



KÖMMERLING®

MANUAL DE PRESCRIPCIÓN Y RECEPCIÓN DE ELEMENTOS DEL HUECO EN OBRA

VENTANAS,
PERSIANAS Y OTRAS
PROTECCIONES SOLARES

Actualización de contenidos por la publicación
del DB HE del CTE de diciembre de 2019



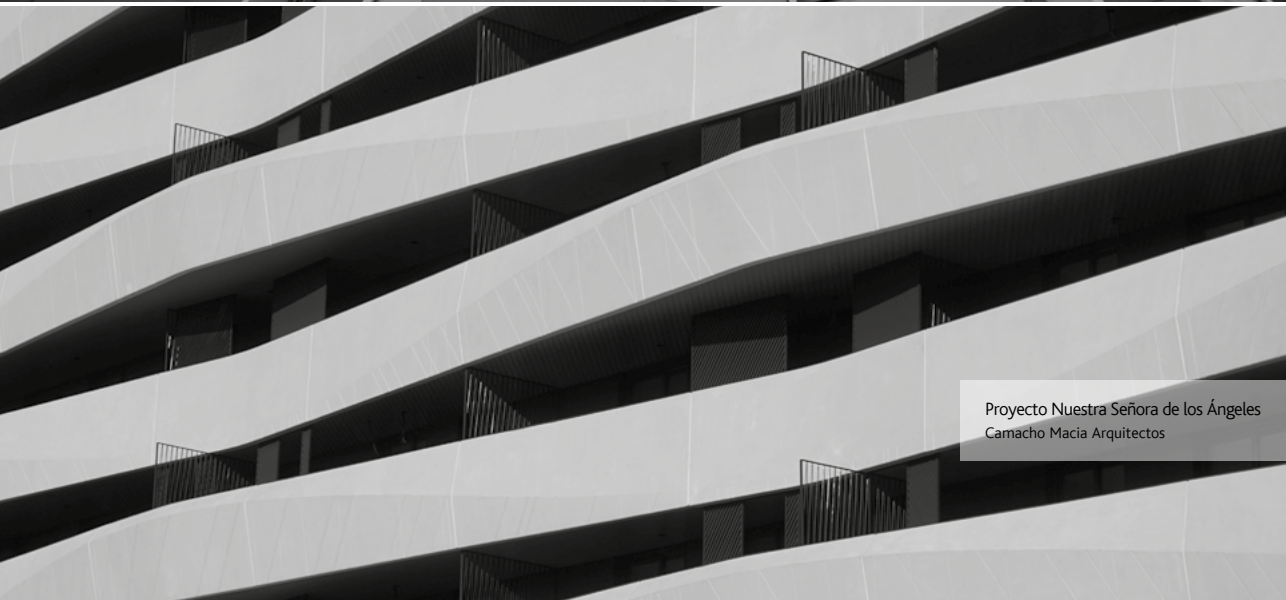
asefave
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE FACHADAS LIGERAS Y VENTANAS

3ª EDICIÓN

CONSTRUYAMOS EL FUTURO JUNTOS



Proyecto Bosque de Atocha
Morph Estudio



Proyecto Nuestra Señora de los Ángeles
Camacho Macia Arquitectos

SERVICIO INTEGRAL DE PRESCRIPCIÓN

Contamos con un programa global de asesoramiento para arquitectos, ayudándote a cubrir todas las necesidades de tu proyecto de forma personalizada.



KÖMMERLING®

MANUAL DE PRESCRIPCIÓN Y RECEPCIÓN DE ELEMENTOS DEL HUECO EN OBRA VENTANAS, PERSIANAS Y OTRAS PROTECCIONES SOLARES

Actualización de contenidos por la publicación
del DB HE del CTE de diciembre de 2019

3ª EDICIÓN



TÍTULO:
**MANUAL DE PRESCRIPCIÓN Y
RECEPCIÓN DE ELEMENTOS DEL HUECO EN OBRA**
VENTANAS, PERSIANAS Y OTRAS PROTECCIONES SOLARES
(3ª edición)

Actualización de contenidos por la publicación del DB HE del CTE de diciembre de 2019

© autor:



Príncipe de Vergara, 74, 3º
28006 Madrid
Tel.: 915 614 547
asefave@asefave.org
www.asefave.org

© de esta edición:



Amadeu Vives, 20-22
08750 Molins de Rei (Barcelona)
Tel.: 936 802 027
comercial@interempresas.net
www.interempresas.net

Producción:



Tel.: 934 103 622
info@saviat.net
www.saviat.net

Edición: enero 2021

Miembro de:

FAECF
Federación Europea de Asociaciones de Fabricantes de
Fachadas Ligeras y Ventanas

UNE
Asociación Española de Normalización

CEPCO
Confederación Española de Asociaciones de Fabricantes de
Productos de Construcción

FORO IBEROAMERICANO DEL CERRAMIENTO
Miembro adherido de **CONFEMETAL**

Nota del autor: Tanto ASEFAVE y los autores que han colaborado en esta edición, como la editorial Interempresas Media, declinan toda responsabilidad ante el uso y aplicación de los datos publicados en esta obra, recordando que, de modo general, se ha tomado como referencia la normativa española. Esta edición ha sido elaborada conforme a la normativa vigente en enero de 2021. Futuras modificaciones normativas y reglamentarias se introducirían en posteriores ediciones.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETO Y CONTENIDO DE LA GUÍA TÉCNICA	6
3. FASE DE DISEÑO: REQUISITOS DE PRESTACIONES EN EL HUECO. APLICACIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)	7
3.1. ESTUDIO DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL EN MÁLAGA	9
3.2. ESTUDIO DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL EN MADRID	45
3.3. ESTUDIO DE UN HOTEL EN LEÓN	52
3.4. ESTUDIO DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL EN GIRONA	58
4. FASE DE RECEPCIÓN DEL MATERIAL EN OBRA: EXIGENCIAS DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN Y DEL MERCADO CE	65
CONCLUSIONES	79
ANEXOS	80
ANEXO I. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN PARA ALTURAS COMPRENDIDAS ENTRE 30 Y 200 M	80
ANEXO II. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PRESIÓN PARA VENTANAS	81
ANEXO III. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS MIXTOS	82
ANEXO IV. DB HE 0 Y DB HE 1 DEL CTE	84
ANEXO V. CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONTROL SOLAR DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA	88
ANEXO VI. DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN VENTANAS Y RANGOS DE APLICACIÓN	89
BIBLIOGRAFÍA	94

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento es una Guía práctica de prescripción y recepción de elementos del hueco de edificación en obra: principalmente ventanas y protecciones solares. Con la redacción de esta Guía se pretende facilitar la aplicación del marcado CE de los elementos que forman parte del hueco y el cumplimiento de los requisitos técnicos exigidos en el Código Técnico de la Edificación, permitiendo la defensa de la calidad de las ventanas, protecciones solares y demás productos del hueco, y su control durante la ejecución de obra.

Esta guía amplía el rango de productos que inicialmente abordaba, para satisfacer las necesidades derivadas del CTE, que centra sus requisitos en el conjunto del hueco del edificio.

Queremos agradecer la colaboración de las distintas empresas miembro de ASEFAVE, que han trabajado en la redacción de este documento.

2. OBJETO Y CONTENIDO DE LA GUÍA TÉCNICA

El objeto de la presente Guía es facilitar la aplicación de los requisitos obligatorios establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE) en relación a las ventanas, protecciones solares y demás elementos del hueco. Asimismo, la Guía aborda el marcado CE de las ventanas, obligatorio desde el 01-02-2010 y adaptado al Reglamento Europeo de Productos de la Construcción (RPC) desde el 01-07-2013, y su relación con el CTE. También aborda el marcado CE de las lamas de persiana y el marcado CE de toldos.

La información y procedimientos de análisis contenidos en esta Guía están especialmente dirigidos a los técnicos y prescriptores encargados de la redacción de los proyectos, así como a los técnicos encargados de la ejecución en obra. Por otro lado, será de interés para todas aquellas personas relacionadas con el sector del cerramiento acristalado.

La Guía se estructura en dos bloques. El primero de ellos hace referencia al cálculo de las prestaciones de las ventanas en la fase de redacción de los proyectos, atendiendo a los criterios establecidos en el Código Técnico de la Edificación. Para ello, se analizan diversos ejemplos de aplicación con edificios de distinta tipología y ubicación. La segunda parte analiza el control de la recepción de las ventanas en obra, a través de las prestaciones declaradas en el marcado CE de la ventana.

Por último, se incluyen distintos anexos con los procedimientos de cálculo citados en el documento y las referencias bibliográficas y normativas de interés.

Los contenidos de la guía permiten poner de manifiesto los siguientes puntos:

- El marcado CE de la ventana es un requisito obligatorio de carácter legal, pero por sí solo no garantiza el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación. Lo mismo ocurre con el marcado CE de lamas de persiana y toldos.
- El prescriptor debe definir en la fase de redacción del proyecto las características técnicas a exigir a las ventanas, protecciones solares y demás elementos del hueco, en función de los requisitos del proyecto, que el fabricante garantizará con sus productos.
- La misma ventana, persiana, toldo, etc. será apto o no para poder instalarse en un determinado edificio dependiendo del tipo de proyecto (ubicación, tipología del edificio, uso del edificio, etc.).

3. FASE DE DISEÑO: REQUISITOS DE PRESTACIONES EN LOS ELEMENTOS DEL HUECO. APLICACIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

El estudio de las prestaciones a satisfacer por el hueco, establecidas en el CTE, se analiza mediante cuatro ejemplos prácticos de diferente tipología constructiva y diferente ubicación. Este análisis permite conocer los métodos de cálculo establecidos en el CTE, así como el significado de las características exigidas. Un esquema del proceso se muestra en la figura 1.



Fuente: elaboración propia

Figura 1. Esquema de la carpintería en el proceso constructivo.

En la fase de redacción del proyecto y atendiendo a lo establecido en la Ley de Ordenación de la Edificación, LOE¹, y en el Código Técnico de la Edificación², el prescriptor definirá los requisitos de los elementos del hueco. En la fase de ejecución de obra se procederá a la verificación de la documentación aportada por el fabricante, así como de las instrucciones de uso y mantenimiento, que formarán parte del Libro del Edificio³.



Figura 2. Prestaciones del hueco

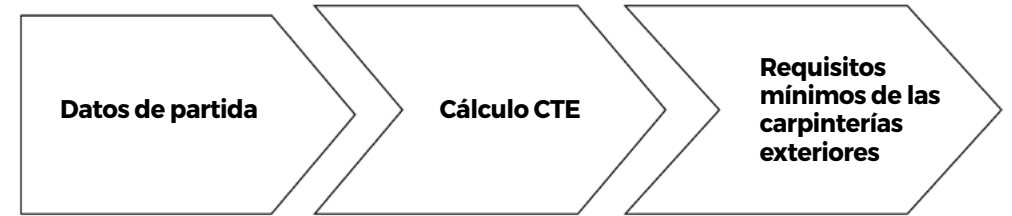


Figura 3. Marcado CE y CTE en huecos

1. La LOE tiene por objeto regular en sus aspectos esenciales el proceso de la edificación, estableciendo las obligaciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en dicho proceso.
2. El CTE es el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.
3. El Libro del Edificio regulado en la LOE, en su artículo 7, para todos los edificios incluidos en su ámbito de aplicación, es la documentación que ha de entregarse a los usuarios finales del edificio, entre la que se incluye la documentación relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones.

Los esquemas anteriores relacionan los requisitos exigidos en el CTE (que el prescriptor debe definir en la fase de redacción del proyecto) con los valores declarados en el marcado CE. De esta manera, el marcado CE puede permitir comprobar los requisitos impuestos en la fase de proyecto, que se verificarán durante la recepción del hueco en obra.

3.1. ESTUDIO DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL EN MÁLAGA



3.1.1.- DATOS DE PARTIDA DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

DATOS DEL EDIFICIO

- Tipo de edificio.
- Emplazamiento.
- Fachadas.
- Aleros u otros elementos de protección del hueco
- Retranqueos.

DATOS DE LAS VENTANAS

- Dimensiones de las mayores ventanas.
- % del hueco ocupado por el acristalamiento.
- % del hueco ocupado por los perfiles.
- Cota de la ventana más alta

DATOS DE LAS PERSIANAS

- Dimensiones de las persianas.
- Cota de la persiana más alta.

Para el edificio objeto del estudio ubicado en Málaga se tienen en cuenta los siguientes datos de partida:

- Tipo de edificio: residencial (edificio de viviendas).
- Emplazamiento: zona urbana. Sin edificios cercanos.
- Altura del edificio: 25,15 m sobre rasante.
- Superficie útil acondicionada interior a la envolvente térmica: 1533 m²
- Porcentaje de huecos en recintos protegidos (expresado como la relación entre la superficie del hueco y la superficie total del recinto vista desde el interior de cada recinto protegido):
 - Dormitorios: 30 %
 - Salón: 35 %

- Cota de la ventana más alta: 23,45 m, que coincide con la cota de la persiana más alta.
- Dimensiones de las mayores ventanas: 1,25 m (ancho) x 1,60 m (alto), que coincide con la dimensión de la persiana (sin contar el cajón) más alta.
- Aleros u otros elementos de protección de las ventanas: No existen.
- Sin retranqueos.

Se muestra en la figura 4 un esquema del edificio de Málaga y en la figura 5 un croquis de la mayor ventana.

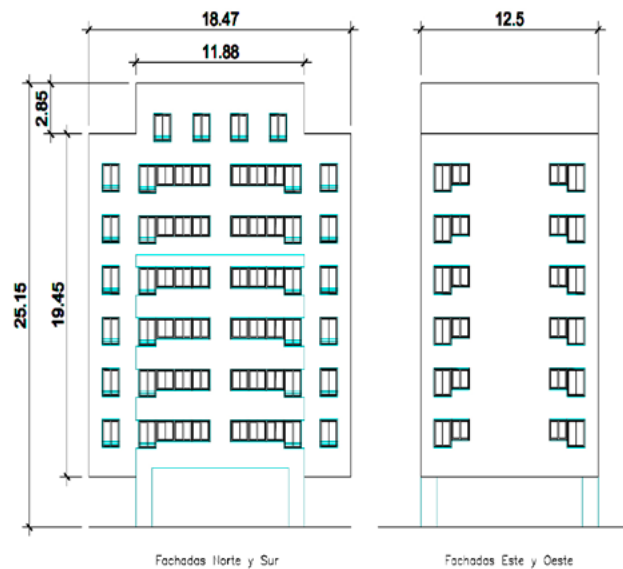


Figura 4. Croquis del edificio - Málaga.

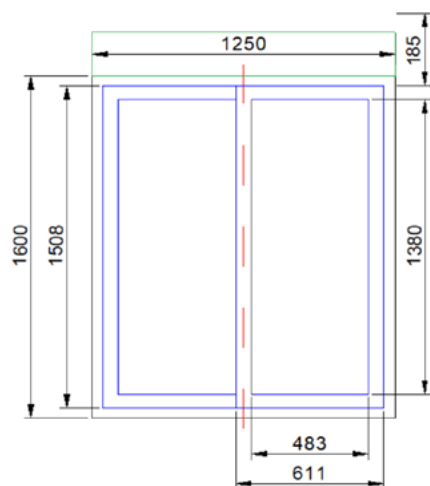


Figura 5. Croquis de la mayor ventana - Málaga. Ventana con un cajón de persiana de altura 185mm.

- Dimensiones del acristalamiento: 0,48 m x 1,38 m (2 unidades).
- Tipo de acristalamiento Unidad de Vidrio Aislante 4/16/4.
- % del hueco ocupado por el acristalamiento: 66,6 %.
- % del hueco ocupado por los perfiles: 33,4 %.
- Elementos de protección solar por el exterior: persianas en todas las ventanas, en color blanco. Las clases de resistencia al viento de la lama para las dos alturas de ensayo y con la guía ensayada son las siguientes:

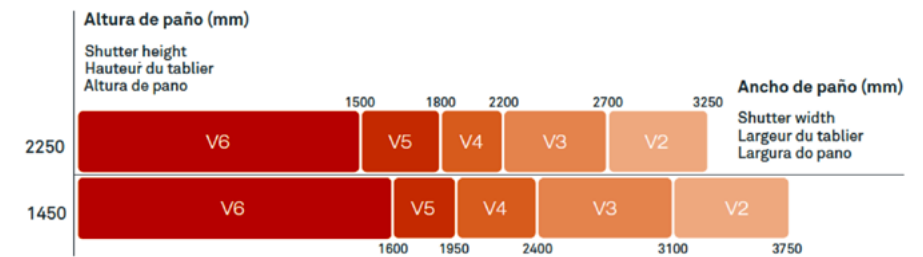


Figura 6. Clases de resistencia al viento de la lama de persiana.

- El cajón tiene un aislamiento térmico de transmitancia 1,1 W/m² K, y un aislamiento acústico de R_{Atr} de 36 dB con el paño plegado con el máximo número de lamas, y R_{Atr} 21,3 dB con paño desplegado, en ambos casos con accionamiento motorizado mediante motor mecánico. La permeabilidad al aire del cajón es Clase 4 (UNE-EN 1026:2017).

La ventana que se ensaya para obtener los valores del Ensayo de Tipo del marcado CE suele ser la más desfavorable desde el punto de vista de los sistemas de apertura y de las dimensiones (mayores dimensiones), pero puede ocurrir, para determinadas características de la ventana, que la ventana de mayores dimensiones no sea la más desfavorable. En el caso de la transmitancia térmica, por ejemplo, influirán el porcentaje de superficie de vidrio y perfiles y las características de éstos.

En el caso de las persianas, para el marcado CE de la lama solamente se exige el ensayo de resistencia al viento. En general la persiana de mayor dimensión y más expuesta al viento es, en principio, la más desfavorable.

3.1.2.- DETERMINACIÓN DE LAS PRESTACIONES DEL HUECO SEGÚN CTE

1.- RESISTENCIA AL VIENTO DE LAS VENTANAS (DOCUMENTO BÁSICO SEGURIDAD ESTRUCTURAL ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN, DB SE AE)

Presión de cálculo, q_e

La acción del viento es, en general, una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto o presión estática, q_e, que puede expresarse como:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p \quad [1]$$

Donde: q_b = presión dinámica del viento.

C_e = coeficiente de exposición.

C_p = coeficiente eólico o de presión.

Presión dinámica, q_b

De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,5 kN/m² para la presión dinámica (apartado 3.3.2 del DB SE AE). Sin embargo, pueden obtenerse valores más precisos mediante el Anejo D del DB SE AE, en función del emplazamiento geográfico de la obra.

Según el mapa del Anejo D del DB SE AE, apartado D.1, a Málaga le corresponde la Zona A, esto supone una velocidad básica del viento de 26 m/s (véase la figura 7).



Figura 7. Mapa valor básico de la velocidad de viento. Fuente: Anejo D. DB SE AE.

Obtenida la velocidad básica del viento (m/s) se puede calcular la presión dinámica del viento, mediante la ecuación:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot V_b^2 \quad [2]$$

Donde:

δ = densidad del aire (en general puede adoptarse el valor de 1,25 kg/m³).

v_b = valor básico de la velocidad de viento.

Datos obtenidos:

Ubicación	Velocidad básica de viento, v_b	Presión dinámica del viento, q_b
Málaga (zona A)	26 m/s	422,5 Pa (0,422 kN/m ²)

Coeficiente de exposición, C_e

El coeficiente de exposición es variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en el apartado 3.3.3 del DB SE AE. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se obtiene de la tabla 3.4 del DB SE AE, siendo la altura del punto considerado la distancia medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.⁴

Los valores proporcionados por la tabla corresponden a edificios menores de 30 m de altura. Para alturas superiores a 30 m y menores de 200 m, los valores del coeficiente de exposición deben obtenerse de las expresiones generales que se recogen en el Anejo D del DB SE AE (ver el procedimiento de cálculo en el Anexo I de esta Guía).

A efectos del grado de aspereza, el entorno del edificio se clasifica en el primero de los tipos de la tabla 3.4 del DB SE AE al que pertenezca, para la dirección de viento analizada (véase la Tabla 1).

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 1. Valores del coeficiente de exposición, C_e . Fuente: tabla 3.4 del DB SE AE

4. Barlovento: Parte de donde viene el viento, con respecto a un punto o lugar determinado (sotavento: la parte opuesta a aquella de donde viene el viento con respecto a un punto o lugar determinado).

Para el edificio objeto del estudio:

- Zona urbana, terreno tipo IV.
- Altura H = 24 m de la ventana más alta.
- 4 fachadas en situación expuesta.

El coeficiente Ce para 24 m tiene un valor de:

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)	Coefficiente de exposición, Ce
Tipo IV	24	2,4

Coefficiente eólico o de presión, Cp

El coeficiente eólico o de presión depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie (un valor negativo indica succión). Su valor se establece en los apartados 3.3.4 y 3.3.5 del DB SE AE.

El DB SE AE establece que, para análisis locales de elementos de fachada o cerramiento, tales como carpinterías, la acción del viento se determina como resultante de la que existe en cada punto, a partir de los coeficientes eólicos que se establecen en el Anejo D.3 (véase Anexo II del manual con el procedimiento de cálculo). Es importante destacar que este valor puede ser incluso superior a 2 en función de la geometría del edificio, por lo que puede que incluso llegue a sobrepasar el doble de la presión inicialmente estimada. También hay que destacar que este coeficiente puede tener valor negativo, por lo que la fuerza de presión en realidad será de succión.

Se realiza el cálculo según el anexo D del DB SE AE, para las fachadas D (expuesta) y A (lateral), en función de la altura sobre el suelo H, el tipo de terreno y la zona del mapa de velocidad del viento, así como la clasificación de la ventana de acuerdo con la norma europea UNE-EN 12210 necesaria para soportar dicha presión.

Para el coeficiente de presión exterior o eólico se toman los valores dados en el apartado 4 del Anejo D.3 (elementos con área de influencia entre 1 y 10 m² tomando como superficie característica del cerramiento A = 2 m² y 1 ≤ h/d ≤ 5).

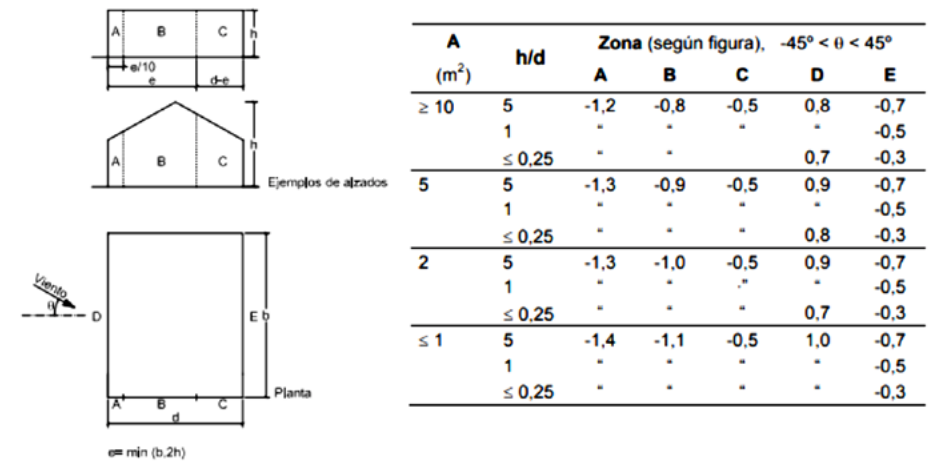


Tabla 2. Coeficiente de presión exterior en paramentos verticales.
Fuente: D.3 Coeficientes de presión exterior. DB SE -AE

Fachada expuesta A: Cp,e,2 = - 1,3

Fachada expuesta D: Cp,e,2 = 0,9

Así, la acción del viento es, en general, una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto o presión estática, qe, que para el caso que nos ocupa seguiría la ecuación [1] con los siguientes valores.

En este caso de las ventanas de la fachada expuesta D:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = 422,5 \times 2,4 \times 0,9 = 912,6 \text{ Pa.}$$

En este caso de las ventanas de la fachada expuesta A:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = 422,5 \times 2,4 \times (-1,3) = -1318,2 \text{ Pa.}$$

La verificación de la estructura resistente mediante los estados límite que propugna el DB SE, utiliza los valores de cálculo de las acciones del viento, obtenidos de los valores característicos multiplicados por los correspondientes coeficientes parciales. Este cálculo proporciona la seguridad de que no se superan los estados límite últimos, con el consiguiente riesgo para las personas, lo que evita una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo. El coeficiente parcial para la acción del viento es 1,5.

Igualando el valor característico de la presión de viento a la presión P3 del ensayo de seguridad que contempla la norma UNE EN 12211, se asegura que la ventana, frente a dicho valor característico, permanece cerrada, aunque pueda sufrir defectos debidos la flexión o a la torsión de los herrajes y debidos al agrietamiento o rotura de los elementos de bastidor, siempre que ninguna parte de la ventana se separe.

Por otra parte, la rotura de una ventana frente a una acción de viento superior al valor característico de la presión, no produce efectos tan graves: la rotura del acristalamiento o una corriente de aire inesperada en los recintos afectados por presiones de viento superiores a su valor característico, no deja fuera de servicio el edificio ni produce el colapso total o parcial del mismo. Esto supone que la transmisión de los esfuerzos de viento a la fachada puede verificarse con los valores característicos de la acción del viento, sin que sea necesario considerar un coeficiente adicional de seguridad.

No obstante, el proyectista debe tomar las precauciones de seguridad adecuadas a las características específicas del edificio proyectado y adoptar el mencionado coeficiente de seguridad para la acción del viento sobre la ventana de 1,5, en esos casos.

La acción del viento que contempla el DB SE AE es el valor característico de esta acción, definido como un valor con una probabilidad anual de ser superado del 0,02, lo que corresponde con un período de retorno de 50 años. Esta acción de viento figura en el apartado 3.3 y en el anejo D del DB SE AE del CTE.

Tomando el mencionado coeficiente de seguridad para la acción del viento sobre la ventana de 1,5, y comparando $1,5 \times q_e$ ($1,5 \times 912,6 = 1.368,9$ Pa) con P3 (1800 Pa para clase 3), se obtendría que la clasificación mínima de resistencia al viento para las ventanas en la fachada D es clase 3. En el caso de las ventanas de la fachada expuesta A comparando $1,5 \times q_e$ ($1,5 \times 1.318,2 = 1.977,3$ Pa) con P3 (2400 Pa para clase 4) se obtendría que la clasificación mínima de resistencia al viento para las ventanas en la fachada A es clase 4.

Clase	P1	P2 a)	P3
0	No ensayada		
1	400	200	600
2	800	400	1.200
3	1.200	600	1.800
4	1.600	800	2.400
5	2.000	1.000	3.000
Exxxx b)	xxxx		

a) Esta presión se debe repetir 50 veces
b) Una muestra ensayada con una carga de viento superior a la Clase 5 se clasifica como Exxxx, donde xxxx es la presión de ensayo P1 (por ejemplo, 2 350, etc.).

Tabla 3. Clasificación de las ventanas por su resistencia al viento (presión en Pa).
Fuente: UNE-EN 12210

La norma europea UNE-EN 12210 establece que la flecha relativa frontal del elemento más deformado del bastidor de la muestra de ensayo, medida a la presión de ensayo P1, se clasifica según la Tabla 4:

Clase	Flecha relativa frontal
A	< 1/150
B	< 1/200
C	< 1/300

Tabla 4. Clasificación de la flecha relativa frontal.
Fuente: UNE-EN 12210

Así, existen tres posibles clasificaciones en función de la flecha frontal del elemento más deformado de la muestra de ensayo. La clasificación de la resistencia a la carga de viento de la ventana viene dada por un número que se refiere a la clase de carga de viento y por una letra que se refiere a la deformación relativa frontal.

El nivel de flecha frontal relativa depende del tipo de acristalamiento elegido y, para el perfil superior, si lleva cajón tipo monobloc como en el presente ejemplo, o no anclado a dicho perfil superior (en este caso sí lo lleva).

El CTE exige una clasificación en el edificio objeto del estudio:

Resistencia mínima a la carga de viento de la ventana (en fachadas tipo D)	Clase 3
Resistencia mínima a la carga de viento de la ventana (en fachadas tipo A)	Clase 4

2.- RESISTENCIA AL VIENTO DE LAS PERSIANAS (NORMA UNE 13659)

En el ejemplo actual se considera que el cajón va protegido por la hoja exterior de la fachada como es habitual en cajones tipo monobloc, por lo que no le afectan presiones ni succiones de viento a los perfiles del cajón.

El proceso de cálculo para elementos semipermeables como las persianas siguiendo la norma EN 13659 (norma de referencia para el mercado CE de la lama de persiana), establece un procedimiento similar de cálculo al de la ventana con algunas particularidades relevantes. Este procedimiento de cálculo aparece también descrito en el Manual de Protección Solar de ASEFAVE, pero se recogen aquí las diferencias más relevantes con el proceso de cálculo de la ventana.

La presión estática debida a la acción del viento se define como:

$$w = q_b \times C_e \times C_p$$

Siendo:

q_e : presión estática o presión neta.

q_b : presión dinámica del viento.

C_e : coeficiente de exposición.

C_p : coeficiente eólico o de presión

Presión dinámica de viento:

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Siendo δ la densidad del aire ($\delta = 1,25 \text{ kg/m}^3$) y v_b el valor básico de la velocidad del viento.

v_b se puede obtener de los mapas de viento del DB SE AE, pero para las persianas, que no son elementos estructurales, el período medio se considera de 20 años (una probabilidad anual de sobrepasar el valor medio de 0,05). Este período sobrepasa la duración media esperada para un paño de persiana, siendo más realista que el período de 50 años utilizado para cálculos estructurales.

Según la norma EN 13659 se tiene que:

T (años)	50	20
Probabilidad Pr	0,02	0,05
$V_{ref}(Pr)/V_{ref}$	1,0	0,946
$[V_{ref}(Pr)/V_{ref}]^2$	1,0	0,895

Tabla 5. Valores de velocidad correspondientes a diferentes periodos de retorno

$$V_{20} = 0,895 \times v_{ref}$$

En este ejemplo de Málaga, la v_{ref} es de 26 m/s. Por tanto, según la fórmula anterior $v_{20} = v_b$ y sería 24,6 m/s.

El C_e se calcularía igual que en el caso de las ventanas. En este ejemplo de edificio situado en Málaga, su valor según los cálculos realizados previamente es de 2,4.

La norma EN 13659 establece que para las distancias entre la persiana y la ventana no superiores a 0,5 m se adopta $C_p = 0,18$.

Atribución de una clase de resistencia al viento:

La norma de producto EN 13659 establece que para una ubicación dada, con una velocidad de referencia correspondiente V_{ref} dada por los mapas de viento, la clase de resistencia al viento de la persiana debe cumplir la condición:

$$p_s \geq \frac{1}{2} \times 1,25 \times 0,18 \times 0,895 V_{ref}^2 \times C_e (z)$$

Donde p_s es el valor umbral de la presión de seguridad de la clase de resistencia al viento.

Clases	0	1	2	3	4	5	6
Presión nominal de ensayo p (N/m²)	<50	50	70	100	170	270	400
Presión nominal de ensayo de seguridad 1,5 p (N/m²)	<75	75	100	150	250	400	600

Tabla 6. Clases de resistencia al viento según norma EN 13659:2015. Persianas. Requisitos de prestaciones incluida la seguridad.

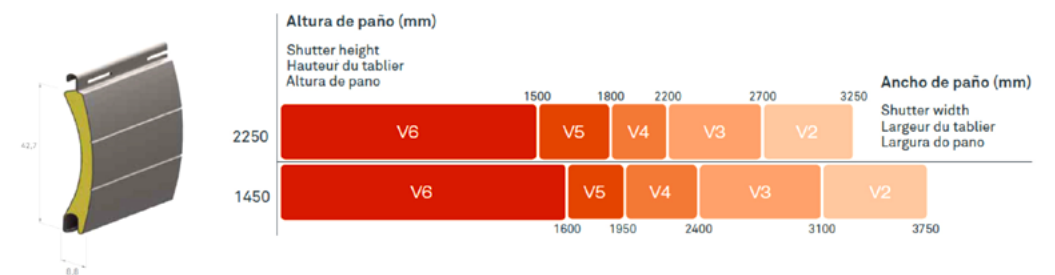
Por tanto, la presión nominal de ensayo de seguridad (1,5 p) debe ser mayor o igual que la presión ejercida sobre el paño de persiana, para una clase determinada:

En el ejemplo:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = 0,5 \times \delta \times v^2 \times C_e \times C_p = 0,5 \times 1,25 \times 0,895 \times V_{ref}^2 \times C_e \times C_p = 0,5 \times 1,25 \times 0,895 \times 26^2 \times 2,4 \times 0,18 = 163 \text{ N/m}^2$$

$$q_e = 163 \text{ N/m}^2$$

Clase mínima a instalar: clase V4 (ps para **clase V4** = 250 \geq 163)



Conforme a los resultados de los ensayos de viento facilitados por el fabricante según la norma EN 13659, y teniendo en cuenta que la configuración de la instalación debe ser la misma que la utilizada para la realización del Ensayo de Tipo:

Ancho máximo para alturas hasta 2250mm (1600 mm en el ejemplo): 2200mm > 1250 mm en el ejemplo -> Cumple.

Si existieran huecos de mayor anchura y se quiere instalar el mismo tipo de lama que para los huecos del ejemplo, se debe partir el paño asegurando que las guías centrales están suficientemente arriostadas para transmitir la carga al soporte último. Otra opción pueden ser cambiar el tipo de lama por otra más resistente. También sería posible instalar sensores de viento para asegurar que la persiana se recoge ante vientos excesivos.

3.- RESISTENCIA A LA CARGA DE NIEVE, CARGA PERMANENTE Y USO

No aplicable en el caso de las ventanas colocadas verticalmente. Sería necesario su cálculo en el caso de ventanas horizontales o de tejado.

4.- REACCIÓN AL FUEGO

Se considera que los elementos del hueco están separados de las zonas que pueden favorecer la propagación horizontal y vertical del incendio, por lo que no son de aplicación los requisitos especiales recogidos en el apartado del DB SI 2. Se considera igualmente que los sistemas constructivos de los huecos ocupan menos del 10% de la superficie total de la fachada, por lo que igualmente no son de aplicación requisitos especiales recogidos en ese apartado. Las dimensiones de los huecos cumplen lo dispuesto en el apartado DB SI 5, accesibilidad por fachada.

Si en el proyecto se especificara algún requisito, el proveedor de cada uno de los sistemas para el hueco debe acreditar su cumplimiento siempre que sea requerido por normativa.

5.- ESTANQUIDAD AL AGUA

Dado que el cajón está protegido tras la hoja exterior de la fachada, esta evaluación solo se realiza a la ventana.

La estanquidad al agua es la capacidad de una ventana cerrada de oponerse a las infiltraciones de agua, entendida esta como la penetración continua o intermitente de agua en contacto con elementos de construcción no previstos para ser mojados.

Esta definición permite la presencia de agua en los carriles inferiores de las ventanas correderas siempre que el borboteo que produce no salpique a otros elementos interiores.

El DB HS establece las condiciones de estanquidad al agua solo para cerramientos ciegos, en función del grado de la zona pluviométrica de promedios y del grado de exposición al viento correspondientes al lugar de ubicación del edificio.

6.- EMISIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

No hay legislación nacional al respecto.

Nota: Si en el proyecto se especificara algún requisito, el proveedor de las ventanas y resto de elementos del hueco debe acreditar su cumplimiento.

7.- RESISTENCIA AL IMPACTO

Esta prestación se declara solo en el caso del mercado CE de puertas peatonales exteriores acristaladas con riesgo de daños (norma de ensayo europea UNE-EN 13049). También en acristalamien-

tos que lleguen al pavimento (no es el caso de este ejemplo) o por debajo de una altura respecto al pavimento).

El CTE establece en su sección SUA 2 (seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento), apartado 1.3, que los vidrios existentes en las áreas con riesgo de impacto (que se indican en la Figura 8) de las superficies acristaladas que no dispongan de una barrera de protección, deben tener una clasificación de prestaciones X(Y)Z determinada según la norma europea UNE-EN 12600:2003 (cuyos parámetros cumplan lo que se establece en la tabla 1.1 del DB SUA, véase la Tabla 8).

Diferencia de cotas a ambos lados de la superficie acristalada	Valor del parámetro		
	X	Y	Z
Mayor que 12 m	cualquiera	B o C	1
Comprendida entre 0,55 m y 12 m	cualquiera	B o C	1 ó 2
Menor que 0,55 m	1, 2 ó 3	B o C	cualquiera

Tabla 8. Valor de los parámetros X(Y)Z en función de la diferencia de cota. Fuente: tabla 1.1 del DB SUA 3-2

Se identifican las siguientes áreas con riesgo de impacto (véase la Figura 8):

- a) En puertas, el área comprendida entre el nivel del suelo, una altura de 1,50 m y una anchura igual a la de la puerta más 0,30 m a cada lado de esta;
- b) En paños fijos, el área comprendida entre el nivel del suelo y una altura de 0,90 m.

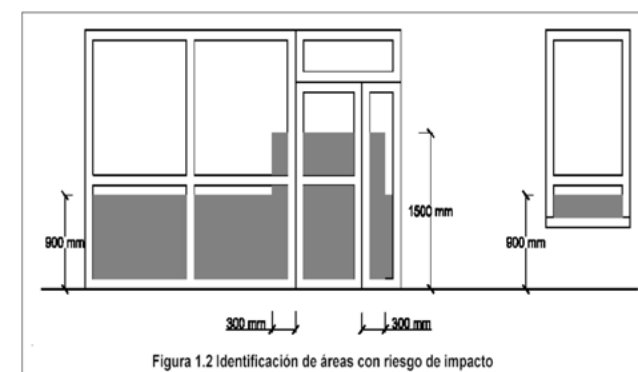


Figura 8. Identificación de áreas con riesgo de impacto. Fuente: Figura 1.2 del DB SUA

En el caso del edificio de Málaga los vidrios no están situados en áreas con riesgo de impacto.

8.- AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO

El CTE en su Documento Básico de Protección contra el ruido establece:

- Valores límite del aislamiento acústico al ruido aéreo: deben alcanzarse los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo entre los recintos protegidos y el exterior que figuran en la tabla 2.1 del DB HR (véase la Tabla 9).

L _d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
L _d ≤ 60	30	30	30	30
60 < L _d ≤ 65	32	30	32	30
65 < L _d ≤ 70	37	32	37	32
70 < L _d ≤ 75	42	37	42	37
L _d > 75	47	42	47	42

⁽¹⁾ En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

Tabla 9. Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, D2m,nT,Atr, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d. Fuente: tabla 2.1 del DR HR

El valor del índice de ruido día, L_d, puede obtenerse a partir de información disponible en las administraciones competentes o mediante consulta de los mapas estratégicos de ruido. Cuando no se disponga de datos oficiales del valor del índice de ruido día, L_d, se aplica el valor de 60 dBA para el tipo de área acústica relativo a sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial.

Cuando se prevea que algunas fachadas, tales como fachadas de patios de manzana cerrados o patios interiores, así como fachadas exteriores en zonas o entornos tranquilos, no van a estar expuestas directamente al ruido de automóviles, de aeronaves, de actividades industriales, comerciales o deportivas, se considerará un índice de ruido día, L_d, 10 dBA menor que el índice de ruido día de la zona.

Cuando en la zona donde se ubique el edificio el ruido exterior dominante sea el de aeronaves según se establezca en los mapas de ruido correspondientes, el valor de aislamiento acústico a ruido aéreo, D2m,nT,Atr, obtenido en la tabla 2.1 se incrementará en 4 dBA.

• Soluciones de aislamiento acústico para huecos

Para el diseño de los elementos constructivos se puede optar por una de las dos opciones de cálculo, simplificada o general, que se analizan en los apartados 3.1.2 y 3.1.3 respectivamente del DB HR. En nuestro caso se analiza la opción simplificada.

La opción simplificada es válida para edificios de cualquier uso con una estructura horizontal resistente formada por forjados de hormigón macizos o aligerados, o forjados mixtos de hormigón y chapa de acero. Además, para poder aplicar la opción simplificada los aireadores en caso de

haberlos deben estar integrados en el hueco. En caso de que el aireador se integrase en el cerramiento, se aplicaría la opción general, de cálculo mucho más complejo y laborioso.

La opción simplificada valida soluciones de aislamiento, que dan conformidad a las exigencias de aislamiento a ruido aéreo y a ruido de impactos. Una solución de aislamiento es el conjunto de todos los elementos constructivos que conforman un recinto (tales como elementos de separación verticales y horizontales, tabiquería, medianerías, fachadas y cubiertas) y que influyen en la transmisión del ruido y de las vibraciones entre recintos adyacentes o entre el exterior y un recinto.

Para poder satisfacer los requerimientos deben cumplirse las condiciones de diseño de las uniones entre elementos constructivos especificadas en el apartado 3.1.4 del DB HR que, aunque en general no afectan a los elementos del hueco, podrían afectarles.

Opción simplificada

Los parámetros acústicos que definen los componentes de una fachada en contacto con el aire exterior son:

- **RA** = índice global de reducción acústica, ponderado A, de un elemento constructivo.

Este índice define la valoración global, en dBA, del índice de reducción acústica, R, para un ruido incidente rosa normalizado, ponderado A.

Los índices de reducción acústica, R_w, se determinan mediante ensayo en laboratorio. A partir de los valores del índice de reducción acústica R_w, obtenidos mediante ensayo en laboratorio, se puede calcular el RA con la expresión dada en el DB HR (ver ecuación A.18 del DB HR). De forma aproximada puede considerarse que:

$$RA = R_w + C \quad [3]$$

Siendo,

R_w = índice global de reducción acústica. Valor en decibelios de la curva de referencia, a 500 Hz, ajustada a los valores experimentales del índice de reducción acústica, R, según el método especificado en la UNE EN ISO 717 - 1.

C = término de adaptación espectral. Valor en decibelios, que se añade al valor de una magnitud global obtenida por el método de la curva de referencia de la ISO 717-1 (R_w, por ejemplo), para tener en cuenta las características de un espectro de ruido particular. Cada índice global, ponderado A, lleva incorporado el término de adaptación espectral del índice global asociado, derivado del método de la curva de referencia.

Cuando el ruido incidente es rosa o ruido ferroviario o de estaciones ferroviarias se usa el símbolo C y cuando es **ruido de automóviles** o aeronaves el símbolo es Ctr.

- $R_{A, tr}$, índice global de reducción acústica, ponderado A, para ruido exterior dominante de automóviles, del hueco. De forma aproximada puede considerarse que:

$$R_{A, tr} = R_W + C_{tr} \quad [4]$$

- $D_{2m, nT, Atr}$, diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior para un ruido exterior de automóviles.

En la tabla 3.4 del DB HR se expresan los valores mínimos que deben cumplir los elementos que forman los huecos y la parte ciega de la fachada, la cubierta o el suelo en contacto con el aire exterior, en función de los valores límite de aislamiento acústico entre un recinto protegido y el exterior indicados en la tabla 2.1 y del porcentaje de huecos (expresado como la relación entre la superficie del hueco y la superficie total de la fachada vista desde el interior de cada recinto protegido).

El parámetro acústico que define los componentes de una fachada, una cubierta o un suelo en contacto con el aire exterior es el índice global de reducción acústica, ponderado A, para ruido exterior dominante de automóviles o de aeronaves, $R_{A, tr}$, de la parte ciega y de los elementos que forman el hueco.

Este índice, $R_{A, tr}$, caracteriza al conjunto formado por la ventana, la caja de persiana y el aireador si los hubiera.

Como indicábamos, en el caso de que el aireador no estuviera integrado en el hueco, sino que se colocara en el cerramiento, debe aplicarse la opción general de cálculo.

Así, en función de los valores de $D_{2m, nT, Atr}$, de la tabla 2.1 del DB HR se puede calcular el valor mínimo de $R_{A, tr}$ que debe garantizar la ventana (véase la Tabla 10).

Tabla 3.4 Parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintos protegidos

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m, nT, Atr}$ dBA	Parte ciega 100 % $R_{A, tr}$ dBA	Parte ciega ≠ 100 % $R_{A, tr}$ dBA	Huecos Porcentaje de huecos $R_{A, tr}$ de los componentes del hueco ⁽²⁾ dBA					
			Hasta 15 %	De 16 a 30 %	De 31 a 60 %	De 61 a 80 %	De 81 a 100 %	
$D_{2m, nT, Atr} = 30$	33	35	26	29	31	32	33	
		40	25	28	30	31		
		45	25	28	30	31		
$D_{2m, nT, Atr} = 32$	35	35	30	32	34	34	35	
		40	27	30	32	34		
		45	26	29	32	33		
$D_{2m, nT, Atr} = 34^{(1)}$	36	40	30	33	35	36	36	
		45	29	32	34	36		
		50	28	31	34	35		
$D_{2m, nT, Atr} = 36^{(1)}$	38	40	33	35	37	38	38	
		45	31	34	36	37		
		50	30	33	36	37		
$D_{2m, nT, Atr} = 37$	39	40	35	37	39	39	39	
		45	32	35	37	38		
		50	31	34	37	38		
$D_{2m, nT, Atr} = 41^{(1)}$	43	45	39	40	42	43	43	
		50	36	39	41	42		
		55	35	38	41	42		
$D_{2m, nT, Atr} = 42$	44	50	37	40	42	43	44	
		55	36	39	42	43		
		60	36	39	42	43		
$D_{2m, nT, Atr} = 46^{(1)}$	48	50	43	45	47	48	48	
		55	41	44	46	47		
		60	40	43	46	47		
$D_{2m, nT, Atr} = 47$	49	55	42	45	47	48	49	
		60	41	44	47	48		
$D_{2m, nT, Atr} = 51^{(1)}$	53	55	48	50	52	53	53	
		60	46	49	51	52		

⁽¹⁾ Los valores de estos niveles límite se refieren a los que resultan de incrementar 4 dBA los exigidos en la tabla 2.1, cuando el ruido exterior dominante es el de aeronaves.

⁽²⁾ El índice $R_{A, tr}$ de los componentes del hueco expresado en la tabla 3.4 se aplica a las ventanas que dispongan de aireadores, sistemas de microventilación o cualquier otro sistema de apertura de admisión de aire con dispositivos de cierre en posición cerrada.

Tabla 10. Parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintos protegidos. Fuente: tabla 3.4 del DB HR

El CTE contempla, además, en su anejo G, el cálculo del aislamiento acústico de elementos constructivos mixtos (véase el Anexo III de esta Guía).

Al contabilizar el porcentaje de huecos desde el interior de cada recinto, pueden elegirse ventanas con diferente índice de aislamiento RA,tr, en prácticamente cada recinto de dimensiones diferentes de un edificio.

Por ejemplo: En el caso de un edificio de viviendas, el porcentaje de huecos en un salón puede superar el 60%, sin embargo, el porcentaje de huecos en un dormitorio suele ser del 30%.

Para evitar la multiplicidad de ventanas con distinto aislamiento acústico en un edificio, puede seleccionarse el caso más desfavorable, que es:

- El recinto más expuesto al ruido, es decir, con un índice de ruido día, Ld, mayor.
- El recinto de mayor porcentaje de huecos.
- El recinto que tenga unas mayores exigencias de aislamiento acústico:
 - En edificios de uso residencial y hospitalario, los dormitorios.
 - En edificios de uso cultural, sanitario, docente, administrativo, las estancias.

En general, las ventanas, los aireadores y las cajas de persiana son elementos determinantes en el aislamiento acústico global de las fachadas. El aislamiento de una ventana depende de factores como el tipo de vidrio y de la clase de permeabilidad al paso del aire de la misma, generalmente relacionada con el sistema de apertura. El tipo de material no tiene influencia.

El Catálogo de Elementos Constructivos aporta información sobre el RA,tr de ventanas y cajones de persiana. Se trata de descripciones genéricas que además son conservadoras. Se recomienda recurrir a fabricantes de ventanas y cajones y lamas de persiana, que aportan valores de ensayos realizados sobre los cerramientos.

Para el caso del ejemplo del edificio de Málaga, y suponiendo un aislamiento acústico de los muros de 35 dBA, se parte de los datos siguientes:

DATOS DE PARTIDA	
Tipo de edificio	Edificio residencial
Porcentaje de huecos (expresado como la relación entre la superficie del hueco y la superficie total del recinto vista desde el interior de cada recinto protegido)	30% en dormitorios y 35% en salón
Aislamiento de los muros	RA = 35 dBA

- Teniendo en cuenta el mapa de ruido en Málaga y suponiendo que el edificio no se encuentra en una vía principal de la ciudad se toma $L_d \leq 60$ dB.

A través de la tabla 2.1 del DB HR se obtiene el valor del aislamiento acústico a ruido aéreo, D2m,n-T,Atr, en dBA:

L _d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
L _d ≤ 60	30	30	30	30
60 < L _d ≤ 65	32	30	32	30
65 < L _d ≤ 70	37	32	37	32
70 < L _d ≤ 75	42	37	42	37
L _d > 75	47	42	47	42

⁽¹⁾ En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

D2m,nT,Atr, = 30 dBA.

Con la información obtenida de la tabla 3.4 del DB HR se calcula la exigencia mínima para los componentes del hueco:

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) D _{2m,nT,Atr} dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ 100 % R _{A,tr} dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ ≠ 100 % R _{A,tr} dBA	Huecos Porcentaje de huecos R _{A,tr} de los componentes del hueco ⁽²⁾ dBA					
			Hasta 15 %	De 16 a 30 %	De 31 a 60 %	De 61 a 80 %	De 81 a 100 %	
D _{2m,nT,Atr} = 30	33	35	26	29	31	32	33	
			40	25	28	30		31
			45	25	28	30		31

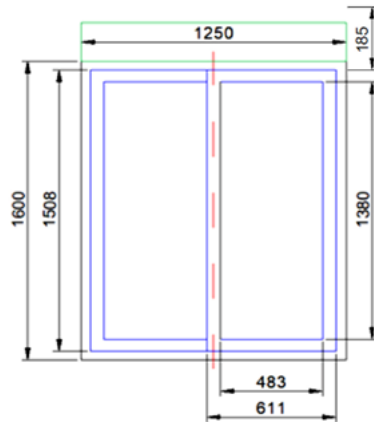
Tabla 3.4: Parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintos protegidos.

Así, según la opción simplificada de cálculo y teniendo en cuenta el porcentaje de huecos se puede calcular el RAtr de los componentes del hueco (suponiendo que la parte ciega tiene un aislamiento de RA = 35 dBA):

Huecos en dormitorios	Huecos en salón
R _{Atr} = 29 dBA	R _{Atr} = 31 dBA

Una vez obtenidos estos valores, es posible que el fabricante aporte un valor conjunto de la ventana con el aireador y el cajón de persiana obtenido mediante ensayo con los aireadores en posición cerrada.

También es posible realizar un cálculo del R_{Atr} del elemento constructivo mixto siguiendo el Anejo G del DB HR.



En el ejemplo se supone una ventana de dimensiones 1250 x 1600 mm con aireadores (ancho x alto) cuyo ensayo acústico con aireadores en posición cerrada tiene un aislamiento acústico de R_{Atr} = 32 dBA. El cajón de persiana tiene un ensayo acústico de R_{Atr} de 36 dB con el paño plegado con máximo número de lamas con accionamiento motorizado mediante motor mecánico. Con una altura de cajón de 185 mm, teniendo el cajón el mismo ancho que la ventana. Para el cálculo según el Anejo G se considera:

R_{Atr} del elemento constructivo mixto (ventana con aireador + cajón):

Con paño plegado:

$$R_{Atr} = -10 \lg \left[\frac{2 \times 10^{-0,1 \times 32} + 0,23 \times 10^{-0,1 \times 36}}{2,23} \right] = 32,28 \text{ dBA}$$

Es importante destacar que los valores de ensayo con paño plegado de persiana son con un determinado número de lamas. En caso de disponer menos lamas (por ejemplo, altura de hueco menor y lamas justas para esa altura de hueco) los valores de ensayo serían diferentes.

9.- PERMEABILIDAD AL AIRE

La permeabilidad al aire es la propiedad de una ventana cerrada de dejar pasar aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. Se mide por el caudal, m³/h, de aire que atraviesa la ventana para distintas presiones de 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, es decir según la zonificación climática establecida.

El DB HE 1 establece, en su tabla 2.3 (véase la Tabla 11), que la permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa y referida a la superficie total, ha de tener unos valores inferiores a los siguientes:

- para las zonas climáticas alfa, A y B: 27 m³/h m²; esto significa que las ventanas deben ser de clase 2 como mínimo.
- para las zonas climáticas C, D y E: 9 m³/h m²; esto significa que las ventanas deben ser de clase 3 como mínimo.

El aislamiento acústico de un elemento mixto, tal como una ventana con una caja de persiana incorporada, puede estimarse mediante la siguiente fórmula:

$$R_{Atr} = -10 \lg \left(\frac{S_v \cdot 10^{-0,1 R_{v,Atr}} + S_c \cdot 10^{-0,1 R_{c,Atr}}}{S} \right) \quad [\text{dBA}]$$

Donde

- R_{Atr} índice global de reducción acústica, para ruido de tráfico del conjunto formado por la ventana y la caja de persiana [dBA];
- R_{v,Atr} índice global de reducción acústica, para ruido de tráfico de la ventana, [dBA];
- R_{c,Atr} índice global de reducción acústica, para ruido de tráfico de la caja de persiana, [dBA];
- S área total del conjunto ventana + caja de persiana [m²];
- S_v área de la ventana, [m²];
- S_c área de la caja de persiana, [m²];

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos (Q _{100,lim}) [*]	≤ 27	≤ 27	≤ 27	≤ 9	≤ 9	≤ 9

^{*} La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q₁₀₀. Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 (≤27 m³/h·m²) y clase 3 (≤9 m³/h·m²) de la UNE-EN 12207:2017. La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Tabla 11. Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica. Fuente: tabla 3.1.3.a HE1

Esta clasificación se determina mediante un ensayo con presiones positivas y otro con presiones negativas, según la norma europea UNE EN 1026.¹⁰

El resultado del ensayo, definido como la media numérica de los dos valores de permeabilidad (m^3/h) en cada escalón de presión, se expresa de acuerdo con el apartado 4.6 de la norma europea UNE EN 12207.¹¹

La clasificación de las ventanas se basa en una comparación de la permeabilidad al aire de la muestra de ensayo por referencia a la superficie total y su permeabilidad al aire por referencia a la longitud de la junta de apertura.

Por tanto, para el edificio objeto del estudio ubicado en Málaga la exigencia será:

Ubicación	Zona climática (apéndice E del DB HE zonas climáticas)	Permeabilidad al aire
Málaga	Zona A3	27 $m^3/h m^2$ Clase 2

10.- TRANSMITANCIA TÉRMICA

Con el fin de limitar la demanda energética del edificio, el CTE establece unos valores límite de la transmitancia térmica de los huecos de la envolvente térmica del edificio, en función de las zonas climáticas.

Para la limitación de la demanda energética el DB HE 1 establece 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, correspondiente a la división de invierno (severidad climática de invierno) y un número, correspondiente a la división de verano (severidad climática de verano).

Con la modificación del DB HE, recogida en el Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, se establecen unos requisitos de limitación de consumo e indicadores respecto a la envolvente de los edificios, en función de su uso y la zona climática en la que se encuentren. Véase en el Anexo IV de este manual, las tablas de limitación del consumo, incluidas en el DB HE0.

Se establecen diferentes procedimientos para justificar el cumplimiento del DB HE:

- Edificios de obra nueva y ampliaciones de edificios existentes. Cumplir con los límites de consumo y con los indicadores de la envolvente.
- Grandes rehabilitaciones, que afecten a más del 25% de la superficie de la envolvente. Cumplir con los límites de consumo y con los indicadores de la envolvente.
- Rehabilitaciones que no entran en el apartado anterior. El valor máximo de transmitancia térmica del hueco se indica en la tabla 3.1.1.a del DB HE1 (véase la Tabla 12).

10. UNE EN 1026. Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Método de ensayo.

11. UNE EN 12207. Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación.

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m^2K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_i) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{int})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ($U_{v,i}$)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	5,7					

*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de $U_{v,i}$ en un 50%.

Los valores límite de transmitancia aseguran una calidad mínima de la envolvente térmica y evitan descompensaciones en la calidad térmica de los espacios del edificio. Sin embargo, estos valores no aseguran un nivel de demanda adecuado, limitado por el coeficiente global de transmisión de calor (K).

Tabla 12. Valores límite de transmitancia térmica. Fuente: tabla 3.1.1.a HE1

En todos los casos de intervención en edificios existentes se tienen que tener en cuenta los criterios de aplicación, que se establecen en el DBHE:

- **Criterio 1: no empeoramiento.** Las condiciones preexistentes de ahorro de energía que sean menos exigentes que las establecidas en el DB no se podrán reducir, y las que sean más exigentes únicamente podrán reducirse hasta el nivel establecido en el DB.
- **Criterio 2: flexibilidad.** En los casos en los que no sea posible alcanzar el nivel de prestación establecido con carácter general, podrán adoptarse soluciones que permitan el mayor grado de adecuación posible.
- **Criterio 3: reparación de daños.** Los elementos de la parte existente no afectados por ninguna de las condiciones establecidas en el DB, podrán conservarse en su estado actual siempre que no presente, antes de la intervención, daños que hayan mermado de forma significativa sus prestaciones iniciales.

La tabla 3.1.1.a indica, en cualquier caso, los valores máximos de la transmitancia térmica del hueco en función de la zona climática. Si bien en el mismo DB HE se indica que para satisfacer los requisitos exigidos al edificio, en su conjunto, respecto al coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente (apartado 3.1.1 -HE1), el proyectista puede considerar los valores orientativos de transmitancia térmica de los huecos que se muestran en el anejo E, ver Tabla 13.

Anejo E Valores orientativos de transmitancia

1 La tabla a-Anejo E aporta valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica que pueden resultar útiles para el predimensionado de soluciones constructivas de edificios de uso residencial privado, para el cumplimiento de las condiciones establecidas para el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente (apartado 3.1.1 – HE1):

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento, U [W/m² K]

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U _M , U _S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U _C	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19
Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, U _T	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U _H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

Los valores de esta tabla son para la intervención en la globalidad del edificio, es decir, para edificios nuevos o intervenciones sobre edificios existentes que afecten a la globalidad de la *envolvente térmica* (>25%)
Para el caso de reformas que afecten a <25% de la *envolvente térmica* los valores límite de *transmitancia térmica* para los diferentes elementos constructivos son los de la tabla 3.1.1.a-HE1

2 Los valores anteriores presuponen un correcto tratamiento de los puentes térmicos.

Tabla 13. Transmitancia térmica del elemento (W/m²K). Fuente: tabla a-Anejo E del DB HE.

Para el caso de Málaga se tiene:

Ubicación	Zona climática
Málaga	Zona A3

Se trata de un edificio de viviendas de obra nueva, por lo que se ha de justificar, para el edificio en su conjunto, los valores de limitación del consumo energético (DB HE0) y comprobar los valores máximos de transmitancia térmica de los huecos.

Limitación del consumo de energía primaria no renovable (= 25 [kWh/m² año]) y el correspondiente indicador de energía primaria total (= 50 [kWh/m² año]).

Tabla 3.1.a - HE0
Valor límite C_{ep,nren,lim} [kW·h/m²·año] para uso residencial privado

	α	Zona climática de invierno				
		A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	20	25	28	32	38	43
Cambios de uso a residencial privado y reformas	40	50	55	65	70	80

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,25

Tabla 3.2.a - HE0
Valor límite C_{ep,tot,lim} [kW·h/m²·año] para uso residencial privado

	α	Zona climática de invierno				
		A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	40	50	56	64	76	86
Cambios de uso a residencial privado y reformas	55	75	80	90	105	115

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,15

Tabla 3.1 HE0

Según el anejo E, los valores orientativos de la transmitancia térmica de los huecos que permiten el cumplimiento de las condiciones establecidas para el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente.

Anejo E Valores orientativos de transmitancia

1 La tabla a-Anejo E aporta valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica que pueden resultar útiles para el predimensionado de soluciones constructivas de edificios de uso residencial privado, para el cumplimiento de las condiciones establecidas para el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente (apartado 3.1.1 – HE1):

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento, U [W/m² K]

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U _M , U _S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U _C	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19
Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, U _T	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U _H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

Los valores de esta tabla son para la intervención en la globalidad del edificio, es decir, para edificios nuevos o intervenciones sobre edificios existentes que afecten a la globalidad de la *envolvente térmica* (>25%)
Para el caso de reformas que afecten a <25% de la *envolvente térmica* los valores límite de *transmitancia térmica* para los diferentes elementos constructivos son los de la tabla 3.1.1.a-HE1

2 Los valores anteriores presuponen un correcto tratamiento de los puentes térmicos.

Por otro lado, la tabla 3.1.1.a marca los valores máximos de transmitancia térmica que para nuestro caso es de 2,7 W/m² K, valor coincidente con el recomendado en la tabla a del Anejo E.

Para la determinación de la transmitancia térmica del conjunto de elementos del hueco se debe recurrir al ensayo, por el método de la caja caliente, establecida en la norma UNE-EN ISO 12567 o bien, puede realizarse un cálculo según la norma UNE-EN ISO 10077-1, tal y como se indica en el apartado 2.1.4.1 del DA DB HE/1.

$$U_H = \frac{A_{H,v}U_{H,v} + A_{H,m}U_{H,m} + l_v\Psi_v + A_{H,p}U_{H,p} + l_p\Psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

Siendo:

- UH,m = Transmitancia térmica del marco en W/m²K
- UH,v = Transmitancia térmica del acristalamiento en W/m²K
- UH,p = Transmitancia térmica de la zona con panel opaco o cajón de persiana W/m²K
- Ψv = Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento en W/mK
- Ψp = Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos o cajón de persiana en W/mK
- AH,v = Área de la parte acristalada en m²
- AH,m = Área del marco en m²
- AH,p = Área de la parte con panel opaco o cajón de persiana en m²
- lp = Longitud de contacto entre marco y acristalamiento en m
- lv = Longitud de contacto entre marco y paneles opacos o cajón de persiana en m.

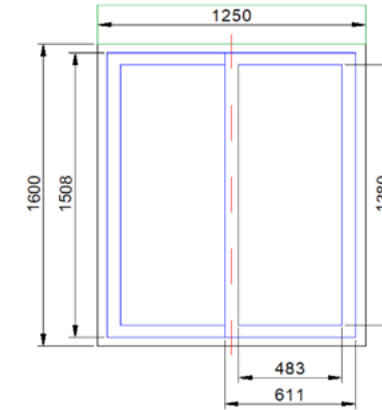
Los valores de las transmitancias térmicas lineales se pueden calcular o tomar de la siguiente tabla:

Material del marco	Acristalamiento o empanelado simple	Acristalamiento o empanelado doble o triple	Acristalamiento doble con baja emisividad o triple con dos capas de baja emisividad
Madera y plástico	0,00	0,06 / 0,05	0,08 / 0,06
Metálico con rotura de puente térmico	0,00	0,08 / 0,06	0,11 / 0,08
Metálico sin rotura de puente térmico	0,00	0,02 / 0,01	0,05 / 0,04

* Valores para elementos separadores convencionales y para elementos de prestaciones térmicas mejoradas.

En el caso de paneles opacos o cajones de persiana con juntas más aislantes que el propio panel o cajón de persiana, se puede tomar Ψp= 0.

Así pues, considerando los siguientes datos:



- Dimensiones del acristalamiento: 0,48 m x 1,38 m (2 unidades).
- Tipo de acristalamiento Unidad de Vidrio Aislante 4/12/4 bajo emisivo de UH,v = 1,8 W/m²K
- Perfil de UH,m = 2,2 W/m²K
- % del hueco ocupado por el acristalamiento: 66,6 %.
- % del hueco ocupado por los perfiles: 33,4 %.
- Cajón de persiana de altura 185 mm y transmitancia térmica UH,p = 1,1 W/m²K
- Considerando los valores de Ψp y Ψv según la tabla anterior:
 - Ψp = 0,08 W/mK
 - Ψv = 0,08 W/mK
- Realizando el cálculo de las áreas:
 - AH,v = (0,48 x 1,38 x 2) = 1,325 m²
 - AH,m = (1,25 x 1,6 - 1,325) = 0,675 m²
 - AH,p = (0,185 x 1,25) = 0,231 m²
 - lp = 0,48 x 4 + 1,38 x 2 = 4,68
 - lv = 1,25

La fórmula resultante es:

$$U_H = \frac{A_{H,v}U_{H,v} + A_{H,m}U_{H,m} + l_v\Psi_v + A_{H,p}U_{H,p} + l_p\Psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

UH = 2,06 W/m²K

II.- INDICADOR DE CONTROL SOLAR

- Área útil acondicionada interior a la envolvente térmica= (6 plantas x 18,47 m x 12,5 m +1 ático x 11,88 x 12,5) = 1.533 ,75 m²
- Huecos por fachada.

Superficie de hueco por planta:

Fachada norte: 6 de 1,25 x 1,25 + 4 de 1,25 x 1,6 = 17,375 m²
 Fachada sur: 6 de 1,25 x 1,25 + 4 de 1,25 x 1,6 = 17,375 m²
 Fachada este: 2 de 1,25 x 1,25 + 2 de 1,25 x 1,6 = 7,125 m²
 Fachada oeste: 2 de 1,25 x 1,25 + 2 de 1,25 x 1,6 = 7,125 m²

Superficie de hueco en ático:

Fachada norte: 4 de 1,25 x 1,6 = 8 m²
 Fachada sur: 4 de 1,25 x 1,6 = 8 m²
 Fachada este y oeste: 0 m²

Total edificio: 294 + 16 = 310 m²
 Total fachada norte N = total fachada sur S = 112,25 m²
 Total fachada este E = total fachada oeste O = 42,75 m²
 Total edificio: 96 huecos pequeños = 96 x 1,5625 m² = 150 m² / 80 huecos grandes = 80 x 2 = 160 m²
 -> total huecos edificio = 310 m²

Zona climática Málaga = A3

Hsol,jul (N) = 59,39 kWh/m²
 Hsol,jul (S) = 89,53 kWh/m²
 Hsol,jul (E) = 127,81 kWh/m²
 Hsol,jul (O) = 124,7 kWh/m²

Factor de sombra para obstáculos de fachada = 1 (se considera que ningún elemento hace sombra sobre los huecos)

Fracción de marco = 0,334

Ggl,sh,wi. Transmitancia total de la energía solar del acristalamiento con el dispositivo de sombra móvil activado de cada hueco k

Se parte de un acristalamiento de vidrio doble: ggl,wi = 0,68

Tipo	ggl,n	ggl,wi
Vidrio sencillo	0,85	0,77
Vidrio doble	0,75	0,68
Vidrio doble bajo emisivo	0,67	0,60
Vidrio triple bajo emisivo	0,50	0,45
Doble ventana	0,75	0,68

Fuente: DA DB-HE /1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Como **sistema de protección solar** se dispone de persiana exterior blanca: ggl,sh,wi = 0,05

Factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar	Tipo de vidrio	Protección exterior (p.e.B)				Protección interior (p.e.B)			
		blanco	pastel	oscuro	negro	blanco	pastel	oscuro	negro
0 (p.ej: persianas)	Vidrio sencillo	0,06	0,11	0,15	0,19	0,34	0,43	0,54	0,66
	Vidrio doble	0,05	0,08	0,11	0,14	0,34	0,43	0,53	0,63
	Vidrio doble bajo emisivo	0,03	0,05	0,08	0,10	0,34	0,42	0,51	0,59
	Vidrio triple bajo emisivo	0,03	0,05	0,06	0,08	0,30	0,34	0,38	0,41
0,2 (p.ej: toldos)	Vidrio sencillo	0,22	0,27	0,31	0,33	0,39	0,51	0,62	0,68
	Vidrio doble	0,20	0,23	0,26	0,28	0,39	0,50	0,60	0,65
	Vidrio doble bajo emisivo	0,17	0,20	0,22	0,23	0,39	0,48	0,56	0,61
	Vidrio triple bajo emisivo	0,13	0,15	0,16	0,17	0,32	0,36	0,40	0,42
0,4 (p.ej: cortinas)	Vidrio sencillo	0,41	0,43	0,45	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71
	Vidrio doble	0,36	0,38	0,39	0,41	0,51	0,56	0,61	0,66
	Vidrio doble bajo emisivo	0,33	0,34	0,35	0,36	0,49	0,53	0,58	0,62
	Vidrio triple bajo emisivo	0,24	0,25	0,26	0,27	0,37	0,38	0,40	0,42

Fuente: DA DB-HE /1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Cálculo del factor Qsol,jul:

$$Q_{sol,jul} = Q_{sol,jul} / A_{util} = (\sum_k F_{sh,obst} \cdot g_{gl,sh,wi} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p} \cdot H_{sol,jul}) / A_{util}$$

donde:

- $F_{sh,obst}$ es el factor reductor por sombreado por obstáculos externos (comprende todos los elementos exteriores al hueco como voladizos, aletas laterales, retranqueos, obstáculos remotos, etc.), para el mes de julio, del hueco k, y representa la reducción en irradiación solar incidente debida al sombreado permanente de dichos obstáculos.
El $F_{sh,obst}$ se corresponde con la anterior nomenclatura del factor de sombra del hueco (F_s) del cálculo del factor solar modificado de huecos y lucernarios en el DA DB-HE/1;
- $g_{gl,sh,wi}$ es la transmitancia total de energía solar del acristalamiento con el dispositivo de sombra móvil activado, para el mes de julio y del hueco k;
- F_F es la fracción de marco del hueco k (de forma simplificada puede adoptarse el valor de 0,25)
- $A_{w,p}$ es la superficie (m²) del hueco k;
- $H_{sol,jul}$ es la irradiación solar media acumulada del mes de julio (kWh/m²·mes) para el clima considerado y la inclinación y orientación del hueco k.
Los valores de $F_{sh,obst}$, $g_{gl,sh,wi}$ y $H_{sol,jul}$ para el cálculo del control solar pueden obtenerse de las tablas del DA DB-HE/1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente térmica.

$$Q_{sol,jul} = F_{sh,obs} \times g_{gl,sh,wi} (1-FF) \times A \times H_{sol,jul}$$

Los valores de $H_{sol,jul}$ se toman de la tabla 20 del Documento de Apoyo del CTE relativo al Cálculo de parámetros característicos de la envolvente (versión Enero 2020).

Z.C.	Horiz.	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N
A3	220.36	96.73	127.81	117.82	89.53	115.84	124.7	94.3	59.39
A4	235.35	99.25	132.86	123.7	94.78	123.83	133.97	100.69	61.12
B3	220.33	92.03	121.85	114.45	89.73	114.64	122.02	92.07	57.92
B4	235.31	101.7	135.64	125.09	94.13	121.94	131.14	98.48	61
C1	195.77	88.49	114.47	106.12	81.72	101.55	108.06	84	56.85
C2	217.19	96.61	128.05	117.89	88.17	111.22	118.78	90.17	58.23
C3	220.34	97.05	128.62	118.69	89.37	115.69	125.22	95.24	59.61
C4	235.35	101.78	136.41	126.01	94.84	121.68	130.08	97.16	60.36
D1	195.8	88.53	114.54	106.15	81.96	101.33	107.19	82.96	56.51
D2	217.18	94.76	125.48	116.31	88.51	113.39	121.59	92.18	58.27
D3	220.32	94.22	124.81	116.03	89.15	115.91	125.24	94.95	58.91
E1	195.79	88.95	114.88	106.34	82.09	101.16	106.71	82.58	56.67

FACHADA NORTE:

Hueco de 1,25 x 1,25:

$$Q_{sol,jul} = F_{sh,obs} \times g_{gl,sh,wi} (1-FF) \times A \times H_{sol,jul} = 1 \times 0,05 (1-0,334) \times 1,5625 \times 59,39 \text{ kWh/m}^2 = 3,09 \text{ kWh}$$

Hueco de 1,25 x 1,6:

$$Q_{sol,jul} = F_{sh,obs} \times g_{gl,sh,wi} (1-FF) \times A \times H_{sol,jul} = 1 \times 0,05 (1-0,334) \times 2 \times 59,39 \text{ kWh/m}^2 = 3,96 \text{ kWh}$$

Total huecos fachada norte = 36 huecos de 1,25 x 1,25 + 28 huecos de 1,25 x 1,6 = 36 x 3,09 + 28 x 3,96 = 222 kWh

FACHADA SUR:

Hueco de 1,25 x 1,25:

$$Q_{sol,jul} = F_{sh,obs} \times g_{gl,sh,wi} (1-FF) \times A \times H_{sol,jul} = 1 \times 0,05 (1-0,334) \times 1,5625 \times 89,53 \text{ kWh/m}^2 = 4,66 \text{ kWh}$$

Hueco de 1,25 x 1,6:

$$Q_{sol,jul} = F_{sh,obs} \times g_{gl,sh,wi} (1-FF) \times A \times H_{sol,jul} = 1 \times 0,05 (1-0,334) \times 2 \times 89,53 \text{ kWh/m}^2 = 5,96 \text{ kWh}$$

Total huecos fachada sur = 36 huecos de 1,25 x 1,25 + 28 huecos de 1,25 x 1,6 = 36 x 4,66 + 28 x 5,96 = 334,66 kWh

FACHADA ESTE:

Hueco de 1,25 x 1,25:

$$Q_{sol,jul} = F_{sh,obs} \times g_{gl,sh,wi} (1-FF) \times A \times H_{sol,jul} = 1 \times 0,05 (1-0,334) \times 1,5625 \times 127,81 \text{ kWh/m}^2 = 6,65 \text{ kWh}$$

Hueco de 1,25 x 1,6:

$$Q_{sol,jul} = F_{sh,obs} \times g_{gl,sh,wi} (1-FF) \times A \times H_{sol,jul} = 1 \times 0,05 (1-0,334) \times 2 \times 127,81 \text{ kWh/m}^2 = 8,51 \text{ kWh}$$

Total huecos fachada este = 12 huecos de 1,25 x 1,25 + 12 huecos de 1,25 x 1,6 = 12 x 6,65 + 12 x 8,51 = 181,95 kWh

FACHADA OESTE:

Hueco de 1,25 x 1,25:

$$Q_{sol,jul} = F_{sh,obs} \times g_{gl,sh,wi} (1-FF) \times A \times H_{sol,jul} = 1 \times 0,05 (1-0,334) \times 1,5625 \times 124,7 \text{ kWh/m}^2 = 6,49 \text{ kWh}$$

Hueco de 1,25 x 1,6:

$$Q_{sol,jul} = F_{sh,obs} \times g_{gl,sh,wi} (1-FF) \times A \times H_{sol,jul} = 1 \times 0,05 (1-0,334) \times 2 \times 124,7 \text{ kWh/m}^2 = 8,31 \text{ kWh}$$

Total huecos fachada oeste = 12 huecos de 1,25 x 1,25 + 12 huecos de 1,25 x 1,6 = 12 x 6,49 + 12 x 8,31 = 177,52 kWh

$$Q_{sol,jul} \text{ TOTAL} = 222 \text{ kWh} + 334,66 \text{ kWh} + 181,95 \text{ kWh} + 177,52 \text{ kWh} = 916,12 \text{ kWh}$$

La limitación incluida en el DBHE1 del CTE en su tabla 3.1.2 indica:

Uso	$q_{sol,jul}$
Residencial privado	2,00
Otros usos	4,00

Por tanto:

$$q_{sol,jul} = 916,12 \text{ kWh} / 1533,75 \text{ m}^2 = 0,60 \text{ kWh/m}^2 < 2 \text{ (límite máximo para residencial privado)}$$

CUMPLE

12.- SISTEMA DE APERTURA DE LA VENTANA

El sistema de apertura lo determina el autor del proyecto.

13.- RESISTENCIA A REPETIDAS APERTURAS Y CIERRES DE LA VENTANA

El CTE no establece requisitos mínimos para la resistencia a la apertura y cierre repetida, sin embargo, se recomienda que las ventanas sean al menos de Clase 1 (5.000 ciclos), según la norma europea UNE-EN 1191,¹² los resultados se expresan de acuerdo con la Norma Europea UNE-EN 12400,¹³ en la que se especifican 4 clases de durabilidad de prestaciones para las ventanas (véase Tabla 14).

12. UNE-EN 1191. Ventanas y puertas. Resistencia a aperturas y cierres repetidos. Método de ensayo.

13. UNE-EN 14600. Ventanas y puertas peatonales. Durabilidad mecánica. Especificaciones y clasificación.

Clases	Número de ciclos	Uso
0	-	-
1	5.000	Ligero
2	10.000	Moderado
3	20.000	Pesado

Tabla 14. Clases de resistencia para la apertura y cierre repetidos. Fuente: norma UNE-EN 12400.

14.- AIREACIÓN MEDIANTE LAS VENTANAS

El CTE establece que, como aberturas de admisión, una posible opción puede ser disponer de aberturas dotadas de aireadores o aberturas fijas de la carpintería, como son los dispositivos de microventilación con una permeabilidad al aire según la norma UNE EN 12207 en la posición de apertura de clase 1 (solo en el caso de sistemas de microventilación).

En el propio anejo de terminología se define como aireador al elemento que se dispone en las aberturas de admisión para dirigir adecuadamente el flujo de aire e impedir la entrada de agua y de insectos o pájaros. Puede ser regulable o de apertura fija y puede disponer de elementos adicionales para obtener una atenuación acústica adecuada.

El CTE establece requisitos mínimos de aireación en los edificios en su Documento Básico DB HS. Las exigencias establecidas en el CTE respecto a la calidad del aire interior especifican que:

- Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

Se destaca el concepto de "Caudal suficiente de aire exterior", que debe ser el suficiente para compatibilizar el DB HS 3 con un menor consumo energético por calefacción o refrigeración y debe ser compatible con el cumplimiento de las exigencias de aislamiento acústico.

Los caudales de ventilación que deben asegurar las aberturas de admisión, según el tipo de estancias, son los establecidos en la tabla 2.1 del DBHS3 (véase la Tabla 15).

Tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los locales secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo local se den usos de local seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros locales pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Tabla 15. Caudales de ventilación mínimos exigidos en el DB HS. Fuente: Tabla 2.1 del DBHS3.

En la terminología del DB HS3 se incluye la definición de las aberturas fijas de la carpintería, que se define como una apertura estable que se consigue mediante la propia configuración de la carpintería o mediante un dispositivo especial que mantiene las hojas en una posición que la permita.

Así, a los sistemas de microventilación se les exige:

- Ventilación suficiente para garantizar los caudales exigidos.
- Permeabilidad al aire en la posición de apertura de clase 1 (UNE EN 12207).

La norma de producto de ventanas, UNE EN 14351-1+A2 (cuyo obligado cumplimiento respecto al marcado CE de ventanas es efectivo desde el 1-02-2010) establece, respecto a la permeabilidad al aire de las ventanas, que se ensayará según la norma europea UNE-EN 1026 y el resultado del ensayo, definido como la media numérica de los dos valores de permeabilidad (m^3/h) en cada escalón de presión, se expresa de acuerdo con el apartado 4.6 de la norma europea UNE-EN 12207 (4.6 - relación entre el resultado de ensayo basado sobre la superficie total y el basado sobre la longitud de junta). La Tabla 16 siguiente muestra el resumen de los apartados 4.4 y 4.5 de la norma UNE-EN 12207.

Clase	Permeabilidad al aire referencia 100 Pa		Presión máxima (Pa)
	Superficie total $m^2/(h.m^2)$	Longitud de juntas de apertura $m^2/(h.m)$	
0	No ensayada		
1	50	12,5	150
2	27	6,75	300
3	9	2,25	600
4	3	0,75	600

Tabla 16. Extracto norma UNE-EN 12207. Fuente: UNE-EN 12207.

Para el ejemplo, según la norma UNE-EN 12207: 2017 la clasificación de las clases de permeabilidad es la 2.

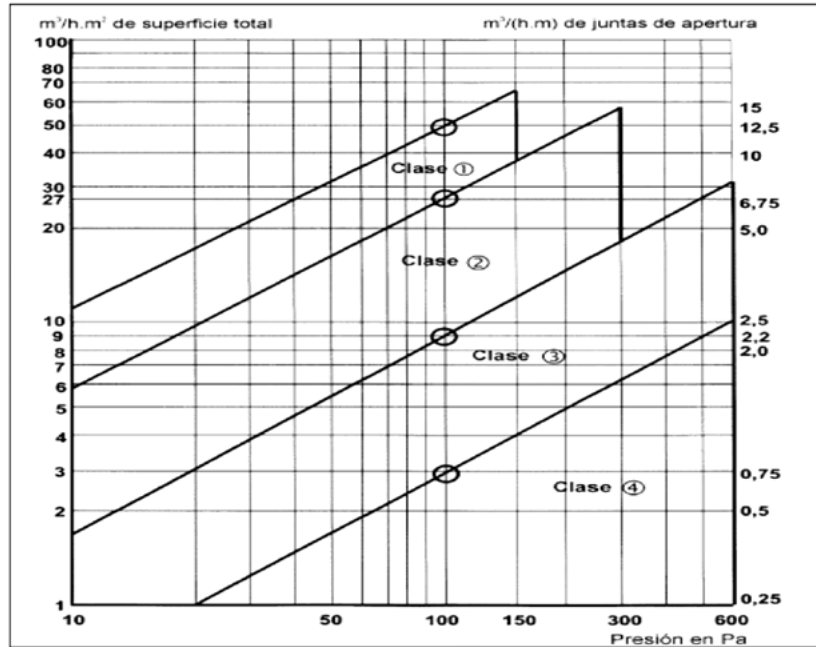


Figura 9. Clasificación de la permeabilidad al aire. Fuente: UNE-EN 12207.

Considerando que las ventanas tienen clase 2 de permeabilidad ($27 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$), cada una de ellas (de $1,25 \times 1,6 \text{ m}$, ancho por alto) aporta un caudal mínimo de ventilación de: $1,25 \times 1,6 \times 27 = 54 \text{ m}^3/\text{h}$. En litros por segundo serían 15 l/s.

Vista la tabla:

Tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los locales secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor
 (2) Cuando en un mismo local se den usos de local seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente
 (3) Otros locales pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

En el caso de los locales secos, con una sola ventana sería suficiente caudal para salas de estar, comedores y dormitorios.

En cuanto a los locales húmedos, habría que hacer el cálculo total de la vivienda y hacer la comprobación.

15.- MOTORIZACIÓN DE LAS PERSIANAS

Las ventanas que incorporan un cajón con persiana motorizada están consideradas máquinas, y, por tanto, desde el año 1992 (año en el que se transpuso a la normativa española la Directiva 89/392/CEE de máquinas) están sometidos a las disposiciones europeas relativas a las máquinas. Estas disposiciones exigen que cada uno de estos productos motorizados que se comercialice en España lleve el marcado CE y el resto de documentación recogida en las Directivas de aplicación y vaya acompañada de la «Declaración CE de conformidad».

Es posible ampliar información respecto al Mercado CE de ventanas en el documento, editado por ASEFAVE. Más información: <https://www.asefave.org/publicaciones/marcado-ce-cerramientos-motorizados-2>

3.1.3.- REQUISITOS MÍNIMOS CARPINTERÍAS EXTERIORES RELACIONADOS CON LAS EXIGENCIAS DEL CTE Y EL MERCADO CE

Tabla resumen de prestaciones con los requisitos mínimos exigibles a las carpinterías exteriores en el edificio en Málaga:

Prestación	Clase o valor
Resistencia al viento	Clase 3 (fachada D) / clase 4 (clase A)
Resistencia a la carga de nieve, carga permanente y uso	No aplicable
Reacción al fuego	No aplicable
Emisión de sustancias peligrosas	No hay requisito legal
Resistencia al impacto	No aplicable
Aislamiento al ruido aéreo	Ventanas en dormitorios: R _{Atr} = 29 dBA (parte ciega RA = 35 dBA) Ventanas en salón: R _{Atr} = 31 dBA (parte ciega RA = 35 dBA)
Permeabilidad al aire	Clase 2
Transmitancia térmica: - Por equilibrio de la calidad térmica entre espacios - Valores orientativos según tabla a-Anejo E	$U \leq 2,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ 2,7 W/m ² K

Sería también necesaria la comprobación del valor k (coeficiente global de transmisión de calor) de la envolvente térmica del edificio.

El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio, o parte del mismo, con uso residencial privado, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1.

	Compacidad V/A [m ³ /m ²]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las compacidades intermedias (1 < V/A < 4) se obtienen por interpolación.
En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

En el ejemplo de estudio, el edificio tiene una compacidad de 2,72, por lo que el valor máximo de K para cada zona climática, interpolando los valores de la tabla, es de 0,71.

Para comprobar el cumplimiento del indicador, se consideran los valores tanto para envolvente como para huecos de la tabla 3.1.1.a.

Así, se tiene para Málaga (zona A) (y considerando el valor del Anexo E para la U hueco de 2,7 W/m²K y valores del Anexo E para el resto de elementos de la envolvente): k = 1,02 > 0,71 NO CUMPLE

Se analiza qué se necesitaría para cumplir el valor límite.

- Opción 1: se aumenta aislamiento de la parte opaca mejorando un 25% los valores de la tabla 3.1.1.a. El valor U necesario del hueco pasaría a 1,7 (mejora del 37% de la transmitancia térmica del hueco).
- Opción 2: se mantiene el aislamiento de la parte opaca y se mejoran los huecos. Valor U de los huecos 0,9 (mejora 66,7% de la transmitancia térmica del hueco).

3.2. ESTUDIO DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL EN MADRID

Se desarrolla un ejemplo de cálculo con la metodología analizada en el ejemplo anterior. En este caso se trata de un edificio residencial situado en Madrid.

3.2.1.- DATOS DE PARTIDA DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Datos de partida:

- Tipo de edificio: residencial.
- Emplazamiento: zona urbana. Sin edificios cercanos. Próximo al trazado ferroviario.
- Altura del edificio: 20 m sobre rasante
- Fachadas:
 - Noreste: 935 m²
 - Suroeste: 935 m²
 - Noroeste: 600 m²
 - Sureste: 600 m²
- Porcentaje de huecos en recintos protegidos:
 - Dormitorios: 29 %
 - Salón: 38 %
- Cota de la ventana más alta: 18 m
- Sistema de protección solar: screen zip motorizado exterior con tejido técnico. Color gris y amarillo. g_{tot} con vidrio tipo C (vidrio doble bajo emisivo): 0,08 según EN 13363-2. Incorpora sensores de viento para recogida automática.



- Dimensiones de las mayores ventanas: 2,40 m (ancho) x 2,40 m (alto).
- Aleros u otros elementos de protección de las ventanas: No existen. Se considera despreciable el posible efecto de sombra sobre el hueco realizado por el cajón del screen zip, dada la pequeña dimensión del cajón (estimado 105 mm).
- Sin retranqueos
- Se muestra en la Figura 10 un esquema del edificio de Madrid y en la Figura 11 un croquis de la mayor ventana.



Figura 10. Croquis del edificio (Fachadas Noreste y Suroeste) - Madrid. Fuente: Manual de Producto: Ventanas (2ª Edición). Editado por AENOR. ISBN 978-84-8143-630-3. Abril 2009.

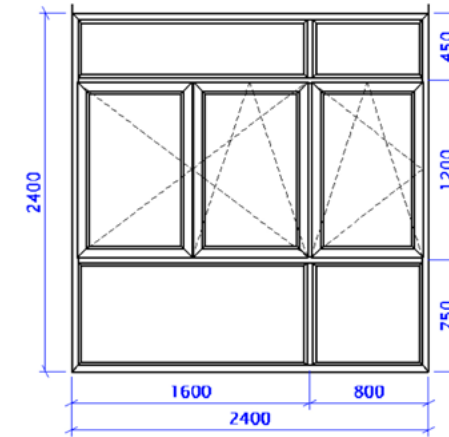


Figura 11. Croquis de la mayor ventana. Fuente: Manual de Producto: Ventanas (2ª Edición). Editado por AENOR. ISBN 978-84-8143-630-3. Abril 2009.

3.2.2.- DETERMINACIÓN DE PRESTACIONES DE LAS VENTANAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR SEGÚN CTE

1.- RESISTENCIA AL VIENTO

Según el mapa del Anejo D del DB SE AE, apartado D.1, a Madrid le corresponde la Zona A, esto supone una velocidad básica del viento de 26 m/s.

Ubicación	Velocidad básica de viento (m/s)	Presión dinámica del viento (Pa)
Madrid (zona eólica A)	26	422,5

Para el edificio objeto del estudio:

- Zona urbana, terreno tipo IV
- Altura H = 18 m
- 4 fachadas en situación expuesta

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)	Coefficiente de exposición Ce
Tipo IV	18	2,2

Para el **coeficiente de presión** exterior o eólico se toman los valores dados en el Anejo D.3 (elementos con área de influencia entre 1 y 10 m² tomando como superficie característica del cerramiento A = 5m² y 1$sh/d \le 5$).

Fachada expuesta A: $C_{pe,3} = -1,3$

Fachada expuesta D: $C_{pe,3} = 0,9$

En este caso:

- Ventanas en fachada expuesta D:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = 422,5 \times 2,2 \times 0,9 = 836,5 \text{ Pa.}$$

Se obtendría la siguiente clasificación mínima para la ventana resistencia al viento: clase 3.

- Ventanas en fachada expuesta A:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = 422,5 \times 2,2 \times (-1,3) = 1.208,3 \text{ Pa.}$$

Se obtendría la siguiente clasificación mínima para la ventana resistencia al viento: clase 4.

En cuanto a las protecciones solares, dado que el screen zip es un toldo vertical, el fabricante aporta el marcado CE indicando su clase de resistencia viento según la norma de toldos EN 13561:2004+A1:2008 (norma armonizada).

Según la norma EN 13561:2004+A1:2008 las condiciones a satisfacer para cumplir los requisitos de prestaciones son definidas para cargas estáticas y no consideran el efecto dinámico de cargas repetidas a las que son sometidas las telas y los armazones en situación real, por eso, se recomienda regular el sensor de viento para que no se supere la clase 2 o 3, o clase 1 si así lo indica el fabricante en su marcado CE.

2.- RESISTENCIA A LA CARGA DE NIEVE, CARGA PERMANENTE Y USO

No aplicable a las ventanas colocadas verticalmente.

3.- REACCIÓN AL FUEGO

Se considera que los elementos del hueco están separados de las zonas que pueden favorecer propagación horizontal y vertical del incendio, por lo que no son de aplicación requisitos especiales recogidos en el apartado del DB SI 2. Se considera igualmente que los sistemas constructivos de los huecos ocupan menos del 10% de la superficie total de la fachada, por lo que igualmente no son de aplicación requisitos especiales recogidos en ese apartado. Las dimensiones de los huecos cumplen lo dispuesto en el apartado DB SI 5, accesibilidad por fachada.

Si en el proyecto se especificara algún requisito, el proveedor de cada uno de los sistemas para el hueco debe acreditar su cumplimiento siempre que sea requerido por normativa.

4.- EMISIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

No hay legislación nacional al respecto.

Nota: Si en el proyecto se especificara algún requisito, el proveedor de las ventanas debe acreditar su cumplimiento.

5.- RESISTENCIA AL IMPACTO

En el caso de las ventanas situadas en las áreas con riesgo de impacto (véase la Figura 8) de planta baja, el CTE establece en su DB SUA 3-2, apartado 1.3, que dichos vidrios, si no disponen de una barrera de

protección, deben tener una clasificación de prestaciones X(Y)Z determinada según la norma UNE EN 12600:2003 (cuyos parámetros cumplan lo que se establece en la tabla 1.1 del DB SUA, véase la Tabla 8).

6.- AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO

Al estar el edificio en zona urbana con predominio de suelo de uso residencial se considera que el valor del índice de ruido día Ld es de 60 dBA. Considerando el uso del edificio residencial, se obtiene en la tabla 2.1 del DB HR el valor del aislamiento acústico a ruido aéreo D2m, nT, Atr de cada recinto (dormitorio o estancias) y el exterior.

D2m, nT, Atr = 30 dBA tanto para dormitorios como estancias.

En el DB HR se establece que cuando en la zona donde se ubique el edificio el ruido exterior dominante sea el de aeronaves, según se establezca en los mapas de ruido correspondientes, el valor de aislamiento acústico a ruido aéreo, D2m,nT,Atr, obtenido en la tabla 2.1 se incrementará en 4 dBA.

Dada la situación del edificio afectado por tráfico ferroviario, se equipara la exigencia al ruido dominante con la situación análoga de aeronaves que tiene:

D2m, nT, Atr = 34 dBA tanto para dormitorios como estancias.

Según la opción simplificada de cálculo y teniendo en cuenta el porcentaje de huecos (29% en dormitorios y 38% en salón) se puede calcular el RAtr de la ventana a través de la tabla 3.4 del DB HR (suponiendo parte ciega cumple RA = 40 dBA):

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) D _{2m,nT,Atr} dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ 100 % R _{A,tr} dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ ≠ 100 % R _{A,tr} dBA	Huecos Porcentaje de huecos R _{A,tr} de los componentes del hueco ⁽²⁾ dBA				
			Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
			D _{2m,nT,Atr} = 30	33	35	26	29
		40	25	28	30	31	
		45	25	28	30	31	
D _{2m,nT,Atr} = 32	35	35	30	32	34	34	35
		40	27	30	32	34	
		45	26	29	32	33	
D _{2m,nT,Atr} = 34 ⁽¹⁾	36	40	30	33	35	36	36
		45	29	32	34	36	
		50	28	31	34	35	

Ventanas dormitorios (29% huecos)	Ventanas salón (38% huecos)
R _{Atr} = 33 dBA	R _{Atr} = 35 dBA

La ventana ha de alcanzar estos valores de aislamiento acústico.

El sistema de protección solar tipo screen zip se instala por el exterior, fuera de la envolvente acústica, por lo que no es necesario contemplarlo en el cálculo.

7.- PERMEABILIDAD AL AIRE

Según la tabla D.1 de zonas climáticas del CTE a Madrid le corresponde la Zona D3.

La clasificación de permeabilidad al aire mínima es clase 3 (para las zonas climáticas C, D y E: 9 m³/h m²; clase 3 como mínimo).

8.- TRANSMITANCIA TÉRMICA

Ubicación	Zona climática (anejo B del DB HE zonas climáticas)
Madrid	Zona D3

Se trata de un edificio de viviendas de obra nueva, por lo que se ha de justificar, para el edificio en su conjunto, los valores de limitación del consumo energético (DB HE-0) y los indicadores de la envolvente térmica

Limitación del consumo de energía primaria no renovable (base) = 38 [kWh/m² año] y limitación del consumo de energía total = 76 [kWh/m² año].

Según el anejo E, los valores orientativos de la transmitancia térmica de los huecos que permiten el cumplimiento de las condiciones establecidas para el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente es de **1,6 W/m² K**.

Para cumplir con los valores máximos de transmitancia térmica de los huecos, según el DB HE-1 del CTE (tabla 3.1.1.a) para la Zona climática D se requiere una transmitancia térmica del conjunto de la ventana (comportamiento conjunto del vidrio, el marco el cajón de persiana si lo lleva) menor o igual a **1,80 W/m² K** (no modifica a la baja las limitaciones anteriores).

9.- INDICADOR DE CONTROL SOLAR

Se supone la utilización de un tejido gris y amarillo con g_{tot} = 0,08 en combinación con un vidrio doble bajo emisivo (tipo C).

Se sigue el mismo procedimiento detallado del anterior ejemplo.

El valor de g_{gl,sh,w} se obtiene de los valores aportados por el fabricante, por lo que el valor de g_{gl,sh,wi} es 0,08.

Superficie útil acondicionada interior a la envolvente térmica = 1870 m²

Fracción de marco: 25%

q = 2481,22 kWh / 1870 m² = 1,33 kWh/m² < 2 kWh/m²

10.- SISTEMA DE APERTURA

El sistema de apertura lo determina el autor del proyecto. En este caso se ha optado por un sistema de ventanas practicables oscilobatientes, para cumplir con el apartado 5 del DB SUA1 en lo relativo a la limpieza de acristalamientos exteriores.

11.- RESISTENCIA A REPETIDAS APERTURAS Y CIERRES

Se recomienda que las ventanas sean al menos de Clase 1 (5.000 ciclos).

12.- AIREACIÓN MEDIANTE LAS VENTANAS

En el caso de que el prescriptor decida realizar la ventilación a través de la ventana se calculan los caudales mínimos de ventilación, en función del uso de la estancia y se aportan los detalles del sistema a emplear (aireadores o sistemas de microventilación, en este último caso se garantizará la permeabilidad al aire clase 1 en posición abierta) (ver ejemplo anterior).

3.2.3.- REQUISITOS MÍNIMOS CARPINTERÍAS EXTERIORES RELACIONADOS CON LAS EXIGENCIAS DEL CTE Y EL MERCADO CE

Prestación	Clase o valor
Resistencia al viento	Clase 3 (fachada D) o 4 (fachada A)
Resistencia a la carga de nieve, carga permanente y uso	No aplicable
Reacción al fuego	No aplicable
Emisión de sustancias peligrosas	No hay requisito legal
Resistencia al impacto	Vidrios en áreas con riesgo de impacto requisitos tabla 1.1 del DB SUA
Aislamiento al ruido aéreo	R _{Atr} = 33 dBA en dormitorios y 35 dBA en salón (parte ciega RA = 40 dBA)
Permeabilidad al aire	Clase 3
Transmitancia térmica: - Valor máximo de transmitancia según tabla 3.1.1.a - HE1 - Valores orientativos según tabla a-Anejo E	UH ≤ 1,80 W/m ² K 1,6 W/m ² K

3.3. ESTUDIO DE UN HOTEL EN LEÓN

Se desarrolla un ejemplo de cálculo con la metodología analizada en el primer ejemplo. En este caso se trata de un edificio situado en León.

3.3.1.- DATOS DE PARTIDA DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

- Tipo de edificio: residencial (hotel).
- Emplazamiento: terreno llano sin obstáculos. Próximo a un aeropuerto.
- Altura del edificio: 40,6 m sobre rasante + planta técnica
- Fachadas:
 - Norte: 568,4 m². No existen cerramientos en recintos habitables
 - Sur: 568,4 m². No existen cerramientos en recintos habitables
 - Este: 1.185,52 m²
 - Oeste: 1.185,52 m².
- Porcentaje de huecos en habitaciones (expresado como la relación entre la superficie del hueco y la superficie total del recinto vista desde el interior de cada recinto protegido): 47%.
- Cota de la ventana más alta: 40,1 m.
- Dimensiones de las mayores ventanas: 2,40 m (ancho) x 2,40 m (alto).
- Protección solar móvil: mediante cortinas interiores (estores enrollables de color blanco).
- Aleros u otros elementos de protección de las ventanas: terraza de 1,5 m.

Se muestra en la Figura 12 un esquema del edificio de León y en la Figura 13 un croquis de la mayor ventana.

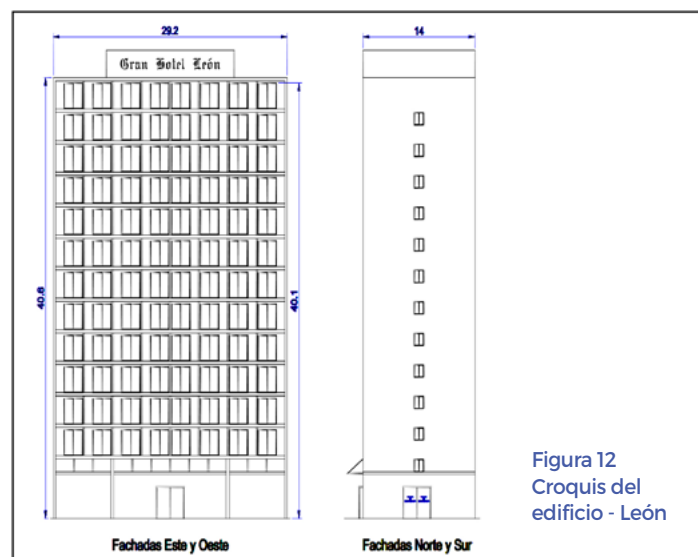


Figura 12
Croquis del
edificio - León

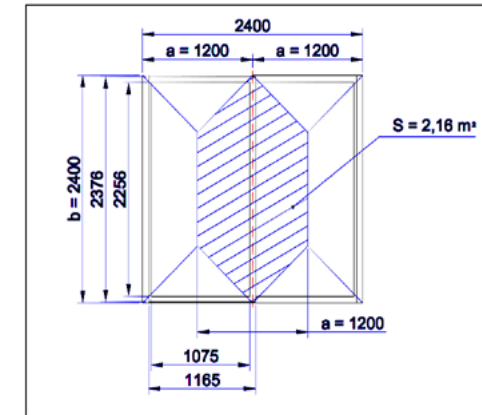


Figura 13.
Croquis de
la mayor
ventana

3.3.2.- DETERMINACIÓN DE PRESTACIONES DE LAS VENTANAS SEGÚN CTE

1.- RESISTENCIA AL VIENTO

Según el Mapa del Anejo D del DB SE AE a León le corresponde la Zona eólica B (velocidad básica del viento = 27 m/s; Presión dinámica = 455,6 Pa).

Considerando que el edificio está en llano sin obstáculos (terreno tipo II) y que las fachadas están en situación expuesta, para la ventana más alta, la clasificación necesaria es Clase 4, según el siguiente cálculo:

León: zona eólica B => Velocidad básica del viento = 27 m/s => Presión dinámica del viento = 455,5 Pa.

Coefficiente de exposición (zona II y altura H = 40m):

$$ce = F \cdot (F + 7 k)$$

$$F = k \ln (\max (z, Z) / L)$$

k, L, Z son parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2 del Anejo D del DB SE AE:

$$\text{Zona II: } k = 0,17; L (m) = 0,01; Z (m) = 1$$

Así:

$$F = k \ln (\max (z, Z) / L) = 0,17 \ln (\max (1,40) / 0,01) = 1,41$$

$$ce = F \cdot (F + 7 k) = 1,41 (1,41 + 7 \times 0,17) = 3,67$$

$$ce = 3,67$$

Para el coeficiente de presión exterior o eólico se toman los valores dados en el apartado 4 del Anejo D.3 (elementos con área de influencia entre 1 y 10 m² tomando como superficie característica del cerramiento A = 5m² y 1 ≤ h/d ≤ 5).

Fachada expuesta D: $C_{pe,3} = 0,9$

Así para ventanas en fachada expuesta D:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = 455,5 \times 3,67 \times 0,9 = 1504,5 \text{ Pa.}$$

Así, como $1,5 \times q_e$ ($1504,5 \text{ Pa} \times 1,5 = 2.256,7 \text{ Pa}$) $\leq P_3$ (2400 Pa) se tiene que la clasificación mínima de la ventana en función de su resistencia al viento debe ser clase 4.

2.- RESISTENCIA A LA CARGA DE NIEVE, CARGA PERMANENTE Y USO

No aplicable a las ventanas colocadas verticalmente.

3.- REACCIÓN AL FUEGO

Se considera que los elementos del hueco están separados de las zonas que pueden favorecer propagación horizontal y vertical del incendio, por lo que no son de aplicación requisitos especiales recogidos en el apartado del DB SI 2. Se considera igualmente que los sistemas constructivos de los huecos ocupan menos del 10% de la superficie total de la fachada, por lo que igualmente no son de aplicación requisitos especiales recogidos en ese apartado. Las dimensiones de los huecos cumplen lo dispuesto en el apartado DB SI 5, accesibilidad por fachada.

Si en el proyecto se especificara algún requisito, el proveedor de cada uno de los sistemas para el hueco debe acreditar su cumplimiento siempre que sea requerido por normativa.

4.- EMISIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

No hay legislación al respecto.

5.- RESISTENCIA AL IMPACTO

En el caso del edificio de León los vidrios no están situados en áreas con riesgo de impacto.

6.- AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO

Se deben consultar mapas de ruido concretos para determinar el valor L_d en función de la ubicación del edificio, en el ejemplo se considera que el edificio está en zona urbana con predominio de suelo de uso residencial, y se considera que el valor del índice de ruido día L_d es de 60 dBA. Sin embargo, al estar el edificio en zona próxima a un aeropuerto se considera que el ruido predominante es el de aeronaves por lo que el valor obtenido del valor de aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido se incrementa en 4 dBA.

Considerando el uso del edificio residencial, se obtiene en la tabla 2.1 del DB HR el valor del aislamiento acústico a ruido aéreo $D_{2m, nT, Atr}$ de cada recinto (dormitorio o estancias) y el exterior:

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

⁽¹⁾ En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

$D_{2m, nT, Atr} = 30 + 4 = 34$ dBA tanto para dormitorios como estancias.

Según la opción simplificada de cálculo y teniendo en cuenta el porcentaje de huecos (47% de huecos en habitaciones) se puede calcular el R_{Atr} de la ventana a través de la tabla 3.4 del DB HR (suponiendo que la parte ciega cumple $R_A = 40$ dB).

Tabla 3.4 Parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintos protegidos

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m, nT, Atr}$ dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ 100 % $R_{A, tr}$ dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ $\neq 100$ % $R_{A, tr}$ dBA	Huecos Porcentaje de huecos $R_{A, tr}$ de los componentes del hueco ⁽²⁾ dBA				
			Hasta 15 %	De 16 a 30 %	De 31 a 60 %	De 61 a 80 %	De 81 a 100 %
$D_{2m, nT, Atr} = 30$	33	35	26	29	31	32	33
			40	28	30	31	
			45	28	30	31	
$D_{2m, nT, Atr} = 32$	35	35	30	32	34	34	35
			40	30	32	34	
			45	29	32	33	
$D_{2m, nT, Atr} = 34^{(1)}$	36	40	30	33	35	36	36
			45	32	34	36	
			50	31	34	35	

$R_{Atr} = 35$ dBA (parte ciega tiene un $R_{Atr} = 40$ dBA).

Las protecciones solares móviles son interiores no afectando a la envolvente acústica, al tratarse de cortinas (estores enrollables interiores).

7.- PERMEABILIDAD AL AIRE

Según la tabla D.1 de zonas climáticas del CTE, a León le corresponde la Zona E1. La clasificación de permeabilidad al aire mínima es clase 3 (para las zonas climáticas C, D y E: 9 m³/h m²; clase 3 como mínimo).

8.- TRANSMITANCIA TÉRMICA

Para el caso de León se tiene:

Ubicación	Zona climática (anejo B del DB HE zonas climáticas)
León	Zona E1

Se trata de un hotel de obra nueva, por lo que se ha de justificar, para el edificio en su conjunto, los valores de limitación del consumo energético (DB HE0) y los indicadores de la envolvente térmica del edificio.

En el caso de edificios distintos al uso residencial privado el DB HE0 indica un valor límite para el consumo energético de energía primaria no renovable del edificio que depende de la zona climática de invierno y de la carga interna del edificio.

Los valores máximos de transmitancia térmica para los huecos en la zona E son de 1,8 W/m²K, mientras que en el anejo E el valor recomendado es de 1,5 W/m²K.

9.- INDICADOR DE CONTROL SOLAR

Se supone vidrio doble en las ventanas con cortina interior y retranqueo en todas ellas.

Se sigue el mismo procedimiento detallado del anterior ejemplo.

El valor de ggl,sh,w se obtiene, igual que en el caso anterior de la tabla 12 del Documento de Apoyo del CTE, se dispone de cortinas interiores de color blanco con vidrios dobles, por lo que el valor de ggl,sh,wi es 0,51.

Factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar	Tipo de vidrio	Protección exterior				Protección interior			
		Factor de reflexión (ρ _{e,B})				Factor de reflexión (ρ _{e,B})			
T _{e,B}		blanco	pastel	oscuro	negro	blanco	pastel	oscuro	negro
0 (p.ej: persianas)	Vidrio sencillo	0,06	0,11	0,15	0,19	0,34	0,43	0,54	0,66
	Vidrio doble	0,05	0,08	0,11	0,14	0,34	0,43	0,53	0,63
	Vidrio doble bajo emisivo	0,03	0,05	0,08	0,10	0,34	0,42	0,51	0,59
	Vidrio triple bajo emisivo	0,03	0,05	0,06	0,08	0,30	0,34	0,38	0,41
0,2 (p.ej: toldos)	Vidrio sencillo	0,22	0,27	0,31	0,33	0,39	0,51	0,62	0,68
	Vidrio doble	0,20	0,23	0,26	0,28	0,39	0,50	0,60	0,65
	Vidrio doble bajo emisivo	0,17	0,20	0,22	0,23	0,39	0,48	0,56	0,61
	Vidrio triple bajo emisivo	0,13	0,15	0,16	0,17	0,32	0,36	0,40	0,42
0,4 (p.ej: cortinas)	Vidrio sencillo	0,41	0,43	0,45	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71
	Vidrio doble	0,36	0,38	0,39	0,41	0,51	0,56	0,61	0,66
	Vidrio doble bajo emisivo	0,33	0,34	0,35	0,36	0,49	0,53	0,58	0,62
	Vidrio triple bajo emisivo	0,24	0,25	0,26	0,27	0,37	0,38	0,40	0,42

En este caso, además, se considera retranqueo de las ventanas, por lo que ahora el Fsh es distinto a 1 en las fachadas sur, este y oeste.

Área útil acondicionada interior a la envolvente térmica: 3600 m²

Porcentaje de marco: 0,25

q = Q sol, jul / Área útil = 32005,2 kWh / 3600 m² = 8,89 kWh/m² > 4 kWh/m², no cumple. Al tratarse de un uso distinto de residencial privado, el valor máximo sería 4.

Las posibles soluciones pasarían por (únicas o de forma combinada):

- Emplear un sistema de protección solar exterior (persiana, toldo)
- Incrementar la protección solar de acristalamiento
- Disponer más huecos en fachadas menos expuestas a la radiación solar, eliminándolos de las fachadas más expuestas.
- Incrementar los elementos de sombra exteriores al hueco (celosías, aleros, vegetación, etc.).

10- SISTEMA DE APERTURA

El sistema de apertura lo determina el autor del proyecto.

11- RESISTENCIA A REPETIDAS APERTURAS Y CIERRES

Las ventanas serán al menos de Clase 1 (5.000 ciclos)

12- AIREACIÓN MEDIANTE LAS VENTANAS

En el caso de que el prescriptor decida realizar la ventilación a través de la ventana se calculan los caudales mínimos de ventilación, en función del uso de la estancia y se aportan los detalles del sistema a emplear (aireadores o sistemas de microventilación, en este último caso se garantizará la permeabilidad al aire clase 1 en posición abierta). (Ver ejemplo del edificio en Málaga).

3.3.3.- REQUISITOS MÍNIMOS CARPINTERÍAS EXTERIORES

Prestación	Clase o valor
Resistencia al viento	Clase 4
Resistencia a la carga de nieve, carga permanente y uso	No aplicable
Reacción al fuego	No aplicable
Emisión de sustancias peligrosas	No hay requisito legal
Resistencia al impacto	No aplicable
Aislamiento al ruido aéreo	R _{Atr} = 35 dBA (parte ciega cumple RA = 40 dBA)
Permeabilidad al aire	Clase 3
Transmitancia térmica: - Valor máximo de transmitancia según tabla 3.1.1.a - HE1 - Valores orientativos según tabla a-Anejo E	U _H ≤ 1,80 W/m ² K 1,5 W/m ² K

3.4.- ESTUDIO DE UN EDIFICIO RESIDENCIAL EN GIRONA

3.4.1.- DATOS DE PARTIDA DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Datos de partida:

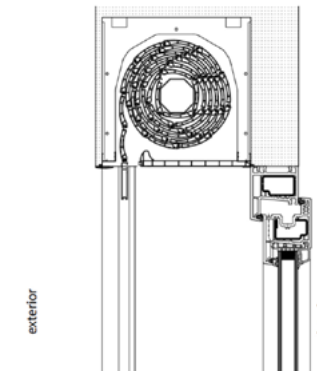
- Tipo de edificio: residencial.
- Emplazamiento: zona urbana.
- Altura del edificio: 22 m sobre rasante
- Fachadas:
 - Norte: 726 m²
 - Sur: 484 m²
 - Oeste: 180 m²
 - Este: 321 m²

- Porcentaje de huecos en recintos protegidos:

- Dormitorios: 21 %
- Salón: 42 %

- Cota de la ventana más alta: 18 m

- Protecciones solares: persiana motorizada color blanco, en cajón túnel de 30x30 cm con registro por el interior.



- Dimensiones de las mayores ventanas: 2 m (ancho) x 2,40 m (alto).
- Aleros u otros elementos de protección de las ventanas: No existen
- Distancia vertical entre dos ventanas consecutivas: H = 3,0 m
- Sin retranqueos

Se muestra en la Figura 14 un esquema del edificio de Girona y en la Figura 15 un croquis de la mayor ventana.



Figura 14. Croquis del edificio (Fachadas Norte y Oeste) - Girona. Fuente: elaboración propia

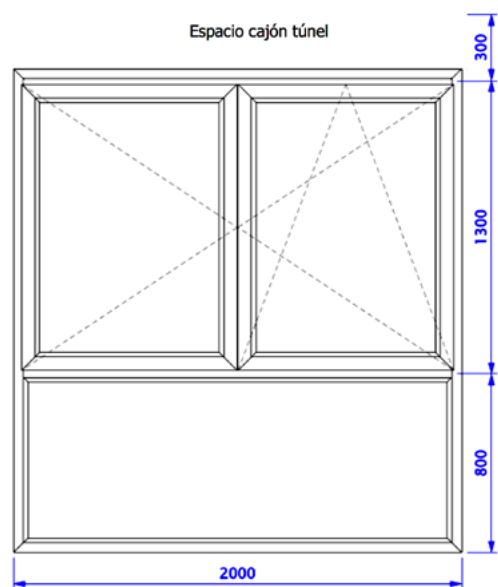


Figura 15.
Croquis de la
mayor ventana.
Fuente:
elaboración
propia.

3.4.2.- DETERMINACIÓN DE PRESTACIONES DE LAS VENTANAS SEGÚN CTE

1.- RESISTENCIA AL VIENTO

Según el mapa del Anejo D del DB SE AE, apartado D.1, a Girona le corresponde la Zona eólica C, esto supone una velocidad básica del viento de 29 m/s.

Ubicación	Velocidad básica de viento (m/s)	Presión dinámica del viento (Pa)
Girona (zona C)	29	525,6

Para el edificio objeto del estudio:

- Zona urbana, grado de aspereza del entorno tipo IV.
- Altura H = 22 m.
- 4 fachadas en situación expuesta.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)	Coefficiente de exposición Ce
Tipo IV	18	2,2

Para el coeficiente de presión exterior o eólico se toman los valores dados en el apartado 4 del Anejo D.3 (elementos con área de influencia entre 1 y 10 m² tomando como superficie característica del cerramiento A = 5m² y 1 ≤ h/d ≤ 5).

Fachada expuesta A: C_{pe,5} = - 1,3

Fachada expuesta D: C_{pe,5} = 0,9

Para la fachada expuesta D:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = 525,6 \times 2,2 \times 0,9 = 1040,7 \text{ Pa.}$$

La clasificación mínima de la resistencia al viento para la ventana es: clase 3.

Para la fachada expuesta A:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = 525,6 \times 2,2 \times 1,3 = 1.503,2 \text{ Pa.}$$

Se obtendría una clasificación mínima de resistencia al viento para la ventana: clase 4.

2.- RESISTENCIA A LA CARGA DE NIEVE, CARGA PERMANENTE Y USO

No aplicable a las ventanas colocadas verticalmente.

3.- REACCIÓN AL FUEGO

Se considera que los elementos del hueco están separados de las zonas que pueden favorecer propagación horizontal y vertical del incendio, por lo que no son de aplicación requisitos especiales recogidos en el apartado del DB SI 2. Se considera igualmente que los sistemas constructivos de los huecos ocupan menos del 10% de la superficie total de la fachada, por lo que igualmente no son de aplicación requisitos especiales recogidos en ese apartado. Las dimensiones de los huecos cumplen lo dispuesto en el apartado DB SI 5, accesibilidad por fachada.

Si en el proyecto se especificara algún requisito, el proveedor de cada uno de los sistemas para el hueco debe acreditar su cumplimiento siempre que sea requerido por normativa.

4.- EMISIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

No hay legislación nacional al respecto.

Nota: Si en el proyecto se especificara algún requisito, el proveedor de las ventanas debe acreditar su cumplimiento.

5.- RESISTENCIA AL IMPACTO

En el caso de las ventanas y puertas acristaladas situadas en las áreas con riesgo de impacto (véase la Figura 8) de planta baja, el CTE establece en su DB SUA 3-2, apartado 1.3, que dichos vidrios, si no disponen de una barrera de protección, tendrán una clasificación de prestaciones X(Y)Z determinada según la norma UNE EN 12600:2003: (cuyos parámetros cumplan lo que se establece en la tabla 1.1 del DB SUA, véase la Tabla 8).

6.- AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO

Si consideramos que el análisis del mapa de ruido en Girona aporta un valor de $L_d = 70$ dBA, se obtiene en la tabla 2.1 del DB HR el valor del aislamiento acústico a ruido aéreo $D_{2m,nT,Atr}$ de cada recinto (dormitorio o estancias) y el exterior.

$D_{2m,nT,Atr} = 37$ dBA para dormitorios.

$D_{2m,nT,Atr} = 32$ dBA para estancias.

Según la opción simplificada de cálculo y teniendo en cuenta el porcentaje de huecos (21% en dormitorios y 42% en salón) se puede calcular el R_{Atr} de la ventana a través de la tabla 3.4 del DB HR (suponiendo parte ciega cumple $RA = 40$ dBA).

Tabla 3.4 Parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintos protegidos

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ 100 % R_{Atr} dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ $\neq 100$ % R_{Atr} dBA	Huecos Porcentaje de huecos R_{Atr} de los componentes del hueco ⁽²⁾ dBA				
			Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
$D_{2m,nT,Atr} = 30$	33	35	26	29	31	32	33
		40	25	28	30	31	
		45	25	28	30	31	
$D_{2m,nT,Atr} = 32$	35	35	30	32	34	34	35
		40	27	30	32	34	
		45	26	29	32	33	
$D_{2m,nT,Atr} = 34^{(1)}$	36	40	30	33	35	36	36
		45	29	32	34	36	
		50	28	31	34	35	
$D_{2m,nT,Atr} = 36^{(1)}$	38	40	33	35	37	38	38
		45	31	34	36	37	
		50	30	33	36	37	
$D_{2m,nT,Atr} = 37$	39	40	35	37	39	39	39
		45	32	35	37	38	
		50	31	34	37	38	

Ventanas de dormitorios (21% huecos)	Fachadas salón (42% huecos)
$R_{Atr} = 37$ dBA para dormitorios	$R_{Atr} = 32$ dBA para estancias

Las ventanas con los aireadores deben cumplir esos valores indicados.

7.- PERMEABILIDAD AL AIRE

Según la tabla D.2 de zonas climáticas del DB HE del CTE a Girona le corresponde la Zona climática D2.

Teniendo en cuenta la tabla 2.3 del DB HE para uso residencial la permeabilidad al aire mínima es clase 3 (para las zonas climáticas C, D y E: $9 \text{ m}^3/\text{h m}^2$; clase 3 como mínimo).

El cajón túnel con accionamiento motorizado, si está bien instalado y las uniones selladas en obra, no genera pérdidas de permeabilidad.

8.- TRANSMITANCIA TÉRMICA

Para el caso de Girona se tiene:

Ubicación	Zona climática (anejo B del DB HE zonas climáticas)
Girona	Zona D2

Se trata de un edificio de viviendas de obra nueva, por lo que se ha de justificar, para el edificio en su conjunto, los valores de limitación del consumo energético (DB HE0) y los indicadores de la envolvente térmica

Limitación del consumo de energía primaria no renovable = $38 \text{ [kWh/m}^2 \text{ año]}$ y limitación del consumo de energía total = $76 \text{ [kWh/m}^2 \text{ año]}$.

Según el anejo E, los valores orientativos de la transmitancia térmica de los huecos que permiten el cumplimiento de las condiciones establecidas para el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente es de $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Para la Zona climática D el valor máximo de transmitancia térmica del conjunto de la ventana (comportamiento conjunto del vidrio, el marco) y el cajón de la persiana si lo hubiere) ha de ser menor o igual a $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (no modifica a la baja las limitaciones anteriores).

9.- INDICADOR DE CONTROL SOLAR

Se supone la utilización de persianas exteriores pastel con vidrios dobles bajo emisivo en los huecos y retranqueo en los mismos.

Se sigue el mismo procedimiento detallado del anterior ejemplo.

El valor de $g_{gl,sh,w}$ se obtiene, igual que en el caso anterior de la tabla 12 del Documento de Apoyo del CTE, se dispone de persianas exteriores de color pastel con vidrios dobles, por lo que el valor de $g_{gl,sh,wi}$ es 0,08. Se considera una fracción de marco del 25%.

Se considera un área útil acondicionada interior a la envolvente térmicas: 5000 m^2 .

$$q = 696,49 \text{ kWh} / 5000 \text{ m}^2 = 0,14 \text{ kWh/m}^2 < 2 \text{ kWh/m}^2$$

10.- SISTEMA DE APERTURA

El sistema de apertura lo determina el autor del proyecto. En este caso se ha optado por un sistema de ventanas practicables oscilobatientes, para cumplir con el apartado 5 del DB SUA1 en lo relativo a la limpieza de acristalamientos exteriores.

El DB SUA1 establece que en edificios de uso residencial vivienda, los acristalamientos con vidrio transparente han de cumplir las condiciones siguientes, salvo cuando sean practicables o fácilmente desmontables, permitiendo su limpieza desde el interior:

- toda la superficie exterior del acristalamiento se encontrará comprendida en un radio de 850 mm desde algún punto del borde de la zona practicable situado a una altura no mayor de 1300 mm (véase la Figura 16);
- los acristalamientos reversibles estarán equipados con un dispositivo que los mantenga bloqueados en la posición invertida durante su limpieza.

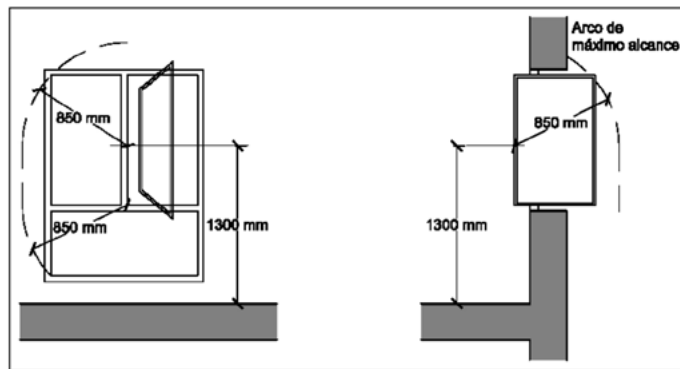


Figura 16. Limpieza de acristalamientos desde el interior. Fuente: Figura 5.1 del DB SUA2.

11.- RESISTENCIA A REPETIDAS APERTURAS Y CIERRES

Se recomienda que las ventanas sean al menos de Clase 1 (5.000 ciclos).

13.- AIREACIÓN MEDIANTE LAS VENTANAS

En el caso de que el prescriptor decida realizar la ventilación a través de la ventana se calculan los caudales mínimos de ventilación, en función del uso de la estancia y se aportan los detalles del sistema a emplear (aireadores o sistemas de microventilación, en este último caso se garantizará la permeabilidad al aire clase 1 en posición abierta). Ver ejemplo del caso de Málaga.

3.4.3.- REQUISITOS MÍNIMOS CARPINTERÍAS EXTERIORES RELACIONADAS CON LAS EXIGENCIAS DEL CTE Y EL MERCADO CE

Prestación	Clase o valor
Resistencia al viento	Clase 3 (fachada D) / clase 4 (fachada A)
Resistencia a la carga de nieve, carga permanente y uso	No aplicable
Reacción al fuego	No aplicable
Emisión de sustancias peligrosas	No hay requisito legal
Resistencia al impacto	No aplicable
Aislamiento al ruido aéreo	R _{Atr} = 32 dBA para salón R _{Atr} = 37 dBA para dormitorios
Permeabilidad al aire	Clase 3
Transmitancia térmica: - Valor máximo de transmitancia según tabla 3.1.1.a - HE1 - Valores orientativos según tabla a-Anejo E	U _H ≤ 1,80 W/m ² ·K U _H ≤ 1,6 W/m ² ·K

4. FASE DE RECEPCIÓN DEL MATERIAL EN OBRA: EXIGENCIAS DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN Y DEL MERCADO CE

Una vez analizado a través de los diferentes ejemplos el proceso de diseño de las carpinterías exteriores, el capítulo siguiente analiza la relación entre las características de proyecto y las prestaciones aseguradas por el fabricante en el momento de entrega de las ventanas en la obra. Desde el 01-02-2010 los fabricantes de ventanas deben facilitar el marcado CE de las ventanas, así como la información complementaria relativa al marcado CE (Declaración de Prestaciones, etiqueta de marcado CE y las instrucciones de uso y mantenimiento). Esta documentación incluye la información sobre las características esenciales, que se analizan a continuación.

4.1. COMPARACIÓN ENTRE LOS REQUISITOS DE PROYECTO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS VENTANAS RECEPCIONADAS EN OBRA

4.1.1.- Mercado CE de ventanas y puertas peatonales exteriores

El marcado CE obliga a declarar unas prestaciones, establecidas en la tabla A1 del anexo ZA de la norma de producto UNE-EN 14351-1+A2, en función del tipo de ventana o puerta peatonal exterior,

las cuales se resumen en la Tabla 17 (los apartados indicados entre paréntesis en la tabla, en cada una de las características, corresponden al apartado de la norma donde se explica cada concepto).

CARACTERÍSTICAS (Capítulo de la norma)	Ventanas	Puertas peatonales exteriores	Ventanas de tejado	Observaciones
Comportamiento frente al fuego exterior (4.4.2)	-	-	X	
Reacción al fuego (4.4.1)	-	-	X	
Estanquidad al agua (4.5 y 4.1.5)	X	X	X	
Sustancias peligrosas (4.6)	X	X	-	Declarar "NPD" (1)
Resistencia a la carga de viento (4.2)	X	X	X (3)	Por ensayo o por cálculo (sólo en elementos fijos)
Resistencia a la carga de nieve y carga permanente (4.3)	-	-	X (3)	
Resistencia a los impactos (4.7 y 4.24.1)	-	X (3)	X	En puertas, con vidrios u otro material fragmentario
Capacidad para soportar cargas de los dispositivos de seguridad (4.8)	X	X	X	
Altura (4.9)	-	X (3)	-	
Capacidad de desbloqueo (4.10 y 4.15)	-	X	-	Sólo para puertas que vayan a colocarse en rutas de escape
Prestaciones acústicas (4.11)	X	X	X	Por ensayo o por cálculo(2)
Transmitancia térmica (4.12 y 4.15)	X	X	X	Por ensayo o por cálculo
Propiedades de radiación (4.13)	X (3)	X (3)	X (3)	
Permeabilidad al aire (4.14 y 4.15)	X	X	X	

(1) Para su comercialización en España, y en general para todos los productos, en el mercado CE se podrá indicar NPD, es decir, prestación no determinada, ya que en nuestro país no existe regulación de sustancias peligrosas para los materiales componentes habituales de estos productos.
(2) Cuando se cumplan los requisitos del anexo B de la norma.
(3) Estos ensayos pueden ser realizados por el fabricante (también mediante valores tabulados o cálculos).

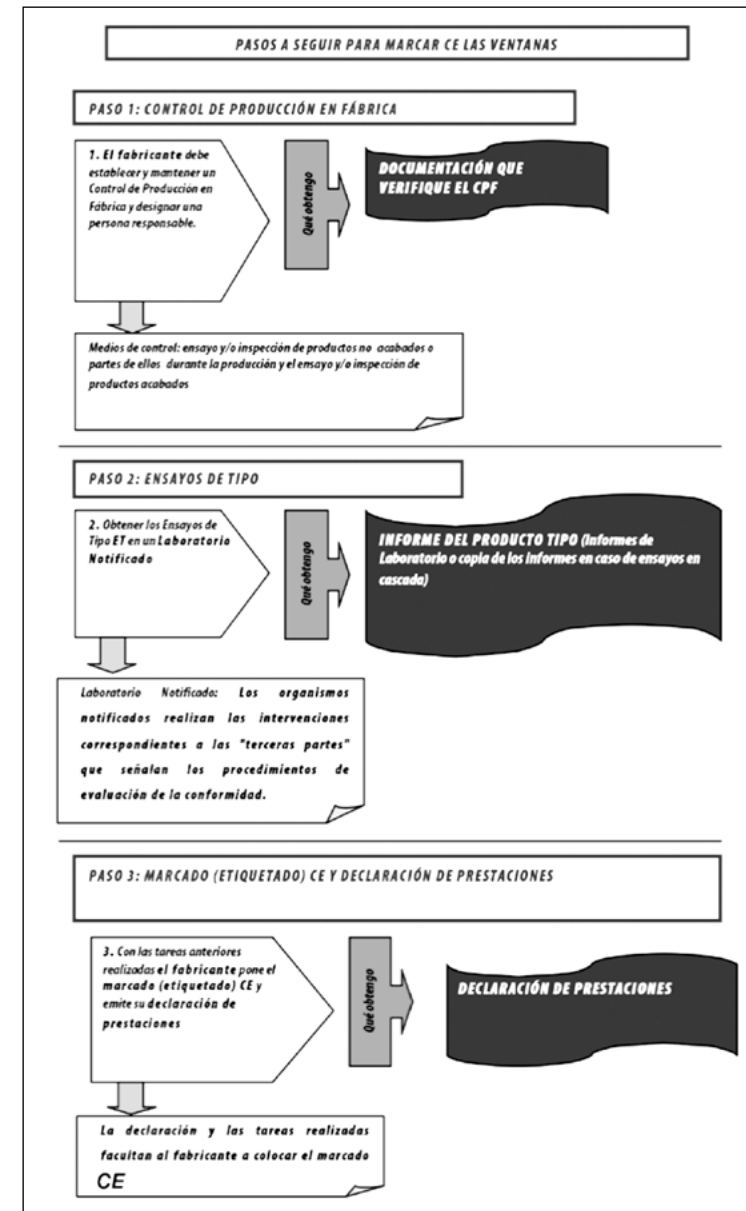
Tabla 17. Características para el marcado CE. Fuente: Instrucción para la puesta en práctica del marcado CE de ventanas y puertas peatonales exteriores (6ª edición).

Las anteriores prestaciones son válidas para el marcado CE, no solo en España, sino en el resto de países de la Unión Europea. Sin embargo, en cada caso hay que comprobar qué características son de aplicación, ya que la declaración de la prestación de una cierta característica no es aplicable en aquellos Estados Miembros en los que no existen requisitos legales o reglamentarios sobre esta característica para el uso final pretendido dado del producto.

En esos casos, los fabricantes que comercializan sus productos en estos Estados Miembros no están obligados ni a determinar ni a declarar la prestación de sus productos en referencia a esta característica y puede utilizarse la opción "prestación no determinada" (NPD) en la información que acompaña

al marcado CE (véase el documento Preguntas Frecuentes. Marcado CE de ventanas y puertas peatonales exteriores, editado por ASEFAVE que aclara los aspectos relacionados con este marcado CE).

Los pasos esenciales que el fabricante de la ventana debe seguir para poder realizar el marcado CE se resumen en la Figura 17.



Figuras 17. Pasos a seguir para marcar CE las ventanas y puertas peatonales exteriores. Fuente: Documento Preguntas Frecuentes marcado CE de ventanas y puertas peatonales exteriores de ASEFAVE (mayo 2013).

Los ET, Ensayos de Tipo, son los ensayos y cálculos realizados sobre una muestra o probeta representativa para determinar el valor de una determinada prestación o característica. Para cada tipo de ventana que se fabrique se debe disponer de un ensayo o cálculo sobre una muestra que sea representativa de dicho tipo de ventana.

Los fabricantes pueden agrupar sus productos en familias para optimizar el número de ensayos, si se considera que la característica seleccionada es común a todas las ventanas dentro de esta familia (un producto puede estar en diferentes familias para características diferentes).

Así, se pueden realizar determinados ensayos sobre el producto que, por su configuración, presente la prestación "más desfavorable" sobre esa característica y el resultado obtenido puede extrapolarse a otros productos de la misma serie. De este modo, se puede agrupar siempre que se ensaye la probeta más representativa de la familia, es decir, aquella que contemple la opción más desfavorable. En general, el criterio de agrupación se hace por sistemas de apertura y por series, véase la Tabla 17 con las probetas representativas en función del tipo de apertura.

Tipos de ventanas y puertas peatonales a las que puede extenderse el marcado CE	Probeta representativa (más desfavorable)
Ventana Fija. Abatible de eje de giro lateral (apertura al interior o al exterior). Oscilobatiente. Abatible de eje de giro superior y/o inferior.	Ventana oscilobatiente
Ventana abatible de eje de giro lateral de dos o más hojas (apertura al interior o al exterior)	Ventana con el nº máximo de hojas abatibles todas de apertura al interior
Ventana deslizante horizontal (una / dos hojas)	Ventana con dos hojas deslizantes horizontales
Ventana proyectante deslizante (una / dos hojas)	Ventana de doble hoja proyectante deslizante
Ventana deslizante vertical (una / dos hojas)	Ventana de dos hojas deslizantes verticales
Ventana giratoria vertical / horizontal	Ventana giratoria vertical u horizontal
Ventana de celosía con lamas orientables, ejes horizontales o verticales	Ventana de celosía con el nº máximo de lamas orientables, ejes horizontales o verticales
Ventana plegable deslizante	Ventana plegable con el nº máximo de hojas plegables
Ventana de giro superior o lateral reversible	Ventana de giro superior o lateral con hoja reversible

Tabla 17. Probetas representativas (solución más desfavorable). Fuente: Instrucción para la puesta en práctica del marcado CE de ventanas y puertas peatonales exteriores (6ª edición).

En cualquier caso, el fabricante decide qué aperturas debe ensayar en función de las características de los productos que fabrica.

Se muestra a continuación un ejemplo de la etiqueta de marcado CE para una ventana vertical para uso exterior, véase la Figura 18.

 1234	Marcado de conformidad CE, que consiste en el símbolo "CE" (en principio, y según las reglas generales de utilización del logotipo, este debe ser impreso en color negro)
Fabricante Dirección	Número de identificación del / de los Organismos Notificados Nombre o marca comercial del fabricante y dirección registrada del fabricante
09	Dos últimas cifras del año de primera colocación del marcado CE, incluso cuando se hizo durante la vigencia de la Directiva (antes de 2013).
EN 14351-1:2006+A2:2016 Ventana serie PEPE RPT, vertical exterior de dos hojas oscilobatiente, con y sin cajón de persiana Dimensiones: 1.600 x 2.200 mm Acristalamiento 4/16/4 Comunicación en lugares residenciales y comerciales	Número de la norma europea Descripción del producto Uso del producto
Resistencia a la carga de viento: Prestación de ensayo: Clase 2 Resistencia a la carga de viento: Deformación del marco: Clase C Estanquidad al agua – no apantallado (A): Clase 6A Capacidad de soporte de carga de los dispositivos de seguridad: Apto Prestaciones acústicas: 35 (-1; -4) Transmitancia térmica: 2,5 W/m²K Propiedades de radiación: factor solar: 0,55 Propiedades de radiación: transmitancia luminosa: 0,75 Permeabilidad al aire: Clase 3	Información sobre las características declaradas.

Figura 18. Ejemplo: información de marcado CE completo para el caso de una ventana vertical exterior.

Una vez recibida la ventana en obra hay que comprobar si los requisitos mínimos de proyecto se satisfacen con la ventana entregada. Comparando la ventana del ejemplo de la etiqueta (véase la Figura 18) con cada uno de los ejemplos analizados anteriormente en la fase de diseño se tienen diferentes casos que se analizan a continuación.

El fabricante de la ventana emitirá una Declaración de Prestaciones del producto. La Declaración expresa las prestaciones del producto en relación con sus características esenciales y se emite cuando el producto se introduce en el mercado. Con la Declaración el fabricante asume la responsabilidad de la conformidad del producto con la prestación declarada.

Esta Declaración puede hacerse producto a producto o se puede emitir para grupos de productos o familias de tipología y características semejantes, a criterio del fabricante.

Una copia de la Declaración de Prestaciones debe ser entregada por el fabricante, o en su caso por el distribuidor o importador, al receptor del producto o de una partida del producto, bien en papel o bien por vía electrónica, con la aclaración de que la copia en papel se facilitará solamente a solicitud del destinatario.

La información a incluir en la Declaración de Prestaciones es la siguiente:

Información a incluir	Notas explicativas
Nº ...	Este número permite clasificar la declaración de prestaciones. Puede ser el mismo que el código de identificación única del producto tipo
1. Código de identificación única del producto tipo: ...	Este código está relacionado con las prestaciones declaradas para el producto. Tiene que identificar con toda precisión la relación existente entre el producto y sus prestaciones. Es posible utilizar cualquier código que resulte conveniente, e incluir números, letras, fechas y otros elementos, pero es preciso tener mucho cuidado para no asignar el mismo código a dos productos distintos. EJEMPLO: Se puede elegir un código que consista en el nombre comercial del producto, un código interno relacionado con el proceso de fabricación y la fecha en la que se ha realizado la evaluación: Producto-123. ABC-2014.07.17. Esta combinación permite clasificar y actualizar fácilmente los productos tipo.

Información a incluir	Notas explicativas
2. Uso o usos previstos:...	En este punto deben incluirse todos los usos previstos para el producto, que deben ser alguno de los previstos en el anexo ZA de las normas armonizadas aplicables. - «Compartimentación resistente al fuego y estanca al humo y recorridos de evacuación» (ver Anexo ZA.1 UNE-EN 16034:2015), y - Usos previstos: Comunicación en lugares residenciales y comerciales (ver Anexo ZA.1 UNE-EN 14351-1).
3. Fabricante: ...	Se debe indicar el nombre, nombre comercial registrado o marca comercial registrada y dirección de contacto del fabricante, según lo dispuesto en el artículo 11, apartado 5, del RPC.
4. Representante autorizado: ...	Este punto se incluirá y cumplimentará solo si se ha designado un representante autorizado. En tal caso, se debe indicar el nombre y la dirección de contacto del representante autorizado.
5. Sistema o sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (EVCP): ...	El sistema o sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (sistema EVCP), tal como se indica en el anexo ZA de la norma armonizada. Si hay varios sistemas, deben declararse todos ellos e incluirse en este punto (por ejemplo, en forma de tabla). En el caso de los productos cuyo uso no sea el de compartimentación resistente al fuego y estanca al humo y recorridos de evacuación, los sistemas EVCP posibles son el 1 o el 3 (o 4 en algunos casos, si se justifica). Para los productos cuyo uso sea el de compartimentación resistente al fuego y estanca al humo y recorridos de evacuación, el único EVCP posible es el 1.
6. Norma armonizada: ... Organismos notificados: ... Indicar lo siguiente:	a) el número de referencia de la norma y su fecha de emisión (fecha de referencia), y b) el número de identificación y el nombre de los organismos notificados que han participado, según el sistema EVCP. Es fundamental presentar el nombre de los organismos notificados en su lengua original, sin traducir.

Información a incluir	Notas explicativas				
<p>7. Prestaciones declaradas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Características esenciales</th> <th>Prestaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nota 1</td> <td>Nota 2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota 1: La columna 1 contiene las características esenciales determinadas en las especificaciones técnicas armonizadas para el uso o usos previstos indicados. Nota 2: Para cada característica esencial enumerada en la columna 1 y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el artículo 6 del RPC, la columna 2 contiene la prestación declarada, expresada por niveles o clases, o en una descripción, en relación con las características esenciales correspondientes.</p> <p>Se indicará «NPD» (Prestación No Determinada) cuando no se declare prestación. Se pueden añadir más columnas (por ejemplo, para indicar el EVCP o la norma armonizada).</p>	Características esenciales	Prestaciones	Nota 1	Nota 2	<p>Esta es la parte más importante del documento: las prestaciones declaradas para el producto.</p> <p>Es necesario incluir el listado completo de las características esenciales del producto, tal como figura en el anexo ZA de la norma armonizada, para todos los usos previstos declarados en el apartado 2.</p> <p>Puede declararse «NPD» en algunas si se cumplen las condiciones que se han indicado.</p> <p>La mejor forma de redactar este punto al presentar la declaración de prestaciones en papel es utilizar una tabla en la que figuren las características esenciales en filas y las prestaciones declaradas en columnas.</p> <p>Si se aplican distintos sistemas de EVCP, pueden añadirse columnas para cada uno de ellos. Las características que pueden declararse están recogidas en el Anexo ZA de la norma UNE-EN 14351-1:2006+A2:2017 (ver en apartados anteriores).</p> <p>Adicionalmente, para puertas y ventanas destinadas a la compartimentación resistente al fuego y estancas al humo y recorridos de evacuación, ver Anexo ZA de la norma UNE-EN 16034:2015.</p>
Características esenciales	Prestaciones				
Nota 1	Nota 2				
<p>8. Documentación técnica adecuada (DTA) o documentación técnica específica (DTE): ...</p>	<p>Sólo aplicable si se han utilizado procedimientos simplificados por las microempresas u otro tipo de procedimientos simplificados (artículos 36 a 38 del RPC).</p> <p>Si es el caso, en este punto la declaración de prestaciones indicará:</p> <p>a) el número de referencia de la documentación técnica adecuada o la documentación técnica específica utilizadas, y b) los requisitos que cumple el producto.</p>				
<p>Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de prestaciones declaradas. La presente declaración de prestaciones se emite, de conformidad con el Reglamento (UE) nº 305/2011, bajo la sola responsabilidad del fabricante arriba identificado.</p> <p>Firmado por y en nombre del fabricante por: [nombre]..... En [lugar] el [fecha de emisión]..... [firma]</p>	<p>Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de prestaciones declaradas. La presente declaración de prestaciones se emite, de conformidad con el Reglamento (UE) nº 305/2011, bajo la sola responsabilidad del fabricante arriba identificado.</p> <p>Firmado por y en nombre del fabricante por:</p> <p>NOMBRE Y APELLIDOS En LUGAR el 12-10-2013 INCLUIR FIRMA</p>				

Véase en la Figura 19 un ejemplo de la Declaración de Prestaciones para ventanas.

DECLARACIÓN DE PRESTACIONES
N.º VEN-OB. 1-2013

- 1. Código de identificación única del producto tipo:** Ventana serie PEPE RPT, vertical exterior de dos hojas oscilobatiente, con y sin cajón de persiana. Dimensiones: 1.600 x 2.200 mm. Acristalamiento 4/16/4.
- 2. Uso o usos previstos:** Comunicación en lugares residenciales y comerciales.
- 3. Fabricante:** Ventanas PEPE
- 4. Representante autorizado:** Incluir nombre del representante autorizado (si procede).
- 5. Sistema o sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (EVCP):** 3.
- 6. Norma armonizada:** EN 14351-1:2006+A2:2016.
Organismos notificados: Incluir nombre de los ON y su código de identificación.
- 7. Prestaciones declaradas:**

Características esenciales	Prestaciones
Resistencia a la carga de viento:	Clase C2
Estanquidad al agua – no apantallado (A):	6A
Capacidad de soporte de carga de los dispositivos de seguridad	Apto
Prestaciones acústicas:	35 (-1; -4)
Transmitancia térmica:	2,5 W/m²K
Propiedades de radiación: factor solar:	0,55
Propiedades de radiación: transmitancia luminosa:	0,75
Permeabilidad al aire:	Clase 3

Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de prestaciones declaradas. La presente declaración de prestaciones se emite, de conformidad con el Reglamento (UE) nº 305/2011, bajo la sola responsabilidad del fabricante arriba identificado.

Firmado por y en nombre del fabricante por:

NOMBRE Y APELLIDOS
En LUGAR el 12-10-2013
INCLUIR FIRMA

Figura 19. Ejemplo de Declaración de Prestaciones para ventanas

4.1.2.- Comparación entre las características de los proyectos evaluados en los ejemplos anteriores y las características ofrecidas en el mercado CE de las ventanas

EDIFICIO RESIDENCIAL EN MÁLAGA

Dimensiones de la mayor ventana: 1250 x 1600 mm (Superficie = 2 m²).

Las prestaciones declaradas en la etiqueta de marcado CE son válidas para las ventanas de la misma serie con mejores valores, en función de las reglas de extrapolación dadas en la tabla E.1 de la norma de producto UNE-EN 14351-1+A2 y en el anexo B de la norma UNE-EN 14351-1+A2 para las prestaciones acústicas (véase la Tabla 19), teniendo en cuenta además que:

- En la etiqueta se indica que las prestaciones declaradas lo son para ventanas con y sin cajón de persiana, habiendo declarado los valores más desfavorables (si en la etiqueta no se indicara que las prestaciones son válidas para ventanas con cajón, las prestaciones se referirían solo a ventanas sin cajón).
- Las características se ensayan con un acristalamiento determinado, por ello estas prestaciones se asegurarán siempre y cuando se coloque en obra un acristalamiento de iguales o mejores prestaciones.

Capítulo de la norma	Característica	Norma de Clasificación	Norma de ensayo/cálculo	Dimensión de probeta	Rango de aplicación (suponiendo diseño similar)
4.2	Resistencia al viento	EN 12210	EN 12211	sin especificar	- 100% de la superficie total de la probeta
4.5	Estanquidad al agua	EN 12208	EN 1027	sin especificar	- 100% a + 50% de la superficie total de la probeta
4.6	Sustancias peligrosas	Como se requiera por regulaciones			
4.8	Capacidad de los dispositivos de seguridad para soportar carga	Valor umbral	EN 14609	sin especificar	- 100% de la superficie total de la probeta
4.11	Prestación acústica	Valores declarados	EN ISO 140-3 EN ISO 717-1	Véase Anexo B de la norma UNE-EN 14351-1+A1 (véase Anexo VI)	Véase Anexo B de la norma UNE EN 14351-1 (véase Anexo VI)
4.12	Transmitancia térmica	Valor declarado	EN ISO 10077-1 Tabla F.1	sin especificar	Todas las dimensiones
			EN ISO 10077-1 EN ISO 10077-1 y EN ISO 10077-2	1,23 (±25%) m x 1,48 (-25%) m o 1,48 (+25%) m x 2,18 (±25%) m	Superficie total ≤ 2,3 m ² (a), (b) Superficie total > 2,3 m ² (a)
			EN ISO 12567-1 EN ISO 12567-2	1,23 (±25%) m x 1,48 (-25%) m o 1,48 (±25%) m x 2,18 (±25%) m	Superficie total ≤ 2,3 m ² (a), (b) Superficie total > 2,3 m ² (a)

Capítulo de la norma	Característica	Norma de Clasificación	Norma de ensayo/cálculo	Dimensión de probeta	Rango de aplicación (suponiendo diseño similar)
4.14	Permeabilidad al aire	EN 12207	EN 1026	sin especificar	- 100% a +50% de la superficie total de la probeta

(a) Si se requiere un cálculo detallado de la pérdida de calor de un edificio específico, el fabricante aportará información relevante sobre los valores calculados o ensayados de transmitancia térmica (valores de diseño), de la (s) dimensión (es) en concreto.
(b) Siempre que U_g (véase EN 673) $\geq 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, "área total $\geq 2,3 \text{ m}^2$ (a), (b) " es sustituido por "Todas las dimensiones (a) ".

Tabla 19. Determinación separada de características para ventanas: rango de aplicación. Fuente: adaptación tabla E.1 de la norma UNE EN 14351-1+A2.

En el caso de las prestaciones acústicas, las reglas de extrapolación vienen dadas en el anexo B de la norma UNE EN 14351-1+A2. Las reglas de extensión son reglas para cambios permitidos de componentes sin cambio de valor (es decir, diseño similar). Las reglas de extrapolación son reglas para el cambio de valor debidos a cambios del tamaño del producto. Véase el Anexo VI con el procedimiento de cálculo.

Así, para la ventana suministrada, a partir de los valores indicados en la etiqueta de la Figura 18, las reglas de extrapolación son las siguientes.

Característica declarada	Valor de la característica declarada en el mercado CE	Rango de aplicación
Resistencia a la carga de viento	Clase 2	Prestación válida para todas las ventanas de $S \leq 3,52 \text{ m}^2$ (1600 x 2200 mm); - 100% de la superficie total de la probeta ensayada.
Estanquidad al agua	Clase 6 A	Prestación válida para todas las ventanas de $S \leq 5,28 \text{ m}^2$; - 100% a + 50% de la superficie total de la probeta
Capacidad de soporte de carga de los dispositivos de seguridad	Apto	-

Característica declarada	Valor de la característica declarada en el mercado CE	Rango de aplicación
Prestaciones acústicas	Rw (C; Ctr) = 35 (-1; -4)	Suponiendo un diseño similar; - Mismas prestaciones que las ensayadas para todas las ventanas de $S \leq 5,28 \text{ m}^2$ - Para ventanas de $5,28 \leq S \leq 7,04 \text{ m}^2$: R_w y $R_w + C_{tr}$ corregido por -1 dB \Rightarrow 34 (-1; -4) - Para ventanas de $7,04 \leq S \leq 8,8 \text{ m}^2$: R_w y $R_w + C_{tr}$ corregido por -2 dB \Rightarrow 33 (-1; -4) - Para ventanas de $S > 8,8 \text{ m}^2$: R_w y $R_w + C_{tr}$ corregido por -3 dB \Rightarrow 32 (-1; -4)
Transmitancia térmica y propiedades de radiación	$U = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ propiedades de radiación sin requisitos	Prestación válida para todas las ventanas de Superficie total $> 2,3 \text{ m}^2$ (dimensión de la probeta 1,6 x 2,2 m) Será necesario el cálculo de la transmitancia térmica de la ventana, teniendo en cuenta los porcentajes de marco y acristalamiento y la transmitancia térmica de cada componente
Permeabilidad al aire	Clase 3	Prestación válida para todas las ventanas de $S \leq 5,28 \text{ m}^2$; -100% a +50% de la superficie total de la probeta.

Se va a comprobar si las prestaciones de las ventanas suministradas satisfacen el perfil de requisitos exigidos en el proyecto.

Dimensiones de la mayor ventana del edificio: 1250 mm x 1600 mm = 2 m²

Prestaciones	Requisitos de proyecto	Prestaciones de la etiqueta de marcado CE de la ventana suministrada (Figura 18)	¿Cumple la ventana el CTE?
Resistencia al viento	Clase 3 / Clase 4	Clase 2	$C2 < C3$ y ventana de $S \leq 3,52 \text{ m}^2$; No Cumple
Aislamiento al ruido aéreo	Ventanas en dormitorios: RAtr = 29 dBA (parte ciega RA = 35 dBA) Ventanas en salón: RAtr = 31 dBA (parte ciega RA = 35 dBA)	R_w (C;Ctr) = 35 (-1;-4) RAtr = $R_w + C_{tr}$ RAtr = 35 -4 = 31 dBA.	Mismas prestaciones que las ensayadas para todas las ventanas de $S \leq 5,28 \text{ m}^2$ RAtr = 31 dBA \geq 29. RAtr = 31 dBA \geq 31. Cumple

Prestaciones	Requisitos de proyecto	Prestaciones de la etiqueta de marcado CE de la ventana suministrada (Figura 18)	¿Cumple la ventana el CTE?
Permeabilidad al aire	Clase 2	Clase 3	Clase 3 \geq Clase 2 y ventanas de $S \leq 5,28 \text{ m}^2$ Cumple
Transmitancia térmica (W/m ² K): - Valores recomendados - Valores máximos de transmitancia térmica	UH = 2,7	UH = 2,5	U ventana \leq UH $S < 2,3 \text{ m}^2$ No se puede asegurar el cumplimiento con el ensayo realizado para la dimensión de 1,6 x 2,2 m, será necesario el cálculo de la transmitancia de la ventana, teniendo en cuenta los porcentajes de marco y acristalamiento, la transmitancia térmica de cada componente y las superficies respectivas. O bien aportar el ensayo de la misma serie, pero con dimensiones 1,23 x 1,48 m.

EDIFICIO RESIDENCIAL EN MADRID

Dimensiones de las mayores ventanas: 2,40 m x 2,40 m = 5,76 m²

Prestaciones	Requisitos de proyecto	Ventana suministrada (Figura 17)	¿Cumple la ventana el CTE?
Resistencia al viento	Clase 3 / Clase 4	Clase 2	$C2 < C3$; No cumple
Aislamiento al ruido aéreo	RAtr = 33 dBA en dormitorios (parte ciega RA = 40 dBA) RAtr = 35 dBA en salón (parte ciega RA = 40 dBA)	R_w (C;Ctr) = 35 (-1;-4) De forma aproximada se puede considerar que: RAtr = $R_w + C_{tr}$ RAtr = 35 -4 = 31 dBA.	Para ventanas de $5,28 \leq S \leq 7,04 \text{ m}^2$: R_w y $R_w + C_{tr}$ corregido por -1 dB \Rightarrow 34 (-1; -4) RAtr = $R_w + C_{tr}$ RAtr = $R_w + C_{tr} = 34 -4 = 30 \text{ dBA}$. RAtr = 30 dBA $<$ 33 y $<$ 35. No Cumple.

Prestaciones	Requisitos de proyecto	Ventana suministrada	¿Cumple la ventana el CTE?
Permeabilidad al aire	Clase 3	Clase 3	Clase 3 ≥ Clase 3; prestación válida para ventanas de $S \leq 5,28 \text{ m}^2$ No se puede asegurar el cumplimiento con la ventana ensayada ($5,76 > 5,28$).
Transmitancia térmica: Valores recomendados Valor máximo de transmitancia térmica	UH 1,6 $UH \leq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_h = 2,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	Prestación válida para todas las ventanas de Superficie total $> 2,3 \text{ m}^2$ $U_{\text{ventana}} > UH \text{ CTE}$ No cumple

EDIFICIO HOTEL EN LEÓN

Dimensiones de las mayores ventanas: $2,40 \text{ m} \times 2,40 \text{ m} = 5,76 \text{ m}^2$

Prestaciones	Requisitos de proyecto	Ventana suministrada	¿Cumple la ventana el CTE?
Resistencia al viento	Clase 4	Clase 2	$C2 < C4$; No cumple
Aislamiento al ruido aéreo	$R_{Atr} = 35 \text{ dBA}$ (parte ciega cumple $RA = 40 \text{ dBA}$)	$R_w (C;Ctr) = 35 (-1;-4)$ $R_{Atr} = R_w + Ctr$ $R_{Atr} = 35 -4 = 31 \text{ dBA}$	Para ventanas de $5,28 \leq S \leq 7,04 \text{ m}^2$: R_w y $R_w + Ctr$ corregido por $-1 \text{ dB} \Rightarrow 34 (-1; -4)$ $R_{Atr} = R_w + Ctr$ $R_{Atr} = 34 -4 = 30 \text{ dBA}$ $R_{Atr} = 30 \text{ dBA} < 35$. No Cumple
Permeabilidad al aire	Clase 3	Clase 3	Clase 3 = Clase 3; prestación válida para ventanas de $S \leq 5,28 \text{ m}^2$ No se puede asegurar el cumplimiento con la ventana ensayada ($5,76 > 5,28$)
Transmitancia térmica: Valores recomendados Valores máximos de transmitancia térmica	UH 1,5 $UH \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_h = 2,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	$U_{\text{ventana}} > UH \text{ CTE}$ No cumple.

EDIFICIO RESIDENCIAL EN GIRONA

Dimensiones de las mayores ventanas situadas en última planta: $2,40 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 4,80 \text{ m}^2$

Prestaciones	Requisitos de proyecto	Ventana suministrada	¿Cumple la ventana el CTE?
Resistencia al viento	Clase 3 / Clase 4	Clase 2	$C2 < C3$; No cumple
Aislamiento al ruido aéreo	$R_{Atr} = 32 \text{ dBA}$ para estancias $R_{Atr} = 37 \text{ dBA}$ para dormitorios	$R_w (C;Ctr) = 35 (-1;-4)$ $R_{Atr} = R_w + Ctr$ $R_{Atr} = 35 -4 = 31 \text{ dBA}$.	Mismas prestaciones que las ensayadas para todas las ventanas de $S \leq 5,28 \text{ m}^2$ $R_{Atr} = 31 \text{ dBA} < 32$. No Cumple para estancias. $R_{Atr} = 31 \text{ dBA} < 37$. No Cumple para dormitorios.
Permeabilidad al aire	Clase 3	Clase 3	Clase 3 = Clase 3; prestación válida para ventanas de $S \leq 5,28 \text{ m}^2$ Cumple
Transmitancia térmica: - Valores recomendados Valores máximos de transmitancia térmica	$UH \leq 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ UH 1,8	$U_h = 2,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	$U_{\text{ventana}} < UH \text{ CTE}$ $S > 2,3 \text{ m}^2$ No cumple

En el caso del ejemplo, que contempla ventanas con cajón de persiana, la etiqueta de marcado CE de las ventanas suministradas debe constar que las prestaciones declaradas se refieren a la ventana con cajón.

CONCLUSIONES

- El marcado CE de la ventana es un requisito obligatorio de carácter legal pero no garantiza el cumplimiento de los requisitos del CTE.
- La misma ventana será apta o no para poder instalarse en un determinado edificio dependiendo del proyecto (ubicación, tipología del edificio, uso del edificio, etc.).
- El prescriptor debe definir los requisitos que deben satisfacer las ventanas, a instalar, garantizando el cumplimiento del CTE y que el fabricante asegurará con las ventanas suministradas.

ANEXOS

ANEXO I. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN PARA ALTURAS COMPRENDIDAS ENTRE 30 Y 200 M

Según el Anejo D.2 del DB SE AE, el coeficiente de exposición ce para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m ($30 < z < 200$ m) puede determinarse con la expresión:

$$ce = F \cdot (F + 7 k) \quad [I]$$

Donde:

$$F = k \ln (\max (z,Z) / L) \quad [II]$$

k , L , Z son parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2 del Anejo D del DB SE AE (véase Tabla I.Tabla I. 1).

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

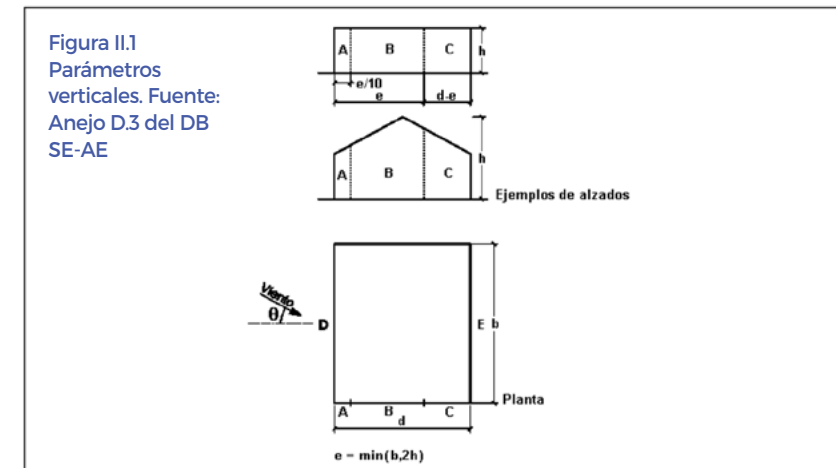
1. Valores de los parámetros k , L , Z para el cálculo del coeficiente de exposición para cada tipo de entorno.
Fuente: tabla D.2 del Anejo D del DB SE-AE.

El proceso de cálculo se especifica en el ejemplo de León en el Manual.

ANEXO II. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PRESIÓN

En las tablas D.3 a D.14 del Anejo D.3 del DB SE-AE se dan los valores de los coeficientes de presión para diversas formas simples de construcciones (parámetros verticales y distintos tipos de cubiertas), obtenidos como el peor de entre los del abanico de direcciones de viento definidas en cada caso. El parámetro A se refiere al área de influencia del elemento o punto considerado. En el caso de los elementos de fachada el área de influencia es la del propio elemento.

La Figura II.1 identifica las distintas zonas en los parámetros verticales, que permiten obtener, en la Tabla II, los valores del coeficiente de presión.



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

1. Valores del coeficiente de presión en función de la zona. Fuente: Anejo D.3 del DB SE-AE

Para elementos con área de influencia A, entre 1 m² y 10 m² el coeficiente de presión exterior se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$C_{pe,A} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \log_{10} A \quad [III]$$

Siendo,

C_{pe,10} = coeficiente de presión exterior para elementos con un área de influencia A ≥ 10 m²

C_{pe,1} = coeficiente de presión exterior para elementos con un área de influencia A ≤ 1 m²

Ejemplo:

Tomando como superficie característica de un cerramiento A = 3 m² y con 1 ≤ h/d ≤ 5, el valor de C_{pe,3} es:

• Para la fachada D (figura II.1):

$$C_{pe,3} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \times \log_{10} 3 = 1 + (0,8 - 1) \times 0,4771 = 0,9$$

• Para la fachada A (figura II.1):

$$C_{pe,3} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \times \log_{10} 3 = -1,4 + (-1,2 - (-1,4)) \times 0,4771 = -1,3$$

Estos valores del coeficiente de presión exterior suponen que, para valores iguales de la presión básica del viento y del coeficiente de exposición, los valores de la succión en la fachada lateral "A" son mayores y, por tanto, son los que deben ser determinantes a la hora de establecer las prestaciones que la ventana debe alcanzar.

ANEXO III. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS MIXTOS

Un elemento constructivo mixto es aquel elemento formado por dos o más partes con características de aislamiento diferentes, montadas unas como prolongación de otras hasta cubrir el total de la superficie. Ejemplos: pared formada por un murete sobre el que se monta una cristalera, muro de fachada con ventanas, tabique con una puerta etc.

El método de cálculo de elementos constructivos mixtos puede tenerse en cuenta en el caso de ventanas con cajón de persiana.

De acuerdo con el Anejo G, del DB HR, el índice global de reducción acústica de elementos constructivos mixtos (aislamiento mixto) se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$R_{m,A} = -10 \cdot \lg \left(\sum_{j=1}^n \frac{S_j}{S} \cdot 10^{\frac{-R_{i,A}}{10}} \right) \quad [dBA] \quad [IV]$$

Donde:

R_{m,A} = índice global de reducción acústica ponderado A del elemento constructivo mixto, en dBA;

R_{i,A} = índice global de reducción acústica ponderado A, del elemento i, en dBA;

S = área total del elemento constructivo mixto, en m²;

S_i = área del elemento i, en m².

En la Guía de Aplicación del DB HR se analiza un ejemplo de cálculo para el caso de ventanas con cajón de persiana, véase la Figura III.1. Se incluye un ejemplo de cálculo en el ejemplo del edificio de Málaga del Manual.

El aislamiento acústico de un elemento mixto, tal como una ventana con una caja de persiana incorporada, puede estimarse mediante la siguiente fórmula:

$$R_{A,tr} = -10 \cdot \lg \left(\frac{S_v \cdot 10^{-0,1 R_{v,A,tr}} + S_c \cdot 10^{-0,1 R_{c,A,tr}}}{S} \right) \quad [dBA]$$

donde

R_{A,tr} índice global de reducción acústica, para ruido de tráfico del conjunto formado por la ventana y la caja de persiana,

R_{v,A,tr} índice global de reducción acústica, para ruido de tráfico de la ventana, [dBA];

R_{c,A,tr} índice global de reducción acústica, para ruido de tráfico de la caja de persiana, [dBA];

S = área total del conjunto ventana + caja de persiana [m²];

S_v = área de la ventana, [m²];

S_c = área de la caja de persiana, [m²];

Cuando se dispongan de valores de R_{A,tr} de la caja de persiana y de la ventana, pueden tomarse los siguientes valores de R_{A,tr} para el conjunto de ventana y la caja de persiana.

Tabla 2.1.4.20. Valores de la ventana junto con la caja de persiana

R _{A,tr} de la ventana (dBA)	R _{A,tr} caja de persiana (dBA)	R _{A,tr} total (dBA)
27	25	26
29		28
30		28
31		29
32		30
27	30	27
29		29
30		30
31		30
32		31

Valores válidos para ventanas desde 80 cm² a 8 m² de superficie y cajas de persiana de hasta 0,25 m de altura.

Figura III.1 Cálculo del aislamiento acústico de una ventana con cajón de persiana. Fuente: Guía de Aplicación del DB HR. Actualización Agosto 2009.

ANEXO IV. DB HE 0 Y DB HE 1 DEL CTE

HE0. LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

El consumo energético de los edificios se limitará en función de la zona climática de invierno de su localidad de ubicación, el uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención.

- Consumo de energía primaria no renovable

El consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren}$) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite ($C_{ep,nren,lim}$) obtenido de la tabla 3.1.a-HE0 o la tabla 3.1.b-HE0:

Tabla 3.1.a - HE0
Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [$\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$] para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	20	25	28	32	38	43
Cambios de uso a residencial privado y reformas	40	50	55	65	70	80

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,25

Tabla 3.1.b - HE0
Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [$\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$] para uso distinto del residencial privado

Zona climática de invierno						
α	A	B	C	D	E	
$70 + 8 \cdot C_{FI}$	$55 + 8 \cdot C_{FI}$	$50 + 8 \cdot C_{FI}$	$35 + 8 \cdot C_{FI}$	$20 + 8 \cdot C_{FI}$	$10 + 8 \cdot C_{FI}$	

C_{FI} : Carga interna media [W/m^2]

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores resultantes por 1,40

Debe tenerse en cuenta (ver terminología), que la carga interna media se calcula como el valor promedio de la carga interna durante una semana tipo y no como promedio durante el tiempo de ocupación o como la carga máxima durante el tiempo de ocupación.

- Consumo de energía primaria total

El consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot}$) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite ($C_{ep,tot,lim}$) obtenido de la tabla 3.2.a-HE0 o de la tabla 3.2.b-HE0:

Tabla 3.2.a - HE0
Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [$\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$] para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	40	50	56	64	76	86
Cambios de uso a residencial privado y reformas	55	75	80	90	105	115

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,15

Tabla 3.2.b - HE0
Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [$\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$] para uso distinto del residencial privado

Zona climática de invierno						
α	A	B	C	D	E	
$165 + 9 \cdot C_{FI}$	$155 + 9 \cdot C_{FI}$	$150 + 9 \cdot C_{FI}$	$140 + 9 \cdot C_{FI}$	$130 + 9 \cdot C_{FI}$	$120 + 9 \cdot C_{FI}$	

C_{FI} : Carga interna media [W/m^2]

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores resultantes por 1,40

Debe tenerse en cuenta (ver terminología), que la carga interna media se calcula como el valor promedio de la carga interna durante una semana tipo y no como promedio durante el tiempo de ocupación o como la carga máxima durante el tiempo de ocupación.

DB HE1. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Para controlar la demanda energética, los edificios dispondrán de una envolvente térmica de características tales que limite las necesidades de energía primaria para alcanzar el bienestar térmico, en función del régimen de verano y de invierno, del uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, del alcance de la intervención.

La transmitancia térmica (U) de cada elemento perteneciente a la envolvente térmica no superará el valor límite (U_{lim}) de la tabla 3.1.1.a-HE1:

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	5,7					

*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_H en un 50%.

Los valores límite de transmitancia aseguran una calidad mínima de la envolvente térmica y evitan descompensaciones en la calidad térmica de los espacios del edificio. Sin embargo, estos valores no aseguran un nivel de demanda adecuado, limitado por el coeficiente global de transmisión de calor (K).

En el caso de reformas, el valor límite (U_{lim}) de la tabla 3.1.1.a-HE1 será de aplicación únicamente a aquellos elementos de la envolvente térmica:

- a. que se sustituyan, incorporen, o modifiquen sustancialmente;
- a. que vean modificadas sus condiciones interiores o exteriores como resultado de la intervención, cuando estas supongan un incremento de las necesidades energéticas del edificio.

Asimismo, en reformas se podrán superar los valores de la tabla 3.1.1.a-HE1 cuando el coeficiente global de transmisión de calor (K) obtenido considerando la transmitancia térmica final de los elementos afectados no supere el obtenido aplicando los valores de la tabla.

El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio, o parte del mismo, con uso residencial privado, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1:

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para uso residencial privado

	Compacidad V/A [m³/m²]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	$V/A \leq 1$	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	$V/A \geq 4$	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	$V/A \leq 1$	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	$V/A \geq 4$	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.
En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio, o parte del mismo, con uso distinto al residencial privado no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.c-HE1:

4 El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio, o parte del mismo, con uso distinto al residencial privado no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.c-HE1:

Tabla 3.1.1.c - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para uso distinto del residencial privado

	Compacidad V/A [m³/m²]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos. Ampliaciones. Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	$V/A \leq 1$	0,96	0,81	0,76	0,65	0,54	0,43
	$V/A \geq 4$	1,12	0,98	0,92	0,82	0,70	0,59

Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.
En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.
Las unidades de uso con actividad comercial cuya compacidad V/A sea mayor que 5 se eximen del cumplimiento de los valores de esta tabla.

Control solar de la envolvente térmica

En el caso de edificios nuevos y ampliaciones, cambios de uso o reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio, el parámetro de control solar ($q_{sol,jul}$) no superará el valor límite de la tabla 3.1.2-HE1:

Tabla 3.1.2-HE1 Valor límite del parámetro de control solar, $q_{sol,jul,lim}$ [kWh/m²-mes]

Uso	$q_{sol,jul}$
Residencial privado	2,00
Otros usos	4,00

Permeabilidad al aire de la envolvente térmica

La permeabilidad al aire (Q_{100}) de los huecos que pertenezcan a la envolvente térmica no superará el valor límite de la tabla 3.1.3.a-HE1:

Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, $Q_{100,lim}$ [m³/h-m²]

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,lim}$)*	≤ 27	≤ 27	≤ 27	≤ 9	≤ 9	≤ 9

* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q_{100} .
Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 (≤ 27 m³/h-m²) y clase 3 (≤ 9 m³/h-m²) de la UNE-EN 12207:2017.
La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

En edificios nuevos de uso residencial privado con una superficie útil total superior a 120 m², la relación del cambio de aire con una presión diferencial de 50 Pa (n50) no superará el valor límite de la tabla 3.1.3.b-HE1.

Tabla 3.1.3.b-HE1 Valor límite de la relación del cambio de aire con una presión de 50 Pa,

Compacidad V/A [m ³ /m ²]	n ₅₀ [h ⁻¹]
V/A ≤ 2	6
V/A ≥ 4	3

Los valores límite de las compacidades intermedias (2 < V/A < 4) se obtienen por interpolación.

El Anejo H del DB HE establece la metodología para la determinación de la permeabilidad al aire del edificio.

ANEXO V. CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONTROL SOLAR DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

El indicador de control solar es la relación entre las ganancias solares para el mes de julio (Qsol;jul) de los huecos pertenecientes a la envolvente térmica con sus protecciones solares móviles activadas, y la superficie útil de los espacios incluidos dentro de la envolvente térmica (Autil). Puede aplicarse al edificio o a parte del mismo. Para su cálculo de forma simplificada, se considera nula la energía reirradiada al cielo

$$q_{sol;jul} = Q_{sol;jul} / A_{util} = (\sum k_{Fsh;obst} \cdot g_{gl;sh;wi} \cdot (1 - FF) \cdot A_{w;p} \cdot H_{sol;jul}) / A_{uti}$$

donde:

Fsh;obst es el factor reductor por sombreado por obstáculos externos (comprende todos los elementos exteriores al hueco como voladizos, aletas laterales, retranqueos, obstáculos remotos, etc.), para el mes de julio, del hueco k, y representa la reducción en irradiación solar incidente debida al sombreado permanente de dichos obstáculos.

ggl;sh;wi es la transmitancia total de energía solar del acristalamiento con el dispositivo de sombra móvil activado, para el mes de julio y del hueco k

FF es la fracción de marco del hueco k (de forma simplificada puede adoptarse el valor de 0,25)

Aw;p es la superficie (m²) del hueco k

Hsol;jul es la irradiación solar media acumulada del mes de julio (kWh/m²·mes) para el clima considerado y la inclinación y orientación del hueco k.

Para el cálculo del parámetro de control solar, así como para el cálculo del valor K de la envolvente térmica, es posible utilizar la herramienta Envolvente CTE. Esta aplicación facilita el cálculo de indicadores de calidad y parámetros descriptivos de la envolvente térmica de los edificios para su evaluación energética y para la aplicación del CTE DB-HE.

Para ello, se introduce la descripción de la envolvente térmica y sus elementos en el apartado Envolvente, seleccionando la zona climática en el desplegable del menú correspondiente.

El apartado Envolvente muestra en un panel el valor actualizado y el desglose del cálculo de la transmitancia térmica global (K) y del parámetro de control solar (qsol;jul) de la envolvente definida. Como ayuda para completar la descripción de la envolvente térmica es posible consultar:

- el apartado Clima, para aquellos parámetros relacionados con el clima exterior del edificio.
- el apartado Elementos, para parámetros de elementos de la envolvente térmica que se pueden obtener a partir de otros parámetros básicos.

Para acceder a la herramienta: <https://pachi.github.io/envolventecte/#/>

ANEXO VI. DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN VENTANAS Y RANGOS DE APLICACIÓN

VI.1 Determinación por ensayo

Según la norma de producto de ventanas UNE-EN 14351-1+A2, el aislamiento acústico RW (C; Ctr) de las ventanas se determina mediante ensayo de acuerdo con la norma europea EN ISO 140-3¹⁴ (Método de referencia). Los resultados deben expresarse de acuerdo con la norma europea EN ISO 717-1. Los valores de aislamiento acústico de ventanas RW ≥ 39 dB o (RW + Ctr) ≥ 35 dB deben determinarse mediante ensayo.

En el caso de extrapolación para unidades de vidrio aislante (UVA) se permite el cambio de la UVA sin un nuevo ensayo de la ventana, en el caso de que la unidad tenga el mismo o mejor Rw o (RW + Ctr) (datos de ensayo de acuerdo con la Norma Europea EN ISO 140-3 o datos genéricos, véanse las Normas Europeas EN 12758 o EN 12354-3).

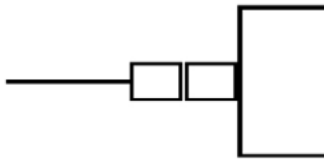
14. Actualmente la norma UNE-EN ISO 140-3 está anulada y ha sido sustituida por las normas de la serie UNE-EN ISO 10140.

El tipo de vidrio (vidrio recocido, vidrio templado térmicamente, vidrio termoendurecido, vidrio endurecido químicamente) no tiene influencia en el aislamiento acústico, en cambio sí tiene influencia en el aislamiento acústico la composición física (espesores y vidrios laminares, vidrio de cámara asimétrica, etc.).

VI.2 Determinación por cálculo

Como alternativa al ensayo, el aislamiento acústico de ventanas sencillas con unidades de vidrio aislante puede determinarse utilizando valores tabulados, según el anexo B.3 de la norma UNE-EN 14351-1+A2.

Han de ser ventanas sencillas, según la definición de la norma UNE EN 12519 apartado 2.2.10, fijas o practicables (batientes superior/lateral/inferiormente, pivotantes o deslizantes) con unidades de vidrio aislante (doble acristalamiento).



Los valores tabulados dados en la norma de producto se derivan de resultados de ensayo utilizando preferentemente una probeta de tamaño 1,23 m x 1,48 m (tamaño de referencia) que corresponde a una superficie total de 1,82 m². Las reglas de extrapolación aparecen en la Tabla B.3 de la norma de producto (véanse los rangos de aplicación en el siguiente apartado).

Requisitos para la aplicación del método de cálculo:

- Ventanas sencillas
- Se requiere que los sellados sean lisos, permanentemente flexibles, resistentes a la intemperie y fáciles de remplazar y al menos un sellado debe ser continuo.
- La permeabilidad al aire de la ventana debe ser como mínimo clase 3; para ventanas deslizantes como mínimo clase 2.

Para las ventanas que cumplan estas condiciones, se puede realizar el cálculo basado en las siguientes etapas:

- Tabla B.1: RW para la ventana, se determina basado en el RW para la unidad de vidrio aislante.

Se calcula el RW para la ventana en función de la RW de la unidad de vidrio aislante.

Unidad vidrio aislante R_w^a [dB]	Ventanas sencillas ^b		Ventanas deslizantes sencillas ^c	
	Ventana R_w [dB]	Número de sellados requeridos ^d	Ventana R_w [dB]	Número de sellados requeridos ^d
27	30	1	25	1
28	31	1	26	1
29	32	1	27	1
30	33	1	28	1
32	34	1	29	1
34	35	1	29	1
36	36	2	30	1
38	37	2	N/A	N/A
40	38	2	N/A	N/A

^a Ensayo de acuerdo con la EN ISO 140-3 (método de referencia o datos genéricos de acuerdo con las Normas Europeas EN 12758 o EN 12354-3).

^b Ventanas sencillas fijas y practicables (abisagradas superior / lateral / inferior o pivotantes) con una clase 3 o superior de permeabilidad al aire.

^c Ventanas deslizantes sencillas con una clase 2 o superior de permeabilidad al aire.

^d Solamente ventanas practicables.

Tabla B.1. R_w para ventana basado en R_w de unidad de vidrio aislante.
Fuente: Anexo B norma UNE EN 14351-1+A1.

- Tabla B.2: $RW + C_{tr}$ para la ventana, se determina basado en $RW + C_{tr}$ para la unidad de vidrio aislante.

Se calcula el valor de $RW + C_{tr}$ para la ventana en función del valor de $RW + C_{tr}$ de la unidad de vidrio aislante.

Unidad vidrio aislante $R_w + C_{tr}$ a [dB]	Ventanas sencillas ^b		Ventanas deslizantes sencillas ^c	
	Ventana $R_w + C_{tr}$ [dB]	Número de sellados requeridos ^d	Ventana $R_w + C_{tr}$ [dB]	Número de sellados requeridos ^d
24	26	1	24	1
25	27	1	25	1
26	28	1	26	1
27	29	1	26	1
28	30	1	27	1
30	31	1	27	1
32	32	2	28	1
34	33	2	N/A	N/A
36	34	2	N/A	N/A

^a Ensayo de acuerdo con la EN ISO 140-3 (método de referencia o datos genéricos de acuerdo con las Normas Europeas EN 12758 o EN 12354-3)

^b Ventanas sencillas fijas y practicables (abisagradas superior / lateral / inferior o pivotantes) con una clase 3 o superior de permeabilidad al aire, véase el apartado 4.14 de la norma de producto.

^c Ventanas deslizantes sencillas con una clase 2 o superior de permeabilidad al aire, véase el apartado 4.14 de la norma de producto.

^d Solamente ventanas practicables

Tabla B.2. $R_w + C_{tr}$ para ventanas basado en $R_w + C_{tr}$ para unidades de vidrio aislante.
Fuente: Anexo B norma UNE EN 14351-1+A1.

c Se considera que el valor del término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente para la ventana es: $C = -1$ dB

d Se calcula el valor del término C_{tr} para la ventana: $C_{tr} = \text{"Tabla B.2"} (R_w + C_{tr} (\text{ventana})) - \text{"Tabla B.1"} (R_w (\text{ventana}))$

e Corrección de acuerdo con la Tabla B.3, si es necesario (reglas de extrapolación).

f Marcado CE para la ventana: $R_w (C; C_{tr})$ basado en los resultados de las etapas anteriores.

VI.3 Rango de aplicación para resultados de ensayo y valores tabulados

Respecto al tamaño de las ventanas, las reglas de extensión y extrapolación para valores de aislamiento acústico determinados por cualquier método, tanto por ensayo como por cálculo, están especificadas en la tabla B.3 de la norma de producto.

Las reglas de extensión son reglas para cambios permitidos de componentes sin cambio de valor (es decir, diseño similar)¹⁵. Las reglas de extrapolación son reglas para el cambio de valor debidos a cambios del tamaño del producto.

Las reglas de extrapolación para los resultados de los ensayos y los valores tabulados se muestran en la tabla B.3:

Rango de tamaño de la ventana		Valores tabulados ^(a)	Valor del aislamiento acústico para la ventana
Resultados de ensayos para probetas de cualquier tamaño			
-100% a + 50% del área total de la probeta	Área total $\leq 2,7$ m ²	R_w y $R_w + C_{tr}$ de acuerdo con el ensayo o el valor tabulado	
+ 50% a + 100% del área total de la probeta	$2,7$ m ² < Área total $\leq 3,6$ m ²	R_w y $R_w + C_{tr}$ corregido por -1 dB	
+ 100% a + 150% del área total de la probeta	$3,6$ m ² < Área total $\leq 4,6$ m ²	R_w y $R_w + C_{tr}$ corregido por -2 dB	
> + 150% del área total de la probeta	$4,6$ m ² < Área total	R_w y $R_w + C_{tr}$ corregido por -3 dB	

^(a) Los intervalos indicados para valores tabulados son idénticos a los intervalos de resultados de ensayo de acuerdo con el ensayo utilizando la dimensión recomendada de probeta 1,23 x 1,48 m.

Tabla B.3. Reglas de extrapolación para diferentes dimensiones de ventanas.
Fuente: Anexo B norma UNE EN 14351-1+A2.

EJEMPLO DE CÁLCULO: El marcado CE de una ventana sencilla abisagrada por la parte superior, de dimensiones 1,2 m X 1,6 m, 1 sellado, permeabilidad al aire clase 3 y unidad de vidrio aislante con $R_w (C; C_{tr}) = 30 (-1; -4)$ dB.

- Unidad de vidrio aislante: $R_w = 30$ dB implica ventana: $R_w = 33$ dB (tabla B.1)
- Unidad de vidrio aislante: $R_w + C_{tr} = 26$ dB implica ventana: $R_w + C_{tr} = 28$ dB (tabla B.2)
- $C = -1$ dB
- $C_{tr} = 28$ dB - 33 dB = -5 dB

Superficie 1,2 m x 1,6 m = 1,92 m² < 2,7 m², no es necesaria corrección, por tanto, para el Marcado CE $R_w (C; C_{tr}) = 33 (-1; -5)$.

15. Diseño similar: modificación de un producto, por la sustitución de componentes (por ejemplo, acristalamiento, herrajes, juntas de estanquidad) y/o un cambio de especificación de material y/o un cambio dimensional de la sección del perfil y/o métodos y medios de ensamblaje que no cambian la clasificación y/o valor declarado de una característica de prestación.

BIBLIOGRAFÍA

- Instrucción sobre criterios para la puesta en práctica del marcado CE de las ventanas, ventanas para tejados y puertas exteriores peatonales (versión 6ª. Octubre 2013). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Manual de Producto – Ventanas. 2ª Edición. ASEFAVE. Edita AENOR. ISBN: 978-84-8143-630-3.
- Marcado CE para ventanas y puertas peatonales exteriores. Preguntas frecuentes. Versión revisada y actualizada a los contenidos del Reglamento Europeo de Productos de la Construcción. ASEFAVE. Mayo 2013.
- Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (BOE número 74, de 28 de marzo de 2006) y Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.
- Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- MARCADO CE DE CERRAMIENTOS MOTORIZADOS (Ventanas, ventanas de tejado y puertas peatonales exteriores). ASEFAVE.

Normativa de ventanas:

NORMATIVA UNE PARA VENTANAS:

- UNE 85247. Ventanas. Estanquidad al agua. Ensayo in situ.
- UNE 85219. Colocación de ventanas

NORMATIVA UNE-EN PARA VENTANAS:

- UNE-EN 1026. Ventanas y puertas – Permeabilidad al aire – Método de ensayo.
- UNE-EN 1027. Ventanas y puertas – Estanquidad al agua – Métodos de ensayo.
- UNE-EN 1191. Ventanas y puertas – Resistencia a aperturas y cierres repetidos – Método de ensayo.
- UNE-EN ISO 10077-1. Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas – Cálculo del coeficiente de transmisión térmica – Parte 1: Método simplificado.
- UNE-EN ISO 10077-2. Prestaciones térmicas de ventanas, puertas y persianas – Cálculo de la transmisión térmica – Parte 2: Método numérico para marcos.

- UNE-EN 12207. Puertas y ventanas – Permeabilidad al aire – Clasificación.
- UNE-EN 12208. Puertas y ventanas – Estanquidad al agua – Clasificación.
- UNE-EN 12210. Puertas y ventanas – Resistencia al viento – Clasificación.
- UNE-EN 12211. Ventanas y puertas – Resistencia a la carga de viento – Método de ensayo.
- UNE-EN 12400. Ventanas y puertas – Durabilidad mecánica – Requisitos y Clasificación.
- UNE-EN 12519. Ventanas y puertas – Terminología.
- UNE-EN 14600:2006. Puertas y ventanas practicables con características de resistencia al fuego y/o control de humos. Requisitos y clasificación.
- UNE-EN 14351-1+A2. Ventanas y puertas peatonales – Norma de producto – Parte 1: Ventanas y puertas exteriores peatonales sin características de resistencia al fuego y al fuego exterior.



asefave
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE FACHADAS LIGERAS Y VENTANAS