

Factor de exposición solar máxima en huecos

% de huecos	N	NE/NO	E/O	S
0 a 20	-	-	-	-
21 a 40	0,45	0,45	0,40	-
41 a 60	0,40	0,30	0,30	-

En la ciudad Autónoma de Buenos Aires se está tratando este tema en la Legislatura al cierre de edición del presente manual, con un proyecto de ley similar al de la ciudad de Rosario.

Performance energética de vidrios

Tipo de Vidrio

Vidrio Monolítico (crudo, templado o laminado)	Esesor (mm)	K (W/m ² *K)	Factor solar	Transmision de luz	Reflectividad ext.	Reflectividad int.
Incoloro	3	5,8	0,88	0,91	0,08	0,08
	4	5,7	0,84	0,89	0,08	0,08
	5	5,7	0,84	0,89	0,08	0,08
	6	5,7	0,82	0,88	0,08	0,08
	8	5,6	0,78	0,87	0,08	0,08
	10	5,6	0,76	0,86	0,08	0,08
Coloreado en su masa Gris	3	5,8	0,69	0,64	0,05	0,05
	4	5,7	0,67	0,57	0,05	0,05
	5	5,7	0,62	0,5	0,05	0,05
	6	5,7	0,57	0,41	0,05	0,05
	8	5,6	0,49	0,32	0,05	0,05
Coloreado en su masa Bronce	10	5,6	0,45	0,25	0,05	0,05
	3	5,8	0,73	0,68	0,06	0,06
	4	5,7	0,68	0,61	0,06	0,06
	5	5,7	0,64	0,55	0,06	0,06
	6	5,7	0,62	0,48	0,06	0,06
Coloreado en su masa Verde	8	5,6	0,55	0,4	0,06	0,06
	10	5,6	0,51	0,33	0,06	0,06
	4	5,7	0,69	0,8	0,07	0,07
Coloreado en su masa Verde Intenso	6	5,7	0,62	0,76	0,07	0,07
	6	5,7	0,51	0,66	0,06	0,06
Coloreado en su masa Azul Intenso	6	5,7	0,52	0,56	0,06	0,06
Coloreado en su masa Gris Intenso	6	5,7	0,35	0,08	0,04	0,04
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre incoloro	6	3,68	0,52	0,6	0,07	0,09
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre azul intenso	6	3,68	0,33	0,36	0,06	0,08
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre verde intenso	6	3,68	0,34	0,45	0,06	0,08
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre azul verdoso	6	3,68	0,41	0,51	0,06	0,08
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre gris intenso	6	3,68	0,36	0,3	0,05	0,07
Laminado de control solar y alta reflectividad coating gris	4+4	5,6	0,29	0,19	0,33	0,29
Laminado de control solar y alta reflectividad coating azul	4+4	5,6	0,32	0,21	0,22	0,3
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre incoloro	6	3,8	0,61	0,66	0,22	0,27
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre azul intenso	6	3,8	0,37	0,41	0,11	0,26
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre verde intenso	6	3,8	0,37	0,49	0,14	0,26
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre azul verdoso	6	3,8	0,45	0,56	0,17	0,27
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre gris	6	3,8	0,41	0,32	0,09	0,26
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre bronce	6	3,8	0,46	0,4	0,11	0,26

Doble Vidriado Hermético con Cámara de 9mm y aire en su interior. Vidrio interior incoloro.	Espesor (mm)	K (W/m²*K)	Factor solar	Transmisión de luz	Reflectividad ext.	Reflectividad int.
Incolor exterior	4+9+4	2,9	0,78	0,82	0,15	0,15
	6+9+4	2,9	0,72	0,79	0,14	0,14
Coloreado en su masa Gris exterior	4+9+4	2,9	0,57	0,51	0,08	0,13
	6+9+6	2,9	0,47	0,39	0,07	0,12
Coloreado en su masa Bronce exterior	4+9+4	2,9	0,58	0,56	0,09	0,13
	6+9+6	2,9	0,48	0,44	0,07	0,12
Coloreado en su masa verde exterior	4+9+4	2,9	0,56	0,73	0,13	0,14
	6+9+6	2,9	0,48	0,67	0,12	0,14
Coloreado en su masa Verde Intenso exterior	6+9+6	2,9	0,4	0,58	0,1	0,13
Coloreado en su masa Azul Intenso exterior	6+9+6	2,9	0,41	0,48	0,08	0,13
Coloreado en su masa Gris Intenso exterior	6+9+6	2,9	0,25	0,08	0,04	0,11

Doble Vidriado Hermético con Cámara de 12mm y aire en su interior. Vidrio interior incoloro 6mm	Espesor (mm)	K (W/m²*K)	Factor solar	Transmisión de luz	Reflectividad ext.	Reflectividad int.
Incolor exterior	4+12+4	2,7	0,78	0,82	0,13	0,13
	6+12+6	2,7	0,72	0,79	0,14	0,14
Coloreado en su masa Gris exterior	4+12+4	2,7	0,56	0,51	0,08	0,13
	6+12+6	2,7	0,45	0,39	0,07	0,12
Coloreado en su masa Bronce exterior	4+12+4	2,7	0,58	0,56	0,09	0,13
	6+12+6	2,7	0,5	0,45	0,07	0,12
Coloreado en su masa Verde exterior	4+12+4	2,7	0,56	0,73	0,13	0,14
	6+12+6	2,7	0,49	0,67	0,12	0,14
Coloreado en su masa Verde Intenso exterior	6+12+6	2,7	0,46	0,58	0,1	0,13
Coloreado en su masa Azul Intenso exterior	6+12+6	2,7	0,39	0,47	0,08	0,12
Coloreado en su masa Gris Intenso exterior	6+12+6	2,7	0,21	0,08	0,04	0,11
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre incoloro	6+12+6	1,89	0,45	0,53	0,11	0,15
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre azul intenso	6+12+6	1,89	0,26	0,32	0,07	0,14
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre verde intenso	6+12+6	1,89	0,26	0,4	0,08	0,14
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre azul verdoso	6+12+6	1,89	0,33	0,46	0,09	0,15
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre gris intenso	6+12+6	1,89	0,28	0,27	0,06	0,14
Laminado de control solar y alta reflectividad coating gris	4-4+12+6	2,7	0,21	0,18	0,33	0,29
Laminado de control solar y alta reflectividad coating azul	4-4+12+6	2,7	0,22	0,19	0,22	0,3
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre incoloro	6+12+6	1,9	0,54	0,6	0,26	0,3
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre azul intenso	6+12+6	1,9	0,3	0,37	0,13	0,29
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre verde intenso	6+12+6	1,9	0,29	0,44	0,16	0,29
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre azul verdoso	6+12+6	1,9	0,38	0,51	0,2	0,29
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre gris	6+12+6	1,9	0,33	0,29	0,09	0,28
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre bronce	6+12+6	1,9	0,38	0,36	0,12	0,29
Magnetronico capa blanda de control solar, selectivos y baja emisividad sobre incoloro coating gris	6+12+6	1,79	0,28	0,37	0,22	0,12
Magnetronico capa blanda de control solar, selectivos y baja emisividad sobre incoloro coating azul	6+12+6	1,81	0,29	0,35	0,24	0,16
Magnetronico capa blanda de control solar, selectivos y baja emisividad sobre incoloro coating celeste	6+12+6	1,87	0,36	0,47	0,16	0,1
Magnetronico capa blanda de control solar, selectivos y baja emisividad sobre incoloro coating neutro	6+12+6	1,87	0,44	0,57	0,13	0,1
Magnetronico capa blanda de control solar, selectivos y baja emisividad sobre verde coating neutro	6+12+6	1,87	0,25	0,39	0,13	0,1
Magnetronico capa blanda de control solar, selectivos y baja emisividad sobre azul coating neutro	6+12+6	1,87	0,25	0,3	0,1	0,1
Magnetronico capa blanda de control solar, muy alta selectividad y baja emisividad sobre incoloro coating oscuro	6+12+6	1,65	0,23	0,4	0,21	0,13
Magnetronico capa blanda de control solar, muy alta selectividad y baja emisividad sobre incoloro coating intermedio	6+12+6	1,65	0,32	0,59	0,15	0,17
Magnetronico capa blanda de control solar, muy alta selectividad y baja emisividad sobre incoloro coating claro	6+12+6	1,55	0,27	0,6	0,14	0,16
Doble Vidriado Hermético con Cámara de 12mm y aire en su interior. Vidrio interior Baja Emisividad de 6mm	Espesor (mm)	K (W/m²*K)	Factor solar	Transmisión de luz	Reflectividad ext.	Reflectividad int.
Incolor exterior	4+12+6	1,8	0,69	0,74	0,18	0,17
	6+12+6	1,8	0,66	0,73	0,17	0,17

Coloreado en su masa Gris exterior	4+12+6	1,8	0,48	0,48	0,07	0,15
	6+12+6	1,8	0,39	0,36	0,07	0,15
Coloreado en su masa Bronce exterior	4+12+6	1,8	0,52	0,54	0,1	0,15
	6+12+6	1,8	0,45	0,45	0,09	0,15
Coloreado en su masa Verde exterior	4+12+6	1,8	0,48	0,65	0,13	0,15
	6+12+6	1,8	0,45	0,62	0,13	0,15
Coloreado en su masa Verde Intenso exterior	6+12+6	1,8	0,34	0,54	0,11	0,14
Coloreado en su masa Azul Intenso exterior	6+12+6	1,8	0,35	0,45	0,09	0,14
Coloreado en su masa Gris Intenso exterior	6+12+6	1,8	0,15	0,07	0,04	0,13
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre incoloro	6+12+6	1,75	0,43	0,49	0,11	0,16
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre azul intenso	6+12+6	1,75	0,24	0,3	0,07	0,15
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre verde intenso	6+12+6	1,75	0,24	0,37	0,08	0,16
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre azul verdoso	6+12+6	1,75	0,31	0,42	0,09	0,16
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre gris intenso	6+12+6	1,75	0,27	0,25	0,06	0,15
Laminado de control solar y alta reflectividad coating gris	4-4+12+6	1,8	0,16	0,17	0,33	0,28
Laminado de control solar y alta reflectividad coating azul	4-4+12+6	1,8	0,18	0,18	0,22	0,29
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre incoloro	6+12+6	1,7	0,51	0,56	0,27	0,29
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre azul intenso	6+12+6	1,7	0,28	0,34	0,13	0,28
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre verde intenso	6+12+6	1,7	0,27	0,41	0,17	0,28
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre azul verdoso	6+12+6	1,7	0,36	0,47	0,21	0,28
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre gris	6+12+6	1,7	0,31	0,27	0,1	0,28
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre bronce	6+12+6	1,7	0,36	0,33	0,12	0,28

Doble Vidriado Hermético con Cámara de 15mm y 90% Argon en su interior. Vidrio interior Baja Emisividad de 6mm	Espesor (mm)	K (W/m²°K)	Factor solar	Transmisión de luz	Reflectividad ext.	Reflectividad int.
Incoloro exterior	6+15+6	1,5	0,68	0,73	0,17	0,17
Coloreado en su masa Gris Exterior	6+15+6	1,5	0,42	0,37	0,08	0,15
Coloreado en su masa Bronce exterior	6+15+6	1,5	0,43	0,41	0,08	0,15
Coloreado en su masa Verde exterior	6+15+6	1,5	0,43	0,62	0,14	0,16
Coloreado en su masa Verde Intenso exterior	6+15+6	1,5	0,35	0,54	0,11	0,15
Coloreado en su masa Azul Intenso exterior	6+15+6	1,5	0,35	0,45	0,09	0,15
Pirolítico de control solar, baja reflectividad y baja emisividad sobre incoloro	6+15+6	1,3	0,43	0,5	0,12	0,18
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre incoloro	6+15+6	1,3	0,53	0,57	0,31	0,31
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre azul intenso	6+15+6	1,3	0,26	0,33	0,14	0,3
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre verde intenso	6+15+6	1,3	0,26	0,41	0,18	0,3
Pirolítico de control solar, alta reflectividad y baja emisividad sobre azul verdoso	6+15+6	1,3	0,36	0,48	0,23	0,3



Capítulo 6

AISLACION ACUSTICA EN VIDRIOS

La polución sonora es una de las características típicas de la civilización actual y es causa de numerosas patologías no sólo físicas sino también psíquicas que afectan al hombre de nuestro tiempo. Evitar que esta polución se introduzca en las viviendas y oficinas es primordial para garantizar la salud de las personas que allí viven y - si el edificio está destinado a actividades económicas - mejorar la productividad del trabajo de las personas que trabajan ahí.

Debemos diferenciar entre sonido y ruido. Consideramos ruido a todo aquel sonido que nos resulta desagradable, y existe una gama muy amplia de fuentes de ruido cotidiano. Por ejemplo:

- Tráfico automotor
- Tráfico aéreo
- Ruidos de ferrocarril
- Trabajos de construcción
- Máquinas cortadoras de césped
- Herramientas eléctricas
- Ladridos de perros
- Fiestas en casas vecinas

Los materiales de los edificios cumplen un papel importante en la disminución del ingreso de esos ruidos al interior de las viviendas, es decir, son buenos aislantes acústicos. Las paredes gruesas, los ladrillos, el hormigón, los paneles de yeso, etc. son materiales que absorben y atenúan el ruido.

Por el contrario, el vidrio es un muy buen transmisor del sonido, por lo que al aumentar la proporción de vidrio en las viviendas (como es la tendencia hoy en día) aumenta la contaminación sonora en el interior.

Por ese motivo es indispensable encontrar los mecanismos que limiten el ingreso de ruido desde el exterior a través de las ventanas y, particularmente, a través de los vidrios de las ventanas. Para ello es necesario conocer, previamente, algunas de las variables que definen las características del sonido y saber cómo usarlas en el momento de seleccionar vidrios.

Es necesario hacer una aclaración previa: la acústica es una disciplina muy compleja para ser tratada en profundidad en este libro, así que sólo mencionaremos los conceptos básicos que deben ser conocidos por quien selecciona vidrios para control acústico en los casos más comunes. Para cálculos más precisos o para requisitos de aislación acústica muy rigurosos, se deberá consultar con especialistas.

CONCEPTOS BASICOS DE ACUSTICA

El SONIDO es producido por la vibración de un objeto. Esta vibración genera un disturbio en el aire que se va trasladando de una capa de aire a otra cercana, generándose así diferencias de presión, las que se propagan en forma de ondas de presión por toda la masa de aire hasta impactar en nuestro órgano auditivo, generando señales que son transmitidas al oído.

Este fenómeno ondulatorio se mide en ciclos por segundo (FRECUENCIA DEL SONIDO) y su magnitud es el Hertz. Una onda sonora de 500 hertz de frecuencia significa que hay 500 ondas de presión de aire por segundo en vibración. Algunas características importantes:

- El oído humano tiene un rango de capacidad audible de 20 a 20.000 Hz.

- hasta 500 Hz: se percibe como sonidos graves.
- Más de 2000 Hz: se percibe como sonidos agudos.
- La mayor sensibilidad del oído humano se da en el rango de 500 a 8.000 Hz.

Un sonido se caracteriza por:

a.- su INTENSIDAD

b.- el ESPECTRO DE FRECUENCIAS que componen ese sonido

Veamos las características de cada una de ellas.

INTENSIDAD DEL SONIDO

La intensidad del sonido es el grado de presión sonora del mismo. Se mide en decibeles (dB) y da una idea relativa de la intensidad del sonido (es relativa porque está referida a un nivel de intensidad que se ha tomado como referencia).

En el Cuadro 6.1 se comparan las intensidades de una serie de ruidos con su presión sonora en dB .

Cuadro 6.1: Intensidad y presión sonora para distintos tipos de ruidos
(fuente BI VASA)

Intensidad del sonido	Presión sonora (dB)	Sonidos típicos
1.000.000.000.000	120	Umbral de dolor (jet despegando)
100.000.000.000	110	Martillo neumático
10.000.000.000	100	Fábrica de calderas
1.000.000.000	90	Calle ruidosa
100.000.000	80	Oficina ruidosa
10.000.000	70	Tránsito en calle promedio
1.000.000	60	Oficina poco ruidosa
100.000	50	Conversación poco ruidosa
10.000	40	Conversación promedio
1.000	30	Oficina privada
100	20	Un auditorio promedio
10	10	Conversación susurrando
1	0	Umbral de audición

La escala de dB está construida sobre una base logarítmica (se lo ha hecho así porque el oído humano responde a los sonidos en una forma bastante similar a la escala logarítmica), lo cual debe ser tenido en cuenta en el momento de comparar sonidos. A diferencia de otras unidades de referencia (como el metro), que brindan una noción lineal acerca de la variación de una medida, la escala logarítmica no es de comprensión intuitiva.

En el Cuadro 6.1 puede verse que cada vez que se incrementa la intensidad de sonido 10 veces, el nivel de presión sonora aumenta 10 dB. Esto significa que no se puede asumir que un ruido de 80 dB es dos veces más intenso que uno de 40 dB: en realidad es 10.000 veces más intenso.

Otros aspectos para tener en cuenta son:

- usualmente el oído no puede detectar una variación de presión sonora de 1 ó 2 dB.
- un cambio de 3 dB no será apreciado si existe un lapso entre ambos sonidos

- un cambio de 5 dB puede ser fácilmente detectado si la presión sonora es alta.
- un cambio de 7 dB siempre será detectado pues prácticamente es una duplicación de la presión sonora.

ESPECTRO DE FRECUENCIAS:

En realidad los sonidos que escuchamos no son sonidos puros, sino que están compuestos por una variedad de diferentes sonidos simultáneos que creemos percibir como único. Es decir que, en realidad, percibimos un espectro de sonidos (conjunto de sonidos diferentes de distinta frecuencia e intensidad). Podemos decir que el sonido es una combinación de energía acústica a distintas frecuencias.

La figura 6.1 ejemplifica lo dicho. Muestra el espectro de frecuencia de un avión despegando (donde SPL es el nivel de intensidad del sonido). Puede observarse que el sonido que se escucha está, en realidad, compuesto por muchos sonidos de frecuencia e intensidad diferente.

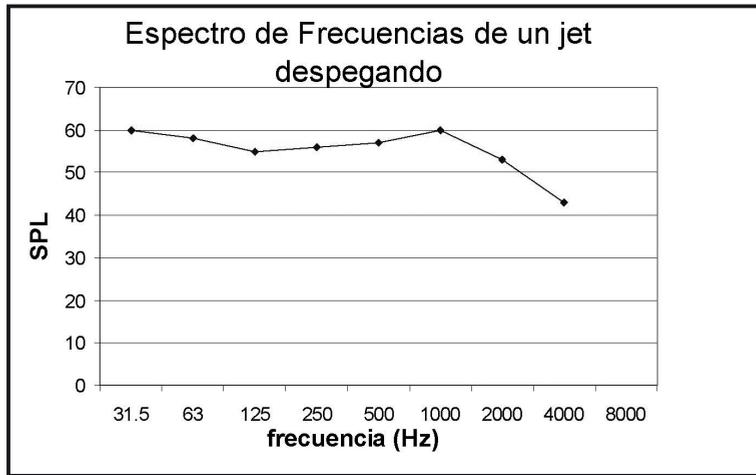


Fig. 6.1: Frecuencias de sonido e intensidad de un jet despegando .
(fuente: Acustical Glazig Design Guide)

Para nuestro propósito, nos interesa analizar, en particular, tres tipos de ruidos (cuadro 6.2):

Cuadro 6.2: tipos de ruido y rango de frecuencias.

Frecuencia del Ruido	Tipo de Ruido
Baja Frecuencia	Automóviles y Camiones
Media Frecuencia	Conversaciones, ruidos de oficina
Alta Frecuencia	Aviones, Equipos Industriales, Sierras

Es importante tener presente estos espectros para compararlos con los espectros de absorción de sonido de los diferentes tipos de vidrios.

INDICES DE AISLACION SONORA:

Cuando un sonido impacta sobre un material (de cualquier tipo), se producirán efectos de:

- Reflexión del sonido: depende de la superficie y la rigidez del material
- Absorción del sonido: depende de la elasticidad y la densidad del material
- Transmisión del sonido: depende de la rigidez y la masa del material

Finalmente, una parte del sonido incidente pasará a través del material. Para cuantificar la capacidad de atenuación del sonido para cada material, se han desarrollado índices que indican la cantidad de energía acústica que se transmite a través de ellos. Estos índices son:

PERDIDA DE TRANSMISION DE SONIDO (STL o TL):

La sigla STL corresponde a las iniciales en inglés de Sound Transmission Loss (pérdida de transmisión sonora). Representa la resistencia de un material a la transmisión del sonido y se expresa en dB. A mayor STL, mayor aislación sonora.

Para mejorar el STL se dispone de las siguientes posibilidades:

- **Aumentar la masa del material:** la Ley de Masa indica que al duplicar la masa la aislación acústica (STL) aumenta 6 dB. Por lo tanto, al aumentar la masa de vidrio (espesores más altos) aumenta la aislación acústica. Esto, sin embargo, sólo es válido hasta aproximadamente la mitad de la frecuencia crítica (tal como se verá más adelante), por lo que para frecuencias altas la Ley de Masas no funciona bien.
- **Variar la rigidez del material:** el vidrio tiene una rigidez que le es propia y no podemos modificarla.
- **La amortiguación del material:** ésta es la capacidad de disipar la energía vibratoria y convertirla en calor. La manera más efectiva de incorporar amortiguación al vidrio es a través de la lámina plástica de PVB que posee el vidrio laminado (ver capítulo 3). La capa plástica de PVB absorbe la energía sonora y, así, disminuye la transmisión de sonido.

SOUND TRANSMISSION CLASS (STC)

Como el STL es fuertemente dependiente de la frecuencia, se desarrolló otro índice que es independiente de ella: el Sound Transmission Loss (STC). El STC fue determinado correlacionando la transmisión de sonidos de conversaciones, de radios, TV, ruidos de oficinas, edificios, etc.

Por ese motivo no es apropiado usar el STC para fuentes sonoras con espectros significativamente diferentes a los mencionados (máquinas de procesos industriales, instrumentos musicales, motores de vehículos, aviones y trenes).

El STC sólo se aplica para evaluar la calidad aislante de particiones interiores. Se aplica cuando se desea seleccionar vidrios acústicos para tabiques de oficina, puertas vidriadas, paneles de observación de cabinas de control en salas de grabación, en estudios de radio y televisión y otras aplicaciones similares.

Puede utilizarse en otras aplicaciones como método para realizar una selección rápida, pero deberá complementarse con un análisis más detallado del resto del espectro de frecuencias (en particular de aquél que más caracterice al ruido por aislar).

OTROS INDICES:

Es común encontrar tablas con valores de transmisión acústica de materiales que hacen referencia a otros índices, tales como: R y R_w . En la práctica la diferencia entre éstos índices y los descriptos anteriormente es muy poca. En el cuadro 6.3 se detallan las equivalencias entre los índices y la norma a la que corresponde.

Cuadro 6.3: Índices de transmisión acústica.

Norma	Indice	Norma	Indice
ASTM E90	STL (sound transmission loss)	ISO 140	R (sound reduction index)
ASTM E 413	STC (sound transmission class)	ISO 717/1	R_w (weighted sound reduction index)

En las prácticas STL y R tienen el mismo significado (aunque sus valores difieren levemente, pueden usarse indistintamente) así como STC y R_w .

TRANSMISION ACUSTICA EN VIDRIOS:**1.- TRANSMISION ACUSTICA EN VIDRIO MONOLITICO**

La fig. 6.3 detalla los espectros de aislación sonora para vidrios monolíticos de distinto espesor. Se observa lo siguiente:

- la aislación aumenta linealmente con la frecuencia.
- Al aumentar el espesor (mayor masa) la aislación acústica aumenta siguiendo la Ley de Masa (al duplicar la masa la aislación aumenta 6 dB).

Sin embargo, en la práctica, se observan las siguientes limitaciones:

- En la zona de baja frecuencia (por debajo de los 100Hz): se producen efectos de RESONANCIA de placa. Aquí el factor principal de aislación sonora es la rigidez estructural de la placa.
- En la zona de medias y altas frecuencias: por efecto de COINCIDENCIA. Aquí influyen la rigidez estructural del material, su densidad y su capacidad de amortiguamiento interno.

El **efecto de coincidencia** se produce cuando la velocidad de la onda sonora en el aire es igual a la velocidad de la onda sonora en el vidrio. En estas condiciones el vidrio es prácticamente transparente al sonido. Esto es lo que explica la profunda caída en la aislación acústica. La frecuencia a la que esto ocurre es la llamada frecuencia crítica (f_c), siendo

$$f_c = 12.000 \text{ Hz} / d \quad (d = \text{espesor del vidrio en mm})$$

Como se puede observar en la fig. 6.3, la frecuencia crítica varía con el espesor del vidrio.

Para eliminar las mermas de aislación por efecto de coincidencia, se debe usar vidrio laminado o DVH con float de diferente espesor, tal como se explica más adelante.

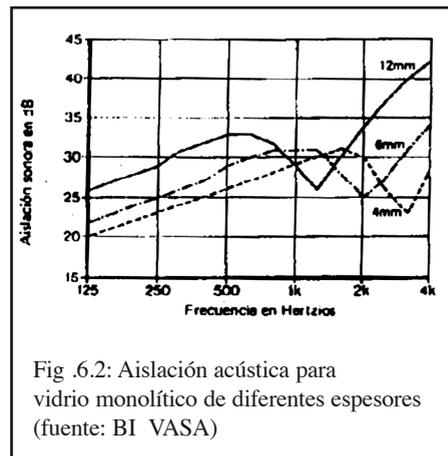


Fig .6.2: Aislación acústica para vidrio monolítico de diferentes espesores (fuente: BI VASA)

El float de fuerte espesor es muy efectivo para aislar el ruido del tránsito automotor, caracterizado por presentar una baja frecuencia promedio.

2.- TRANSMISION ACUSTICA EN VIDRIO LAMINADO:

La capacidad aislante del vidrio laminado es consecuencia de la menor rigidez del paño comparado con un float monolítico del mismo espesor. Su efecto amortiguador del ruido varía según el rango de frecuencias consideradas y el espesor de PVB empleado.

La fig. 6.4 compara la aislación acústica de un vidrio monolítico de 6 mm con la correspondiente a un vidrio laminado de igual espesor total. Se puede observar lo siguiente:

- Para frecuencias menores a 1000 Hz: no hay diferencias importantes entre la absorción sonora de un vidrio común y un vidrio laminado, aunque el de éste último es un poco mayor. En este rango de frecuencias, lo que más afecta a la aislación es la cantidad de masa.
- Para frecuencias aproximadas a 2500 Hz: mientras la aislación del vidrio monolítico cae bruscamente al llegar a la frecuencia crítica debido al efecto de coincidencia, la aislación sonora del vidrio laminado no se ve afectada. En este rango de frecuencia la aislación está dominada por la capacidad de amortiguación del PVB.

Se recomienda que el vidrio laminado posea vidrios de distinto espesor de modo que no coincidan las frecuencias críticas de cada vidrio y, de este modo, mejorar aún más la aislación acústica en esa zona de frecuencias, aunque en la práctica esto no genera un cambio significativo en la aislación.

Los espesores de PVB aconsejados para aislación acústica están detallados en el cuadro 5.4. Se podrá observar que en ningún caso se recomienda usar -para aislación acústica- un espesor de 0.38 mm.

Cuadro 6.4:

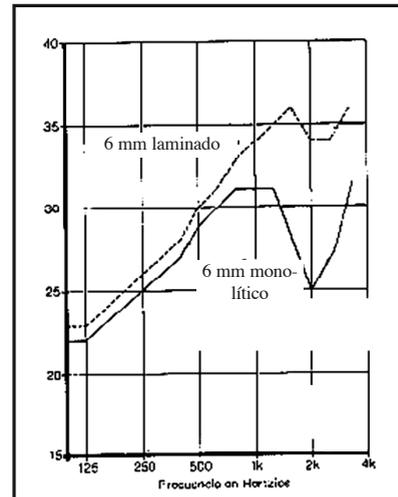
Espesor Total del Vidrio	Espesor de PVB (mm)
6 mm o menor	0.76
Mayor a 6 mm	1.52

El float laminado con PVB empleando cristales de espesor liviano es eficaz para aislar frecuencias altas, características de la voz y conversación humanas.

No obstante ciertos ruidos como los producidos por las aspas de un helicóptero de muy baja frecuencia, requieren soluciones más sofisticadas para alcanzar los niveles de aislación deseados.

Si bien su efectividad disminuye levemente cuando aumenta la medida del paño, no se manifiesta en la medida suficiente como para ser percibido en la mayoría de los casos.

Fig. 6.4: Aislación acústica de un vidrio monolítico y de un vidrio laminado de igual espesor total (fuente: BI VASA)



3.- TRANSMISION ACUSTICA EN DVH:

El DVH permite combinar masa de vidrio, PVB y espacio de aire, logrando, de esta manera, disponer de amplias posibilidades de aislación sonora. Sin embargo, la cámara de aire no influye prácticamente en la aislación sonora a menos que su espesor sea del orden de 50 a 200 mm (fig. 6.5).

La fig. 6.6 muestra la absorción acústica de un vidrio monolítico de 6 mm y la de un DVH de igual espesor total de vidrio y cámara de 6 mm. Se observa:

- **Entre 100 y 250 Hz:** la aislación acústica del DVH y del vidrio monolítico son muy parecidas, aunque la del DVH es levemente inferior. Esto es debido a los efectos de resonancia en la cavidad de aire, lo que aumenta la transferencia sonora.
- **Entre 250 y 1000 Hz:** el vidrio monolítico tiene una aislación acústica sensiblemente superior a la del DVH, debido a que aumenta el efecto de resonancia en la cavidad de aire, en esas frecuencias.
- **Entre 1000 y 4000 Hz:** el DVH presenta una aislación muy superior a medida que se acerca a la fc.
- **A 8000 Hz:** los valores son muy parecidos.

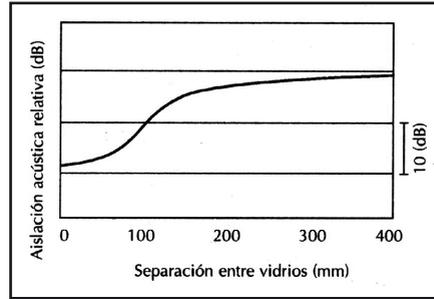


Fig. 6.5: Influencia del ancho de cámara en la aislación acústica de un DVH (fuente: BI n°19 VASA).

En la fig. 6.7 se observan los valores de atenuación acústica para un vidrio monolítico de 12 mm, un DVH 6 / 12 / 6 y un DVH 3+3 / 12 / 3+3. Es decir que los tres tienen el mismo espesor total de vidrio. Se observa:

- El comportamiento del DVH 6/12/6 respecto al monolítico del mismo espesor de vidrio, es similar al descrito en el ejemplo anterior.
- El DVH con doble laminado es notoriamente superior en aislamiento acústico al vidrio monolítico (de mismo espesor de vidrio), en todo el rango de frecuencias y, por lo tanto, también superior al del DVH 6/12/6. Esto se debe a la capacidad del PVB de absorber la resonancia de cavidad típica del DVH a bajas frecuencias y, además, evita el efecto de coincidencia a altas frecuencias.

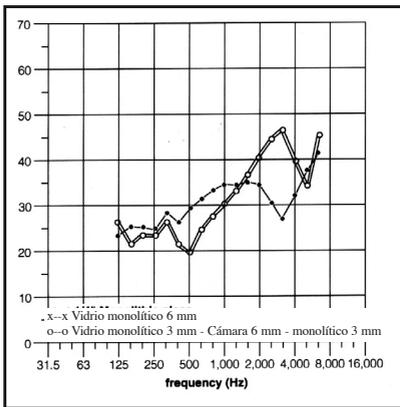


Fig. 6.6

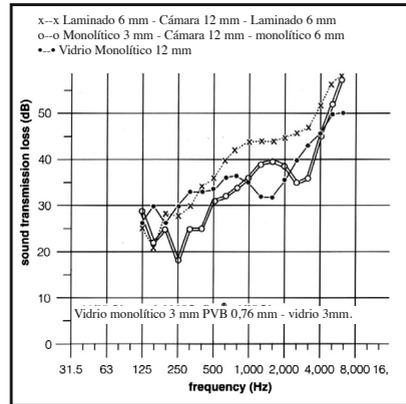
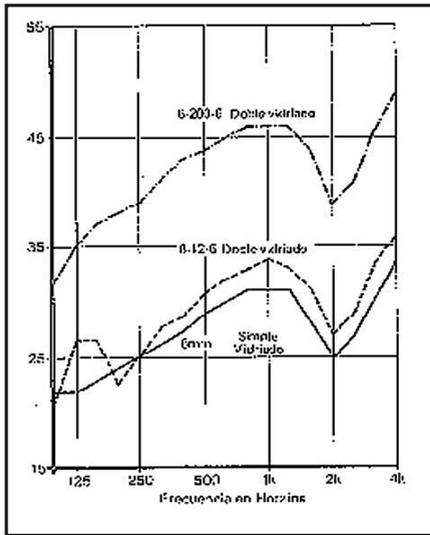


Fig. 6.7

Fig. 6.6: Absorción acústica de un vidrio monolítico de 12mm, un DVH 6/12/6 y en DVH 3+3/12/3+3. (fuente: Acoustical Glazing Design Guide).

Fig. 6.7: Absorción acústica de un vidrio monolítico de 6 mm y un DVH del mismo espesor total de vidrio (fuente: Acoustical Glazing Design Guide).



En la figura 6.8 puede observarse el efecto que tiene un espesor de cámara grande en el DVH (en este caso, de 200 mm).

Es conveniente utilizar en el DVH vidrios de diferentes espesores de modo que no coincidan las frecuencias críticas.

Respecto al vidrio laminado en DVH, se debe tener en cuenta que como la capacidad acústica del vidrio laminado crece con la temperatura, se deberá tratar de ubicar al laminado en la cara del DVH que vaya a estar más caliente:

- En climas cálidos deberá estar del lado exterior
- En climas fríos deberá estar del lado interior

Fig. 6.8: Zbsorción acústica de un vidrio monolítico de 6mm, un DVH 6/12/6 y un DVH 6/20/6 (fuente: BI VASA).

En resumen, los parámetros para tener en cuenta al seleccionar un DVH para aislación acústica, son:

- Efectos de resonancia del vidrio
- Ley de Masa
- Depresión de coincidencia:
 - 2 vidrios de igual espesor: un único f_c .
 - 2 vidrios de distinto espesor: 2 f_c distintos.
- Resonancia de cavidad (reflexión sobre los lados del paño)
- Resonancia masa-aire-masa (funciona como un resorte)
- Espesor de la cavidad
- Relleno de la cavidad (aire/SF₆/Argón)
- Efecto de atenuación del ruido del PVB

4.- EFECTO DEL GAS EN LA TRANSMISION ACUSTICA EN DVH

Se pueden obtener mayores aislaciones acústicas reemplazando el aire del interior del DVH, por otro gas de características tales que el sonido se traslade en él a una velocidad diferente a la que lo haría en el aire.

La capacidad de un gas para disminuir la transmisión del sonido está relacionada con la diferencia de velocidad del sonido en ese gas, respecto a la velocidad del sonido en el aire.

Hay dos categorías:

- A) Gases con velocidades de sonido menores que el aire: CO₂ y SF₆. Son gases más pesados que el aire.
- B) Gases con velocidades de sonido mayores que el aire: Ar y He. Son gases más livianos que el aire.

Además del efecto general de aumentar la aislación, el efecto de coincidencia se atenúa significativamente, pues la f_c depende de la densidad del gas.

COMO SELECCIONAR VIDRIOS PARA AISLACION ACUSTICA

Seleccionar un vidrio adecuado para control acústico implica elegir el vidrio que tenga la mayor capacidad de reducción del ruido en el rango de frecuencias en que éste es más intenso. Una forma simplificada de realizar el cálculo, es el siguiente:

- 1.- Conocer la intensidad y espectro de frecuencias del ruido que se desea aislar
- 2.- Conocer el nivel de ruido interior requerido
- 3.- Determinar el grado de aislamiento acústico requerido para las condiciones anteriores
- 4.- Seleccionar el vidrio adecuado para ese nivel de aislamiento acústico requerido

Se analizará, a continuación, cada uno de estos aspectos.

1. CONOCER LA INTENSIDAD Y ESPECTRO DE FRECUENCIAS DEL RUIDO A AISLAR

Las situaciones típicas que se deberán enfrentar corresponden a las siguientes Fuentes de Ruido:

- Tránsito automotor
- Ruido de aviones
- Ruido de ferrocarril
- Conversaciones
- Ruido de fábrica.

Cada una de estas fuentes de ruido presentan un espectro de frecuencias diferente que debe ser conocido cuando se desea especificar un vidrio para control acústico, puesto que los diferentes tipos de vidrios tienen capacidad de aislamiento muy diferentes (como pudo verse en las figuras 6.3, 6.4, 6.6, 6.7 y 6.8).

En el cuadro 6.5 se observan valores típicos de intensidad de ruido exterior.

Cuadro 6.5: Valores de intensidad de ruido exterior (fuente VASA).

Casa de campo	35 dB
Oficina	45 dB
Barrio tranquilo	58 dB
Centro comercial	70 dB
Calles microcentro	75 dB
Autopista	80 dB

El conocimiento de los valores típicos de intensidad de ruido por aislar (cuadro 6.5) y el espectro típico de frecuencias por aislar permitirán la selección adecuada.

2.-CONOCER EL NIVEL DE RUIDO INTERIOR REQUERIDO

El nivel de aislamiento acústico necesario para obtener confort acústico no es siempre el mismo. Existen destinos o actividades que requieren un alto nivel de aislamiento debido a las características mismas de la actividad que se realizan en ellos; otros, por el contrario, no necesitan niveles muy altos de aislamiento para ser confortables.

Por lo tanto es necesario conocer el destino del local por aislar para conocer el grado de ruido interior (en dB) máximo que se puede admitir.

En el cuadro 6.6 se observan los valores de confort acústico requerido para distintos tipos de locales o actividades:

Cuadro 6.6: Niveles recomendados de ruido interior. Fuente: BI VASA n°19

Destino/actividad	Nivel máximo de ruido
Dormitorios	30 a 40 dB
Biblioteca silenciosa	35 a 40 dB
Sala de estar	40 a 45 dB
Oficinas privadas	40 a 45 dB
Aula de escuela	40 a 45 dB
Oficinas generales	45 a 50 dB

3. - DETERMINAR EL GRADO DE AISLAMIENTO ACUSTICO REQUERIDO

Conociendo el nivel de ruido a aislar (cuadro 6.5) y el nivel de ruido máximo aceptable según la utilización del edificio (cuadro 6.6) se calcula - por diferencia - el nivel de aislamiento requerido.

Pero este valor así determinado, sólo especifica un valor promedio; en el momento de la elección del vidrio (ítem siguiente) se deberá tener en cuenta el espectro típico de frecuencias del ruido por aislar.

4.- RESUMEN DE LOS NIVELES DE AISLACION ACUSTICA EN VIDRIOS

En la fig 6.9 puede observarse un resumen de los niveles de aislación sonora que se pueden alcanzar con los distintos tipos de vidrios.

En el cuadro 6.7 se detallan valores de STL y STC para diferentes configuraciones de vidrio.

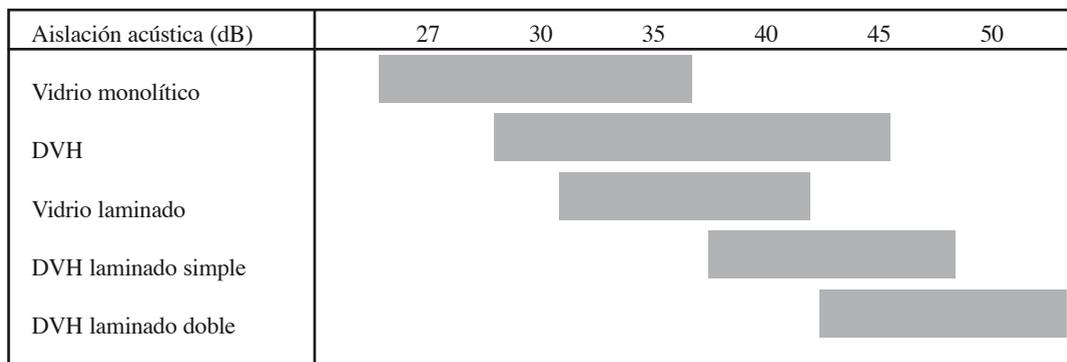


Fig 6.9: Rango de valores de aislación acústica obtenible con diferentes tipos de vidrio.

Siempre se deberá tener en cuenta que las posibilidades de un cristal aislante acústico por más eficientes que sean, dependen de la hermeticidad del cerramiento al paso del aire. Por ello todas las vías por las que el sonido pueda encontrar un camino de escape deben ser selladas.

Cuadro 6.7. Fuente: Acoustical Glazing Design Guide

Pérdida de transmisión de sonido (STL) en dB

	Frecuencia (Hz)																				
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1,000	1,250	1,600	2,000	2,500	3,150	4,000	5,000	STC	Rw	
Vidrio Monolítico																					
	6 mm	23	25	25	24	28	26	29	31	33	34	34	35	34	30	27	32	37	41	31	32
	12 mm	26	30	26	30	33	33	34	36	37	35	32	32	36	40	43	46	50	51	36	37
Laminado	3+3(0,76)	25	26	26	27	29	29	30	32	34	35	35	36	36	35	35	38	43	46	35	35
	3+3(1,52)	25	26	27	28	28	29	30	33	34	35	36	37	37	37	36	38	42	46	35	35
	5+5(0,76)	27	27	27	30	31	31	33	34	35	36	36	35	34	37	41	45	49	52	36	36
	6+6(0,76)	25	29	28	30	33	33	34	36	37	37	37	36	37	41	45	48	51	53	38	38
	6+6(1,52)	26	29	28	30	33	33	35	36	37	38	38	37	38	41	44	47	51	54	39	39
	10+6(0,76)	29	30	28	32	34	35	36	38	38	38	36	38	42	46	49	52	55	57	40	40
DVH simple	6/12/6	29	22	26	18	25	25	31	32	34	36	39	40	39	35	36	46	52	58	35	35
	5/25/5	20	25	18	17	26	28	33	36	38	39	41	44	46	43	38	40	48	51	35	37
DVH Simple Laminado	3+3(0,76)/12/5	26	23	25	23	27	31	34	36	38	39	41	43	45	46	43	49	55	55	39	39
	3+3(0,76)/12/6	28	20	29	24	26	30	34	36	39	42	43	44	44	41	40	47	52	56	39	39
	6+6(0,76)/100/5	30	37	33	38	37	42	45	49	50	51	50	48	50	53	53	57	61	64	49	49
DVH Doble Laminado	3+3(0,76)/12/3+3(0,76)	26	21	29	28	30	34	36	40	42	44	44	44	45	46	47	52	57	58	42	42
	3+3(0,76)/24/3+3(0,76)	28	28	36	32	34	37	40	44	47	50	50	49	49	48	55	62	63	62	46	46



Capítulo 7

VIDRIADO DE SEGURIDAD

En relación a los vidrios, se deben considerar dos tipos diferentes de conceptos de seguridad: los referidos a la seguridad de las personas y aquellos vinculados a la seguridad de los bienes. En inglés existen dos palabras diferentes para indicar esto:

1.- SAFETY: seguridad para las personas

2.- SECURITY: seguridad de los bienes; los vidrios para esta finalidad pueden clasificarse en:

- antivandalismo
- antibalístico
- antiexplosivo

1.- SAFETY: SEGURIDAD PARA LAS PERSONAS

Los accidentes con vidrios suelen tener consecuencias graves y la mayoría de ellos ocurren en el hogar (75% del total) afectando mayoritariamente a chicos de edades entre 5 a 14 años. Por este motivo es muy importante prevenir toda situación que pueda generar un accidente con vidrios. Y la mejor forma de prevención de accidentes es utilizando los materiales adecuados en todas aquellas áreas vidriadas de riesgo. Para ello debemos establecer claramente:

- qué es un vidrio de seguridad.
- qué es un área de riesgo.

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, un VIDRIO DE SEGURIDAD es aquel que no se rompe, o si se rompe, lo hace en forma segura (sin astillas cortantes).

Por otro lado, un AREA DE RIESGO es toda aquella superficie vidriada que, por su posición, función o características del entorno de colocación, presenta exposición al impacto de las personas y/o un riesgo físico en caso de rotura de los vidrios.

Las áreas vidriadas consideradas de riesgo se clasifican en verticales o inclinadas. Se considera vidrio vertical aquél cuyo ángulo de colocación es menor a 15° respecto de la vertical y vidrio inclinado aquel cuyo ángulo de colocación es mayor a 15° respecto a la vertical.

En todas las áreas vidriadas de riesgo debe emplearse vidrio de seguridad y/o modificar dicha situación mediante otros recursos de diseño o barreras de protección.

1.1.- AREAS DE RIESGO CON VIDRIOS EN POSICION VERTICAL

Básicamente son todas aquellas áreas vidriadas susceptibles de impacto humano accidental. Por ejemplo:

- Puertas de acceso y lugares de paso: incluye puertas de vidrio y/o vidrio enmarcado y puertas ventana que vinculan zonas habitables con sus expansiones (jardines, patios, balcones, etc.).

El mayor porcentaje de accidentes ocurre con puertas vidriadas y puertas balcón, lo que muestra la importancia de cumplir con los requisitos de seguridad relacionadas con puertas.

- Paneles laterales vidriados que puedan ser confundidos con accesos: incluye a los paños adyacentes a accesos.

- Áreas vidriadas con circulación a uno o ambos lados del vidrio, distante a 0.90 m o menos respecto de la misma: esta situación de riesgo incluye básicamente vidrieras cuyo borde inferior está a menos de 0.50 m del piso y su borde superior está a menos de 1.50 m respecto del piso.
- Vidrios adyacentes a áreas resbaladizas: incluye mamparas para baños y vidrios adyacentes a zonas resbaladizas tales como natatorios, lavaderos de automóviles, etc.
- Vidrios colocados a baja altura: esto incluye vidrios colocados a menos de 0.80 m respecto del piso, excepto balaustradas (bajo barandas de escaleras, balcones y entrepiso), como, por ejemplo: antepechos de ventanas, paños vidriados a baja altura en tabiques de separación de oficinas, etc.
- Otras situaciones de riesgo: son también áreas vidriadas de riesgo aquellos paños vidriados en los cuales:
 - Vidrios adyacentes a zonas resbaladizas.
 - Vidrios colocados a baja altura respecto del piso (0.80 m o menos).
 - Las balaustradas de vidrio (deben ser objeto de consideraciones adicionales de diseño).

La fig 7.1 esquematiza las áreas de riesgo más comunes para vidrios en posición vertical:

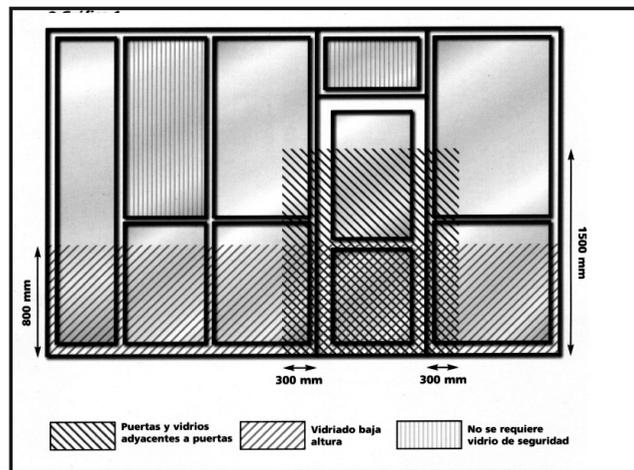


Fig 7.1
gentileza: VASA.

1.2.- AREA DE RIESGO CON VIDRIOS INCLINADOS:

Es toda aquella área vidriada instalada más de 15 grados respecto al plano vertical y debajo de las cuales haya permanencia o circulación de personas. Por ejemplo: techos total o parcialmente vidriados, fachadas y aberturas inclinadas, marquesinas, parasoles, etc.

En estos casos, y desde el punto de vista de la seguridad, ya no estamos ante la posibilidad de impacto humano sino de las posibles consecuencias que puedan derivar de la caída de trozos de vidrio en caso de rotura de un paño inclinado.



El vidrio laminado es el único vidrio de seguridad que satisface los requisitos para ser empleado en vidrios inclinados, aunque en todos los casos deberá verificarse que tenga un montaje adecuado y sea capaz de satisfacer las solicitaciones que actúan sobre el mismo.

Fig 7.2 (gentileza V&M BT)

1.3.- TIPOS DE VIDRIOS DE SEGURIDAD:

Los vidrios de seguridad son de dos tipos:

- Vidrio templado
- Vidrio laminado

Las características principales de ambos tipos de vidrio ya se han explicado en el capítulo 3, por lo que sólo mencionaremos aquí aquellas propiedades que están vinculadas a la seguridad de las personas (safety).

Las propiedades de un Vidrio Templado como vidrio de seguridad se basan en dos aspectos: por un lado, posee mayor capacidad para resistir esfuerzos de tracción que un vidrio común y por otro lado, si rompe se desintegra en pequeños fragmentos que no causan heridas cortantes o lacerante serias como las que causarían los bordes filosos de pequeños trozos de vidrio recocido.

En el vidrio laminado, en caso de rotura los trozos de vidrio roto quedan adheridos a la lámina de PVB impidiendo su desprendimiento y caída, manteniendo el conjunto dentro del marco y sin interrumpir la visión. También, en caso de impacto de personas u objetos, actúa como barrera de protección y retención, evitando su traspaso y caída al vacío.

1.4.- NORMAS REFERIDAS A LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS:

Con el fin de poder definir los distintos tipos de vidrios de seguridad aptos para cada situación peligrosa, existen una serie de normas IRAM que recogen la experiencia local e internacional sobre la materia. Estas normas, establecen:

- un ensayo que permita comprobar si el vidrio en cuestión es o no un vidrio de seguridad.
- una clasificación de todos los vidrios que cumplen el ensayo anterior. Esta clasificación (tipo 1, 2 o 3) establece las diferentes capacidades de los vidrios en relación a la seguridad.
- establece qué tipo de vidrio de seguridad (1, 2 o 3) se debe usar para distintas áreas de riesgo.

Veamos, a continuación, una reseña de esas normas:

1.4.1- Norma MERCOSUR 298:2006 (Ensayo de Impacto)

Esta norma establece los requisitos y metodología del ensayo para determinar si un vidrio es o no de seguridad para las personas (safety). El ensayo busca reproducir el choque de un individuo contra un vidrio, para lo cual se impacta una carga de 50 kg contra el vidrio a ensayar, del modo que se esquematiza en la fig.7.3.

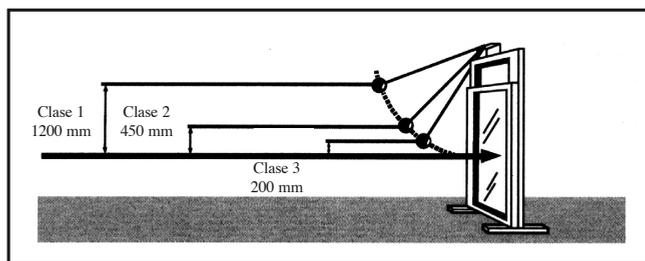


Fig 7.3: Dispositivo de ensayo NM 298 (fuente: BI n°14 VASA).

El ensayo se realiza a distintas alturas del impactador, de modo de evaluar el resultado con choques de diferentes niveles de energía. Las alturas son:

200 mm, 450 mm y 1200 mm

Para ser considerado un vidrio de seguridad, la norma NM 298 establece que -para cada altura del impactador- el vidrio debe:

- no romper o
- romper en forma segura

Romper en forma segura significa:

a.- los fragmentos de vidrio roto son pequeños y sus bordes no son cortantes (vidrio templado)

b.- los fragmentos de vidrio roto no se desprenden y en el caso de que se produzca un agujero, su dimensión no permite el paso de una esfera de 75 mm de diámetro (vidrio laminado).

1.4.2- Norma IRAM 12556: “Vidrios Planos de Seguridad para la Construcción”

La Norma IRAM 12556 utiliza los resultados del ensayo anterior y clasifica a los vidrios de seguridad según su resistencia al impacto en tres clases, según se muestra en el cuadro 7.1:

Cuadro 7.1: Clasificación de los vidrios de seguridad.

Clase	Altura de caída		
	200 mm	450 mm	1200 mm
1	No se rompa o rompa en forma segura		
2	No se rompa o rompa en forma segura		Ningún requisito
3	No se rompa o rompa en forma segura	ningún requisito	

También establece los requisitos que deben cumplir los vidrios una vez realizado el ensayo:

- para vidrio laminado: no debe observarse aberturas a través de las cuales pueda pasar una esfera de 76 mm de diámetro.

- para vidrio templado: la masa de los 10 trozos más grandes elegidos luego de la desintegración no debe ser mayor que la masa equivalente a 6500 mm^2 de la probeta original.

El vidrio templado deberá, además, cumplir con la Norma IRAM 12572 (Ensayos de fragmentación), la cual no se explica aquí.

En el cuadro 7.2 se indican, a título orientativo (no figura en la Norma IRAM), los diferentes espesores y composición de vidrios de seguridad y qué “clase” satisfacen.

Cuadro 7.2: Tipos de vidrios de seguridad y su “clase” (fuente BI 27 VASA)

Templado	> 4 mm	1
Laminado	3 / 0.38 / 2	2
	3 / 0.76 / 1	1
	4 / 0.38 / 1	2
	4 / 0.76 / 1	1
	5 / 0.38 / 1	1
	5 / 0.76 / 1	1

1.4.3- Norma IRAM 12595 “Práctica recomendada de seguridad para áreas vidriadas susceptibles de impacto humano”

En esta norma se recomienda el tipo y el espesor del vidrio en áreas vidriadas de forma de asegurar apropiada seguridad frente a impacto accidental u otro tipo de accidentes con vidrios.

La norma establece las zonas de riesgo y determina (para cada una de ellas) el tipo de vidrio de seguridad que debe utilizarse (1, 2, 3).

1.4.4- Norma IRAM 12596 “Práctica recomendada para el empleo de vidrios de seguridad en la construcción”.

Mientras la norma anterior (IRAM 12595) se refiere a los vidrios de seguridad “para áreas vidriadas susceptibles de impacto humano”, la IRAM 12596 se refiere a toda aquella aplicación de vidrios de seguridad “que permita minimizar las consecuencias de accidentes como producto de su rotura accidental o premeditada”.

Así establece las distintas situaciones de riesgo, las aplicaciones usuales del vidrio en esas situaciones y el vidrio de seguridad recomendado.

1.5.- ALGUNAS SITUACIONES TÍPICAS:

En la figura 7.4 y siguientes se pueden observar algunas situaciones comunes de riesgo con vidrio y el tipo de vidrio recomendado para cada caso.

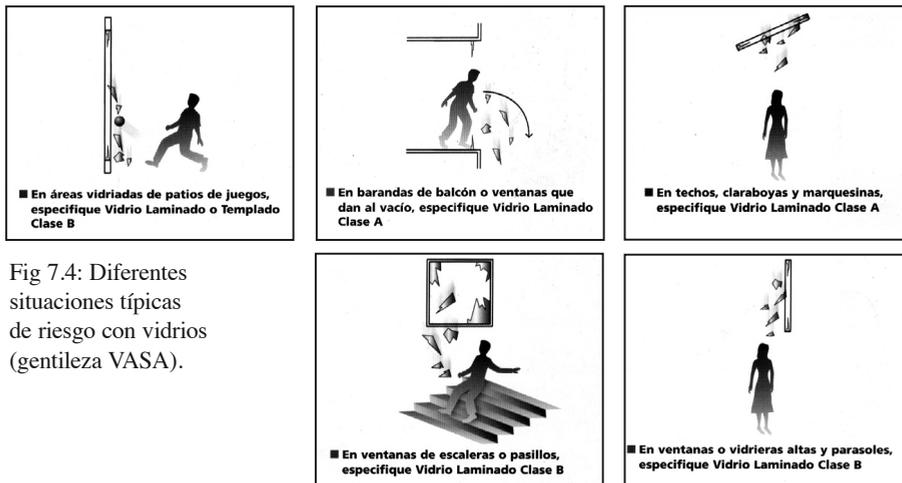


Fig 7.4: Diferentes situaciones típicas de riesgo con vidrios (gentileza VASA).

1.6.- CRITERIO PARA DISEÑAR VIDRIADOS DE SEGURIDAD

El concepto de seguridad está relacionado con:

- El tipo de riesgo: caída o paso a través del cristal, corte con vidrio roto, astillas, etc.
- La ubicación:
 - áreas de riesgo de impacto humano
 - superficies horizontales o inclinadas sobre la cabeza de las personas
 - locales o edificios de alto riesgo

Por lo tanto para seleccionar un vidrio de seguridad (safety) es necesario:

- Identificar qué tipo de área de riesgo es el área para vidriar
- Seleccionar el vidrio de seguridad más adecuado para ese riesgo, teniendo en cuenta los distintos tipos de vidrio de seguridad y la normas IRAM 12556 y 12595.

2.- SEGURIDAD DE LOS BIENES:

Cuando se busca asegurar los bienes que se encuentran en el interior de una vivienda, local o edificio, las soluciones a adoptar desde el punto de vista de los vidrios, serán diferentes según sean las situaciones de riesgo a que se esté expuesto. Así, se puede distinguir:

- Protección contra vandalismo
- Protección contra explosiones
- Protección contra balas

2.1.- VIDRIO ANTIVANDALISMO

En este caso se trata de impedir el ingreso de los delincuentes a través de las ventanas y vidrios que, generalmente, son los puntos más débiles de una vivienda o local.

Para estos casos, el vidrio laminado es una efectiva barrera pues impide la rotura rápida del vidrio y el ingreso a través del mismo ya que el delincuente no podrá realizar un hueco suficientemente grande ni suficientemente rápido.

Obviamente, hay muy variados elementos que se pueden utilizar para tratar de ingresar a través de los vidrios tales como martillos, cortafierros, masa, hacha, etc. Cada uno de ellos tiene un grado distinto de agresión sobre el vidrio laminado, lo cual deberá ser tenido en cuenta cuando se elija el vidrio laminado a instalar.

Es decir, se deberá elegir qué composición de vidrio laminado se seleccionará (tipo de vidrio y cantidad de PVB) en función del tipo de ataque que se espera recibir o se desea que sea capaz de soportar. Aquí se indican algunas configuraciones de PVB para vidrio laminado antivandálico.

4+4 / 1.52 PVB ó 3+3+3 / 0.76 / 0.76 PVB

2.2.- VIDRIO ANTIEXPLOSIONES

Cuando se busca un vidrio capaz de soportar explosiones, nuevamente el vidrio laminado se muestra adecuado, debido a sus propiedades:

- es inastillable.
- es capaz de absorber parte de la sobrepresión generada y de la energía de la explosión.

Para realizar el diseño se debe conocer el equivalente en TNT de la carga explosiva de diseño, distancia de la misma al edificio y la altura respecto al nivel del mar.

2.3.- VIDRIO ANTIBALA

Los vidrios antibala, son multilaminados formados por varias placas de cristal intercaladas con PVB. Esta composición garantiza no sólo que el proyectil sea frenado sin que llegue a atravesar el vidrio, sino también que no se desprendan fragmentos del lado interno del mismo. Los espesores de los vidrios, así como la cantidad de láminas de PVB, dependerán del tipo de protección solicitada.

En el país, el único ENTE REGULADOR Y HOMOLOGADOR de vidrios antibala es el REGISTRO NACIONAL DE ARMAS (RENAR), por medio de la NORMA RENAR MA 02 (Materiales de resistencia balística para blindajes), del año 1999.

Los materiales de resistencia balística para blindajes están controlados por la legislación vigente y requieren, por lo tanto, normas para su fabricación e importación.

Esta norma nacional regula los niveles de resistencia balística de los blindajes, al mismo tiempo que respeta y se adecua a las normas internacionales.

Según esta norma, se clasifican en siete niveles, de acuerdo a su capacidad de protección:

Nivel RB 0: resiste calibres .22 LR y .38 SPL

Nivel RB 1: resiste calibres .357 MG y 9 mm de baja velocidad

Nivel RB 2: resiste calibres .357 MG alta velocidad y 9 mm media velocidad

Nivel RB 3: resiste calibres .44 MG y 9 mm alta velocidad

Nivel RB 4: resiste calibres 7,62 y 5,56 mm NATO

Nivel RB 5: resiste proyectiles perforantes calibre 7,62 mm NATO

Nivel RBE: blindajes de resistencia balística especial especificado por el usuario

Siempre se deberá exigir CERTIFICACION RENAR de los cristales antibala.

Para más información ingrese a la página www.renar.gov.ar

2.4.- NORMA IRAM 12841

Esta norma establece las clases de vidrios de seguridad aptos para usar como antivandalismo y antibala.

- Define 3 factores que determinan el éxito o fracaso del intento:
 - A.- tipo de herramientas utilizada por los delincuentes
 - B.- técnicas y métodos empleados por los delincuentes
 - C.- tiempo real utilizado por los delincuentes
- Establece:
 - A.- Nivel de amenaza (de 1 a 4), el que está determinado por:
 - la capacidad de los delincuentes
 - la motivación de los delincuentes
 - el nivel de habilidad de los delincuentes
 - B.- Nivel de riesgo (bienes):
 - residencial
 - comercial
 - industrial
 - instalaciones de muy alto riesgo
- Define la clase de vidrio de seguridad correspondiente, según las combinaciones de situaciones mencionadas anteriormente.

Capítulo 8

STRESS TERMICO

1.- Causas de la fractura por tensión térmica

El vidrio colocado en una abertura está sometido a la radiación solar y absorbe calor, lo cual eleva su temperatura y lo obliga a dilatar. Pero si el vidrio se encuentra dentro del marco de una ventana y protegido por contravidrios, los bordes recibirán menos calor y estarán a menor temperatura que el centro, que recibe toda la radiación. Como consecuencia el centro necesitará dilatar más que los extremos y esto generará una tensión entre ambos (stress térmico) que puede producir la rotura del vidrio. Esto es muy probable que ocurra si la diferencia de temperatura entre la zona caliente y la zona fría supera los 40° C. En la fig. 8.1 se esquematiza esta situación.

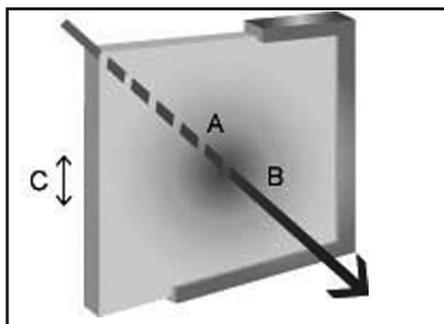


Fig. 8.1: Generación de tensión térmica
 A: caliente, trata de expandirse B: frío,
 resiste la expansión C: tensión de tracción
 (fuente: BI VASA).

2.- Cómo prevenir la fractura por stress térmico:

Para prevenir la fractura por stress térmico, es importante tener en cuenta los siguientes factores:

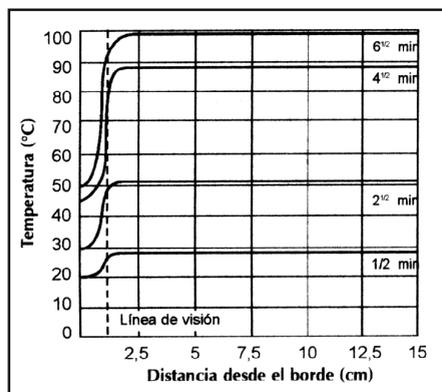
- Características de la ventana: las características de las ventanas tienen mucha importancia en el desarrollo de las tensiones que conducen a la fractura por stress térmico: Por ejemplo:
- Tipo de Marco: si el marco de la ventana es pobre conductor del calor (madera, PVC), la temperatura de los bordes será menor y, por consiguiente, el stress térmico mayor. En el cuadro 8.1 se observa la influencia del material en la reducción de la tensión térmica por borde frío/centro caliente.

Cuadro 8.1: Influencia del marco para reducir la tensión térmica por borde frío/centro caliente.
 (fuente: BI n° 21 VASA)

Material del marco	Reducción
Hormigón y ladrillos	0%
Madera	10%
Metal de color claro	20%
Metal de color claro con corte de puente térmico	25%
Metal de color oscuro	25%
Metal de color oscuro con corte de puente térmico	30%
Material plástico o goma	50%
DVH estructural	60%
Simple vidriado estructural	70%

- Color del marco: los colores oscuros absorben más calor (negro, por ejemplo), por lo que mantienen el borde más caliente y disminuyen el stress térmico.

- **Aislamiento de la pared:** si el marco está térmicamente aislado del muro, los bordes del vidrio se calentarán más rápidamente y el stress térmico será menor; por el contrario si el marco presenta un buen contacto térmico con la estructura del muro, los bordes del vidrio perderán calor por conducción hacia la masa fría del muro, disminuirá la temperatura del marco y aumentará la tensión por stress térmico.



- **Altura del contravidrio:** la altura del contravidrio debe ser tal que permita mantener retenido con seguridad al paño de vidrio. Normalmente se utiliza de 2 a 3 mm más que el espesor del vidrio. Se debe evitar usar contravidrios más altos porque al aumentar la altura, aumenta la diferencia de temperatura entre el centro y el borde del vidrio, y por consiguiente aumenta la tensión por stress térmico.

Fig.8.2: Influencia de la altura del marco en el stress térmico (fuente: BI n° 21VASA).

En la fig. 8.2 se observa cómo aumenta la diferencia de temperatura entre el borde y centro del vidrio a medida que pasa el tiempo.

- **Efecto de la radiación solar:** la intensidad de la radiación solar es muy importante en relación al desarrollo del stress térmico en el vidrio y se ve influenciada por:

- la ubicación geográfica del edificio (latitud)
- orientación e inclinación del paño respecto de la vertical
- estación del año y hora del día
- presencia de nubes y polución atmosférica
- reflectividad del terreno y de las estructuras adyacentes al edificio.

- **Variación de temperaturas durante el día/noche:** la variación de temperatura del centro del vidrio acompaña la variación de temperatura del ambiente, pero la temperatura de los bordes varía mucho más lentamente (por el efecto de retardo que crea el marco), por lo que pueden generarse tensiones térmicas excesivas.

- **Tipo de vidrio (absorción del calor):**

- Los vidrios color (de Control Solar; ver capítulo 2) absorben mucha más energía que los vidrios incoloros (debido a los pigmentos que contiene en su masa), por lo cual son mucho más susceptibles de sufrir stress térmico que los vidrios incoloros. Al utilizar vidrios color, deberá estudiarse - en cada caso - la necesidad de termotreatarlos. El proceso de templado o termoendurecido (ver capítulo 3) otorga una resistencia adicional al vidrio que lo hace capaz de soportar las tensiones originadas por stress térmico.

- También deben ser termotreatados los vidrios reflectivos colocados en cara 2 (#2) (ver capítulo 3), por cuanto en estos casos la radiación térmica del sol atraviesa dos veces la masa del vidrio (al llegar a la capa reflectiva en la cara 2, se refleja en la capa metálica y vuelve a atravesar el vidrio al egresar de él, tal como se muestra en la fig. 8.3).

Durante el tratamiento térmico de un vidrio reflectivo (y aún más si se trata de un low-e) la superficie pierde algo de su planimetría original, lo cual puede generar distorsiones de imagen inaceptables. Esta tendencia es mayor en el templado que en el termoendurecido, por lo que éste último es el tratamiento térmico preferido cuando sólo se busca aumentar la resistencia al stress térmico (recordar que el vidrio termoendurecido no es vidrio de seguridad).

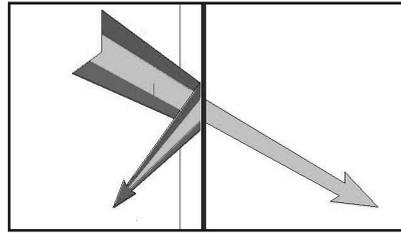


Fig. 8.3: en un reflectivo #2 los rayos solares atraviesan dos veces el vidrio

- En el caso de un DVH, hay que tener en cuenta la elevación de temperatura que se produce en el interior de la cámara de aire, lo que significa una causa adicional de stress térmico.
- También debe tenerse en cuenta la tensión térmica en los vidrios laminados de control solar.
- La colocación de láminas de control solar es un factor de incremento del stress térmico, por cuanto éstas se suelen ubicar en cara #2, y -al reflejar hacia el exterior los rayos solares- hacen que éstos atraviesen dos veces la masa del vidrio, lo cual contribuye a aumentar la tensión por stress térmico.

• Sombras externas

Las sombras exteriores que se producen sobre un paño de vidrio (producidos por árboles, aleros, edificios vecinos, etc.) pueden generar tensiones térmicas al producir zonas de diferentes temperaturas.

La máxima tensión térmica se produce cuando una superficie igual o menor al 25% de un paño, está afectada por una sombra estática o permanente y/o cuando el sector sombreado abarca más del 25% del perímetro del paño. Una sombra es considerada permanente o estática cuando su duración es igual o mayor a 4 horas; si es menor, es considerada sombra móvil.

La fig. 8.4 muestra los distintos tipos de sombra que pueden afectar al stress térmico.

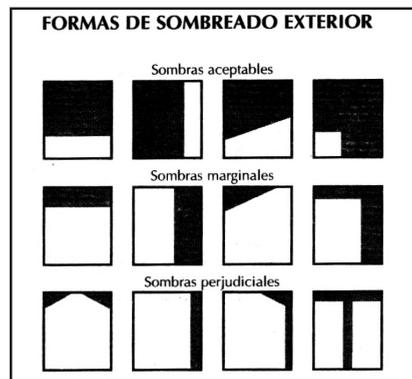


Fig. 8.4: Sombras exteriores y su influencia en el stress térmico (fuente: BI 13 VASA)

• Sombras Internas: hay tres aspectos para considerar:

- Evitar las sombras generadas en el interior del edificio, que pueden actuar de la manera señalada en el ítem anterior.
- Impedir que se vea afectada la libre circulación del aire sobre la cara interior del vidrio, pues esto puede generar incremento en la temperatura de la cara interior del vidrio y puede ser causal de incremento del stress térmico (mantener un mínimo de 50 mm de distancia entre el vidrio y las cortinas).
- Debe evitarse que las cortinas venecianas u otro tipo de elementos, re-irradien la radiación hacia el vidrio, lo cual incrementará su temperatura aumentando la posibilidad de stress térmico.

- **Estado de los bordes del vidrio:** la fractura térmica usualmente se produce por la acción de una tensión de tracción en el borde del paño y paralela al mismo. La posibilidad de que ocurra la rotura depende de la presencia y tamaño de imperfecciones en los bordes a través de las cuales se liberarán las tensiones acumuladas por stress térmico.

Por lo tanto, habrá que asegurar un corte neto y limpio en los bordes del vidrio. En caso de dudas sobre el verdadero estado del borde, se lo deberá pulir antes de ser colocado en la obra.

En el caso del vidrio laminado los bordes deberán ser siempre pulidos o arenados antes de ser instalados y no deben ser instalados en aberturas exteriores si sus bordes presentan escallas o pinzaduras.

- **Tamaño y espesor del float:** cuanto más grande y más grueso es el vidrio, más difícil es de manipular, de cortar y de colocar, por lo que es más probable que ocurran daños en sus bordes.

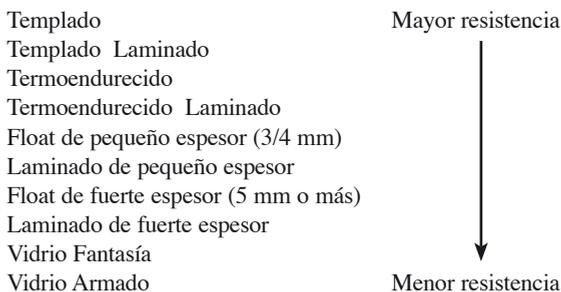
La probabilidad de una falla crítica en el borde será menor cuanto menor sea la superficie del borde (perímetro por espesor).

- **Fuentes de aire caliente o frío sobre el vidrio:** se debe evitar la acción directa de las fuentes de aire acondicionado frío/calor sobre la superficie del vidrio. Si no es posible, considerar la posibilidad de templar el vidrio.

- **Quitar todas las etiquetas u obleas:** las etiquetas u obleas pueden generar tensiones térmicas por su capacidad extra de absorción del calor.

3.- Nivel de Resistencia al Stress Térmico

La resistencia al stress térmico está fuertemente influido por el tipo de vidrio. La siguiente es una escala que clasifica a los vidrios según su resistencia a las tensiones térmicas:



El float esmerilado u opacado sometido a la acción de los rayos del sol, tendrán tendencia a romper por stress térmico por lo deberán templarse o termoendurecerse.

4.- Diagnóstico de fallas por stress térmico:

Para diagnosticar si una rotura es por stress térmico, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El origen de una fractura por stress térmico está en el borde del paño o muy cerca de él y se inicia en forma perpendicular al mismo.
- Cuando la tensión o stress térmico tiene poca energía, la fractura se propaga en forma de una línea curva, que casi siempre sale por un borde opuesto o contiguo. (Figura 8.5). Se propaga a baja velocidad.

- Cuando la energía tiene más potencial, la velocidad de propagación es mayor y la línea curva de fractura suele multiplicarse en dos o más líneas de fractura, hasta que una o más lleguen a un borde opuesto o contiguo. (Fig. 8.6). Se propaga a alta velocidad.
- Si la tensión es baja la rotura se iniciará a partir de una seria falla en el borde del vidrio (escalladura o mal pinzado).
- Si las fallas en los bordes son pequeñas será alta la energía necesaria para producir la rotura. Por lo tanto en esas condiciones sólo existirá fractura por stress térmico si la tensión térmica es alta.



Fig. 8.5: Fractura por stress térmico de baja tensión (gentileza VASA).



Fig. 8.6: Fractura por stress térmico de alta tensión (gentileza VASA).

Capítulo 9

COLOCACION DE VIDRIOS

“Una ventana mal instalada es una mala ventana”.

De nada servirán los esfuerzos realizados para obtener una buena carpintería y un buen vidrio si, finalmente, han sido mal instalados. Por ello es necesario conocer los criterios correctos de instalación y asegurarse que se lleven a cabo como corresponde.

Nota: debido al carácter de este libro, sólo nos ocuparemos de los aspectos relacionados a la instalación del vidrio en las aberturas, sin incursionar en la instalación de las aberturas en el vano.

Es muy importante tener en claro que una correcta instalación de los vidrios es fundamental para poder obtener de ellos la máxima prestación. Las consecuencias de una mala instalación son:

- mayor posibilidad de rotura de los vidrios ya sea porque sufrirán tensiones mecánicas indebidas o por aumento del stress térmico.
- pérdida de las propiedades del vidrio (particularmente crítico en DVH, vidrios laminados y espejos).
- mal funcionamiento de la ventana en la que está instalado el vidrio (esto es particularmente serio en ventanas de abrir y oscilo batientes), lo que suele generar mayores tensiones mecánicas debido a los esfuerzos extra que se realizan sobre la ventana para hacerla funcionar.
- mayores costos para el fabricante y/o instalador del vidrio que deberá gastar recursos en atender reclamos, fabricar el vidrio de reemplazo e instalarlo y molestias para el cliente quien -muchas veces- es el que termina haciéndose cargo del costo.

Para una correcta instalación es necesario conocer profundamente los siguientes aspectos:

- principios generales de acristalamiento
- requisitos para la colocación de los tacos de apoyo
- requisitos de luces entre el vidrio y la carpintería
- requisitos para cerrar los espacios entre vidrio y carpintería: selladores y burletes (explicados en capítulo 9)

1.- PRINCIPIOS GENERALES DE ACRISTALAMIENTO

Los principios básicos que se deben tener en cuenta al realizar un acristalamiento son los siguientes:

1.1.- INDEPENDENCIA:

El principio de independencia establece que el vidrio deberá estar instalado en forma totalmente aislada del marco o elemento que lo contenga, de modo que las alteraciones que puedan sufrir algunos de estos elementos no se transmitan al vidrio.

Es decir, que el vidrio no debe soportar esfuerzos debido a:

- a.- Contracciones o dilataciones del propio vidrio: las contracciones y dilataciones sin duda existirán, pero la instalación debe impedir que éstas ejerzan esfuerzos adicionales sobre el vidrio.
- b.- Contracciones, dilataciones o deformaciones de los bastidores que lo enmarcan, propias de su naturaleza

o construcción. Es decir que los movimientos debido a esfuerzos térmicos producto de la dilatación lineal de los materiales del bastidor, no deberán afectar al vidrio. Lo mismo si la dilatación o deformación es producto de la forma en que fue construido el bastidor.

c.- Deformaciones aceptables y previsibles del asentamiento de la obra (por ejemplo: las flechas de los elementos resistentes). Tampoco deben generar esfuerzos extra sobre el vidrio.

En ningún caso deberá haber contacto vidrio-vidrio, vidrio-metal o vidrio-hormigón.

1.2.- ESTANQUEIDAD

La instalación deberá garantizar que el cerramiento vidrio-bastidor sea estanco, es decir que no permita el paso de agua hacia el interior del bastidor, pues en ese caso se verá afectada la calidad del vidrio (en especial vidrios laminados y DVH) e, inclusive la del mismo bastidor (dependiendo del material del que esté hecho).

Para ellos, se deberán usar perfiles elastómeros y selladores que garanticen la estanqueidad al agua y permeabilidad al aire (IRAM 11591 y 11523), tal como se explica en el capítulo 10.

Los selladores deben tener la adherencia y elasticidad establecidas en las Normas IRAM 11507 y 11523, para que los movimientos diferenciales vidrio/bastidor no afecten dicha estanqueidad. En el capítulo 9 se explican más detalladamente los requisitos a cumplir por selladores y burletes.

1.3.- COMPATIBILIDAD

Todos los materiales que se utilicen (perfiles, vidrios, calzos, burletes y selladores) deben ser compatibles entre sí para evitar migraciones de productos de uno a otro, con la consecuente degradación de los materiales y pérdida de sus propiedades.

Las consecuencias que acarrea el uso de materiales incompatibles entre sí pueden ser muy graves:

- pueden afectar al vidrio en forma directa: ataque sobre el PVB del laminado o sobre los selladores primarios y secundarios del DVH.
- pueden afectar la estanquidad del cierre, si los que se ven afectados son los burletes o los selladores.

Menos grave técnicamente, pero muy importante estéticamente es que se pueden producir manchas sobre los materiales de las carpinterías o sobre los selladores que son inaceptables para el usuario del producto.

1.4.- FIJACION

Los vidrios deben ser colocados de forma que jamás puedan perder su emplazamiento bajo la acción del peso propio, del viento, de las vibraciones y de su uso funcional.

Por ese motivo debe verificarse que se utilicen los calzos de las dimensiones adecuadas y que los mismos se encuentren pegados a la carpintería, de modo que aún bajo las fuertes solicitaciones propias del abrir y cerrar repetidamente una puerta o ventana, los calzos no pierdan su emplazamiento.

Simultáneamente se deberá verificar que se utilicen las luces de acristalamiento correctas y que la selección del espesor del vidrio (para la dimensión de que se trate) sea la correcta para soportar las tensiones de viento que se estimen podrán ocurrir (ver capítulo 11).

2.- REQUISITOS DE UN BUEN ACRISTALAMIENTO

De lo dicho en el punto anterior, se desprenden algunas consecuencias a tener en cuenta:

2.1.- El vidrio debe poder “flotar” libremente dentro de la abertura (Fig. 9.1), es decir que debe haber una adecuada separación entre vidrio, marco y contravidrio.

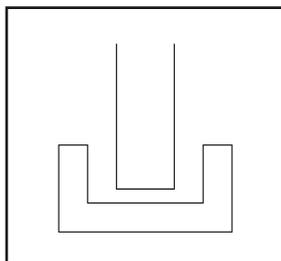


Fig. 9.1: El vidrio debe “flotar” en la carpintería.

De no haberla, el vidrio puede tomar contacto con los elementos del bastidor, lo que puede ocasionar:

- Rotura del vidrio en forma inmediata si se genera una tensión muy grande.
- Rotura durante la vida útil, cuando a esta tensión extra se le suma la acción del viento sobre el vidrio y/o sobre los bastidores, o el aumento del stress térmico en el vidrio, o la dilatación y compresión de los bastidores por el aumento o disminución de la temperatura ambiente. Cualquiera de estos movimientos genera una tensión adicional que producirá la rotura.
- Debido a los mismos procesos, se puede destruir la capacidad elástica de los selladores secundarios del DVH.

En los vidrios templados, se deberá considerar el posible alabeo que pueda tener el producto debido al propio proceso de templado. En estos casos se deberán considerar las luces que efectivamente quedan y tomar los recaudos necesarios para asegurar que el vidrio “flote”, aún en estos casos.

2.2.- Dimensiones del contravidrio

Los contravidrios también deben cumplir algunos requisitos:

- deben ser capaces (por altura y resistencia) de retener el vidrio frente a la presión/succión del viento.
- no deben ser muy altos, pues podrían provocar tensiones térmicas excesivas (ver capítulo 7 -stress térmico).

2.3.- Condiciones del vidrio

El vidrio también debe presentar condiciones adecuadas para poder hablar de una buena instalación. Estas son:

- debe tener el espesor adecuado para las dimensiones del vidrio, y debe cumplir los requisitos de la Norma IRAM 12565. (“Cálculo del espesor conveniente de vidrios verticales sustentados en sus cuatro bordes”- capítulo 12). Si el vidrio no es capaz de soportar los requerimientos de la presión de viento o de otras solicitaciones (personas que se apoyan en ellos, acción de apertura y cierre de la ventana o puerta, etc.) no se puede decir que está bien instalado.
- los cantos del vidrio deberán estar en muy buen estado (corte limpio, sin escallas ni golpes), pues ello es determinante para impedir la rotura por stress térmico.

- en el caso de vidrios laminados, los vidrios que lo componen deberán estar correctamente alineados entre sí y tener sus bordes y esquinas redondeadas.

- del mismo modo, en los DVH también se deberá garantizar que los vidrios estén alineados y con sus cantos pulidos.

3.- GALCE Y CALZOS

En la figura 9.2 se pueden observar los elementos que intervienen en un buen acristalamiento.

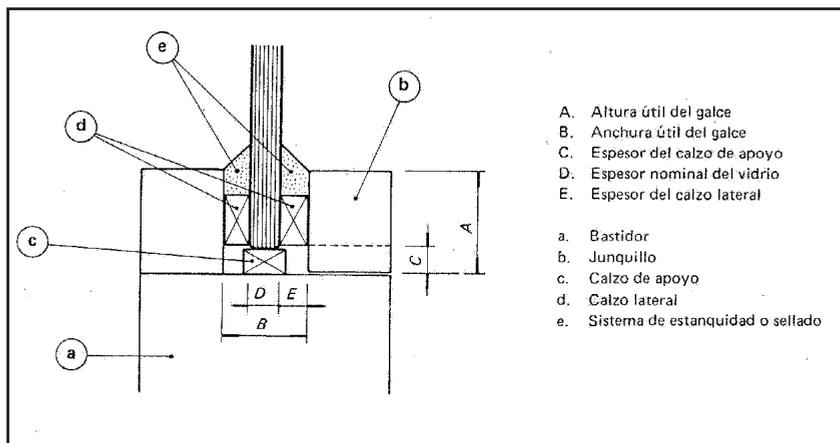


Fig. 9.2: Elementos que intervienen en una correcta instalación.

Como puede observarse, el vidrio apoya sobre tacos de apoyo horizontales (c) y laterales (d) contenidos entre el bastidor (a) y el contravidrio (b) y todo el conjunto cerrado con un sellador (e). Hay dos elementos que se deben analizar más detenidamente; estos son: el galce y los calzos.

a.-GALCE

El galce es la parte del bastidor destinada a recibir el vidrio (señalado en la fig. 9.2 como c). Los bastidores pueden ser metálicos, de madera o de PVC.

Hay tres tipos de galce:

- Galce abierto (fig. 9.3): es el galce abierto al exterior.

- Galce cerrado (fig. 9.2): es un galce abierto que se cierra con la ayuda de un bastidor rígido (contravidrio o junquillo). El galce cerrado es el único que puede recibir todos los productos de acristalado (DVH, laminados, etc.) y de grandes dimensiones. Además es el único que puede garantizar cumplir con los requisitos establecidos en la Normas IRAM de ventanas.

- Galce de ranura (fig. 9.4): se trata de un galce cerrado en el que se introduce el borde del vidrio. La utilización de juntas de elastómeros en U es la adecuada para este tipo de montaje que evitan, cuando esta junta es la apropiada, la utilización de calzos.

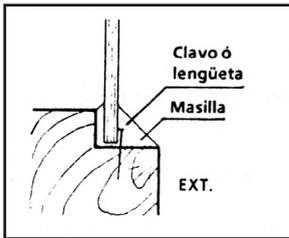


Fig. 9.3:
Galce abierto.

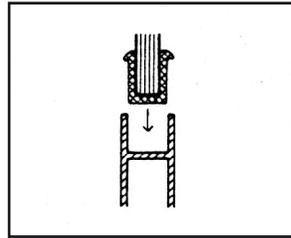


Fig. 9.4:
Galce de ranura.

b.-CALZOS

También se los llama “tacos”.

Los calzos tienen por objeto conseguir el acuñaado del vidrio en los bastidores de ventanas (fig. 9.5). De su interacción entre el vidrio y el marco se consiguen los siguientes efectos:

- asegurar un posicionamiento correcto del acristalamiento dentro del bastidor.
- transmitir al bastidor en los puntos apropiados el peso propio del acristalamiento y los esfuerzos que éste soporta.
- evitar el contacto entre el vidrio y el bastidor.

Los calzos deben ser de material imputrescible, inalterable a temperatura entre -10°C y $+80^{\circ}\text{C}$ y compatible con los productos de estanquidad y el material del que esté compuesto el bastidor.

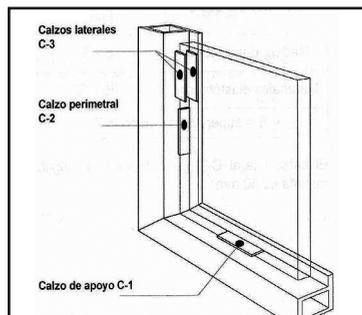


Fig. 9.5: Tipos de calzos y su ubicación

Se deben distinguir 3 tipos de calzos:

CALZO DE APOYO (C1)

También se lo llama taco de asentamiento.

Su función es transmitir el peso del vidrio al travesaño base del bastidor en uno o dos puntos seleccionados, con el fin de que produzca la mínima deformación del bastidor. Además impide el contacto del vidrio con la base del bastidor.

Se los ubica a $1/4$ de los extremos de vidrio.

Para un vidrio de superficie S (en m^2) y calzos fabricados con materiales elastómeros, la longitud del calzo se determina así:

$$L = 29 \times S$$

De todos modos, nunca deberá ser menor a 50 mm.

Su ancho deberá ser mayor o igual que el espesor del vidrio, para asegurar que el apoyo del vidrio sea completo (en DVH, si el calzo no apoya en los dos vidrios, la unidad se verá sometida a tensiones extra que pueden afectar al sellador primario y hacer que el DVH pierda sus propiedades).

Es muy importante que posea una dureza adecuada, que garantice que sea capaz de soportar el peso del vidrio sin aplastarse (en cuyo caso, con el tiempo, el vidrio tocaría el bastidor), ni perder su cualidad por acción de la humedad. Su dureza debe estar entre 65° y 75° shore.

CALZO PERIMETRAL (C2)

También se los llama espaciadores laterales.

Su función es asegurar el posicionamiento del vidrio dentro de su plano para evitar que se desplace durante las maniobras de las ventanas.

Además impiden el contacto vidrio/marco y vidrio/contravidrio.

Por estos motivos es que, al montarlos, se los debe pegar (normalmente es suficiente con un poco de silicona), para asegurar que no se moverán de su lugar ni durante el transporte ni durante su vida útil sometido a esfuerzos.

Para un vidrio de superficie S (en m²) y calzos fabricados con materiales elastómeros, la longitud del calzo se determina así:

$$L = 29 \times S$$

De todos modos, nunca deberá ser menor a 50 mm.

Su ancho debe ser, como mínimo, igual al espesor del conjunto vítreo.

Su dureza debe estar entre 35° y 45° shore.

Cuando se usan burletes (de caucho, vinílicos, etc.) los calzos perimetrales no son necesarios.

CALZO LATERAL (C3)

Mantiene las holguras laterales y transmiten al bastidor las cargas aplicadas al vidrio perpendicularmente a su plano (presión del viento y peso propio en el caso de ventanas con apertura por giro horizontal).

Su dureza debe estar entre 35° y 45° shore.

Debe tener una longitud mínima de 30 mm.

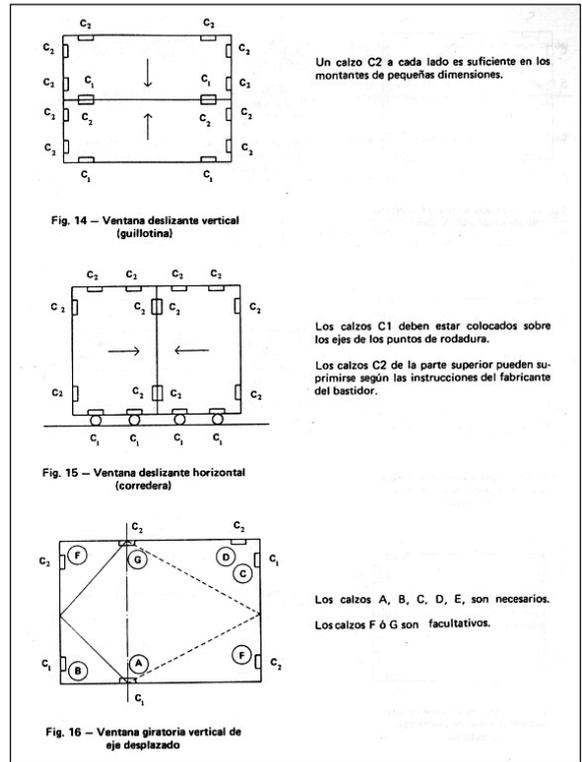
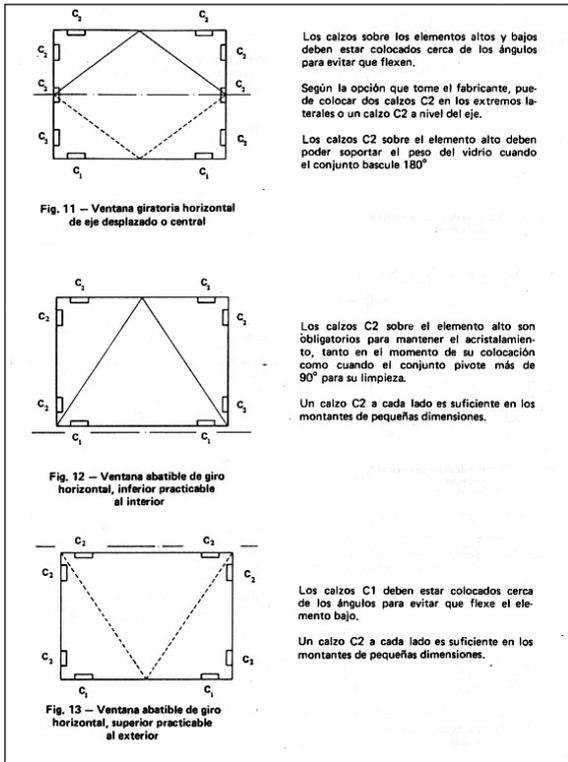
Su ancho dependerá de la altura del galce teniendo en cuenta el espacio a prever para el sellado (fig. 9.2)

4.- UBICACIÓN DE LOS CALZOS PARA CADA TIPO DE ABERTURA

Con excepción de los paños fijos, todas las demás aberturas deben soportar tensiones mecánicas extras durante su accionamiento de apertura y cierre. Estas tensiones serán diferentes según sea el tipo de apertura pero, de acuerdo a lo expresado al principio de este capítulo, la instalación del vidrio deberá ser tal que permita absorber estas tensiones y evitar que se trasladen al vidrio.

También es importante tener en cuenta que algunos tipos de aberturas tienen que soportar solicitaciones especiales sobre la hoja de la ventana debido al peso del vidrio (ventanas de abrir y oscilo batientes, especialmente). Es importante ubicar los calzos del vidrio de modo tal que los esfuerzos sobre la hoja se minimicen.

Por todo esto es que la ubicación de los calzos no debe ser hecha arbitrariamente sino siguiendo una serie de



normas bien precisas, las cuales se ponen de manifiesto en las figuras siguientes, que fueron extraídas de la norma española UNE 85-222-85.

5.- LUCES DE ACRISTALAMIENTO

La luz de acristamiento es el espacio entre la carpintería y el vidrio. Este espacio ha de ser suficiente como para que los movimientos de dilatación del conjunto no actúen sobre el vidrio. Los calzos de apoyo (C1) y perimetrales (C2) se ubican en ese espacio e impedirán el movimiento del vidrio.

Ya se indicó en el punto anterior que la ubicación de los calzos depende del tipo de abertura de que se trate.

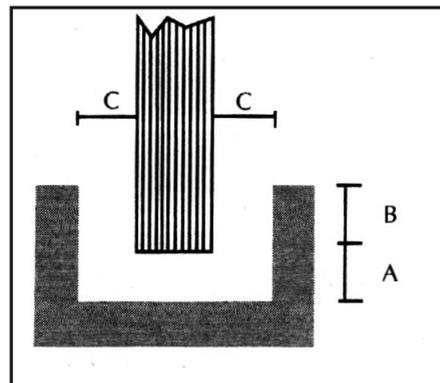
Del mismo modo las luces de acristamiento dependen del tipo de vidrio que se esté acristalando.

Se puede distinguir:

- instalación de vidrio común
- instalación de vidrios laminados
- instalación de DVH

Las luces de instalación para el vidrio float común y para DVH se indican en el cuadro 8.1 y la fig. 8.13

Fig. 9.13: Luces de acristamiento (BI VASA nº13).



Tipo de vidrio	Espesor nominal	Luces recomendadas		
		A (mm)	B (mm)	C (mm)
	3	3	6	3
Vidriado simple	4	5	8	3
Float	5	5	8	3
	6	6	10	3
• incoloro	8	8	10	4
• de color	10	8	12	6
• reflectante	12	10	12	6
Doble Vidriado Hermético	12	3	12	3
Float	15	3	12	3
	19	6	12	5
• incoloro	24	6	12	6
• de color	32	10	12	6
• reflectante				

Cuadro 9.1: Luces de instalación (fuente BI n°13 VASA).

Respecto a los Vidrios Laminados se deben seguir las siguientes indicaciones:

- La junta de dilatación perimetral será de 3 mm cuando la dimensión mayor del paño no supere los 750 mm y de 5 mm como mínimo cuando sea mayor a 750 mm.
- La junta de dilatación lateral será de 3 mm, para laminados de 6 mm de espesor y de 4 mm para laminados de espesor 8 y 10 mm.
- Se deben prever agujeros de drenaje en la carpintería para evitar acumulación de agua que producirá deterioros en el PVB (pues es un material hidrófilo).
- No se deben usar masillas comunes al aceite ni selladores con ácido acético pues deteriorarán el PVB.

Capítulo 10

SELLADORES

SELLADO DE LA JUNTA VIDRIO-CARPINTERIA

En el capítulo 8 se establecieron los siguientes requisitos para una buena instalación de vidrio en carpintería:

- el vidrio debe “flotar” en la carpintería y no tener ningún contacto con ella.
- los calzos deben sostener el vidrio y transmitir su peso a la carpintería a la vez de mantener las luces adecuadas entre vidrio-carpintería bajo todas las condiciones de uso.

Pero para ello es necesario cerrar los espacios laterales vidrio-carpintería, con el fin de:

- Sostener mecánicamente al vidrio en la posición que se determinó con los calzos.
- Impedir el ingreso de agua y aire a través de esos espacios.

Esto último no es sólo una necesidad del usuario de la ventana -que no desea que ingrese agua al interior de la vivienda o corrientes de aire desagradables- también es un requisito de mantenimiento de las carpinterías y muchos tipos de vidrio (DVH, laminados) perderían sus propiedades en contacto con el agua.

Para proceder al cierre correcto de los espacios laterales vidrio-carpintería, se dispone de dos tipos de tecnologías (se usa una u otra dependiendo de las características de cada sistema de carpintería):

- **SELLADO DE ADHERENCIA:** en este tipo de sellado se utilizan productos viscosos que se aplican sobre la junta a rellenar, copian su forma y secan en forma de caucho. Son los que habitualmente se conocen como SELLADORES.
- **SELLADO POR PERFILES ELASTOMERICOS:** en este caso se trata de perfiles ya elaborados y con la forma requerida para obturar el espacio de la junta y están fabricados de materiales elastoméricos. Son los habitualmente llamados BURLETES.

Analizaremos las características y requerimientos de cada uno de ellos.

1.- SELLADORES

El sellador es un elemento que se vierte en forma fluida sobre la junta a sellar y posteriormente vulcaniza en un caucho que ha copiado exactamente la forma de la junta que le ha servido de molde, quedando al mismo tiempo adherido a los materiales que trata de sellar.

Estas juntas moldeadas “in situ” trabajan lo mismo a la compresión que a la tracción y no exigen tolerancias milimétricas en cuanto a dimensiones o forma a obturar.

El papel fundamental de un sellador en la instalación de ventanas es el de evitar la intrusión de agua y aire. Para ello debe cumplir varios requisitos fundamentales:

- ser impermeable al agua.
- tener capacidad de acompañar los movimientos térmicos diferenciales del vidrio y los componentes de la carpintería y otros movimientos estructurales sin perder sus propiedades de impermeabilidad.

- mantener ambas propiedades a lo largo de los años (para sellado de vidrios: no menos de 10 años).

Los selladores se caracterizan por la sustancia química de base y su proceso de endurecimiento.

1.1- Propiedades de un sellador

Para poder cumplir con los requisitos mencionados, los selladores deben tener las siguientes propiedades:

-ADHESION

Adhesión es la capacidad del sellador de ligarse al sustrato (vidrio, aluminio, pvc, madera). El sellador deberá soportar los esfuerzos debido a dilataciones y compresiones, cargas de viento, movimientos de los materiales de obra, etc. sin despegarse del material al que está adherido. Puede decirse que la calidad de la junta depende en gran medida de la adherencia. Por este motivo también es muy importante verificar previamente la limpieza de los materiales a sellar, sin lo cual no podrá garantizarse una correcta adherencia de los selladores.

-COHESION:

Cohesión es la capacidad del sellador de sostener los extremos de expansión y contracción sin romperse. La luz UV afecta a la cohesión de los selladores orgánicos, pero no así los inorgánicos (ver ítem 1.2).

-MODULO

Módulo es la relación entre esfuerzo y tensión en las uniones ligadas. Indica la capacidad del sellador de absorber movimientos. Para sellado de ventanas conviene un módulo alto (transmite menos fuerza). Los selladores de módulo ultra-bajo se utilizan cuando hay que compensar grandes movimientos en la junta.

-ELASTICIDAD

Se dice que un material es elástico cuando luego de deformarse por acción de una presión ejercida sobre él, recupera su estado inicial al cesar la presión. Por el contrario un material es plástico si al retirarse la presión permanece en el estado de deformación y no recupera su estado inicial. Los selladores pueden ser plásticos, elásticos o plástico-elásticos.

Un sellador elástico tiene una capacidad de movimiento mayor al 70% (siliconas, polisulfuros, poliuretanos), mientras que un material plástico tiene una elasticidad menor al 20% (masilla butílica). Un ejemplo de material plástico-elástico es el sellador acrílico.

Un sellador para ser usado en ventanas debe ser lo suficientemente elástico como para compensar establemente los movimientos de dilatación de los materiales y las otras cargas que soporta el vidrio y la carpintería.

-DURABILIDAD

Un sellador utilizado para sellar la junta entre vidrio y carpintería estará sometido a la acción del agua, temperatura, rayos UV, etc. Para garantizar una correcta instalación, se debe asegurar que las propiedades del sellador no se vean afectados por esos elementos.

1.2- Química de los selladores

Los selladores son polímeros, es decir que están formados por largas cadenas elásticas, las cuales constituyen la columna vertebral del sellador. De las características de esas cadenas (es decir, del tipo de polímero) dependen sus propiedades como sellador.

En la constitución del sellador intervienen (además del polímero base mencionado):

- Reticulantes: vinculan las largas cadenas de polímero entre sí dando al producto final la consistencia de un caucho.
- Cargas: dan resistencia, durabilidad y adhesión.
- Pigmentos: proveen color.
- Catalizador: controlan la velocidad de curado.
- Otros componentes: estabilizadores UV, biocidas, plastificantes, etc.

Existen dos grandes tipos de químicas de selladores:

- **selladores orgánicos:** aquí los polímeros están basados en el carbono. Posee una estructura -C-C-O-C-C- Este tipo de selladores comprende a selladores de poliuretano, polisulfuro, acrílicos y poliéster modificado

- **selladores inorgánicos:** en este caso los polímeros no están basados en el carbono, sino en el silicio (selladores de silicona). Su estructura es del tipo: Si-O-Si-O-Si-

La principal diferencia entre ambos selladores radica en sus propiedades frente a la acción de la luz ultravioleta. En el caso de los selladores orgánicos, la luz UV degrada los enlaces C-C o C-O, de modo tal que -con el tiempo- el sellador pierde sus principales propiedades. En el caso de los selladores inorgánicos, por el contrario, la energía de la luz UV no es suficiente para degradar los enlaces Si-O, de modo que el sellador mantiene inalteradas sus propiedades con el tiempo.

Por este motivo para el sellado de ventanas se deben usar selladores de tipo silicona. Para este uso, el sellador de silicona presenta las siguientes características:

- alta resistencia a la radiación UV manteniendo sus propiedades físicas inalteradas.
- resistente a ozono.
- repelente del agua.

1.3- Química de los selladores de silicona:

Hay diferentes tipos de selladores de silicona, los que se clasifican según el carácter de los productos que liberan durante el proceso de curado.

Se pueden clasificar en:

a.- selladores de cura acética: durante el curado liberan vapores de ácido acético; no deben ser usados para sellar DVH ni vidrios laminados o espejos, pues los vapores de ácido acético destruyen esos productos.

b.- selladores de cura neutra: durante el curado no liberan ácidos, sino otro tipo de subproductos. Se clasifican en:

- alcohólicos
- amídicos
- oxímicos

1.4- Masilla con base de aceite

La masilla con base de aceite es una masilla a base de tiza y aceite vegetal adicionado. Este producto se utiliza preferiblemente cuando el vidrio es colocado en carpintería de madera blanda o dura con características absorbentes, motivo por el cual el asentamiento inicial de la masilla es atribuible a la absorción de una parte del aceite por el marco. La absorción puede reducirse mediante la utilización de imprimadores

aplicados a los marcos de madera con el objeto de evitar una pérdida excesiva de aceite.

No es aconsejable utilizar barniz como imprimador, esmalte sintético o algún tipo de imprimador, debido a que estos materiales sellan los poros de la madera y la vuelven impermeable.

Este tipo de masilla no debe ser utilizada en marcos de madera dura no absorbente.

Cuando se encuentra suficientemente firme la masilla debe ser superficialmente protegida con pintura aplicada a los 30 días de hecha la colocación. La omisión de esta protección puede llevar a un temprano deterioro de la masilla traducido generalmente en pérdida de elasticidad que puede llevar a la falta de adherencia y fractura, dando paso de esa manera a infiltraciones de agua y problemas de comportamiento físico del vidrio.

Los requisitos que debe cumplir la masilla están detallados en la Norma IRAM 1090 N 10.

2.- BURLETES

2.1 - Función de los burletes

La función de los burletes son, al igual que la de los selladores, de:

- Hermeticidad: impedir el ingreso de agua y aire
- Fijación del vidrio

Para uso en vidrio de ventanas, hay dos tipos básicos de burletes:

- en forma de “U”: para perfiles sin contravidrio.
- en forma de cuña: para perfiles con contravidrio.

En la fig. 10.1 puede observarse ambos tipos de burletes.

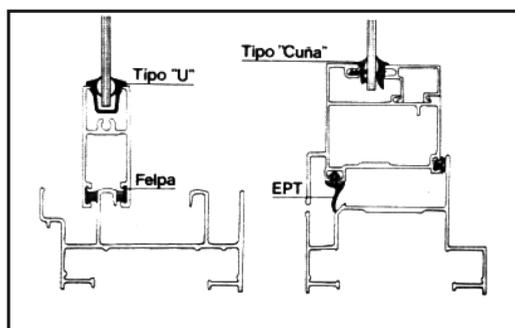


Fig. 10.1: Burletes tipo “U” y tipo cuña.

2.2 - Requisitos de un Burlete

En las construcciones modernas, especialmente en las de estructura elevada en donde las ventanas son de gran superficie siendo asimismo la fachada en su mayor parte impermeable, se da lugar a que las juntas soporten toda el agua que recibe el edificio debiendo también absorber los movimientos causados por el viento (que suele ser de alta velocidad).

Se ha demostrado que a causa de las corrientes de aire que se forman en los pisos superiores, el agua en vez

de deslizarse hacia abajo es arrastrada hacia arriba formando remolinos en los ángulos de las ventanas en donde se acumula una gran masa de agua, lo que exige en estos puntos -de por sí de más difícil sellado- una perfecta estanquidad.

Si a los efectos del agua y el viento se añaden las variaciones de temperatura, la acción del ozono y los productos agresivos de la atmósfera en las ciudades industriales, podemos tener un cuadro al que se ven sometidos los materiales que han de emplearse en el sellado de las ventanas.

En esencia un buen burlete debe reunir las siguientes condiciones:

- Elasticidad: de modo que una vez que la carga que actúa sobre él desaparezca, retorne a la posición inicial.
- Resistencia mecánica: especialmente a la flexión por sollicitación reiterada.
- Estabilidad frente a los agentes atmosféricos.

No se deben utilizar materiales deformables, sensibles a las variaciones de temperatura y, por ello, susceptibles de ablandarse con el calor y endurecerse con el frío, ni tampoco se pueden usar materiales elásticos sujetos a alteraciones debido al envejecimiento o a peculiares condiciones de servicio.

Los elastómeros tienen buenas propiedades mecánicas y durabilidad a la intemperie, por lo cual se los utiliza como juntas para colocar vidrio en carpintería. Los perfiles elastómeros consisten en esencia en perfiles elásticos diseñados de tal forma que al ser comprimidos entre los vidrios o paneles de cierre y los perfiles de la ventana, se ajustan tanto a uno como a otros, trabajando permanentemente a la compresión. Las características de estas juntas estriban en que exigen tolerancias estrictas en las medidas de las juntas a sellar puesto que su forma está diseñada de antemano. Incidentalmente hay que resolver aparte el problema de los ingletes que es bastante crítico por coincidir con los encuentros o nudos de los perfiles que son los puntos más conflictivos en lo que a estanquidad se refiere.

Los requisitos fundamentales para los perfiles elastoméricos de acristalamiento son:

- a) un buen contacto superficial
- b) que sean resistentes al agua, viento y deterioros accidentales
- c) que no varíen sus características por la acción del ozono, calor, frío y UV
- d) poseer altas propiedades elásticas (baja deformación permanente) para compensar las tolerancias de los materiales contiguos y sus movimientos térmicos y estructurales.
- e) ser de larga duración y fácil colocación
- f) al evaluar su costo ha de tenerse en cuenta tanto el material como el mantenimiento.

El buen contacto superficial no solamente tiene por objeto evitar la filtración del agua sino también limitar la entrada del aire. Estudios efectuados han demostrado que en una habitación con DVH en un tercio del muro exterior y en las cuales las juntas ajustan mal, en invierno se puede perder el 60% del calor interior a través de las ventanas, debido a que la totalidad del aire se renueva en una hora. Con el empleo de burletes adecuados esta pérdida se reduce al 8%, equivalente a la renovación de 1/8 del aire por hora (fuente: ASEFAVE).

2.3 - Tipos de elastómeros

Con las exigencias mencionadas anteriormente, los materiales para juntas de acristalamiento son de diversos tipos de elastómeros entre los que se encuentran:

- EPDM,
- neopreno y
- silicona

El de silicona es el que presenta una mayor resistencia al envejecimiento climático en su conjunto y en particular a la radiación UV dado el carácter inorgánico del enlace químico Si-O presente en la cadena principal del polímero. Sin embargo en el país este tipo de burlete tiene un costo muy alto actualmente.

Las formas de los burletes son variables siendo las más frecuentes: labial (principalmente de EPDM o neopreno) y en forma de cuña (silicona o EPDM).

El máximo rendimiento de una junta se logra cuando todo su perímetro está exento de discontinuidad o al menos sólo existe en el lado superior de la hoja y con una unión efectiva. En caso de que las juntas se coloquen por tramos horizontales o verticales la unión en los ingletes debe ser realizada de la forma más adecuada para cada material siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Capítulo 11

NORMAS DE CALIDAD

El objetivo de este capítulo es brindar una reseña de las Normas de Calidad IRAM vigentes a la fecha y que afectan a los productos de vidrio plano para la construcción. Si bien no nos detendremos en el análisis de cada una de ellas, sí lo haremos en una en particular: la IRAM 12565 (Vidrios planos para la construcción para uso en posición vertical. “Cálculo del espesor conveniente de vidrios verticales sustentados en sus cuatro bordes”).

La IRAM 12565 es una norma significativamente importante pues la elección del espesor del vidrio por instalar tiene consecuencias no sólo económicas, sino también de seguridad hacia las personas.

NORMAS IRAM 12565-Vidrios planos para la construcción. Cálculo del espesor conveniente de vidrios verticales sustentados en sus cuatro bordes.

Nota: el desarrollo siguiente está extraído del BI n° 15 de VASA.

Conceptos básicos

La presión del viento es la principal sollicitación a la que está sometido un vidrio en una ventana o una fachada. La resistencia del vidrio depende de su espesor, tamaño y de su forma de sujeción en la abertura.

Es responsabilidad del diseñador establecer la presión del viento y otras sollicitaciones a las que será sometido un vidrio. Conocida la presión del viento, las dimensiones y superficie del paño, y su modo de sustentación en la abertura, puede obtenerse gráficamente el espesor del vidrio, empleando los ábacos de la Norma IRAM 12565.

El diseñador, siempre, deberá considerar otros aspectos que puedan influir en la selección del espesor adecuado de un vidrio como, por ejemplo, el grado de aislación acústica que brinda cada espesor de vidrio, pudiendo ser necesario emplear uno mayor para satisfacer simultáneamente la resistencia a la presión del viento y el nivel de control acústico deseado.

Cálculo de la velocidad del viento:

En la Norma IRAM 12565 se detalla la velocidad instantánea máxima del viento a 10 m de altura, para distintas localidades del país, indicando la velocidad de la ráfaga máxima en m/s para cada lugar (ver cuadro 10.1) y la presión en N/m^2 .

Dicho valor debe ser corregido aplicando el factor de corrección indicado en el cuadro 10.2, que toma en cuenta la altura del edificio y las características topográficas y/o de edificación del entorno mediante la fórmula

$$V_c = V \cdot \sqrt{C}$$

Siendo:

V_c : la velocidad corregida del viento en m/s .

V : la velocidad instantánea máxima del viento, en m/s, registrada a 10 m de altura sobre el terreno.

\sqrt{C} : el coeficiente de corrección de la tabla 10.2.

Cuadro 11.1 Velocidades de viento para distintas localidades del país.

CIUDAD	RAFAGA MAXIMA		PRESION* N/m ²
	m/s	km/h	
Buenos Aires	41	148	1515
Bahía Blanca	53	191	2535
Bariloche	42	151	1590
Catamarca	31	112	870
Cipoletti	35	126	1105
Com. Rivadavia	64	230	3690
Concordia	26	94	610
Córdoba	30	108	810
Coronel Suarez	22	80	435
Corrientes	31	112	865
Cristo Redentor	70	250	4420
Ezeiza	44	158	1745
Junín	33	119	980
Laboulaye	35	126	1100
La Quiaca	29	104	760
La Rioja	35	126	1100
Mar del Plata	36	130	1170
Mendoza	33	119	990
Neuquén	28	101	710
Paraná	37	133	1235
Posadas	37	133	1235
Resistencia	37	133	1235
Río Gallegos	57	205	2930
Rosario	30	108	810
San Antonio O.	34	122	1040
Santa Rosa	43	155	1670
San Luis	34	122	1040
Trelew	36	130	1170
Tucumán	27	97	660
Ushuaia	52	187	2440

* A 10 m de altura, sin obstrucción.

Nota: los valores de velocidad máxima instantánea del viento corresponden a mediciones efectuadas a 10 m de altura respecto al suelo. Corresponden a valores registrados durante las décadas de 1960 y 1970. Ante dudas respecto al valor de la velocidad instantánea máxima para un lugar no indicado y/o relativo a la vigencia de los expresados, se sugiere consultar al Servicio Meteorológico Nacional. En todas las localidades en las que la presión sea mayor a 2.500 N/m², se deberá consultar acerca de los criterios a tener en cuenta en cada diseño en particular, para definir el mínimo aconsejado de float.

Tabla 11.2

Coeficiente de corrección ζ

ALTURA (m)	SIN OBSTRUCCION	OBSTRUCCION BAJA	ZONA EDIFICADA
	Categoría A	Categoría B	Categoría C
5	0,91	0,85	0,80
10	1,00	0,90	0,80
20	1,06	0,97	0,88
40	1,14	1,03	0,96
80	1,21	1,14	1,06
150	1,28	1,22	1,15

Categoría (A): Edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.

Categoría (B): Edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura promedio, hasta 10 m.

Categoría (C): Zonas urbanas con edificación de altura.

Cálculo de la presión del viento

Se obtiene mediante la fórmula

$$p = 0,9016 \cdot V_c^2$$

Siendo:

p: la presión del viento en N/m²

V_c: la velocidad corregida del viento en m/s

0.9016: un valor que tiene en cuenta los posibles efectos de la presión y succión del viento

Determinación del espesor adecuado

Mediante el ábaco, cualquiera sea el método empleado para determinar la presión del viento, puede obtenerse el espesor mínimo recomendado de un paño de Float, sujeto a ráfagas de 3 segundos de duración.

El gráfico puede ser utilizado solamente para paños rectangulares, inclinados no más de 15° respecto del plano vertical. El coeficiente de forma o relación entre los lados del paño no debe ser mayor que 3 a 1. Cuando dicha relación sea mayor se deberá consultar al fabricante y/o calcular su espesor como si se tratase de un vidrio soportado, solamente, en dos lados paralelos.

Utilización del gráfico

Los ábacos tienen zonas grisadas (ver figs. 11.2 y 11.3), cada una de las cuales corresponde a un espesor de float.

Si el paño es cuadrado y con una relación entre la dimensión de sus lados 1:1, corresponde usar el límite inferior de la banda, y si la relación es 3:1 se debe usar el límite superior de la banda.

Si el punto de intersección entre la línea horizontal correspondiente al área del paño y la vertical correspondiente a la presión del viento estuviese fuera de las bandas grisadas, debe adoptarse el espesor siguiente superior.

En caso de que la relación calculada entre lados de un paño esté cerca de la línea negra gruesa (por ejemplo para un paño cuadrado) el valor interpolado que debe aplicarse para el espesor es el de la banda siguiente. Si el valor calculado para la relación entre lados está alejado de la línea negra gruesa, entonces el espesor de vidrio correspondiente a dicha banda puede ser utilizado. Ver fig. 11.1.

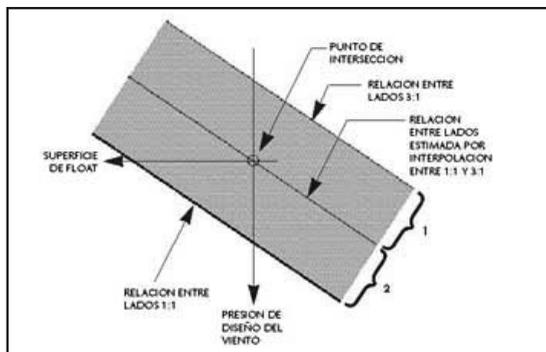


Fig. 11.1

Ejemplo de utilización del gráfico:

¿Cuál es el espesor mínimo recomendado de simple vidriado para una abertura de 1200 x 900 mm, para resistir una presión de viento de 1500 N/m^2 .

- 1) Calcule el área de float $1.2 \times 0.9 = 1.08 \text{ m}$.
- 2) Busque en el ábaco el punto de intersección horizontal correspondiente a 1.08 m con la vertical correspondiente a 1500 N/m^2 .
- 3) El punto de intersección yace entre las bandas correspondientes a 3 mm y 4 mm por lo que 4 mm es el espesor mínimo aceptable de float.

Fig. 11.2: Simple vidriado, soportado en sus cuatro bordes.

Fig. 11.3: Doble vidriado hermético, soportado en sus cuatro bordes.

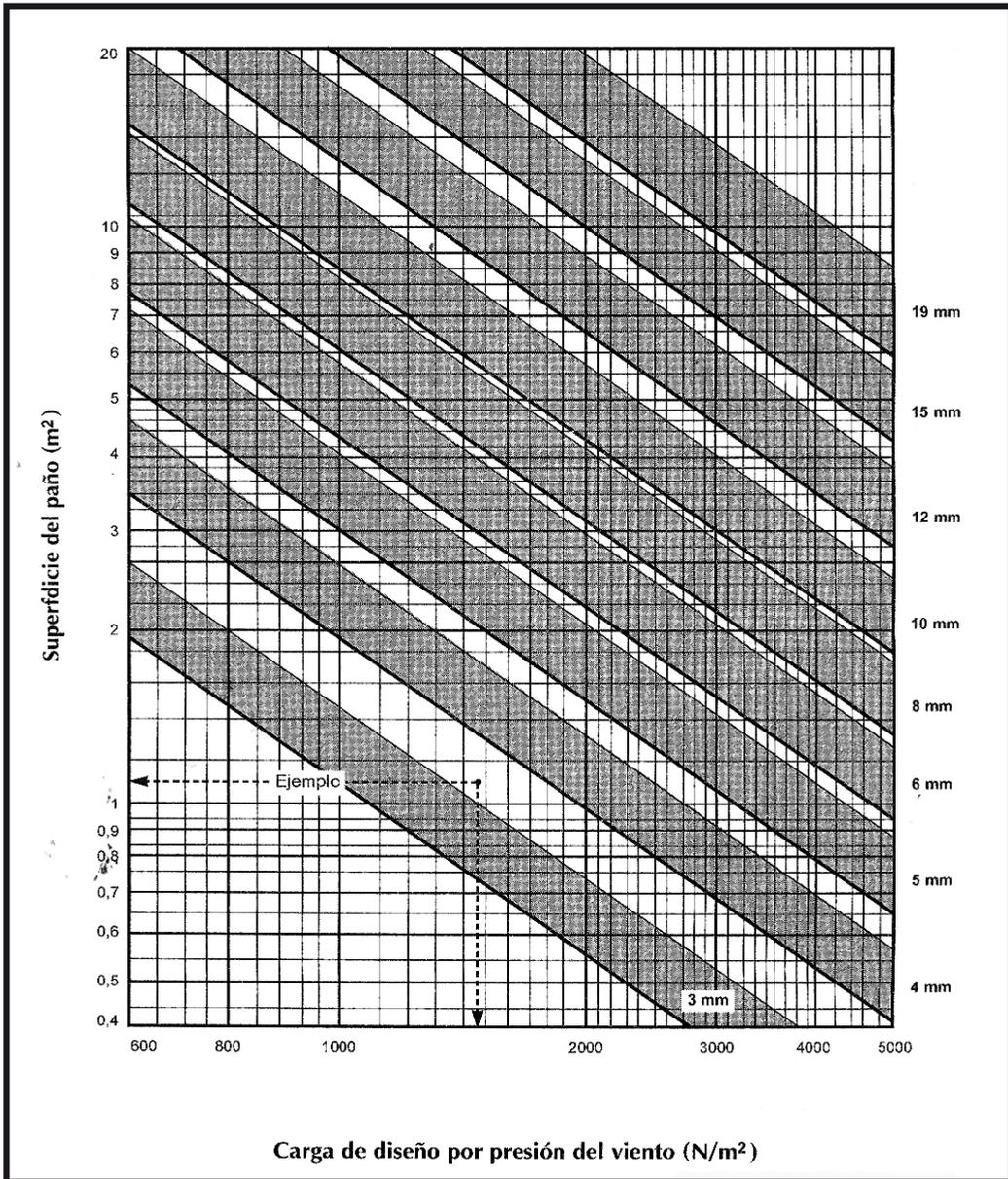


Fig. 11.2: Simple vidriado, soportado en sus cuatro bordes.