

EXIGENCIA BÁSICA HE-1

Limitación de la demanda energética

Aplicación a edificios de uso Residencial, Vivienda
DAV CSCAE

Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

Los edificios dispondrán de una **envolvente** de características tales que limite adecuadamente la **demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico**:

- a. en función clima de la localidad y según las **zonas climáticas**, régimen de verano y de invierno
- b. en función de la **carga interna** de sus espacios (baja carga interna para el uso de vivienda)

Los parámetros característicos que definen la envolvente térmica serán inferiores a los valores límites establecidos:

- a. de transmitancia térmica **U** para los cerramientos de la envolvente
- b. factor solar modificado **F** para huecos y lucernarios

reduciendo el riesgo de aparición de humedades de **condensación superficiales e intersticiales** que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los **puentes térmicos** para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos, así como limitando la **permeabilidad al aire** de huecos y lucernarios

DAV HE 1: Limitación de demanda energética

- Documento para facilitar la aplicación del CTE a edificios de vivienda redactado por la Comisión de Expertos del CTE del CSCAE, que desarrolla:
 - la aplicación a elementos constructivos habituales
 - los valores de cálculo de los materiales de construcción
 - un modelo de fichas justificativas para el proyecto básico
 - fichas justificativas de la opción simplificada para el proyecto de ejecución
 - tablas de soluciones directas

- No es un Documento Reconocido

CTE Artículo 4. Documentos Reconocidos y Registro General del CTE.

“Como complemento de los Documentos Básicos, de carácter reglamentario, incluidos en el CTE y con el fin de lograr una mayor eficacia en su aplicación, se crean los Documentos Reconocidos del CTE, definidos como documentos técnicos, sin carácter reglamentario, que cuenten con el reconocimiento del Ministerio de Vivienda que mantendrá un registro público de los mismos.”

Exigencia básica HE 1: Ámbito de aplicación a viviendas

Esta Sección es de aplicación en:

- edificios de nueva construcción
- modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil $> 1000 \text{ m}^2$ donde se renueve $> 25\%$ del total de sus cerramientos

Aplicabilidad de la opción simplificada (3.2.1.2).

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

Se excluyen del campo de aplicación:

- edificios y monumentos protegidos oficialmente..., cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto
- construcciones provisionales, plazo de utilización $\leq$ a dos años
- edificios aislados con una superficie útil total $<$ a 50 m^2

Procedimiento de Verificación

LA OPCIÓN SIMPLIFICADA, basada en el control indirecto de la demanda energética mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica

Aplicabilidad

- que el porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie
- que el porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta

LA OPCIÓN GENERAL, basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción

Programa denominado Limitación de la Demanda Energética, LIDER

Objeto de la opción simplificada:

- a. Limitar la demanda energética de los edificios de manera indirecta mediante el establecimiento de valores límite de los **parámetros U y F** de los componentes de la envolvente térmica
- b. Limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos para las condiciones ambientales establecidas en este Documento Básico
- c. Limitar las infiltraciones de aire en los huecos y lucernarios
- d. Limitar en los edificios de viviendas la transmisión de calor entre unidades de uso calefactadas y zonas comunes no calefactadas

Sistema de comprobación con la opción simplificada

DEMANDA ENERGÉTICA

1. determinación de la **zona climática**
2. clasificación de los **espacios** del edificio
3. definición de la **envolvente térmica**
4. cálculo de la **transmitancia térmica** de cada elemento de la envolvente, y del **factor solar modificado** de huecos y lucernarios
5. comprobación del **cumplimiento de la limitación** de la demanda energética:
 - a. **transmisión térmica** de la cada elemento deber ser inferior a los valores de la tabla 2.1
 - b. **los valores medios de transmitancia** deben ser inferiores a los valores de las tablas 2.2
 - c. **el factor solar modificado** de huecos y lucernarios debe ser inferior a los valores de las tablas 2.2
 - d. en edificios de vivienda, la **transmisión térmica** de las particiones interiores que separan viviendas de zonas de uso común deben ser inferiores a las señaladas en el apartado 2.1

CONDENSACIONES

6. control de **condensaciones intersticiales y superficiales**

PERMEABILIDAD AL AIRE

7. comprobación del cumplimiento de la limitación de **permeabilidad al aire**

1. determinación de la zona climática (tabla D.1 del anexo D)

- severidad climática en invierno letras A a E
- severidad climática en verano números 1 a 4

Zonas climáticas			
Provincia	Altura de referencia capital (m)	Capital	Otras localidades a mayor altura
Ávila	1054	E1	E1
Burgos	861	E1	E1
Segovia	1013	D2	E1
Soria	984	E1	E1
Valladolid	704	D2	E1

Si las localidades están a una altura menor que la capital de la provincia se adoptará la misma zona climática que la capital.

Las localidades que no sean capitales de provincia y que dispongan de registros climáticos contrastados, podrán obtener la zona climática con el sistema decálculo del DB

2. Clasificación de los espacios del edificio

Habitable. En edificios residenciales lo son las viviendas y las zonas comunes.

A efectos de cálculo de la demanda energética, los espacios habitables se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior:

- a) **espacios con baja carga interna**, en los que se disipa poco calor. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos
- b) **espacios con alta carga interna**, en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes

No habitable, son los recintos no destinados a uso permanente de personas como: garajes, trasteros, cámaras técnicas, desvanes no acondicionados

Espacio habitable: Espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética

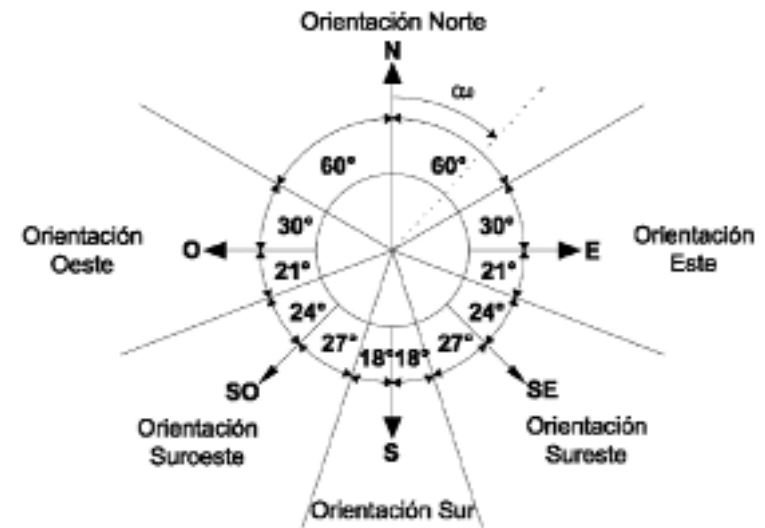
Recinto habitable: Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales
- f) zonas comunes de circulación en el interior de los edificios

3. Definición de la envolvente térmica

Está compuesta por los cerramientos:

- muros de fachada M, se clasifican en función de la orientación
- cubiertas C (inclinación inferior a 60°)
- suelos S
- cerramientos en contacto con el terreno T
- huecos H
- medianerías MD
- particiones interiores



Apartado 3.2.1.3.

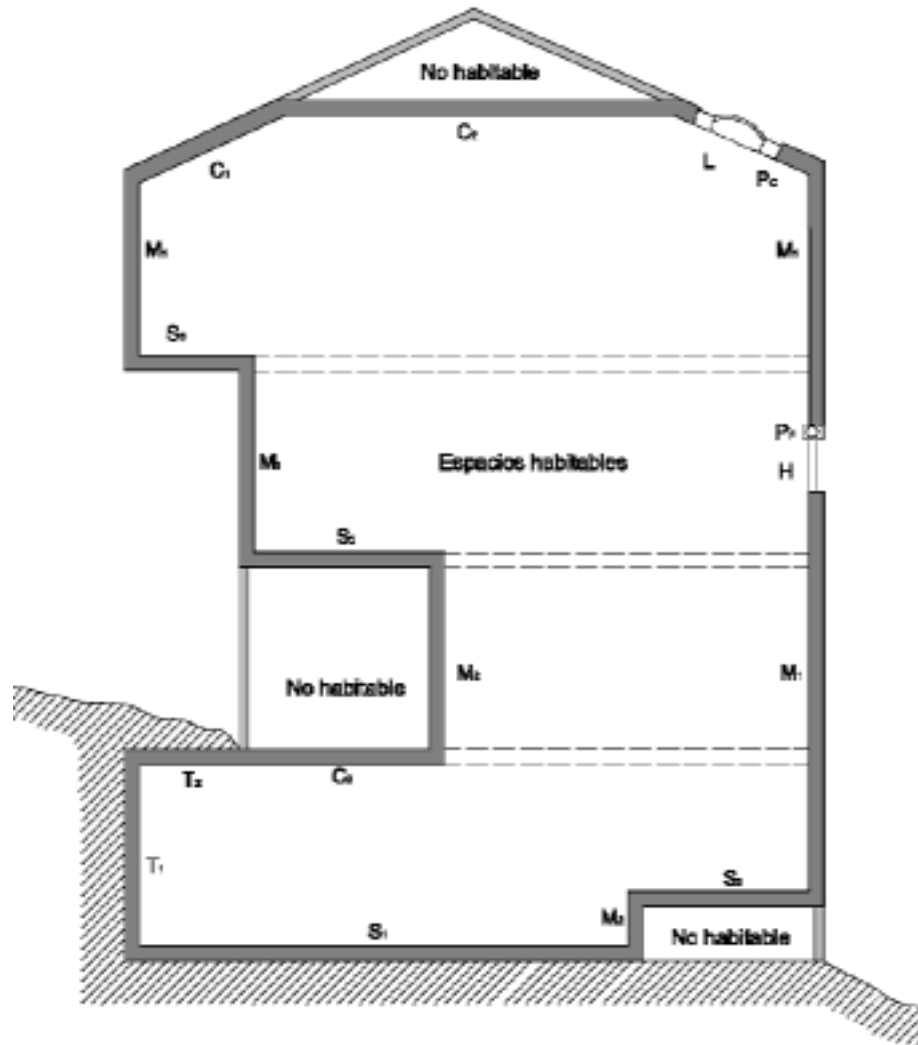
1. Son objeto de esta opción simplificada los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio
2. A efectos de limitación de la demanda, se incluirán en la consideración anterior sólo aquellos puentes térmicos cuya superficie sea superior a $0,5 \text{ m}^2$ y que estén integrados en las fachadas, tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana
3. No se incluirán en la consideración anterior las puertas cuyo porcentaje de superficie semitransparente sea inferior al 50%

Terminología

Envolvente térmica: Se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior y las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior

- **Envolvente edificatoria:** Se compone de todos los cerramientos del edificio
- **Componentes del edificio:** Se entienden por componentes del edificio los que aparecen en su envolvente edificatoria: cerramientos, huecos y puentes térmicos
 - **Cerramiento:** Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios
 - **Hueco:** Es cualquier elemento semitransparente de la envolvente del edificio. Comprende las ventanas y puertas acristaladas
 - **Puente térmico:** Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción..., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos. Se clasifican en:
 - a) puentes térmicos integrados en los cerramientos
 - b) puentes térmicos formados por encuentro de cerramientos
 - c) encuentros de voladizos con fachadas
 - d) encuentros de tabiquería interior con fachadas
- **Partición interior:** Elemento constructivo del edificio que divide su interior en recintos independientes. Pueden ser verticales u horizontales (suelos y techos)

3. Definición de la envolvente térmica



C CUBIERTA

C_1 con aire
 C_2 con espacio no habitable
 L lucernario
 P_c puente térmico

M FACHADA

M_1 con aire
 M_2 con espacio no habitable
 H hueco
 P_{F1} puente t. contorno hueco
 P_{F2} puente t. pilares
 P_{F3} puente t. caja persiana

S SUELOS

S_1 apoyado sobre el terreno
 S_2 con espacio no habitable
 S_3 con aire exterior

T CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

T_1 muros
 T_2 cubiertas enterradas
 T_3 suelos profundidad $>0,5m$

Figura 3.2 Esquema de envolvente térmica de un edificio

4. Cálculo de la transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente (apartado E.1)

Para su obtención se mantiene la sistemática tradicional por capas complementada con las resistencias térmicas superficiales de los cerramientos. La transmitancia térmica U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) viene dada por la siguiente expresión:

$$\mathbf{U=1/R_T}$$

Siendo R_T la resistencia térmica total del componente constructivo ($\text{m}^2 \text{ K}/\text{W}$)

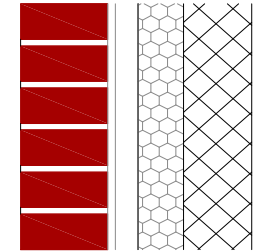
La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$\mathbf{R_T=R_{si}+R_1+R_2+...+R_n+R_{se}}$$

$R_1, R_2...R_n$ las resistencias térmicas de cada capa ($\text{m}^2 \text{ K}/\text{W}$)

R_{si} y R_{se} 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 ($\text{m}^2 \text{ K}/\text{W}$)

4. cálculo de la transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente. Ejemplo de cálculo de una fachada.



CÁLCULO DE TRANSMITANCIA		U =	0,36	W/m².K	
ELEMENTOS	e (m)	λ^* W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m².K/W	μ^*	$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$
R_{se}		-	0,04		
1/2 asta de ladrillo perforado	0,115	0,69	0,17	10	1,15
mortero de cemento	0,01	1,30	0,01	10	0,10
cámara de aire no ventilada	0,03		0,17	1	0,03
poliestireno extrusionado C0.028	0,06	0,03	2,00	150	9,00
tabicón de ladrillo hueco doble	0,09	0,38	0,24	10	0,90
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,57	0,03	6	0,09
R_{si}		-	0,13		
0,32			$R_T = 2,78$	$S_d =$	11,27

* Valores de λ de la base de datos del programa LIDER

Tablas del DAV del CSCAE. Espesor del aislamiento suficiente en fachada

(Viviendas ordinarias con no más de un 5% de superficie de puentes térmicos integrados)

Tipo de fachada R m².K/W	Capa de aislamiento	Conductividad (W/m.K)	Zona climática	
			D	E
Dos hojas de hormigón con espesor total ≥0,14m (R ≥ 0,30)	Poliuretano in situ	≤ 0,028	3	4
	Poliestireno expandido 22 kg/m³	≤ 0,037	5	6
	Poliestireno expandido 10 kg/m³	≤ 0,046	6	7
Medio pie, enfoscado y una hoja de ladrillo hueco sencillo o placa de yeso laminado (R ≥ 0,40)	Poliuretano in situ	≤ 0,028	3	3
	Poliestireno expandido 22 kg/m³	≤ 0,037	4	5
	Poliestireno expandido 10 kg/m³	≤ 0,046	6	7
Bloque de cerámica aligerada y una hoja interior de hueco sencillo o placa de yeso laminado(R≥0,60)	Poliuretano in situ	≤ 0,028	2	3
	Poliestireno expandido 22 kg/m³	≤ 0,037	4	5
	Poliestireno expandido 10 kg/m³	≤ 0,046	5	6

Las figuras siguientes corresponden a ejemplos constructivos de cada una de las categorías empleadas en la tabla:

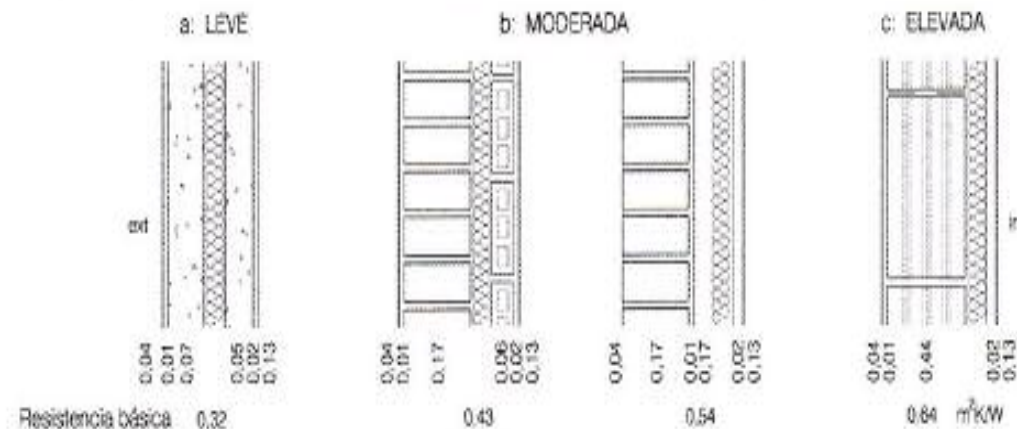


Figura 2. Resistencia básica de soluciones de fachada

$$R_T = 0,43 + 0,04/0,037 = 1,51 \quad U = 0,66$$

$$U_{Mm} = (5\% \cdot 1,5) + (95\% \cdot 0,66) = 0,70$$

$$U_{Mlim} \text{ (zona D)} = 0,66$$

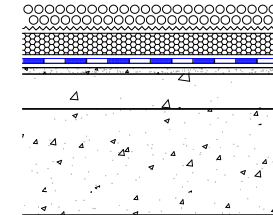
$$R_T = 0,43 + 0,05/0,037 = 1,78 \quad U = 0,56$$

$$U_{Mm} = (5\% \cdot 1,4) + (95\% \cdot 0,56) = 0,60$$

$$U_{Mlim} \text{ (zona E)} = 0,57$$

* Datos tabla y secciones DAV HE1

4. Cálculo de la transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente. Ejemplo de cálculo de una cubierta plana.



CÁLCULO DE TRANSMITANCIA		U =	0,31	W/m².K	
ELEMENTOS	e (m)	λ* W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m².K/W	μ*	$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$
R _{se}		-	0,04		
capa de grava			-		
poliestireno extrusionado	0,08	0,03	2,67	150	12,00
membrana impermeable	0,003	0,23	0,01	50000	150,00
formación de pendiente, hormigón ligero	0,05	1,15	0,04	60	3,00
FU bovedillas cerámicas C 30cm	0,30	0,94	0,32	10	3,00
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,43	0,03	4	0,06
R _{si}		-	0,10		
			R _T =	3,21	S _d =
			168,06		

* Valores de λ de la base de datos del programa LIDER

Tablas del DAV del CSCAE.

Espesor del aislamiento suficiente en cubiertas sin lucernario

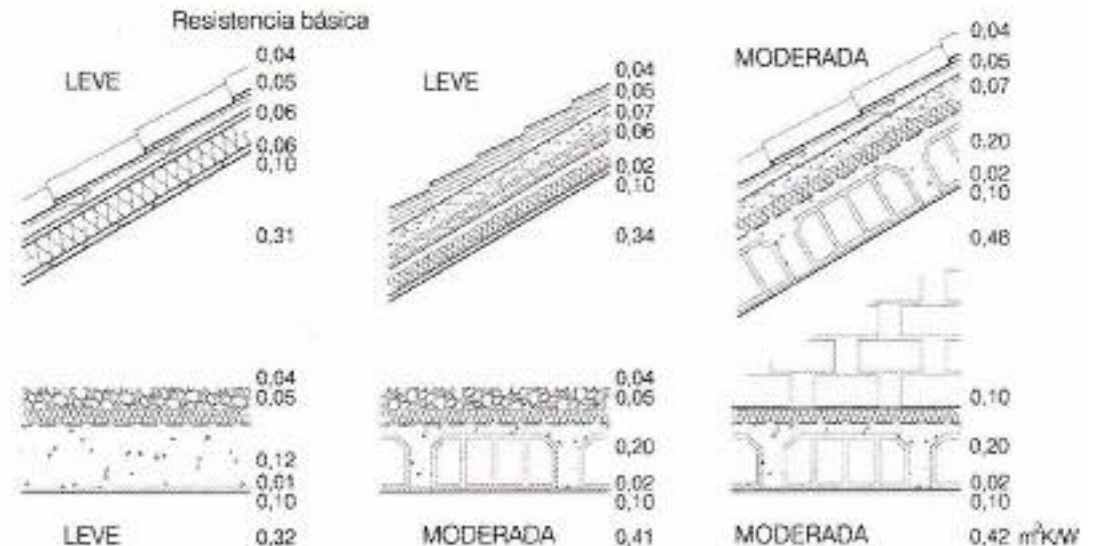
Tipo de forjado R m².K/W	Capa de aislamiento	Conductividad (W/m.K)	Zona climática	
			D	E
Forjado ordinario con bovedillas (R ≥ 0,40)	Poliuretano in situ	≤ 0,028	5	6
	Poliestireno expandido 22 kg/m³	≤ 0,037	8	9
	Poliestireno expandido 10 kg/m³	≤ 0,046	10	11
Tablero o losa (R ≥ 0,25)	Poliuretano in situ	≤ 0,028	6	6
	Poliestireno expandido 22 kg/m³	≤ 0,037	9	10
	Poliestireno expandido 10 kg/m³	≤ 0,046	11	12

$$R_T = 0,42 + 0,08/0,037 = 2,58 \quad U = 0,387$$

$$U_{\text{Clim}} (\text{zona D}) = 0,38$$

$$R_T = 0,42 + 0,09/0,037 = 2,85 \quad U = 0,35$$

$$U_{\text{Clim}} (\text{zona E}) = 0,35$$



* Datos tabla y secciones DAV HE1

Figura 5. Resistencia básica de soluciones de cubierta

4. Cálculo de la transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente. Ejemplo de cálculo de una partición interior.

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA		$U_p =$	0,54	W/m ² .K
ELEMENTOS	e (m)	λ^* W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	
R_{se}		-	0,13	
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,43	0,03	
1/2 asta de ladrillo perforado	0,115	0,69	0,17	
lana mineral	0,04	0,03	0,01	
Placa de yeso laminado	0,015	0,25	0,06	
R_{si}		-	0,13	
			$R_T = 1,84$	

$$U = U_p \cdot b = 0,46$$

$U_p = 0,54$ transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable, tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla E.6.

$b = 0,86$ coeficiente de reducción de temperatura que se obtiene de la tabla E.7 en función de:
 la situación del aislamiento térmico $\text{No aislado}_{ue} - \text{Aislado}_{iu}$
 grado de ventilación del espacio **Caso 2 ventilado**
 relación de áreas entre la partición interior y el cerramiento $(A_{iu} / A_{ue}) < 2,4$

* Valores de λ de la base de datos del programa LIDER

4. Cálculo de la transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente

Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura b

A_{12}/A_{12e}	No aislado _{ue} -Aislado ₁₂		No aislado _{ue} -No aislado ₁₂		Aislado ₁₂ -No aislado ₁₂	
	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

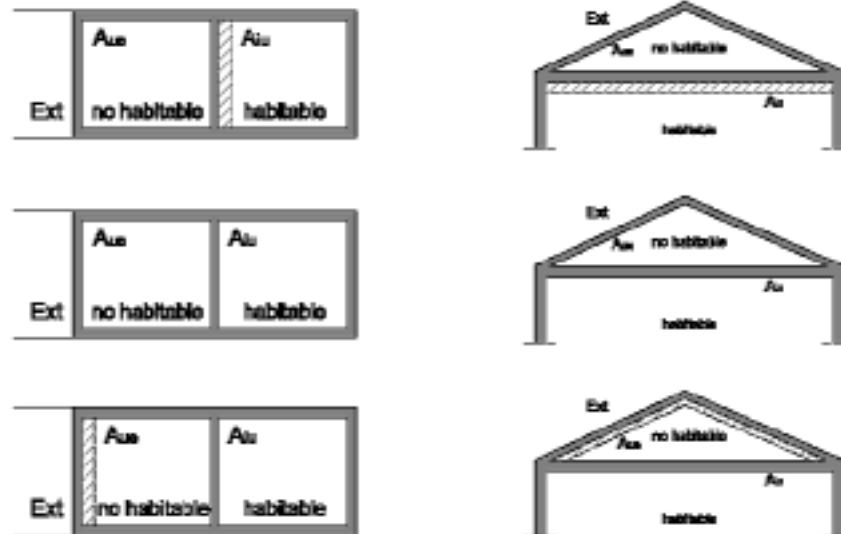


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

4. Cálculo de la transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente (apartado E.1.4.1)

La transmitancia térmica de los **huecos** U_H ($\text{W/m}^2 \text{ K}$) se determinará mediante la siguiente expresión:

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

$U_{H,v}$ la transmitancia térmica de la parte semitransparente [$\text{W/m}^2 \text{ K}$];

$U_{H,m}$ la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario [$\text{W/m}^2 \text{ K}$];

FM la fracción del hueco ocupada por el marco

EJEMPLOS:

HUECO - VENTANA 25% carp. metálica, rotura de puente térmico $> 12\text{mm}$ $U = 3,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
75% de vidrio doble 4-15-6, bajo emisivo 0,05 $U = 1,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 $U_H = 2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (cálculo según DB)

LUCERNARIO dimensiones 1138 x 1398 mm vidrio 962 x 1150 mm
marco (pino) 31% vidrio 69%
vidrio doble 3.3+14+4- cámara gas/hoja ext reflectante 49%
 $U_H = 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (documentación del fabricante)

4. Cálculo del factor solar modificado de huecos y lucernarios (apartado E.2)

Se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_s [(1-FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

siendo

F_s	el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas E.11 a E.15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación
FM	la fracción del hueco ocupada por el marco
$g_{\perp}$	el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal.
U_m	la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [$W/m^2 K$];
α	la absorptividad del marco obtenida de la tabla E.10 según su color.

5. Comprobación del cumplimiento de la limitación de la demanda energética.

Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en $W/m^2.K$ (tabla 2.1)

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno y primer metro de muros en contacto con el terreno (se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m)	0,86	0,74
Suelos	0,64	0,62
Cubiertas	0,49	0,46
Vidrios y marcos (se comparan por separado)	3,50	3,10
Medianerías	1,00	1,00
En edificios de viviendas apartado (apartado 2.1.5)		
Particiones interiores que limitan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas	1,20	1,20

5. Comprobación del cumplimiento de la limitación de la demanda energética.

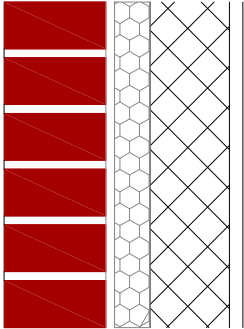
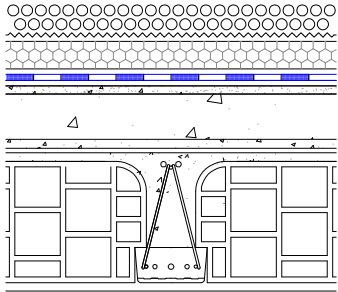
Valores límite de los parámetros característicos medios (tablas 2.2)

U_{Mlim}		U_{Slim}		U_{Clim}		F_{Hlim}	
ZONA D2	ZONA E1	ZONA D2	ZONA E1	ZONA D2	ZONA E1	ZONA D2	ZONA E1
0,66	0,57	0,49	0,48	0,38	0,35	0,31	0,36
HUECOS DE FACHADA							
	TRANSMITANCIA LÍMITE U_{Hlim} W/m ² .K						FACTOR SOLAR MODIFICADO F_{HLIM} Baja carga interna
	ZONA D2			ZONA E1			
% huecos	N	E/O	S/SE/SO	N	E/O	S/SE/SO	E/O S SE/SO
0 a 10	3,5			3,1			
11 a 20	3,0(3,5)	3,5		3,1			
21 a 30	2,5(2,9)	2,9(3,3)	3,5	2,6(2,9)	3,0(3,1)	3,1	
31 a 40	2,2(2,5)	2,6(2,9)	3,4 (3,5)	2,2(2,4)	2,7(2,8)	3,1	
41 a 50	2,1(2,2)	2,5(2,6)	3,2(3,4)	2,0(2,2)	2,4(2,6)	3,1	0,61
51 a 60	1,9(2,1)	2,3(2,4)	3,0(3,1)	1,9(2,0)	2,3(2,4)	3,0(3,1)	0,49 0,53

En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} sea inferior a 0,47 en la zona D2 o a 0,43 en la zona E1 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis

HE 1: Caracterización y cuantificación de las exigencias (ejemplos)

Transmitancia U W/m² K

	Aislante $\lambda=0,034$ W/m K e=4 cm e=8 cm		Zona D	Zona E	Zona D	Zona E
			Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos de la envolvente térmica		Tabla 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios	
	0,56	0,33	0,86	0,74	$U_{Mlim}:0,66$	$U_{Mlim}:0,57$
	0,58	0,34	0,49	0,46	$U_{Clim}:0,38$	$U_{Clim}:0,35$

5. Comprobación del cumplimiento de la limitación de la demanda energética.

Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite . Tabla 3.1

Cerramientos y particiones interiores	Componentes		Parámetros característicos	Parámetros característicos medios	Comparación con los valores límites
CUBIERTAS	C_1	En contacto con el aire	U_{C1}	$U_{Cm} = \frac{\sum A_C \cdot U_C + \sum A_{PC} \cdot U_{PC} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_C + \sum A_{PC} + \sum A_L}$	$U_{Cm} \leq U_{Clim}$
	C_2	En contacto con un espacio no habitable	U_{C2}		
	P_C	Puente térmico (Contorno de lucernario > 0,5 m ²)	U_{PC}		
	L	Lucernarios	U_L		
			F_L	$F_{Lm} = \frac{\sum A_F \cdot F_L}{\sum A_F}$	$F_{Lm} \leq F_{Llim}$

5. Comprobación del cumplimiento de la limitación de la demanda energética.

Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite . Tabla 3.1

FACHADAS	M_1	Muro en contacto con el aire	U_{M1}	$U_{Mm} = \frac{\sum A_M \cdot U_M + \sum A_{PF} \cdot U_{PF}}{\sum A_M + \sum A_{PF}}$	$U_{Mm} \leq U_{Mlim}$
	M_2	Muro en contacto con espacios no habitables	U_{M2}		
	P_{F1}	Puente térmico (contorno de huecos >0,5 m ²)	U_{PF1}		
	P_{F2}	Puente térmico (pilares en fachada >0,5 m ²)	U_{PF2}		
	P_{F3}	Puente térmico (caja de persianas > 0,5 m ²)	U_{PF3}		
	H	Huecos	U_H	$U_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$	$U_{Hm} \leq U_{Hlim}$
			F_H	$F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	$F_{Hm} \leq F_{Hlim}$

5. Comprobación del cumplimiento de la limitación de la demanda energética.

Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite . Tabla 3.1

SUELOS	S_1	Apoyados sobre el terreno	U_{S1}	$U_{Tm} = \frac{\sum A_T \cdot U_T}{\sum A_T}$	$U_{Sm} \leq U_{Slim}$
	S_2	En contacto con espacios no habitables	U_{S2}		
	S_3	En contacto con el aire exterior	U_{S3}		
CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	T_1	Muros en contacto con el terreno	U_{T1}	$U_{Hm} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	$U_{Tm} \leq U_{Mlim}$
	T_2	Cubiertas enterradas	U_{T2}		
	T_3	Suelos a una profundidad mayor de 0,5 m	U_{T3}		

5. Comprobación del cumplimiento de la limitación de la demanda energética

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA E1		Zona de baja carga interna SI			Zona de alta carga interna	
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})						
Tipos		A (m²)	U (W/m²K)	A . U (W/°K)	Resultados	
N	fachada tipo 1	155,00	0,36	55,80	ΣA=	173,00
	puentes ventanas	10,00	1,50	15,00	ΣA . U=	77,12
	persiana	8,00	0,79	6,32	U _{Mm} = ΣA . U / ΣA=	0,45
E	fachada tipo 1	103,50	0,36	37,26	ΣA=	106,50
	puentes ventanas	1,50	1,50	2,25	ΣA . U=	40,70
	persiana	1,50	0,79	1,19	U _{Mm} = ΣA . U / ΣA=	0,38
O	fachada tipo 1	103,50	0,36	37,26	ΣA=	106,50
	puentes ventanas	1,50	1,50	2,25	ΣA . U=	40,70
	persiana	1,50	0,79	1,19	U _{Mm} = ΣA . U / ΣA=	0,38
S	fachada tipo 1	155,00	0,36	55,80	ΣA=	173,00
	puentes ventanas	10,00	1,50	10,00	ΣA . U=	77,12
	persiana	8,00	0,79	6,32	U _{Mm} = ΣA . U / ΣA=	0,45
SE					ΣA=	0,00
					ΣA . U=	0,00
					U _{Mm} = ΣA . U / ΣA=	-
SO					ΣA=	0,00
					ΣA . U=	0,00
					U _{Mm} = ΣA . U / ΣA=	-
C-TER					ΣA=	0,00
					ΣAxU=	0,00
					U _{Tm} = ΣA . U / ΣA=	-

5. Comprobación del cumplimiento de la limitación de la demanda energética

FICHA JUSTIFICATIVA DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA

E1

Zona de baja carga interna

SI

Zona de alta carga interna

Cerramientos y particiones exteriores de la envolvente térmica	$U_{\max(\text{proyecto})}$	$U_{\max}$
Muros de fachada	0,36	} ≤ 0,74
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno		
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0,54	
Suelos	0,49	≤ 0,62
Cubiertas	0,31	≤ 0,46
Vidrios de huecos y lucernarios	3,00	} ≤ 3,10
Marcos de huecos y lucernarios	2,20	
Medianerías		≤ 1,00
Particiones interiores (edificios de viviendas)	0,54	≤ 1,20

MUROS DE FACHADA		
	U_{Hm}	U_{Hlim}
N	0,45	} ≤ 0,57
E	0,38	
O	0,38	
S	0,45	
SE		
SO		

CERRAMIENTO CONTACTO TERRENO		
	U_{Tm}	U_{Tlim}
		≤ 0,57

HUECOS			
	U_{Hm}	U_{Hlim}	F_{Hm}
	2,76 20%	≤ 3,10	} ≤
	2,76 4%	≤ 3,10	
	2,76 4%	≤ 3,10	
	2,76 20%	≤ 3,10	
			≤

SUELOS		
	U_{Sm}	U_{Slim}
	0,48	≤ 0,48

CUBIERTAS		
	U_{Cm}	U_{Clim}
	0,31	≤ 0,35

LUCERNARIOS		
	F_{Lm}	F_{Llim}
		≤ 0,36

6. Control de condensaciones intersticiales y superficiales

Limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos para las condiciones ambientales establecidas en este Documento Básico

- **Las condensaciones superficiales** en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior. Para ello, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.
- **Las condensaciones intersticiales** que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo

6. Control de condensaciones superficiales

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.

- 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 anterior.
- Estarán exentos de la comprobación aquellas particiones interiores que lindan con espacios no habitables donde se prevea escasa producción de vapor de agua, así como los cerramientos en contacto con el terreno.
- Debe comprobarse en los puentes térmicos

6. Control de condensaciones superficiales

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

$$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$$

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

Categoría del espacio	ZONA D	ZONA E
Clase de higrometría 5	0,90	0,90
Clase de higrometría 4	0,75	0,78
Clase de higrometría 3 *	0,61	0,64

Valores de U (W/m².K) para que $f_{Rsi} = f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	ZONA D	ZONA E
Clase de higrometría 3	1,5	1,44

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. Se podrán tomar por defecto los valores recogidos en Documentos Reconocidos.

* Apartado 3.1.2.3 ó norma EN ISO 13788:2002

6. Control de condensaciones intersticiales

Estarán exentos de la comprobación:

- los 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.

Método de comprobación de la formación de condensaciones intersticiales

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 calculará:

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

6. Control de condensaciones intersticiales

Distribución de temperaturas

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

R_T Resistencia térmica del cerramiento Resistencias térmicas

R_n Resistencia térmica de la capa

θ_e Temperatura exterior

θ_i Temperatura interior.

Provincia	Datos climáticos exteriores		Datos interiores	
	Enero		Uso vivienda *	
	T_{med}	HR_{med}	T_i	HR_i
Ávila	3,1°	75%	20°C	Grado ** higrotérmico 3 55%
Burgos	2,6°	86%		
Segovia	4,1°	75%		
Soria	2,9°	77%		
Valladolid	4,1°	82%		

* O datos de uso conocidos

** tabla 3.2

6. Control de condensaciones intersticiales

Presión de vapor P_n Presión de vapor de saturación P_{sat}

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_n = \Phi_n \cdot P_{sat}(\theta_n)$$

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$$

$$\text{si } \theta_i = 20^\circ \quad \Phi_i = 55\%$$

$$\text{si } \theta_e = 3,1^\circ \quad \Phi_e = 75\%$$

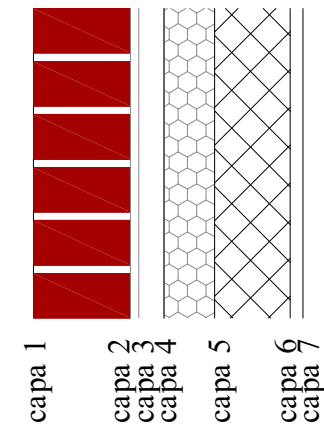
$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$$

$$P_i = 1285 \text{ Pa}$$

$$P_e = 572 \text{ Pa}$$

$$P_{sat,i} = 2337 \text{ Pa}$$

$$P_{sat,e} = 763 \text{ Pa}$$



S_{dn} espesor equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua

e_n espesor de la capa

μ_n factor de resistencia al vapor de agua

6. Control de condensaciones intersticiales

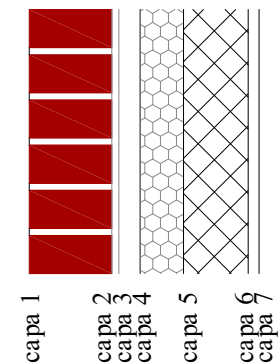
Presión de vapor P_n Presión de vapor de saturación P_{sat}

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

S_{dn} espesor equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua

$$P_n = \varphi_n \cdot P_{sat}(\theta_n)$$

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$$



Datos climáticos exteriores					Datos interiores		
Provincia		Enero		P_e (Pa)	P_i (Pa)	Uso vivienda *	
		T_{med}	HR_{med}			T_i	HR_i
Avila	E1	3,1°	75%	572	1285	20°C	Grado ** higrotérmico 3 55%
Burgos	E1	2,6°	86%	633			
Segovia	D2	4,1°	75%	614			
Soria	E1	2,9°	77%	579			
Valladolid	D2	4,1°	82%	671			

6. Control de condensaciones intersticiales

COMPROBACIÓN DE CONDENSACIONES				
ELEMENTOS	$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_1 - \theta_a)$	θ_n	$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{20-\theta}}{\sum S_s} \cdot (P_1 - P_a)$	P_n
		3,1		$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,209 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$
R_{se}	0,2	3,3		572
				776
1/2 asta de ladrillo perforado	0,9	4,2	48	620
				830
mortero de cemento	0,1	4,3	7	627
				832
cámara de aire no ventilada	1,1	5,4	2	629
				896
poliestireno extrusionado	12,4	17,8	621	1.250
				2.041
tabicón de ladrillo hueco doble	1,2	19,0	31	1.281
				2.193
guarnecido y enlucido de yeso	0,2	19,2	4	1.285
				2.223
R_{si}	0,8	20,0		

Datos climáticos de Ávila

6. Control de condensaciones intersticiales y superficiales. Ficha 3

FICHA 3 CONFORMIDAD – Condensaciones

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES Y PUENTES TÉRMICOS										
Tipos	C. Superficiales		Condensaciones 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
FACHADA	F_{Rsi}	0,91	$P_{sat,n}$	776	830	832	896	2.041	2.193	2.223
	F_{Rmin}	0,64	P_n	572	620	627	629	1.250	1.281	1.285
	F_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	F_{Rmin}		P_n							
	F_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	F_{Rmin}		P_n							
	F_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	F_{Rmin}		P_n							
	F_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	F_{Rmin}		P_n							
	F_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	F_{Rmin}		P_n							
	F_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	F_{Rmin}		P_n							
	F_{Rsi}		$P_{sat,n}$							
	F_{Rmin}		P_n							

Datos climáticos de Ávila

7. comprobación del cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire

Permeabilidad al aire (apartado 2.3)

La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:

- a) para las zonas climáticas A y B: $50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$
- b) para las zonas climáticas C, D y E: $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$

Permeabilidad al aire (apartado 3.2.4)

Se considerarán válidos los huecos y lucernarios clasificados según la norma UNE EN 207:2000 y ensayados según la norma UNE EN 1026:2000 para las distintas zonas climáticas:

- a) zonas climáticas A y B: huecos y lucernarios de clase 1, 2, 3, 4
- b) para las zonas climáticas C, D y E: huecos y lucernarios clase 2, 3, 4

Clase	Presión máxima de ensayo (Pa)	Permeabilidad al aire de referencia a 100 Pa	
		Por superficie total $\text{m}^3/\text{h m}^2$	Por longitud de juntas $\text{m}^3/\text{h m}$
0	--	NO ENSAYADA	
1	150	50	12,50
2	300	27	6,75
3	600	9	2,25
4	600	3	0,75

Documentación justificativa Proyecto

En la memoria del proyecto se justificará el cumplimiento de las condiciones que se establecen en esta Sección mediante las fichas justificativas de cálculo de los parámetros característicos medios y los formularios de conformidad que figuran en el **apéndice H**.

Los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas se definirán mediante las siguientes propiedades higrométricas:

- conductividad térmica λ (W/mK)
- factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ

En su caso (en la opción general), además se podrán definir las siguientes propiedades:

- la densidad ρ (kg/m³)
- el calor específico c_p (J/kg.K).

Los productos para huecos y lucernarios se caracterizan mediante los siguientes parámetros:

- Parte semitransparente del hueco por:
 - la transmitancia térmica U (W/m²K)
 - el factor solar g
- Marcos de huecos (puertas y ventanas) y lucernarios por:
 - la transmitancia térmica U (W/m²K)
 - la absorptividad α

Los valores de diseño de las propiedades citadas se obtendrán de valores declarados para cada producto, según marcado CE, o de Documentos Reconocidos para cada tipo de producto