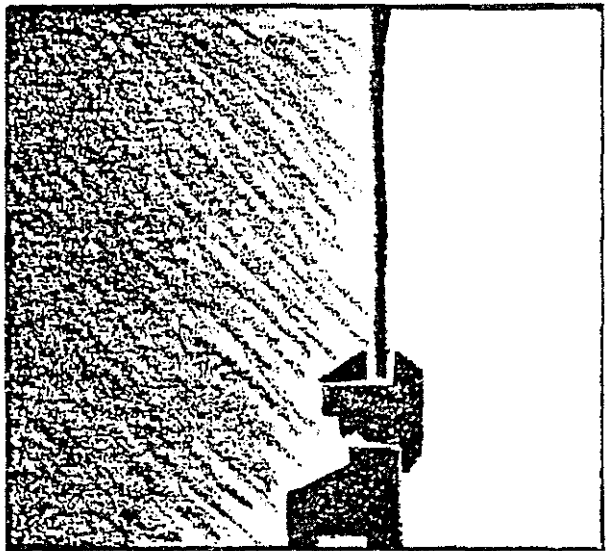


DISEÑO DE VENTANAS DE MADERA PARA MEJORAR SU AISLAMIENTO TERMICO



Por: Jaime Ortiz Gutiérrez

A continuación se extracta una parte de la monografía publicada por AITIM, resultado del proyecto de investigación AITIM 01/02 1982-83, del mismo título, para el que ha contado con la ayuda de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica y la colaboración de la Asociación Nacional de Fabricantes de Carpintería Industrializada de Madera.

Se han ensayado un total de 28 muestras de ventanas, correspondientes a 12 fabricantes, las cuales fueron tomadas aleatoriamente de entre las que se estaban fabricando en ese momento.

Mediante ensayos de Laboratorio, se obtuvo, para cada ventana, su curva característica de permeabilidad, según el protocolo establecido en la Norma UNE 85 412.

Los resultados obtenidos se trataron estadísticamente, con el fin de ver que parámetros característicos de la ventana influyen en la permeabilidad al aire para distintas presiones del viento.

La monografía consta de los siguientes capítulos:

- 1 — Introducción.
- 2 — Antecedentes.
- 3 — Descripción del Laboratorio.
- 4 — Pérdidas de calor a través de la ventana.
 - 4.1. Pérdidas de calor por conductividad, a través de los materiales que componen la ventana.
 - 4.2. Pérdidas de calor por infiltraciones de aire.
 - 4.3. Cálculo del coeficiente K total de la ventana:
— Ejemplo.

4.4. Pérdidas reales de calor:
— Ejemplo.

4.5. Relación entre el coeficiente K_y total de la ventana y el coeficiente K_g global del edificio:
— Ejemplo.

5 — Desarrollo del trabajo.

6 — Cálculos.

7 — Conclusiones.

La monografía consta de 175 páginas y se vende al precio de 1.300,— ptas. (800,— ptas. para los socios de AITIM).

PERDIDAS DE CALOR A TRAVES DE LA VENTANA

Al evaluar las pérdidas de calor a través de las ventanas, hay que considerar dos epígrafes:

— Pérdidas por conductividad a través de los materiales que constituyen la ventana.

— Pérdidas debidas a infiltraciones de aire por las juntas.

1. Pérdidas de calor por conductividad, a través de los materiales que componen la ventana.

Se define el coeficiente de transmisión por

conductividad K, de un elemento, a la cantidad de calor que atraviesa cada metro cuadrado de ese elemento, durante un determinado tiempo, cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es de un grado centígrado.

La expresión matemática de este coeficiente es:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{L}{\lambda}} \quad \text{en} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C}} \text{ ó } \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{C}} \right)$$

siendo:

$1/h_i$ y $1/h_e$ las resistencias térmicas superficiales de las caras interior y exterior respectivamente. Su valor depende del sentido de paso del flujo del calor y de la situación de interior o exterior de las caras del elemento.

L = espesor del elemento en metros.

λ = coeficiente de conductividad térmica en

$$\frac{\text{Kcal}}{\text{m h}^\circ \text{C}} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ \text{C}} \quad \text{y es la cantidad de}$$

calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área, de una muestra de extensión infinita y caras plano paralelas, y de espesor unidad, cuando se establece una diferencia de temperatura, entre sus caras, de un grado.

En la tabla I, se dan los valores de $1/h_i$, $1/h_e$ y $1/h_i + 1/h_e$, que la NBE-CT 79 (Norma Básica de la Edificación sobre condiciones térmicas en los edificios) estima para los cálculos, en función de la posición del cerramiento, del sentido del flujo de calor, y de la situación del cerramiento.

TABLA - I -

Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor	Situación del cerramiento					
	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local desván o cámara de aire.		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal 60° y flujo horizontal.	0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal 60° y flujo ascendente.	0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente.	0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Resistencias térmicas superficiales en $\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C}/\text{kcal}$. ($\text{m}^2 \text{C}/\text{W}$).

$\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{C}} \right)$ de transmisión térmica por conductividad vendrá dado por la siguiente expresión:

$$K = \frac{(1 - \frac{S_d}{S}) \left(\frac{S_a}{S_a + S_b + S_c} \right) \left(\frac{1 - \frac{c_a}{S}}{S} \right) \left(\frac{S_b}{S_a + S_b + S_c} \right)}{\frac{L_a}{1000} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{L_b}{1000} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}} + \frac{(1 - \frac{S_d}{S}) \left(\frac{S_c}{S_a + S_b + S_c} \right) \frac{S_d}{S}}{\frac{L_c}{1000} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{L_d}{1000} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}} \quad (1)$$

Los valores del coeficiente λ de conductividad térmica de los materiales que comúnmente se emplean en las ventanas son:

material	A en $\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ \text{C}}$
Vidrio plano para acristalar	0,95
Fundición de acero	58
Aluminio	204
Madera de Frondosas (*)	0,21
Madera de coníferas (*)	0,14

(*) El coeficiente de conductividad λ en la madera, varía de con la humedad, dirección de la fibra y la especie. Los valores dados anteriormente son los dados por la NBE - CT - 7

1.1. Cálculo del coeficiente K de transmisión térmica por conductividad de la ventana.

La ventana es un elemento heterogéneo, que en su configuración estructural forman parte diversos materiales (vidrio, aluminio, madera, etc.) de distintos espesores y con distinta facilidad para conducir el calor.

Suponiendo una ventana cuyas secciones horizontal, vertical y alzado se representan en la figura nº 1, en ella se diferencian 4 partes que, por tener distintos materiales, o por variar el espesor de los mismos, se comportan de forma diferente en la transmisión del calor por conductividad.

- A — transmisión de calor a través del cerco.
- B — transmisión de calor a través del cerco † hoja.
- C — transmisión de calor a través de la hoja.
- D — transmisión de calor a través de la superficie vidriada.

Si S es la superficie total de la ventana en m²; S_a, S_b, S_c y S_d, las superficies en m² de las distintas partes en las que hemos dividido la ventana; L_a, L_b, L_c, L_d sus espesores en mm. en dicción de transmisión del calor, y, λ_a, λ_b, λ_c, λ_d las conductividades térmicas de los materiales que constituyen cada parte, el coeficiente K de transmisión del calor por conductividad, obtenidos a partir de (1), se modificará en los siguientes casos:

a) Por variación de la velocidad del viento rasante. La dirección de incidencia del viento sobre la fachada no es constante, lo cual hace que varíe la velocidad rasante del viento sobre el plano de la ventana, modificando así el coeficiente K de transmisión térmica por conductividad al sufrir la cara exterior de la ventana una refrigeración constante que acelera el fenómeno de transmisión térmica por conductividad.

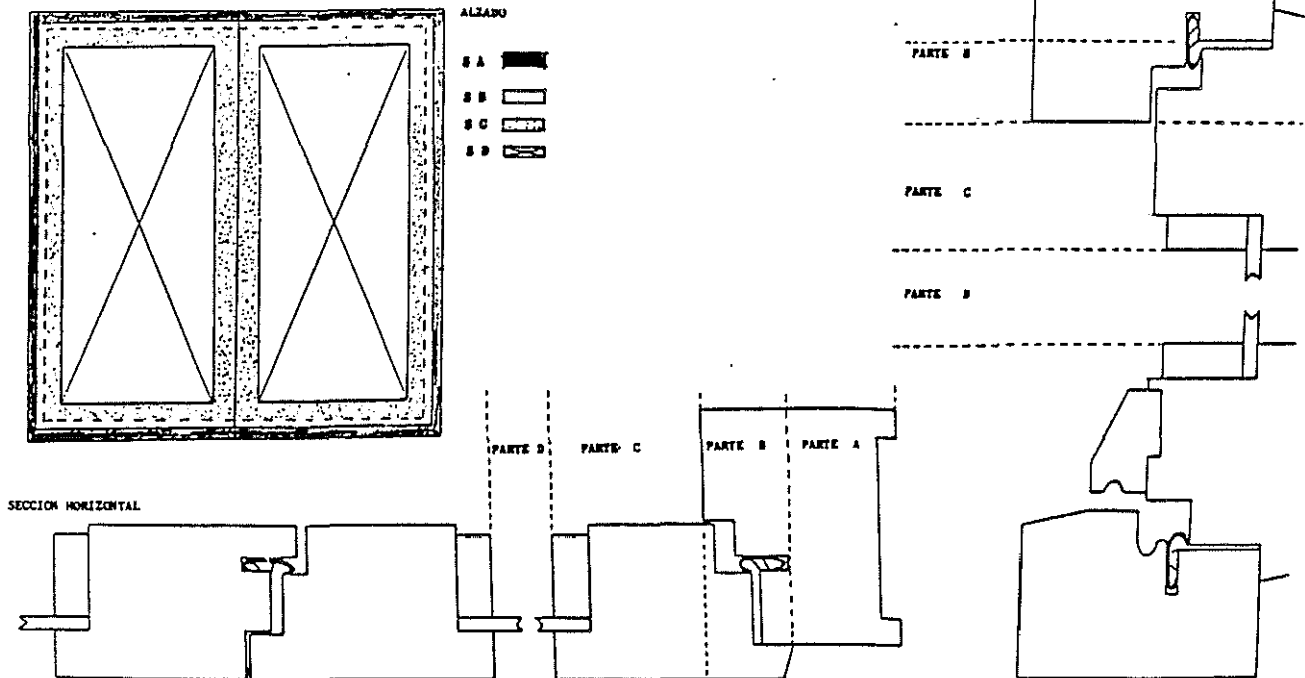
b) Cuando el promedio de temperatura exterior de la zona de ubicación sea inferior a -7°C (valor base utilizado en la obtención de la tabla de grados día).

c) Cuando la temperatura en el interior del edificio se prevee superior a 20°C.

2. Pérdidas de calor por infiltraciones de aire.

El cálculo del coeficiente K de transmisión térmica debido a las infiltraciones de aire a través de las ventanas, se tiene que efectuar, para cada ventana, a partir de la curva de permeabilidad obtenida en el laboratorio. Esta curva, permite conocer, para cada ventana, la cantidad de aire que se infiltra por sus juntas y, consecuentemente, en función del calor específico del aire y de la temperatura exterior, la cantidad de calor que se pierde por la ventana para mantener una determinada temperatura en el interior.

Las infiltraciones de aire por las juntas de la



En cada zona se consideran dos estados de exposición con respecto al viento, **normal** y **expuesta**, siendo la situación **topográfica** **expuesta** **aquella** en la que puedan preverse vientos locales de intensidad excepcional.

La velocidad media dada para cada zona corresponde a una altura sobre el nivel del suelo hasta 3 m. Para alturas superiores a los 3 m., se ha multiplicado la velocidad a 3 m. de altura por los coeficientes dados en la Tabla II, en función de la zona de exposición y de la altura del edificio, siguiendo el criterio de la NTE ECV 1-1973 Cargas del Viento en los Edificios.

2.2. Adaptación de la curva de permeabilidad obtenida en el laboratorio a las presiones medias del viento.

Al obtener la curva de permeabilidad mediante ensayos de laboratorio, de acuerdo a la Norma UNE 85 412, se aplica una diferencia de presión entre sus caras de 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 y 600 Pa, que corresponden a velocidades del viento en Km/h. de 31,7 - 44,9 - 55,02 - 63,54 - 77,82 - 89,85 - 100,46 y 110,05 respectivamente.

Estas velocidades difieren mucho, de las velocidades medias del viento, dadas en el apartado anterior.

Los valores de las permeabilidades obtenidas en el laboratorio para cada presión y representadas en el ábaco descrito en la norma UNE 85.213, se distribuyen linealmente, con lo cual, se puede extrapolar para obtener las permeabili-

dades correspondientes a las velocidades medias del viento, prolongando la recta de permeabilidad hasta que corte el eje de ordenadas.

2.3. Cálculo gráfico del coeficiente K de transmisión por infiltraciones de aire.

Con los datos **obtenidos** en el laboratorio, se representa en el ábaco N° 1 (apartado 2) la recta de permeabilidad de la ventana, hasta que ésta corte al eje de ordenadas.

Se fija la velocidad media del viento en función de la zona de ubicación (Mapa n° 1) y de la altura sobre el nivel del suelo (Tabla II). Por este punto se traza una recta vertical hasta que corte a la recta de permeabilidad.

Por este punto de corte se traza una recta horizontal hasta que corte al eje de ordenadas, en cuyo punto se obtiene el valor de coeficiente K de permeabilidad por infiltraciones de aire.

3. Cálculo del coeficiente K total de la ventana.

Calculados el coeficiente K de transmisión térmica por conductividad y el coeficiente K de transmisión térmica por infiltración de aire, el coeficiente K_v total de la ventana será la suma de ambos coeficientes.

Ejemplo: Cálculo del coeficiente *K total* de la ventana.

Tomaremos por ejemplo una muestra de ventana cuyas características son las siguientes:

Características de la Ventana

Madera de pino silvestre. Altura: 1200 mm.
Anchura: 1200 mm. Superficie total (S) 1,44 m²

Parte (fig. 1)	Superficie (m ²)	Espesor (mm)	Material	Coeficiente de conductividad (W/m ² °C)
A	S _a = 0,07	L _a = 68	madera de conífera	λ _a = 0,14
B	S _b = 0,1197	L _b = 80	madera de conífera	λ _b = 0,14
C	S _c = 0,31	L _c = 45	madera de conífera	λ _c = 0,14
D	S _d = 0,94	L _d = 4	Vidrio plano	λ _d = 0,95

La permeabilidad de la ventana, de acuerdo al ensayo descrito en la norma UNE 85 412

(Permeabilidad al aire en ventanas y balconeras) queda dibujado en el ábaco n° 1.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE UBICACION

La ventana se colocará en Burgos (Zona Y en el Mapa n° 1).

Altura sobre el nivel del suelo 21 m.
Situación de la ventana Expuesta.

CALCULO DEL COEFICIENTE K DE TRANSMISION POR CONDUCTIVIDAD TERMICA.

Las resistencias térmicas superficiales para un cerramiento vertical y flujo de calor horizontal según la Tabla I, son:

$$\frac{1}{h_i} = 0,11 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \quad \frac{1}{h_e} = 0,06 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \quad \frac{1}{h_j} + \frac{1}{h_e} = 0,17 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

Sustituyendo los valores anteriores en la expresión (I) tenemos:

$$K = 4,36 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

De lo anterior se deduce, que las pérdidas de calor por transmisión a través del vidrio, suponen el 85% de las pérdidas totales.

Con la misma ventana, pero con un doble acristalamiento, dejando en su interior una cámara de aire, la cantidad de calor que se pierde por conductividad disminuirá considerablemente al aumentar la resistencia térmica de la superficie acristalada.

El coeficiente K para dobles acristalamientos con cámara de aire no ventilada, se determina mediante la siguiente expresión matemática:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + R_i + R_c + R_e + \frac{1}{h_e}$$

siendo $\frac{1}{h_i}$ y $\frac{1}{h_e}$ las resistencias térmicas superficiales.

R_i = resistencia térmica de la hoja interior del doble acristalamiento.

R_c = resistencia térmica de la cámara.

R_e = resistencia térmica de la hoja exterior del doble acristalamiento.

Para un doble acristalamiento formado por dos hojas de 4 mm. de espesor y una cámara de aire en su interior de 10 mm. tendremos:

$$R_i = \frac{L_i}{i} = \frac{4}{0,95} = 0,0042 \frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W}$$

$$R_e = \frac{L_e}{e} = \frac{4}{0,95} = 0,0042 \frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W}$$

$$R_c = 0,14 \frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W}$$

La resistencia térmica de la cámara de aire depende del espesor de la misma y del flujo del calor. Para cámaras de aire vertical y flujo de calor horizontal, la NBE - CT - 79 da las siguientes resistencias térmicas, en función del espesor de la cámara.

TABLA - III -

Situación de la cámara y dirección del flujo del calor.

10	20	50	100	150	Espesor
0,14	0,16	0,18	0,17	0,16	en mm.

Cámara de aire vertical y flujo de calor horizontal.

Resistencias $\frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W}$
térmicas en W

y por tanto

el K del doble acristalamiento será:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_i + R_c + R_e + \frac{1}{h_e}} = 3,14 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

El coeficiente K de transmisión por conductividad para la ventana anterior, pero con doble acristalamiento será:

$$K = 2,66 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

Así pues, al incorporar a una ventana determinada, un doble cristal de 4 mm. de espesor con cámara de aire de 10 mm. en su interior, reducimos el coeficiente K de transmisión térmica por conductividad de 4,36 a 2,66.

CALCULO DE COEFICIENTE K DE TRANSMISION TERMICA POR INFILTRACIONES DE AIRE.

Con los datos obtenidos en laboratorio, se dibuja la recta de permeabilidad, extrapolando hasta que corte al eje de ordenadas.

Como la ventana está colocada en Burgos (Zona Y del Mapa 1) a 21 m. de altura y en una situación topográfica expuesta, en este punto, le corresponde una velocidad del viento de 15 Km/h. $\times 1,56 = 23,4$ Km/h. Siendo 1,56 el coeficiente dado en la Tabla II, por el que se debe multiplicar la velocidad media del viento al nivel del suelo para obtener la velocidad a dicha altura.

Una vez obtenida esta velocidad, se procederá como se indica en el apartado 2.3.. obteniendo el coeficiente K de transmisión por infiltraciones de aire, que para el ejemplo que estamos describiendo será:

$$K \text{ de la ventana por infiltraciones de aire} = 0,53 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

La ventana descrita en el ejemplo anterior se calificó como A-3 REFORZADA en el ensayo de permeabilidad al aire.

Si en este mismo lugar se colocara una ventana A-1 NORMAL, cuya recta de permeabilidad se representa en el ábaco N° 1, con trazo discontinuo, tendríamos un coeficiente K de transmisión por infiltraciones de aire de 7,9 $\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$

lo que demuestra que las pérdidas de calor por infiltraciones de aire pueden ser muy superiores a las habidas por conductividad, aún cuando se trate de ventanas que cumplan con los niveles de calidad que la NBE - CT - 79 exige.

Resumiendo el coeficiente K total de la ventana será:

Acristalamiento sencillo de 4 mm. de espesor y A-3 de permeabilidad. Primer caso:
= 4,89 $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

Acristalamiento doble con hojas de 4 mm. y cámara de aire de 10 mm. y A-3 de permeabilidad. Segundo caso:
= 3,19 $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

Acristalamiento sencillo de 4 mm. y A-1 de permeabilidad. Tercer caso:
= 12,26 $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

Acristalamiento doble con hojas de 4 mm. y cámara de aire de 10 mm. y A-1 de permeabilidad. Cuarto caso:
= 10,56 $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

4. Pérdidas reales de calor.

Definido y calculado el coeficiente K total de la ventana, es decir, la cantidad de calor que pierde por m² debido a la conductividad térmica y a las infiltraciones de aire, la cantidad de calor que se pierde por la ventana, dependerá de la diferencia de temperaturas existentes entre sus caras.

Se define el grado-día de un determinado período de tiempo, como la diferencia entre una temperatura fija a base de los grados día y la temperatura media del día, cuando esta temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base.

Las pérdidas reales de calor habidas en una ventana durante un año, se calcularán mediante la siguiente expresión matemática:

$$P_{\text{anual}} = K_v \times S \times N$$

en donde

K_v = coeficiente de transmisión térmica total de la ventana $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

S = superficie de la ventana en m².

N = número de grados/día anuales.

A efectos de fijar las condiciones térmicas de los edificios y sus cerramientos, la Norma UNE 24 046, establece cinco ZONAS distintas, correspondientes a los siguientes intervalos de grados/día anuales para una temperatura base de 15°C.

Ejemplo:

Refiriéndonos a la ventana anteriormente descrita, cuyo lugar de ubicación (Burgos) se encuentra en la ZONA E del Mapa 2, el número de grados día para la Zona E es superior a 1.800; para nuestro caso se tomarán 2.000 grados/día anuales.

Las pérdidas de calor serán:

Acristalamiento sencillo de 4 mm. de espesor y A-3 de permeabilidad Primer caso:
 $K_v = 4,89 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

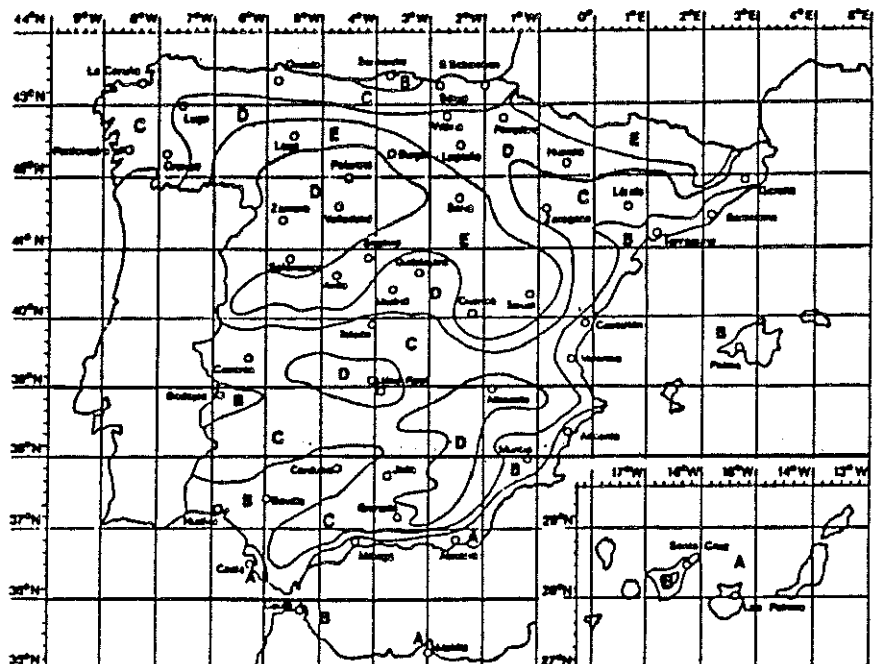
$$P_{\text{anual}} = 4,89 \times 1,44 \times 2000 = 14083,2 \text{ W}$$

MAPA N° 2

Mapa de Zonificación por Grados Día Año

grados/día anuales

Zona A:	4	400
Zona B:	401 a	800
Zona C:	801 a	1.300
Zona D:	1.300 a	1.800
Zona E:	>	1.800



Acrystalamiento doble con hojas de 4 mm. cámara de aire de 10 mm. y A-3 de permeabilidad.

Segundo caso:

$$K_v = 3,19 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$P_{\text{anual}} = 3,19 \times 1,44 \times 2000 = 9187,2 \text{ W.}$$

Acrystalamiento sencillo de 4 mm. y A-1 de permeabilidad

Tercer caso:

$$K_v = 12,26 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$P_{\text{anual}} = 12,26 \times 1,44 \times 2000 = 35308,8 \text{ W.}$$

Acrystalamiento doble con hojas de 4 mm. cámara de aire de 10 mm. y A-1 de permeabilidad.

Cuarto caso:

$$K_v = 10,56 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$P_{\text{anual}} = 10,56 \times 1,44 \times 2000 = 30412,8 \text{ W.}$$

4.4. Relación entre el coeficiente K_v total de la ventana y el coeficiente K_g global del edificio.

El coeficiente de transmisión térmica global de un edificio, es la media ponderada de los distintos coeficientes de transmisión térmica de los elementos del edificio y tiene por expresión:

$$K_g = \frac{\sum K_e S_e + 0,5 \sum_n S_n + 0,8 \sum K_q S_q + 0,5 \sum K_s S_s}{\sum S_e + \sum S_n + \sum S_q + \sum S_s} \quad (2)$$

siendo:

S_e = superficie de los cerramientos en contacto con el ambiente exterior.

S_s = superficie de los cerramientos de separación con otros edificios o locales no calefactados.

S_s = superficie del cerramiento en contacto con el terreno.

S_q = superficie de los cerramientos de techo o cubierta.

La normativa vigente (NBE - CT - 79) define el límite máximo de K_g en función de la zona climática en que esté ubicado el edificio y del factor de forma.

El factor de forma de un edificio es la relación entre la suma de las superficies de los elementos de separación del edificio y el volumen encerrado por los mismos.

Su expresión matemática es $f = \frac{S}{V} \text{ m}^{-1}$

Los valores máximos admitidos para K_g se dan en la Tabla IV

TABLA - IV - VALORES MAXIMOS ADMITIDOS PARA K_g .

Tipo de energía para calefacción	Factor de forma f (m ⁻¹)	Zona climática según Mapa 2				
		A	B	C	D	E
Caso I						
Combustibles sólidos, líquidos o gaseosos	≤ 0,25	2,10 (2,45)	1,61 (1,89)	1,40 (1,61)	1,26 (1,47)	1,19 (1,40)
	≥ 1,00	1,20 (1,40)	0,92 (1,08)	0,80 (0,92)	0,72 (0,84)	0,68 (0,80)
Caso II						
Edificios sin calefacción o calefactados con energía eléctrica directa por efecto Joule	≤ 0,25	2,10 (2,45)	1,40 (1,61)	1,05 (1,19)	0,91 (1,05)	0,77 (0,91)
	≥ 1,00	1,20 (1,40)	0,80 (0,92)	0,60 (0,68)	0,52 (0,60)	0,45 (0,52)

Valor límite máximo de K_g en $Kcal/h. m^2 \cdot ^\circ C$ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

Los valores de K_g dados corresponden a valor de f de $\leq 0,25$ ó ≥ 1 m⁻¹, para valores intermedios de f, K_g se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$K_g = a (3 + 1/f)$$

donde: f es el factor de forma del edificio y a es un coeficiente que se obtiene de la Tabla IV bis, en función del tipo de energía y zona climática.

TABLA · IV · (bis)

Tipo de energía para calefacción	Zona climática según Mapa 2				
	A	B	C	D	E
Caso I Combustibles sólidos, líquidos o gaseosos	0,30 (0,35)	0,23 (0,27)	0,20 (0,23)	0,18 (0,21)	0,17 (0,20)
Caso II Edificios sin calefacción o calefactados con energía eléctrica directa por efecto Joule	0,30 (0,35)	0,20 (0,23)	0,15 (0,17)	0,13 (0,15)	0,11 (0,13)

Coeficiente a en Kcal/h. m³°C (W/m³°C).

Los cerramientos en contacto con el ambiente exterior están formados por puertas, ventanas y muros ciegos, propiamente dichos.

Desglosando: $\Sigma K_e S_e$ en $\Sigma K_c S_c + \Sigma K_v S_v$

donde: S_c : superficie de muro

S_v : superficie de puertas y ventanas.

Y como $\Sigma S_c \leq \Sigma S_e - \Sigma S_v$, si se introduce esta expresión en la fórmula (2) y se despeja S_v se obtendría:

$$S_v = \frac{(K_g - K_c) \Sigma S_e + 0,5(K_g - K_n) \Sigma S_n + 0,8(K_g - K_q) \Sigma S_q + 0,5(K_g - K_s)}{K_v - K_c}$$

se observa que el coeficiente de transmisión térmica total de las ventanas y puertas, limita la superficie máxima de las mismas, que se puede colocar en el cerramiento exterior, para que el coeficiente K_g global no exceda del valor dado por la NBE - CT - 79 y como consecuencia directa de ésto, el K_v condiciona el diseño del edificio.

En la monografía se detalla el cálculo del coeficiente K_g total de un edificio de construcción tradicional, en función de los distintos K_v totales de los tipos de ventanas descritos en el anterior ejemplo. Con este cálculo se demuestra la importancia que tienen estos K_v en la superficie máxima de ventanas a colocar en el edificio y consecuentemente en el diseño del mismo.