



ANEXO 3. CÁLCULOS. LIMITACIÓN DEMANDA ENERGÉTICA

ÍNDICE

1. Datos previos.

- 1.1. Zonificación climática.
- 1.2. Clasificación de los espacios.
- 1.3. Definición de la envolvente térmica del edificio.

2. Aplicación de la opción simplificada.

- 2.1. Aplicabilidad.
- 2.2. Cálculo de los parámetros característicos de los componentes de la envolvente térmica.
- 2.3. Limitación de demanda energética.
 - 2.3.1. Comprobación de transmitancias térmicas de componentes.
 - 2.3.2. Cálculo de parámetros característicos medios.
 - 2.3.3. Comprobación de parámetros característicos medios.
- 2.4. Comprobación de limitación de condensaciones.
 - 2.4.1. Condensaciones superficiales.
 - 2.4.2. Condensaciones intersticiales.
- 2.5. Permeabilidad al aire de huecos y lucernarios.

3. Cumplimiento de las fichas justificativas

1. Datos previos.

En este apartado reflejaremos los parámetros y datos de partida necesarios para la verificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 1 Limitación de demanda energética.

1.1. Zonificación climática.

El presente proyecto se realiza en la ciudad de Sevilla; por lo tanto, según el CTE-HE1 en su apartado 3.1.1. a esta ciudad le corresponde la zona climática B4.

1.2. Clasificación de los espacios del edificio.

La clasificación de los espacios de nuestro edificio en función de si son habitables o no, de su carga interna y de su higrometría (estas dos últimas sólo para espacios habitables) se recoge en la siguiente tabla:

EDIFICIO		ESPACIOS				
Planta	Recinto	Nombre	Espacios habitables			Espacios no habitables
			Carga interna		Higrometría (clase)	
			Baja	Alta		
Sótano	Montacoches	E0	-	-	-	X
	Garaje					
	C. basuras					
Baja	Montacoches	E1	-	X	3	-
	Local 1					
	Local 2					
Primera	Oficina a					
	Oficina b					
Segunda	Oficina a					
	Oficina b					
Tercera	Oficina a					
	Oficina b					
Cuarta	Oficina a					
	Oficina b					
Quinta	Oficina a					
	Oficina b					
Planta baja-quinta	Zonas de uso común	E2	X	-	3	-
Cubiertas	Terraza 1(4ªPt)	E3	-	-	-	X
	Terraza 2(5ªPt)					
	Cubierta					

1.3. Definición de la envolvente térmica del edificio

La envolvente térmica está formada por todos los elementos que separan los espacios habitables del ambiente exterior y de los espacios no habitables.

De esta forma el cerramiento exterior del garaje (espacio no habitable) no se considera parte de la envolvente térmica, ya que limita un espacio no habitable con el ambiente exterior. Sí forman parte de la envolvente el forjado sobre el garaje, la separación del local 1 de la planta baja con el montacoches, etc.

A continuación pasamos a definir y clasificar todos los elementos que componen la envolvente térmica del edificio, tanto los cerramientos (fachadas, cubierta, etc.) en contacto con el ambiente exterior, como las particiones interiores en contacto con espacios no habitables.

La definición de la envolvente térmica y la clasificación de sus componentes se recogen en la siguiente tabla:

ENVOLVENTE TÉRMICA						
Cerramientos y Particiones interiores			Componentes		Contacto	Parámetros Característicos
Tipo		Orient.				
Cubiertas	Terraza 1	-	C1	Forj. P3ª+ Pav.ext.	Aire exterior	U_{C1}
	Terraza 2			Forj. P4ª+ Pav.ext.		
	Cubierta			Forj. P5ª+ Pav.ext.		
Muros	Fachada a Av. Roquetas de Mar	Este	M1	Fachada	Aire exterior	U_{M1}
	Fachada a c/ Nicolás Navas	Oeste				
	Fachada	Sur				
	Particion inter. (local 2/mont.)	-	M2	Cerramiento interior	Espacio no habitable	U_{M2}
Suelos	Sobre garaje	-	S1	Forj.Sotano + Pav.int.	Espacio no habitable	U_{S1}
	Sobre el montacoches			Forjado P1ª + pav. Interior		
Huecos	Acrystalados	Este	H1	Carpintería metálica y vidrio 4-6-6	Aire exterior	$U_{H,m}, U_{H,v}, U_H, U_F$
		Oeste				
	Puerta acceso	Este	H2	Acrystalada	Aire exterior	U_H
	Puerta montac.	Oeste	H3	Metálica	Aire exterior	U_H

Además necesitaremos conocer el porcentaje de huecos (puertas y ventanas) en cada fachada de nuestro edificio:

Fachadas (envolvente térmica)			
Orientación	Superficie Total (m ²)	Superficie huecos (m ²)	% huecos
Norte	0	0	0
Este	700	180	26
Sur	-	0	0
Oeste	750	230	31

2. Aplicación de la opción simplificada.

En este apartado, 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-HE1:

- Demanda energética
- Condensaciones
- Permeabilidad al aire

2.1. Aplicabilidad

Podemos aplicar la opción simplificada en nuestro edificio ya que el porcentaje de huecos en la fachada que da a la C/ Nicolás Navas es del 31 % (inferior al límite establecido en el DB que es del 60%). Además se trata de obra nueva, no de rehabilitación, y sólo tenemos soluciones constructivas tradicionales.

2.2 Cálculo de los parámetros característicos de los componentes de la envolvente térmica

A continuación procedemos a calcular los parámetros característicos que definen cada uno de los componentes de la envolvente térmica de nuestro edificio.

Estos parámetros son:

Transmitancia térmica (U en W/m²K)

- Cerramientos en contacto con el aire exterior:
 - Fachadas.
 - Cubierta y terrazas.
- Particiones interiores en contacto con espacios no habitables:
 - Forjado sobre garaje y sobre montacoches en planta baja.

Partición entre montacoches y local 2.

- Huecos:
Ventanas y puertas acristaladas.
Puertas opacas (montacoches).

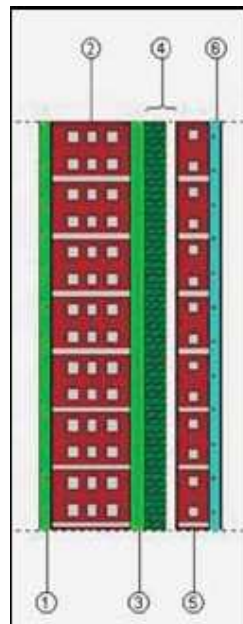
Factor solar modificado (F adimensional)

- Huecos:
Ventanas y puertas acristaladas.

Para la realización de los cálculos es necesario aplicar los procedimientos establecidos en el apéndice E “Cálculo de los parámetros característicos de la demanda” del ya mencionado DB-HE1.

A) Cerramiento de fachada.

Cerramiento de fachada de doble hoja, formado por:



1. Enfoscado de mortero de cemento ($e = 1.5 \text{ cm}$).
2. Medio pie de ladrillo perforado ($e = 11.5 \text{ cm}$).
3. Embarrado de mortero de cemento ($e = 2 \text{ cm}$).
4. Cámara de aire de 5 cm . de espesor, con proyectado de poliuretano sobre hoja exterior ($e = 3 \text{ cm}$).
5. Tabique de ladrillo hueco sencillo ($e = 5 \text{ cm}$).
6. Enlucido de yeso ($e = 1.5 \text{ cm}$).

Para cerramientos en contacto con el exterior se aplica para la **transmitancia térmica** U (W/m^2K) la siguiente fórmula:

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

- R_i Resistencia térmica de cada capa del cerramiento (m^2K/W)
 R_{si} Resistencia térmica superficial del aire interior (m^2K/W) (Tabla E.1)
 R_{se} Resistencia térmica superficial del aire exterior (m^2K/W) (Tabla E.1)

R_i se obtiene para cada capa de material según la siguiente fórmula:

$$R_i = \frac{e}{\lambda}$$

- e espesor de la capa (m)
 λ conductividad térmica del material (W/mK)

Para obtener la conductividad térmica de los distintos materiales que componen el cerramiento, el CTE nos remite a los valores declarados por los fabricantes (según norma UNE-EN ISO 10456:2001) o a los datos contenidos en Documentos Reconocidos. El propio CTE dice que el LIDER tiene la consideración de Documento Reconocido, por lo que los datos extraídos directamente de sus bases de datos se pueden considerar válidos a efectos del cumplimiento del HE1.

Aquí tenemos que indicar que hemos usado unas tablas de propiedades higrométricas de FIDAS. Dichas tablas se han creado extrayendo los datos de las bases del LIDER.

Estas tablas incluyen, además de la conductividad de una extensa serie de materiales, su factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, la

resistencia térmica de las cámaras de aire y transmitancias y factores solares en vidrios y marcos de huecos. Estos datos serán necesarios para diversos cálculos del HE1.

El cálculo final del cerramiento de fachada queda resumido en la siguiente tabla:

Material	λ (W/mK)	e (cm)	R (m ² K/W)
Capa de aire exterior			0.040
Enfoscado de m. de cemento	1.000	1.50	0.015
Medio pie de LP	0.694	11.50	0.166
Embarrado de m. de cemento	1.000	2.00	0.020
Poliuretano proyectado	0.028	3.00	1.071
Cámara de aire sin ventilar		2.00	0.170
Tabique de LH sencillo	0.444	5.00	0.113
Enlucido de yeso	0.570	1.50	0.026
Capa de aire interior			0.130
RESISTENCIA TOTAL			1.751
TRANSMITANCIA TÉRMICA (U en W/m²K)			0.571

B) Ventana.

Los parámetros característicos de un hueco son la Transmitancia térmica (U_H en W/m²K) y el Factor solar modificado (F_H).

En nuestro caso se trata de ventanas de carpintería metálica con rotura de puente térmico entre 4-12 mm y vidrio doble 6-6-4. Escogemos una ventana de aseo de cualquier planta para hacer el cálculo. Más adelante justificamos porqué hemos tomado esta ventana y no otra.

B.1) Cálculo de la transmitancia térmica.

Usaremos la siguiente expresión:

$$U_H = (1-FM)U_{H,v} + FMU_{H,m}$$

$U_{H,v}$ Transmitancia térmica de la parte semitransparente (vidrio) (W/m^2K).

$U_{H,m}$ Transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta (W/m^2K).

FM Fracción del hueco ocupada por el marco

$U_{H,v}$ y $U_{H,m}$ se pueden obtener de las tablas de propiedades higrotérmicas de FIDAS.

$$FM = A_{\text{marco}}/A_{\text{hueco}} = 0.28/0.54 = 0.52$$

En nuestro caso:

$$- U_H = (1-0.52)*3.30 + 0.52*4.00 = \mathbf{3.664} \text{ W/m}^2\text{K}$$

Hemos decidido realizar el cálculo de una ventana de aseo, ya que es la que presenta una proporción marco/hueco mayor. Al ser la transmitancia de nuestro marco mayor que la del acristalamiento, si aplicamos esta U_H a todos los huecos acristalados estaremos del lado de la seguridad y nos ahorramos realizar el cálculo de cada tipo de ventana.

(Datos obtenidos del apendice E del HE1, apartado E1.4.1 Transmitancia térmica de huecos y Tablas de propiedades higrotérmicas)

B.2) Cálculo del factor solar.

Para su cálculo usaremos la siguiente expresión:

$$F = F_S [(1-FM) g_{\perp} + FM 0.04 U_{H,m} \alpha]$$

F_S Factor de sombra del hueco o lucernario (tablas E.11 a E.15 ó 1.00 si no se justifica adecuadamente).

FM Fracción del hueco ocupada por el marco.

g_{\perp} Factor solar de la parte semitransparente del hueco (tablas de propiedades higrotérmicas)

- $U_{H,m}$ Transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta (W/m^2K). (tablas de propiedades higrotérmicas).
- α Absortividad del marco (tabla E.10 o tablas de propiedades higrotérmicas: marco de color blanco medio)

En nuestro caso:

$$- F = 1.00[(1-0.52)*0.75 + 0.52*0.04*4.00*0.30] = \mathbf{0.385}$$

Como se puede observar hemos decidido tomar $FS = 1.00$ y no aplicar las tablas de CTE, quedándonos del lado de la seguridad, para simplificar los cálculos.

C) Cubierta.

En nuestro proyecto la cubierta se calcula mediante el apartado E.1.1 Cerramientos en contacto con el aire exterior. Se trata por tanto, del mismo caso que el usado para el cálculo de la fachada. Por consiguiente usamos las mismas fórmulas para obtener la **transmitancia térmica** $U(W/m^2K)$:

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

- R_i Resistencia térmica de cada capa del cerramiento (m^2K/W)
- R_{si} Resistencia térmica superficial del aire interior (m^2K/W) (Tabla E.1)
- R_{se} Resistencia térmica superficial del aire exterior (m^2K/W) (Tabla E.1)

R_i se obtiene para cada capa de material según la siguiente fórmula:

$$R_i = \frac{e}{\lambda}$$

e espesor de la capa (m)

λ conductividad térmica del material (W/mK)

El cálculo final del cerramiento de cubierta queda resumido en la siguiente tabla:

Material	λ (W/mK)	e (cm)	R (m ² K/W)
Capa de aire exterior			0.040
Baldosa cerámica	1.000	2.00	0.020
m. de cemento agarre	1.000	1.50	0.015
m. cemento protec. Membrana	1.000	2.00	0.020
Lámina impermeabilizante	0.700	1.00	0.014
Aislamiento (lana mineral)	0.031	6.00	1.935
Capa hormigón aligerado	1.150	3.00	0.026
Forjado unidireccional	1.429	30.00	0.209
Capa de aire interior en cerramiento horizontal			0.100
RESISTENCIA TOTAL			2.38
TRANSMITANCIA TÉRMICA (U en W/m²K)			0.42

D) Forjado sobre garaje (y sobre montacoches en planta 1ª).

Estos elementos se calculan según el apartado E.1.3.1 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables. La **transmitancia térmica** U (W/m²K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_{pb}$$

Para el cálculo de U_p se considera $R_{si} = R_{se} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ (tabla E.6), ya que el aire en las dos caras de la partición se considera como interior. Tomaremos el sentido del flujo ascendente:

Material	λ (W/mK)	e (cm)	R (m ² K/W)
Capa de aire interior planta baja			0.100
Baldosa cerámica	1.000	2.00	0.020
m. de cemento agarre	1.000	1.50	0.015

Aislamiento (lana mineral)	0.031	6.00	1.935
Forjado unidireccional	1.429	30.00	0.209
Capa de aire interior en garaje			0.100
RESISTENCIA TOTAL			2.379
TRANSMITANCIA TÉRMICA (U en W/m²K)			0.43

E) Tabique entre montacoches y local 2 de planta baja.

También se calcula según el apartado E.1.3.1 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables. La **transmitancia térmica** U (W/m²K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_{pb}$$

Para el cálculo de U_p se considera $R_{si} = R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ (tabla E.6), ya que el aire en las dos caras de la partición se considera como interior.

Material	λ (W/mK)	e (cm)	R (m ² K/W)
Capa de aire interior montacoches			0.130
m. de cemento para albañilería	1.000	1.50	0.015
Tabicón LH doble	0.375	8.00	0.213
Poliuretano proyectado	0.028	3.00	1.071
Enlucido de yeso	0.570	1.5	0.026
Capa de aire interior local 2			0.130
RESISTENCIA TOTAL			1.585
TRANSMITANCIA TÉRMICA (U en W/m²K)			0.63

Debemos de indicar que en el cálculo de las particiones interiores hemos tomado $b=1$ para simplificar los cálculos.

F) Puentes térmicos.

Es necesario calcular los puentes térmicos integrados en los cerramientos (pilares, etc). Tal y como figura en el apartado E.1.1 se deben calcular como cerramientos en contacto con el aire exterior. Pero en nuestro caso hemos recurrido a unos valores del DAV (monografías CTE del consejo superior de colegios de arquitectos de España) para no tener que calcularlos:

Puentes térmicos de pilares: $U_{PF} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.3. Limitación de demanda energética.

Para la verificación del cumplimiento de la limitación de demanda energética es necesario realizar una doble comprobación, por un lado para las zonas de baja carga interna y por otro para las de alta carga interna. En el estudio realizado a nuestro edificio sólo realizaremos dicha comprobación para las zonas de alta carga interna.

2.3.1. Comprobación de transmitancias térmicas de componentes

Aquí comprobaremos que las transmitancias térmicas de los distintos elementos calculados en el punto anterior no superan los límites establecidos en el DB. Esta es una comprobación por elementos constructivos, encaminada a evitar descompensaciones entre la calidad térmica de los distintos espacios.

Se debe comprobar que la transmitancia térmica de los distintos componentes de la envolvente es inferior a los valores límite que figuran en la tabla 2.1 del HE1.

Como hemos visto en el apartado de Zonificación Climática, nos encontramos en una zona B4, así que usaremos los datos contenidos en esa columna.

No se comprueban las transmitancias térmicas máximas de puentes térmicos ni de huecos no acristalados, ya que no figuran valores límite para estos elementos, aunque sí influirán en el cálculo de los parámetros característicos medios.

En la siguiente tabla se resume el cumplimiento de este apartado:

CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA		U (W/m ² K)	
		Proyecto	Máxima
Muros de fachada	M1	0.571	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	M2	0.63	1.07
Suelos	S1	0.43	0.68
Cubierta	C1	0.42	0.59
Vidrios de huecos y lucernarios (U _{H,v})	H1 _v	3.30	
Marcos de huecos y lucernarios (U _{H,m})	H1 _m	4.00	5.70

2.3.2. Cálculo de los parámetros característicos medios.

A continuación pasamos a calcular los parámetros característicos medios (U_m y F_m) por categorías de elementos y orientaciones, ponderando los parámetros característicos en función de la superficie total para cada caso.

Estos parámetros medios se calculan utilizando las fórmulas de la tabla 3.1 del HE1 para los distintos componentes de la envolvente.

Todos estos cálculos están resumidos en las fichas justificativas de la opción simplificada.

Para la realización de estos cálculos hemos tenido en cuenta lo siguiente:

- Las áreas de los cerramientos (fachadas, cubiertas, etc) se miden desde el interior.
- En el estudio de los parámetros característicos medios, sí entra la transmisión térmica (U) de puentes térmicos y de huecos no acristalados, por lo que es necesario realizar su cálculo.

2.3.3. Comprobación de parámetros característicos medios.

Para completar la verificación de la limitación de demanda es necesario comprobar que los parámetros característicos medios obtenidos son inferiores a los límites establecidos por el DB HEI, contenidos en las tablas 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios.

En nuestro caso utilizaremos la tabla correspondiente a la zona climática B4. Esta tabla nos da unos valores límite para los distintos parámetros característicos medios. Los límites de la transmitancia de huecos U_{Hlim} y factor solar modificado de huecos F_{Hlim} se obtienen en función del porcentaje de huecos de cada fachada y de su orientación.

De esta forma, para la zona B4 tendremos:

- 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:

$$F_{Llim} = 0.28$$

- Transmitancia límite de huecos:

$$\text{- Este (21-30 \% huecos)} \quad U_{Hlim} = 4.3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{- Oeste (31-40 \% huecos)} \quad U_{Hlim} = 4.0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Factor solar modificado límite de huecos:

$$\begin{aligned} \text{- Este (21-30 \% huecos)} \quad & F_{Hlim} = 0.55 \text{ W/m}^2\text{K}(\text{alta carga}); \\ & F_{Hlim} = - (\text{baja carga}). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Oeste (31-40 \% huecos)} \quad & F_{Hlim} = 0.42 \text{ W/m}^2\text{K}(\text{alta carga}); \\ & F_{Hlim} = 0.55 (\text{baja carga}). \end{aligned}$$

La comprobación de los parámetros característicos medios para nuestro edificio aparece en la siguiente tabla:

COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS MEDIOS				
Cerramientos y Particiones Interiores		Parámetros Característicos Medios		
Categoría	Orientación	P.C.M.	Proyecto	Máximo
Muros	Este	U_{Mm}	0.56	0.82
	Sur	U_{Mm}	0.57	
	Oeste	U_{Mm}	0.56	
Suelos	-	U_{Sm}	0.43	0.52
Huecos	Este	U_{Hm}	3.66	4.30
		F_{Hm}	0.38	0.55
	Oeste	U_{Mm}	3.66	4.00
		F_{Mm}	0.38	0.42
Cubiertas	-	U_{cm}	0.42	0.45

2.4. Comprobación de limitación de condensaciones.

A continuación pasamos a la verificación del cumplimiento de la exigencia de control de condensaciones. Esta verificación se debe realizar para las condensaciones superficiales y para las intersticiales.

Para ello utilizaremos datos de transmitancia térmica de los componentes estudiados en la limitación de demanda.

2.4.1. 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 asegura la verificación de la comprobación de limitación de condensaciones superficiales en los cerramientos y particiones interiores para los espacios de clase de **higrometría 4 o inferior**. (3.2.3.1 apartado 3º del DB-HE1).

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.

Esta comprobación sería necesaria para todos los puentes térmicos, tanto para los integrados en cerramientos como para los de encuentros de cerramientos y otros.

Se ha tomado la decisión de hacer la comprobación sólo en los puentes térmicos integrados, cuyo cálculo es igual que el de los cerramientos.

Para verificar su cumplimiento, debemos justificar que se cumple que:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,min}$$

$$f_{Rsi} = 1 - 0.25 * U$$

$f_{Rsi,min}$ Este valor sale de la tabla 3.2 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$, que en nuestro caso con una higrometría 3 y una zona B es igual a 0,52.

Despejando obtenemos:

$$1 - 0.25 * U \geq f_{Rsi,min}$$

$$U \leq (1 - f_{Rsi,min}) / 0.25 = (1 - 0.52) / 0.25$$

$$U \leq 1.92$$

Como hemos visto en el apartado de puentes térmicos del apartado 2.2 Cálculo de los parámetros característicos de los componentes de la envolvente térmica, la U máxima de nuestro edificio es de 0,50 W/m²K.

Por tanto, cumplimos en los puentes térmicos integrados en fachada.

2.4.2. Condensaciones intersticiales.

Esta comprobación es necesaria para todos los cerramientos (no para los puentes térmicos), excepto:

- Los que estén en contacto con el terreno.
- Los que dispongan de barrera contra el paso de vapor de agua en la parte caliente del cerramiento.

El procedimiento de comprobación se basa en la comparación entre las presiones de vapor y las presiones de vapor de saturación para cada capa del cerramiento y viene explicado en el apartado G.2.2 Condensaciones intersticiales del DB.

Existen algunos programas informáticos que permiten realizar esta comprobación de manera sencilla.

Nosotros hemos optado por el uso de **eCondensa2**- Cálculo de condensaciones conforme al CTE, por ser una aplicación gratuita de fácil manejo.

2.5. Permeabilidad al aire de huecos y lucernarios.

Para terminar la comprobación de la limitación de demanda energética hemos de cumplir la exigencia básica de permeabilidad al aire de carpinterías de huecos.

Sabemos que no es necesario realizarla para las puertas de acceso (ya que no tienen marco en sus cuatro lados), en nuestro caso sólo las comprobaremos en los huecos acristalados.

Como estamos en una zona climática B, necesitamos unas carpinterías de huecos con una permeabilidad al aire inferior a $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, es decir las carpinterías deben ser al menos de **clase 1**. (todo esto según los artículos 2.3 Permeabilidad al aire y 3.2.4 Permeabilidad al aire del DB-HE1).

3. Cumplimentación de las fichas justificativas.

Por último, es necesario reflejar el cumplimiento de la opción simplificada en los modelos de fichas justificativas que aparecen en el apéndice H:

FICHA 1: Cálculo de los parámetros característicos medios (2 hojas).

FICHA 2 CONFORMIDAD Demanda energética.

FICHA 3 CONFORMIDAD- Condensaciones.

En estas fichas se han reflejado todos los datos obtenidos en el procedimiento de cálculo.

HE 1 Limitación de demanda energética

Fichas justificativas de la opción simplificada

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA	B4	Zona de baja carga interna	Zona de alta carga interna X
----------------	----	----------------------------	------------------------------

MUROS (U_{Mm}) y (U_{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados
Z					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
E	M1	287.5	0.571	164.2	$\Sigma A =$ 343
	PF	55.5	0.50	27.75	$\Sigma A \cdot U =$ 191.95
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 0.56
O	M1	425	0.571	242.7	$\Sigma A =$ 489.75
	PF	64.75	0.50	32.4	$\Sigma A \cdot U =$ 275
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 0.56
S	M1	254.2	0.571	145.1	$\Sigma A =$ 322.85
	M2	38	0.63	23.94	$\Sigma A \cdot U =$ 184.34
	PF	30.65	0.50	15.3	$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 0.57
SE					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
SO					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
C-TER					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$

SUELOS (U_{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados
S1		--	0.43	--	$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 0.43

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U_{Cm} , F_{Lm})					
---	--	--	--	--	--

Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados
C1	--		--	$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $U_{Cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0.42$

Tipos	A (m ²)	F	A · F (m ²)	Resultados	Tipos
				$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot F =$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	

ZONA CLIMÁTICA	B4	Zona de baja carga interna	Zona de alta carga interna X
-----------------------	----	-----------------------------------	-------------------------------------

HUECOS (U _{Hm} , F _{Hm})						
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados		
Z				$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$		
Tipos	A (m ²)	U	F	A · U	A · F (m ²)	Resultados Tipos
E	H1	--	3.664	0.385	--	$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $\Sigma A \cdot F =$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3.664$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0.385$

O						$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $\Sigma A \cdot F =$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$
S						$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $\Sigma A \cdot F =$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$
SE						$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $\Sigma A \cdot F =$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$
SO						$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $\Sigma A \cdot F =$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$

FICHA 2 CONFORMIDAD- Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA	B4	Zona de baja carga interna	Zona de alta carga interna X
-----------------------	-----------	-----------------------------------	-------------------------------------

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{\max(\text{proyecto})}^{(1)}$	$U_{\max}^{(2)}$
Muros de fachada	0.571	} ≤ 1.07
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	--	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0.63	
Suelos	0.43	≤ 0.68
Cubiertas	0.42	≤ 0.59
Vidrios de huecos y lucernarios	3.30	} ≤ 5.70
Marcos de huecos y lucernarios	4.00	
Medianerías	--	≤ 1.07
Particiones interiores (edificios de viviendas) ⁽³⁾	--	≤ 1.20 W/m ² K

MUROS DE FACHADA		
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$
N	} ≤ 0.82	}
E		
O		
S		
SE		
SO		

HUECOS Y LUCERNARIOS					
$U_{Hm}^{(4)}$		$U_{Hlim}^{(5)}$		$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
3.66	\leq	4.3		0.385	0.55
	$\left. \vphantom{\begin{matrix} 3.66 \\ 3.66 \end{matrix}} \right\} \leq$			$\left. \vphantom{\begin{matrix} 0.385 \\ 0.385 \end{matrix}} \right\} \leq$	
3.66	\leq	4.0		0.385	0.42
	$\left. \vphantom{\begin{matrix} 3.66 \\ 3.66 \end{matrix}} \right\} \leq$			$\left. \vphantom{\begin{matrix} 0.385 \\ 0.385 \end{matrix}} \right\} \leq$	

CERR. CONTACTO TERRENO	
$U_{Tm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$
--	≤ --

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0.43	≤ 0.52

CUBIERTAS	
$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
0.42	≤ 0.45

LUCERNARIOS	
F_{Lm}	F_{Llim}
--	≤ 0.28

⁽¹⁾ $U_{\max(\text{proyecto})}$ corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en proyecto.

⁽²⁾ U_{\max} corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2.1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.

⁽³⁾ En edificios de viviendas, $U_{\max(\text{proyecto})}$ de particiones interiores que limiten unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto con las zonas comunes no calefactadas.

⁽⁴⁾ Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.

⁽⁵⁾ 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							
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
M1	f_{Rsi}	0,857	$P_{sat,n}$	1311,33	1389,99	1399,78	2020,31	2138,21	2219,51	2238,91
	f_{Rmin}	0,520	P_n	1026,36	1105,78	1119,59	1243,89	1244,58	1279,11	1285,32
M2	f_{Rsi}	0,833	$P_{sat,n}$	1315,67	1436,19	2200,03	2222,58			
	f_{Rmin}	0,520	P_n	1030,23	1106,09	1276,79	1285,32			
C1	f_{Rsi}	0,895	$P_{sat,n}$	1306,29	1311,39	1318,22	1323,12	2153,66	2167,42	2281,04
	f_{Rmin}	0,520	P_n	1016,30	1016,40	1016,49	1272,10	1272,13	1273,05	1285,32
S1	f_{Rsi}	0,894	$P_{sat,n}$	1306,66	1311,73	2149,29	2263,57			
	f_{Rmin}	0,520	P_n	1022,51	1024,14	1024,79	1285,32			
	f_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	f_{Rmin}		P_n							