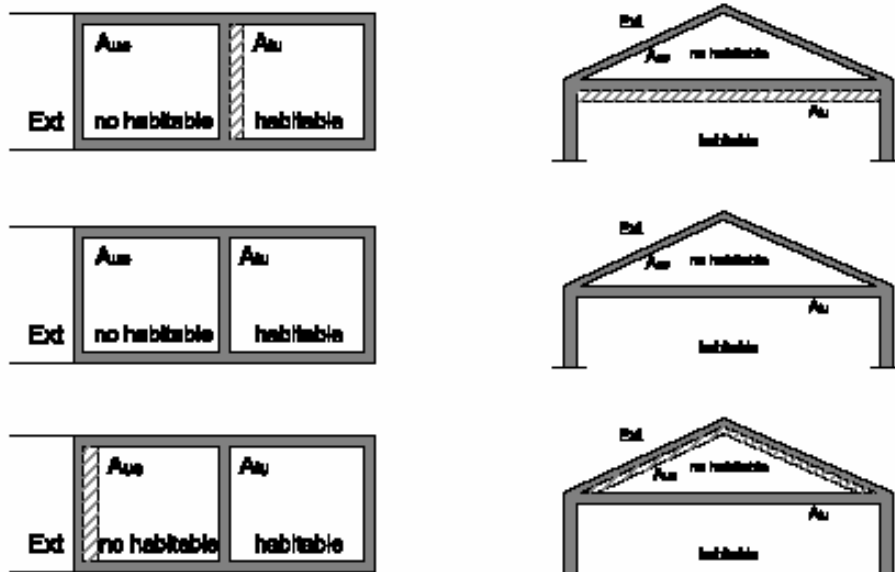


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

NOTA: El subíndice  $ue$  se refiere al cerramiento entre el espacio *no habitable* y el exterior;  
El subíndice  $iu$  se refiere a la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable.

El coeficiente de reducción de temperatura  $h$ , para el resto de *espacios no habitables*, se define mediante la siguiente expresión:

$$h = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \text{ siendo:}$$

$H_{ue}$  es el coeficiente de pérdida del *espacio no habitable* hacia el exterior [W/m];  
 $H_{iu}$  es el coeficiente de pérdida del *espacio habitable* hacia el *espacio no habitable* [W/m].

Los coeficientes  $H_{ue}$  y  $H_{iu}$  incluyen las pérdidas por transmisión y por renovación de aire. Se calculan mediante las fórmulas siguientes:

$$H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0.34 Q_{ue}$$

$$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu} \text{ siendo:}$$

$U_{ue}$  la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior, calculado mediante la expresión (E.1) si está en contacto con el aire o mediante la metodología descrita en el apartado E.1.2 si está en contacto con el terreno [W/m<sup>2</sup>K]

$U_{iu}$  la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable* calculado mediante la expresión (E.1) [W/m<sup>2</sup>K]

$A_{ue}$  el área del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior

$A_{iu}$  el área del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable*

$Q_{ue}$  el caudal de aire entre el exterior y el *espacio no habitable* [m<sup>3</sup>/h]

$Q_{iu}$  el caudal de aire entre el *espacio no habitable* y el *espacio habitable* [m<sup>3</sup>/h]

Para el cálculo del caudal de aire  $Q_{ue}$  se utilizarán los valores del apartado 2 de la Sección HS3 del DB "Salubridad". En ausencia de datos podrán utilizar los valores de renovaciones hora (h<sup>-1</sup>) contenidos en la tabla E.8 multiplicados por el volumen del espacio *no habitable*

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Partición entre elementos comunes y zona no habitable:

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	R=e/ $\lambda$	Rt= Rsi+ R1+...+Rn+ Rse
1	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0150	0.570	0.026	Rt=0.13+0.026+0.201+0.88+0.186+0.026+0.13=1.579
2	½ pie LM métrico o catalán 60mm<G<80mm	0.1200	0.595	0.201	
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0300	0.034	0.88	
4	Tabicón de LH doble ( 60mm<E<90mm)	0.0700	0.375	0.186	
5	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0150	0.570	0.026	
Aiu = 41.50 m2		Grado de ventilación, nivel estanqueidad= CASO 1		Aiu / Aue = 41.50/44.20=0.93	
Aue= 44.20 m2				Coeficiente b= 0.94	
				Up= 1/Rt= 0.63	
				Uc = Up x b =0.63 x 0.94 =0.60	
COMPROBACIÓN $U_c < U_{max}$ :			$U_c = 0.60 < U_{max}$ (zona B3) =1.07 <b>CUMPLE</b>		

• **F1: PUENTE TÉRMICO CONTORNO DE HUECOS > 0.5m<sup>2</sup>:**

F1: PUENTE TÉRMICO CONTORNO DE HUECOS > 0.5m <sup>2</sup> : P <sub>F1</sub>				
<b>DATOS</b>	x (m)			
	λ ( W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ). <i>Ver anexo</i>			
<b>CÁLCULOS</b>	A= x . longitud			
	Resistencia térmica capa (m <sup>2</sup> K/W)	R=e/ λ (= 0.50 si cogemos los valores del DAV )		
	Resistencia térmica superficial del cerramiento total (m <sup>2</sup> K/W)	Rsi (cara interior)	0.13	
		Rse (cara exterior)	0.04	
	Resistencia térmica de la cámara Rcám (m <sup>2</sup> K/W)	Rcám sin ventilar	Casos Tabla E.2	
		Rcám ligeramente ventilada	½ Tabla E.2	
Rcám muy ventilada		Despreciamos Rcám y tomamos Rse=Rsi=0.13		
Resistencia térmica total del cerramiento (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>PF1</sub> = Rsi + R1 + ... + Rn + Rse			
Transmitancia térmica del cerramiento (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>PF1</sub> = 1/ R <sub>PF1</sub>			
<b>COMPROBACIÓN</b> Um1 < Umax Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática	A	B	C	D
	1.22	1.07	0.95	0.86
			E	0.74

Como hemos explicado anteriormente, es necesario calcular los puentes térmicos integrados en los cerramientos, pilares, contorno de huecos, en nuestro caso, puesto que no tenemos cajas de persianas en nuestro edificio. Se deben calcular como cerramientos en contacto con el aire exterior. También podemos recurrir a los valores de resistencia del DAV para no tener que calcularlos, suponiendo que el valor de resistencia del DAV incluye las resistencias superficiales del aire.

Para contorno de huecos el DAV determina:

- Mochetas:  $U_{pf1} = 1 / 0.50 = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Alféizar :  $U_{pf1} = 1 / 0.50 = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

- **F2 : PUENTE TÉRMICO PILARES FACHADA > 0.5m2:**

F2 : PUENTE TÉRMICO PILARES DE FACHADA > 0.5m2 : P <sub>F2</sub>					
<b>DATOS</b>	x (m)				
	λ ( W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ). <i>Ver anexo</i>				
<b>CÁLCULOS</b>	A= x . longitud				
	Resistencia térmica capa (m2K/W)	<b>R=e/ λ (= 0.50 si cogemos los valores del DAV )</b>			
	Resistencia térmica superficial del cerramiento total (m2K/W)	Rsi (cara interior)	0.13		Según Tabla E.1 del DB-HE1
		Rse (cara exterior)	0.04		
	Resistencia térmica de la cámara Rcám (m2K/W)	Rcám sin ventilar	Casos Tabla E.2		
		Rcám ligeramente ventilada	½ Tabla E.2		
Rcám muy ventilada		Despreciamos Rcám y tomamos Rse=Rsi=0.13			
Resistencia térmica total del cerramiento (m2K/W)	<b>R<sub>PF2</sub> = Rsi + R1 + ... + Rn + Rse</b>				
Transmitancia térmica del cerramiento (W/m2K)	<b>U<sub>PF1</sub> = 1/ R<sub>PF2</sub></b>				
<b>COMPROBACIÓN</b> Um1 < Umax Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática	A	B	C	D	E
	1.22	1.07	0.95	0.86	0.74

Para ver la diferencia de cálculo el puente térmico de pilares en fachada lo calcularemos como cerramientos en contacto con el aire exterior.

DATOS: pilar en fachada a viales				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	λ ( W/mK)	R=e/ λ	Rt= Rsi+ R1+...+Rn+ Rse
1	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	0.991	0.121	Rt =0.13+0.121+0.021+0.170+0.75+0.162+0.046+0.04=1.44
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0150	0.700	0.021	
3	Cámara de aire			0.170	Uc1=1/ Rt=0.69
4	Hormigón armado	0.3000	2.500	0.750	
5	Tabicón de LH doble (60mm<E< 90mm)	0.0700	0.432	0.162	
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.430	0.046	
<b>COMPROBACIÓN Uc1 &lt; Umax:</b>		Uc1= 0.69 < Umax (zona B3) =1.07		<b>CUMPLE</b>	

Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética.  
Método simplificado DB-HE1

DATOS: pilar en fachada a patios				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	R=e/ $\lambda$	Rt= Rsi+ R1+...+Rn+ Rse
1	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0200	0.700	0.014	Rt = 0.13+0.121+0.014+0.170+0.75+0.162+0.046+0.04=1.43
2	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	0.991	0.121	
3	Cámara de aire			0.170	
4	Hormigón armado	0.3000	2.500	0.750	Uc1=1/ Rt=0.69
5	Tabicón de LH doble (60mm<E< 90mm)	0.0700	0.432	0.162	
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.430	0.046	
COMPROBACIÓN Uc1 < Umax:		Uc1= 0.69 < Umax (zona B3) =1.07		<b>CUMPLE</b>	

- F3 : CAJA DE PERSIANA > 0.5m2:

F3 : CAJA DE PERSIANA > 0.5m2 : P <sub>F3</sub>					
DATOS	x (m)				
	$\lambda$ (W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ). <i>Ver anexo</i>				
CÁLCULOS	A= x. longitud				
	Resistencia térmica capa (m2K/W)	R=e/ $\lambda$ (= 0.40 si cogemos los valores del DAV)			
	Resistencia térmica superficial del cerramiento total (m2K/W)	Rsi (cara interior)	0.13		Según Tabla E.1 del DB-HE1
		Rse (cara exterior)	0.04		
	Resistencia térmica de la cámara Rcám (m2K/W)	Rcám sin ventilar	Casos Tabla E.2		
		Rcám ligeramente ventilada	½ Tabla E.2		
Rcám muy ventilada		Despreciamos Rcám y tomamos Rse=Rsi=0.13			
Resistencia térmica total del cerramiento (m2K/W)	R <sub>PF3</sub> = Rsi+ R1+...+Rn + Rse				
Transmitancia térmica del cerramiento (W/m2K)	U <sub>PF3</sub> = 1/ R <sub>PF3</sub>				
COMPROBACIÓN Um1 < Umax Tabla 2.1. del DB-HE1 según zona climática	A	B	C	D	E
	1.22	1.07	0.95	0.86	0.74

En nuestro edificio no tenemos cajas de persianas, pero el procedimiento sería exactamente igual que en los casos anteriores.

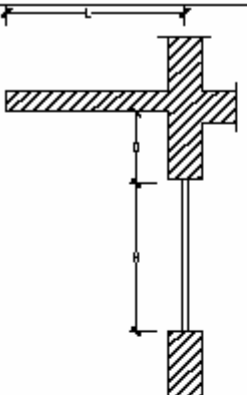
• **H: HUECOS: ( $U_H - F_H$ )**

<b>H: HUECOS: <math>U_H - F_H</math></b>											
<b>DATOS</b>	$U_{iv}$ (W/m2K) Transmitancia térmica del acristalamiento ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).										
	$U_{im}$ (W/m2K) Transmitancia térmica del marco ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).										
	$A_h$ (m2) Área del hueco										
	$A_m$ (m2) Área del marco										
	$g_{\perp}$ Factor solar de la parte acristalada ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).										
	$\alpha$ absorptividad del marco ( según tabla E.10)										
	<b>F<sub>s</sub></b> Factor de sombra del hueco: <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td><b>VOLADIZOS</b></td> <td>(tabla E.11)</td> </tr> <tr> <td><b>RETRANQUEOS</b></td> <td>(tabla E.12)</td> </tr> <tr> <td><b>LAMAS</b></td> <td>(tabla E.13)</td> </tr> <tr> <td><b>TOLDOS</b></td> <td>(tabla E.14)</td> </tr> </table>				<b>VOLADIZOS</b>	(tabla E.11)	<b>RETRANQUEOS</b>	(tabla E.12)	<b>LAMAS</b>	(tabla E.13)	<b>TOLDOS</b>
<b>VOLADIZOS</b>	(tabla E.11)										
<b>RETRANQUEOS</b>	(tabla E.12)										
<b>LAMAS</b>	(tabla E.13)										
<b>TOLDOS</b>	(tabla E.14)										
<b>CÁLCULOS</b>	Fracción del hueco ocupada por el marco	$FM = A_m / A_h$									
	Transmitancia térmica del lucernario (W/m2K)	$U_H = (1-FM) \times U_{iv} + FM \times U_{im}$									
	Factor solar modificado del hueco	$F_H = F_s ( (1-FM) \times g_{\perp} + FM \times 0.04 \times U_{im} \times \alpha )$									
<b>COMPROBACIÓN</b> $U_i < U_{max}$ Tabla 2.1 del DB-HE1 según zona climática	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>E</b>							
	5.70	5.70	4.40	3.10							

Tabla E.10 Absortividad del marco para radiación solar  $\alpha$

Color	Claro	Medio	Oscuro
Bianco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

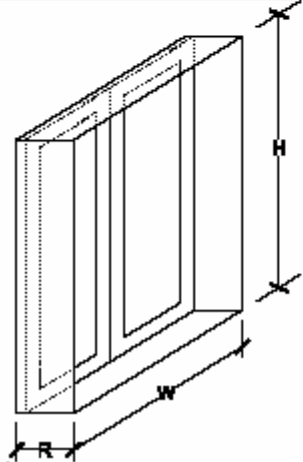
Tabla E.11: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Voladizo



NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud L se medirá desde el centro del acristalamiento.

ORIENTACIONES DE FACHADAS		$0,2 < L/H \leq 0,5$	$0,5 < L/H \leq 1$	$1 < L/H \leq 2$	$L/H > 2$
		S	$0 < D/H \leq 0,2$ $0,2 < D/H \leq 0,5$ $D/H > 0,5$	0,82 0,87 0,93	0,50 0,64 0,82
SE/SO	$0 < D/H \leq 0,2$ $0,2 < D/H \leq 0,5$ $D/H > 0,5$	0,90 0,94 0,98	0,71 0,82 0,93	0,43 0,60 0,84	0,16 0,27 0,65
E/O	$0 < D/H \leq 0,2$ $0,2 < D/H \leq 0,5$ $D/H > 0,5$	0,92 0,96 0,99	0,77 0,86 0,96	0,55 0,70 0,89	0,22 0,43 0,75

Tabla E.12: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo



ORIENTACIONES DE FACHADAS		$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$
		S	$0,05 < R/H \leq 0,1$ $0,1 < R/H \leq 0,2$ $0,2 < R/H \leq 0,5$ $R/H > 0,5$	0,82 0,76 0,56 0,35	0,74 0,67 0,51 0,32
SE/SO	$0,05 < R/H \leq 0,1$ $0,1 < R/H \leq 0,2$ $0,2 < R/H \leq 0,5$ $R/H > 0,5$	0,86 0,79 0,59 0,38	0,81 0,74 0,56 0,36	0,72 0,66 0,47 0,32	0,51 0,47 0,36 0,23
E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$ $0,1 < R/H \leq 0,2$ $0,2 < R/H \leq 0,5$ $R/H > 0,5$	0,91 0,86 0,71 0,53	0,87 0,82 0,68 0,51	0,81 0,76 0,61 0,48	0,65 0,61 0,51 0,39

Tabla E.13 Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas

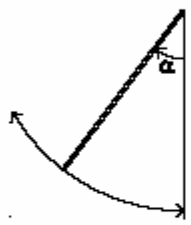
LAMAS HORIZONTALES		ANGULO DE INCLINACIÓN ( $\beta$ )		
		0	30	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,49	0,42	0,26
	SURESTE/ SUROESTE	0,54	0,44	0,26
	ESTE/ OESTE	0,57	0,45	0,27


LAMAS VERTICALES		ANGULO DE INCLINACIÓN ( $\sigma$ )						
		-60	-45	-30	0	30	45	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,37	0,44	0,49	0,53	0,47	0,41	0,32
	SURESTE	0,46	0,53	0,56	0,56	0,47	0,40	0,30
	ESTE	0,39	0,47	0,54	0,63	0,55	0,45	0,32
	OESTE	0,44	0,52	0,58	0,63	0,50	0,41	0,29
	SUROESTE	0,38	0,44	0,50	0,56	0,53	0,48	0,38

NOTAS Los valores de factor de sombra que se indican en estas tablas han sido calculados para una relación D/L igual o inferior a 1.  
El ángulo  $\sigma$  debe ser medido desde la normal a la fachada hacia el plano de las lamas, considerándose positivo en dirección horaria.

Tabla E.14 Factor de sombra para obstáculos de fachada: toldos

	CASO A	Tejido opacos $\tau=0$		Tejidos translúcidos $\tau=0,2$	
	$\alpha$	SE/S/SO	E/O	SE/S/SO	E/O
	30	0,02	0,04	0,22	0,24
	45	0,05	0,08	0,25	0,28
	60	0,22	0,28	0,42	0,48

	CASO B	Tejido opacos $\tau=0$			Tejidos translúcidos $\tau=0,2$		
	$\alpha$	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O
	30	0,43	0,61	0,67	0,63	0,81	0,87
	45	0,20	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60
	60	0,14	0,39	0,28	0,34	0,42	0,48

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Los parámetros característicos de un hueco son la transmitancia térmica ( $U_H$  en  $W/m^2K$ ) y el factor solar modificado del hueco ( $F_H$ )

En nuestro caso hemos elegido ventanas del siguiente tipo:

- a) marco de PVC color blanco, con rotura de puente térmico, entre 4 y 12mm.
- Transmitancia térmica del marco:  $U_{hm}=2.20 W/m^2K$
  - Absortividad del marco:  $\alpha =0.20$
- b) vidrio doble 4-12-4 (los valores se obtienen del catálogo de elementos constructivos)
- Transmitancia térmica del acristalamiento:  $U_{hv}=2.80 W/m^2K$
  - Factor solar:  $g_{\perp}=0.75$

Como todas las ventanas del edificio son similares hemos decidido realizar el cálculo para aquella en la que la proporción marco/hueco es mayor, puesto que  $U_{hv}<U_{hm}$ . Al ser la transmitancia de nuestro marco mayor que la del acristalamiento, si aplicamos esa  $U_h$  a todos los huecos acristalados estaremos del lado de la seguridad y nos ahorraremos realizar el cálculo de cada tipo de ventana. En el supuesto que  $U_{hv}>U_{hm}$  elegiríamos el hueco con menor fracción marco/hueco.

Si no quisieramos hacer esta simplificación deberemos calcular cada una  $U_h$  para cada tipología de ventana, con proporciones distintas de marco/hueco.

<b>DATOS</b>	$U_{hv}$ (W/m <sup>2</sup> K) =2.80 W/m <sup>2</sup> K (dato tabulado)	
	$U_{hm}$ (W/m <sup>2</sup> K) =2.20 W/m <sup>2</sup> K (dato tabulado)	
	$A_h$ (m <sup>2</sup> ) =3.26m <sup>2</sup> valor obtenido según geometría del edificio	
	$A_m$ (m <sup>2</sup> )=0.45m <sup>2</sup> valor obtenido según geometría del edificio	
	$g_{\perp}$ =0.75 (dato tabulado)	
	$\alpha$ =0.2 (dato tabulado)	
$F_s$ =1 (dato tabulado)		
<b>CÁLCULOS</b>	Fracción del hueco ocupada por el marco	$FM= A_m /A_h=0.13$
	Transmitancia térmica del hueco (W/m <sup>2</sup> K)	$U_h=(1-FM) \times U_{hv} + FM \times U_{hm}=(1-0.13) \times 2.80 + 0.13 \times 2.20 =2.71$
	Factor solar modificado del hueco	$F_h = F_s ( (1-FM) \times g_{\perp} + FM \times 0.04 \times U_{hm} \times \alpha )=0.65$
<b>COMPROBACIÓN</b>	$U_h =2.71 < U_{hmax}=5.70$ CUMPLE	

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Para la consideración sobre puertas no acristaladas no está clara en el DB-HE1, tal y como hemos visto anteriormente.

Podemos acogernos a la interpretación del DAV, que dice que sólo es necesario calcular  $U_h$ , no el factor solar, y que pueden calcularse como si fueran un cerramiento en contacto con el exterior de una capa de 3-4cm de madera maciza ( usando  $\lambda = 0.20 \text{ W/mK}$  para la madera).

Siendo  $U_{puerta} = 1/R_t = \lambda / e = 0.20 / 0.04 = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$

O bien podríamos calcularlas como huecos, pero con porcentajes de marco de casi el 100% y un vidrio de las características de la madera.

Según este método con la fórmula  **$U_h = (1-FM) \times U_{hv} + FM \times U_{hm} = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$**

En este caso, nos da el mismo resultado por los dos métodos.

**1º comprobación acabada.**

**2º COMPROBACIÓN:**

Cálculo de Parámetros Medios			Ulim		
Componentes		Categorías	P.med	Valor límite tabla 2.2	
<b>FACHADAS</b>	M1: en contacto con el aire	<b>Muros por orientaciones, N, E, O, S, SE, SO</b>	$U_{Mm} = \frac{\sum A_M \cdot U_M + \sum A_{PF} \cdot U_{PF}}{\sum A_M + \sum A_{PF}}$	$U_{Mm}$	$U_{Mlim}$
	M2: en contacto con espacio no habitable				
	Pf1: Puente térmic. (cont. huecos>0.5)				
	Pf2: Puente térmic. (pilar fachad>0.5)				
	Pf3: Puente térmic. (caja persian.>0.5)	$U_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$	$U_{Hm}$	$U_{Hlim}$	
H: Huecos	$F_{Hlim} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$				$F_{Hm}$
		<b>solo edificios de alta carga interna</b>			

**ZONA CLIMÁTICA B3**

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno  $U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Transmitancia límite de suelos  $U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Transmitancia límite de cubiertas  $U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Factor solar modificado límite de lucernarios  $F_{Llim}: 0,30$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

En nuestro edificio el % de superficie de huecos en función de la orientación quedaría del siguiente modo:

orientación	% superficie de huecos
Norte	11.10
Este	40.04
Oeste	23.86
Sur	0

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Comencemos a calcular:  
de superficie del edificio.

$$U_{Mm} = \frac{\sum A_M \cdot U_M + \sum A_{PF} \cdot U_{PF}}{\sum A_M + \sum A_{PF}}$$
 para cada orientación, vease tablas

$$U_{Mm} = (((29.47 \times 0.52) + (45.46 \times 0.52) + (15.57 \times 0.52) + (31.38 \times 0.52) + (18.94 \times 0.52) + (41.50 \times 0.60)) + ((1.80 \times 2) + (4.94 \times 2) + (1.83 \times 2) + (1.35 \times 2) + (8.36 \times 0.69) + (1.74 \times 0.69) + (5.49 \times 0.69) + (5.23 \times 0.69)) / 182.32 + 30.74 = 0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$U_{mm} = 0.50 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{mlim} = 0.82 \text{ W/m}^2\text{K}$  CUMPLE

Continuemos calculando  $U_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$ , vease tablas de superficie del edificio.

$$U_{Hm} = ((4.19 \times 2.71) + (37.03 \times 2.71) + (37.03 \times 2.71)) / 41.22 = 2.71 \text{ W/m}^2\text{K}$$

orientación	% superficie de huecos
Norte	11.10
Este	40.04
Oeste	23.86
Sur	0

Cogemos el  $U_{hlim}$  más restrictivo = 3.80 W/m<sup>2</sup>K

Por tanto:

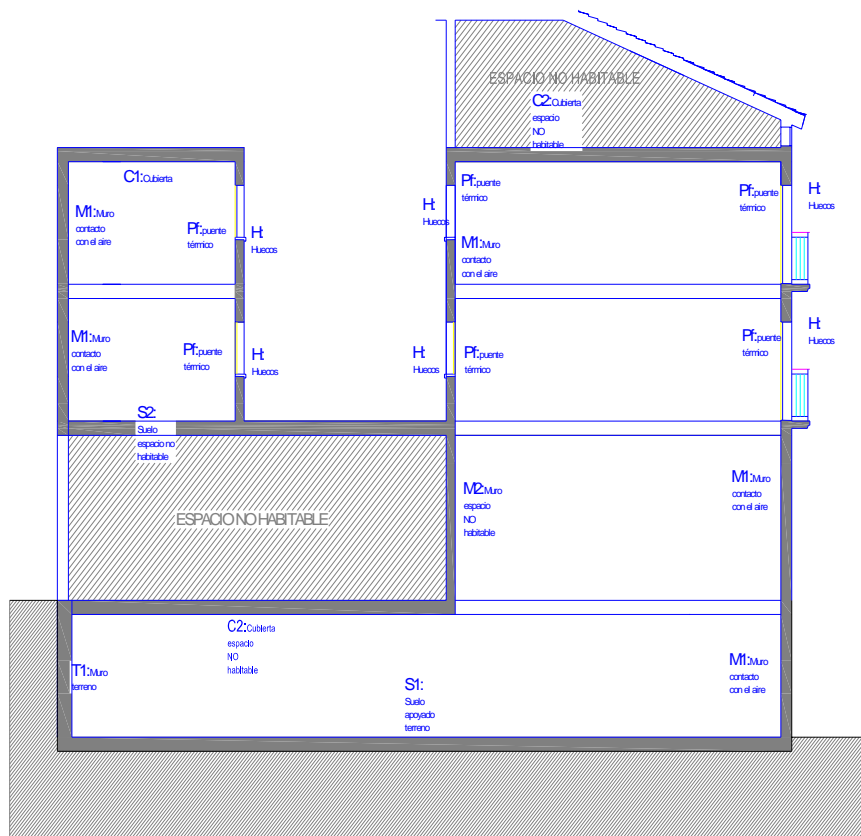
$U_{Hm} = 2.71 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{hlim} = 3.80 \text{ W/m}^2\text{K}$  CUMPLE

Ahora ya estamos en condiciones de completar las casillas de MUROS y HUECOS de las fichas justificativas. FICHA 1 Y FICHA 2.

### 2.2.4.3. SUELOS

1º COMPROBACIÓN					2º COMPROBACIÓN		
Cálculo de Parámetros Característicos				U <sub>max</sub>	Cálculo de Parámetros Medios		U <sub>lim</sub>
Componentes	Cálc. (Ap.E)	Parámetro característico	U <sub>s</sub>	Valor máximo t	Categorías	P.med	Valor límite tabla 2.2
SUELOS	S1: Sobre terreno (prof<0.5m)	E.1.2.1.	U <sub>s1</sub>	U <sub>s</sub>	$U_{hm} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	U <sub>sm</sub>	U <sub>slim</sub>
	S2: en contacto con espacio no habitable	E.1.3.1 o E.1.3.2	U <sub>s2</sub>	U <sub>smax</sub>			
	S3: en contacto con el aire exterior	E.1.1	U <sub>s3</sub>	U <sub>smax</sub>			

Recordemos nuestra envolvente térmica para situar los tipos de SUELO que tenemos en nuestro edificio:



S1: Suelo apoyado sobre el terreno

S2: Forjado en contacto con espacios NO habitables

1ª comprobación: Cálculo de Parámetros Característicos < U<sub>max</sub>:

- **S1: SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (profundidad < 0.5m )**

S1: SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (profundidad < 0.5m ): U <sub>s1</sub>																																																																																																																																																																																																																																				
<b>DATOS</b>	e (m) espesor banda aislamiento																																																																																																																																																																																																																																			
	P(m) perímetro de la solera/ losa																																																																																																																																																																																																																																			
	A(m <sup>2</sup> ) área de la solera / losa																																																																																																																																																																																																																																			
	D (m) ancho de la banda de aislamiento perimetral ( 1/ )																																																																																																																																																																																																																																			
	λ ( W/mK) conductividad térmica del aislante ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).																																																																																																																																																																																																																																			
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica del aislante (m <sup>2</sup> K/W)	$R = e / \lambda$ (2)																																																																																																																																																																																																																																		
	Longitud característica (m)	$B' = A / (1/2P)$																																																																																																																																																																																																																																		
	Transmitancia del primer metro de solera/losa ( W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>s1</sub> (B' =1) (3) (Se obtiene de tabla E.3)	Tabla E.3 Transmitancia térmica U <sub>s</sub> en W/m <sup>2</sup> ·K																																																																																																																																																																																																																																	
	Transmitancia de solera/ losa ( W/m <sup>2</sup> K)		U <sub>s1</sub> (Se obtiene de tabla E.3)	<table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">B'</th> <th rowspan="2">R<sub>s</sub></th> <th colspan="5">D = 0.5 m</th> <th colspan="5">D = 1.0 m</th> <th colspan="4">D ≥ 1.5 m</th> </tr> <tr> <th colspan="5">R<sub>s</sub> (m<sup>2</sup> K/W)</th> <th colspan="5">R<sub>s</sub> (m<sup>2</sup> K/W)</th> <th colspan="4">R<sub>s</sub> (m<sup>2</sup> K/W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2,35</td> <td>1,57</td> <td>1,30</td> <td>1,16</td> <td>1,07</td> <td>1,01</td> <td>1,39</td> <td>1,01</td> <td>0,80</td> <td>0,66</td> <td>0,57</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,85</td> <td>0,69</td> <td>0,64</td> <td>0,61</td> <td>0,59</td> <td>0,58</td> <td>0,65</td> <td>0,58</td> <td>0,54</td> <td>0,51</td> <td>0,49</td> <td>0,64</td> <td>0,55</td> <td>0,50</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0,74</td> <td>0,61</td> <td>0,57</td> <td>0,54</td> <td>0,53</td> <td>0,52</td> <td>0,58</td> <td>0,52</td> <td>0,48</td> <td>0,46</td> <td>0,44</td> <td>0,57</td> <td>0,50</td> <td>0,45</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>0,66</td> <td>0,55</td> <td>0,51</td> <td>0,49</td> <td>0,48</td> <td>0,47</td> <td>0,53</td> <td>0,47</td> <td>0,44</td> <td>0,42</td> <td>0,41</td> <td>0,51</td> <td>0,45</td> <td>0,42</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0,60</td> <td>0,50</td> <td>0,47</td> <td>0,45</td> <td>0,44</td> <td>0,43</td> <td>0,48</td> <td>0,43</td> <td>0,41</td> <td>0,39</td> <td>0,38</td> <td>0,47</td> <td>0,42</td> <td>0,38</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>0,55</td> <td>0,46</td> <td>0,43</td> <td>0,42</td> <td>0,41</td> <td>0,40</td> <td>0,44</td> <td>0,40</td> <td>0,38</td> <td>0,36</td> <td>0,35</td> <td>0,43</td> <td>0,39</td> <td>0,36</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,51</td> <td>0,43</td> <td>0,40</td> <td>0,39</td> <td>0,38</td> <td>0,37</td> <td>0,41</td> <td>0,37</td> <td>0,35</td> <td>0,34</td> <td>0,33</td> <td>0,40</td> <td>0,36</td> <td>0,34</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>0,44</td> <td>0,38</td> <td>0,36</td> <td>0,34</td> <td>0,34</td> <td>0,33</td> <td>0,36</td> <td>0,33</td> <td>0,31</td> <td>0,30</td> <td>0,29</td> <td>0,36</td> <td>0,32</td> <td>0,30</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>0,39</td> <td>0,34</td> <td>0,32</td> <td>0,31</td> <td>0,30</td> <td>0,30</td> <td>0,32</td> <td>0,30</td> <td>0,28</td> <td>0,27</td> <td>0,27</td> <td>0,32</td> <td>0,29</td> <td>0,27</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>0,35</td> <td>0,31</td> <td>0,29</td> <td>0,28</td> <td>0,27</td> <td>0,27</td> <td>0,29</td> <td>0,27</td> <td>0,26</td> <td>0,25</td> <td>0,24</td> <td>0,29</td> <td>0,26</td> <td>0,25</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>0,32</td> <td>0,28</td> <td>0,27</td> <td>0,26</td> <td>0,25</td> <td>0,25</td> <td>0,27</td> <td>0,25</td> <td>0,24</td> <td>0,23</td> <td>0,22</td> <td>0,27</td> <td>0,24</td> <td>0,23</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>≥20</td> <td>0,30</td> <td>0,26</td> <td>0,25</td> <td>0,24</td> <td>0,23</td> <td>0,23</td> <td>0,25</td> <td>0,23</td> <td>0,22</td> <td>0,21</td> <td>0,21</td> <td>0,25</td> <td>0,22</td> <td>0,21</td> <td>0,2</td> </tr> </tbody> </table>				B'	R <sub>s</sub>	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> K/W)					R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> K/W)					R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> K/W)				1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,4	6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,4	7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,3	8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,3	9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,3	10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,3	12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,2	14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,2	16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,2	18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,2	≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21
	B'	R <sub>s</sub>	D = 0.5 m							D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m																																																																																																																																																																																																																					
R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> K/W)					R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> K/W)					R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> K/W)																																																																																																																																																																																																																										
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																					
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,4																																																																																																																																																																																																																					
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,4																																																																																																																																																																																																																					
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,3																																																																																																																																																																																																																					
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,3																																																																																																																																																																																																																					
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,3																																																																																																																																																																																																																					
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,3																																																																																																																																																																																																																					
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,2																																																																																																																																																																																																																					
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,2																																																																																																																																																																																																																					
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,2																																																																																																																																																																																																																					
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,2																																																																																																																																																																																																																					
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,2																																																																																																																																																																																																																					
<b>COMPROBACIÓN</b> Us1 < U <sub>max</sub> Tabla 2.1, para Us1 en el primer metro	A	B	C	D	E																																																																																																																																																																																																																															
	1.22	1.07	0.95	0.86	0.74																																																																																																																																																																																																																															

(1) Para soleras/ losas con aislamiento continuo en toda su superficie, tomar D> 1.5m.

(2) Para soleras/ losas sin aislar, tomar R=0, pero no cumplirá la comprobación de transmitancia máxima en el primer metro.

(3) Únicamente para comprobar con la tabla 2.1

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

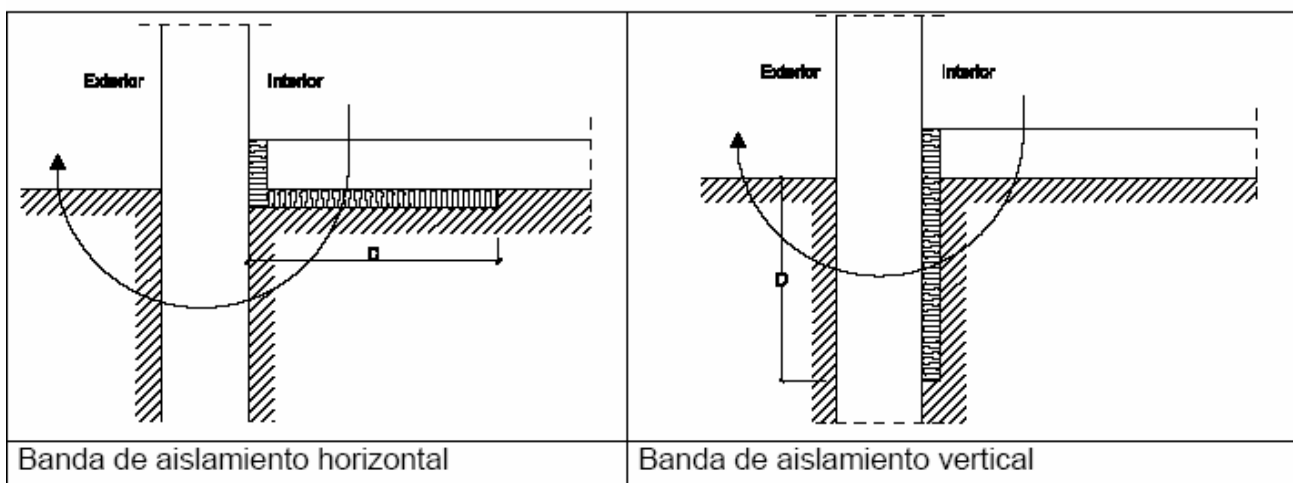
Texto extraído del apéndice E del DB-HE1: ( esto os lo tenéis que leer)

Para el cálculo de la transmitancia  $U_s$  (W/m<sup>2</sup>K) se consideran en este apartado las soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,50 m por debajo de éste;

La transmitancia térmica  $U_s$  (W/m<sup>2</sup>K) se obtendrá de la tabla E.3 del DB-He1 en función de:

- Del ancho  $D$  de la banda de aislamiento perimétrico
- De la resistencia térmica del aislante  $R_a$
- La longitud característica  $B'$  de la solera o losa (Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.)

Figura E.1. Soleras con aislamiento perimetral



Se define la longitud característica  $B'$  como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro, según la expresión:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}$$

siendo:

$P$  la longitud del perímetro de la solera (m);  
 $A$  el área de la solera (m<sup>2</sup>).

- Para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica  $U_s$  se tomará de la columna  $R_a = 0$  m<sup>2</sup> K/ W en función de su longitud característica  $B'$ .
- Para soleras o losas con aislamiento continuo en toda su superficie se tomarán los valores de la columna  $D \geq 1,5$  m.
- La transmitancia térmica del primer metro de losa o solera se obtendrá de la fila  $B' = 1$ .

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Tabla E.3 Transmitancia térmica  $U_s$  en  $W/m^2 \cdot K$

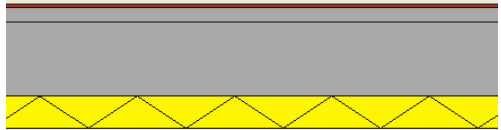
B'	$R_a$	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		$R_a$ ( $m^2 \cdot K/W$ )					$R_a$ ( $m^2 \cdot K/W$ )					$R_a$ ( $m^2 \cdot K/W$ )				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica  $U_s$  podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

En nuestro edificio todo el forjado de sótano se encuentra a una profundidad  $Z=0m$ , con lo que empezaremos a calcular:

En este apartado no es necesario conocer de qué elementos está compuesto el suelo en contacto con el terreno porque lo realmente importante es saber los datos de la banda de aislamiento perimetral.

Aún así veamos de qué elementos está compuesto nuestro suelo en contacto con el terreno: S1

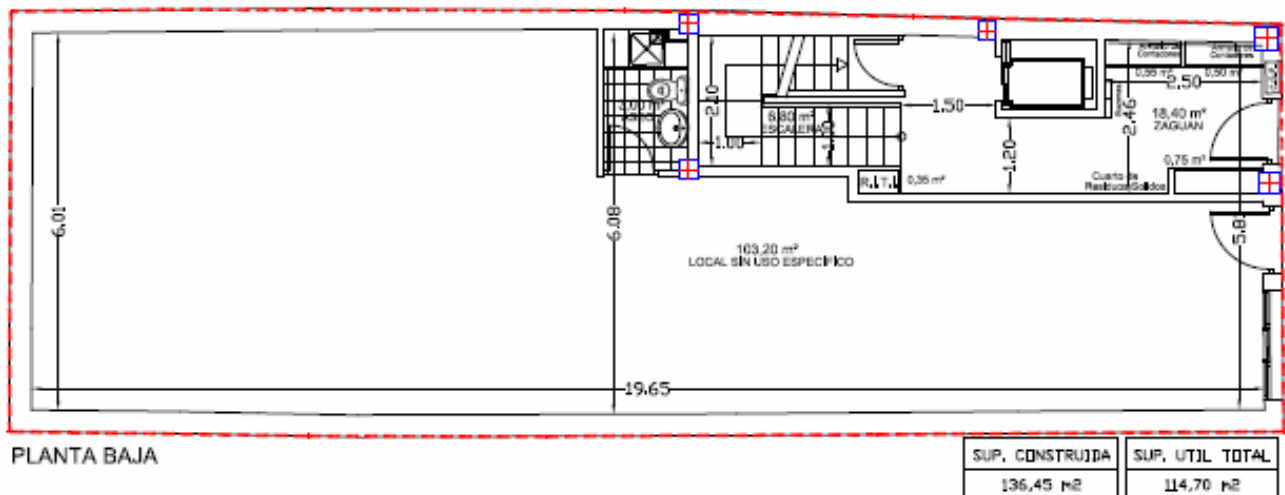
Nº	Material	Espesor	
1	Plaqueta o baldosa de gres	0.0200	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0300	
3	Hormigón armado 2300<d<2500	0.1500	
4	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0400	
5	Polietileno de alta densidad (HDPE)	0.0020	

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Imaginemos que nuestro suelo en contacto con el terreno como hemos dicho anteriormente NO poseiese aislamiento, por tanto según el apéndice E del DB-HE1, la transmitancia térmica  $U_s$ , se tomará de la columna  $R_a=0m^2K/W$  de la tabla E.3 en función de su longitud característica  $B'$ .

Pero comprobaremos más adelante que no cumplirá la comprobación de transmitancia máxima en el primer metro de losa o solera establecida en la Tabla 2.1 del DB-He1.

Calculemos nuestro suelo en contacto con el terreno, esta es la planta de sótano.



El cálculo del área y el perímetro es trivial a partir de la anterior figura

$$A=136.45m^2$$

$$P= 19.85+6.01+19.85+5.81= 51.52m$$

Y con esto calculamos el factor  $B' = A/0.5 \times P= 136.45/ (0.5 \times 51.52)=5.30$

Ya se tienen todos los valores para calcular el coeficiente de transferencia térmica total de la tabla E.3

Como no existe en la tabla el valor exacto  $B' = 5.30$  el coeficiente lo deberemos obtener por interpolación lineal.

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Sean dos puntos  $(X_0, Y_0)$ ,  $(X_1, Y_1)$ , se obtiene una estimación del valor  $Y$ , para un valor  $X$  tal que  $X_0 < X < X_1$ . Obtenemos la fórmula de interpolación lineal.

$$Y = Y_0 + ((Y_1 - Y_0) / (X_1 - X_0)) \cdot (X - X_0)$$

En nuestro caso, cogemos los valores de la tabla E.3

$$(X_0, Y_0) = (5, 0.85) \quad (X_1, Y_1) = (6, 0.74)$$

$$Y = Y_0 + ((Y_1 - Y_0) / (X_1 - X_0)) \cdot (X - X_0) = 0.85 + ((0.74 - 0.85) / (6 - 5)) \cdot (5.30 - 5) = 0.817$$

Por tanto tendremos:

$$U_s = 0.817 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Este es el valor con el que se debe operar los valores promedios para luego compararlos con los de la tabla 2.2 del DB-He1 en el apartado de conformidad energética.

La transmitancia térmica del primer metro de losa o solera se obtendrá de la fila  $B' = 1$ , y en nuestro caso tomaremos  $R_a = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$  por no tener definida una banda de aislante perimetral.

$$\text{Siendo } U_s = 2.35 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Comparando este valor con la tabla 2.1 del DB-HE1 para una zona climática B3 nos damos cuenta que No cumple:

$$U_s = 2.35 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 1.07 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ NO CUMPLE}$$

Pongámosle ahora una banda de aislamiento horizontal al suelo en contacto con el terreno para ver que ocurre.

Del catálogo de elementos constructivos elegimos un tipo de aislante:

XPS Expandido con dióxido de carbono CO4 (0.037 W/mK)

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

<b>DATOS</b>	e (m) espesor banda aislamiento = 0.04m																																																																																																																																																																																																																																																				
	P(m) perímetro de la solera/ losa= 51.52m																																																																																																																																																																																																																																																				
	A(m <sup>2</sup> ) área de la solera / losa=136.45m <sup>2</sup>																																																																																																																																																																																																																																																				
	D (m) ancho de la banda de aislamiento perimetral = 1m																																																																																																																																																																																																																																																				
	λ (W/mK) del aislante = 0.037(W/mK)																																																																																																																																																																																																																																																				
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica del aislante (m <sup>2</sup> K/W)		<b>R=e/ λ = 1.08 m<sup>2</sup>K/W</b>																																																																																																																																																																																																																																																		
	Longitud característica (m)		<b>B´ = A / (1/2P)=5.30</b>																																																																																																																																																																																																																																																		
	Transmitancia del primer metro de solera/losa (W/m <sup>2</sup> K)		<b>Us1 (B´ =1) =0.97 W/m<sup>2</sup>K</b>		Tabla E.3 Transmitancia térmica Us en W/m <sup>2</sup> ·K																																																																																																																																																																																																																																																
	Transmitancia de solera/losa (W/m <sup>2</sup> K)		<b>Us1=0.817 W/m<sup>2</sup>K</b>																																																																																																																																																																																																																																																		
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">B´</th> <th rowspan="2">R<sub>s</sub></th> <th colspan="5">D = 0.5 m</th> <th colspan="5">D = 1.0 m</th> <th colspan="4">D ≥ 1.5 m</th> </tr> <tr> <th colspan="10">R<sub>s</sub> (m<sup>2</sup> K/W)</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>0,50</th><th>1,00</th><th>1,50</th><th>2,00</th><th>2,50</th> <th>0,50</th><th>1,00</th><th>1,50</th><th>2,00</th><th>2,50</th> <th>0,50</th><th>1,00</th><th>1,50</th><th>2,00</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2,35</td><td>1,57</td><td>1,30</td><td>1,16</td><td>1,07</td><td>1,01</td><td>1,39</td><td>1,01</td><td>0,80</td><td>0,66</td><td>0,57</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,85</td><td>0,69</td><td>0,64</td><td>0,61</td><td>0,59</td><td>0,58</td><td>0,65</td><td>0,58</td><td>0,54</td><td>0,51</td><td>0,49</td><td>0,64</td><td>0,55</td><td>0,50</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,74</td><td>0,61</td><td>0,57</td><td>0,54</td><td>0,53</td><td>0,52</td><td>0,58</td><td>0,52</td><td>0,48</td><td>0,46</td><td>0,44</td><td>0,57</td><td>0,50</td><td>0,45</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,66</td><td>0,55</td><td>0,51</td><td>0,49</td><td>0,48</td><td>0,47</td><td>0,53</td><td>0,47</td><td>0,44</td><td>0,42</td><td>0,41</td><td>0,51</td><td>0,45</td><td>0,42</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,60</td><td>0,50</td><td>0,47</td><td>0,45</td><td>0,44</td><td>0,43</td><td>0,48</td><td>0,43</td><td>0,41</td><td>0,39</td><td>0,38</td><td>0,47</td><td>0,42</td><td>0,38</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,55</td><td>0,46</td><td>0,43</td><td>0,42</td><td>0,41</td><td>0,40</td><td>0,44</td><td>0,40</td><td>0,38</td><td>0,36</td><td>0,35</td><td>0,43</td><td>0,39</td><td>0,36</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,51</td><td>0,43</td><td>0,40</td><td>0,39</td><td>0,38</td><td>0,37</td><td>0,41</td><td>0,37</td><td>0,35</td><td>0,34</td><td>0,33</td><td>0,40</td><td>0,36</td><td>0,34</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>12</td><td>0,44</td><td>0,38</td><td>0,36</td><td>0,34</td><td>0,34</td><td>0,33</td><td>0,36</td><td>0,33</td><td>0,31</td><td>0,30</td><td>0,29</td><td>0,36</td><td>0,32</td><td>0,30</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>14</td><td>0,39</td><td>0,34</td><td>0,32</td><td>0,31</td><td>0,30</td><td>0,30</td><td>0,32</td><td>0,30</td><td>0,28</td><td>0,27</td><td>0,27</td><td>0,32</td><td>0,29</td><td>0,27</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>16</td><td>0,35</td><td>0,31</td><td>0,29</td><td>0,28</td><td>0,27</td><td>0,27</td><td>0,29</td><td>0,27</td><td>0,26</td><td>0,25</td><td>0,24</td><td>0,29</td><td>0,26</td><td>0,25</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>18</td><td>0,32</td><td>0,28</td><td>0,27</td><td>0,26</td><td>0,25</td><td>0,25</td><td>0,27</td><td>0,25</td><td>0,24</td><td>0,23</td><td>0,22</td><td>0,27</td><td>0,24</td><td>0,23</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>≥20</td><td>0,30</td><td>0,26</td><td>0,25</td><td>0,24</td><td>0,23</td><td>0,23</td><td>0,25</td><td>0,23</td><td>0,22</td><td>0,21</td><td>0,21</td><td>0,25</td><td>0,22</td><td>0,21</td><td>0,2</td></tr> </tbody> </table>										B´	R <sub>s</sub>	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> K/W)												0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,4	6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,4	7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,3	8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,3	9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,3	10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,3	12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,2	14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,2	16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,2	18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,2	≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21
B´	R <sub>s</sub>	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m																																																																																																																																																																																																																																									
		R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> K/W)																																																																																																																																																																																																																																																			
		0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00																																																																																																																																																																																																																																						
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																						
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,4																																																																																																																																																																																																																																						
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,4																																																																																																																																																																																																																																						
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,3																																																																																																																																																																																																																																						
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,3																																																																																																																																																																																																																																						
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,3																																																																																																																																																																																																																																						
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,3																																																																																																																																																																																																																																						
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,2																																																																																																																																																																																																																																						
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,2																																																																																																																																																																																																																																						
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,2																																																																																																																																																																																																																																						
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,2																																																																																																																																																																																																																																						
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,2																																																																																																																																																																																																																																						
<b>COMPROBACIÓN</b> Us1 < Umax Tabla 2.1. para Us1 en el primer metro		A	B	C			D			E																																																																																																																																																																																																																																											
		1.22	1.07	0.95			0.86			0.74																																																																																																																																																																																																																																											

Para calcular los valores de la transmitancia del primer metro de solera/ losa (W/m<sup>2</sup>K), teniendo el aislante una resistencia térmica R=1.42, tendremos que interpolar con los siguientes valores:

$$(X_0, Y_0) = (1.00, 1.01) \quad (X_1, Y_1) = (1.50, 0.80)$$

$$Y = Y_0 + ((Y_1 - Y_0) / (X_1 - X_0)) \cdot (X - X_0) = 1.01 + ((0.80 - 1.01) / (1.50 - 1.00)) \cdot (1.42 - 1.00) = 0.83$$

Por tanto tendremos:

$$U_s = 0.83 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{max}} = 1.07 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{AHORA CUMPLE}$$

Aunque en nuestro edificio no tenemos suelos en contacto con espacios no habitables (cámaras de aire), a continuación os adjunto la tabla resumen para este tipo de cerramientos.

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

## • S2 : SUELOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES (cámaras ventiladas)

S2: SUELOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES (cámaras ventiladas): $U_{s2}$																																																																																																																																																														
<b>DATOS</b>	e (m) espesor de la capa																																																																																																																																																													
	P(m) perímetro del forjado sanitario																																																																																																																																																													
	A(m <sup>2</sup> ) área deriol forjado sanit																																																																																																																																																													
	Z (m) profundidad del terreno interior respecto del terreno exterior siendo $z \leq 0.5$ (1)																																																																																																																																																													
	H(m) altura de forjado sanitario sobre el terreno exterior, siendo $h < 1$ (2)																																																																																																																																																													
$\lambda$ ( W/mK) conductividad térmica de la capa ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE )																																																																																																																																																														
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica de la capa (m <sup>2</sup> K/W)	$R = e / \lambda$																																																																																																																																																												
	Longitud característica (m)	$B' = A / (1/2P)$																																																																																																																																																												
	Resistencia térmica total del forjado sanitario (m <sup>2</sup> K/W)	$R_f = \sum R$																																																																																																																																																												
	Transmitancia térmica del suelo en contacto con espacios no habitables ( W/m <sup>2</sup> K)	$U_{s2}$ (Se obtiene de tabla E.9)																																																																																																																																																												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="7">Tabla E.9 Transmitancia térmica <math>U_s</math> en W/m<sup>2</sup> K</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">B'</th> <th colspan="6"><math>R_f</math> (m<sup>2</sup>K/W)</th> </tr> <tr> <th>0,0</th> <th>0,5</th> <th>1,0</th> <th>1,5</th> <th>2,0</th> <th>2,5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>2,83</td><td>1,14</td><td>0,72</td><td>0,53</td><td>0,42</td><td>0,35</td></tr> <tr><td>6</td><td>2,30</td><td>1,07</td><td>0,70</td><td>0,52</td><td>0,41</td><td>0,34</td></tr> <tr><td>7</td><td>2,06</td><td>1,01</td><td>0,67</td><td>0,50</td><td>0,40</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>8</td><td>1,87</td><td>0,97</td><td>0,65</td><td>0,49</td><td>0,39</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>9</td><td>1,73</td><td>0,93</td><td>0,63</td><td>0,48</td><td>0,39</td><td>0,32</td></tr> <tr><td>10</td><td>1,61</td><td>0,89</td><td>0,62</td><td>0,47</td><td>0,38</td><td>0,32</td></tr> <tr><td>12</td><td>1,43</td><td>0,83</td><td>0,59</td><td>0,45</td><td>0,37</td><td>0,31</td></tr> <tr><td>14</td><td>1,30</td><td>0,79</td><td>0,57</td><td>0,44</td><td>0,36</td><td>0,31</td></tr> <tr><td>16</td><td>1,20</td><td>0,75</td><td>0,55</td><td>0,43</td><td>0,35</td><td>0,30</td></tr> <tr><td>18</td><td>1,12</td><td>0,72</td><td>0,53</td><td>0,42</td><td>0,35</td><td>0,29</td></tr> <tr><td>20</td><td>1,06</td><td>0,69</td><td>0,51</td><td>0,41</td><td>0,34</td><td>0,29</td></tr> <tr><td>22</td><td>1,00</td><td>0,67</td><td>0,50</td><td>0,40</td><td>0,33</td><td>0,29</td></tr> <tr><td>24</td><td>0,96</td><td>0,65</td><td>0,49</td><td>0,39</td><td>0,33</td><td>0,28</td></tr> <tr><td>26</td><td>0,92</td><td>0,63</td><td>0,48</td><td>0,39</td><td>0,32</td><td>0,28</td></tr> <tr><td>28</td><td>0,89</td><td>0,61</td><td>0,47</td><td>0,38</td><td>0,32</td><td>0,28</td></tr> <tr><td>30</td><td>0,86</td><td>0,60</td><td>0,46</td><td>0,38</td><td>0,32</td><td>0,27</td></tr> <tr><td>32</td><td>0,83</td><td>0,59</td><td>0,45</td><td>0,37</td><td>0,31</td><td>0,27</td></tr> <tr><td>34</td><td>0,81</td><td>0,58</td><td>0,45</td><td>0,37</td><td>0,31</td><td>0,27</td></tr> <tr><td>≥36</td><td>0,79</td><td>0,57</td><td>0,44</td><td>0,36</td><td>0,31</td><td>0,27</td></tr> </tbody> </table>						Tabla E.9 Transmitancia térmica $U_s$ en W/m <sup>2</sup> K							B'	$R_f$ (m <sup>2</sup> K/W)						0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	5	2,83	1,14	0,72	0,53	0,42	0,35	6	2,30	1,07	0,70	0,52	0,41	0,34	7	2,06	1,01	0,67	0,50	0,40	0,33	8	1,87	0,97	0,65	0,49	0,39	0,33	9	1,73	0,93	0,63	0,48	0,39	0,32	10	1,61	0,89	0,62	0,47	0,38	0,32	12	1,43	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	14	1,30	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	16	1,20	0,75	0,55	0,43	0,35	0,30	18	1,12	0,72	0,53	0,42	0,35	0,29	20	1,06	0,69	0,51	0,41	0,34	0,29	22	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29	24	0,96	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28	26	0,92	0,63	0,48	0,39	0,32	0,28	28	0,89	0,61	0,47	0,38	0,32	0,28	30	0,86	0,60	0,46	0,38	0,32	0,27	32	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,27	34	0,81	0,58	0,45	0,37	0,31	0,27	≥36	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31
Tabla E.9 Transmitancia térmica $U_s$ en W/m <sup>2</sup> K																																																																																																																																																														
B'	$R_f$ (m <sup>2</sup> K/W)																																																																																																																																																													
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5																																																																																																																																																								
5	2,83	1,14	0,72	0,53	0,42	0,35																																																																																																																																																								
6	2,30	1,07	0,70	0,52	0,41	0,34																																																																																																																																																								
7	2,06	1,01	0,67	0,50	0,40	0,33																																																																																																																																																								
8	1,87	0,97	0,65	0,49	0,39	0,33																																																																																																																																																								
9	1,73	0,93	0,63	0,48	0,39	0,32																																																																																																																																																								
10	1,61	0,89	0,62	0,47	0,38	0,32																																																																																																																																																								
12	1,43	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31																																																																																																																																																								
14	1,30	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31																																																																																																																																																								
16	1,20	0,75	0,55	0,43	0,35	0,30																																																																																																																																																								
18	1,12	0,72	0,53	0,42	0,35	0,29																																																																																																																																																								
20	1,06	0,69	0,51	0,41	0,34	0,29																																																																																																																																																								
22	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29																																																																																																																																																								
24	0,96	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28																																																																																																																																																								
26	0,92	0,63	0,48	0,39	0,32	0,28																																																																																																																																																								
28	0,89	0,61	0,47	0,38	0,32	0,28																																																																																																																																																								
30	0,86	0,60	0,46	0,38	0,32	0,27																																																																																																																																																								
32	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,27																																																																																																																																																								
34	0,81	0,58	0,45	0,37	0,31	0,27																																																																																																																																																								
≥36	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	0,27																																																																																																																																																								
<b>COMPROBACIÓN</b> $U_{s2} < U_{max}$ Tabla 2.1, para $U_{s1}$ en el primer metro	A	B	C	D	E																																																																																																																																																									
	0.69	0.68	0.65	0.64	0.62																																																																																																																																																									

(1) Para  $z \geq 0.5$  se calculará  $U_{s2}$  como  $U_{m2}$ , con el coeficiente b

(2) Para  $h > 0.5$  se calculará  $U_{s2}$  como  $U_{m1}$ ,

Este apartado es aplicable para cámaras de aire ventiladas por el exterior que cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

a) que tengan una altura h inferior o igual a 1 m;

b) que tengan una profundidad z respecto al nivel del terreno inferior o igual a 0,5 m.

En caso de no cumplirse la condición a), pero sí la b), la transmitancia del cerramiento en contacto con la cámara se calculará mediante el procedimiento descrito en el apartado E.1.1 del DB-HE1

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

En caso de no cumplirse la condición b), la transmitancia del cerramiento se calculará mediante la definición general del coeficiente b descrito en el apartado E.1.3.1. del DB-HE1

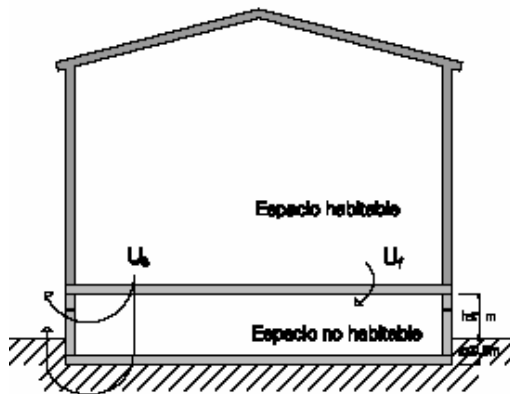


Figura 3.8. Cámaras sanitarias

grandes o numerosas 10

La transmitancia térmica del suelo sanitario  $U_s$  viene dada por la tabla E.9, en función longitud característica  $B'$  del suelo en contacto con la cámara y su resistencia térmica  $R_f$  calculada mediante la expresión (E.2) despreciando las resistencias térmicas superficiales. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

### Nivel de estanqueidad h-1

- 1 Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación 0
- 2 Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación 0,5
- 3 Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación 1
- 4 Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes 5
- 5 Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes

Tabla E.9 Transmitancia térmica  $U_s$  en  $W/m^2 K$

$B'$	$R_f$ ( $m^2K/W$ )					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
5	2,63	1,14	0,72	0,53	0,42	0,35
6	2,30	1,07	0,70	0,52	0,41	0,34
7	2,06	1,01	0,67	0,50	0,40	0,33
8	1,87	0,97	0,65	0,49	0,39	0,33
9	1,73	0,93	0,63	0,48	0,39	0,32
10	1,61	0,89	0,62	0,47	0,38	0,32
12	1,43	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31
14	1,30	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31
16	1,20	0,75	0,55	0,43	0,35	0,30
18	1,12	0,72	0,53	0,42	0,35	0,29
20	1,06	0,69	0,51	0,41	0,34	0,29
22	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29
24	0,96	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28
26	0,92	0,63	0,48	0,39	0,32	0,28
28	0,89	0,61	0,47	0,38	0,32	0,28
30	0,86	0,60	0,46	0,38	0,32	0,27
32	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,27
34	0,81	0,58	0,45	0,37	0,31	0,27
$\geq 36$	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	0,27

Alternativamente, para un cálculo más detallado podrá utilizarse el método descrito en el apartado 10 de la norma UNE EN ISO 13 370.

• **S2: FORJADOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES:**

<b>S2: FORJADOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES: <math>U_{s2}</math></b>				
<b>DATOS</b>	<b>e (m) espesor de capa</b>			
	$\lambda$ ( W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ).			
	<b>Aiu (m2) Área de la partición interior entre el espacio habitable y el no habitable ( del forjado)</b>			
	<b>Aue (m2) Área del cerramiento entre el espacio no habitable y el exterior</b>			
	Tasa de renovación entre espacios no habitables y el exterior (h <sup>-1</sup> ) según tabla E.8 (1)	0 0.5 1 5 10	Ni puertas, ni ventanas , ni aberturas de ventilación Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación Poco estanco, a causa de juntas abiertas o de aberturas de ventilación permanente Poco estanco, con numerosas juntas o aberturas de ventilación grandes o numerosas	
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica capa (m2K/W)	$R=e/\lambda$		
	Resistencia térmica superficial de la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable del forjado (m2K/W)	Rsi (cara interior)	0.17	Según Tabla E.6 del DB-HE1
		Rse (cara exterior)	0.17	
	Resistencia térmica total de la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable del forjado (m2K/W)	$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} + R_{cam}$		
	Transmitancia térmica de la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable del forjado (W/m2K)	$U_{iu} = 1/ R_t$		
	Transmitancia térmica de los cerramientos entre el espacio no habitable y el exterior (W/m2K)	$U_{ue} \text{ (2)}$		
	Caudal de aire entre el espacio no habitable y el exterior (m3/h)	$Q_{ue} = (\text{Renovaciones hora}) \times V_{ue}$		
	Coef. de pérdida del espacio habitable hacia el exterior (W/m)	$H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0.34 Q_{ue}$		
	Coef. de pérdida del espacio habitable hacia el espacio no habitable (W/m)	$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu}$		
	Coef. de reducción de temperatura ( adimensional)	$b = H_{ue} / ( H_{iu} + H_{ue} )$		
Transmitancia térmica del forjado en contacto con espacios no habitables (W/m2K)	$U_{m3} = U_p \times b$			
<b>COMPROBACIÓN</b> Uc2 < Umax Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática	A	B	C	D
	0.69	0.68	0.65	0.64
			0.62	

(1) Se pueden emplear también los valores de la tabla 2.1 del DB-HS3  
(2) de los muros (U<sub>t1</sub>) y de la losa o solera ( U<sub>s1</sub> ), si es el caso.

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

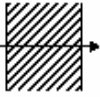
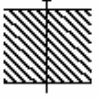
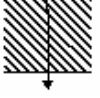
Para el cálculo de la transmitancia  $U$  ( $W/m^2K$ ) se consideran en este apartado el caso de cualquier *partición interior* en contacto con un *espacio no habitable* que a su vez esté en contacto con el exterior. Se excluyen de este apartado los vacíos o cámaras sanitarias.

La transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2K$ ) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_p \times b \quad \text{siendo:}$$

$U_p$  la transmitancia térmica de la *partición interior* en contacto con el *espacio no habitable*, calculada según el apartado E.1.1, tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla E.6. ( $m^2K/W$ );  
 $b$  el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al *espacio no habitable* obtenido por la tabla E.7 para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito).

Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de *particiones interiores* en  $m^2K/W$

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal 	0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente 	0,17	0,17

El coeficiente de reducción de temperatura  $b$  para espacios adyacentes *no habitables* (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajo cubierta inclinada se podrá obtener de la tabla E.7 en función de:

- la situación del aislamiento térmico (véase figura E.6),
- del grado de ventilación del espacio
- de la relación de áreas entre la *partición interior* y el *cerramiento* ( $A_{iu}/A_{ue}$ ). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio definido en la tabla E.8:

**CASO 1** espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un **CASO 2** espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de

nivel de estanqueidad 1, 2 o 3  
 estanqueidad 4 o 5.

Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura  $b$

$A_{iu}/A_{ue}$	No aislado <sub>ue</sub> - Aislado <sub>iu</sub>		No aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>		Aislado <sub>ue</sub> -No aislado <sub>iu</sub>	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
$<0.25$	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
$0.25 \leq 0.50$	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
$0.50 \leq 0.75$	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
$0.75 \leq 1.00$	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
$1.00 \leq 1.25$	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
$1.25 \leq 2.00$	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
$2.00 \leq 2.50$	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
$2.50 \leq 3.00$	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
$>3.00$	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

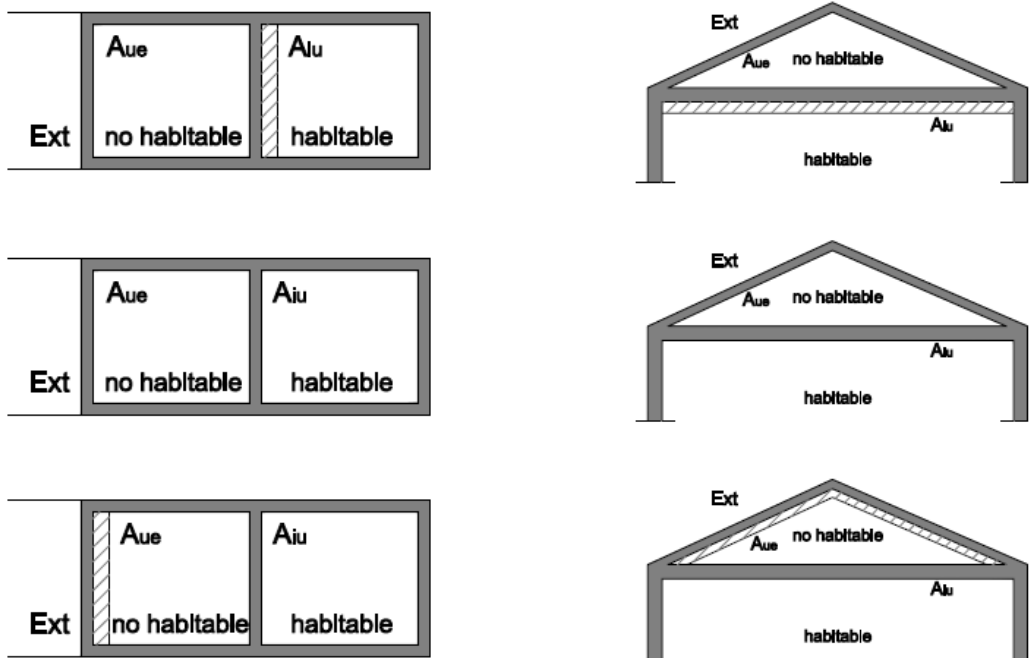


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

NOTA: El subíndice *ue* se refiere al cerramiento entre el *espacio no habitable* y el exterior;  
El subíndice *iu* se refiere a la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable.

El coeficiente de reducción de temperatura *b*, para el resto de *espacios no habitables*, se define mediante la siguiente expresión:

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \text{ siendo:}$$

*H<sub>ue</sub>* es el coeficiente de pérdida del *espacio no habitable* hacia el exterior [W/m];  
*H<sub>iu</sub>* es el coeficiente de pérdida del *espacio habitable* hacia el *espacio no habitable* [W/m].

Los coeficientes *H<sub>ue</sub>* y *H<sub>iu</sub>* incluyen las pérdidas por transmisión y por renovación de aire. Se calculan mediante las fórmulas siguientes:

$$H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0.34 Q_{ue}$$

$$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu} \text{ siendo:}$$

*U<sub>ue</sub>* la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior, calculado mediante la expresión (E.1) si está en contacto con el aire o mediante la metodología descrita en el apartado E.1.2 si está en contacto con el terreno [W/m<sup>2</sup>K]

*U<sub>iu</sub>* la transmitancia térmica del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable* calculado mediante la expresión (E.1) [W/m<sup>2</sup>K]

*A<sub>ue</sub>* el área del cerramiento del *espacio no habitable* en contacto con el ambiente exterior

*A<sub>iu</sub>* el área del cerramiento del *espacio habitable* en contacto con el *no habitable*

*Q<sub>ue</sub>* el caudal de aire entre el exterior y el *espacio no habitable* [m<sup>3</sup>/h]

*Q<sub>iu</sub>* el caudal de aire entre el *espacio no habitable* y el *espacio habitable* [m<sup>3</sup>/h]

Para el cálculo del caudal de aire *Q<sub>ue</sub>* se utilizarán los valores del apartado 2 de la Sección HS3 del DB "Salubridad". En ausencia de datos podrán utilizar los valores de renovaciones hora (*n*-1) contenidos en la tabla E.8 multiplicados por el volumen del espacio *no habitable*

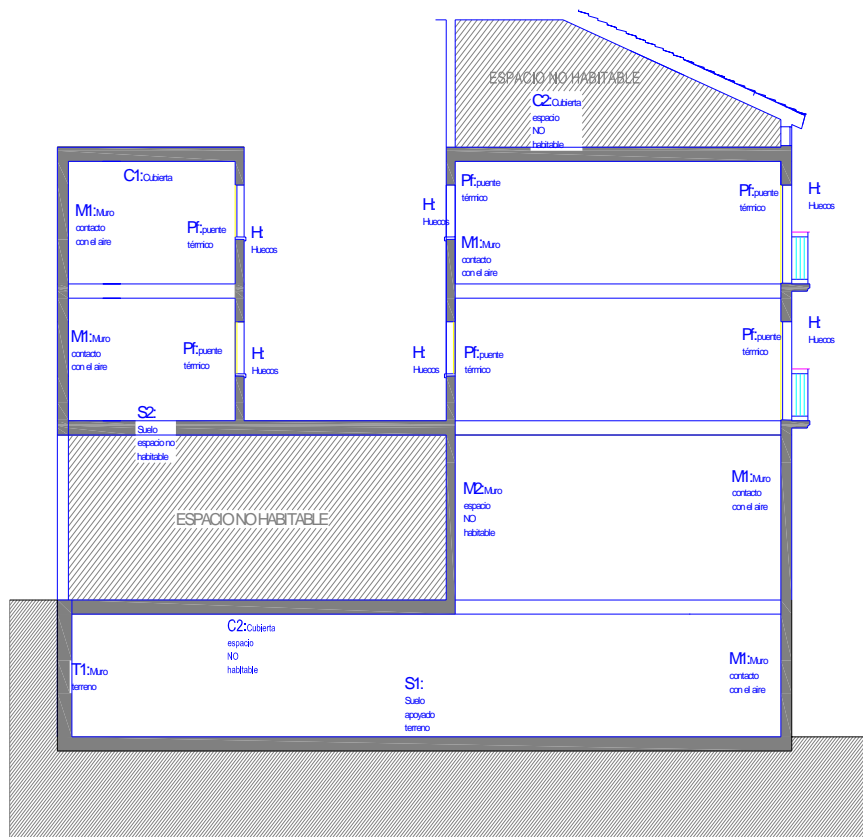
# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Tabla E.8 Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior ( $h^{-1}$ )

Nivel de estanqueidad		$h^{-1}$
1	Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación	0
2	Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación	0,5
3	Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación	1
4	Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes	5
5	Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes grandes o numerosas	10

Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica  $U$  podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 789:2001.

Estudiemos la situación del  $S2=$  Forjado en contacto con espacio no habitable, en la envolvente térmica de nuestro edificio, y comparémoslo con alguno de la figura E.6,



## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Como podemos comprobar ningún caso de la [figura E.6](#) se asemeja al definido en la envolvente, por lo que tendremos que calcular el coeficiente de reducción de temperatura "b" mediante la siguiente expresión:

$$b = H_{ue} / (H_{iu} + H_{ue}) \text{ siendo:}$$

$H_{ue}$  es el coeficiente de pérdida del espacio no habitable hacia el exterior [W/m];

$H_{iu}$  es el coeficiente de pérdida del espacio habitable hacia el espacio no habitable [W/m]

Para obtener la transmitancia térmica  $U_s$  del forjado en contacto con espacios no habitables, deberemos también tener en cuenta la transmitancia térmica de los cerramientos entre el espacio no habitable y el exterior, que en nuestro caso serán:

- cubierta plana transitable
- fachada a viales

Comencemos con los cálculos necesarios:

### S2: Forjado en contacto con espacio no habitable

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	$R=e/\lambda$	$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se}$
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	1.000	0.0200	$R_t = 0.17 + 0.0200 + 0.0636 + 0.8797 + 0.1800 + 0.0800 + 0.17 = 1.5657$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	0.550	0.0636	
3	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado	0.3000	0.341	0.8797	
	Cámara de aire sin ventilar horizontal	0.1000		0.1800	
4	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	0.250	0.0800	
$A_{iu} = 118.73 \text{ m}^2$		Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior: $0.5 \text{ h}^{-1}$ (todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación)		$U_{iu} = 1/R_t = 0.63$	
$V_{ue} = 410 \text{ m}^3$				Que= Renovación hora x $V_{ue} = 0.5 \times 410 = 205$ $H_{iu} = \sum U_{iu} \times A_{iu} = 0.63 \times 118.73 = 74.79$	

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

- C2: Cubierta en contacto con espacio no habitable**

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	R=e/ $\lambda$	Rt= Rsi+ R1+...+Rn+ Rse
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	1.000	0.0200	$Rt=0.04+0.0200+0.0875+0.0200+0.1714+1.4280+0.8790$ $+0.1800+0.0800+0.10=3.00$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	0.400	0.0875	
3	Etileno propileno dieno monómero (EPDM)	0.0050	0.250	0.0200	
4	Hormigón con arcilla expandida como árido principal	0.0600	0.350	0.1714	
5	XPS Expandido con dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	0.0600	0.042	1.4280	
6	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado	0.3000	0.341	0.8790	
7	Cámara de aire ligeramente ventilada	0.1000		0.1800	
8	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	0.250	0.0800	
Aue = 26.30 m <sup>2</sup>		Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior: 0.5 h <sup>-1</sup> (todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación)		Uue= 1/Rt= 0.33	
Vue= 410 m <sup>3</sup>					

- Fachadas a viales**

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	R=e/ $\lambda$	Rt= Rsi+ R1+...+Rn+ Rse
1	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	0.991	0.121	$Rt=0.04+0.121+0.021+0.170+1.206+0.162+0.046+0.13=1.89$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0150	0.700	0.021	
3	Cámara de aire			0.170	
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	0.029	1.206	
5	Tabicón de LH doble (60mm< E< 90mm)	0.0700	0.432	0.162	
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.430	0.046	
Aue = 42.59 m <sup>2</sup>		Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior: 0.5 h <sup>-1</sup> (todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación)		Uue= 1/Rt= 0.52	
Vue= 410 m <sup>3</sup>					

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

CÁLCULO PARA EL S2	
Caudal de aire entre espacio no habitable y el exterior. ( m3/ h)	Que= Renovaciones hora x Vue=0.5 X 410 = 205 m3/ h
Coef. de pérdida del espacio habitable hacia el exterior (W/m)	Hue=Σ Uue Aue + 0.34 Que= 30.81 +69.7=100.51 W/m
Coef. de pérdida del espacio habitable hacia el espacio no habitable (W/m)	Hiu =Σ Uiu Aiu =74.79 W/m
Coef. de reducción de temperatura ( adimensional)	b= Hue / ( Hiu + Hue ) = 0.57
Transmitancia térmica del forjado en contacto con espacios no habitables (W/m2K)	Ues = Up x b =0.63 X 0.57= 0.36
<b>COMPROBACIÓN Us2 &lt; Umax:</b>	<b>Us2= 0.36 &lt; Umax (zona B3) =0.68 CUMPLE</b>

Ya hemos acabado con este suelo, sigamos con el S3:

- S3: SUELOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR:**

S3: SUELOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR: $Us3 < Umax$				
<b>DATOS</b>	e (m) espesor de capa			
	$\lambda$ ( W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ). <i>Ver anexo</i>			
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica capa (m2K/W)	$R=e/ \lambda$		
	Resistencia térmica superficial de la cubierta en contacto con el aire exterior (m2K/W)	Rsi (cara interior)	0.17	Según Tabla E.1 del DB-HE1
		Rse (cara exterior)	0.04	
	Resistencia térmica total de la cubierta (m2K/W)	$Rt= Rsi+ R1+...+Rn+ Rse$		
Transmitancia térmica de la cubierta (W/m2K)	$Us3 =1/ Rt$			
<b>COMPROBACIÓN</b> Us3 < Umax Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática	A	B	C	D
	0.69	0.68	0.65	0.64
	E			
				0.62

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y SUELOS en contacto con el aire exterior. De la misma forma se calcularán los puentes térmicos integrados en los citados cerramientos cuya superficie sea superior a 0,5 m2, despreciándose en este caso los efectos multidimensionales del flujo de calor.

La transmitancia térmica U (W/m2K) viene dada por la siguiente expresión:

$U=1/RT$  siendo:

RT la resistencia térmica total del componente constructivo (m2 K/ W).

La resistencia térmica total RT de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:




$RT =R Si +R1+.....+Rn +Rse$  siendo

R1, R2...Rn las resistencias térmicas de cada capa definidas (m2 K/W);

Rsi y Rse las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio (m2 K/W).

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>K/W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,04	0,17

En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total RT debe calcularse mediante el procedimiento descrito en el apéndice F.

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R=e/\lambda \text{ siendo:}$$

e el espesor de la capa [m]. En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

$\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos, [W/m K].

Las cámaras de aire pueden ser consideradas por su resistencia térmica, para ello se considerarán:

a) **cámara de aire sin ventilar:** aquella en la que no existe ningún sistema específico para el flujo del aire a través de ella. Una cámara de aire que no tenga aislamiento entre ella y el ambiente exterior pero con pequeñas aberturas al exterior puede también considerarse como cámara de aire sin ventilar, si esas aberturas no permiten el flujo de aire a través de la cámara y no exceden:

i) 500 mm<sup>2</sup> por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;

ii) 500 mm<sup>2</sup> por m<sup>2</sup> de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de las cámaras de aires sin ventilar viene definida en la tabla E.2 en función de su espesor. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Los valores son aplicables cuando la cámara:

- esté limitada por dos superficies paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección del flujo de calor y cuyas emisividades sean superiores a 0,8
- tengan un espesor menor a 0,1 veces cada una de las otras dos dimensiones y no mayor a 0,3 m
- no tenga intercambio de aire con el ambiente interior.

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en m<sup>2</sup> K/W

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Para un cálculo más detallado se considera válido el procedimiento descrito en el apartado B.2 de la norma UNE EN ISO 6 946:1997.

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

**b) cámara de aire ligeramente ventilada:** aquella en la que no existe un dispositivo para el flujo de aire limitado a través de ella desde el ambiente exterior pero con aberturas dentro de los siguientes rangos:

- i) 500 mm<sup>2</sup> < Aberturas ≤ 1500 mm<sup>2</sup> por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales
- ii) 500 mm<sup>2</sup> < Aberturas ≤ 1500 mm<sup>2</sup> por m<sup>2</sup> de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de una cámara de aire ligeramente ventilada es la mitad de los valores de la tabla E.2.

**c) cámara de aire muy ventilada:** aquella en que los valores de las aberturas exceden:

- i) 1500 mm<sup>2</sup> por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
- ii) 1500 mm<sup>2</sup> por m<sup>2</sup> de superficie para cámaras de aire horizontales.

Para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.

La transmitancia térmica UMD (W/m<sup>2</sup>K) de las medianerías se calculará como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias superficiales como interiores.

En nuestra envolvente no tenemos ningún suelo S3: en contacto con el aire exterior.

## 2ª comprobación : Cálculo de Parámetros característicos:

2º COMPROBACIÓN					
Cálculo de Parámetros Medios					U <sub>lim</sub>
Componentes	Parámetro característico	Categorías	P.med	U <sub>lim</sub>	Valor límite tabla 2.2
SUELOS	S1: Sobre terreno (prof<0.5m)	U <sub>s1</sub>	$U_{hm} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	U <sub>sm</sub>	U <sub>slim</sub>
	S2: en contacto con espacio no habitable	U <sub>s2</sub>			
	S3: en contacto con el aire exterior	U <sub>s3</sub>			

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Vamos allá, en nuestro caso tenemos los componentes S1 y S2.

$$U_{sm} = \sum A_s \cdot U_s / \sum A_s = (A_{s1} \cdot U_{s1}) + (A_{s2} \cdot U_{s2}) / (A_{s1} + A_{s2}) = 0.59 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,30$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

$U_{sm} = 0.59 < U_{slim} = 0.52 \text{ W/m}^2\text{K}$  **NO CUMPLE**

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

VEAMOS QUE PODEMOS HACER:

1ª opción: -poner una capa de aislante XPS Expandido con dióxido de carbono CO<sub>4</sub> al suelo S2; Forjado en contacto con espacio no habitable y volver a hacer los cálculos.

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	R=e/ $\lambda$	Rt= Rsi+ R1+...+Rn+ Rse
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	1.000	0.0200	Rt=0.17+0.0200+0.0636+1.4280+0.8797+0.1800+0.0800+0.17=2.99
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	0.550	0.0636	
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO <sub>4</sub>	0.0600	0.042	1.4280	
4	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado	0.3000	0.341	0.8797	
5	Cámara de aire sin ventilar horizontal	0.1000		0.1800	
6	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	0.250	0.0800	
Aiu = 118.73 m <sup>2</sup>		Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior: 0.5 h <sup>-1</sup> (todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación)		Uiu= 1/Rt= 0.32	
Vue= 410 m <sup>3</sup>				Que= Renovación hora x Vue = 0.5 x410=205	
				Hiu= $\sum$ Uiu x Aiu = 0.32 X 118.73=37.99	

CÁLCULO PARA EL S2	
Caudal de aire entre espacio no habitable y el exterior. (m <sup>3</sup> /h)	Que= Renovaciones hora x Vue=0.5 X 410 = 205 m <sup>3</sup> /h
Coef. de pérdida del espacio habitable hacia el exterior (W/m)	Hue= $\sum$ Uue Aue + 0.34 Que= 30.81 +69.7=100.51 W/m
Coef. de pérdida del espacio habitable hacia el espacio no habitable (W/m)	Hiu= $\sum$ Uiu Aiu =37.99 W/m
Coef. de reducción de temperatura (adimensional)	b= Hue / ( Hiu + Hue ) = 0.70
Transmitancia térmica del forjado en contacto con espacios no habitables (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>m</sub> = Up x b =0.32 X 0.70= 0.22
COMPROBACIÓN Us2 < U <sub>max</sub> :	Us2= 0.22 < U <sub>max</sub> (zona B3) =0.68 <b>CUMPLE</b>

Repitamos la 2ª Comprobación:

Vamos allá, en nuestro caso tenemos los componentes S1 y S2.

$$U_{sm} = \sum A_s \cdot U_s / \sum A_s = (A_{s1} \cdot U_{s1}) + (A_{s2} \cdot U_{s2}) / (A_{s1} + A_{s2}) = 0.51 \text{ W/m}^2\text{K}$$

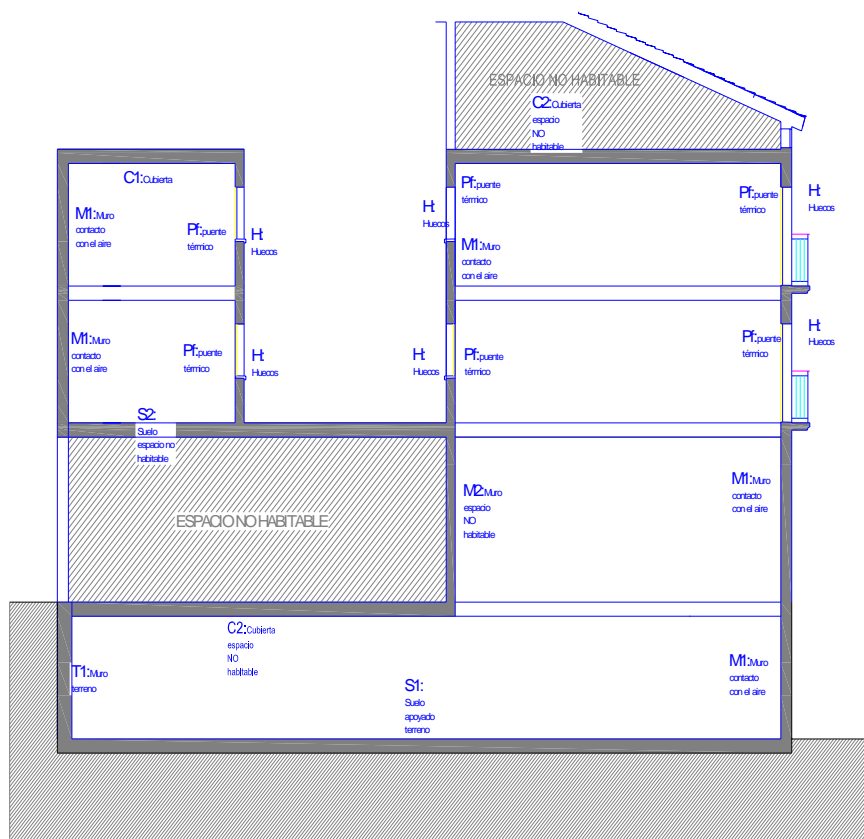
$$U_{sm} = 0.51 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{slim} = 0.52 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{CUMPLE}$$

Ahora ya estamos en condiciones de completar las casillas de SUELOS de las fichas justificativas. FICHA 1 Y FICHA 2.

### 2.2.4.4. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

	1º COMPROBACIÓN				2º COMPROBACIÓN				
	Cálculo de Parámetros Característicos			<	U <sub>max</sub>	Cálculo de Parámetros Medios		<	U <sub>lim</sub>
	Componentes	Cálc. (Ap.E)	Parámetro característico	<	Valor máximo tabla 2.1	Categorías	P.med	<	Valor límite tabla 2.2
<b>CERRAMIENTO CONTACTO TERRENO</b>	T1: en contacto con el terreno	E.1.2.2	U <sub>T1</sub>	<	U <sub>Mmax</sub> 1º metro	$U_{Tm} = \frac{\sum A_T \cdot U_T}{\sum A_T}$	U <sub>Tm</sub>	<	U <sub>lim</sub>
	T2: cubiertas enterradas	E.1.2.3	U <sub>T2</sub>		-				
	T3: profundidad >0.5 m	E.1.2.1 Caso 2	U <sub>T3</sub>		U <sub>Smax</sub>				

Fijémonos en la envolvente de nuestro edificio:



# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Únicamente tenemos T1, no deberemos pues comprobar ni T2 ni T3.

## 1ª comprobación: Cálculo de parámetros característicos:

- T1: MUROS EN CONTACTO CON EL TERRENO:**

<b>T1: MUROS EN CONTACTO CON EL TERRENO <math>U_{T1}</math></b>					
<b>DATOS</b>	e (m) espesor de capa				
	Z (m) profundidad de la parte enterrada				
	$\lambda$ (W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ). <i>Ver anexo</i>				
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica capa (m <sup>2</sup> K/W)		$R=e/\lambda$		
	Transmitancia térmica del primer metro del muro enterrado	$U_{T1}(z=1)$	Tabla E.5 con z=1	Profundidad z de la parte enterrada del muro	
	Transmitancia térmica del muro en contacto con el terreno	$U_{T1}$	Tabla E.5	Rm (m <sup>2</sup> K/W)	0,5   1   2   3   4
				0,00	3,05   2,20   1,48   1,15   0,95
				0,50	1,17   0,99   0,77   0,64   0,55
			1,00	0,74   0,65   0,54   0,47   0,42	
			1,50	0,54   0,49   0,42   0,37   0,34	
			2,00	0,42   0,39   0,35   0,31   0,28	
	Resistencia térmica de la cámara Rcám (m <sup>2</sup> K/W)	Rcám sin ventilar	Casos Tabla E.2	Sin ventilar	
		Rcám ligeramente ventilada	½ Tabla E.2	e (cm)	horizontal   vertical
		Rcám muy ventilada	Despreciamos Rcám y tomamos Rse=Rsi=0.13		1
				2	0,16   0,17
				5	0,16   0,16
	Resistencia térmica total del cerramiento (m <sup>2</sup> K/W)	$R_t = R_1 + \dots + R_n + R_{cámara}$			
<b>COMPROBACIÓN</b> Ut1 < Umax Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática	A	B	C	D	E
	1.22	1.07	0.95	0.86	0.74

Texto extraído del apéndice E del DB-HE1: (por favor leerlos)

*La transmitancia térmica  $U_T$  (W/m<sup>2</sup>K) de los muros o pantallas en contacto con el terreno se obtendrá de la tabla E.5 en función de su profundidad  $z$ , y de la resistencia térmica del muro  $R_m$  calculada mediante la expresión (E.2) despreciando las resistencias térmicas superficiales. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.*

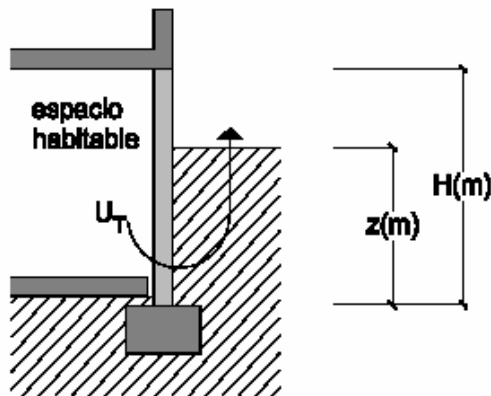


Figura E.3 Muro en contacto con el terreno

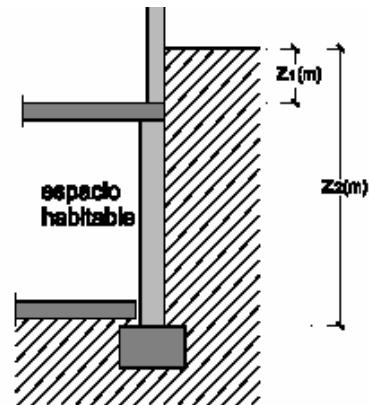


Figura E.4 Muro enterrado

Tabla E.5 Transmitancia térmica de muros enterrados  $U_T$  en W/m<sup>2</sup> K

$R_m$ (m <sup>2</sup> K/W)	Profundidad $z$ de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

**La transmitancia térmica para el primer metro del muro enterrado se obtendrá de la columna  $z=1m$**

*En el caso de muros cuya composición varíe con la profundidad, como muestra la figura E.4, la transmitancia térmica  $U_T$  se obtendrá de la expresión:*

$$U_T = \frac{U_1 \cdot z_1 + U_2 \cdot z_2 - U_{12} \cdot z_1}{z_2}$$

(E.5) siendo

- $z_1$  y  $z_2$  la profundidad del primer y el segundo tramo respectivamente (m).
- $U_1$  la transmitancia térmica del primer tramo del muro, obtenida de la tabla E.5 para una profundidad  $z = z_1$  y una resistencia térmica  $R_m = R_1$  (W/m<sup>2</sup> K);
- $U_2$  la transmitancia térmica obtenida de la tabla E.5 de un muro hipotético de profundidad  $z = z_2$  y resistencia térmica  $R_m = R_2$  (W/m<sup>2</sup> K);
- $U_{12}$  a transmitancia térmica obtenida de la tabla E.5 de un muro hipotético de profundidad  $z = z_1$  y resistencia térmica  $R_m = R_2$  (W/m<sup>2</sup> K);

*Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica  $U_T$  podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 370:1999.*

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Vamos allá con este cerramiento:

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	R=e/ $\lambda$	Rt= R1+...+Rn
1	Hormigón armado 2300<d<2500	0.3000	2.300	0.130	<b>Rt= 0.130+0.020+0.952+0.170+0.208+0.026=1.506</b>
2	Etileno propileno dieno monómero (EPDM)	0.0050	0.250	0.020	
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0400	0.042	0.952	
4	Cámara de aire sin ventilar	0.0200		0.170	
5	Tabique de LH doble (60mm<E<90mm)	0.0900	0.432	0.208	
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0150	0.570	0.026	
Transmitancia térmica del primer metro del muro enterrado. (Tabla E.5)				<b>Ut1 (z=1) =0.49</b>	
Transmitancia térmica del muro en contacto con el terreno (Tabla E.5)				<b>Ut1 =0.37</b>	
<b>COMPROBACIÓN <math>Ut1 &lt; U_{max}</math>:</b>			<b>Ut1= 0.37 &lt; <math>U_{max}</math> (zona B3)=1.07 <span style="float: right;"><b>CUMPLE</b></span></b>		

Las transmitancias térmicas del primer metro del muro enterrado a cota (z=1m) y del muro en contacto con el terreno cota (z=3m), lo obtendremos de los valores de la tabla E.5.

Venga vamos a hacerlo, cojamos la tabla E.5:

Rm (m <sup>2</sup> K/W)	Profundidad z de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

Partimos de la resistencia total del cerramiento Rt= 1.50 m<sup>2</sup>K/W .

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Siendo la transmitancia térmica del primer metro del muro ( $z=1\text{m}$ );  $U_{1\text{m}}=0.49$   
y la transmitancia térmica para  $z=3\text{m}$  sería  $U_{3\text{m}}= 0.37$

Si no existiese en la tabla el valor exacto el valor de la transmitancia a 3 metros y a 1 metro lo deberíamos obtener por interpolación lineal.

*Recordemos: Sean dos puntos  $(X_0, Y_0)$ ,  $(X_1, Y_1)$ , se obtiene una estimación del valor  $Y$ , para un valor  $X$  tal que  $X_0 < X < X_1$ . Obtenemos la fórmula de interpolación lineal.*

$$Y = Y_0 + ((Y_1 - Y_0) / (X_1 - X_0)) \cdot (X - X_0)$$

Según establece el DB-HE1 el valor de la transmitancia térmica del primer metro de muros en contacto con el terreno deberá ser menor que el establecido en la tabla 2.1 en función de la zona climática.

En nuestro caso:

<b>Cerramientos y particiones interiores</b>	<b>ZONAS A</b>	<b>ZONAS B</b>	<b>ZONAS C</b>	<b>ZONAS D</b>	<b>ZONAS E</b>
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos <sup>(2)</sup>	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas <sup>(3)</sup>	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

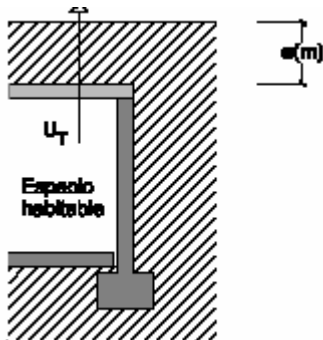
$U_{1\text{m}} = 0.49 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\text{max}} = 1.07 \text{ W/m}^2\text{K}$

**CUMPLE**

• **T2: CUBIERTA ENTERRADAS:**

T2: CUBIERTA ENTERRADAS: $U_{T2}$				
<b>DATOS</b>	e (m) espesor de capa $\lambda$ (W/mK) = 2 W/mK.			
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica capa (m <sup>2</sup> K/W)	$R = e / \lambda$		
	Resistencia térmica superficial de la cubierta en contacto con el aire exterior (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>si</sub> (cara interior)	0.10	Según Tabla E.1 del DB-HE1
		R <sub>se</sub> (cara exterior)	0.04	
	Resistencia térmica total de la cubierta (m <sup>2</sup> K/W)	$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se}$		
Transmitancia térmica de la cubierta (W/m <sup>2</sup> K)	$U_{c1} = 1 / R_t$			
<b>COMPROBACIÓN</b> $U_{c1} < U_{max}$ Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática	A	B	C	D
	0.65	0.59	0.53	0.49
				E
				0.46

La transmitancia térmica  $U_T$  (W/m<sup>2</sup> K) de las cubiertas enterradas se obtendrá mediante procedimiento descrito, considerando el terreno como otra capa térmicamente homogénea de conductividad  $\lambda = 2$  W/mK.



**En nuestro ejercicio no tenemos ninguna cubierta enterrada para calcular**

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

- T3 : SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (profundidad  $\geq$  0.5m)**

- T3 : SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (profundidad  $\geq$  0.5m :  $U_{T3}$ )**

T3 : SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO (profundidad $\geq$ 0.5m : $U_{T3}$ )																																																																																																																																																																																																																																	
<b>DATOS</b>	e (m) espesor banda aislamiento																																																																																																																																																																																																																																
	P(m) perímetro de la solera/ losa																																																																																																																																																																																																																																
	A(m <sup>2</sup> ) área de la solera / losa																																																																																																																																																																																																																																
	Z (m) profundidad de la solera/ losa																																																																																																																																																																																																																																
$\lambda$ ( W/mK) conductividad térmica del aislante ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ). <i>Ver anexo</i>																																																																																																																																																																																																																																	
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica del aislante (m <sup>2</sup> K/W)	$R = e / \lambda$ (E.2)																																																																																																																																																																																																																															
	Longitud característica (m)	$B' = A / (1/2P)$																																																																																																																																																																																																																															
	Resistencia térmica total de solera/ losa (m <sup>2</sup> K/W)	$R_f = \sum R$	Tabla E.4 Transmitancia térmica $U_s$ en W/ m <sup>2</sup> K																																																																																																																																																																																																																														
	Resistencia térmica de solera/ losa (m <sup>2</sup> K/W)	$U_{T3}$ (Se obtiene de tabla E.4)																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">B'</th> <th colspan="4">0.5 m &lt; z ≤ 1.0 m</th> <th colspan="4">1.0 m &lt; z ≤ 2.0 m</th> <th colspan="4">2.0 m &lt; z ≤ 3.0 m</th> <th colspan="4">z &gt; 3.0 m</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Rf (m<sup>2</sup> K/W)</th> <th colspan="4">Rf (m<sup>2</sup> K/W)</th> <th colspan="4">Rf (m<sup>2</sup> K/W)</th> <th colspan="4">Rf (m<sup>2</sup> K/W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td><td>0,64</td><td>0,52</td><td>0,44</td><td>0,39</td><td>0,54</td><td>0,45</td><td>0,40</td><td>0,36</td><td>0,42</td><td>0,37</td><td>0,34</td><td>0,31</td><td>0,35</td><td>0,32</td><td>0,29</td><td>0,27</td> </tr> <tr> <td>6</td><td>0,57</td><td>0,46</td><td>0,40</td><td>0,35</td><td>0,48</td><td>0,41</td><td>0,36</td><td>0,33</td><td>0,38</td><td>0,34</td><td>0,31</td><td>0,28</td><td>0,32</td><td>0,29</td><td>0,27</td><td>0,25</td> </tr> <tr> <td>7</td><td>0,52</td><td>0,42</td><td>0,37</td><td>0,33</td><td>0,44</td><td>0,38</td><td>0,33</td><td>0,30</td><td>0,35</td><td>0,31</td><td>0,29</td><td>0,26</td><td>0,30</td><td>0,27</td><td>0,25</td><td>0,24</td> </tr> <tr> <td>8</td><td>0,47</td><td>0,39</td><td>0,34</td><td>0,30</td><td>0,40</td><td>0,35</td><td>0,31</td><td>0,28</td><td>0,33</td><td>0,29</td><td>0,27</td><td>0,25</td><td>0,28</td><td>0,26</td><td>0,24</td><td>0,22</td> </tr> <tr> <td>9</td><td>0,43</td><td>0,36</td><td>0,32</td><td>0,28</td><td>0,37</td><td>0,32</td><td>0,29</td><td>0,26</td><td>0,30</td><td>0,27</td><td>0,25</td><td>0,23</td><td>0,26</td><td>0,24</td><td>0,22</td><td>0,21</td> </tr> <tr> <td>10</td><td>0,40</td><td>0,34</td><td>0,30</td><td>0,27</td><td>0,35</td><td>0,30</td><td>0,27</td><td>0,25</td><td>0,29</td><td>0,26</td><td>0,24</td><td>0,22</td><td>0,25</td><td>0,23</td><td>0,21</td><td>0,20</td> </tr> <tr> <td>12</td><td>0,36</td><td>0,30</td><td>0,27</td><td>0,24</td><td>0,31</td><td>0,27</td><td>0,24</td><td>0,22</td><td>0,26</td><td>0,23</td><td>0,21</td><td>0,20</td><td>0,22</td><td>0,21</td><td>0,19</td><td>0,18</td> </tr> <tr> <td>14</td><td>0,32</td><td>0,27</td><td>0,24</td><td>0,22</td><td>0,28</td><td>0,25</td><td>0,22</td><td>0,20</td><td>0,23</td><td>0,21</td><td>0,20</td><td>0,18</td><td>0,20</td><td>0,19</td><td>0,18</td><td>0,17</td> </tr> <tr> <td>16</td><td>0,29</td><td>0,25</td><td>0,22</td><td>0,20</td><td>0,25</td><td>0,23</td><td>0,20</td><td>0,19</td><td>0,21</td><td>0,20</td><td>0,18</td><td>0,17</td><td>0,19</td><td>0,17</td><td>0,16</td><td>0,16</td> </tr> <tr> <td>18</td><td>0,26</td><td>0,23</td><td>0,20</td><td>0,19</td><td>0,23</td><td>0,21</td><td>0,19</td><td>0,18</td><td>0,20</td><td>0,18</td><td>0,17</td><td>0,16</td><td>0,17</td><td>0,16</td><td>0,15</td><td>0,15</td> </tr> <tr> <td>≥20</td><td>0,24</td><td>0,21</td><td>0,19</td><td>0,17</td><td>0,22</td><td>0,19</td><td>0,18</td><td>0,16</td><td>0,18</td><td>0,17</td><td>0,16</td><td>0,15</td><td>0,16</td><td>0,15</td><td>0,14</td><td>0,14</td> </tr> </tbody> </table>						B'	0.5 m < z ≤ 1.0 m				1.0 m < z ≤ 2.0 m				2.0 m < z ≤ 3.0 m				z > 3.0 m				Rf (m <sup>2</sup> K/W)				Rf (m <sup>2</sup> K/W)				Rf (m <sup>2</sup> K/W)				Rf (m <sup>2</sup> K/W)				5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27	6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25	7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24	8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22	9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21	10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20	12	0,36	0,30	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	0,22	0,26	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,19	0,18	14	0,32	0,27	0,24	0,22	0,28	0,25	0,22	0,20	0,23	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17	16	0,29	0,25	0,22	0,20	0,25	0,23	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16	18	0,26	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,19	0,18	0,20	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15	≥20	0,24	0,21	0,19	0,17	0,22	0,19	0,18	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14
B'	0.5 m < z ≤ 1.0 m				1.0 m < z ≤ 2.0 m				2.0 m < z ≤ 3.0 m				z > 3.0 m																																																																																																																																																																																																																				
	Rf (m <sup>2</sup> K/W)				Rf (m <sup>2</sup> K/W)				Rf (m <sup>2</sup> K/W)				Rf (m <sup>2</sup> K/W)																																																																																																																																																																																																																				
5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27																																																																																																																																																																																																																	
6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25																																																																																																																																																																																																																	
7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24																																																																																																																																																																																																																	
8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22																																																																																																																																																																																																																	
9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21																																																																																																																																																																																																																	
10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20																																																																																																																																																																																																																	
12	0,36	0,30	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	0,22	0,26	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,19	0,18																																																																																																																																																																																																																	
14	0,32	0,27	0,24	0,22	0,28	0,25	0,22	0,20	0,23	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17																																																																																																																																																																																																																	
16	0,29	0,25	0,22	0,20	0,25	0,23	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16																																																																																																																																																																																																																	
18	0,26	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,19	0,18	0,20	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15																																																																																																																																																																																																																	
≥20	0,24	0,21	0,19	0,17	0,22	0,19	0,18	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14																																																																																																																																																																																																																	
<b>COMPROBACIÓN</b> $U_{s1} < U_{max}$ Tabla 2.1, para $U_{s1}$ en el primer metro	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>		<b>D</b>	<b>E</b>																																																																																																																																																																																																																											
	0.69	0.68	0.65		0.64	0.62																																																																																																																																																																																																																											

*La transmitancia térmica  $U_s$  (W/m<sup>2</sup>K) se obtendrá de la tabla E.4 en función de la profundidad z de la solera o losa respecto al nivel del terreno, de su resistencia térmica  $R_f$  calculada mediante la expresión (E.2), despreciando las resistencias térmicas superficiales, y la longitud característica  $B'$  calculada mediante la expresión (E.4). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.*

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

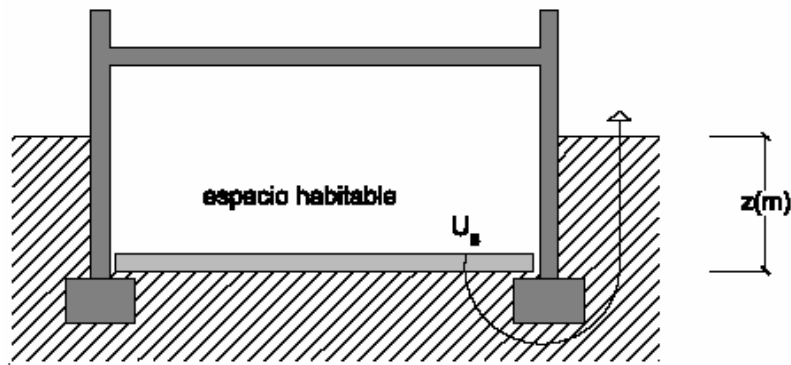


Figura E.2. Solera enterrada

Tabla E.4 Transmitancia térmica  $U_s$  en  $W/m^2 K$

B'	0.5 m < z ≤ 1.0 m				1.0 m < z ≤ 2.0 m				2.0 m < z ≤ 3.0 m				z > 3.0 m			
	Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)			
	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50
5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27
6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25
7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24
8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22
9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21
10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20
12	0,36	0,30	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	0,22	0,26	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,19	0,18
14	0,32	0,27	0,24	0,22	0,28	0,25	0,22	0,20	0,23	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17
16	0,29	0,25	0,22	0,20	0,25	0,23	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16
18	0,26	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,19	0,18	0,20	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15
≥20	0,24	0,21	0,19	0,17	0,22	0,19	0,18	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14

*Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica  $U_s$  podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 370:1999.*

**En nuestro ejercicio no tenemos ningún suelo en contacto con el terreno a profundidad mayor de 0.5m.**

2º comprobación: Cálculo de parámetros medios:

2º COMPROBACIÓN					
Cálculo de Parámetros Medios					U <sub>lim</sub>
Componentes Cálcc. (Ap.E)	Parámetro característico	Categorías	P.med	U <sub>lim</sub>	Valor límite tabla 2.2
CERRAMIENTO CONTACTO TERRENO	T1: muro en contacto con el terreno	U <sub>T1</sub>	$U_{Tm} = \frac{\sum A_T \cdot U_T}{\sum A_T}$	U <sub>Tm</sub>	U <sub>Tlim</sub>
	T2: cubiertas enterradas	U <sub>T2</sub>			
	T3: profundidad >0.5 m	U <sub>T3</sub>			

Calculemos pues U<sub>tm</sub>: (nosotros solamente tenemos T1: muro en contacto con el terreno)

$$U_{tm} = \frac{\sum A_t \times U_t}{\sum A_t} = \frac{\sum A_t \times 0.572}{\sum A_t} = 0.572 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Comparemos el resultado con las transmitancias límite de la tabla 2.2 para la zona climática B3

ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno **U<sub>Mlim</sub>: 0,82 W/m<sup>2</sup>K**  
 Transmitancia límite de suelos **U<sub>Slim</sub>: 0,52 W/m<sup>2</sup>K**  
 Transmitancia límite de cubiertas **U<sub>Clim</sub>: 0,45 W/m<sup>2</sup>K**  
 Factor solar modificado límite de lucernarios **F<sub>Llim</sub>: 0,30**

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> U <sub>Hlim</sub> W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límite de huecos F <sub>Hlim</sub>					
					Carga interna baja			Carga interna alta		
	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

U<sub>tm</sub> = 0.572 W/m<sup>2</sup>K < U<sub>lim</sub> = 0.82 W/m<sup>2</sup>K **CUMPLE**

#### 2.2.4.4. MEDIANERAS

1º COMPROBACION					2º COMPROBACION						
Cálculo de Parámetros Característicos					≤	U <sub>max</sub>		Cálculo de Parámetros Medios		≤	U <sub>lim</sub>
Componentes	Cálc. (Ap.E)	Parámetro característico	≤	Valor máximo tabla 2.1	Categorías		P.med	≤	Valor límite tabla 2.2		
MEDIANERAS	Md: medianera	E.1.1.8	U <sub>MD</sub>	≤	U <sub>MDmax</sub>						
	Pi: part. Interior solo si se prevé calefacción	E.1.1.8	U <sub>Pi</sub>	≤	1.2 w/m2K						

#### 1º Comprobación: Cálculo de Parámetros Característicos < U<sub>max</sub>:

La transmitancia térmica U<sub>md</sub> (W/m2K) de las medianeras se calculará como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias superficiales como interiores.

La única diferencia entre las medianeras Md y las particiones Pi, es el valor de comparación máximo de las transmitancias térmicas.

$$U_{md} \leq U_{md \max}$$

$$U_{pi} \leq 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

#### 2º Comprobación: Cálculo de Parámetros Medios < U<sub>lim</sub>:

EL DB-HE1 NO LO CONTEMPLA ASI QUE NO SE HACE

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

## 1º Comprobación: Cálculo de Parámetros Característicos < U<sub>max</sub>:

- MD : MEDIANERAS**

<b>MD : MEDIANERAS: U<sub>md</sub></b>						
<b>DATOS</b>	e (m) espesor de capa					
	λ ( W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ). <i>Ver anexo</i>					
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica capa (m2K/W)	$R = e / \lambda$				
	Resistencia térmica superficial de la medianera (m2K/W)	Rsi (cara interior)	0.13	Según Tabla E.1 del DB-HE1		
		Rse (cara exterior) = Rsi	0.13			
	Resistencia térmica de la cámara Rcám (m2K/W)	Rcám sin ventilar	Casos Tabla E.2		e (cm)	Sin ventilar
		Rcám ligeramente ventilada	½ Tabla E.2			horizontal
Resistencia térmica total de la medianera (m2K/W)	$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} + R_{cámara}$					
Transmitancia térmica de la medianera/ partición entre vivienda calefactada y ZZCC (W/m2K)	$U_{md} = 1 / R_t$					
<b>COMPROBACIÓN</b> U <sub>md</sub> < U <sub>max</sub> Tabla 2.1, del DB-HE1 según zona climática	A	B	C	D	E	
	1.22	1.07	1.00	1.00	1.00	

<b>DATOS</b>				<b>CÁLCULO</b>	
<b>Nº</b>	<b>Material</b>	<b>Espesor</b>	<b>λ ( W/mK)</b>	<b>R=e/ λ</b>	<b>R<sub>t</sub> = R<sub>si</sub> + R<sub>1</sub> + ... + R<sub>n</sub> + R<sub>se</sub></b>
1	EPS Poliestireno Expandido (0.029 W/mK)	0.0400	0.029	1.379	$R_t = 0.13 + 1.379 + 0.208 + 0.015 + 0.13 = 1.862$
2	Tabicón de LH doble (60mm < E < 90mm)	0.0900	0.432	0.208	
3	Yeso, de alta dureza 900 < d < 1200	0.0150	0.430	0.015	
					<b>U<sub>c1</sub> = 1/ R<sub>t</sub></b>
					<b>U<sub>c1</sub> = 1 / 1.862 = 0.537</b>
<b>COMPROBACIÓN U<sub>md</sub> &lt; U<sub>max</sub>:</b>			<b>U<sub>c1</sub> = 0.537 &lt; U<sub>max</sub> (zona B3) = 1.07 <b>CUMPLE</b></b>		

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

## • PI : PARTICION INTERIOR

PI : PARTICION INTERIOR: $U_{pi}$																		
<b>DATOS</b>	e (m) espesor de capa																	
	$\lambda$ ( W/mK) conductividad térmica ( dato obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE ). <i>Ver anexo</i>																	
<b>CÁLCULOS</b>	Resistencia térmica capa (m2K/W)	$R = e / \lambda$																
	Resistencia térmica superficial de la medianera (m2K/W)	Rsi (cara interior)	0.13	Según Tabla E.1 del DB-HE1														
		Rse (cara exterior) = Rsi	0.13															
	Resistencia térmica de la cámara Rcám (m2K/W)	Rcám sin ventilar	Casos Tabla E.2	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">e (cm)</th> <th colspan="2">Sin ventilar</th> </tr> <tr> <th>horizontal</th> <th>vertical</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,15</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,16</td> <td>0,17</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,16</td> <td>0,18</td> </tr> </tbody> </table>	e (cm)	Sin ventilar		horizontal	vertical	1	0,15	0,15	2	0,16	0,17	5	0,16	0,18
		e (cm)	Sin ventilar															
horizontal	vertical																	
1	0,15	0,15																
2	0,16	0,17																
5	0,16	0,18																
Rcám ligeramente ventilada	½ Tabla E.2																	
Resistencia térmica total de la medianera (m2K/W)	$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} + R_{cámara}$																	
Transmitancia térmica de la medianera/ partición entre vivienda calefactada y ZZCC (W/m2K)	$U_{pi} = 1 / R_t$																	
<b>COMPROBACIÓN</b> $U_{pi} < U_{max}$	Comprobación de la transmitancia térmica entre viviendas con previsión de calefacción o calefactadas y zonas comunes. $U_{pi} < 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$																	

La transmitancia térmica  $U_{md}$  (W/m2K) de las particiones interiores se calculará como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias superficiales como interiores.

Siendo la comprobación de la transmitancia máxima con 1.2 W/m2K.

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ ( W/mK)	R=e/ $\lambda$	$R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se}$
1	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0150	0.570	0.026	$R_t = 0.13 + 0.026 + 0.211 + 0.714 + 0.218 + 0.026 + 0.13 = 1.455$
2	½ pie LM métrico o catalán 60mm<G<80mm	0.1200	0.567	0.211	
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0300	0.042	0.714	
4	Tabicón de LH doble ( 60mm<E<90mm)	0.0700	0.432	0.218	
5	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0150	0.570	0.026	
				$U_{c1} = 1 / R_t$	
				$U_{c1} = 1 / 1.455 = 0.687$	
<b>COMPROBACIÓN <math>U_{md} &lt; U_{max}</math>:</b>			$U_{c1} = 0.687 < U_{max} = 1.20$	<b>CUMPLE</b>	

## 2.2.5 CONTROL DE LAS CONDENSACIONES SUPERFICIALES E INTERSTICIALES

Ahora vamos a realizar la comprobación del cumplimiento de la exigencia de control de condensaciones.

Esta verificación se debe realizar para:

- CONDENSACIONES SUPERFICIALES
- CONDENSACIONES INTERSTICIALES

Utilizaremos los datos de transmitancia térmica de los componentes estudiados en la limitación de la demanda.

### 2.2.5.1. CONDENSACIONES SUPERFICIALES

Es necesario realizar esta comprobación para cerramientos y puentes térmicos.

El cumplimiento de los valores de transmitancia máxima de la tabla 2.1, aseguran, para los cerramientos y particiones interiores de los espacios de clase de higrometría 4 o inferior, la verificación de la condición de limitación de condensaciones superficiales.

<b>Cerramientos y particiones interiores</b>	<b>ZONAS A</b>	<b>ZONAS B</b>	<b>ZONAS C</b>	<b>ZONAS D</b>	<b>ZONAS E</b>
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos <sup>(2)</sup>	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas <sup>(3)</sup>	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

<sup>(2)</sup> Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

<sup>(3)</sup> Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

La comprobación de la limitación de condensaciones superficiales se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior  $f_{Rsi}$  y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min}$  para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el apartado G.1 del CTE.

Para la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales en los cerramientos y puentes térmicos se debe comprobar que el factor de temperatura de la superficie interior es superior al factor de temperatura de la superficie interior mínimo.

Este factor se podrá obtener a partir de la [tabla 3.2](#) en función del tipo de espacio, clasificado según el [apartado 3.1.2](#), y la zona climática donde se encuentre el edificio.

En nuestro caso, al estar en espacios de higrometría 3 y cumplir con las limitaciones de la tabla 2.1, sólo tendremos que realizar esta comprobación para los puentes térmicos.

### Veamos:

La comprobación de condensaciones superficiales para puentes térmicos es la misma que para cerramientos:

$$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$$

El valor  $f_{Rsi,min}$  lo tomamos de la tabla 3.2

**Tabla 3.2 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min}$**

Categoría del espacio	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Clase de higrometría 5	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,50	0.52	0.56	0.61	0.64

Siendo en nuestro caso, el valor del factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min} = 0.52$ .

El factor de temperatura de la superficie interior  $f_{Rsi}$  para los puentes térmicos formados por encuentros de cerramientos se calcularán aplicando los métodos descritos en las normas UNE EN ISO 10 211-1:1995 y UNE EN ISO 10 211-2:2002.

Podemos también tomar por defecto los valores recogidos en Documentos Reconocidos.

Tomamos pues los valores de puentes térmicos que aparecen en el Catálogo de Elementos Constructivos.

a) Contorno de huecos  $f_{Rsi} = 0.57 > 0.52 = f_{Rsi,min}$ .

b) Pilar en fachada:  $f_{Rsi} = 0.85 > 0.52 = f_{Rsi,min}$ .

Por tanto podemos decir que nos CUMPLE la comprobación del control de las condensaciones superficiales.

### **2.2.5.2. CONDENSACIONES INTERTICIALES**

El procedimiento para la comprobación de la formación de condensaciones intersticiales se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas, para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el apartado G.1 del CTE (Tabla G.2)

Para que no se produzcan condensaciones intersticiales se debe comprobar que la presión de vapor en la superficie de cada capa es inferior a la presión de vapor de saturación.

Estarán exentos de la comprobación aquellos cerramientos en contacto con el terreno y los cerramientos que dispongan de barrera contra el paso de vapor de agua en la parte caliente del cerramiento.

Para particiones interiores en contacto con espacios no habitables en los que se prevea gran producción de humedad, se colocará la barrera de vapor en el lado de dicho espacio no habitable.

En caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en una capa distinta a la de aislamiento, se deberá comprobar que la cantidad de agua condensada en cada periodo anual no sea superior a la cantidad de agua evaporada posible en el mismo periodo. Para ello, se repetirá el procedimiento descrito anteriormente, pero para cada mes del año a partir de los datos climáticos del apartado G.1 y se calculará en cada uno de ellos y para cada capa de material, la cantidad de agua condensada o evaporada según el proceso descrito en el apartado 6 de la norma UNE EN ISO 13788:2002.

Salvo expresa justificación en el proyecto, se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible en los materiales aislantes.

Para que no se produzcan condensaciones intersticiales se debe comprobar que la presión de vapor en la superficie de cada capa es inferior a la presión de vapor de saturación.

**Para cada cerramiento objeto se calcularán:**

- a) la distribución de temperatura
- b) la distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas.
- c) La distribución de presiones de vapor.

**Tendremos que tener en cuenta:**

**Condiciones exteriores:**

Las condiciones climáticas exteriores para la comprobación de las condensaciones intersticiales de los cerramientos de un edificio ubicado en Valencia en el mes de enero son los siguientes según [la tabla G.2 del DB-HE1](#).

$T_{med}(\text{enero}) = 10.4^{\circ}\text{C}$   
 $HR_{med}(\text{enero}) = 63\%$

**Condiciones interiores:**

Temperatura interior  $\theta_i = 20^{\circ}\text{C}$   
Humedad relativa,  $\phi_i = 55\%$  para espacios de clase de higrometría 3 o inferior.

En el caso de localidades que no sean capitales de provincia y que no dispongan de registros climáticos contrastados, se supondrá que la temperatura exterior es igual a la de la capital de provincia correspondiente minorada en  $1^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m de diferencia de altura entre ambas localidades. La humedad relativa para dichas localidades se calculará suponiendo que su humedad absoluta es igual a la de su capital de provincia.

Como hemos dicho anteriormente tendremos que calcular tres puntos:

- a) la distribución de temperatura
- b) la distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas.
- c) la distribución de presiones de vapor.

#### a) Distribución de temperatura:

La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas depende de las temperaturas del aire a ambos lados de la misma, así como de las resistencias térmicas superficiales interior  $R_{si}$  y exterior  $R_{se}$ , y de las resistencias térmicas de cada capa ( $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ).

El procedimiento a seguir para el cálculo de la distribución de temperaturas es el siguiente:

1) cálculo de la resistencia térmica total del elemento constructivo mediante la expresión:

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

2) cálculo de la temperatura superficial exterior  $\theta_{se}$  :

$$\theta_{se} = \theta_e + (R_{se}/R_t) \times (\theta_i - \theta_e)$$

Siendo:

- $\theta_e$  la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio según G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C]
- $\theta_i$  la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [°C]

- RT la resistencia térmica total del componente constructivo obtenido mediante la expresión  $R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se}$  [ $m^2 K/W$ ];
- Rse la resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior, tomada de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [ $m^2 K/W$ ].

3) cálculo de la temperatura en cada una de las capas que componen el elemento constructivo según las expresiones siguientes:

$$\theta_1 = \theta_{se} + (R_1/R_t) \times (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_2 = \theta_1 + (R_2/R_t) \times (\theta_i - \theta_e)$$

.....

$$\theta_n = \theta_{n-1} + (R_n/R_t) \times (\theta_i - \theta_e)$$

siendo:

- $\theta_{se}$  la temperatura superficial exterior [ $^{\circ}C$ ];
- $\theta_e$  la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida del apartado G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [ $^{\circ}C$ ];
- $\theta_i$  la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [ $^{\circ}C$ ];
- $\theta_1 \dots \theta_{n-1}$  la temperatura en cada capa [ $^{\circ}C$ ].
- $R_1, R_2 \dots R_n$  las resistencias térmicas de cada capa definidas según la anterior expresión [ $m^2 K/W$ ];
- RT la resistencia térmica total del componente constructivo, calculada mediante la anterior expresión [ $m^2 K/W$ ]

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

### 4) cálculo de la temperatura superficial interior $\theta_{si}$ :

$$\theta_{si} = \theta_n + (R_{si}/R_t) \times (\theta_i - \theta_e)$$

Siendo:

- $\theta_e$  la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida del apartado G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];
- $\theta_i$  la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [°C];
- $\theta_n$  la temperatura en la capa n [°C];
- $R_{si}$  la resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior, tomada de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m<sup>2</sup> K/W].
- $R_t$  la resistencia térmica total del componente constructivo calculada mediante la expresión [m<sup>2</sup> K/ W];

Se considera que la distribución de temperaturas en cada capa es lineal.

### Fachada a viales.

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ [ W/mK]	R=e/ $\lambda$	Cálculo de la temperatura de cada capa
1	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	0.991	0.121	$\theta_1 = \theta_{se} + (R_1/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.064 \times 9.6) = 11.21^\circ\text{C}$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0150	0.700	0.021	$\theta_2 = \theta_{se} + (R_2/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.011 \times 9.6) = 10.70^\circ\text{C}$
3	Cámara de aire			0.170	$\theta_3 = \theta_{se} + (R_3/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.089 \times 9.6) = 11.45^\circ\text{C}$
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	0.029	1.206	$\theta_4 = \theta_{se} + (R_4/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.636 \times 9.6) = 16.70^\circ\text{C}$
5	Tabicón de LH doble (60mm<E<90mm)	0.0700	0.432	0.162	$\theta_5 = \theta_{se} + (R_5/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.085 \times 9.6) = 11.42^\circ\text{C}$
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.430	0.046	$\theta_6 = \theta_{se} + (R_6/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.024 \times 9.6) = 10.83^\circ\text{C}$
<b>Resistencia térmica total <math>R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} = 0.13 + 0.121 + 0.021 + 0.170 + 1.206 + 0.162 + 0.046 + 0.04 = 1.896</math></b>					
<b>Temperatura superficial exterior <math>\theta_{se} = \theta_e + (R_{se}/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.4 + (0.04/1.896) \times (20 - 10.4) = 10.4 + (0.021 \times 9.6) = 10.60^\circ\text{C}</math></b>					
<b>Temperatura superficial interior <math>\theta_{si} = \theta_n + (R_{si}/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.83 + (0.13/1.896) \times (20 - 10.4) = 10.83 + (0.06 \times 9.6) = 11.48^\circ\text{C}</math></b>					

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

b) Distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas.

Siendo la fórmula  $P_{sat} = 610 \times e^{((17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta))}$  para cada valor de temperatura

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	R=e/λ	θ°C	$P_{sat} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta)}$
1	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	0.121	11.21	$P_{sat1} = 610 \times e^{(17.269 \times 11.21) / (237.3 + 11.21)} = 1330.40 \text{ Pa}$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0150	0.021	10.70	$P_{sat2} = 610 \times e^{(17.269 \times 10.70) / (237.3 + 10.70)} = 1285.02 \text{ Pa}$
3	Cámara de aire		0.170	11.45	$P_{sat3} = 610 \times e^{(17.269 \times 11.45) / (237.3 + 11.45)} = 1350.66 \text{ Pa}$
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	1.206	16.70	$P_{sat4} = 610 \times e^{(17.269 \times 16.70) / (237.3 + 16.70)} = 1898.58 \text{ Pa}$
5	Tabicón de LH doble (60mm<E<90mm)	0.0700	0.162	11.42	$P_{sat5} = 610 \times e^{(17.269 \times 11.42) / (237.3 + 11.42)} = 1347.98 \text{ Pa}$
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.046	10.83	$P_{sat6} = 610 \times e^{(17.269 \times 10.83) / (237.3 + 10.83)} = 1297.38 \text{ Pa}$
<b>Resistencia térmica total <math>R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} = 0.13 + 0.121 + 0.021 + 0.170 + 1.206 + 0.162 + 0.046 + 0.04 = 1.896</math></b>					
<b>Para <math>\theta_{se} = 10.60 \text{ °C}</math>    <math>P_{sat}(\theta_{se}) = 1276.48 \text{ Pa}</math></b>					
<b>Para <math>\theta_{si} = 11.48 \text{ °C}</math>    <math>P_{sat}(\theta_{si}) = 1353.35 \text{ Pa}</math></b>					

c) Distribución de presiones de vapor.

La distribución de presión de vapor a través del cerramiento se calculará mediante las siguientes expresiones:

$$P_1 = P_e + ((S_{d1} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e))$$

$$P_2 = P_1 + ((S_{d2} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e))$$

.....

$$P_n = P_{n-1} + ((S_{dn-1} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e))$$

Siendo:

- $P_i$  la presión de vapor del aire interior [Pa];
- $P_e$  la presión de vapor del aire exterior [Pa];
- $P_1 \dots P_{n-1}$  la presión de vapor en cada capa  $n$  [Pa];
- $S_{d1} \dots S_{d(n-1)}$  el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión [m];

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$$

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Donde:

- $\mu_n$  es el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, calculado a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456: 2001 o tomado de Documentos Reconocidos;
- $e_n$  es el espesor de la capa  $n$  [m].

Para el cálculo analítico de  $P_i$  y de  $P_e$ , en función de la temperatura y de la humedad relativa, se utilizará la siguiente expresión:

$$P_i = \varphi_i \times P_{sat}(\theta_i)$$

$$P_e = \varphi_e \times P_{sat}(\theta_e)$$

Siendo:

- $\varphi_i$  la humedad relativa del ambiente interior definida anteriormente
- $\varphi_e$  la humedad relativa del ambiente exterior definida anteriormente

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\mu_n$	Sdn	$P_n = P_{n-1} + ((S_{dn-1} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e))$
1	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	10	1.200	$P_1 = P_e + ((S_{d1} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 791.55 \text{ Pa}$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0150	10	0.150	$P_2 = P_1 + ((S_{d2} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 789.97 \text{ Pa}$
3	Cámara de aire	0.020	1	0.020	$P_3 = P_2 + ((S_{d3} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 789.75 \text{ Pa}$
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	100	3.5	$P_4 = P_3 + ((S_{d4} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 753.16 \text{ Pa}$
5	Tabicón de LH doble (60mm<E<90mm)	0.0700	10	0.700	$P_5 = P_4 + ((S_{d5} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 745.79 \text{ Pa}$
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	6	0.120	$P_6 = P_5 + ((S_{d6} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 744.52 \text{ Pa}$
<b><math>\sum S_{dn} = 5.69</math></b>					
<b>Para <math>P_{sat}(\theta_{se}=10.60^\circ\text{C}) = 1276.48 \text{ Pa}</math> y Humedad relativa exterior= 63%</b>				<b><math>P_e = \varphi_e \times P_{sat} = 0.63 \times 1276.48 = 804.18 \text{ Pa}</math></b>	
<b>Para <math>P_{sat}(\theta_{si}) = 1353.35 \text{ Pa}</math> y Humedad relativa exterior= 55%</b>				<b><math>P_i = \varphi_i \times P_{sat} = 0.55 \times 1353.35 = 744.34 \text{ Pa}</math></b>	

## Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

Reuniendo en una tabla los resultados obtenidos podemos decir que este cerramiento **CUMPLE** la verificación de condensaciones intersticiales.

Veamos:

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	Sdn	θ°C	Psat > Pn
1	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	1.200	11.21	<b>Psat1= 1330.40 Pa &gt; P1= 791.55Pa</b>
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0150	0.150	10.70	<b>Psat2= 1285.02 Pa &gt; P2=789.97 Pa</b>
3	Cámara de aire	0.020	0.020	11.45	<b>Psat3= 1350.66 Pa &gt; P3=789.75 Pa</b>
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	3.5	16.70	<b>Psat4= 1898.58 Pa &gt; P4=753.16 Pa</b>
5	Tabicón de LH doble (60mm< E< 90mm)	0.0700	0.700	11.42	<b>Psat5= 1347.98 Pa &gt; P5= 745.79 Pa</b>
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.120	10.83	<b>Psat6= 1297.38 Pa &gt; P6=744.52 Pa</b>
ΣSdn= 5.69					
Para Psat (θse=10.60°C) =1276.48 Pa y Humedad relativa exterior= 63%				<b>Pe= φe x Psat =0.63 x 1276.48= 804.18 Pa</b>	
Para Psat (θsi) = 1353.35 Pa y Humedad relativa exterior= 55%				<b>Pi= φi x Psat =0.55 x 1353.35=744.34 Pa</b>	

Nos quedaría por comprobar la fachada a patios y la cubierta, vamos.

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

## Fachada a patios:

### a) Distribución de temperatura:

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ [W/mK]	R=e/ $\lambda$	Cálculo de la temperatura de cada capa
1	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0200	0.700	0.028	$\theta_1 = \theta_{se} + (R1/Rt) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.011 \times 9.6) = 10.70^\circ\text{C}$
2	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	0.991	0.121	$\theta_2 = \theta_{se} + (R2/Rt) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.064 \times 9.6) = 11.21^\circ\text{C}$
3	Cámara de aire			0.170	$\theta_3 = \theta_{se} + (R3/Rt) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.089 \times 9.6) = 11.45^\circ\text{C}$
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	0.029	1.206	$\theta_4 = \theta_{se} + (R4/Rt) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.636 \times 9.6) = 16.70^\circ\text{C}$
5	Tabicón de LH doble (60mm< E< 90mm)	0.0700	0.432	0.162	$\theta_5 = \theta_{se} + (R5/Rt) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.085 \times 9.6) = 11.42^\circ\text{C}$
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.430	0.046	$\theta_6 = \theta_{se} + (R6/Rt) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.60 + (0.024 \times 9.6) = 10.83^\circ\text{C}$
Resistencia térmica total $R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} = 0.13 + 0.121 + 0.021 + 0.170 + 1.206 + 0.162 + 0.046 + 0.04 = 1.891$					
Temperatura superficial exterior $\theta_{se} = \theta_e + (R_{se}/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.4 + (0.04/1.891) \times (20 - 10.4) = 10.4 + (0.021 \times 9.6) = 10.60^\circ\text{C}$					
Temperatura superficial interior $\theta_{si} = \theta_n + (R_{si}/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.83 + (0.13/1.891) \times (20 - 10.4) = 10.83 + (0.06 \times 9.6) = 11.48^\circ\text{C}$					

### b) Distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas.

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	R=e/ $\lambda$	$\theta^\circ\text{C}$	$P_{sat} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta)/(237.3 + \theta)}$
1	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0200	0.021	10.70	$P_{sat1} = 610 \times e^{(17.269 \times 10.70)/(237.3 + 10.70)} = 1285.02 \text{ Pa}$
2	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	0.121	11.21	$P_{sat2} = 610 \times e^{(17.269 \times 11.21)/(237.3 + 11.21)} = 1330.40 \text{ Pa}$
3	Cámara de aire		0.170	11.45	$P_{sat3} = 610 \times e^{(17.269 \times 11.45)/(237.3 + 11.45)} = 1350.66 \text{ Pa}$
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	1.206	16.70	$P_{sat4} = 610 \times e^{(17.269 \times 16.70)/(237.3 + 16.70)} = 1898.58 \text{ Pa}$
5	Tabicón de LH doble (60mm< E< 90mm)	0.0700	0.162	11.42	$P_{sat5} = 610 \times e^{(17.269 \times 11.42)/(237.3 + 11.42)} = 1347.98 \text{ Pa}$
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.046	10.83	$P_{sat6} = 610 \times e^{(17.269 \times 10.83)/(237.3 + 10.83)} = 1297.38 \text{ Pa}$
Resistencia térmica total $R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} = 0.13 + 0.121 + 0.021 + 0.170 + 1.206 + 0.162 + 0.046 + 0.04 = 1.891$					
Para $\theta_{se} = 10.60^\circ\text{C}$ $P_{sat}(\theta_{se}) = 1276.48 \text{ Pa}$					
Para $\theta_{si} = 11.48^\circ\text{C}$ $P_{sat}(\theta_{si}) = 1353.35 \text{ Pa}$					

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

## c) Distribución de presiones de vapor.

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\mu_n$	Sdn	$P_n = P_{n-1} + ((S_{dn-1} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e))$
1	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0150	10	0.150	$P_1 = P_e + ((S_{d1} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 802.60 \text{ Pa}$
2	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	10	1.200	$P_2 = P_1 + ((S_{d2} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 789.98 \text{ Pa}$
3	Cámara de aire	0.020	1	0.020	$P_3 = P_2 + ((S_{d3} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 789.74 \text{ Pa}$
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	100	3.5	$P_4 = P_3 + ((S_{d4} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 753.16 \text{ Pa}$
5	Tabicón de LH doble (60mm<E<90mm)	0.0700	10	0.700	$P_5 = P_4 + ((S_{d5} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 745.79 \text{ Pa}$
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	6	0.120	$P_6 = P_5 + ((S_{d6} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 744.52 \text{ Pa}$
$\sum S_{dn} = 5.69$					
Para $P_{sat}(\theta_{se}=10.60^\circ\text{C}) = 1276.48 \text{ Pa}$ y Humedad relativa exterior= 63%				$P_e = \varphi_e \times P_{sat} = 0.63 \times 1276.48 = 804.18 \text{ Pa}$	
Para $P_{sat}(\theta_{si}) = 1353.35 \text{ Pa}$ y Humedad relativa exterior= 55%				$P_i = \varphi_i \times P_{sat} = 0.55 \times 1353.35 = 744.34 \text{ Pa}$	

Resumiendo los resultados en una tabla resumen vemos que este cerramiento también **CUMPLE**.

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	Sdn	$\theta^\circ\text{C}$	$P_{sat} > P_n$
1	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0150	0.150	10.70	$P_{sat2} = 1285.02 \text{ Pa} > P_2 = 802.60 \text{ Pa}$
2	½ pie LM métrico o catalán 40mm<G<50mm	0.1200	1.200	11.21	$P_{sat1} = 1330.40 \text{ Pa} > P_1 = 789.98 \text{ Pa}$
3	Cámara de aire	0.020	0.020	11.45	$P_{sat3} = 1350.66 \text{ Pa} > P_3 = 789.75 \text{ Pa}$
4	EPS Poliestireno Expandido (0.037 W/mK)	0.0350	3.5	16.70	$P_{sat4} = 1898.58 \text{ Pa} > P_4 = 753.16 \text{ Pa}$
5	Tabicón de LH doble (60mm<E<90mm)	0.0700	0.700	11.42	$P_{sat5} = 1347.98 \text{ Pa} > P_5 = 745.79 \text{ Pa}$
6	Enlucido de yeso 1000<d<1300	0.0200	0.120	10.83	$P_{sat6} = 1297.38 \text{ Pa} > P_6 = 744.52 \text{ Pa}$
$\sum S_{dn} = 5.69$					
Para $P_{sat}(\theta_{se}=10.60^\circ\text{C}) = 1276.48 \text{ Pa}$ y Humedad relativa exterior= 63%				$P_e = \varphi_e \times P_{sat} = 0.63 \times 1276.48 = 804.18 \text{ Pa}$	
Para $P_{sat}(\theta_{si}) = 1353.35 \text{ Pa}$ y Humedad relativa exterior= 55%				$P_i = \varphi_i \times P_{sat} = 0.55 \times 1353.35 = 744.34 \text{ Pa}$	

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

## Cubierta:

### a) Distribución de temperatura:

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\lambda$ (W/mK)	R=e/ $\lambda$	Cálculo de la temperatura de cada capa
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	1.000	0.0200	$\theta_1 = \theta_{se} + (R_1/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.52 + (0.02 \times 9.6) = 10.71^\circ\text{C}$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	0.400	0.0875	$\theta_2 = \theta_{se} + (R_2/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.52 + (0.0875 \times 9.6) = 11.36^\circ\text{C}$
3	Etileno propileno dieno monómero (EPDM)	0.0050	0.250	0.0200	$\theta_3 = \theta_{se} + (R_3/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.52 + (0.02 \times 9.6) = 10.71^\circ\text{C}$
4	Hormigón con arcilla expandida como árido principal	0.0600	0.350	0.171	$\theta_4 = \theta_{se} + (R_4/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.52 + (0.171 \times 9.6) = 12.16^\circ\text{C}$
5	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0600	0.042	1.428	$\theta_5 = \theta_{se} + (R_5/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.52 + (1.428 \times 9.6) = 24.22^\circ\text{C}$
6	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado	0.3000	0.341	0.879	$\theta_6 = \theta_{se} + (R_6/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.52 + (0.879 \times 9.6) = 18.95^\circ\text{C}$
7	Cámara de aire ligeramente ventilada	0.1000		0.180	$\theta_7 = \theta_{se} + (R_7/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.52 + (0.180 \times 9.6) = 12.24^\circ\text{C}$
8	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	0.250	0.080	$\theta_8 = \theta_{se} + (R_8/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.52 + (0.080 \times 9.6) = 11.28^\circ\text{C}$
Resistencia térmica total $R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} = 0.10 + 0.02 + 0.0875 + 0.0200 + 0.171 + 1.428 + 0.879 + 0.18 + 0.08 + 0.04 = 3$					
Temperatura superficial exterior $\theta_{se} = \theta_e + (R_{se}/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.4 + (0.04/3) \times (20 - 10.4) = 10.4 + (0.021 \times 9.6) = 10.52^\circ\text{C}$					
Temperatura superficial interior $\theta_{si} = \theta_n + (R_{si}/R_t) \times (\theta_i - \theta_e) = 10.83 + (0.10/3) \times (20 - 10.4) = 11.28 + (0.06 \times 9.6) = 11.85^\circ\text{C}$					

### b) Distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas.

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	R=e/ $\lambda$	$\theta^\circ\text{C}$	$P_{sat} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta)}$
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	0.0200	10.71	$P_{sat1} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta)} = 1285.88 \text{ Pa}$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	0.0875	11.36	$P_{sat2} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta)} = 1342.63 \text{ Pa}$
3	Etileno propileno dieno monómero (EPDM)	0.0050	0.0200	10.71	$P_{sat3} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta)} = 1285.88 \text{ Pa}$
4	Hormigón con arcilla expandida como árido principal	0.0600	0.171	12.16	$P_{sat4} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta)} = 1415.50 \text{ Pa}$
5	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0600	1.428	24.22	$P_{sat5} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta)} = 3019.30 \text{ Pa}$
6	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado	0.3000	0.879	18.95	$P_{sat6} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta)} = 2187.51 \text{ Pa}$
7	Cámara de aire ligeramente ventilada	0.1000	0.180	12.24	$P_{sat7} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta)} = 1422.9 \text{ Pa}$
8	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	0.080	11.28	$P_{sat8} = 610 \times e^{(17.269 \times \theta) / (237.3 + \theta)} = 1335.53 \text{ Pa}$
Resistencia térmica total $R_t = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_{se} = 0.10 + 0.02 + 0.0875 + 0.0200 + 0.171 + 1.428 + 0.879 + 0.18 + 0.08 + 0.04 = 3$					
Para $\theta_{se} = 10.52^\circ\text{C}$ $P_{sat}(\theta_{se}) = 1269.69 \text{ Pa}$					
Para $\theta_{si} = 11.85^\circ\text{C}$ $P_{sat}(\theta_{si}) = 1386.86 \text{ Pa}$					

# Tutorial del cálculo de la Limitación de demanda energética. Método simplificado DB-HE1

## c) Distribución de presiones de vapor.

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	$\mu n$	Sdn	$P_n = P_{n-1} + ((S_{dn} - 1) / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)$
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	30	0.6	$P_1 = P_e + ((S_{d1} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 799.52 \text{ Pa}$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	10	0.35	$P_2 = P_1 + ((S_{d2} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 799.27 \text{ Pa}$
3	Etileno propileno dieno monómero (EPDM)	0.0050	6000	30	$P_3 = P_2 + ((S_{d3} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 780.24 \text{ Pa}$
4	Hormigón con arcilla expandida como árido principal	0.0600	60	3.6	$P_4 = P_3 + ((S_{d4} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 777.96 \text{ Pa}$
5	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0600	100	6	$P_5 = P_4 + ((S_{d5} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 774.16 \text{ Pa}$
6	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado	0.3000	60	18	$P_6 = P_5 + ((S_{d6} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 762.76 \text{ Pa}$
7	Cámara de aire ligeramente ventilada	0.1000	1	0.1	$P_7 = P_6 + ((S_{d7} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 762.70 \text{ Pa}$
8	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	4	0.08	$P_8 = P_7 + ((S_{d8} / \sum S_{dn}) \times (P_i - P_e)) = 762.65 \text{ Pa}$
$\sum S_{dn} = 58.63$					
Para $P_{sat}(0_{se}=10.52^\circ\text{C}) = 1269.69 \text{ Pa}$ y Humedad relativa exterior= 63%				$P_e = \varphi_e \times P_{sat} = 0.63 \times 1269.69 = 799.90 \text{ Pa}$	
Para $P_{sat}(0_{si}) = 1386.86 \text{ Pa}$ y Humedad relativa exterior= 55%				$P_i = \varphi_i \times P_{sat} = 0.55 \times 1386.86 = 762.77 \text{ Pa}$	

Pongamos en la misma tabla todos los resultados de los cerramientos de la cubierta y vemos que **CUMPLE**

DATOS				CÁLCULO	
Nº	Material	Espesor	Sdn	$\theta^\circ\text{C}$	$P_{sat} > P_n$
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.0200	0.6	10.71	$P_{sat1} = 1285.88 \text{ Pa} > P_1 = 799.52 \text{ Pa}$
2	Mortero de cemento o cal para albañilería	0.0350	0.35	11.36	$P_{sat2} = 1342.63 \text{ Pa} > P_2 = 799.27 \text{ Pa}$
3	Etileno propileno dieno monómero (EPDM)	0.0050	30	10.71	$P_{sat3} = 1285.88 \text{ Pa} > P_3 = 780.24 \text{ Pa}$
4	Hormigón con arcilla expandida como árido principal	0.0600	3.6	12.16	$P_{sat4} = 1415.50 \text{ Pa} > P_4 = 777.96 \text{ Pa}$
5	XPS Expandido con dióxido de carbono CO4	0.0600	6	24.22	$P_{sat5} = 3019.30 \text{ Pa} > P_5 = 774.16 \text{ Pa}$
6	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado	0.3000	18	18.95	$P_{sat6} = 2187.51 \text{ Pa} > P_6 = 762.76 \text{ Pa}$
7	Cámara de aire ligeramente ventilada	0.1000	0.1	12.24	$P_{sat7} = 1422.9 \text{ Pa} > P_7 = 762.70 \text{ Pa}$
8	Placa de yeso o escayola 750<d<900	0.0200	0.08	11.28	$P_{sat8} = 1335.53 \text{ Pa} > P_8 = 762.65 \text{ Pa}$
$\sum S_{dn} = 58.63$					
Para $P_{sat}(0_{se}=10.52^\circ\text{C}) = 1269.69 \text{ Pa}$ y Humedad relativa exterior= 63%				$P_e = \varphi_e \times P_{sat} = 0.63 \times 1269.69 = 799.90 \text{ Pa}$	
Para $P_{sat}(0_{si}) = 1386.86 \text{ Pa}$ y Humedad relativa exterior= 55%				$P_i = \varphi_i \times P_{sat} = 0.55 \times 1386.86 = 762.77 \text{ Pa}$	

## 2.2.6 COMPROBACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AL AIRE DE HUECOS Y LUCERNARIOS

Las carpinterías de los huecos (ventanas y puertas) y lucernarios de los cerramientos se caracterizan por su permeabilidad al aire.

La permeabilidad de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los cerramientos que limitan los espacios habitables de los edificios con el ambiente exterior se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática

La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrán en nuestro edificio ejemplo por proyecto unos valores inferiores a los siguientes:

- a) Para las zonas climáticas A y B: 50 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>;
- b) Para las zonas climáticas C, D y E: 27 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>.

En nuestro caso por encontrarnos en una zona climática B3 y haber considerado todas las permeabilidades de los huecos de valor 50 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> estamos cumpliendo la normativa.

Nota : Este tutorial se complementa con unas hojas excell que recogen los ejemplos constructivos contemplados en el tutorial, resumiendo al final las tres fichas justificativas del cumplimiento del DB-HE1, y que se colgarán en la página web del CAT COACV.

