

Manual del Vidrio Plano ■



A la memoria de Juan Niilus



3ª edición

Redacción, investigación, recopilación
y ampliación a cargo de:

Ing. Carlos Pearson

Daniel Levacic

Daniel Bergant

Miguel Diez

DERECHOS RESERVADOS

Copyright by CAVIPLAN

Prohibida la reproducción total o parcial por cualesquiera
medios sin la autorización escrita del Editor. (Ley 11.723).

3° Edición

Se terminó de imprimir en

BUENOS AIRES

REPUBLICA ARGENTINA

EN EL MES DE DICIEMBRE DE DOS MIL NUEVE

Estimado lector:

Hace pocos meses al haber asumido la Presidencia de CAVIPLAN mi primera decisión fue la de continuar con las tareas iniciadas por mis antecesores.

Durante el mandato del Cont. Hugo Piazzese se lanzó la primera edición del Manual del Vidrio Plano, libro cuyo contenido ha quedado demostrado ser algo que el sector estaba necesitando a la luz de la forma que nos es requerido.

Debido a ello, tengo el orgullo de presentar ésta su tercera edición, donde se han incorporado menciones relacionadas con productos nuevos que están vinculados principalmente con el ahorro de energía, los vidrios especiales y los de seguridad.

También se ha tratado de ahondar en brindar mayor información respecto del uso del vidrio de seguridad, tema sobre el cual se podrá encontrar amplia información en el texto de la Ley N° 2448/07 sancionada por la Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires el 20/09/2007 y promulgada por Decreto N° 1490 del 22/10/2007 y que tanto esfuerzo significara para los representantes de CAVIPLAN, tarea que demandó casi 15 años y que aún continúa para lograr su sanción a lo largo de todo el país.

Nuevamente a los profesionales que participaron desinteresadamente de la redacción de esta tercera edición, vaya junto a mis colegas de Comisión Directiva, un sincero agradecimiento.

Ricardo Trento
Presidente de CAVIPLAN

INDICE		Página
Capítulo 1:	¿Qué es el vidrio?	11
	Tipos de vidrio según su composición química	11
	Tipos de vidrio sodo-cálcicos según su uso	13
	Propiedades mecánicas del vidrio	14
	Fabricación de vidrio	17
Capítulo 2:	Tipos de vidrio para la construcción - vidrios básicos	21
	Float incoloro	21
	Float color	21
	Vidrio armado	22
	Vidrio impreso	22
	Vidrio difuso	23
Capítulo 3:	Tipos de vidrio para la construcción - vidrios procesados	25
	Vidrios tratados térmicamente	25
	Vidrios grabados al ácido	27
	Vidrios esmaltados	27
	Vidrios serigrafados	28
	Vidrios reflectivos (con coating)	29
	Vidrios laminados	33
	Doble vidriado hermético (DVH)	35
	Vidrio PROFILIT	35
Capítulo 4:	Mecanismos de Transmisión de Calor en Vidrios	39
	Mecanismos de Transmisión de Calor en los Materiales	39
	La Transmisión del Calor en Vidrios	40
	El Uso de los Vidrios para el Control de la Transmisión de Calor	40
Capítulo 5:	Mecanismos de transmisión acústica en vidrios	49
	Conceptos básicos de acústica	49
	Pérdida de transmisión acústica en vidrios	51
	Como seleccionar vidrios para aislación acústica	56
	Pérdida de transmisión acústica en el vidrio	57
Capítulo 6:	Vidriado de seguridad	61
	Safety: seguridad para las personas	63
	Áreas de riesgo para vidrio verticales e inclinados	63
	Normas IRAM sobre seguridad de las personas	63
	Criterios para seleccionar vidrios de seguridad	66
	Security: seguridad para los bienes	66
	Vidrio antivandalismo	66
	Vidrio antiexplosiones	66
	Vidrio antibala	67
Capítulo 7:	Stress térmico	69
	Causa de fracturas por stress térmico	69
	Como prevenir la fractura por stress térmico	69
Capítulo 8:	Instalación de vidrios	73
Capítulo 9:	Selladores	83
	Burletes	86
Capítulo 10	Normas de calidad para los productos de vidrio	89
	Cálculo del espesor adecuado según presión del viento	89
Capítulo 11	Selección de vidrios	95
Capítulo 12	Aplicaciones especiales	99
	Vidrio para tapas de mesa	99
	Vidrio para techos	102
	Vidrio fusing	105
Capítulo 13	Vidrios Antifuego	109
Capítulo 14	Ley de vidrios de seguridad	113

Capítulo 1

¿QUE ES EL VIDRIO?

El vidrio ha sido usado por el hombre desde hace milenios. Posiblemente sea el material más viejo fabricado por el ser humano y que aún continúa afectando la vida presente. El vidrio está presente en formas tan diversas como: ventanas, vasos, envases de todo tipo, telescopios, en la industria nuclear como escudo de radiación, en electrónica como sustrato sólido para circuitos, en la industria del transporte, de la construcción, etc.

Por sus características intrínsecas (brillantez, resistencia al uso, transparencia, etc.), es un material difícilmente sustituible (y, a veces, realmente insustituible) en la mayoría de sus aplicaciones.

Igualmente remarcable es la disponibilidad de las materias primas usadas para producirlo, especialmente su componente más importante: la sílice (que se encuentra en la arena). El vidrio es un material amorfo producido por la fusión de sílice y aditivos a muy altas temperaturas. Al enfriar se convierte en un material duro y brillante sin estructura de grano (lo cual determina muchas de sus propiedades, como veremos más adelante).

Pero el término “vidrio” no es claro. A diferencia de otros productos usados cotidianamente, la palabra “vidrio” no describe exactamente una composición y propiedades específicas del producto. Esto es porque “vidrio” define -en realidad- un estado de la materia (como “gas”, “líquido” o “sólido cristalino”). Más correctamente: un “vidrio” es un sólido no cristalino, aunque realmente esta definición no nos lleva muy lejos (muchos plásticos también son sólidos no cristalinos). Una verdadera definición de “vidrio” está aún pendiente.

El producto que llamamos vidrio es una sustancia dura, normalmente brillante y transparente, compuesta principalmente de silicatos y álcalis fusionados a alta temperatura. Se lo considera un sólido amorfo, porque no es ni sólido ni líquido, sino que existe en un estado vítreo.

Los componentes principales del vidrio, como ya se dijo, son productos que se encuentran fácilmente en la naturaleza: sílice, cal y carbonato de sodio. Los materiales secundarios son usados para conferirle propiedades especiales o para facilitar el proceso de fabricación. De la mezcla de los materiales secundarios con las materias primas básicas en el porcentaje correcto se pueden obtener diferentes tipos de vidrio, los cuales pueden ser clasificados de acuerdo a su composición química. Dentro de cada tipo, a su vez, hay numerosas composiciones distintas.

Una posible clasificación de los vidrios según su composición química, sería la siguiente:

- Vidrio sodo- cálcico
- Vidrio plomado
- Vidrio borosilicato
- Vidrio especiales

TIPOS DE VIDRIOS SEGUN SU COMPOSICION QUIMICA

1. Vidrio sodo-cálcico

Este es el vidrio comercial más común y el menos costoso. El amplio uso de este tipo de vidrio es debido a sus importantes propiedades químicas y físicas. El vidrio sodo-cálcico es primariamente usado para:

- envases (botellas, jarros, vasos de uso diario, etc.) y
- vidrio para ventanas (en la industria de la construcción y en la industria automotriz).

Para fabricarlo es necesario fundir la sílice, la cual lo hace a una temperatura muy alta (1700°C). Para reducir esa temperatura de fusión y hacer la masa más manejable, se le agrega soda (carbonato de sodio). Pero el vidrio así obtenido es suave y no muy durable, por lo que se debe agregar cal (carbonato de calcio) para aumentar su

dureza y durabilidad química. Otros óxidos se agregan por otras varias razones, o son impurezas naturales de las materias primas. Por ejemplo, el aluminio eleva la duración química aún más y aumenta la viscosidad en los rangos de temperaturas más bajos. El óxido de plomo en cantidades moderadas aumenta la durabilidad, y en altas cantidades baja el punto de fusión y disminuye la dureza. También incrementa el índice de refracción y es por lo tanto el aditivo más usado para vidrios de decoración con alto brillo. Los vidrios con boro tienen alta resistencia a la corrosión química y los cambios de temperatura.

La propiedad más importante del vidrio sodo-cálcico es su elevada capacidad de transmisión de la luz, lo que lo hace adecuado para usar como vidrio en ventanas. Además su superficie suave y no porosa lo hace especialmente apto para ser usado como envases pues resulta fácil de limpiar y, debido a la inercia química del vidrio sodo-cálcico, éste no contaminará el contenido ni afectará el sabor de los elementos guardados allí.

Un típico vidrio sodo-cálcico está compuesto de 71 a 75% en peso de arena (SiO_2), 12-16% de soda (óxido de sodio de la materia prima carbonato de sodio), 10-15% de cal (óxido de calcio de la materia prima carbonato de calcio) y un bajo porcentaje de otros materiales para propiedades específicas tales como el color.

Una de las mayores desventajas del vidrio sodo-cálcico es su relativamente alta expansión térmica, por lo que posee una resistencia relativamente pobre a cambios súbitos de temperatura. Esta limitación debe ser tomada en cuenta al instalar un vidrio en una ventana (ver stress térmico capítulo 7)

Además el vidrio sodo-cálcico no es resistente a químicos corrosivos.

2. Vidrio plomado:

Si se utiliza óxido de plomo en lugar de óxido de calcio, y óxido de potasio en lugar de todo o la mayoría del óxido de sodio, tendremos el tipo de vidrio comúnmente llamado cristal plomado. El óxido de plomo se agrega para bajar la temperatura de fusión y la dureza y también elevar el índice de refracción del vidrio.

Un típico vidrio plomado está compuesto de 54-65% de sílice (SiO_2), 18-38% de óxido de plomo (PbO), 13-15% de soda (Na_2O) o potasio (K_2O), y varios otros óxidos. Se pueden usar dos tipos diferentes de óxido de plomo: el PbO y el Pb_3O_4 , éste último preferido por su mayor porcentaje de oxígeno presente.

Vidrios del mismo tipo pero conteniendo menos que 18% de PbO son conocidos simplemente como cristal.

Por su alto índice de refracción y su superficie relativamente suave, el vidrio plomado es usado especialmente para decoración a través del pulido, corte y/o tallado de su superficie (vasos para beber, jarrones, bols, o ítems decorativos); también es ampliamente usado en vidrios modernos, particularmente en cristales y ópticas. Se lo suele usar para aplicaciones eléctricas por su excelente aislamiento eléctrico. Asimismo es utilizado para fabricar los tubos de termómetros y todo tipo de vidrio artístico.

El vidrio plomado no resiste altas temperaturas o cambios súbitos en temperatura y su resistencia a químicos corrosivos no es buena.

El vidrio con un contenido aún mayor de plomo (típicamente 35%) puede ser usado como pantalla de radiación porque es bien conocida la habilidad del plomo de absorber los rayos gamma y otras formas de radiación peligrosa. Se lo observa con frecuencia en laboratorios radiológicos.

Este tipo de vidrio es más caro que el vidrio sodo-cálcico.

3. Vidrio borosilicato

El vidrio borosilicato es cualquier vidrio silicato que contenga al menos 5% de óxido bórico en su composición. Este vidrio tiene mayor resistencia a los cambios térmicos y a la corrosión química. Gracias a estas propiedades, el vidrio borosilicato es adecuado para uso en la industria química de procesos, en

laboratorios, ampollas y frascos en la industria farmacéutica, en bulbos para lámparas de alto poder, como fibra de vidrio para refuerzos textiles y plásticos, en vidrios fotocromáticos, artículos de laboratorios, elementos de uso en las cocinas (planchas eléctricas, fuentes para el horno) y otros productos resistentes al calor, vidrios para unidades selladas de vehículos, etc.

Un típico vidrio borosilicato está compuesto de un 70 a 80% de sílice (SiO_2), un 7 a 13% de ácido bórico (B_2O_3), un 4-8% de óxido de sodio (Na_2O) y óxido de potasio (K_2O), y un 2 a 7% de óxido de aluminio (Al_2O_3).

4. Vidrios especiales

Se pueden inventar vidrios con propiedades específicas para casi cualquier requerimiento que se pueda imaginar. Sus composiciones son diversas e involucran numerosos elementos químicos. Así pueden obtenerse vidrios especiales para uso en diversos campos tales como en química, farmacia, electro-tecnología, electrónica, óptica, aparatos e instrumentos, etc. Podemos citar como ejemplos:

- Vidrio alúmino-silicato: tiene óxido de aluminio en su composición. Es similar al vidrio borosilicato pero tiene una mayor durabilidad química y puede soportar temperaturas de operación más altas. Comparado con el borosilicato, el vidrio alúmino-silicato es más difícil de fabricar. Cuando se lo cubre con un film conductivo, el vidrio alúmino-silicato es usado para circuitos electrónicos.
- Vidrio de silicio 96%: se obtiene a partir de un vidrio borosilicato fundido, al que se le remueven casi todos los elementos no silicatos. Este vidrio es resistente a shocks térmicos superiores a 900°C.
- Vidrio de sílice fundida: es dióxido de silicio puro en un estado no cristalino. Es muy difícil de fabricar, por lo que es el más caro de los vidrios. Pueden sostener temperaturas de operación de arriba de 1200°C por períodos cortos.
- Vidrio con bajo contenido de hierro: posee muy bajo contenido de óxido de hierro en su composición, lo que lo hace notablemente más transparente que el incoloro estándar. Los usos principales son: cuando se requiere una alta transmisión de luz natural, cuando se quiere evitar que la tonalidad del vidrio distorsione la visión a través del mismo o en aplicaciones que dejan expuesto el borde y no es deseable el tono verdoso del vidrio incoloro común.

Un vidrio de 4mm de espesor tiene un porcentaje de transmisión de la luz visible del 92% por lo que se lo utiliza en colectores solares y paneles fotovoltaicos. Se usa también en multilaminados de grandes espesores como vidrios de seguridad antibala, pisos de vidrio o vidrio contra fuego.

TIPOS DE VIDRIOS SODO-CALCICOS SEGUN SU USO

En este libro nos ocuparemos únicamente de los vidrios sodo-cálcicos, de los cuales ya hemos especificado su composición química. Veamos ahora una clasificación de los mismos según su uso, la cual podría ser la siguiente:

- VIDRIO PLANO (fabricado en líneas automáticas)
 - para uso en construcción: ventanas, courtain wall, fachadas templadas, etc.
 - para uso en automotores: parabrisas, lunetas traseras, vidrios laterales, espejos retrovisores, tanto para automóviles particulares como para transporte de pasajeros (terrestre y ferrocarril), maquinarias agrícolas, etc.
 - para uso en artículos electrodomésticos: la llamada línea blanca (hornos de cocina, heladeras, calefones, etc.).
 - Para uso en refrigeración: puertas de heladeras exhibidoras, etc.
- VIDRIO HUECO (fabricado por soplado automático o manual)
 - para uso en envases: botellas, frascos, etc.
- VIDRIO PARA DECORACION (elaborado por el método conocido como fusing) (ver capítulo 12)
 - Muebles de vidrio: bachas para baños, mesas pequeñas, etc.
 - Objetos varios para decoración (producidos normalmente en forma artesanal): platos, floreros, collares, ceniceros, vasos, etc.

- VIDRIO ARTISTICO (elaborado por fusing y/o soplado manual)
-Todo tipo de objetos con aplicaciones no funcionales sino artísticas.

En este manual nos ocuparemos exclusivamente del *vidrio sodo-cálcico plano para uso en la Industria de la Construcción*, por lo que la palabra vidrio - en el resto del texto - deberá ser extendida como referida a este tipo de vidrio.

PROPIEDADES MECANICAS DEL VIDRIO

La Elasticidad del vidrio

Si se ejerce un empuje en el centro de una placa de vidrio, o si se trata de doblarla, veremos que ésta, en efecto, se doblará. No mucho realmente, pero algún grado de curvado o doblado es posible. De hecho, las reflexiones que se producen en un vidrio grande cuando un viento fuerte incide sobre él, son debidas a que el vidrio se dobla por la presión del viento.

El vidrio es un material inusual en este aspecto, no porque se doble o curve -la mayoría de los materiales lo hacen- sino porque retorna exactamente a su forma original cuando el doblado o fuerza de curvado es removida. Esta característica del vidrio lo clasifica como un material perfectamente elástico. Si se va aumentando la fuerza aplicada, el vidrio finalmente romperá cuando se alcance su última capacidad de resistencia. Pero en cualquier punto antes de la rotura, el vidrio no deformará permanentemente. Para ser preciso, el vidrio debe ser clasificado como cercano a la elasticidad perfecta.

Tipos de fuerzas actuantes sobre el vidrio:

Un vidrio colocado en su marco se verá sometido a las siguientes fuerzas:

- 1.- La fuerza de FLEXION: producida por las cargas de viento, nieve o personas apoyándose sobre el vidrio. La fuerza de flexión actuante genera:
 - COMPRESION sobre la superficie del vidrio expuesta a la carga del viento.
 - TRACCION sobre la cara opuesta.

Mientras la fuerza de Compresión actúa “prensando” el material, la de tracción lo hace tendiendo a “separar” el material.

- 2.- La fuerza de CORTE: actúa en los extremos sujetados del vidrio y actúa como hojas de una cuchilla que tiende a separar dos partes del material.

El vidrio tiene mucha resistencia a los esfuerzos de compresión y corte pero poca resistencia a los esfuerzos de tracción. Un vidrio rompe debido a los esfuerzos de tracción.

La resistencia del vidrio es sólo levemente afectada por su composición química, pero es altamente dependiente de las condiciones de la superficie. El vidrio producido comercialmente puede adquirir pequeñas picaduras y rayaduras en el curso de la manufactura y más tarde en el uso. Cualquier esfuerzo aplicado sobre el vidrio se concentrará en esos puntos de daños, de tal modo que la tensión en esos puntos se incrementará por encima de la cantidad de esfuerzo original aplicado. El vidrio no se desintegra ni explota sometido a las cargas de flexión, sino que la rotura se origina en un punto específico (donde hay una falla) la cual se convierte en una pequeña grieta y de allí progresa extendiéndose rápidamente sobre el vidrio y generando la rotura.

En la resistencia del vidrio a la rotura también influye el tiempo durante el cual se aplicó la tensión. A mayor tiempo de aplicación, la capacidad de resistencia del vidrio disminuye respecto a la original.

Propiedades generales de los vidrios sodo-cálcicos para uso en construcción

Las propiedades físicas más importantes son las siguientes:

- Densidad: $2,5 \text{ kg/m}^3$, lo que significa un peso de $2,5 \text{ kg/m}^2$ por cada mm de espesor (es comparable con la densidad del aluminio: $2,6 \text{ kg/m}^2$)

- Punto de ablandamiento: aproximadamente 730°C.
- Conductividad térmica (coeficiente lambda) = 1.05 W/mK.
La diferencia existente entre distintos tipos diferentes de vidrio plano es muy pequeña como para ser considerada.
- Coeficiente de dilatación lineal: es el alargamiento experimentado por la unidad de longitud al variar 1° C la temperatura. Para el vidrio (entre 20 y 220°C) es $9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.
Por ejemplo: un vidrio de 2000 mm de longitud que aumente su temperatura en 30° C sufrirá un alargamiento de $2000 \times (9 \times 10^{-6}) \times 30 = 0.54$ mm.

En el siguiente cuadro se observan los coeficientes de dilatación de los elementos más usuales en la industria de la construcción, así como su relación respecto al vidrio:

Material	Coeficiente de dilatación	Relación aproximada respecto al vidrio
Madera	4×10^{-6}	0.5
Ladrillo	5×10^{-6}	0.5
Vidrio	9×10^{-6}	1.0
Hierro	12×10^{-6}	1.4
Aluminio	23×10^{-6}	2.5

Puede observarse que el vidrio tiene un coeficiente de expansión térmica mucho más bajo que los metales.

- Dureza: Se entiende por dureza de un vidrio a su resistencia a ser rayado.
A continuación se indican dos escalas que miden la dureza de los materiales.

En estas escalas se debe entender que cada elemento raya al anterior (de menor dureza) y no raya al siguiente (de mayor dureza).

Escala Mohs:

- diamante 10
- zafiro 9
- vidrio 6 a 7
- yeso 2
- talco 1

Escala Knoop (Kg/mm²):

- diamante 5.500 a 6.950
- vidrio 575
- yeso 32.

Los vidrios templados (ver “Vidrios tratados térmicamente”, capítulo 3) poseen la misma dureza superficial que los vidrios recocidos.

• Módulo de elasticidad (módulo de Young):

El módulo de Young es un coeficiente (E) que relaciona el alargamiento (ΔL) experimentado por una barra de vidrio de longitud (L) y sección (S), sometida a un esfuerzo de tracción (F)

$$F/S = E \Delta L/L \quad (E) \text{ se expresa en Kg/m}^2$$

El módulo de Young expresa la fuerza que hay que aplicar a una barra de sección unitaria para duplicar su longitud.
Para el vidrio plano es: $E = 720.000 \text{ k/m}^2$

Otros materiales:

Acero.....2.100.000
Aluminio.....700.000
Concreto.....200.000
Policarbonato.....21.000-25.000

• **Coefficiente de Poisson:** (Coeficiente de contracción lateral)

Cuando una barra se alarga por estar sometida a un esfuerzo de tracción, se contrae. El coeficiente de Poisson (S) es la relación entre la contracción que experimenta una sección perpendicular al sentido del esfuerzo y el alargamiento unitario en la dirección de dicho esfuerzo. Para el vidrio plano: S = de 0.22 a 0.23

• **Resistencia mecánica:** El vidrio siempre rompe por tensiones de tracción en su superficie.

• **Resistencia a la tracción:** Varía entre 300 y 700 kg/cm², dependiendo de la duración de la carga. Si la carga es permanente la resistencia a la tracción disminuye un 40%.

La resistencia a la tracción varía con la temperatura: a mayor temperatura, menor resistencia.

También depende del estado de los bordes del vidrio: el canto pulido brinda mayor resistencia que el canto arenado y, por último, el corte neto.

• **Resistencia a la Compresión:** Aproximadamente 10.000 kg/cm² es el peso necesario para romper un cubo de vidrio de 1 cm de lado).

• **Resistencia a la intemperie:** No presenta cambios

• **Resistencia química:** El vidrio resiste a la mayoría de los ácidos excepto al ácido fluorhídrico y - a alta temperatura - el fosfórico. Los álcalis, sin embargo, atacan la superficie del vidrio. Si sobre el vidrio caen elementos típicos de la construcción (cal, cemento, etc.), los álcalis de esos productos al ser liberados por la lluvia, causan abrasión de la superficie del vidrio.

• **Módulo de rotura para:**

Vidrios recocidos : de 350 a 550 kg/cm²
Vidrios Templados: de 1850 a 2100 kg/cm²

• **Módulo de trabajo para:**

Vidrios recocidos con carga momentánea: 170 kg/cm²
Vidrios recocidos con carga permanente: 60 kg/cm²
Vidrios templados: 500 kg/cm²

• **Varios:** Un vidrio con su superficie esmerilada o arenada tiene un 30% menos de resistencia a la tracción. El vidrio laminado simétrico en condiciones normales de uso en aberturas presenta una resistencia por lo menos un 10% menor que un float monolítico de igual espesor total.

• **Resistencia a la Temperatura:** Un vidrio de 6 mm calentado a una mayor temperatura y sumergido en agua a 21°C romperá cuando la diferencia de temperatura alcance los 55° C aproximadamente. Un vidrio templado (ver "Vidrios tratados térmicamente", capítulo 3) lo hará con una diferencia de temperatura de los 250°C.

• **Constante Dieléctrica:** para vidrio de 6 mm a 21° C.

- 1,000,000,000	ciclos por seg.	6.0
- 10,000,000	ciclos por seg.	6.5
- 1,000	ciclos por seg.	7.4
- 10	ciclos por seg.	30.0

• **Índice de Refracción:** 1.52 (el índice de refracción varía para luces de diferentes longitudes de onda).

• **Transmitancia Térmica (valor U):** 5.8 W/m² °C

- **Transmisión de luz visible:** depende del tipo de vidrio; para el vidrio Float: 87%, vidrio armado 75%, translúcido 70 a 85% (estos son valores aproximados para vidrio de 6 mm basados en luz difusa incidentes desde el cielo sobre la ventana). Los vidrios color y reflectivos tienen valores significativamente menores (ver capítulo 4: Transmisión térmica en vidrios).
- **Transmisión de infrarrojos:** el vidrio común tiene la propiedad de ser relativamente transparente a los rayos infrarrojos de onda corta, pero relativamente opacos a los de longitud de onda larga. Esta es la razón por la que los vidrios para horticultura acumulan calor en el interior de los invernaderos. La radiación de los rayos de sol de onda corta pasan por el vidrio y es absorbida por plantas, paredes, etc., las que reirradian parte del mismo como radiación de longitud de onda larga que, parcialmente, es reflejada hacia el interior.
- **Transmisión ultravioleta:** el vidrio común transmite una proporción de los rayos UV del sol. Para impedir el ingreso de los rayos UV, se debe utilizar vidrios laminados, (ver capítulo 3).

FABRICACION DEL VIDRIO

El proceso de fabricación del vidrio ha sido esencialmente el mismo desde los tiempos remotos. Los materiales son fundidos a alta temperatura y -una vez homogeneizada la mezcla- vertidos sobre una superficie para que se enfríe (como en el método float para fabricación de vidrio plano), o sacados con un cucharón o una lanza (como se hace en la fabricación artesanal de objetos) o vertido en moldes en forma natural (como en el vidrioado artístico) o a veces a presión (como es el caso de la fabricación de vidrio para botellas o envases en general) o soplados (método actualmente utilizado mayormente para realizar objetos artísticos en vidrio u objetos de adorno o vasos caros).

Nosotros sólo nos ocuparemos de la fabricación del vidrio plano para la construcción, donde el método actual para la fabricación es el llamado “float”. El vidrio float fue inventado por Alistair Pilkington de Pilkington Bros. Ltd. en el Reino Unido a mediados de 1950 y anunciado al mundo en 1959. Alistair no pertenecía a la familia Pilkington, que eran los dueños de la compañía, sino que era un empleado más de la misma. Debido a la trascendencia de este descubrimiento la Reina de Inglaterra le otorgó un título nobiliario.

Este proceso se basa en que la masa de vidrio -una vez fundida- se vierte sobre un baño de estaño líquido, el cual posee una planimetría perfecta. El vidrio copia la superficie plana del estaño fundido, mientras se va enfriando, obteniendo así un vidrio con una planimetría perfecta, sin ondulaciones.

El proceso puede verse en el esquema de la fig 1.1 Las materias primas son fundidas en un horno a una temperatura de 1500°C. Una vez lograda la homogeneización, la masa de vidrio es vertida sobre un baño de estaño fundido que avanza a una determinada velocidad (aquí la temperatura es de aproximadamente 1050°C).

De esta manera el vidrio avanza en forma de banda. Esta banda es mantenida dentro de una atmósfera inerte a una alta temperatura por un tiempo suficientemente largo para que desaparezcan las irregularidades y las superficies sean planas y paralelas. Como la superficie del estaño fundido es plana, el vidrio también lo será. La cinta es entonces enfriada mientras continúa avanzando a lo largo del estaño fundido hasta que las superficies estén lo suficientemente duras como para salir del baño sin que los rodillos marquen la superficie inferior.

De este modo la cinta es producida con un espesor uniforme y las superficies pulidas brillantes sin necesidad de posteriores procesos. El vidrio continúa enfriándose mientras avanza a lo largo del baño de estaño fundido y entra al horno de recocido (lehr) a aproximadamente 600°C. Este proceso es necesario para bajar lentamente la temperatura previniendo las tensiones internas que se producirían por un rápido enfriamiento. El vidrio continúa enfriándose y deja los lehrs a 200°C. Posteriormente se lleva a 80° con enfriamiento por aire.

Ahora está suficientemente frío para poder ser cortado, lo cual es realizado por ruedas de corte montadas sobre puentes de corte longitudinales y transversales, que permiten obtener los tamaños individuales requeridos.

Las piezas separadas son removidas de la línea de producción por brazos robóticos con ventosas que toman el vidrio.

Previo al corte se realiza una inspección con rayos láser para identificar posibles defectos en el vidrio. Esta información es transmitida a una computadora que permite que se corte el defecto y reenviar el trozo de vidrio defectuoso al horno de fusión. Los bordes recortados de la cinta de vidrio también son reenviados al horno.

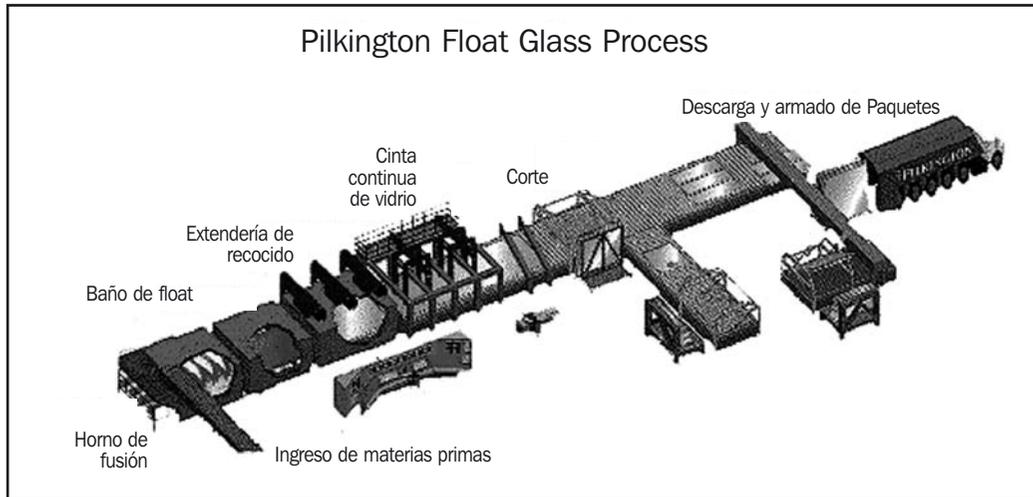


Fig. 1.1: Esquema de producción del vidrio float (fuente: Pilkington).

CORTE DEL VIDRIO PLANO

Como ya se definió en el capítulo 1, el vidrio no es realmente un sólido como un metal, ni un líquido como el agua; el vidrio es un líquido sobreenfriado que tiene la apariencia y el comportamiento de un sólido, ES UN SOLIDO AMORFO.

El vidrio realmente se corta en el sentido normal de la palabra, al menos en el sentido de cortar utilizando sierras y cuchillos. El vidrio se ROMPE, y para lograr el fraccionamiento de una hoja de vidrio se recurre a una fractura controlada.

Esta acción implica dos operaciones:

- **MARCAR EL VIDRIO:** debilitamiento previo a lo largo de una línea predeterminada mediante un trazo superficial realizado con un elemento cortante (cortador de vidrio).

- **ROMPER:** realizar el quiebre de la hoja en la zona debilitada.

Al marcar el vidrio se produce el surco de corte, que lo podemos describir a través de una vista microscópica:

ESTRUCTURA DE SURCO

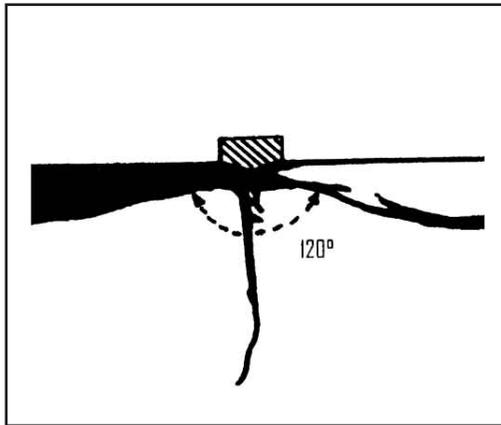


Fig. 2.1: Fisuras vertical y laterales.

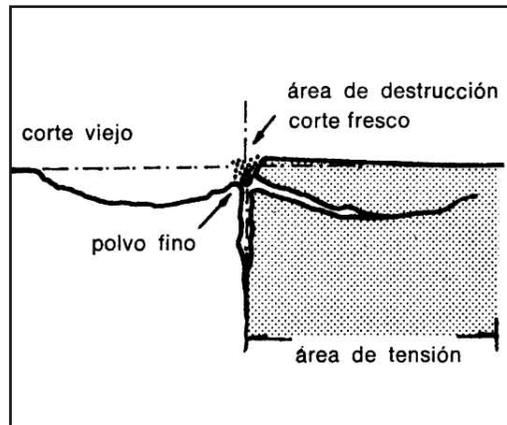


Fig. 2.2: Surco vertical y área de tensiones.

El surco de corte produce 3 fracturas en el vidrio: una central, vertical, que penetra dentro del vidrio hasta ciertas profundidades la que nos va a permitir cortar el vidrio de la manera deseada, y dos fracturas laterales, horizontales, paralelas a la superficie del vidrio que no participan en el posterior quiebre.

Además se observa en el lugar que actuó la herramienta una zona de destrucción y polvo de vidrio atrapado que crea un estado de tensiones y mantiene el surco vertical abierto.

Este estado inmediato después de efectuar un surco crea las condiciones para que pueda realizarse el quiebre en la dirección deseada a continuación. A medida que transcurre el tiempo luego del surco las tensiones empiezan a disminuir, porque las fracturas horizontales avanzan y terminan saliendo a la superficie liberando el polvo de vidrio atrapado y la fractura vertical tiende a cerrarse, esto se conoce como envejecimiento o cicatrización del corte, por lo tanto es muy importante que el quiebre se realice en el menor tiempo después de marcado el surco.

Si la presión de la herramienta de corte es excesiva la zona de destrucción es muy ancha y las fracturas laterales salen a la superficie, (saltan “pelusas”) y no crean un estado de tensión adecuado dificultando el quiebre.

HERRAMIENTA DE CORTE

La herramienta de corte usual es una ruedita de metal duro (carburo de tungsteno) de unos 5 mm de diámetro y 1 mm de espesor, maquinada con ángulos de corte de acuerdo al uso, manual o mecanizado y a los distintos espesores del vidrio que cortar.

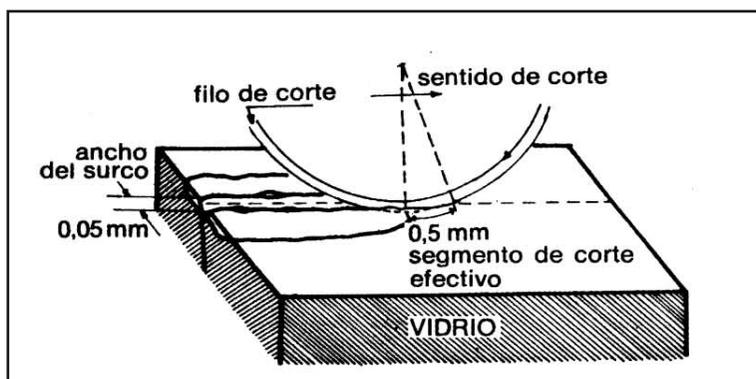


Fig. 2.3: Rueda marcando el vidrio.

La fuerza a aplicar dependerá de la geometría de la rueda y el tipo y espesor del vidrio. una fuerza de 500 g sobre el cortador representa un presión de 2000 Kg/m^2 sobre la superficie del vidrio.

Los ángulos de rueda recomendados para distintos espesores para cortes convencionales con ruedas de 5-6 mm de diámetro son:

ESPESOR DE VIDIRIO (mm)	ANGULO DE FILO DE RUEDA
1.8 a 3.0	125
2.0 a 4.0	130
4.0 a 6.0	135
6.0 a 8.0	140
8.0 a 10.0	145
10.0 a 15.0	150

Para cortes manuales el ángulo máximo de ruedas a utilizar está en los 140^0 , porque para ángulos mayores la fuerza necesaria que se debe aplicar en el cortador es imposible de mantener constante.

FUERZA DE CORTE Y VELOCIDAD

A mayor velocidad mayor será la profundidad de la fisura (a igualdad de fuerza aplicada).

Hay una relación inversa entre fuerza y velocidad: mientras la velocidad aumenta la fuerza debe ser decrecida.

Generalmente cuando más veloz sea el corte (por debajo de la fuerza máxima) mejor será el corte.

Lo más importante es matener la fuerza y la velocidad constante a través de un corte, de esta manera se obtendrá un surco continuo y uniforme a lo largo de toda la línea que se pretende cortar y el quiebre será facilitado. El surco deberá realizarse siempre en un solo trazo, sin fuerza excesiva que levante pelusas y nunca se debe pasar dos veces el cortador, porque el segundo trazo destruirá el surco original.

LUBRICACION

La lubricación aporta beneficios y facilita el corte: alarga la vida de la rueda, retarda el envejecimiento del corte, otorga mayor seguridad de que el quiebre seguirá el surco sin desviarse. El lubricante recomendado son aceites de máquina livianos. Nunca cortar vidrio mojado.

Capítulo 2

TIPOS DE VIDRIOS PARA LA CONSTRUCCION

VIDRIOS BASICOS

Se entiende por vidrio básico aquel que es obtenido directamente de la transformación de la materia prima, tal como se detalló en el capítulo anterior. También se los llama recocidos por haber sido sometidos a un tratamiento de recocido al final del proceso de fabricación, para disminuir las tensiones internas (ver capítulo 1).

1.- Float incoloro

El vidrio float incoloro (cuyo método de fabricación fue explicado en el capítulo 1) es un vidrio transparente de caras planas y paralelas, lo que asegura una visión nítida y exacta, libre de distorsión, motivo por el cual es usualmente llamado cristal.

Este vidrio es irremplazable para toda aplicación en la que es fundamental asegurar la ausencia de distorsión (espejos, templados, laminados, DVH).

También se lo llama vidrio monolítico (para diferenciarlo del vidrio laminado o doble vidriado), o vidrio crudo (para diferenciarlo del vidrio templado).

Cuando el vidrio float rompe lo hace en pedazos grandes en forma de cuña filosa y cortante. Por ese motivo debe tenerse especial atención a la selección del espesor adecuado (que garantice que no se rompa frente a la presión del viento), así como a no utilizarlo en zonas de riesgo para las personas (ver “vidrio de seguridad”, capítulo 6).

La elección del espesor correcto de vidrio depende del tamaño del mismo y la presión de viento que soportará; se debe calcular de acuerdo a la Norma IRAM 12565. (ver “calculo del espesor adecuado del vidrio según presión de viento” capítulo 10).

2.- Float color

Los vidrios float color son vidrios float fabricados del mismo modo que los float incoloros a los que se les ha agregado (durante el proceso de producción) algunos óxidos metálicos específicos que producen un colorado determinado en la masa del vidrio, sin afectar las cualidades de ausencia de distorsión propia del vidrio float.

El agregado de color en la masa aumenta las posibilidades estéticas en el uso del vidrio, sin perder ninguna de las cualidades del float incoloro.

Son vidrios absorbentes de calor, pues los óxidos metálicos en el interior de su masa absorben parte de la radiación solar ingresante desde el exterior. De este modo disminuyen el ingreso de calor radiante al interior de las viviendas por lo que a estos vidrios se los llama también: Vidrios de Control Solar. (ver “Coeficiente de Sombra”, capítulo 4).

Al disminuir el ingreso de radiación también disminuyen las molestias ocasionadas por la excesiva luminosidad y resplandor, sin que ello afecte de modo significativo el ingreso de luz natural (ver “porcentaje de transmisión luminosa”, capítulo 4).

Sin embargo, al utilizar estos vidrios, se debe tener en cuenta la posibilidad de que rompan por stress térmico (ver “stress térmico” - capítulo 7). Para prevenirlo debe estudiarse la conveniencia de templarlo o termoendurecerlo (ver “vidrio térmicamente tratado”, capítulo 3).

Los criterios de selección de espesor en función del tamaño y los vientos a que será sometido, así como las recomendaciones en relación a no utilizarlo en áreas de riesgo, son similares a los descriptos para el float incoloro.

Al seleccionar un vidrio color se debe tener en cuenta que la intensidad del color aumenta con el espesor.

3.- Vidrio armado

El vidrio armado es un vidrio translúcido incoloro al cual se le ha agregado (durante el proceso de producción) una malla de alambre de acero de paso 12 mm x 12 mm la cual, ante rotura del vidrio, actuará como soporte temporario del mismo.

Una de sus caras es lisa y la otra posee una textura que hace que la luz se transmita en forma difusa. Esto lo convierte en un vidrio especialmente apto cuando se desee el ingreso de luz pero que, a su vez, no sea posible la observación a través del vidrio. Su coeficiente de transmisión de luz es de aproximadamente 80%.

La principal propiedad del vidrio armado es la de retardar la propagación del fuego (entre 30 y 60 minutos, dependiendo del tamaño del paño y del tipo de material de la abertura). Aunque el vidrio armado sometido a una rápida elevación de temperatura se fracturará rápidamente del mismo modo que lo haría cualquier otro vidrio, la presencia de la malla de alambre hace que los trozos de vidrio roto permanezcan en el marco - unidos entre sí -, por más tiempo que el que soportaría cualquier otro vidrio en las mismas circunstancias. Este lapso extra es el que permitirá a las personas alcanzar las vías de escape además de brindar condiciones de seguridad a los bomberos para combatir el fuego al evitar que el incendio se propague con facilidad.

El vidrio armado no es considerado un vidrio de seguridad, pues cumple sólo parcialmente los requisitos especificados para los mismos. (ver “vidrio de seguridad” - capítulo 6). Los problemas asociados al vidrio armado como vidrio de seguridad son los siguientes:

- El alambre no hace al vidrio más fuerte o resistente (de hecho la inserción de la malla de alambre produce una discontinuidad en la estructura del vidrio, que lo debilita en comparación con un vidrio monolítico), sólo actúa como soporte temporario del vidrio evitando el desprendimiento de los fragmentos de vidrio roto.
- En caso de impacto directo de una persona, los alambres del vidrio armado pueden ocasionar lesiones.

El vidrio armado es más débil frente a los esfuerzos térmicos que el vidrio float. Para minimizar la fractura por stress térmico (ver “stress térmico” - capítulo 7) los bordes del vidrio deben tener sus cantos matados y/o pulidos además de cumplir con los requerimientos básicos de instalación de cualquier vidrio en un marco (ver “instalación de vidrios” - capítulo 8).

El espesor nominal del vidrio armado es de 6 mm y su peso aproximado es de 17 kg/m².

Como con cualquier otro vidrio, la selección debe hacerse teniendo en cuenta que éste sea capaz de resistir las presiones a que estará sometido en su vida útil. Teniendo en cuenta que este vidrio sólo se fabrica en 6 mm de espesor, la selección pasa únicamente por la elección del tamaño máximo de paño de vidrio que puede utilizarse. Es conveniente consultar con el fabricante.

4.- Vidrio impreso (fantasía)

Este vidrio posee una textura decorativa que permite el paso de la luz pero -a la vez- impide la visión clara dando diferentes grados de translucidez y privacidad. La transmisión de luz es aproximadamente 70%.

De esta manera los vidrios fantasía permiten, además, reducir la excesiva luminosidad y resplandor.

La incorporación de la textura en la superficie del vidrio produce -a su vez- una disminución en la resistencia mecánica. Si se requiere aumentar esa resistencia, algunos de estos vidrios pueden ser templados. Consultar con el fabricante.

Colocados al exterior, los vidrios fantasía pueden presentar stress térmico (ver “stress térmico” - capítulo 7).

5.- Vidrio difuso

Este vidrio posee una superficie levemente texturada que atenúa las molestias ocasionadas por los reflejos de luz sobre un vidrio de caras brillantes. Por ese motivo es utilizado como vidrio para proteger cuadros y fotografías. La cara texturada debe colocarse mirando al exterior.

El vidrio difuso presenta un delicado acabado mate que permite una visión clara, minimizando la reflexión de las fuentes de luz sobre su superficie.

El espesor nominal es de 2.3 mm, con un tamaño estándares de 1200 x 1800 mm. Su peso es de 5.6 kg/m².

6.- Vidrio PROFILIT

El PROFILIT es un vidrio incoloro recocido configurado en forma de “U”, cuya cara exterior presenta una textura similar al vidrio impreso “stipolite”, y su faz interna es lisa.

Se fabrica en tiras continuas de 262 mm de ancho y 41 mm de altura de las alas. El espesor es de 6 mm. La configuración es en forma de “U” y sus bordes redondeados pulidos a fuego aumentan considerablemente su resistencia a los esfuerzos laterales permitiendo instalaciones de grandes dimensiones sin estructuras intermedias.

El vidrio PROFILIT se complementa con un sistema básico de dos perfiles de aluminio: un perfil umbral donde apoyan los componentes de vidrio y un perfil dintel que se utiliza para retener los componentes de vidrio en la parte superior y también para las terminaciones laterales verticales. Se agregan distintos perfiles de PVC que van insertos y trabajados dentro de los perfiles de aluminio y su función es dar apoyo al vidrio y evitar el contacto vidrio-metal.

Los perfiles pueden colocarse en sistemas simple o doble piel, en forma vertical u horizontal. Las instalaciones de posición vertical pueden tener formas rectas o curvas.

El sistema permite una muy buena transmisión de luz, 85% para simple vidriado y 69% para cerramientos a doble piel.

Los largos estándares de fabricación son de 3000 y 5500mm, pueden cortarse fácilmente con cortadores de vidrio convencionales.

El peso por m² en simple piel es de 20 kg y en doble es de 40 kg.

Para brindar al conjunto una completa hermeticidad las juntas entre vidrios se obturan con un sellador de silicona. Las principales aplicaciones de cerramiento PROFILIT son: edificios industriales, depósitos, centros comerciales, instalaciones deportivas y todos aquellos destinos en los que se requieran grandes superficies vidriadas para la iluminación natural. <<<también es utilizado en oficinas, comercios, viviendas, etc. para realizar paredes vidriadas, particiones y pantallas interiores.

Capítulo 3

TIPOS DE VIDRIOS PARA LA CONSTRUCCION

VIDRIOS PROCESADOS

Los vidrios procesados son vidrios producidos a partir de float básico, incoloro o color. Los vidrios procesados pueden cumplir varias e importantes funciones, dependiendo de su conformación, como ser:

- de seguridad (ver capítulo 6)
- de aislantes térmicos (ver capítulo 4)
- de aislantes acústicos (ver capítulo 5)
- decorativos

Los distintos tipos de vidrio procesado y sus principales características se explican a continuación.

1.- VIDRIOS TRATADOS TERMICAMENTE

Como se explicó en el capítulo 1, el vidrio recocido es muy resistente a la compresión pura, pero relativamente débil a la tracción. La rotura de un vidrio se produce por un excesivo esfuerzo de tracción sobre la superficie de sus bordes, o en una sobretensión en las microfisuras que siempre se encuentran presentes en la superficie del vidrio.

Teniendo en cuenta que los esfuerzos más comunes que soportará un vidrio en su vida útil son, precisamente, los de tracción (presión de viento, personas que se apoyan o caen sobre el vidrio), es fácil imaginar los serios inconvenientes que ésto significa. Por medio del tratamiento térmico se logra que el vidrio obtenga una mayor resistencia a la tracción (ya sea mecánica o térmica), respecto a la que es natural en un vidrio float.

Durante la producción de vidrio float, como se explicó en el capítulo 1, la masa fundida de vidrio es enfriada lentamente (proceso de recocido) para remover las tensiones que se originan entre la superficie exterior de la masa (que se enfría más rápido) y el interior de la misma (que, inevitablemente, se enfría más lentamente). Si el vidrio no fuera recocido, no podría ser cortado ni procesado posteriormente debido a que estas tensiones lo hacen más resistente, lo cual es indeseable para un vidrio de uso común.

Pero esta propiedad puede ser usada cuando se desea disponer de un vidrio más resistente. Para ello se somete al vidrio a un tratamiento térmico que consiste en elevar su temperatura hasta cerca del punto de ablandamiento (650°C) y enfriarlo rápidamente. El enfriamiento rápido del vidrio hace que la superficie del mismo se enfríe más rápido que el centro, el que estará relativamente más caliente. La superficie del vidrio al enfriarse se contrae mientras que el centro no lo hace de la misma manera. Mientras el centro se va enfriando, fuerza a la superficie y a los bordes a la compresión. El principio básico empleado en el tratamiento térmico es crear una condición inicial de compresión en la superficie y los bordes. De este modo la presión del viento, el impacto de objetos, las tensiones térmicas u otras cargas que pueden afectar al vidrio, deberán primero vencer esta compresión antes que pueda suceder cualquier fractura. Esto es un “vidrio térmicamente tratado”.

El color, la transparencia y demás propiedades del vidrio no se ven afectadas por el tratamiento térmico.

En el cuadro 3.1 pueden compararse los resultados de un vidrio común y un vidrio templado en relación a la tensión de rotura.

Cuadro 3.1: Comparación entre vidrio común y templado en relación a la tensión de rotura.

	Vidrio Común	Vidrio Templado
Típica tensión de rotura (fuerte espesor, 60 seg de carga)	6.000 psi	24.000 psi
Típica velocidad de impacto que causa fractura (6 mm de espesor, misil de 5 mg, impacto normal a la superficie)	30 ft/seg	60 ft/seg

Los vidrios térmicamente tratados pueden ser de dos tipos, dependiendo de la velocidad de enfriamiento a la que hayan sido sometidos durante su fabricación:

-Templado: aquí el enfriamiento es muy rápido.

-Termoendurecido: el enfriamiento es más lento.

Las diferencias de propiedades entre el vidrio común, el vidrio templado y el termoendurecido se pueden observar en el cuadro 3.2:

Cuadro 3.2: Comparación de las propiedades del vidrio templado y termoendurecido

	Templado	Termoendurecido
Resistencia al impacto respecto al vidrio crudo	4 veces más	2 veces más
Flexión respecto al vidrio crudo	Igual [1]	Igual
Forma de rotura	Pequeños fragmentos sin aristas cortantes	Pedazos grandes sin aristas cortantes
Soporta cambios de temperatura de hasta	250°C	120°C
Presenta rotura espontánea	Sí	No
Sobre vidrios reflectantes	Puede presentar distorsiones	no distorsiona
¿Se considera vidrio de seguridad?	Sí [2]	No

[1] Aunque el vidrio templado tiene una resistencia mecánica cuatro veces mayor que la del vidrio recocido, flexiona igual que un vidrio recocido. Por eso el dimensionamiento de un vidrio templado está definido, muchas veces, por sus limitaciones a la flexión más que por su resistencia.

[2] Las tensiones de compresión en un vidrio templado oscilan entre 80 y 150 N/mm². Para ser considerado un vidrio de seguridad no debe ser menor a 100 N/mm².

Una propiedad muy importante del vidrio templado es que -debido a las elevadas tensiones a las que ha sido sometido - una vez que inicia la rotura ésta se propaga rápidamente por la liberación de energía que se produce. Como consecuencia de ello, el vidrio se desintegra en pequeños fragmentos que no causan heridas cortantes o lacerantes serias (ver figura 3.2), como las que causarían los bordes filosos de pequeños trozos de vidrio recocido (ver fig. 3.1). Por este motivo el vidrio templado es considerado un vidrio de seguridad (ver capítulo 6).

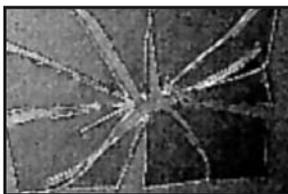


Fig 3.1 Rotura de un vidrio recocido.

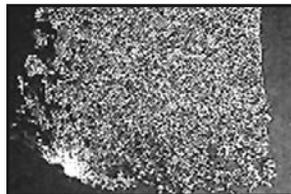


Fig 3.2 Rotura de un vidrio templado.

Cuando se templan vidrios reflectivos, se pueden producir ondulaciones en la superficie, las que generan indeseables distorsiones en la imagen percibida. Por ese motivo, en estas situaciones, es preferible la utilización de vidrio termoendurecido. Además el vidrio termoendurecido es capaz de soportar las tensiones térmicas que generan rotura por stress térmico (ver “stress térmico”, capítulo 7).

Usos del vidrio templado

El vidrio templado se usa en lugar de otros vidrios en aplicaciones que requieren aumentar la resistencia y reducir la probabilidad de lesiones en caso de rotura. En la industria de la construcción se usa en vidrios exteriores en edificios de gran altura y en curtain walls, en antepechos, en puertas de abrir, mamparas de baños, fachadas de lobbys, escaleras y pisos de vidrio, frente de negocios y bancos, etc. También se usa para canchas de pelota a paleta o deportes similares, en tableros de basketball, sky-lights y paneles solares. En la industria automotor se usa para las ventanas laterales y traseras en automóviles, camiones y otros vehículos. La industria manufacturera usa vidrio templado en refrigeradores, muebles, hornos, anaqueles y pantallas de chimeneas.

Debido a su elevada resistencia y confiabilidad, el vidrio templado puede ser utilizado en aplicaciones estructurales y semi-estructurales, con agujeros y entrantes lo que posibilita su montaje y unión con herrajes abulonados.

El vidrio templado no debe ser usado donde se busque resistencia al fuego. Tampoco debe usarse cuando el objetivo es proveer seguridad contra la entrada de ladrones.

Manipuleo e instalación

El vidrio templado debe recibir el mismo cuidado que un vidrio no templado. Desafortunadamente, acostumbrados a la gran resistencia que tiene un vidrio templado la gente pone menor cuidado en su manipuleo. La falta de cuidado en el manipuleo y la instalación inapropiada a veces produce daños en los bordes. Una rotura posterior a la instalación puede ocurrir cuando los bordes dañados del vidrio templado son sujetos a tensiones térmicas o mecánicas moderadas. La penetración de la capa de compresión producirá instantáneamente la fragmentación del vidrio templado.

2.- VIDRIOS GRABADOS AL ACIDO

Este tipo de vidrio se obtiene por medio de una abrasión de la superficie del vidrio producida por la acción de uno o varios ácidos.

Esta abrasión puede cubrir la totalidad de la superficie del vidrio o puede aplicarse siguiendo patrones determinados e - incluso - copiando formas y dibujos muy diferentes y complejos. Pueden obtenerse así muy bellos motivos, por lo que suele usarse cuando se desea decorar con vidrio determinados lugares.

Dependiendo del motivo del dibujo, se pueden obtener diferentes grados de translucidez y privacidad.

El vidrio grabado al ácido tiene una superficie de una suavidad y uniformidad distintiva y apariencia satinada. Este tipo de vidrio permite el paso de la luz a la vez que provee un control de la visión. Puede ser de uso residencial (puertas, mamparas de baño, muebles, etc.) y comerciales (decoración de locales, etc.).

3.- VIDRIOS ESMALTADOS

Los vidrios esmaltados son aquellos en los que una de las superficies ha sido tratada con una pintura vitrificable, de modo de transformar al vidrio en opaco. Esta es una necesidad en algunas aplicaciones actuales del vidrio con el objeto de ocultar algunas zonas: antepechos, losas, cielorrasos, conductos de aire acondicionado, etc.

Se comercializan en una amplia gama de colores estándares, aunque siempre es posible obtenerlos del color que se desee, previo convenio con el fabricante.

Debido a que estos vidrios absorben mucho calor existe peligro de rotura por stress térmico (ver “stress térmico”, capítulo 7), por lo cual normalmente son vidrios templados o termoendurecidos. Por este motivo, todo procesamiento del vidrio (agujereado, etc.) debe ser hecho previamente debido a que una vez tratados térmicamente no pueden ser cortados ni perforados pues se produciría su rotura .

Por las características de los esmaltes utilizados, el color no se altera con el tiempo ni por la radiación UV.

Además de sus funciones decorativas, los vidrios esmaltados son también vidrios de control solar.

4.- VIDRIOS SERIGRAFIADOS

Este es un vidrio templado o termo endurecido que presenta algún tipo de dibujo sobre una de sus caras, el cual se aplica con técnicas de serigrafía usando esmaltes cerámicos vitrificables.

Los dibujos pueden ser estándares o realizados a pedido según los requerimientos del diseñador, quien - de este modo - puede manejar amplias aplicaciones funcionales y estéticas, tales como:

- disponer de una imagen visual única.
- obtener distintos grados de control de la transmisión de calor y luz visible (ver capítulo 4).
- obtener distintos grados de privacidad.

Normalmente los dibujos suelen ser rayas, puntos, bandas u otro tipo de tramas, los cuales - dependiendo de la densidad y color de esos dibujos - permiten un pasaje de la luz diferente así como la posibilidad de graduar la visibilidad entre el interior y el exterior. En la fig. 3.3 se observa alguno de los motivos más utilizados.

Al diseñar un vidrio serigrafiado debe tenerse muy en cuenta el porcentaje de transmisión de luz que se obtendrá así como el coeficiente de sombra que se obtendrá al usarlo, (ver capítulo 4).

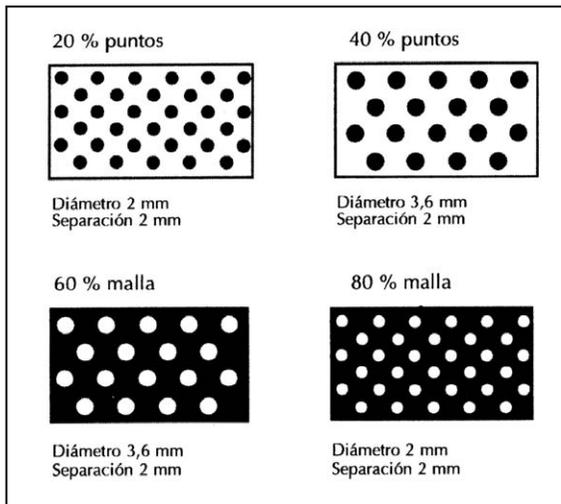


Fig 3.3: Diseño estándar de vidrios serigrafiados (Fuente: BI nº 11 VASA)

Los vidrios serigrafiados se pueden usar en múltiples aplicaciones, por ejemplo:

- En fachadas (techos y cúpulas, ventanas, antepechos de muros cortinas, etc.): aquí sus principales virtudes son:

Apariencia: ofrece una gran flexibilidad de diseños y opciones creativas, por cuanto virtualmente cualquier tipo de diseño puede ser serigrafiado sobre el vidrio. Se puede, también, coordinar áreas de visión y no visión, así como variar el color de cada área de vidriado.

Control solar: se pueden obtener distintos niveles de control solar variando el color y densidad del dibujo, así como el tipo de vidrio.

Protección contra reflejos: dependiendo del dibujo y su distribución sobre el vidrio, actúa como filtro contra la luz directa del sol y ayuda a reducir el resplandor.

- **Otras aplicaciones exteriores:**

Muebles de calle: por ser vidrios de seguridad y tener bajo requerimiento de mantenimiento, pueden ser usados en muebles de calle tales como refugios, paneles de publicidad, etc.

Señalización: por ser un producto durable y resistente a rayaduras, además de la flexibilidad del proceso de serigrafiado, es ideal para señalización exterior, tales como: paneles de información iluminados, señales de tránsito, etc.

- **Aplicaciones interiores** (tabiques interiores y exteriores, puertas, mamparas de baño, balaustradas de escaleras y balcones, muebles, etc.):

Decoración: no sólo se pueden obtener numerosas terminaciones y efectos para embellecer interiores, sino que, además, es un producto resistente a las rayaduras, al agua, la humedad y a los agentes limpiantes.

Control de la visión: cuando se lo usa en particiones, provee distintos grados de privacidad creando una sensación de apertura y espacio permitiendo buena luminosidad en la pieza. Experimentando con el color, la densidad, distribución y orientación de los patrones de la serigrafía, pueden alcanzarse un sinnúmero de efectos para satisfacer diseños, control de visión y requerimientos personales.

Personalización: la flexibilidad de los procesos de serigrafía y la calidad de terminación producida es ideal para reproducir logotipos de compañías, señalizaciones, etc.

5.- VIDRIOS REFLECTIVOS

Son vidrios float (incolores o color) que poseen un revestimiento reflectivo metálico en una de sus caras. También se los denomina vidrios con “coating” por la capa (coat) metálica depositada sobre su superficie.

5.1.- Tipos de vidrios Reflectivos o con “coating”

Podríamos dividir - someramente - los vidrios con “coating” en dos categorías:

- Reflectivos solares (figs. 3.4 y 3.5): impiden el ingreso de calor radiante del sol (reflejan las radiaciones de longitud de onda corta - ver capítulo 4). Pueden estar fabricados con vidrio float color o incoloro. La ubicación del revestimiento puede ser en cara # 1 o # 2.
- de baja emisividad o Low-e (fig. 3.6): impiden la salida del calor radiante de los cuerpos calientes del interior de las viviendas (radiaciones de onda larga - ver capítulo 4). Pueden estar fabricados con vidrio float color o incoloro. La ubicación del revestimiento puede ser en cara # 2 o # 3 (estos suelen ser incoloros).

Los vidrios de control solar de alta performance combinan ambos revestimientos –solares y de baja emisividad– en la misma cara.

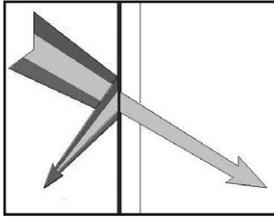


Fig 3.4: Vidrio reflectivo #1.

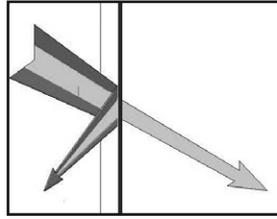


Fig 3.5: Vidrio reflectivo #2.

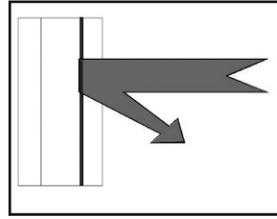


Fig 3.6: Vidrio bajo emisivo #3.

La diferencia entre ambos tipos de revestimientos es la siguiente:

a.- El porcentaje de transmisión de luz visible:

- Revestimientos reflectivos solares: reflejan y/o absorben un porcentaje importante de luz visible, debido al espejado y/o la coloración de la masa del vidrio.

- Revestimientos bajo emisivos: no se ve afectada la transmisión de luz visible.

b.- longitudes de onda de la energía que reflejan:

- Revestimientos reflectivos solares: reflejan la energía de longitud de onda corta (sol).

- Revestimientos bajo emisivos: reflejan la energía de luz de onda larga (cuerpos calientes).

c.- dirección en la cual reflejan las ondas.

- Revestimientos reflectivos: hacia el exterior de la vivienda.

- Revestimientos bajo emisivos: hacia el interior de la vivienda.

5.2.- Funcionamiento del vidrio de control solar

Con la faz reflectiva en cara 1 (#1) presentan un aspecto plateado brillante, cuyo color aparente depende del entorno y/o del cielo reflejado sobre su superficie. Ver figura 3.4.

Con la faz reflectiva en cara 2 (#2) se pone en evidencia el color del cristal base y su aspecto reflectivo es menos intenso y brillante (fondo plateado). Ver figura 3.5.

No debe olvidarse que estos vidrios presentan el efecto espejo que impide la visión hacia el lado menos iluminado.

De día no es posible ver desde el exterior hacia el interior; durante la noche (con locales iluminados interiormente) no es posible ver hacia el exterior.

5.3.- Funcionamiento del vidrio bajo emisivo

El calor radiante de los cuerpos calientes que se encuentran en el interior del edificio es reflejado por el revestimiento bajo emisivo hacia el interior (ver fig. 3.6), evitando las pérdidas de calor hacia el exterior a través del vidrio.

Si es incoloro (revestimiento en cara # 3) no afecta la visión interior.

5.4.- Cuidados a tener en Obra:

Se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Tratar con cuidado la faz reflectiva
- Protegerla de ataques exteriores
- Evitar condensaciones de humedad
- Evitar contacto con materiales de construcción, que pueden dañar la capa metálica
- No pegarle etiquetas (puede generar roturas por stress térmico)

5.5.- Comparación del manejo energético de diferentes vidrios

En el cuadro 3.3 se puede observar el diferente comportamiento que tienen los vidrios ya vistos, en relación a la reflexión, absorción y transmisión de la luz.

Estos valores deberán ser tomados en cuenta por quien desea utilizar vidrios en un emprendimiento determinado.

Cuadro 3.3: comparación del manejo energético de diferentes vidrios (Fuente: BI VA S A)

Tipo de Vidrio	Reflexión	Absorción	Transmisión
Incoloro	7 %	15 %	78 %
Color	5 %	46 %	49 %
Reflectivo (#1)	30 %	39 %	31 %
Reflectivo (#2)	12 %	57 %	31 %

5.6.- Clasificación según proceso de fabricación

Los vidrios con “coating” (tanto los reflectivos solares como los low-e) pueden ser fabricados por dos procesos diferentes: pirolítico o magnetrónico. El cuadro 3.4 muestra las diferencias entre ambos procesos y entre las propiedades de cada uno de los productos así obtenidos.

Cuadro 3.4: Diferencias entre vidrios pirolíticos y magnetrónicos

Pirolítico

- Fabricado en la misma línea de fabricación del float (on line)
- También llamado Hard Coat
- Puede usarse como monolítico
- Se puede templar, cortar y pulir

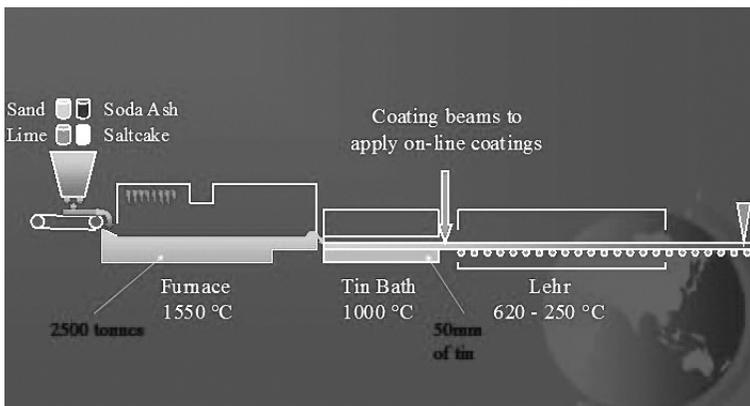
Magnetrónico

- Fabricado fuera de línea de float (off - line)
- También llamado Sofá Coat
- Sólo puede usarse con la capa reflectiva protegida (laminado o en DVH)
- No todos los productos de esta tecnología se pueden templar

Revestimientos pirolíticos (on line / hard coat)

Los revestimientos colocados en la superficie del vidrio, ya sea con fines de control solar o baja emisividad, se denominan revestimientos pirolíticos porque generalmente se aplican sobre el vidrio caliente durante su pasaje a través de la extendería de recocido. Implican la descomposición térmica de gases, líquidos o polvos que se rocían sobre el vidrio para formar una capa de óxido metálico que se fusiona a la superficie. Los revestimientos en línea tienen la ventaja de una mayor dureza, durabilidad en el depósito y facilidad de procesado en comparación con los revestimientos fuera de línea (son adecuados para el curvado y el templado). Tienden a ser limitados en cuanto a la variedad de colores.

HARD COAT

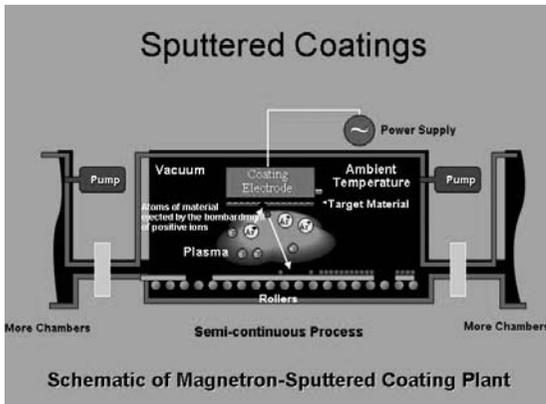


Revestimientos magnetrónicos (off line / soft coat)

Los revestimientos fuera de línea son los que se aplican a los paños individuales de vidrio después de su fabricación y corte. Este proceso es capaz de ofrecer una amplia gama de revestimientos de diferentes colores, reflectividades y propiedades térmicas.

En el proceso magnetrónico, el material por ser aplicado se convierte en el cátodo de un circuito eléctrico a 500 voltios.

SOFT COAT



Se introduce gas argón en una cámara de vacío, y se produce un plasma de descarga incandescente. Se eliminan los electrones del argón, dejando iones de carga positiva. Estos iones son atraídos por los cátodos, impactando con los mismos. Tienen una inercia muy alta y eliminan átomos de material catódico que se recondensan en el vidrio que se encuentra debajo.

Una cuidadosa alineación permite colocar revestimientos uniformes sobre sustratos de gran tamaño. Se pueden revestir hojas de vidrio a una velocidad de una cada 60 segundos aproximadamente. Es posible aplicar virtualmente cualquier metal o aleación no magnética. La transmisión de luz del vidrio resultante depende de la naturaleza y espesor del revestimiento. El color depende del espesor, material y configuración del revestimiento.

Ahorro energético

Se considera que los edificios consumen alrededor del 30% del total de la energía generada (en todas sus variantes) la cual produce emisiones de CO₂ (dióxido de carbono) a la atmósfera.

Debido al incremento de estas emisiones y al aumento del efecto de invernadero a nivel global, el ahorro energético en edificios –residenciales o comerciales– resulta de suma importancia para disminuir el consumo de energía de climatización (refrigeración y calefacción) e iluminación.

Los vidrios de control solar que reducen el ingreso de calor por radiación a la vez que permiten la mayor transmisión de luz natural, combinados con los beneficios del DVH que mejora sustancialmente el aislamiento térmico de las ventanas, son la mejor opción al momento de especificar una solución sustentable para las ventanas o fachadas de los edificios.

Vidrios autolimpiantes

El vidrio autolimpiante posee en su cara exterior (# 1) un revestimiento que permite mantener limpio el vidrio de manera natural mediante un proceso que consta de dos pasos:

1. Proceso fotocatalítico: una superficie especial fotoactiva utiliza la energía del sol para descomponer, aflojar y destruir la suciedad y otras materias orgánicas depositadas en la superficie del vidrio.
2. Proceso hidrofílico: cuando llueve el agua se desplaza en forma de chorro sobre la superficie del vidrio para arrastrar la suciedad, no dejando marcas de goteo o estriado una vez seco.

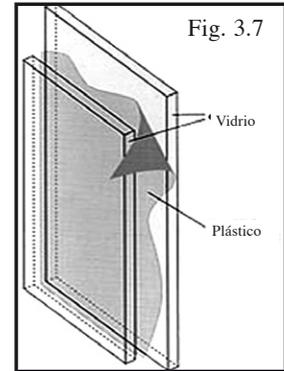
Este vidrio se puede aplicar en cualquier tipo de composición (monolítico, laminado, DVH), siempre que la cara tratada esté colocada hacia el exterior.

6.- VIDRIOS LAMINADOS

Los vidrios laminados son vidrios formados por dos o más hojas de float (incolores o color, crudo o templado), unidas entre sí por la interposición de una o varias láminas de Polivinil de Butiral (PVB) aplicadas a presión y calor en un autoclave. Ver fig. 3.7

Esta configuración combina las propiedades del vidrio (transparencia, dureza, etc.) con las propiedades del PVB:

- Adherencia al vidrio
- Elasticidad
- Resistencia al impacto



De este modo ante un impacto sobre el vidrio laminado, la película de PVB absorbe la energía del choque al mismo tiempo que mantiene su adherencia al vidrio. Así los trozos de vidrio no se desprenden y el conjunto se mantiene en el marco.

Aunque el PVB es un material opaco en su estado natural, luego del proceso de autoclave es transparente, de modo tal que no se ven afectadas las propiedades de transmisión lumínica del vidrio.

El espesor de PVB estándar es 0.38 mm, pero para aplicaciones especiales (de seguridad o de control acústico; ver capítulos 5 y 6) se utilizan espesores de 0.76 mm, 1.14 mm y 1.52 mm.

6.1.- Aplicaciones del vidrio laminado

Las aplicaciones del vidrio laminado son las siguientes:

- **Como vidrio de SEGURIDAD**

El vidrio laminado es considerado un vidrio de seguridad (ver capítulo 6) porque en caso de rotura los trozos de vidrio quedan adheridos al PVB y no se desprenden. De esta manera constituye una barrera de protección y retención ante el impacto de personas u objetos.

- **Como vidrio de CONTROL SOLAR**

Si el vidrio laminado se fabrica utilizando vidrio de control solar (float color) o reflectivo, se pueden obtener diferentes grados de control solar y así disminuir las molestias de una excesiva luminosidad y resplandor.

- **Como FILTRO DE UV**

EL PVB tiene la propiedad de ser un efectivo filtro para los nocivos rayos ultravioletas del sol. En el cuadro 3.5 se muestran los valores de absorción de rayos UV para diferentes tipos de vidrio laminado.

Cuadro 3.5: La absorción de los rayos UV para laminado 3+3 incoloro (Fuente BI VASA)	
PVB = 0.38 mm	96.6 % de radiación UV filtrada
PVB = 0.76 mm	99.9 % de radiación UV filtrada
PVB = 1.52 mm	99.9 % de radiación UV filtrada

- **Como Vidrio ACUSTICO**

Por sus características elásticas, el PVB tiene la capacidad de absorber las ondas sonoras lo que contribuye en la absorción del ruido (ver capítulo 5). En particular atenúa el ruido para los rangos de frecuencias de la voz humana y el tránsito automotor.

La capacidad aislante aumenta en la medida que aumenta el espesor de PVB utilizado. Para control acústico debe usarse un PVB de 0.76 mm como mínimo.

6.2.- Tipos de laminado

Dependiendo del tipo de vidrio que se use, se obtienen diferentes tipos de vidrios laminados. Una clasificación de los diversos tipos de vidrio laminado (fuente: Boletín V&M) es la siguiente:

• Vidrio Laminado ARQUITECTURA (2 float + 1 PVB de 0.38)

- Incoloro: los dos float son incoloros.
- Color: se logran diferentes colores usando una hoja de vidrio incoloro con otra de color (tonos claros) o con 2 hojas de color (tonos oscuros) o con los vidrios incoloros y el PVB de color. El uso de PVB de color permite obtener una gama enorme de variedad de colores.
- Reflectante: en este caso uno de los vidrios es reflectante y el otro no. Si la faz reflectiva se encuentra en #2 (en contacto con el PVB) se evidencia más el tono del float base que el del cristal reflectivo, sin afectar las propiedades de transmisión.
- Templado: se puede usar un vidrio templado (o termoendurecido) y el otro crudo, o ambos templados (o termoendurecidos). Al usar vidrio templado se hace necesario utilizar doble PVB para garantizar que la adherencia sea correcta pues las pequeñas discontinuidades de planimetría que puede tener el templado podría afectar la capacidad de adherencia. De esta manera, a las propiedades del vidrio laminado se le agrega una mayor resistencia al impacto, a los esfuerzos de flexión y a las sollicitaciones por causas de origen térmico.

• ANTIRROBO (3 Float®+ 2 PVB de 0.76 mm)

Esta configuración posee una excelente resistencia a ser penetrado, por lo que es especialmente apto como vidrio antirrobo o antivandalismo.

• ANTIBALA (más de 3 Float®+ varios PVB + Policarbonato)

Es un cristal multilaminado fabricado con hojas de Float® de fuerte espesor (6 - 8 - 10 mm) laminados con un gran número de láminas de PVB incoloros de 0.76 y 1.52 mm de espesor. Una de las capas suele ser policarbonato por su gran capacidad de absorber la energía cinética del proyectil, además de ayudar a quitar peso al conjunto.

Las configuraciones mínimas recomendadas para cada aplicación de vidrio laminado pueden verse en el cuadro 3.6.

Cuadro 3.6 : configuraciones mínimas recomendadas para vidrio Laminado (Fuente: Boletín Técnico n° 2 - VyM)

Función del vidrio laminado	Configuración mínima	Aplicación
Protección de persona contra lesiones accidentales	1 PVB laminado simple	Puertas de entrada, ventanas, puertas de interior, barandas, cajas de ducha, muebles.
Protección contra astillas de vidrio	2 PVB laminado simple	Techos de vidrio, cúpulas, balastradas.
Protección contra caídas a través del vano	2 PVB configuración especial	Rampas de escaleras, balastradas, pisos de vidrio.
Protección primaria de bienes contra las agresiones rápidas	2 PVB laminado simple	Viviendas familiares, oficinas.
Protección contra el vandalismo	2 PVB laminado simple	Vidrieras, museos, marquesinas.
Protección contra agresiones no premeditadas	4 PVB laminado simple	Vidrieras con objetos de valor o de gran tamaño, residencias.
Protección contra agresiones organizadas	6 PVB laminado simple o multilaminado	Vidrieras con objetos de arte, vitrinas de museos, prisiones, hospitales psiquiátricos, salas de computación.
Alta protección contra todo tipo de agresión	6 PVB multilaminado	Vidrieras de comercio de alto riesgo.
Protección contra diferentes tipos de armas de fuego	Configuración especial	Bancos, instalaciones oficiales y militares, ventanillas de correo o bancos.
Protección contra explosivos	Configuración especial	Edificios públicos o privados, viviendas.

NOTAS:

- Para efectuar esta tabla se consideró el uso de las láminas de PVB de 0.38 mm de espesor
- Los espesores de los cristales dependerán de las condiciones de diseño y tamaño de la abertura
- Para cualquier tipo de aplicación es necesario realizar un diseño previo; consultar a los proveedores de cristal y/o especialistas.

7.- DOBLE VIDRIADO HERMETICO (DVH)

EL DVH es un vidrio conformado por 2 vidrios que se encuentran separados por una cámara de aire. Los vidrios pueden ser cualquiera de los tipos mencionados en este libro (incoloros, de color, reflectante, laminados, etc.).

La separación entre los vidrios puede lograrse de dos maneras distintas:

- Por medio de un separador metálico (normalmente aluminio). Fig 3.8
- Por medio de un cordón orgánico. Fig. 3.9

Es indispensable colocar un deshumectante en el interior del DVH, para evitar que la humedad del aire que ha quedado rete-



Fig 3.8

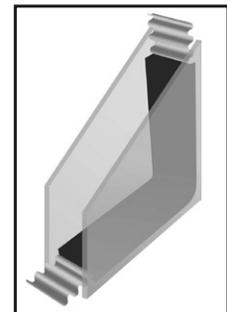


Fig 3.9

nido en el interior de la cavidad condense cuando el DVH se vea sometido a diferencias de temperaturas entre ambas caras.

Cuando se usan separadores metálicos (fig. 3.8), las sales deshumectantes son introducidas en el interior del separador desde donde -y a través de pequeñas perforaciones hechas sobre el separador- toman contacto con el espacio interior del DVH y deshumecta el aire.

En el caso del cordón orgánico (fig. 3.9), las sales están incorporadas al mismo cordón orgánico desde donde interactúan con el aire del interior de la cámara y lo deshumectan.

Todo este conjunto debe ser mantenido aislado para impedir el ingreso de aire desde el exterior, para lo cual se utilizan selladores especiales (hot-melt, polisulfuro, poliuretano o silicona). Estos selladores se conocen como selladores secundarios. En el caso de los DVH de cordón orgánico, el sellador secundario sólo se utiliza a partir de determinado tamaño del vidrio (consultar con el fabricante).

En el caso de los DVH con separador metálico, también se usa una barrera anterior (llamada primera barrera de vapor) consistente en un fino cordón de butilo aplicado sobre el separador metálico. El cordón orgánico, a su vez, tiene el butilo incorporado en el mismo cordón orgánico.

Gran parte de las propiedades del DVH están ligadas al ancho de la cámara (ver capítulo 4 y 5). Los anchos de cámara más usuales en la Argentina son: 6, 9 y 12 mm.

Cuando se desea especificar un tipo particular de DVH, se debe nombrar los dos vidrios que lo conforman y el ancho de la cámara, como se muestra en el cuadro 3.7.

Cuadro 3.7: Cómo especificar DVH.

4 / 9 / 4 3+3 / 12 / 6	dos vidrios incoloros de 4 mm con un ancho de cámara de 9 mm un vidrio laminado incoloro de 3+3 y otro vidrio incoloro de 6 mm con un ancho de cámara de 12 mm
Templado 5 / 9 / 4	un vidrio incoloro templado de 5 mm y otro vidrio incoloro de 4 mm, con un ancho de cámara de 9 mm
Reflect 6 / 20 / 4 Low-E	un vidrio reflectivo 6 mm (se debe aclarar color y marca), con un vidrio bajo emisivo de 4 mm y un ancho de cámara de 20 mm

El doble vidriado hermético es la solución más apropiada para resolver los problemas ocasionados en las viviendas debido al creciente uso de grandes superficies vidriadas, tales como:

- Excesivo calor
- Excesivo frío
- Efecto de pared fría
- Condensaciones
- Excesivo ruido

En el capítulo 4 se detallan los mecanismos de transmisión de calor en los vidrios, y se estudian detalladamente dichos mecanismos en un DVH y en el capítulo 5 se detallan los mecanismos de transmisión acústica. En este momento sólo mencionaremos las propiedades generales del DVH. Estas son:

1.- REDUCE LAS PERDIDAS DE CALOR A TRAVES DEL ACRISTALAMIENTO

- La cámara de aire controla la transmisión por convección (ver capítulo 4).
- Los dos vidrios reducen la transmisión por conducción (ver capítulo 4).

- Según el tipo de vidrio utilizado, se controla el ingreso de radiación:
 - Vidrios reflectivos de control solar: para impedir el ingreso de calor por radiación
 - Vidrios reflectivos bajo emisivos para impedir la salida del calor de los cuerpos
- Todo esto lleva a ahorros de calefacción y/o refrigeración

2.- EVITA LAS CONDENSACIONES SOBRE LA CARA INTERNA DEL VIDRIO: Que dañan paredes, pinturas y marcos aparte de dificultar la visión hacia el exterior

3.- EVITA EL EFECTO DE “PARED FRÍA”: Por lo que la temperatura en el recinto es más uniforme y permite aumentar las zonas habitables de la vivienda y reducir algunos grados la temperatura de la calefacción.

4.- PRESTACIONES ACUSTICAS (ver capítulo 5)

- La atenuación acústica depende, básicamente, de los vidrios, no de la cavidad.
- La cámara sólo influye en anchos aproximadamente de 20 mm.

5.- PRESTACIONES DE SEGURIDAD

- Utilizando vidrios de seguridad (ver capítulo 6).

Capítulo 4

MECANISMOS DE TRANSMISION DE CALOR EN VIDRIOS

Así como el vidrio posee características intrínsecas que lo hacen insustituible, también tiene entre sus propiedades el de ser un buen transmisor del calor y del ruido. Ambas propiedades son - generalmente - indeseables y pueden convertir un recinto en absolutamente inconfortable.

Por ese motivo, quien diseñe o seleccione vidrios debe conocer los principios básicos de transmisión de calor y ruido a través de los mismos, así como las soluciones que la industria del vidrio ha desarrollado para resolver estos problemas. En este capítulo se abordarán los aspectos de la transmisión térmica (primero en los materiales en general y luego particularmente en el vidrio) y en el capítulo 5 los referidos a la transmisión acústica.

1.- MECANISMOS DE TRANSMISION DE CALOR EN LOS MATERIALES

Siempre el calor se transmite desde el lado de mayor temperatura hacia el de menor temperatura. Para seleccionar los materiales que se usarán en la construcción, es necesario conocer la velocidad con que se transmite el calor en cada material (madera, paredes, vidrio, tejas, acero, etc.), de modo de usar ese conocimiento para seleccionar los más adecuados: aquellos que respondan a las necesidades de confort interior y ahorro de energía.

Existen tres mecanismos básicos de transmisión de calor, que son los siguientes:

1.1.- Transmisión de calor por conducción:

Este mecanismo de transmisión de calor se da en los sólidos. En este caso el calor se va transmitiendo molécula a molécula, desde las que se encuentran a mayor temperatura hacia las que están más frías. Pero, por ser un sólido, las moléculas se encuentran fijas (no se pueden desplazar) y la energía extra que tienen las que se encuentran a mayor temperatura, las obliga a “vibrar” dentro de su propio espacio molecular. Esta vibración se transmite a las moléculas más cercanas, las que a su vez comienzan también a vibrar (como producto de la energía que se les está transmitiendo). De esta manera se va transmitiendo la energía de molécula a molécula. Este mecanismo (llamado de conducción) es relativamente lento, dependiendo del material (en los metales es mucho más rápido que en el hormigón, por ejemplo).

En la fig. 4.1 se ejemplifica el calentamiento por conducción de una varilla metálica desde un extremo al otro de la misma.



Fig. 4.1: transmisión de calor por conducción.

1.2.- Transmisión de calor por convección:

Este mecanismo se da en los fluidos (como el aire). En este caso el calor también se transmite de una molécula a la molécula más cercana, pero a diferencia de lo que ocurre en los sólidos donde las moléculas están fijas, en los fluidos las moléculas pueden desplazarse, lo que les permite moverse bastante libres desde las zonas más calientes a las más frías.

De este modo cuando una molécula de aire adquiere mayor temperatura disminuye su densidad y, como se encuentra libre, se desplaza hacia una zona más fría, dejando su lugar a otra molécula fría. Por este motivo, este mecanismo de transmisión de calor es más rápido que el de conducción.

Esta característica tiene importancia en la transmisión de calor a través de los vidrios, porque los vientos (que inevitablemente existen en el exterior de los edificios) moverán aún más rápido y las moléculas de aire adyacentes a la superficie del vidrio, lo que aumentará la transmisión de calor,



En la fig. 4.2 se ejemplifica un caso de transferencia de calor por convección. (Gentileza V&M)

1.3.- TRANSMISIÓN DE CALOR POR RADIACION

En este caso no existe contacto entre la fuente de calor y el elemento que lo recibe. Es el caso típico del calentamiento por el sol: no hay contacto físico entre la fuente emisora de calor (el sol) y el elemento a ser calentado. Es uno de los mecanismos de transmisión de calor de mayor importancia, pues se realiza a una elevada velocidad. Es el responsable de la mayor parte de las ganancias de calor.



En la fig. 4.3 se ejemplifica un caso de transferencia de calor por radiación, se observa que no hay contacto directo entre la fuente de calor y el receptor. (Gentileza V&M)

2. LA TRANSMISION DE CALOR EN LOS VIDRIOS

Apliquemos los mecanismos descriptos en el punto anterior, al caso específico de los vidrios (ver fig. 4.4):

2.1.- Transmisión por CONDUCCION: el calor se transmitirá molécula a molécula a través de la masa de vidrio

2.2.- Transmisión por CONVECCION: el calor se transmite por medio del aire que se encuentra a ambos lados del vidrio. Este proceso es más lento que el de conducción pero se acelera debido a las corrientes de aire (tal como se explicó antes). En particular, las moléculas de aire que se encuentren en el exterior estarán sometidas a vientos que producirán una transferencia de calor mayor.

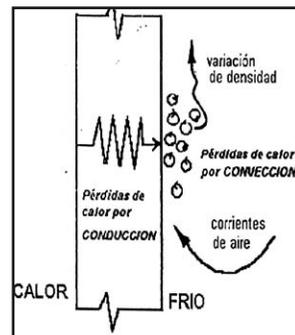


fig. 4.4: Mecanismo de transmisión de calor en vidrios.

Para medir la velocidad de transferencia de calor debido a la conducción y la convección, se utiliza el Coeficiente de Transmisión de Calor K.

COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA (K): es la cantidad de calor que atraviesa una superficie por unidad de tiempo (1 h), por unidad de superficie (1m^2) y por unidad de diferencia de temperatura entre ambos lados (1°C). Se mide en $\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$, ó $\text{Kcal}/\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$

Este valor K incluye ambos mecanismos de transferencia de calor: la conducción (a través de la masa de vidrio) y la convección (a través del aire que se encuentra adyacente al vidrio en ambos lados).

Un mayor valor de K significa una mayor transmisión de calor, un menor valor de K, significa una menor transmisión de calor. O dicho de otro modo: mayor capacidad de retardar la conducción de calor.

En el cuadro 4.1 se observan diferentes valores de K para diferentes materiales usualmente utilizados en construcción:

Cuadro 4.1: Valores K de algunos materiales de construcción
(Fuente: “Vidrios de valor Agregado”, VyM Consultores)

Descripción	$K = \frac{\text{Kcal}}{\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}}$
Tabique ladrillo hueco 0.15 revocado en ambas caras	1.55
Pared de bloques de cemento 0.20 revocado en ambas caras	1.45
Mampostería de 0.30 revocada en ambas caras	1.62
Chapa canaleta de zinc en techo sobre tirantes	7.50
Losa H°A° (10 cm) + contrapiso (10 cm) + membrana	1.50
Vidrio 4 mm en ventana	6.26
Vidrio 4 mm en techos (30°)	6.88
Doble vidriado hermético 6 / 12 / 6 en ventana	2.75
Doble vidriado hermético 6 / 12 / 6 en techos (30°)	3.16
Mampostería 0.30 con 3 cm cámara de aire	1.31

Puede observarse que el valor K de un vidrio de 4 mm es muy alto en relación a la mayoría de los productos utilizados en construcción (es cercano al valor de una chapa de zinc y más de 4 veces el valor de una pared de 0.30 m). Esto significa que cada vez que se reemplaza un m^2 de pared por un m^2 de vidrio, se cuadruplica la carga térmica en el interior de la vivienda. Imaginemos lo que esto significa en términos de consumo de energía y de confort interior.

2.3.- Transmisión por RADIACION:

El valor K mide la transferencia de calor cuando existe una diferencia de temperatura entre ambos lados de un material. No toma en cuenta las transferencias de calor por radiación, los cuales se describen a continuación.

En los vidrios debemos tener en cuenta dos tipos de radiación diferentes, que actúan simultáneamente y producen efectos diferentes:

- Radiación solar
- Radiación de los cuerpos calientes

2.3.1.-RADIACION SOLAR

Es la energía del sol que entra a la vivienda atravesando los vidrios. Sus características principales son:

- Es producido por la radiación solar
- Son de longitud de onda corta
- Es energía entrante a la vivienda

En la fig. 4.5 se muestra el espectro de radiación solar, el cual está formado por radiación UV, radiación visible y radiación infrarroja.

La importancia de controlar el ingreso de la radiación solar está dada porque el 50% de la misma es radiación infrarroja, es decir: calor puro (ver fig. 4.6). En algunas situaciones es necesario aprovechar esta energía gratuita y aprovecharla, total o parcialmente (zonas frías); pero en otras situaciones es una carga térmica indeseable (zonas calientes) que origina discomfort y excesos de gastos de refrigeración.

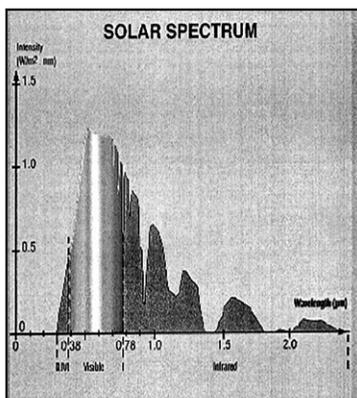


Fig. 4.5: Espectro de radiación solar.

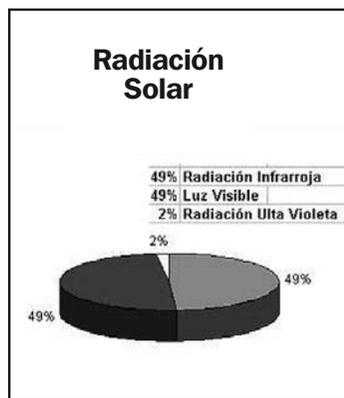
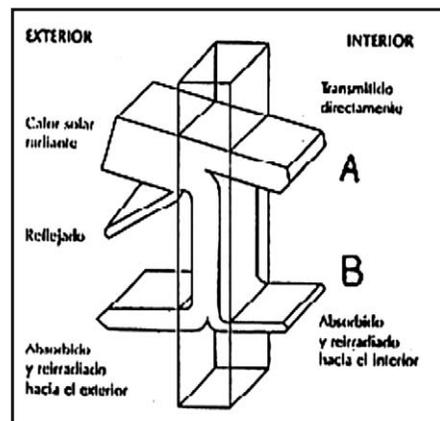


Fig. 4.6: Composición de la radiación solar.

Los dos coeficientes que se utilizan cuando se trata de mensurar la cantidad de calor por radiación que atraviesa un determinado vidrio son el **Coefficiente de Sombra (CS)** y el **FACTOR SOLAR (FS)**. Para entender estos conceptos utilizaremos como ayuda gráfica a la fig. 4.7.

Fig 4.7: Representación esquemática del ingreso de radiación solar a través de un vidrio.



Factor solar (FS)

Este coeficiente indica el total de la energía solar radiante que atraviesa un vidrio. De acuerdo a la fig. 4.7 representa la parte A (parte del calor radiante incidente que atraviesa directamente el vidrio) más la parte B (parte de la energía radiante absorbida por el vidrio que es reirradiada hacia el interior).

Un FS de 0.45 significa que sólo el 45% de la energía solar que incide sobre el vidrio realmente lo atraviesa. A menor FS, mayor es la capacidad del vidrio de evitar el ingreso de calor solar.

Algunos valores de FS:

FS 6 mm incoloro	= 0.82
FS reflectivo verde 6 mm #2	= 0.39

Un DVH formado con un vidrio de control solar y un vidrio incoloro disminuye el FS entre el 20 y el 25%, respecto al FS del vidrio de control solar sólo.

Coefficiente de sombra (CS)

Es la ganancia de calor solar (A+B, de la fig. 4.7) de un vidrio determinado respecto a la ganancia de calor solar de un vidrio de 3 mm de espesor. Es decir que la diferencia respecto al FS es que el CS está relacionado a un valor de referencia que es el vidrio de 3 mm, cuyo CS es, aproximadamente, igual a 1 (uno).

A mayor valor de CS mayor será la ganancia de calor por radiación; a menor valor de CS, menor será el ingreso de calor por radiación a través del mismo.

Algunos valores de CS:

CS 6mm gris	= 0.66
CS 6mm bronce	= 0.73
CS solar-E #2	= 0.61
CS 6mm reflectivo verde #2	= 0.44
CS 6mm supergrey	= 0.39

Nota: No se debe confundir el concepto de coeficiente de sombra (CS) de un vidrio -que depende de la radiación solar incidente sobre el vidrio- con el concepto de aislación térmica de un vidrio que se expresa con el valor K y que es la capacidad de reducir las pérdidas o ganancias de calor debidas a la diferencias de temperatura entre ambos lados del vidrio.

El FS y el CS están relacionados entre sí:

$$CS = FS_{\text{vidrio}} \times / FS_{\text{vidrio inc 3mm}}$$

El más utilizado es el Coeficiente de Sombra, y es el que utilizaremos en el resto del libro.

Transmisión de Luz (%T)

Es el mecanismo a través del cual los vidrios de Control Solar logran disminuir el CS, es generando una absorción de la luz visible que puede atravesar el vidrio, disminuyendo así la luminosidad del ambiente. El índice de TRANSMISION DE LUZ (%T) es la fracción de luz visible que, incidiendo en forma normal, es transmitida a través del vidrio.

Los valores mayores de %T corresponderán a los vidrios incoloros y, aunque en principio es deseable un valor de T% alto, debe recordarse que el exceso de luz solar puede producir deslumbramiento y molestias visuales a las personas, por lo que la disminución del porcentaje de luz visible que pasa a través de un vidrio es un aspecto que siempre debe tenerse en cuenta. Un índice de transmisión del 30 al 60% es, en la mayoría de los casos, un valor suficiente para evitar el deslumbramiento

En el cuadro 4.2 se muestran valores típicos de CS y %T para distintos tipos de vidrios de Control Solar:

Cuadro 4.2: Valores de CS y %T para algunos vidrios de Control Solar (fuente: Boletín Técnico VASA n°28/97)

Tipo de Float		CS	%T
Incoloro 6 mm		0.95	87 %
Coloreado en la masa	Bronce 6 mm	0.73	47 %
	Gris 6 mm	0.66	41 %
	Bronce 10 mm	0.59	33 %
	Gris 10 mm	0.52	25 %
Reflectivo	Bronce 6 mm	0.51	21 %
	Gris 6 mm	0.49	18 %

En relación a los vidrios serigrafiados (ver capítulo 3), el CS depende del % de área serigrafiada, del color de la serigrafía y del tipo de vidrio utilizado. En la fig. 4.8 se observa cómo varía el CS según sea la superficie serigrafiada y el tipo de vidrio.

Otro gráfico similar (que no se presenta en este libro) muestra la variación del %T cuando varía el área serigrafiada y el tipo de vidrio.

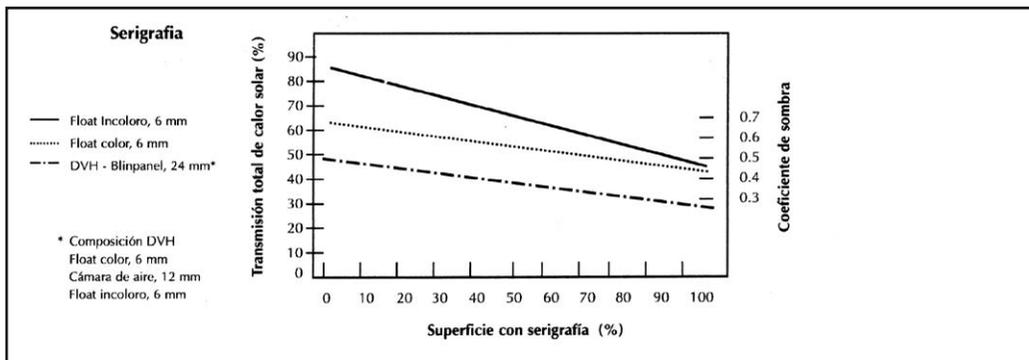


Fig. 4.8: Variación del CS en función de la superficie serigrafiada y tipo de vidrio (fuente: BI n° 11 - VASA).

2.3.2.-RADIACION DE LOS CUERPOS CALIENTES

Todo cuerpo a una determinada temperatura emite una radiación, la cual será mayor cuanto mayor sea la temperatura del objeto. La energía radiante del sol que ingresa a las viviendas calienta las paredes, pisos, muebles, personas, etc. elevando su temperatura y, de este modo, generando un aumento de la energía que irradiarán esos objetos. Esta radiación (producida por los cuerpos calientes) tenderá a salir hacia el exterior de la vivienda a través de los vidrios.

Las características principales de este tipo de radiación son:

- Son producidas por los cuerpos calientes del interior de las viviendas.
- Son radiaciones de onda larga.
- Es energía saliente de la vivienda.

Desde el momento que la radiación de los cuerpos calientes es energía que se ha almacenado en los cuerpos y objetos y tiende a salir, es necesario evitar que se pierda a través de los vidrios, pues será energía desperdiciada.

Para controlar la pérdida de este calor, se ha desarrollado el vidrio bajo emisivo (en inglés Low-e) que tiene la propiedad de rechazar (hacia el interior de la vivienda) la radiación de onda larga (ver capítulo 3).

La tecnología que ha permitido la creación del Low-e ha ido progresando a pasos agigantados, lo que permite, hoy en día, ofrecer una variedad muy amplia de este tipo de vidrio. Podríamos resumirlas así:

- vidrios bajo emisivos soft (fabricados fuera de la línea de float): suelen tener capas débiles que no soportan las agresiones del medio ambiente y/o de la limpieza de los vidrios, por lo que deben usarse sólo en DVH con la capa bajo emisiva hacia el interior de la cámara.
- Vidrios bajo emisivos hard (fabricados a la salida de la línea float): poseen una capa dura, capaz de resistir las agresiones del medio ambiente y/o la limpieza de los vidrios. Puede usarse del mismo modo que un vidrio monolítico común. Suelen tener un rango de propiedades térmicas más limitado que los soft.

Como el vidrio bajo emisivo impide la salida de calor radiante de los cuerpos calientes del interior de las viviendas, esto trae como efecto una disminución de la transferencia de calor debida a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, es decir: disminuye el valor K, aunque no tiene prácticamente incidencia en el coeficiente de sombra (CS). Es importante, sin embargo, observar que -al ser un vidrio prácticamente incoloro- su uso no afecta el porcentaje de transmisión de luz visible (%T).

Una última generación de vidrio bajo emisivo posee también propiedades de Control Solar (disminuye el CS) permitiendo así disponer las dos propiedades en un solo vidrio: control solar y control de la radiación de los cuerpos calientes.

3. EL USO DE LOS VIDRIOS PARA CONTROLAR LA TRANSMISION DE CALOR:

Un factor importante en la elección de vidrios para un edificio es asegurar que eviten el ingreso excesivo de calor en verano e impidan que el calor de calefacción escape hacia el exterior durante el invierno. Esto es de suma importancia porque incide en el confort térmico interior y porque define un consumo permanente de energía del edificio durante su vida útil. Veremos a continuación los aspectos más generales que deben tenerse en cuenta para la adecuada selección de vidrios desde el punto de vista térmico.

Se explicó anteriormente que:

- Desde el punto de vista de la transferencia de calor debido a la diferencia de temperatura entre ambas caras del vidrio, cada vez que se reemplaza un m² de pared tradicional por un m² de vidrio, se está prácticamente cuadruplicando la carga térmica en el interior de la misma. Esto representará un gran consumo de energía de calefacción y/o refrigeración para poder recomponer el confort en el interior de la vivienda. Pensemos en lo que esto significaría en las grandes torres vidriadas que son características de la moderna arquitectura de nuestros días.
- Desde el punto de vista de la radiación solar, la energía infrarroja (calórica) es el 50% del total de la energía del sol, por lo que la carga térmica que implica ésto generará menor confort y mayores costos térmicos para adecuar el ambiente.
- La energía saliente del interior de la vivienda (radiación de los cuerpos calientes) es pérdida de energía que debe ser evitada.

Para encarar estos problemas, existen varios tipos de soluciones que ofrece la industria del vidrio actualmente, dependiendo del problema por resolver y lo que quiera obtenerse.

Si el problema se reduce solamente a disminuir el ingreso de calor radiante del sol se pueden utilizar vidrios de control solar, reflectivos o serigrafiados (tal como se explicó en el punto anterior). Si el problema es evitar la pérdida de radiación de los cuerpos calientes, se puede usar vidrio Low-e (tal como se explicó en el punto anterior) pero teniendo en cuenta que si se lo usa como monolítico deberá ser vidrio de tipo hard (y siempre se deberá consultar al fabricante primero, para ver si realmente el vidrio seleccionado está en condiciones de soportar la condiciones de uso como monolítico).

Pero la aplicación más importante para el control de la transferencia de calor a través de los vidrios es el DVH, por cuanto con él se puede conseguir simultáneamente (dependiendo del tipo de vidrio utilizado en su composición):

- disminución del coeficiente K
- disminución del CS
- disminución de la pérdida de calor por radiación de los cuerpos calientes

EL DOBLE VIDRIADO HERMETICO (DVH) Y K

El DVH es un muy buen aislante térmico porque entre sus dos hojas de vidrio (ver capítulo 2) almacena una capa de aire estanca. El aire quieto es uno de más importantes aislantes naturales que existen, pues al estar las moléculas sin movimiento la transmisión de calor por convección se reduce y, de esta manera, disminuye el valor K.

Esto puede observarse al comparar los valores de K de un vidrio simple con los correspondientes a un DVH:

Vidrio	K
Simple incoloro de 6 mm	5.80
DVH 6/12/6	2.80

A pesar de esta importante disminución en la transferencia de calor, el valor K de un DVH 6/12/6 sigue siendo muy elevado en relación a los valores de K de otros productos de construcción (ver cuadro 4.1).

¿Cómo se puede lograr disminuir aún más el valor de K en un DVH? Existen las siguientes alternativas:

- aumentar el ancho de la cámara
- reemplazar el aire por un gas de menor conductividad
- utilizar vidrio bajo emisivo (Low-e)

Al aumentar el ancho de cámara el valor K disminuye en forma importante hasta alcanzar un valor a partir del cual empieza a aumentar (aproximadamente en 20 mm). Esto es debido a que a partir de ese valor el espacio de cámara es tan grande que las moléculas tienen espacio para moverse y de esa manera la transferencia de calor aumenta.

Al reemplazar el aire por un gas con menor valor de conductividad térmica que el aire, se obtienen importantes valores de disminución de K, y aún más si se lo combina con el aumento del espesor de cámara. Sin embargo, lo dicho anteriormente respecto al aumento de la transferencia de calor al sobrepasar un determinado valor de ancho de cámara, es también válido en este caso.

Al utilizar un vidrio Low-e en un DVH, se logra una disminución del valor K de más del 30% respecto a un DVH sin Low-e.

EL DOBLE VIDRIADO HERMETICO Y EL CS

El DVH admite el uso de vidrios de control solar y reflectivos, por lo que se puede controlar el ingreso de calor radiante solar, tal como se explicó anteriormente.

El vidrio reflectivo puede ser utilizado en cara 1 (#1) o en cara 2 (#2) (ver capítulo 3), debiendo tenerse en cuenta las diferencias entre ambos usos:

- En cara 1 (fig 3.4 - capítulo 3): en este caso los rayos del sol inciden directamente sobre la capa reflectiva y la visión será la de un espejo (casi no podrá observarse el color del vidrio). Esta aplicación ha sido restringida en muchos países porque el reflejo de los rayos del sol molestan a vecinos e incluso puede ser peligroso hacia el tránsito automotor.
- En cara 2 (fig 3.5 - capítulo 3): en esta utilización los rayos del sol atraviesan la masa del vidrio y recién allí son reflejadas por la capa metálica. Esto permite que el observador pueda apreciar los colores del vidrio (solución preferida estéticamente) y no tiene los peligros de usarlo en cara 1. Por otro lado, como los rayos del sol atraviesan el vidrio 2 veces, existe una gran probabilidad de rotura por stress térmico (ver capítulo 6).[^]

RESUMEN FINAL

El creciente uso de superficies vidriadas en las viviendas genera problemas de menor confort debido a la mayor transferencia de calor del vidrio respecto a las paredes de mampostería.

El DVH es una eficaz solución a este problema, pues su cámara de aire estanca limita las trasferencias de calor por convección a la vez que los vidrios limitan la transmisión de calor por conducción.

De este modo se logra una disminución de aproximadamente 50 a 60% (dependiendo del ancho de cámara) en el valor del coeficiente K. En la práctica esto significa que utilizando un DVH se puede duplicar la superficie vidriada sin que ello signifique aumentar las pérdidas o ganancias de calor.

En el cuadro 4.3 se puede observar los valores de K para un vidrio simple (float incoloro 6 mm) y los valores para un DVH (inc. 6 / 12 / inc. 6 + cloro).

La utilización de un vidrio bajo emisivo (low-e) o la inclusión de gases nobles (tal como el argón) dentro de la cámara de aire reducen aún más el valor K (cuadro 4.3).

Si se quiere, adicionalmente, reducir el ingreso de calor por radiación, el vidrio exterior del DVH deberá ser de control solar y el mayor o menor rendimiento en impedir el ingreso de calor solar se mide por el coeficiente de sombra (en el 4.3 se pueden observar los valores de CS para distintas configuraciones).

De este modo -con una adecuada elección de los vidrios y la cámara de aire- se pueden alcanzar valores de K tan bajos como 1.80 o menor aún (usando gases diferentes al aire). Si comparamos estos valores con el K de las paredes de mampostería, se puede observar como la tecnología del vidrio permite construir edificios totalmente vidriados que tengan pérdidas de calor inferiores a los de edificios totalmente de paredes tradicionales.

Cuadro 4.3

Material	Espesor (mm)	K (W/m ² °C)	CS	%T
Float Incoloro	6	5.80	0.98	88
DVH Inc-Inc	6-12-6	2.80	0.81	78
DVH Inc-Low E	6-12-6	1.80	0.76	73
DVH Inc-Low E c/Ar	4-15-4	1.30	0.76	73
Tabique Ladrillo Hueco		1.55		
Pared 0.20		1.45		
Losa HOA0		1.50		
PROFILIT doble		2.80		

Capítulo 5

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 rigurosas, 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 5.1 se comparan las intensidades de una serie de ruidos con su presión sonora en dB .

Cuadro 5.1: 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 5.1 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 5.1 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.

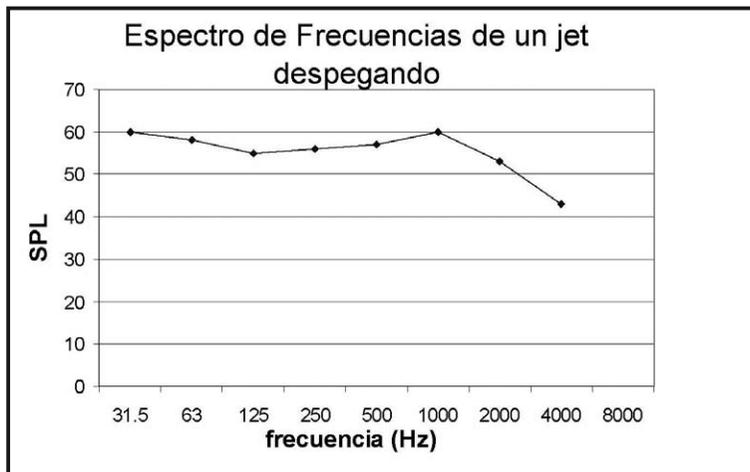


Fig. 5.1: Frecuencias de sonido e intensidad de un jet despegando .
(fuente: Acustical Glazig Design Guide)

Para nuestro propósito, nos interesa analizar, en particular, tres tipos de ruidos (cuadro 5.2):

Cuadro 5.2: 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 descriptores anteriormente es muy poca. En el cuadro 5.3 se detallan las equivalencias entre los índices y la norma a la que corresponde.

Cuadro 5.3: 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. 5.3 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. 5.3, 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.

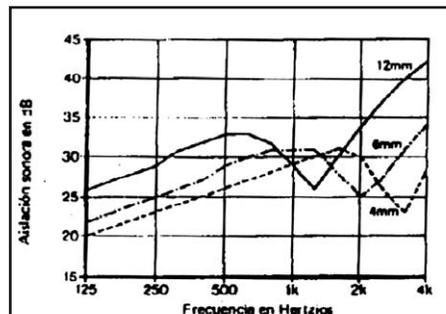


Fig .5.2: Aislación acústica para vidrio monolítico de diferentes espesores (fuente: BI VASA)

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. 5.4 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 5.4:

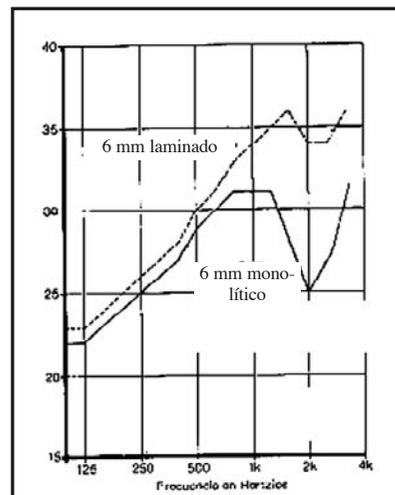
Espesor Total del Vidrio	Espesor de PVB (mm)
6 mm o menor	0.76
Mayor a 6 mm	1.52

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. 5.4: 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. 5.5).

La fig. 5.6 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.

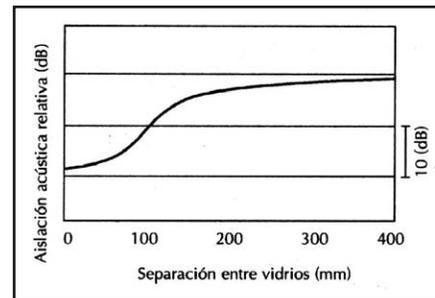


Fig. 5.5: Influencia del ancho de cámara en la aislación acústica de un DVH (fuente: BI n°19 VASA).

En la fig. 5.7 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.

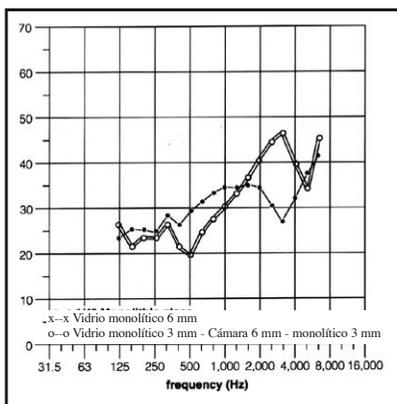


Fig. 5.6

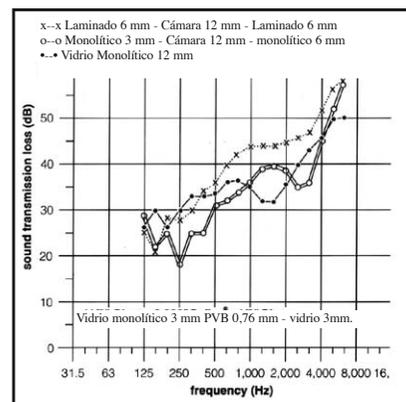
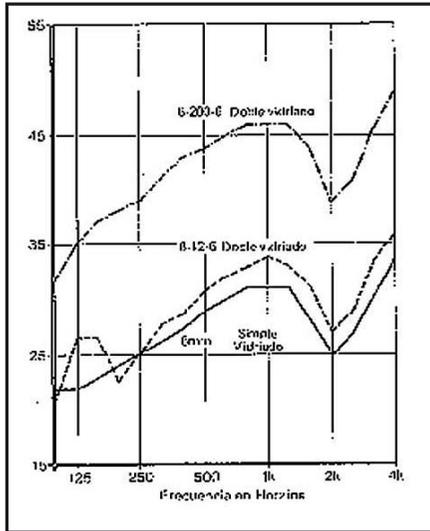


Fig. 5.7

Fig. 5.6: 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. 5.7: 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 5.8 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. 5.8: 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 5.3, 5.4, 5.6, 5.7 y 5.8).

En el cuadro 5.5 se observan valores típicos de intensidad de ruido exterior.

Cuadro 5.5: 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 5.5) 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 5.6 se observan los valores de confort acústico requerido para distintos tipos de locales o actividades:

Cuadro 5.6: Niveles recomendados de ruido interior. Fuente: BI VASA nº19

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 5.5) y el nivel de ruido máximo aceptable según la utilización del edificio (cuadro 5.6) 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 5.9 puede observarse un resumen de los niveles de aislación sonora que se pueden alcanzar con los distintos tipos de vidrios.

En el cuadro 5.7 se detallan valores de STL y STC para diferentes configuraciones de vidrio.

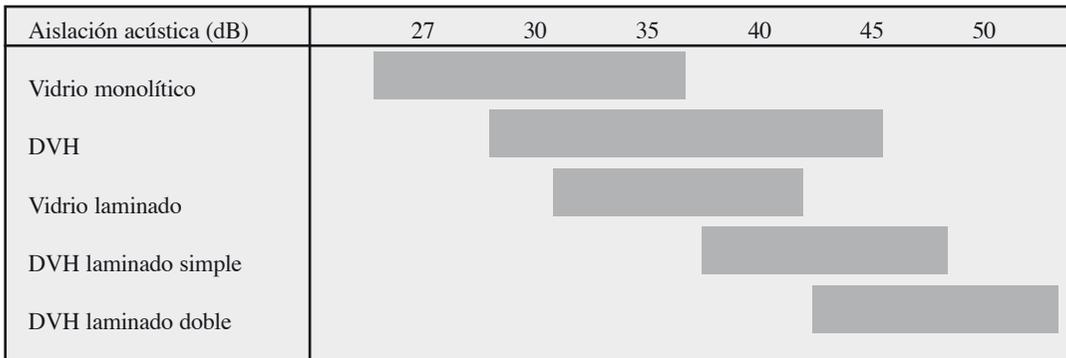


Fig 5.9: Rango de valores de aislación acústica obtenible con diferentes tipos de vidrio.

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 5.7. Fuente: Acoustical Glazing Design Guide

Pérdida de transmisión de sonido (STL) en dB

		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	
		Frecuencia (Hz)																				
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	28	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	36	36	34	37	41	45	49	52	36	36
	6+6 (0,76)	25	29	28	30	33	33	34	36	37	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	38	37	38	41	44	47	51	54	39	39
	10+6 (0,76)	29	30	28	32	34	35	36	38	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	56	35	35	
	5/25/5	20	25	18	17	26	26	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 6

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 aquél 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 balastradas (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 balastradas de vidrio (deben ser objeto de consideraciones adicionales de diseño).

La fig 6.1 esquematiza las áreas de riesgo más comunes para vidrios en posición vertical:

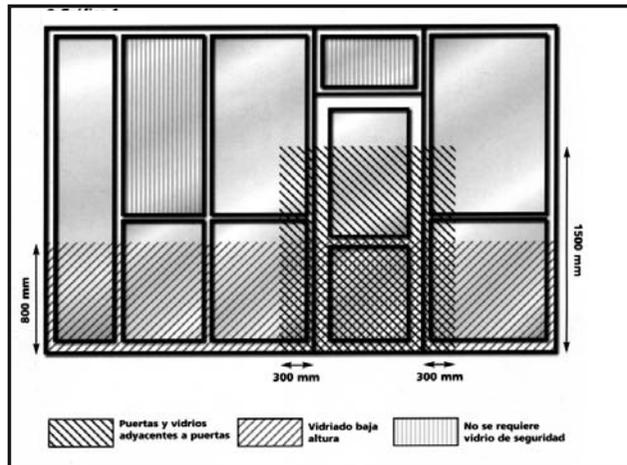


Fig 6.1
gentileza: VASA.

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 6.2 (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 A, B o C) establece las diferentes capacidades de los vidrios en relación a la seguridad.
- establece qué tipo de vidrio de seguridad (A, B o C) se debe usar para distintas áreas de riesgo.

Veamos, a continuación, una reseña de esas normas:

1.4.1- Norma IRAM 12559 (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 45 kg contra el vidrio a ensayar, del modo que se esquematiza en la fig. 6.3.

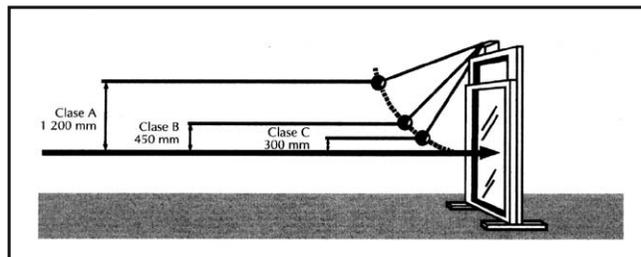


Fig 6.3: Dispositivo de ensayo IRAM 12559 (fuente: BI n°14 VASA).

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:

300 mm, 450 mm y 1200 mm

Para ser considerado un vidrio de seguridad, la norma IRAM 12559 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 6.1:

Cuadro 6.1: Clasificación de los vidrios de seguridad.

Clase	Altura de caída		
	300 mm	450 mm	1200 mm
A	No se rompa o rompa en forma segura		
B	No se rompa o rompa en forma segura		Ningún requisito
C	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 6.2 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 6.2: Tipos de vidrios de seguridad y su “clase” (fuente BI 27 VASA)

Templado	> 4 mm	A
Laminado	2.5 / 0.38 / 2.5	C
	3 / 0.38 / 3	A
	3 / 0.76 / 3	A
	4 / 0.38 / 4	B
	4 / 0.76 / 7	A
	5 / 0.38 / 5	B
	5 / 0.76 / 5	A

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 (A, B, C).

1.44- 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 6.4 y siguientes se pueden observar algunas situaciones comunes de riesgo con vidrio y el tipo de vidrio recomendado para cada caso.

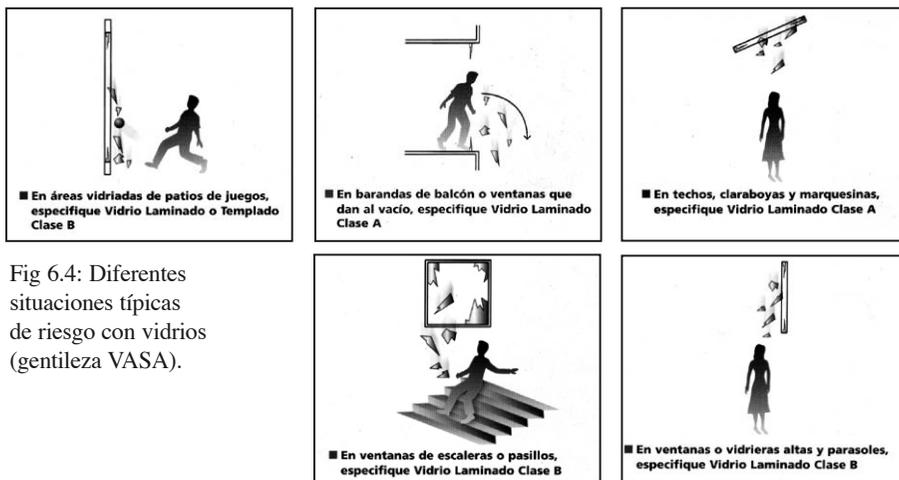


Fig 6.4: Diferentes situaciones típicas de riesgo con vidrios (gentileza VASA).

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 7

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. 7.1 se esquematiza esta situación.

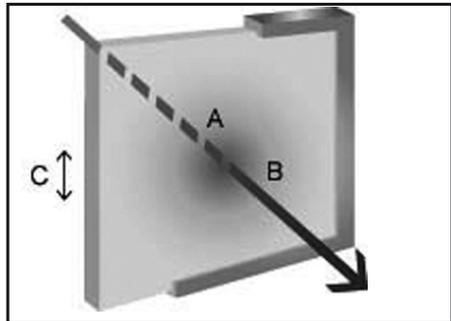


Fig. 7.1: Generación de tensión térmica
 A: caliente, trata de expandirse B: frío, resiste la expansión C: tensión de tracción
 (fuente: BI VASA).

2.- Cómo prevenir la fractura por stress térmico:

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

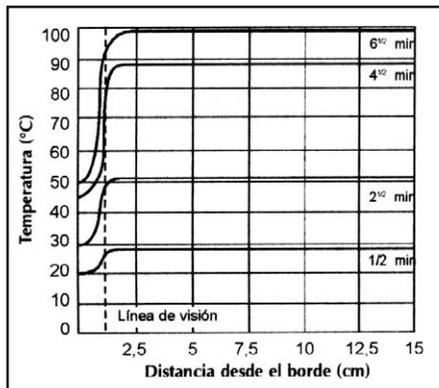
- **Características de la ventana:** las características de las ventanas tienen mucha importancia en el desarrollo de las tensiones que conducen a la fractura por stress térmico: Por ejemplo:
- **Tipo de Marco:** si el marco de la ventana es pobre conductor del calor (madera, PVC), la temperatura de los bordes será menor y, por consiguiente, el stress térmico mayor. En el cuadro 7.1 se observa la influencia del material en la reducción de la tensión térmica por borde frío/centro caliente.

Cuadro 7.1: 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.7.2: Influencia de la altura del marco en el stress térmico (fuente: BI nº 21VASA).

En la fig. 7.2 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 termotratarlos. 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 termotratados 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. 7.3).

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).

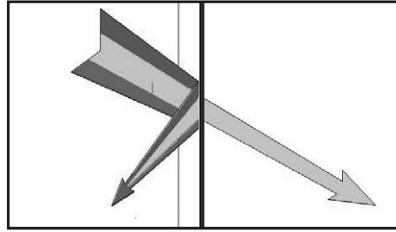


Fig. 7.3: en un reflectivo #2 los rayos solares atraviesan dos veces el vidrio

- 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. 7.4 muestra los distintos tipos de sombra que pueden afectar al stress térmico.

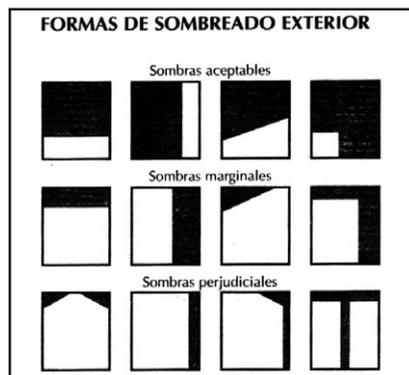


Fig. 7.4: Sombras exteriores y su influencia en el stress térmico (fuente: BI 13 VASA)

• 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.

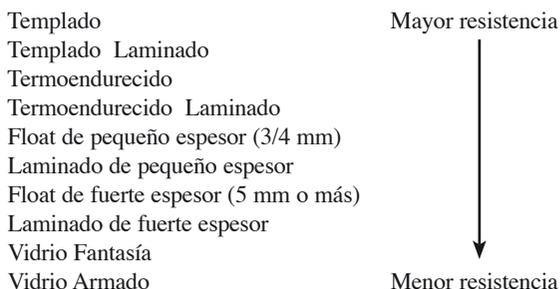
La probabilidad de una falla crítica en el borde será menor cuanto menor sea la superficie del borde (perímetro por espesor).

- **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 7.5). 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. 7.6). 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. 7.5: Fractura por stress térmico de baja tensión (gentileza VASA).



Fig. 7.6: Fractura por stress térmico de alta tensión (gentileza VASA).

Capítulo 8

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 9.

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 10).

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. 8.1), es decir que debe haber una adecuada separación entre vidrio, marco y contravidrio.

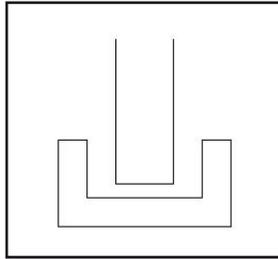


Fig. 8.1: El vidrio debe “flotar” en la carpintería.

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 10). Si el vidrio no es capaz de soportar los requerimientos de la presión de viento o de otras sollicitaciones (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 8.2 se pueden observar los elementos que intervienen en un buen acristalamiento.

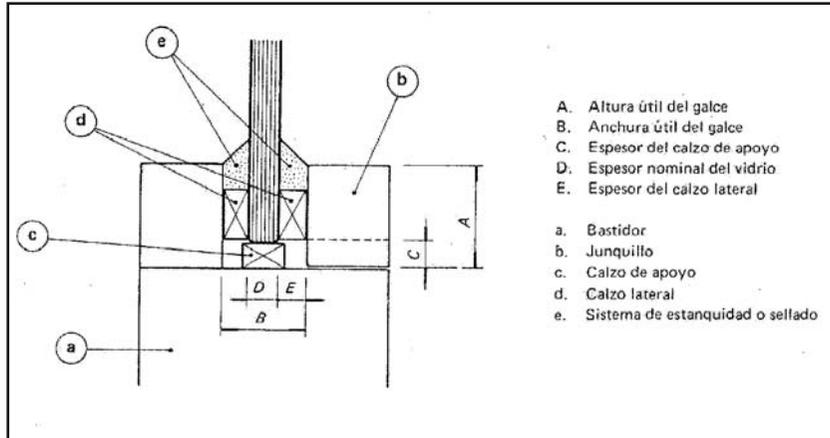


Fig. 8.2: Elementos que intervienen en una correcta instalación.

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. 8.2 como c). Los bastidores pueden ser metálicos, de madera o de PVC.

Hay tres tipos de galce:

- Galce abierto (fig. 8.3): es el galce abierto al exterior.

- Galce cerrado (fig. 8.2): es un galce abierto que se cierra con la ayuda de un bastidor rígido (contra-vidrio 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. 8.4): 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.

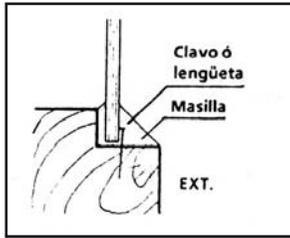


Fig. 8.3:
Galce abierto.

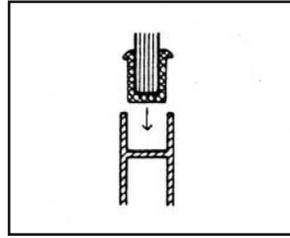


Fig. 8.4:
Galce de ranura.

b.-CALZOS

También se los llama “tacos”.

Los calzos tienen por objeto conseguir el acañado del vidrio en los bastidores de ventanas (fig. 8.5). De su interacción entre el vidrio y el marco se consiguen los siguientes efectos:

- a.- asegurar un posicionamiento correcto del acristalamiento dentro del bastidor.
- b.- transmitir al bastidor en los puntos apropiados el peso propio del acristalamiento y los esfuerzos que éste soporta.
- c.- 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.

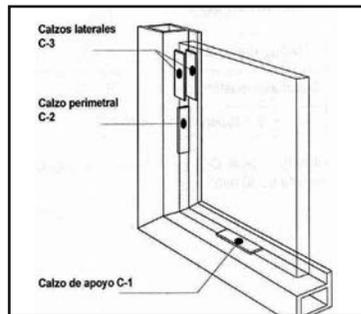


Fig. 8.5: Tipos de calzos y su ubicación

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 burlletes (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.

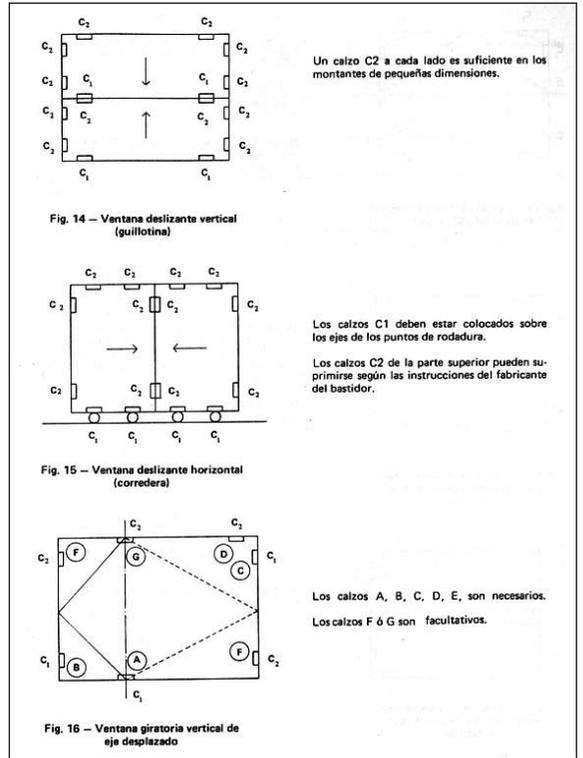
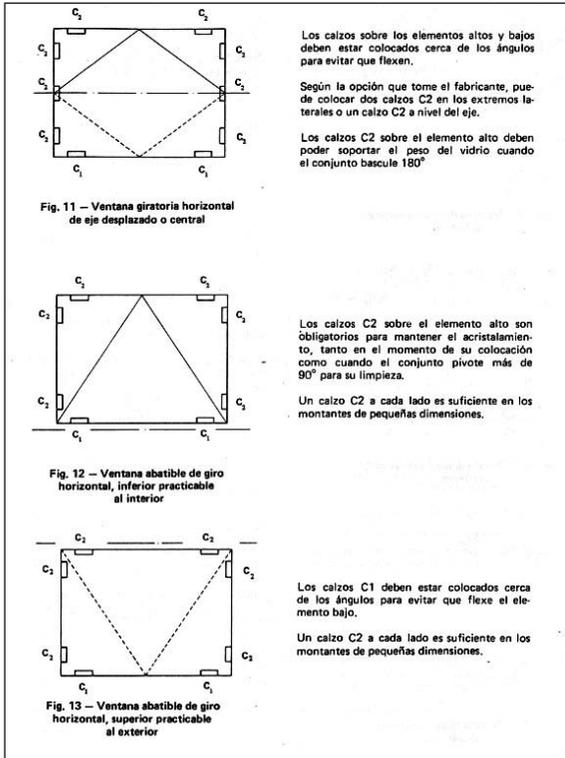
Su ancho dependerá de la altura del galce teniendo en cuenta el espacio a prever para el sellado (fig. 8.2)

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 abertura 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 acristalamiento 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 acristalamiento 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

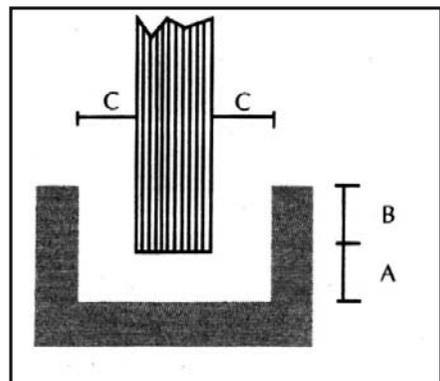


Fig. 8.13: Luces de acristalamiento (BI VASA nº13).

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
• incoloro	6	6	10	3
• de color	8	8	10	4
• reflectante	10	8	12	6
	12	10	12	6
Doble Vidriado Hermético	12	3	12	3
Float	15	3	12	3
• incoloro	19	6	12	5
• de color	24	6	12	6
• reflectante	32	10	12	6

Cuadro 8.1: 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 9

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. 9.1 puede observarse ambos tipos de burletes.

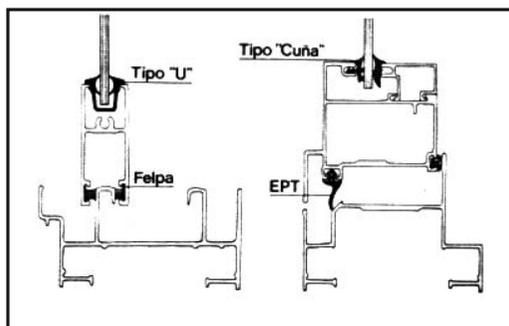


Fig. 9.1: Burletes tipo “U” y tipo cuña.

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 solicitación 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 10

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 10.1 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 10.2

Coeficiente de corrección ζ

ALTURA (m)	SIN OBSTRUCCION Categoría A	OBSTRUCCION BAJA Categoría B	ZONA EDIFICADA 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 vidrioado soportado, solamente, en dos lados paralelos.

Utilización del gráfico

Los ábacos tienen zonas grisadas (ver figs. 10.2 y 10.3), 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. 10.1.

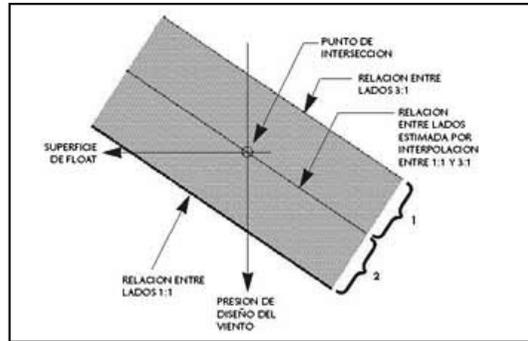


Fig. 10.1

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/m².

- 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/m².
- 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.

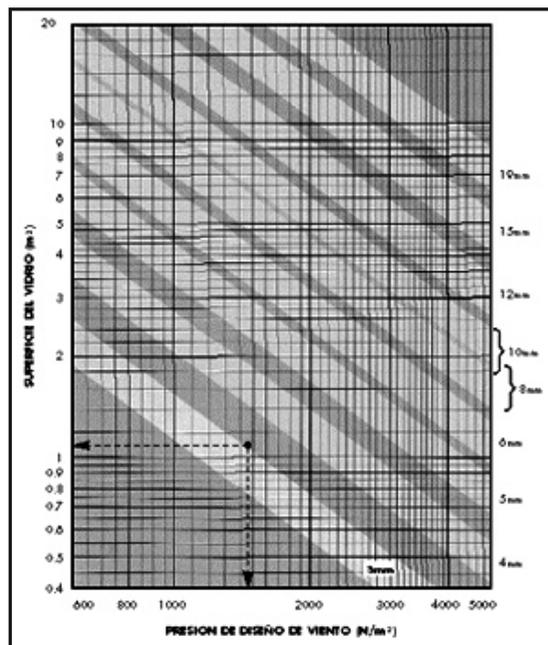


Fig. 10.2:
Simple vidriado,
soportado en sus
cuatro bordes.

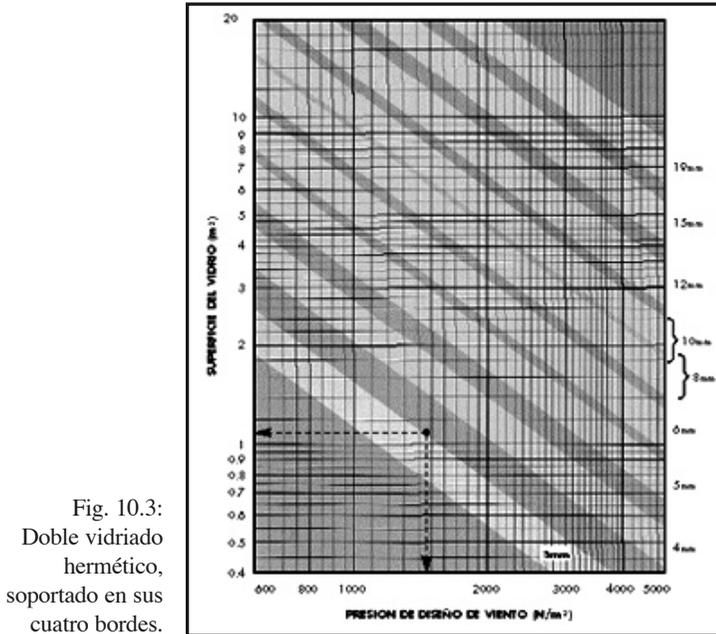


Fig. 10.3:
Doble vidrio
hermético,
soportado en sus
cuatro bordes.

Factor de Seguridad

El coeficiente de seguridad empleado para cálculo y los valores obtenibles mediante el ábaco es igual a 2.5. Dicho valor corresponde a los criterios internacionalmente adoptados por la mayoría de los códigos de edificación. En términos prácticos significa que para un determinado espesor de float y tamaño de paño, sometido a una carga estática de 60 segundos de duración, la probabilidad estadística de falla es de 8 de cada 1000 unidades. En caso de requerirse un coeficiente de seguridad mayor se debe consultar al fabricante del float.

CATALOGO DE NORMAS IRAM VIGENTES REFERIDAS AL VIDRIO PLANO PARA LA CONSTRUCCION

IRAM 12543:1990 Vidrios planos de seguridad. Método para la determinación de los apartamientos con respecto a una superficie plana.

IRAM 12551:2003 Espejos para uso en la construcción.

IRAM 12556:2000 Vidrios planos de seguridad para la construcción.

RAM 12559:1989 Vidrios planos de seguridad para la construcción. Método de determinación de la resistencia al impacto.

IRAM 12565:1994 Vidrios planos para la construcción para uso en posición vertical. Cálculo del espesor conveniente de vidrios verticales sustentados en sus cuatro bordes.

IRAM 12572:1989 Vidrios de seguridad planos, templados, para la construcción. Método de ensayo de fragmentación.

IRAM 12573:1989 Vidrios de seguridad planos, laminados, para la construcción. Método para la determinación de la resistencia a la temperatura y a la humedad.

IRAM 12577:1995 Doble vidrio hermético. Ensayo de condensación.

IRAM 12580:1995 Doble vidrio hermético. Ensayo de estanquidad.

IRAM 12595:2000 Vidrio plano de seguridad para la construcción. Práctica recomendada de seguridad para áreas vidriadas susceptibles de impacto humano.

IRAM 12596:1999 Vidrios para la construcción. Práctica recomendada para el empleo de los vidrios de seguridad en la construcción.

IRAM 12597:2005 Doble vidriado hermético. Buenas prácticas de manufactura. Recomendaciones generales.

IRAM 12598-1:2005 Doble vidriado hermético. Parte 1: Características y requisitos.

IRAM 12598-2:2005 Doble vidriado hermético. Parte 2: Métodos de ensayo.

IRAM 12599:1994 Doble vidriado hermético. Ensayo de envejecimiento acelerado.

IRAM 12840:1998 Vidrios para techos. Práctica recomendada acerca de su uso.

IRAM 12841:1998 Vidrios de seguridad, antibala y antiintrusión.

NORMAS Mercosur adoptadas

IRAM-NM 293:2004 Terminología de vidrios planos y de los componentes accesorios a su aplicación.

IRAM 12574 NM 294:2004 Vidrio flotado.

NORMAS IRAM en estudio

EA IRAM 12843: 2004 Vidrio plano para la construcción. Vidrio templado. Requisitos y métodos de ensayos.

EA IRAM 12844: 2004 Vidrio plano para la construcción. Vidrio laminado. Requisitos y métodos de ensayos.

Capítulo 11

ASPECTOS PARA TENER EN CUENTA PARA SELECCIONAR UN VIDRIO

(extraído del BI nº 12 de VASA)

Cuando en la selección de vidrio para la construcción sólo se tienen en cuenta sus características “visibles” (como el color, las dimensiones y el espesor), se corre el riesgo de cometer errores que pueden tener como consecuencia un desempeño poco satisfactorio. Para realizar una correcta selección de vidrios, se deben tener en cuenta también las propiedades “invisibles” del vidrio, como los aspectos acústicos, térmicos y de seguridad que implican.

CRITERIOS PARA SELECCIONAR VIDRIOS

De las adecuadas características y propiedades de un vidrio para un edificio, depende en gran medida la obtención de los niveles deseados de confort interior.

La selección racional que permite definir las características que debe reunir un vidrio para aplicaciones tales como fachadas integrales, ventanas o techos, implica un proceso de análisis exhaustivo y metódico.

Por un lado se evaluarán simultáneamente el diseño y el destino del edificio en el marco de los factores definidos por el lugar de emplazamiento del mismo.

La orientación de sus fachadas respecto del asoleamiento, el clima y las temperaturas del sitio, la presión esperada del viento, régimen de lluvias o nevadas y la altura del edificio, son parámetros que de por sí ya definen algunas de las características y propiedades que debe reunir el vidrio en cada aplicación.

De igual modo, el medio ambiente urbano lleva a considerar la intensidad de la polución sonora del lugar y evaluar cuál debe ser la capacidad de atenuación de ruido que deberá presentar una abertura.

Las aplicaciones de vidrio en áreas consideradas de riesgo, por ejemplo al impacto humano, son otro aspecto que debe contemplarse siempre durante un proceso de selección de vidrios.

ATRIBUTOS Y FUNCIONES DEL VIDRIO

Para la elección correcta de un vidrio en una aplicación concreta, es preciso evaluar, por lo menos, los siguientes aspectos:

- 1.- Color y aspecto
- 2.- Transparencia, translucidez, opacidad
- 3.- Transmisión de luz visible
- 4.- Transmisión de calor solar radiante
- 5.- Aislación térmica
- 6.- Aislación acústica
- 7.- Resistencia
- 8.- Flexión bajo cargas dinámicas o estáticas
- 9.- Espesor adecuado
- 10.- Cumplimiento de criterios de seguridad

Veamos los aspectos más importantes de cada uno de ellos.

1.- Color y aspecto:

- Como los colores de Float son tenues, su elección debe ser bien evaluada. La observación de muestras en escala real, instaladas en el sitio de la obra y en las orientaciones o posiciones por considerar, es el único método totalmente satisfactorio para tomar una decisión respecto al color.
- Se debe tener en cuenta que el color aparente del vidrio resulta de la suma del color del vidrio (incoloro, gris, bronce, verde), más el color de la luz incidente (amanecer, mediodía o atardecer), más el color de los objetos vistos a través del vidrio (cortinas, persiana, etc.), más el color de los objetos reflejados (cielo, nube u otros edificios).
- Los procesos de templado y/o laminado permiten aumentar la resistencia del vidrio sin producir cambios perceptibles en su aspecto.

2.- Transmisión de Luz Visible:

- El nivel de iluminación natural en el interior de un edificio depende de esta característica. En viviendas, usualmente se requiere un nivel más alto que en obras de arquitectura comercial o de servicios. Si se desea un nivel de iluminación natural elevado y simultáneamente propiedades de control solar, el float coloreado en su masa de color verde brinda un elevado porcentaje de transmisión de luz visible aportando, al mismo tiempo, un control de la radiación solar equivalente al que se obtiene empleando float gris o bronce del mismo espesor.
- Utilizando float reflectante los niveles de luz transmitida son menores y sus coeficientes de sombra también.
- Debe observarse que el color del float coloreado en su masa varía de acuerdo con su espesor y a medida que éste aumenta disminuye la cantidad de luz visible transmitida. Cuando distintos tipos de vidrios se aplican en unidades de DVH, las diferentes combinaciones harán variar el color, el aspecto y la cantidad de luz transmitida, como así también las propiedades que se analizan más adelante. Variar el espesor de vidrios de color en una fachada producirá una variación en su aspecto, apreciado tanto desde el interior como desde el exterior.

3.- Transparencia, Translucidez y Opacidad:

- El vidrio puede satisfacer, según su tipo, diferentes grados de transparencia: desde la visión total a distintos grados de translucidez o vidrios opacos que impiden la visión y el paso de la luz.
- Si se desea visión total el float transparente, incoloro o de color, satisface dicha función posibilitando una visión libre de distorsión óptica.
- En los cristales reflectantes la visión, usualmente unidireccional, se produce por la diferencia en la intensidad del nivel de iluminación a ambos lados del vidrio. La faz iluminada con más intensidad se torna un espejo. Durante el día este fenómeno impide la visión hacia el interior del edificio. Durante la noche el efecto es inverso, siendo difícil, con luz artificial encendida, observar hacia el exterior. En esta situación lo que sucede en el interior puede ser observado desde el exterior del edificio.
- Diferentes grados de privacidad visual, sin sacrificar el paso de luz natural o artificial, pueden obtenerse empleando vidrios impresos translúcidos. El grado de translucidez depende de las características, densidad y profundidad del dibujo grabado en una de las caras del vidrio, incoloro o de color.
- El vidrio serigrafiado constituye otra alternativa que, según su diseño, permite una amplia gama de posibilidades para filtrar el paso de la luz y la visión.
- Los vidrios esmerilados u opacados mediante diferentes procesos constituyen otra variante para modificar la transparencia del vidrio.
- Cuando se desea un vidrio opaco al paso de luz, se debe utilizar un vidrio opacificado, el cual está revestido

con esmaltes cerámicos. Un vidrio pintado u opaco absorbe más calor, motivo por el cual, para evitar su fractura térmica debe ser templado.

4.- Transmisión de Calor Solar:

- El coeficiente de sombra (ver capítulo 4) es la mejor medida para evaluar la cantidad de energía solar radiante admitida a través de una abertura vidriada. Los vidrios con coeficientes de sombra bajos reducen la ganancia de calor solar.
- En viviendas el vidrio incoloro es frecuentemente empleado para aprovechar el calor solar y reducir las necesidades de calefacción en invierno.
- Al usar vidrio de color (con un coeficiente de sombra del orden de 0.60) se pueden duplicar las superficies vidriadas. Debe tenerse en cuenta que los cristales colorados en su masa pueden, en determinadas situaciones, fracturarse por stress térmico.
- Los cristales reflectantes también absorben calor, por lo que deberán adoptarse los recaudos necesarios verificando el espesor y situación de sus bordes y/o aumentando la resistencia a la tracción templando el vidrio.

5.- Aislación Térmica: (ver capítulo 4)

- El valor K no varía en forma apreciable con el espesor del vidrio.
- El coeficiente K de un vidrio color, o reflectante entre 4 y 10 mm de espesor es del orden de $5.4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Un DVH con una cámara de aire entre 6 y 12 mm, posee un valor K del orden de $2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$, es decir que una unidad de DVH permite reducir en un 50% las pérdidas y/o ganancias de calor.
- El DVH elimina las corrientes convectivas del aire junto a la ventana y la posibilidad de empañado de los vidrios por condensación de la humedad.
- El DVH elimina la sensación de “muro frío” pues la temperatura de la superficie interior es cercana a la del ambiente.
- El DVH permite disminuir la necesidad de calefacción reduciendo el consumo de energía y los costos de operación del edificio.

6.- Aislación Acústica: (ver capítulo 5)

- Por efecto de masa un vidrio grueso presenta un índice de aislamiento acústico mayor que uno de poco espesor. El float de fuerte espesor es muy efectivo para aislar el ruido de tránsito automotor, caracterizado por presentar una baja frecuencia promedio.
- El float laminado con PVB, empleando cristales de espesor liviano, es eficaz para aislar frecuencias más altas, características de la voz y conversación humana. Combinando float de fuerte espesor y láminas gruesas de PVB, se obtiene una combinación de ambas variantes.
- La interposición de una cámara de aire contribuye a incrementar la capacidad de aislamiento sólo cuando su espesor es del orden de 50 a 200 mm.
- En DVH con cámaras de 6 a 12 mm de espesor, para lograr niveles de aislamiento acústico superior a 30 dB deberá emplearse float grueso y/o laminado con PVB en su composición.
- Siempre debe tenerse en cuenta que el valor final de aislamiento acústico de una abertura depende también de su cierre hermético al paso del aire.
- Si se reemplazan vidrios y/o aberturas con exigencias de aislamiento acústico, deberá tenerse en cuenta que

para que el usuario perciba una mejora respecto de la situación anterior, el incremento de aislamiento acústico deberá ser no menor de 5 a 7 dB.

7.- Resistencia:

Según su función el vidrio debe hacer frente a una serie de esfuerzos y solicitaciones mecánicas. Por lo tanto definir su espesor, tipo y sistema de sujeción en una carpintería o abertura requiere analizar una serie de factores a menudo interrelacionados entre sí.

- La presión del viento es una de las principales solicitaciones a las que está sometido un vidrio. La Norma IRAM 12565 indica el método de cálculo del espesor conveniente para vidrios soportados en sus 4 bordes, sometidos a presión por carga de viento.
- Templando una hoja de float se cuadruplica su resistencia. No obstante, cuando es sometido a esfuerzos de larga duración, su resistencia, por efecto de fatigas puede disminuir a la mitad.

8.- Flexión Bajo Cargas:

- Un vidrioado vertical, soportado en sus cuatro bordes, usualmente presenta una flexión bajo carga muy pequeña. Duplicando la carga la deflexión no aumentará al doble. En vidrios de grandes dimensiones su espesor puede ser calculado de acuerdo con una flexión admitida antes de que la rotura se manifieste.
- Debe recordarse que a igual espesor de vidrio recocido, laminado o templado, a temperatura ambiente, todos se flexionarán del mismo modo.
- Un paño de vidrio sujeto sólo en dos bordes paralelos, respecto de otro de iguales dimensiones sujeto en todo su perímetro, siempre debe tener el espesor mayor necesario para mantener un grado de flexión admisible frente a las cargas de viento. Cuando las dimensiones de sus lados sin soportar son considerables, debe recurrirse al empleo de contravientos.
- Los vidrios en techos o aplicados en forma inclinada deben tener en cuenta el peso propio del vidrio junto con las demás solicitaciones a las que es sometido.

9.- Espesor: (ver capítulo 10)

En su definición intervienen gran parte de los aspectos ya enumerados. De la evaluación del espesor adecuado de un vidrio, incoloro o de color, dependen no sólo su resistencia sino también otras prestaciones esperadas para su aplicación, como por ejemplo: el aspecto, la transmisión de luz visible, su coeficiente de sombra y su capacidad de aislación acústica.

Antes dudas en adoptar un determinado espesor para soportar la presión del viento u otros esfuerzos semejantes, siempre se aconseja usar un espesor mayor.

10.- Cumplimiento de Criterios de Seguridad:

- La elección de un vidrio debe tener siempre presente las posibles consecuencias en caso de rotura.
- Las normas IRAM 12595 y 12596 establecen las características que debe reunir un vidrio sometido a la posibilidad de impacto humano accidental y definen las áreas de riesgo en las que deben emplearse vidrios de seguridad y/o laminados.

Capítulo 12

APLICACIONES ESPECIALES

1.- VIDRIO PARA TAPAS DE MESAS Y ESTANTES

(extraído de BI n° 25 de VASA)

1.1.- ESTANTES

La fig. 12.1 muestra la carga máxima admisible (para una carga uniformemente distribuida) en función de la distancia entre apoyos. Este gráfico ayuda a determinar la carga máxima permitida por un estante de vidrio float soportado únicamente a lo largo de sus bordes más cortos en forma continua.

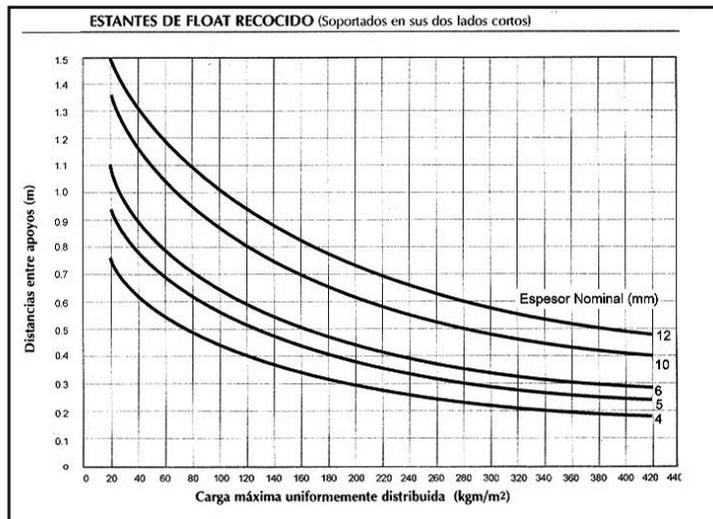


Fig. 12.1

El cuadro 12.1 presenta ejemplos tomados de la fig. 12.1 expresando las cargas equivalentes en N/m^2 y la masa permitida en kg. La masa o peso máximo permitido está determinado en función de la profundidad máxima del estante, la cual debe ser equivalente a la cuarta parte de la luz entre sus apoyos.

En el caso de estanterías de exhibición de mercadería con cargas concentradas, se deberá reducir a la mitad las cargas máximas permitidas del cuadro 12.1.

Cuadro 12.1

Float (mm)	Luz (mm)							
		0.2	0.3	0.4	0.6	0.9	1.2	1.5
4	(a)	4950	2150	1150	450			
	(b)	505	219	118	47			
	(c)	5,0	4,9	4,7	4,2			
5	(a)		3450	1850	750	275		
	(b)		353	19	78	28		
	(c)		7,9	7,6	7,0	5,6		
6	(a)		5050	2750	1150	425		
	(b)		518	285	118	44		
	(c)		11,6	11,4	10,6	8,9		
10	(a)			4975	2050	775	325	
	(b)			508	212	80	34	
	(c)			20,3	19,0	16,2	12,2	
12	(a)				3075	1200	550	225
	(b)				315	123	56	25
	(c)				28,3	24,9	20,1	14,0
		(a) = N/m ²		(b) = kgf/m ²		(c) = kg		

1.2.- TAPAS DE MESA

Para determinar la carga que puede soportar una tapa de mesa se tomaron ejemplos de espesores y dimensiones establecidos en base a aplicaciones que resultaron satisfactorias a lo largo de muchos años de uso sin presentar una deflexión exagerada.

El cuadro 12.2 permite determinar el espesor de vidrio adecuado para una tapa de mesa en función de su tamaño y de la relación entre las dimensiones de sus lados.

Los diferentes diseños y modos de soporte de una tapa de vidrio deben ser evaluados antes de especificar el cristal.

El soporte adecuado deberá tener en cuenta la masa del vidrio cuyo peso es igual a 2.5 kg/m^2 por mm de espesor y los medios necesario para impedir que el paño se desplace, deslice o incline.

Los puntos de apoyo entre el vidrio y el soporte deben estar aislados para impedir cualquier contacto del vidrio con metales y/o materiales de dureza equivalente.

Cuadro 12.2

Espesor (mm)	Relación entre lados		
	1:1	2:1	3:1
6	560x560	760x380	1080x360
10	915x915	1222x610	1740x580
12	1090x1090	1520x760	2040x680
15	1350x1350	1830x915	2560x860
19	1600x1600	2180x1090	3045x1015
25	2100x210	2900x1450	--

En los casos en que requieran espesores mayores a 10 mm por razones estéticas o de resistencia, se podrá emplear vidrio monolítico de 12 - 15 - 19 ó 25 mm o vidrio laminado de igual espesor.

El pegado de las hojas de vidrio en un vidrio laminado puede realizarse por varios procedimientos y con distintos materiales, los cuales pueden presentar características o patrones de rotura diferentes a los requeridos por un vidrio de seguridad. En caso de dudas, aconsejamos consultar.

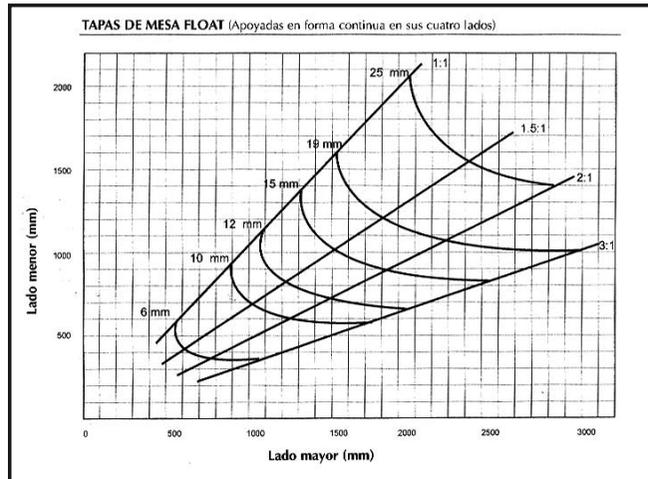


Fig. 12.02

Condiciones de los bordes

- Los vidrios para tapas de mesa y estantes pueden ser empleados con sus bordes ocultos o a la vista, pero la decisión se deberá tomar teniendo en cuenta los riesgos que pueden surgir como consecuencia de un borde dañado, en especial cuando se trate de un cristal de poco espesor.
- En el caso de cristales sometidos a un frecuente manipuleo es conveniente considerar diseños que impliquen bordes ocultos.

- Los daños sobre los bordes de un vidrio templado poseen el mismo grado de importancia que en un vidrio recocido: se debe evitar el contacto directo entre el cristal y algún metal o cualquier carga puntual sobre la superficie o sobre el borde que pueda dañar el templado.

- Para la manufactura de estantes y patas de mesa, el float es adecuado pero existen ciertos casos en los que se requiere utilizar templado o laminado:

- cuando se requiera resistencia al calor (mesas de jardín)
- cuando se requiera seguridad (mesas para áreas resbaladizas, para habitaciones de niños, etc.)

- Aunque el templado es 5 veces más resistente que el vidrio recocido, sin embargo flexiona igual que éste, lo cual debe ser tenido en cuenta.

2.- VIDRIOS PARA TECHOS

(extraído de BI n°20 de VASA)

Los techos o vidriados inclinados transparentes en los que se emplean cristales de seguridad se transforman en un recurso de diseño con ilimitadas posibilidades para brindar una sensación de mayor amplitud y luminosidad al espacio interior de una obra de arquitectura.

No obstante y debido a su posición, estos acristalamientos están sometidos a una serie de esfuerzos y sollicitaciones más exigentes que las de un vidrio vertical. Es por ello que en la selección y definición de sus características y propiedades el proyectista deberá prestar atención especial a los siguientes aspectos:

- Un techo vidriado o acristalamiento inclinado presenta mayores posibilidades de recibir el impacto de objetos.
- En caso de rotura deberá brindar seguridad y protección a las personas.
- Este tipo de acristalamiento pueden alcanzar temperaturas substancialmente mayores que las de un vidrio vertical debido al ángulo de incidencia de la radiación solar y al mayor tiempo de exposición a ella. Se debe considerar entonces la conveniencia del empleo de cristales de seguridad de color o reflectantes para reducir el ingreso de calor solar radiante al interior del ambiente, los que deberán ser procesados térmicamente a raíz de las tensiones presentes que podrán ocasionar la fractura del cristal.
- En la determinación del espesor mínimo conveniente no sólo deberá tenerse en cuenta el tamaño del paño y la presión del viento sino que deberán considerarse otras cargas como el peso propio del vidriado y la eventual acumulación de agua o nieve que podrían producir una flexión excesiva del paño.

2.1.- TIPO DE VIDRIO PARA TECHOS

El único vidrio que se puede utilizar en techos es el vidrio laminado, por cuanto garantiza que - en caso de rotura - los pedazos de vidrio permanecerán adheridos al PVB y no constituirán un peligro para las personas situadas por debajo del vidrio.

El vidrio templado sólo puede utilizarse como vidrio para techo en algunas de estas situaciones:

- formando parte de un vidrio laminado (en este caso si el templado se rompe, los pedazos quedarán adheridos al PVB). Es un vidrio recomendable para usar cuando se requiere un vidrio más resistente del lado exterior (por peligros de golpes o por riesgos de rotura por stress térmico).
- formando parte de una unidad de DVH (como vidrio exterior y el interior un laminado) De esta manera se

obtiene un vidrio más resistente en el lado exterior y el laminado interior impide que los pedazos caigan en caso de rotura.

Un DVH puede utilizarse como vidrio de techo siempre que el vidrio inferior sea laminado. El vidrio exterior puede ser templado (como se explicó antes), laminado o, incluso, un vidrio monolítico (en caso de rotura los pedazos quedarán soportados por el vidrio laminado inferior).

2.2.- RECOMENDACIONES PRACTICAS

ILUMINACION NATURAL

Un techo vidriado transparente provee iluminación natural e integra el espacio interior con el ambiente exterior, pero debe tenerse en cuenta que un exceso de este tipo de iluminación puede resultar molesto.

El resplandor excesivo puede ser controlado utilizando vidrios color o reflectivo o serigrafiados (que permite incorporar tramas de sombreado de diferente densidad y diseño que contribuyen a controlar aún más la transmisión de luz).

CONTROL SOLAR

El sobrecalentamiento de un ambiente por el excesivo ingreso de calor solar radiante a través de un techo vidriado puede producir problemas de confort térmico.

Para controlar el ingreso de calor radiante es conveniente utilizar vidrio color o reflectivos.

AISLACION TERMICA

El techo de un edificio es el área a través de la cual se producen las mayores pérdidas de calefacción, debido a que el aire calefaccionado es más liviano y asciende acumulándose en los estratos superiores.

En techos transparentes es conveniente utilizar DVH para permitir una adecuada aislación térmica y un mejor aprovechamiento de la energía además de evitar las condensaciones de humedad sobre la cara interior del vidrio.

AISLACION ACUSTICA

En las situaciones en que se impone un adecuado control del ruido, es aconsejable el empleo de cristales de seguridad y/o combinados en DVH con cristales de alto espesor.

DETERMINACION DEL ESPESOR ADECUADO

En la fig. 12.3 se observa un ábaco que permite predimensionar el espesor mínimo requerido para paños a base de vidrio laminado. El ábaco de la fig. 12.4 permite determinar el espesor mínimo requerido para DVH.

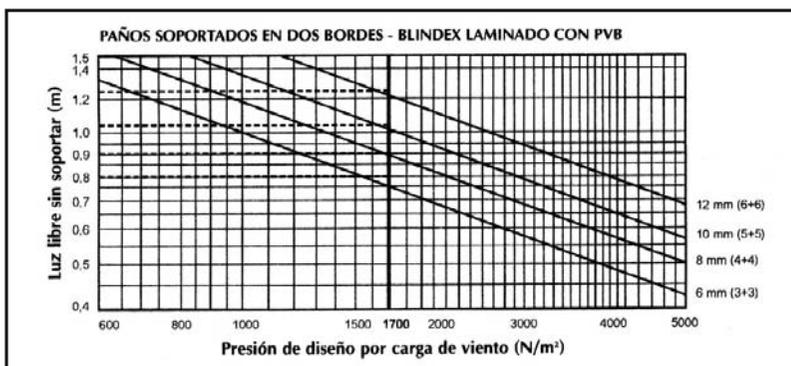


Fig. 12.3

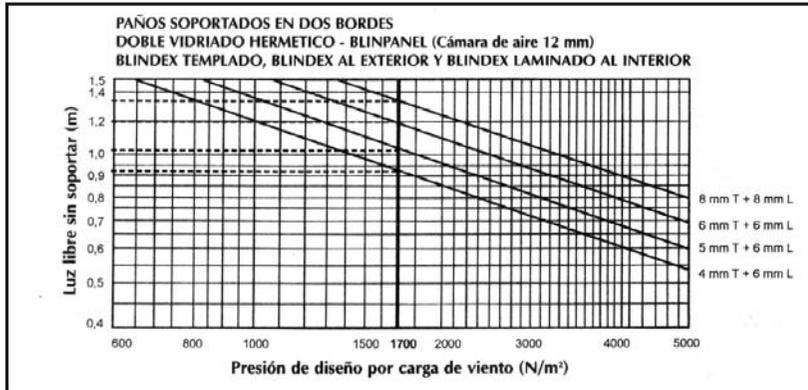


Fig. 12.4

A los fines prácticos se recomienda seleccionar el espesor adecuado asumiendo una presión de viento mínima no menor a 1700 N/m^2 . El criterio mencionado es válido para techos con pendientes mayores a 30° respecto a la vertical construidos en áreas urbanas hasta 10 m de altura respecto al suelo, en localidades donde la velocidad máxima de viento no sea mayor a 41 m/s que es el caso de las ciudades de Buenos Aires, Córdoba y Rosario, entre otras.

Las luces obtenidas mediante los ábacos deben ser consideradas como máximas y no deben ser superadas. En caso de dudas conviene emplear un espesor mayor.

En regiones de fuertes vientos permanentes y/o donde se produzcan nevadas deberán emplearse exclusivamente paños soportados en cuatro bordes.

TAMAÑO MÁXIMO DE VIDRIO PARA TECHOS

Como criterio general la superficie máxima de un paño no debe ser superior a 3 m^2 y la relación entre las dimensiones de su ancho y largo no será mayor que 1 a 3.

CRISTALES DE SEGURIDAD Y CONTROL SOLAR

El empleo de templado-laminado tiene como objeto aumentar la resistencia al impacto, al manipuleo y a las tensiones térmicas usualmente presentes cuando en la composición del paño interviene vidrio color.

Asimismo si bien el procesado térmico (templado o termoendurecido) asegura una mayor resistencia al impacto que la de un vidrio sin procesar, se debe tener en cuenta que la flexión ante cargas es la misma.

Cuando en acristalamiento de un techo se emplea vidrio reflectivo (tanto en unidades de simple vidrio como en DVH), éste debe ser colocado siempre como paño exterior templado o termoendurecido y con la faz reflectiva hacia el interior. Para el caso de un vidrio simple deberá especificarse templado laminado con la faz reflectiva en contacto con el PVB. En caso de un DVH con templado, la faz reflectiva deberá estar orientada hacia la cámara de aire.

Dicha precaución permite proteger la faz reflectiva del cristal ya que en el vidrioado de techos se encuentra expuesto a condiciones más rigurosas que en acristalamientos verticales: mayor acumulación de suciedad y agresividad de los agentes climáticos.

ESTRUCTURA DE SOPORTE: CONSIDERACIONES PARTICULARES

Su diseño y construcción deben tener en cuenta un mayor número de factores que en el caso de aberturas verticales. Entre otros deben considerarse los siguientes aspectos.

- Debido al mayor grado de exposición a la energía solar, tanto las dimensiones de los paños vidriados como las características de la estructura y perfiles de soporte deben estar diseñadas para absorber las dilataciones térmicas diferenciales más los eventuales movimientos del edificio. Siempre debe evitarse el contacto de los cristales de seguridad con la estructura de soporte.
- Las distintas formas geométricas del techo, de su entorno y de su altura de colocación respecto del nivel del terreno requieren por parte del proyectista evaluar con cuidado las cargas de presión y succión del viento sobre el conjunto del techo vidriado y tener en cuenta otras solicitaciones que influyan sobre la misma.
- La adecuada colocación de los cristales de seguridad en una estructura inclinada es un aspecto de capital importancia. La fijación de los paños debe brindar las máximas garantías de seguridad y la estanquidad del sistema debe evitar la condensación y las filtraciones de agua de lluvia.
- En plaza existen diversos sistemas de perfiles de aluminio especialmente diseñados para la construcción y montaje de techos vidriados que permiten el drenaje de la condensación y canalizar eventuales filtraciones de agua hacia el exterior.
- Siempre deberán preverse las condiciones de seguridad necesarias para efectuar las tareas de mantenimiento y lavado de una superficie vidriada inclinada. En algunos casos puede necesitarse prever estructuras auxiliares móviles independientes de la estructura vidriada.

COMPONENTES DE COLOCACION

- Para la colocación de los cristales se emplearán sistemas a base de burletes de caucho y, para el sellado, compuestos a base de siliconas de tipo neutro.
- Para asegurar una buena adhesión, las superficies de los cristales de seguridad y la estructura debe estar limpias y secas.
- Los bordes de los cristales de seguridad deben presentar un corte neto, libre de escallas preferentemente pulido o arenado.

3. VITROFUSION, FUSING

Por vitrofusión se entiende el proceso de unir dos o más capas de vidrio los cuales se unifican por medio de la temperatura, permitiendo su fusión en una sola capa.

La técnica tiene varios procesos bastantes precisos uno de los cuales es el armado y confección de la pieza a realizar en frío: mediante el corte, pegado, esmaltado, etc. para luego pasar al horno.

Los vidrios a utilizar deben tener un COE térmico similar. El COE es el coeficiente de expansión; tiene una numeración precisa que define el grado de expansión o contracción que sufre el vidrio al exponerse al frío y al calor. Estos tipos de graduaciones son bastante exactos según el tipo de vidrio que estamos usando. Ya dentro del mercado se pueden comprar vidrios y subproductos indicando el valor COE de cada tipo de vidrio. Por tal motivo sugiero que para la fusión se utilicen vidrios del mismo COE o si utilizamos vidrio float el trabajo se realiza con la misma placa de vidrio y sin mezclar espesores.

Además en la fusión hay un proceso fundamental que es el mantenimiento o estabilización, que es un tiempo durante la etapa de enfriado donde la cadena molecular del vidrio vuelve a acomodarse. Cada tipo de vidrio tiene un valor de temperatura donde la masa de vidrio se acomoda. En el caso del float ese valor está entre los 560° y 580°C. Dentro de esta estabilización hay un tiempo donde debe mantenerse estos valores que están determinados por el tamaño, volumen y espesor de nuestro trabajo en vidrio.

TECNICAS DE FUNDIDO

Las técnicas de fundido presentan unas características especiales y definitorias, que se concretan en el sistema de trabajo y a un ciclo de horneado y temperatura específicos.

Dentro de las técnicas de fundido se encuentran distintas terminologías para definir el trabajo y sobre qué tipo de proceso de horneada fue realizado, los que podemos detallar como:

Fundido parcial o tack fusing:

Es el proceso de fundido que se lleva a cabo a menor temperatura. Entre los 730° y los 770°C se produce el fundido parcial del vidrio, esto es, los vidrios se unen, se respetan los cortes con forma que tenga el diseño

realizado, sus bordes y vértices adquieren una forma redondeada. Los vidrios se amalgaman manteniendo volumen, disposición y grosor.

Fundido total o full fusing:

Es el proceso de fundido que se lleva a cabo a mayor temperatura que el fundido parcial. Entre los 790° y los 835°C se produce el fundido total del vidrio donde las capas se funden por completo, la masa de vidrio adelgaza y los bordes se redondean completamente.

Termoformado o slumping:

El termoformado es un proceso de ablandamiento del vidrio que tiene un rango de horneado amplio: va de los 650° a los 820°C, ya que tiene mucha importancia el peso de la masa de vidrio a moldear y la confección o tipo de los moldes donde es recibido el vidrio.

Caída libre o draping:

La caída libre es la técnica basada en la deformación que sufre el vidrio al calentarlo, lo cual provoca su caída a causa de su propio peso. Tiene un espectro de temperatura para su horneado que va de los 650° a los 790°C, dependiendo fundamentalmente del peso del vidrio y del molde o armazón a utilizar para deformarlo. Dentro de esta técnica es fundamental también la inspección visual del trabajo en temperatura, para cortar el proceso de horneado y congelar la forma de deformación deseada.

Vidrio colado o casting:

El vidrio colado o casting es la técnica más utilizada para escultura en vidrio y consiste en la creación de piezas utilizando vidrios fragmentados o en un solo bloque en el interior un molde realizado de material refractario, dando como resultado final una vez cumplido una curva de horneado acorde a la masa de vidrio y refractario, una pieza de vidrio donde los fragmentos del mismo se amalgaman íntimamente copiando el interior del molde. El casting requiere la habilidad de lograr originales y moldes por lo que requiere un proceso de trabajo más laborioso. La técnica tiene un rango de horneado que va desde los 790° a los 900°C, según la imagen que se quiera lograr con el vidrio.

Pasta de vidrio o paté de verre:

Esta técnica tiene similitudes con el casting y mucha gente tiende a confundirlas. La principal diferencia es que se trabaja con vidrio machacado que pueden ser de diferentes granulometrías y color aunque del mismo COE. La pasta de vidrios machacados (se unen con agua o alguna solución con el aditivo de cola) se disponen en el interior del molde y se hornean con un ciclo determinado donde la fusión mantiene el vidrio acomodado según nuestro molde y diseño. La pasta de vidrio tiene su propia característica que puede ir desde la pieza translúcida a mantener la textura granulada según el tipo de horneada y moldería que utilizemos. Gran parte de los trabajos utilizando esta técnica nos remiten a piezas de superficie con aspecto y calidades pétreas. Las temperaturas de horneado son similares a las de casting dependiendo fundamentalmente de la imagen y características de la pieza final que deseamos obtener.

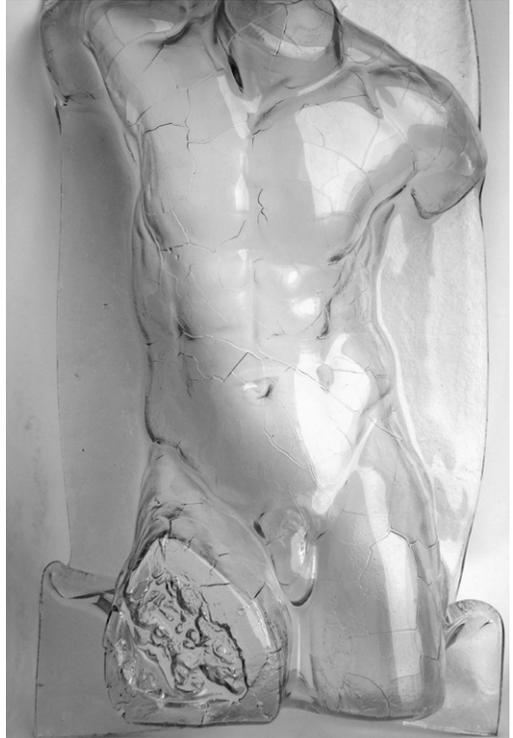
DIFERENTES VIDRIOS Y PRODUCTOS PARA FUSION

Vidrio flotado o float:

Comúnmente conocido con el nombre de vidrio de ventana. Llamado así por su proceso de fabricación, consiste en la fundición del vidrio en un horno para luego pasar a una cámara o piletta que contiene estaño líquido en estado de fusión donde el vidrio flota. El material se estira y avanza horizontalmente, para luego pasar a un horno de maduración o recocido. En este tipo de vidrio recomiendo no mezclar espesores y utilizar para el trabajo a realizar que sean de la misma hoja o paño, ya que no tenemos seguridad de su COE.

Vidrios compatibles:

Varias empresas vidrieras fabrican vidrios compatibilizados donde el COE está ajustado especialmente y se dedican a elaborarlos especialmente para diferentes técnicas de vitrofusión. Los fabricantes realizan estos vidrios con una misma base de composición para que se comporten de la misma forma dentro del proceso



de la fusión. El mercado presenta gran variedad de estos vidrios que son de colores translúcidos u opalinos, texturados, marmolados e iridiscentes.

Frita o vidrio machacado:

Se llaman a los vidrios machacados o pulverizados que viene en diferentes granulometrías y compatibilidades. Son ideales para los trabajos en pasta de vidrio o como elementos decorativos dentro de las piezas fusionadas.

Hilos de vidrio o stringer:

Se encuentran de diferentes grosores y colores y son de gran utilidad para el diseño de piezas fusionadas.

Escamas o confetti:

Son escamas de vidrios policromos que se realizan soplando por varilla un gran globo de vidrio al cual se hace estallar y de esa forma se logran pequeñas escamas de vidrio de espesor fino. Vienen en diferentes COE según la base de vidrio que utilizamos para el trabajo a realizar.

Inclusiones:

Encontramos diversidad de materiales que pueden ser incluidos en vidrio, aunque siempre deben ser usados con prudencia ya que pueden generar tensiones o stress en el vidrio dando como resultado su posterior rotura. Se pueden incluir metales como el cobre, oro, plata, alpaca o titanio, en sus diferentes formas como mallas, virutas, láminas, hojas e hilos. Materiales orgánicos de tipo vegetal, los que deben estar bien desecados y durante el horneado se calcinan dejando una huella o rastro que puede pasar a ser parte de un componente estético del trabajo. La mica y vermiculita son minerales muy interesantes como inclusión, aunque recomiendo que sean calcinados a 1000°C para no encontrarnos con efectos de burbujas no deseados entre las capas de vidrio.

Esmalte para vidrio:

Se denominan esmaltes a la molienda resultado de una fusión de cristal de plomo de diferentes colores. Hay una gran tipología de esmaltes en el mercado los cuales pueden ser aplicados entre vidrios o en la superficie. También disponemos de esmaltes sin plomo ideales para utilizar en la superficie de objetos utilitarios ya que no contaminan los alimentos.

Hornos:

El horno es la pieza fundamental y necesaria para lograr el proceso del fundido del vidrio. Este puede ser de un uso proveniente de la cerámica o los específicamente diseñados para trabajar el vidrio en todo su espectro. Siendo un técnico del vidrio lo que recomiendo son los de vidrio ya que los de cerámica tienen varias dificultades: exceso de calor, diferencias de temperatura y generalmente no disponen de programador para manejar la curva de horneado.

Los hornos de vidrio están formados por una caja metálica donde en su interior se reviste de fibra cerámica o ladrillos refractarios livianos. En el interior de la cámara de cocción hay resistencias que pueden ser de tubos de cuarzo translúcidos o tubos de silimanita revestidos en alambre cantal. Los hornos más comunes son aquéllos que tienen las resistencias en la tapa superior o en la campana; son de apertura superior.

Este tipo de horno nos permite transmitir una uniformidad de calor al vidrio, por lo que tenemos un calentamiento parejo, fundamental para el tratamiento del vidrio y achicar los riesgos de rotura por choque térmico. Hay gran variedad de diseños y tamaños. Lo fundamental es que dispongan de un programador digital para poder medir y programar el ciclo de temperaturas en el horno. El vidrio se maneja con un diagrama de "curvas de horneado" donde podemos determinar los valores de temperatura, bajadas y mantenimientos. Los hornos de vidrio tienen además la ventaja de ser económicos en el consumo energético.

Capítulo 13

VIDRIOS ANTIFUEGO

Las regulaciones contra incendios para los edificios exigen que estos estén subdivididos de modo tal que, ante un incendio, se puedan obtener “compartimientos de fuego”. Estos compartimientos tienen por función limitar al máximo el desarrollo del fuego proveyendo límites, tanto verticales como horizontales, que lo mantengan contenido dentro de esa área delimitada. Obviamente los elementos de cierre de esos compartimientos han de ser capaces de resistir el fuego de modo de poder contenerlo.

Otro requerimiento de las regulaciones es que deben existir adecuadas formas de escape del edificio, para lo cual debe haber corredores y escaleras las que, a su vez, deberán estar protegidas y preservadas del fuego en caso de un incendio.

Los requerimientos pueden también extenderse a la protección de edificios contiguos, la protección de equipos dentro del edificio o la provisión de zonas seguras para la lucha contra el fuego por parte de los bomberos.

Siguiendo estas regulaciones, el propósito de un vidrio antifuego ha de ser la de proveer áreas protegidas que restrinjan el fuego (“compartimientos de fuego”), así como asegurar que las rutas de escape sean seguras para la evacuación de las personas.

Se debe tener en cuenta que:

- Los requerimientos de resistencia al fuego serán diferentes según sea el tipo de área a proteger (según sea un “compartimiento de fuego”, o se deba proteger un área de escape, proteger edificios contiguos, maquinarias, etc.).
- Todos los fuegos son diferentes, debido a los diferentes materiales combustibles que puedan estar involucrados, las diferentes condiciones de ventilación, las diferentes geometrías de las habitaciones, etc.

Existen una amplia variedad de vidrios que poseen variadas capacidades antifuego por lo que es necesario encontrar una forma de clasificarlos, de modo tal de poder seleccionar el más adecuado para cada requerimiento (tipo de área a proteger y tipo de fuego esperado).

Debido a que las exigencias antifuego para los vidrios son relativamente nuevas, las normativas adoptadas por los distintos países no han alcanzado, todavía, la uniformidad deseada. Sin embargo, hay coincidencia mayoritaria en una serie de propiedades que permiten clasificar a los vidrios antifuego. En este caso nosotros adoptaremos el punto de vista de las Normas Europeas, las cuales muestran un tipo de clasificación coherente y de fácil comprensión.

Las Normas a las que nos referimos son las siguientes:

EN-1363-1
 EN-1363-2
 EN-1364-1
 EN-1365-1
 EN-1365-2
 EN-1634-1
 EN-1634-3

Propiedades exigidas a los vidrios antifuegos:

Para establecer una clasificación de los vidrios antifuego, se deben realizar una serie de ensayos que muestren

la habilidad de los materiales para cumplir ciertos criterios. Estos criterios son:

- La capacidad de soportar cargas (R)
- La capacidad de mantener su integridad (E)
- La capacidad de aislación térmica (I)
- La capacidad de aislación de la radiación (W)

Las siglas entre paréntesis corresponden a la clasificación de las propiedades antifuego de los vidrios, tal como se explica a continuación.

El significado de cada una de las propiedades mencionadas es la siguiente:

a.- Capacidad de resistir cargas (R): determina la habilidad del elemento de soportar su propia carga durante el test de resistencia al fuego, sin colapsar.

b.- Capacidad de integridad (E): es la habilidad de un elemento separador de permanecer sólido-íntegro previniendo de esta manera que no pasen llamas ni gases calientes del lado expuesto al fuego hacia el lado no expuesto, resultando de este modo una suerte de contenedor de fuego. .

Se considera que el elemento falla cuando se producen rajaduras o aberturas de determinado tamaño, o cuando la llama sobre el lado no expuesto supera los 10 segundos o cuando un pedazo de algodón se prende fuego colocado sobre la rajadura o apertura.

c.- Capacidad de aislación térmica (I): es una medida de la habilidad de un elemento de separación en una construcción de impedir la elevación de temperatura del lado no expuesto por encima de ciertos niveles especificados.

Estos niveles de temperatura se establecieron de modo tal que ningún material combustible en contacto con la parte no expuesta entrara en ignición. En la Norma se establece que la temperatura promedio de la fase no expuesta no debe ser mayor a 140° C por encima de la temperatura ambiente y, simultáneamente, ningún punto de la superficie no expuesta debe superar más de los 180° C por encima de la temperatura ambiente.

d.- Capacidad de aislación de la radiación (W): el nivel de radiación que emite el lado no expuesto de un elemento sometido al fuego, puede ser extremadamente peligroso en algunas situaciones, pues puede impedir el escape de las personas o, inclusive, poner en ignición elementos que se encuentren del lado no expuesto. Por ese motivo es que se mide el nivel de radiación que emiten los elementos que han de usarse en particiones.

Cómo seleccionar un Vidrio Antifuego:

Los criterios de la Norma Europea (CEN) establecen las siguientes clasificaciones de las capacidades antifuegos de los elementos de construcción (los números al lado de las siglas indican el tiempo, en minutos, durante el cual se mantienen intactas las propiedades antifuego):

CLASIFICACION	TIEMPOS								
	15	20	30	45	60	90	120	180	240
E		20	30		60	90	120		
EW		20	30		60	90	120		
EI	15	20	30	45	60	90	120	180	240
RE		20	30		60	90	120	180	240
REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240
REI-M			30		60	90	120	180	240
REW		20	30		60	90	120	180	240
RE		20	30		60	90	120	180	240
REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240

La Norma también establece algunas categorías adicionales a las mencionadas como:

- M (capacidad de resistir impactos) y
- S (protección contra humos, propiedad que se le exige a las puertas)

De este modo, al seleccionar un vidrio antifuego deberá prestarse atención al código que lo identifica (por ejemplo: REW-180 ó REI-45, etc.) y verificar si las características antifuego de estos vidrios se corresponden con los requerimientos de protección requeridos para el caso específico que se esté considerando.

Tipos de vidrios antifuegos

Hay muchos tipos de vidrio antifuego en el mercado, y el rango de productos y tamaños crece día a día como producto del progreso tecnológico y las exigencias de los arquitectos y diseñadores.

Los diferentes tipos pueden ser clasificados de la siguiente manera:

1.- Vidrios antifuego no aislantes térmicos:

Estos son vidrios capaces de resistir el pasaje de humo, llamas y gases calientes, pero no pueden satisfacer el requisito de aislamiento térmico. Las regulaciones pueden poner límites sobre los lugares en los que se pueden colocar vidrios no aislantes.

Hay básicamente dos tipos de vidrios no aislantes:

- a.- Cristal armado el lado expuesto al fuego se rompe debido al choque térmico pero la malla de alambre dentro del vidrio mantiene la integridad del mismo sosteniendo los fragmentos de vidrio en su lugar.
- b.- Vidrios de composición especial (vidrio borosilicato y vidrio cerámico): en este caso el vidrio no rompe frente a la acción del fuego debido a su bajo coeficiente de expansión térmica. El vidrio borosilicato (no así el cerámico) puede, además, ser termoendurecido de modo de minimizar aún más el stress térmico y brindar mayor seguridad al impacto.

2.- Vidrios Antifuego Parcialmente Aislantes Térmicos:

Estos vidrios tienen propiedades de resistencia al fuego que están entre la de los vidrios antifuego aislantes y los vidrios antifuego no aislantes. Son usualmente multilaminados que poseen una intercapa intumescente, la cual, frente al calor del fuego, se hincha y se vuelve opaca con el calor. Como resultado de esta intercapa intumescente, este vidrio es capaz de resistir el pasaje de humo, llamas y gases calientes y sostener el criterio de aislación térmica por 15 minutos. La temperatura de la fase no expuesta, luego de este tiempo, aumenta por arriba de los niveles aceptados, aunque menos rápidamente que para un vidrio antifuego no aislante.

3.- Vidrios Antifuego Aislantes Térmicos:

Estos tipos de vidrio antifuego son capaces de resistir el pasaje de humo, llamas y gases calientes y sostener los criterios de aislación durante, al menos, 30 minutos.

Hay dos tipos de vidrios antifuego aislantes térmicos disponibles:

a.- Vidrio laminado con intercapas intumescentes: está formado por capas múltiples de vidrio e intercapas intumescentes claras. La resistencia al fuego dependerá de la composición especial de las intercapas, las cuales reaccionan a altas temperaturas produciendo una capa gruesa y opaca que resiste la transmisión de calor radiante y la conducción del calor. Sobre el lado expuesto al fuego el vidrio se fractura pero permanece adherido a la intercapa. El nivel de resistencia alcanzado está directamente relacionado al número de intercapas. En general a mayor el espesor total del vidriado, mayor la performance de la resistencia al fuego

b.- Vidrios termoendurecidos rellenos con gel transparente: este vidrio antifuego contiene un gel ubicado entre hojas de vidrio termo endurecido que se mantienen separadas entre sí por medio de varillas de acero inoxidable, estando todo el conjunto sellado por los bordes. El gel es reactivo al calor y estable a la luz UV (en caso de no serlo deberá proveerse una capa adicional resistente al UV). En caso de fuego el gel reacciona al calor formando una corteza del lado expuesto al fuego mientras que la evaporación de agua, que produce la reacción, absorbe el calor. Este proceso continúa hasta que el gel se ha quemado totalmente. El nivel de resistencia al fuego alcanzado está relacionado al espesor del gel.

A pesar que ambos tipos de vidrio son manufacturados usando diferentes materiales, son diseñados con el mismo objetivo: proveer un producto de vidrio que permanezca frío en la fase expuesta al fuego.

Los vidrios antifuego aislantes térmicos son comúnmente utilizados para proteger las rutas de evacuación de los edificios, las áreas vulnerables de los edificios adyacentes o la prevención de “fire-spread” debido al calor radiante.

El sistema antifuego:

Aquí sólo nos hemos referido a la clasificación de los vidrios según su resistencia al fuego, pero no debe perderse de vista que no sólo es importante la capacidad antifuego del vidrio, sino también la del marco que lo soporta, la fijación a la pared y la pared misma. Es todo un sistema el que debe funcionar como barrera antifuego. El nivel de resistencia al fuego alcanzado será el nivel del sistema formado por el vidrio, marco y fijación del marco. El sistema será tan fuerte como lo sea su eslabón más débil.

Es importante recordar que el objetivo de un vidriado antifuego es mantener la capacidad de separación del fuego de la pared o partición en la cual está fijada. Por lo tanto es inapropiado fijar un vidrio capaz de resistir 60 minutos de fuego si la pared o el marco en el que está fijado no puede soportar esa cantidad de tiempo.

Capítulo 14

LEY N° 2.448

Se incorporan ítems en la Sección 8, Capítulo 8.13 del Código de la Edificación de la C.A.B.A.

Buenos Aires, 20 de septiembre de 2007.

La Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires sanciona con fuerza de Ley:

Artículo 1° - Incorpóranse en la Sección 8, “De los reglamentos”, Capítulo 8.13. “De la calidad de los materiales”, del Código de la Edificación, el subcapítulo y párrafos siguientes:

8.13.6. “El vidrio, características y requerimientos”

8.13.6.1. “Vidrios sometidos a la acción del viento”

Todo vidrio colocado en posición vertical y sustentado en sus cuatro bordes, que esté sometido a la acción del viento, debe cumplir la Norma IRAM 12.565 “Vidrios planos para la construcción para uso en posición vertical” y sus actualizaciones. En cuanto a la determinación de la magnitud de la acción, será de aplicación el Reglamento CIRSOC 102 “Acción del viento sobre las construcciones” y sus actualizaciones.

Lo dispuesto en este párrafo es sin perjuicio de lo dispuesto en otras secciones de este Código, y se aplica con carácter prevaleciente en caso de concurrencia con normas de menor exigencia.

8.13.6.2. “Vidrios en áreas susceptibles de impacto humano”

Todo vidrio colocado en posición vertical en áreas susceptibles de impacto humano, según se definen en la Norma IRAM 12.595 “Vidrio plano de seguridad para la construcción” y sus actualizaciones, debe cumplir con las especificaciones establecidas en dicha norma.

Los vidrios colocados en un ángulo mayor a 15° respecto de la vertical, deben ser laminados según la definición contenida en la Norma IRAM 12.556 y sus actualizaciones, en las siguientes situaciones:

Techos.

Paños de vidrio integrados a cubiertas.

Fachadas inclinadas.

Marquesinas.

Parasoles.

El vidrio en mamparas, divisores y mobiliario fijo debe ser templado o laminado, según la definición contenida en la Norma IRAM 12.556 y sus actualizaciones.

Lo dispuesto en este párrafo es sin perjuicio de lo dispuesto en otras secciones de este Código, y se aplica con carácter prevaleciente en caso de concurrencia con normas de menor exigencia.

8.13.6.3. “Malla de protección para vidriados inclinados”

En vidriados inclinados no ejecutados con vidrio laminado debe disponerse una malla de protección para prevenir la caída de fragmentos de vidrio en caso de rotura del paño. La malla de protección debe estar firmemente sujeta a 10 cm de distancia por debajo del vidrio, su trama debe ser no mayor que 25 mm por 25 mm y debe ser capaz de soportar el peso de la masa de vidrio roto.

Exceptúase el empleo de la malla de protección en los siguientes casos:

a) Vidrio recocido, cuando las áreas de circulación o permanencia de personas estén alejadas de la eventual caída de vidrio roto, por una distancia horizontal no menor a dos veces la altura de la colocación del vidrio.

b) Vidrio recocido en invernáculos cuyo destino exclusivo sea el cultivo de plantas y no para uso público, siempre que la altura del invernáculo sea no mayor a 6,00 m.

c) Vidrio templado cuando el paño esté soportado en todo el perímetro, el punto más alto del vidriado inclinado respecto del piso sea no mayor a 3,00 m, el área del paño sea no mayor a 1,20 m², su lado menor no supere 0,60 m y el espesor del vidrio no sea mayor a 5 mm.

d) Vidrio armado con alambre cuando el paño esté soportado en todo su perímetro, el punto más alto del vidrio inclinado respecto del piso sea no mayor a 3,00 m, el área del paño sea no mayor a 1,20 m², su lado menor no supere 0,60 m y el espesor del vidrio no sea mayor a 6 mm.

8.13.6.4. “Estructuras de sostén de vidriados inclinados”

Deben ser calculadas para cada material de acuerdo con las prescripciones del presente Código para soportar su propio peso y el de los vidrios, más los posibles efectos de la acción del viento.

8.13.6.5. “Mantenimiento y limpieza”

En las construcciones en las que prevalezca la fachada vidriada (tipo integral), la aprobación de los planos requiere que el interesado indique el medio y modo seguro previstos para la limpieza exterior de la misma.

8.13.6.6. “Espejos”

Lo establecido en este subcapítulo es de aplicación a espejos.

No está permitida la colocación de espejos en posiciones o lugares que lleguen confundir al público sobre la dirección de escaleras, circulaciones y medios de salida.

8.13.6.7 “Identificación de los vidrios de seguridad”

Los vidrios de seguridad, una vez colocados en obra, tienen una, identificación visible con los siguientes datos:

a) El nombre o la marca registrada del fabricante y si se trata de vidrio templado o laminado, ver figura:

b) La clasificación relativa a su comportamiento al impacto: A, B o C, según la Norma IRAM

12.556 “Vidrios planos de seguridad para la construcción” (30/6/00), ver figura:

Marca XXX Templado A, B o C	Marca XXX Laminado A, B o C
--------------------------------	--------------------------------

En vidrios templados la identificación es de carácter permanente, y en los laminados la autoridad de aplicación puede permitir una etiqueta removible.

8.13.6.8 “Colocación del vidrio”

La fijación del vidrio a la estructura del cerramiento debe satisfacer de modo seguro las solicitudes derivadas de su función.

La estructura de sostén debe resistir las cargas por acción del viento y los esfuerzos inducidos por su uso y accionamiento.

Los componentes utilizados en la colocación tales como: masillas, selladores, burletes, contravidrios, etc., deben tener características de durabilidad adecuadas a su función.

Cláusula transitoria: las instituciones educativas de gestión privada y de gestión pública, deben cumplir las exigencias establecidas en esta ley bajo apercibimiento de las penalidades establecidas en el Código de la Edificación. A tal efecto, se otorga un plazo de cinco (5) años a contar desde la entrada en vigencia de esta ley. La reglamentación establecerá la gradualidad con que los edificios deberán adaptarse a lo largo de dicho plazo.

Artículo 2° - Comuníquese, etc. **de Estrada - Bello**

DECRETO N° 1.490

Buenos Aires, 22 de octubre de 2007.

En uso de las facultades conferidas por el artículo 102 de la Constitución de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, promúlgase la Ley N° 2.448 (Expediente N° 74.370/07) sancionada por la Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires el 20 de septiembre de 2007. Dese al Registro, publíquese en el Boletín Oficial de la Ciudad de Buenos Aires y comuníquese a la Secretaría Parlamentaria del citado Cuerpo Legislativo por intermedio de la Dirección General de Coordinación de Asuntos Legislativos y pase a los Ministerios de Planeamiento y Obras Públicas y de Educación para su conocimiento y respectivas competencias. El presente decreto es refrendado por los señores Ministros de Planeamiento y Obras Públicas y de Educación. **TELERMAN - Schiavi - Clement**

www.caviplan.org.ar

Este libro fue editado gracias a la colaboración de las siguientes empresas:

Bestchem S.A.

Monseñor Chimento 750 (1832)
Lomas de Zamora, Prov. de Bs.As.
Tel (011) 4244-5555
www.bestchem.com.ar

Bianchi y Cia. S.C.A.

Domingo Silva 3033 (3000) Santa Fe,
Pcia. de Santa Fe
Tel (0342) 4558219
www.bianchiycia.com.ar

Casa Calello S.A.

Madame Curie 2196 (1879)
Quilmes O., Prov. de Bs.As.
Tel (011) 4250-0586
casacalello@sinectis.com.ar

Casa Segat S.A.

Chile 2560 (1227) Buenos Aires
Tel (011) 4942-4431/5962/7264/7952
www.casasegat.com.ar

Centro Cristales

Av. H. Irigoyen 12771 (1846) Adrogué,
Prov. de Bs.As.
Tel (011) 4293-4300/6239
www.centrocristales.com.ar

Cristales del Sur S.R.L.

Ex Ruta 36 km 610 sin N° (5800)
Río Cuarto, Pcia. de Córdoba
Tel (0358) 4650855
cristalesdelsur@hotmail.com

Cristem S.A.

Rodolfo A. López 2539 (1879)
Quilmes O., Prov. de Bs.As.
Tel (011) 4250-2945 / 4200-8008
www.cristem.com.ar

Diez Miguel

Moliere 1666 (1408) Buenos Aires
Tel (011) 4648-0813
www.miguel10.com.ar

Fenzi Argentina S.A.

Otero 140 (1427) Buenos Aires
Tel. (011) 4856-1700 Fax 4854-0955
www.fenziarg.com.ar

Fermada S.R.L. (Pahud)

Martín Güemes 1124 (5700)
San Luis, Pcia. de San Luis
Tel (02652) 436048 / 434880
www.pahud.com.ar

Guardian de Argentina S.R.L.

Gral. Manuel Savio 351
(Colectora Aut.Acc.Oeste alt. km 40)
(1738) La Reja, Prov. de Bs.As.
Tel (0237) 4681217
www.guardian.com

IEL S.R.L.

Av. La Plata 213 Piso 2° Of. B
(1184) Buenos Aires
Tel. (011) 4903-8100
www.ielsrl.com.ar

Inastillex S.R.L.

Le Corbusier 233, alt. Av.del
Sesquicentenario 5400 (R.197)
(1613) Malvinas Argentinas, Prov. de Bs.As.
Tel (011) 4463-3500
inastillex@rcc.com.ar

José Trento Vidrios S.R.L.

Av. Márquez 6151 (1657)
Loma Hermosa, Prov. de Bs.As.
Tel (011) 4769-1311/1011
www.josetrentovidrios.com.ar

Kalciyan Tecnología del Vidrio S.A.

Calle 10 N° 429,
Parque Ind. Pilar
(1629) Pilar, Prov. de Bs.As.
Tel (02322) 537500 Fax 537550
www.kalciyan.com

La Casa de los Cristales S.R.L.

Alte. Brown 4024 (7400) Olavarría,
Prov. de Bs.As.
Tel (02284) 444565 al 69 / Fax 444570
www.lacasadeloscristales.com

Metalglass S.A.

Ruta 8 km 45,200 (1665)
José C. Paz, Prov. de Bs.As.
Tel (02320) 400100 Fax 400101
www.metalglass.com.ar

Montajes Industriales S.A.

Aviador A. Fernández 1729/33 (1686)
Hurlingham, Prov.de Bs.As.
Tel (011) 4662-1933 / 4665-9171
www.mindustriales.com.ar

Rial S.A.

Molina 849 (2506)
Correa, Prov. de Santa Fe
Tel. (03471) 492169
www.rial.com.ar

Superglass S.A.

Marcos Sastre 627 (1618)
El Talar, Prov.de Bs.As.
Tel (011) 4116-6400
Fax 4116-6461/6462
www.superglass.com.ar

Trosifol - Industrias WEMEL

Av. Corrientes 2025 - 1° A
(1045) Buenos Aires
Tel (011) 4953-9552/9459/6601

www.wemel.com
www.kuraray-kse.com

VASA Vidriería Argentina S.A.

Av. Antártida Argentina y vías TMRoca
(1836) Llavallol, Prov.de Bs.As.
Tel (011) 4239-5000
www.vasa.com.ar

Vidpia S.A.I.C.F.

Lázaro Langer 191
(5000) Córdoba, Prov. de Córdoba
Tel (0351) 4611520
4629444/9445
0800-4444304
Fábrica Av. Circunvalación e/Cno.
San Carlos y Cno. San Antonio
(5000) Córdoba
Tel (0351) 4947474/7676/9292
www.vidpia.com.ar

Vidriería Española Arquitectura

Av. Garibaldi 1178
(1834) Témpereley, Prov. de Bs.As.
Tel (011) 4231-7302
arquitectura@vidrieriaespanola.com.ar

Vidriería Lourdes S.A.C.

Alpatacal 3643
(1676) Santos Lugares, Prov.de Bs.As.
Tel (011) 4757-4135/6856/1593
www.vlourdes.com.ar

Vitroblock S.A.

Juan B. Alberdi 6650 (1440) Buenos Aires
Tel (011) 4686-5020/3227
www.vitroblock.com.ar

Vitrodi S.A.

Timoteo Gordillo 1552 (1440) Buenos Aires
Tel (011) 4687-5623/5837
www.vitrodi.com.ar

Nómina de empresas por rubro y actividad

VIDRIOS BASICOS

FLOAT

VASA Vidriería
Argentina S.A.
Guardian de
Argentina S.R.L.

VIDRIO IMPRESO

VASA Vidriería
Argentina S.A.
Guardian de
Argentina S.R.L.

VIDRIO PROFILIT

VASA Vidriería
Argentina S.A.

ESPEJO

VASA Vidriería
Argentina S.A.
Guardian de
Argentina S.R.L.

VIDRIOS PROCESADOS

VIDRIO CURVADO

Cristem S.A.
Inastillex S.R.L.
Metalglass S.A.
Vitrodi S.A.

VIDRIO LAMINADO

Bestchem S.A.
Casa Calello S.A.
Centro Cristales

Cristem S.A.
Guardian de
Argentina S.R.L.
Inastillex S.R.L.
Metalglass S.A.
Superglass S.A.
VASA Vidriería
Argentina S.A.
Vidpia S.A.I.C.F.

VIDRIO LAMINADO ANTIBALA

Cristem S.A.
Inastillex S.R.L.
Metalglass S.A.
Superglass S.A.
Vidpia S.A.I.C.F.
Vitrodi S.A.

VIDRIO TEMPLADO

Inastillex S.R.L.
Kalcayan Tecnología del
Vidrio S.A.
Metalglass S.A.
Superglass S.A.
Vidpia S.A.I.C.F.

VIDRIO REFLECTIVO

Casa Segat S.A.
Guardian de
Argentina S.R.L.
Kalcayan Tecnología del
Vidrio S.A.
VASA Vidriería Argentina
S.A.
Vidpia S.A.I.C.F.
Vitrodi S.A.

VIDRIO DE BAJA EMISIVIDAD

VASA Vidriería
Argentina S.A.
Guardian de
Argentina S.R.L.

DOBLE VIDRIADO HERMETICO

Bianchi y Cia. S.C.A.
Casa Calello S.A.
Casa Segat S.A.
Centro Cristales
Fermada S.R.L. (Pahud)
Inastillex S.R.L.
José Trento Vidrios S.R.L.
Kalcayan Tecnología del
Vidrio S.A.
La Casa de los
Cristales S.R.L.
Superglass S.A.
Vidpia S.A.I.C.F.
Vidriería Española
Arquitectura
Vidriería Lourdes S.A.C.

VIDRIO CONTRA FUEGO

VASA Vidriería
Argentina S.A.

VIDRIO CON ALTO CONTENIDO DE PLOMO

VASA Vidriería
Argentina S.A.

PROCESADO DE VIDRIO

PULIDO – BISELADO

Bianchi y Cia. S.C.A.
Casa Segat S.A.
Centro Cristales
José Trento Vidrios S.R.L.
La Casa de los
Cristales S.R.L.
Vidriería Española
Arquitectura
Vidriería Lourdes S.A.C.
Vitrodi S.A.

ESMERILADO

Kalcayan Tecnología
del Vidrio S.A.
Vitrodi S.A.

GRABADO

Vitrodi S.A.

SERIGRAFIA

Cristem S.A.
Metalglass S.A.
Superglass S.A.
Vidpia S.A.I.C.F.

MAMPARAS PARA BAÑO

Centro Cristales
Metalglass S.A.
Superglass S.A.

TAPAS Y BASES DE MESA

Centro Cristales
La Casa de los
Cristales S.R.L.
Vitrodi S.A.

DISTRIBUIDORES DE VIDRIO

CAPITAL FEDERAL

Casa Segat S.A.
Vitrodi S.A.

GRAN BUENOS AIRES

Casa Calello S.A.
José Trento Vidrios S.R.L.
Kalcayan Tecnología del Vidrio S.A.
Vidriería Española
Arquitectura
Vidriería Lourdes S.A.C.

PROV. BUENOS AIRES

La Casa de los Cristales S.R.L.

CORDOBA

Cristales del Sur S.R.L.
José Trento Vidrios S.R.L.
Vidpia S.A.I.C.F.

SAN LUIS

Fermada S.R.L. (Pahud)

SANTA FE

Bianchi y Cia. S.C.A.
José Trento Vidrios S.R.L.

COMPONENTES PARA COLOCACION

SELLADORES

Bestchem S.A.

Fenzi Argentina S.A.
IEL S.R.L.

HERRAJES

Metalglass S.A.
Montajes Industriales S.A.
Superglass S.A.

CIERRAPUERTAS

Metalglass S.A.
Superglass S.A.

HERRAJES PARA VIDRIO ESTRUCTURAL

Superglass S.A.

EQUIPAMIENTO PARA PROCESAR VIDRIO PLANO

INSUMOS PARA DVH

Bestchem S.A.
Fenzi Argentina S.A.

LAVADORAS

Bestchem S.A.
Montajes Industriales S.A.

LINEAS PARA FABRICAR DVH

Bestchem S.A.
La Casa de los Cristales S.R.L.

HERRAMIENTAS MANUALES

Bestchem S.A.

Montajes Industriales S.A.
Rial S.A.

LIJADORAS, VENTOSAS Y PERFORADORAS

Rial S.A.

MESAS DE CORTE

Bestchem S.A.
Montajes Industriales S.A.
Rial S.A.

HORNOS DE CURVADO

Bestchem S.A.
Montajes Industriales S.A.

HORNOS DE TEMPLADO

Bestchem S.A.
Montajes Industriales S.A.

VIDRIO Y SERVICIOS

PROVISION Y COLOCACION

Bianchi y Cia. S.C.A.
Casa Segat S.A.
Centro Cristales
Cristales del Sur S.R.L.
La Casa de los Cristales S.R.L.
Vidriería Española
Arquitectura

VIDRIADO ESTRUCTURAL

La Casa de los Cristales S.R.L.
Metalglass S.A.

Superglass S.A.
Vidpia S.A.I.C.F.

MISCELANEOS

FUSING

Diez Miguel

LADRILLOS DE VIDRIO

Casa Segat S.A.
Vitroblock S.A.

LAMINADO EN FRIO

Vitrodi S.A.

POLIVINIL BUTIRAL - PVB

Trosifol - Ind. WEMEL

VIDRIO PARA AUTOMOTORES

BLINDADO

Cristem S.A.
Inastillex S.R.L.

REPUESTERIA

Cristem S.A.
Inastillex S.R.L.

