

# manual del vidrioplano



**ACHIVAL**  
ASOCIACION GREMIAL CHILENA DEL VIDRIO Y ALUMINIO



**achival a.g.**

# **manual** del vidrioplano

ACHIVAL A.G.  
Asociación Chilena del Vidrio y el Aluminio  
[www.achival.cl](http://www.achival.cl)





## **DIRECTORIO**

### **Presidente**

Ricardo Torres

### **Vice Presidente**

Fred Langer

### **Tesorero**

Fernando Diez

### **Secretario**

Rodrigo Varas

### **Director**

Nelson Badino

### **Director**

Joaquín Baeza

### **Director**

Victor Torres

manual del vidrio plano

**achival a.g.**

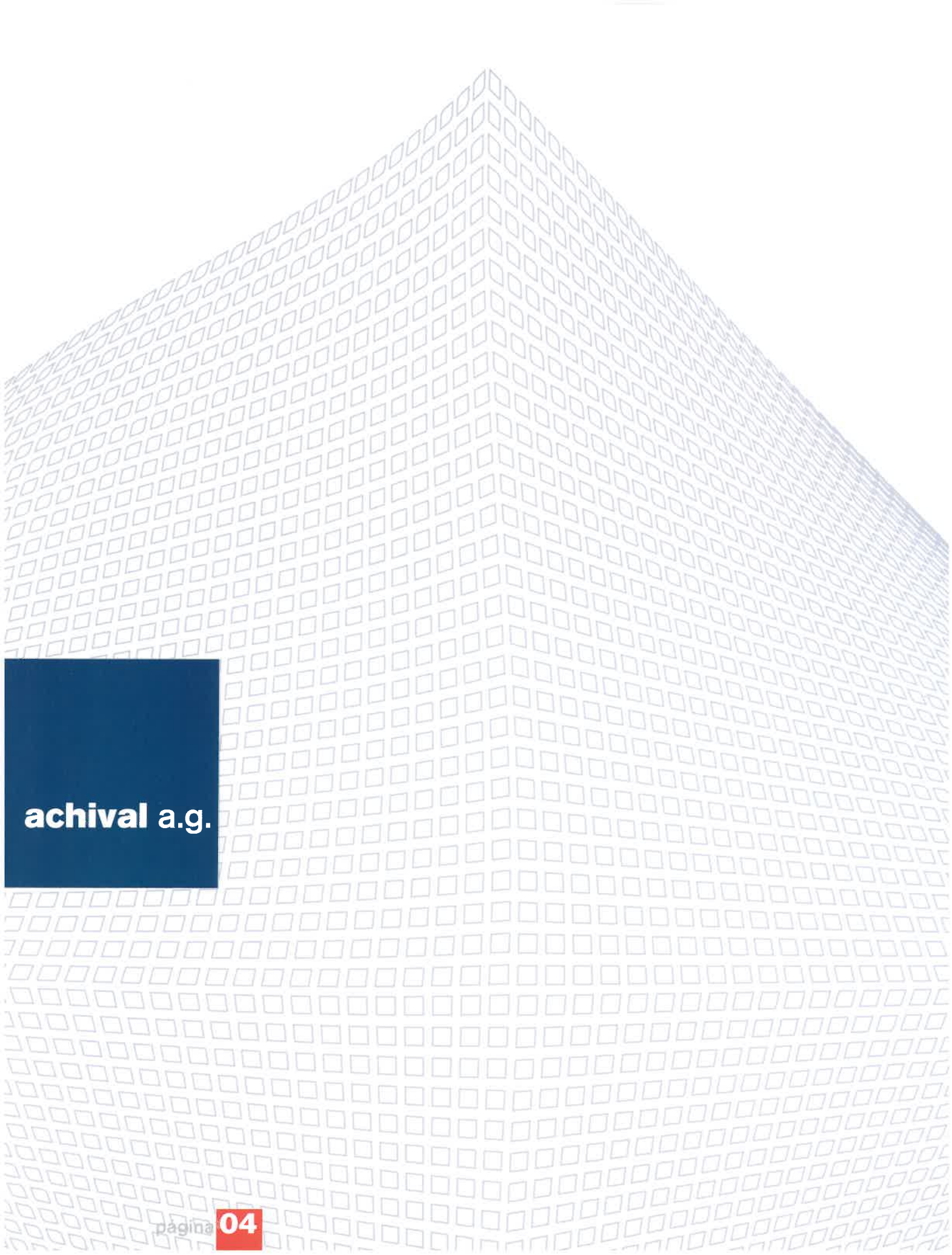
Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo de Achival A.G.

⇒ Auspician:



Empresas





**achival a.g.**

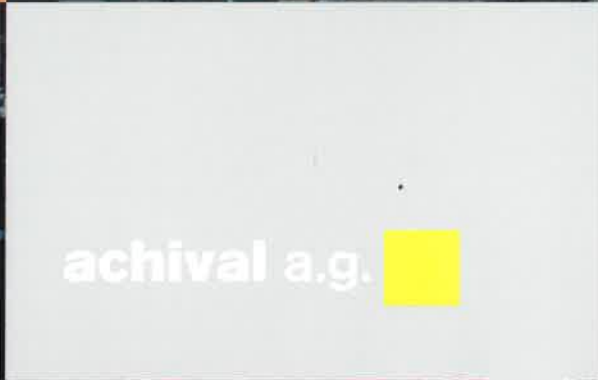
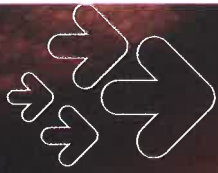
# ÍNDICE

<b>Capítulo I</b>		
<b>¿Qué es el vidrio?</b>		<b>09</b>
1. Fabricación del vidrio		12
2. Tipos de vidrios según su composición química		16
2.1 Vidrio Plano (Cristal flotado)		16
2.2 Cristal Plomado		17
2.3 Vidrio Borosilicato		18
2. 4 Vidrios Especiales		18
3. Tipos de vidrios según su uso		19
3.1 Vidrio flotado		19
3.2 Vidrio para decoración		19
3.3 Vidrio artístico		20
4. Propiedades mecánicas del vidrio		20
4.1 La elasticidad del vidrio		20
4.2 Tipos de fuerzas actuantes sobre el vidrio		21
4.3 Propiedades Generales de los vidrios para uso en construcción		23
<b>Capítulo II</b>		
<b>Tipos de vidrios y sus procesos</b>		<b>29</b>
1. Proceso de fabricación de cristal flotado		31
2. Procesos aplicados durante la fabricación		32
2.1 Vidrios de color (Color en la masa)		32
2.2 Vidrio extra claro: cristal con bajo contenido de óxido de hierro		33
2.3 Cristales Pirolíticos (Capa Dura - Hard Coat - On Line)		35
2.4 Vidrio Armado		40
2.5 Vidrio impreso (catedral)		41
2.6 Cristal Antifuego Pyroshield (Sólo integridad)		41
3. Otros Procesos		43
3.1 Bloques de vidrio		43
3.2 Perfil de Vidrio Autoportante o U glass		44
4. Procesos realizados después de la fabricación		47
4.1 Cristal Soft Coat Reflectivo (Capa Blanda)		47
4.2 Soft Coat de baja emisividad (Low - E)		47
4.3 Espejo		49
4.4 Cristal Curvo		51
4.5 Cristal Serigrafiado		51
4.6 Cristal Templado		55
4.7 Vidrio Termoendurecido		58
4.8 Vidrios Esmerilados (Sand Blast)		60
4.9 Vidrios Grabados al ácido		60
4.10 Tratamientos de bordes (Cantos)		60
<b>Capítulo III</b>		
<b>Composiciones vidriadas</b>		<b>63</b>
1. Proceso de presión y temperatura		64
1.1 Vidrio Laminado plano		64
1.2 Cristal Laminado Curvo		70
1.3 Vidrio Laminado Estructural		72
2. Proceso de Doble Vidriado Hermético (DVH)		73
3. Cristales Antifuego		77



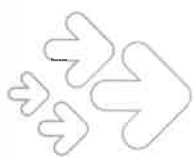
<b>Capítulo IV</b>	
<b>Mecanismos de transmisión de calor en vidrios</b>	<b>81</b>
1. Mecanismos de transmisión de calor en los materiales	82
1.1 Transmisión de Calor por Conducción	83
1.2 Transmisión de Calor por Convección	83
1.3 Transmisión de Calor por Radiación	84
2. La Transmisión de calor en los vidrios	85
2.1 Transmisión por Conducción	85
2.2 Transmisión por Convección	85
2.3 Transmisión por Radiación	88
3. El uso de los vidrios para controlar la transmisión de calor	92
4. Reglamentación Térmica	95
<b>Capítulo V</b>	
<b>Aislamiento acústico en vidrios</b>	<b>101</b>
1. Conceptos básicos de acústica	103
1.1 Sonido	103
1.2 Amplitud del sonido	103
1.3 Espectro de frecuencias	105
2. Índices de aislamiento sonoro	106
2.1 STC	106
2.2 Rtra	107
2.3 Otros índices	107
3. Transmisión Acústica en Vidrios	108
3.1 Transmisión acústica en vidrio monolítico	108
3.2 Transmisión acústica en vidrio laminado con PVB acústico	110
3.3 Transmisión acústica en DVH	111
3.4. Efecto del gas en la transmisión acústica en DVH	114
4. Como seleccionar vidrios para aislamiento acústico	115
4.1 Conocer la intensidad y espectro de frecuencias del ruido a aislar	115
4.2 Conocer el nivel de ruido interior requerido	115
4.3 Determinar el grado de aislamiento acústico requerido	116
4.4 Resumen de los niveles de aislamiento acústico en vidrios	116
<b>Capítulo VI</b>	
<b>Vidrios de seguridad</b>	<b>119</b>
1. Safety: seguridad para las personas	121
1.1 Áreas de riesgo	121
1.2 Criterio para diseñar vidriados de seguridad	122
1.3 Tipos de vidrios de seguridad	123
2. Seguridad de los bienes	124
2.1 Vidrio antivandalismo	124
2.2 Vidrio antiexplosiones	125
2.3 Vidrio antibala	125
<b>Capítulo VII</b>	
<b>Estrés Térmico</b>	<b>133</b>
<b>Capítulo VIII</b>	
<b>Distorsiones visuales en vidrio tratado térmicamente y en Doble Vidriado Hermético (DVH)</b>	<b>143</b>
1. Introducción	144
2. Distorsión	145
3. Resultados	150
4. Conclusiones	151

<b>Capítulo IX</b>	
<b>Guía práctica para la especificación de cristales</b>	<b>155</b>
1. Atributos y Funciones del vidrio	156
1.1 Color y Aspecto	157
1.2 Transmisión de la luz visible	158
1.3 Transparencia, translucidez y opacidad	159
1.4 Transmisión de calor solar	159
1.5 Aislamiento térmico	160
1.6 Aislamiento acústico	161
1.7 Resistencia	162
1.8 Espesor adecuado	163
1.9 Cumplimiento de criterios de seguridad	163
Otros atributos y funciones del vidrio	164
2. Guía para instalación de vidrios	164
2.1 Marco del vidrio	164
2.2 Instalación del vidrio	165
2.3 Tacos de asentamiento	165
2.4 Espaciadores laterales	166
2.5 Componentes de instalación	166
2.6 Condiciones de vidriado	167
2.7 Cristal de color o reflectivo	167
2.8 Tensiones térmicas	167
2.9 Manipulación del vidrio	168
2.10 Limpieza de obra	169
<b>Capítulo X</b>	
<b>Acristalamiento</b>	<b>171</b>
1. Principios generales de acristalamiento	173
1.1 Independencia	173
1.2 Estanquidad	174
1.3 Compatibilidad	175
1.4 Fijación	175
2. Requisitos de un buen acristalamiento	176
2.1 El vidrio debe poder flotar	176
2.2 Dimensiones del junquillo	177
2.3 Condiciones del vidrio	177
3. Galce y tacos de apoyo	178
4. Ubicación de los calzos para cada tipo de abertura	181
5. Luces de acristalamiento	181
<b>Capítulo XI</b>	
<b>Aplicaciones especiales</b>	<b>183</b>
1. Vidrios para cubiertas de mesas y repisas	184
1.1 Repisas	184
1.2 Cubiertas de mesa	185
2. Vidrios para techos	187
2.1 Tipo de vidrio para techos	188
2.2 Recomendaciones prácticas	189
2.3. Estructura de soporte: consideraciones particulares	192
3. Fusing	193
<b>Anexos</b>	<b>195</b>
1. Normas de Calidad	196
2. Glosario	201



# ¿Qué es el vidrio?

capítulo I





## ¿Qué es el vidrio?

El vidrio ha sido utilizado por el hombre desde hace milenios. Posiblemente sea el material más antiguo 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 y transparencia), 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.

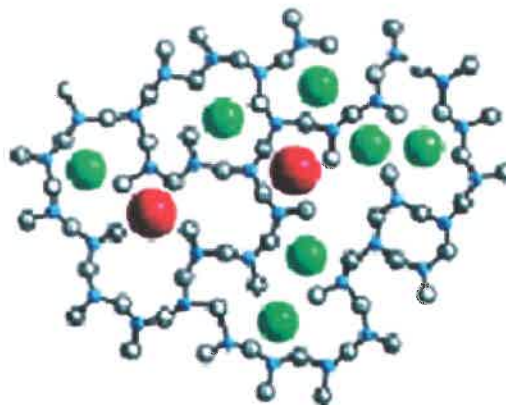
El producto que llamamos vidrio, es una sustancia dura, normalmente brillante y transparente, compuesta principalmente de silicatos y álcalis fusionados a alta temperatura. Se le considera un sólido amorfo.

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

#### Mezcla de materia prima



**Fig. 1.1**



● Calcio   ● Soda   ● Oxígeno   ● Silice

*Estructura del Vidrio (mirada bajo microscopio)*

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 y de acuerdo a lo establecido por la British Glass Manufacturers Confederation, sería la siguiente:

- Vidrio Plano (Cristal flotado)
- Vidrio Plomado
- Vidrio Borosilicato
- Vidrios Especiales

Cada una de estas clasificaciones se explicarán con más detalle en el punto número dos de este capítulo.



## 1. Fabricación 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, es vertida sobre una superficie para que se enfríe (como en el método de flotado para fabricación de vidrio plano), o es sacada con un cucharón o una lanza (como se hace en la fabricación artesanal de objetos) o es vertido en moldes en forma natural (como en el vidriado artístico) o a veces es soplado (como es el caso de la fabricación de vidrio para botellas o envases en general).

Nosotros sólo nos ocuparemos de la fabricación del vidrio plano para la construcción, donde el método actual para la fabricación es el llamado "Proceso Flotado". El cristal flotado fue desarrollado por Alistair Pilkington de Pilkington Bros. Ltd. en el Reino Unido a mediados de 1950 y anunciado al mundo en 1959.

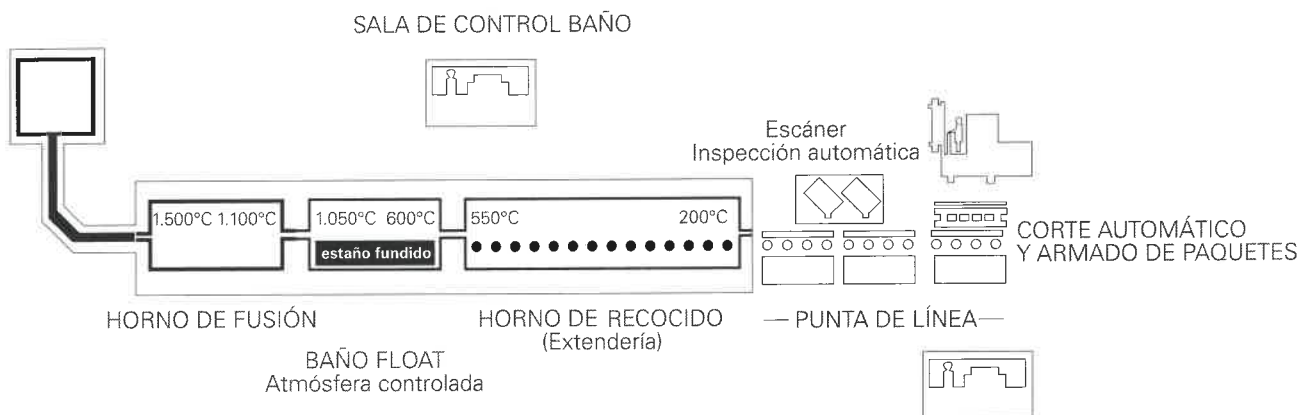
Este proceso se basa en que la masa de vidrio -una vez fundida- se vierte sobre un baño de estaño líquido, el cual posee una planimetría perfecta. El vidrio copia la superficie plana del estaño fundido, mientras se va enfriando, obteniendo así un vidrio con una planimetría perfecta, sin ondulaciones.

Arena sílicea en horno de fundición



El proceso puede verse en el esquema de la fig. 1.2 Las materias primas son fundidas en un horno a una temperatura de 1.500°C aproximadamente. 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 1.050°C).

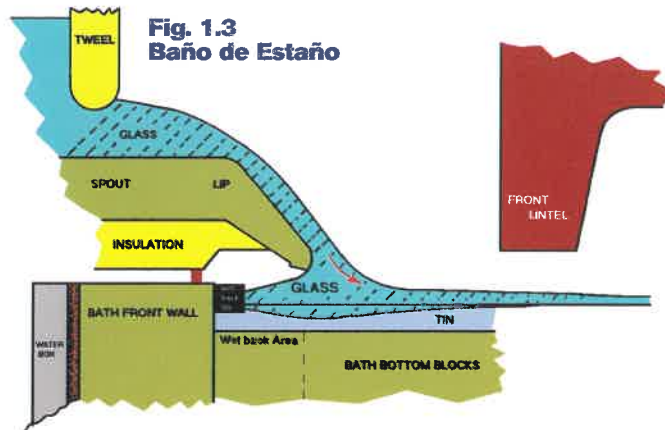
**Fig. 1.2: esquema de producción del vidrio flotado**

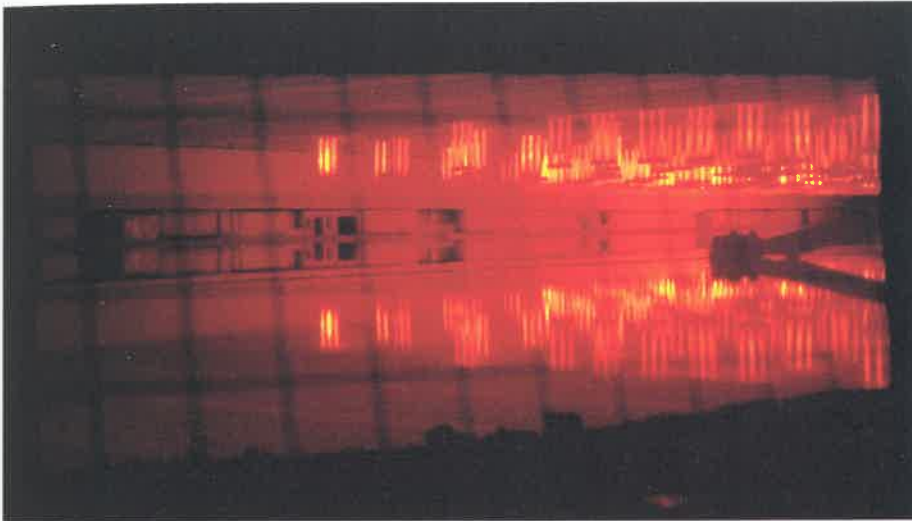




Interior de un horno de fundición

De esta forma el vidrio avanza en forma de banda. Esta banda de cristal 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 cristal también lo será. El cristal es entonces enfriado 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. (Ver figura 1.3)





Baño de Estaño

De este modo la cinta es producida con un espesor uniforme y la superficie lisa brillante sin necesidad de otros procesos. Posteriormente 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 montados 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.

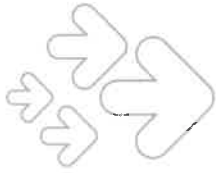
### Cristal y Vidrio

Antes del proceso de flotado, el vidrio se fabricaba mediante un proceso de estirado, y el vidrio obtenido presentaba ondulaciones.

El cristal float fue desarrollado por Alistair Pilkington y se basa en que la masa del vidrio (una vez fundida), se vierte sobre un baño de estaño líquido, obteniéndose así un cristal con una planimetría perfecta.

Para diferenciar el vidrio producido por este nuevo proceso del vidrio estirado se le empezó a llamar cristal. Actualmente a nivel mundial la producción de vidrio estirado es de un 12% aproximadamente. Es decir, hoy en día vidrio y cristal significan lo mismo.

En Chile, el proceso de cristal flotado está presente a partir del año 1994, a través de Vidrios Lirquen S. A., que pasa a ser parte del Grupo Pilkington, fabricante de cristales e inventor del sistema de cristal flotado. La planta se encuentra ubicada en Lirquén, Concepción.



**Cuadro 1.1**  
**Características dimensionales del cristal flotado**

En Chile las medidas estándar y máximas que se pueden fabricar se encuentran contenidas en la siguiente tabla:

Cristal Incoloro	Espesor (mm.)	Medida Estándar (mm.)	Medida Máxima (mm.)
	2	2.500 x 1.600	*
	2,3		
	2,5		
	3	1.800 x 2.500	*
	3	3.600 x 2.500	*
	3,2		
	4	1.800 x 2.500	*
	4	3.600 x 2.500	3.600 x 4.500
	5	1.800 x 2.500	
	5	3.600 x 2.500	3.600 x 5.500
	6	3.600 x 2.500	3.600 x 5.500
	8	3.600 x 2.500	3.600 x 5.500
	10	3.600 x 2.500	3.600 x 5.500
	12	3.600 x 2.500	no se fabrica en Chile
	15	3.300 x 2.440	no se fabrica en Chile
	19	3.300 x 2.440	no se fabrica en Chile

Los espesores 12, 15 y 19, no se fabrican en Chile, sin embargo se encuentran disponibles en el mercado local.

## 2. Tipos de vidrios según su composición química

### 2.1. Vidrio plano (cristal flotado):

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 cristal flotado es primariamente usado para:

Vidrio para ventanas, en la industria de la construcción, mueblería y en la industria automotriz.

Para fabricarlo es necesario fundir la sílice, la cual lo hace a una temperatura muy alta. 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.

La propiedad más importante del vidrio flotado 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 flotado, este no contaminará el contenido ni afectará el sabor de los elementos guardados allí.

A continuación, se presenta un cuadro que detalla la composición química del cristal.



**Cuadro 1.2**  
**Materia prima para la fabricación del cristal flotado**

Materia Prima	% peso
Arena silícea	60%
Ceniza de Soda	18%
Dolomita	16%
Caliza	3%
Sulfato de Sodio	1%
<b>Aditivos Menores</b>	
Antracita	
Oxido de Hierro	
Selenio metálico	
Oxido de Cobalto	
Nitrato de Sodio	

## 2.2. Vidrio plomado

Cristal con alto contenido de Bario y Plomo que ofrece una amplia protección contra la radiación de rayos X para equipos en el rango de 100 a 300 KV (kilovoltios)

Aplicaciones:

- Ventanas transparentes y vidrio aislante para salas de rayos X.
- Pantallas para diagnósticos médicos.
- Ventanas de protección para laboratorio.
- Vidrios para anteojos de seguridad.
- Pantallas de seguridad para rayos X en aeropuertos.
- Adecuado para ser laminado.
- Apto para ser instalado como componente de un termopanel.

KV: Medida de tensión eléctrica equivalente a mil voltios.

Para ver las propiedades de protección (mínima equivalencia de plomo para voltaje establecido en tubo de rayos X), consultar con el fabricante.



### 2.3. 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, entre distintas aplicaciones.

**Cuadro 1.3**  
**Materia prima para la fabricación del Vidrio Borosilicato**

Materia Prima	% peso
Arena sílicea	70 - 80%
Acido Bórico	7 - 13%
Oxido de Sodio y Oxido de Potasio	4 - 8%
Oxido de Aluminio	2 - 7%

### 2.4. 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 aluminio-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 aluminio-silicato es más difícil de fabricar. Cuando se le cubre con un film conductivo, el vidrio aluminio-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.

Cristal serigrafiado



### 3. Tipos de vidrios según su uso

En este manual nos ocuparemos únicamente del vidrio plano o también llamado cristal flotado, de los cuales ya hemos especificado su composición química. Veamos ahora una clasificación de los mismos según su uso:

#### 3.1. Vidrio flotado

(fabricado en líneas automáticas)

- Para uso en Construcción: Ventanas, muros cortina, fachadas templadas, puertas, espejos, shower doors, lucarnas y mueblería en general, entre otros.

- Para uso Automotriz: 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: línea blanca (hornos de cocina, bandejas de refrigeradores, etc.)

- Para uso en Refrigeración: Puertas de heladeras exhibidoras, etc.

#### 3.2. Vidrio para decoración

(elaborado por el método conocido como fusing) (ver capítulo XI, Aplicaciones Especiales)

- Objetos varios para decoración (producidos normalmente en forma artesanal): platos, floreros, collares, ceniceros, vasos, etc.



### 3.3. Vidrio artístico

(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 plano para uso en la Industria de la Construcción.**

## 4. Propiedades mecánicas del vidrio

### 4.1. La Elasticidad del vidrio

Si se ejerce una presión 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, se deben 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 precisos, el vidrio debe ser clasificado como cercano a la elasticidad perfecta.

## 4.2. Tipos de fuerzas actuantes sobre el vidrio

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

### 4.2.1. Flexión

Estas fuerzas pueden ser producidas por cargas de viento, agua, de nieve, o por el apoyo de personas, entre otras, aplicadas sobre el vidrio.

La fuerza de flexión actuante genera:

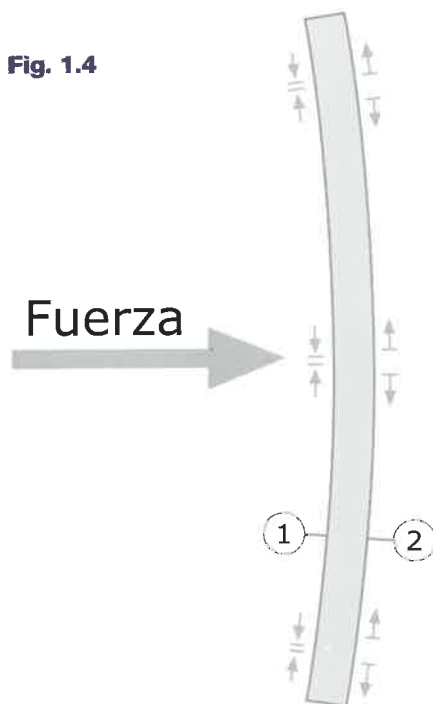
- COMPRESIÓN sobre la superficie del vidrio expuesta a la carga del viento.
- TRACCIÓN sobre la cara opuesta.

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

La capacidad del vidrio de resistir la fuerza aplicada que genera la flexión, está dada por:

- El espesor.
- Las dimensiones y formas del paño de cristal (No es lo mismo aplicar fuerza sobre un paño cuadrado, que sobre uno rectangular).
- Las imperfecciones del cristal (Se explicará en el punto siguiente).
- Los bordes del cristal.
- Instalación.

Fig. 1.4



En la fig. 1.4, la fuerza de carga aplicada que genera la flexión sobre el vidrio, produce Compresión (1) y Tracción (2), quedando las moléculas de la cara 1 comprimidas y las de la cara 2 traccionadas.



#### 4.2.2. Resistencia a la ruptura (quiebre)

El vidrio tiene mucha resistencia a los esfuerzos de compresión y corte, pero poca resistencia a los esfuerzos de tracción. Un vidrio se 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 sufrir pequeñas picaduras y ralladuras en el curso de la manufactura y más tarde en su instalación y posterior uso. La resistencia al quiebre será igual a la zona más débil de la plancha. 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 de la original.

Quiebre de vidrio templado



### 4.3. Propiedades generales de los vidrios planos para uso en construcción

Las propiedades físicas más importantes son las siguientes:

**4.3.1. Densidad:** 2,500 kg/m<sup>3</sup>, lo que significa un peso de 2,5 kg/m<sup>2</sup> por cada mm. de espesor.

**4.3.2. Punto de ablandamiento:** Aproximadamente 730°C.

**4.3.3. 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.

### 4.3.4. 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 2.000 mm. de longitud que aumente su temperatura en 30° C sufrirá un alargamiento de  $2.000 \times (9 \times 10^{-6}) \times 30 = 0.54 \text{ mm}$ .

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:

**Cuadro 1.4 Coeficientes de dilatación**

Material	Dilatación Térmica mm/mm/°C x 10-6
Vidrio	9
Aluminio	23
Concreto	10
Acero Inoxidable	13
Pvc (sin refuerzo metálico)	80
Nota: el Pvc con refuerzo metálico logra reducir sus elongaciones.	

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





**4.3.5. 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

**4.3.6. Módulo de Elasticidad (módulo de Young):** 720.000 Kg/cm<sup>2</sup>

Otros materiales:

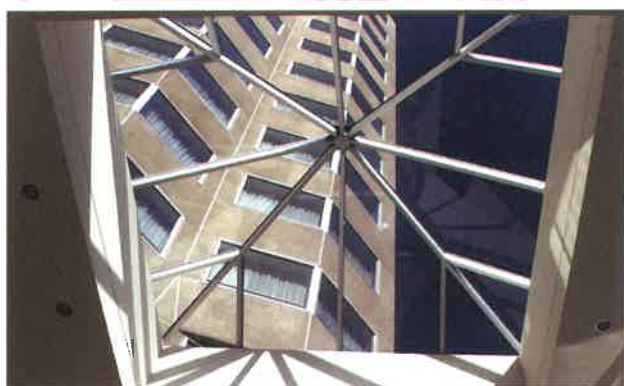
Acero	2.100.000 Kg/cm <sup>2</sup>
Aluminio	700.000 Kg/cm <sup>2</sup>
Concreto	200.000 Kg/cm <sup>2</sup>
Policarbonato	21.000 - 25.000 Kg/cm <sup>2</sup>

**4.3.7. Coeficiente 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.

**4.3.8. Resistencia Mecánica:** El vidrio siempre se rompe por tensiones de tracción en su superficie. (Ver punto 4.2.2).

**4.3.9. Resistencia a la Tracción:** Varía entre 300 y 700 kg/cm<sup>2</sup>, dependiendo de la duración de la carga. Si la carga es permanente, la resistencia a la tracción disminuye un 40%.

Obra: Museo Británico  
Cristal: Laminado  
Londres, Inglaterra



Obra: Lucarna Hotel Sheraton San Cristóbal  
Cristal: Laminado  
Providencia, Santiago

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 con muela diamantada y muela de brillo brinda mayor resistencia que el canto lijado y por último que el corte neto.

**4.3.10. Resistencia a la Compresión:** Aproximadamente  $10.000 \text{ kg/cm}^2$  es el peso necesario para romper un cubo de vidrio de 1 cm de espesor.

**4.3.11. Resistencia a la Intemperie:** No presenta cambios.

**4.3.12. 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, causaran un ataque de la superficie del vidrio.

**4.3.13. Módulo de Rotura para:**  
Vidrios recocidos: de  $350$  a  $550 \text{ kg/cm}^2$ .  
Vidrios Templados: de  $1.850$  a  $2.100 \text{ kg/cm}^2$ .

**4.3.14. Módulo de Trabajo para:**  
Vidrios recocidos con carga momentánea:  $170 \text{ kg/cm}^2$ .  
Vidrios recocidos con carga permanente:  $60 \text{ kg/cm}^2$ .  
Vidrios templados:  $500 \text{ kg/cm}^2$ .

**4.3.15. Resistencia a la Temperatura:** un vidrio de 6 mm. calentado a una mayor temperatura y sumergido en agua a  $21^\circ \text{ C}$  romperá cuando la diferencia de temperatura alcance los  $55^\circ \text{ C}$  aproximadamente. Un vidrio templado (ver capítulo II, Tipos de Vidrio y sus Procesos) lo hará con una diferencia de temperatura de los  $300^\circ \text{ C}$ , aproximadamente.



**4.3.16. 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

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

**4.3.18. Transmitancia Térmica:**

Valor U Europeo: 5.8 W/m<sup>2</sup>/ °K

Valor U Americano: Btu/sqft/F°

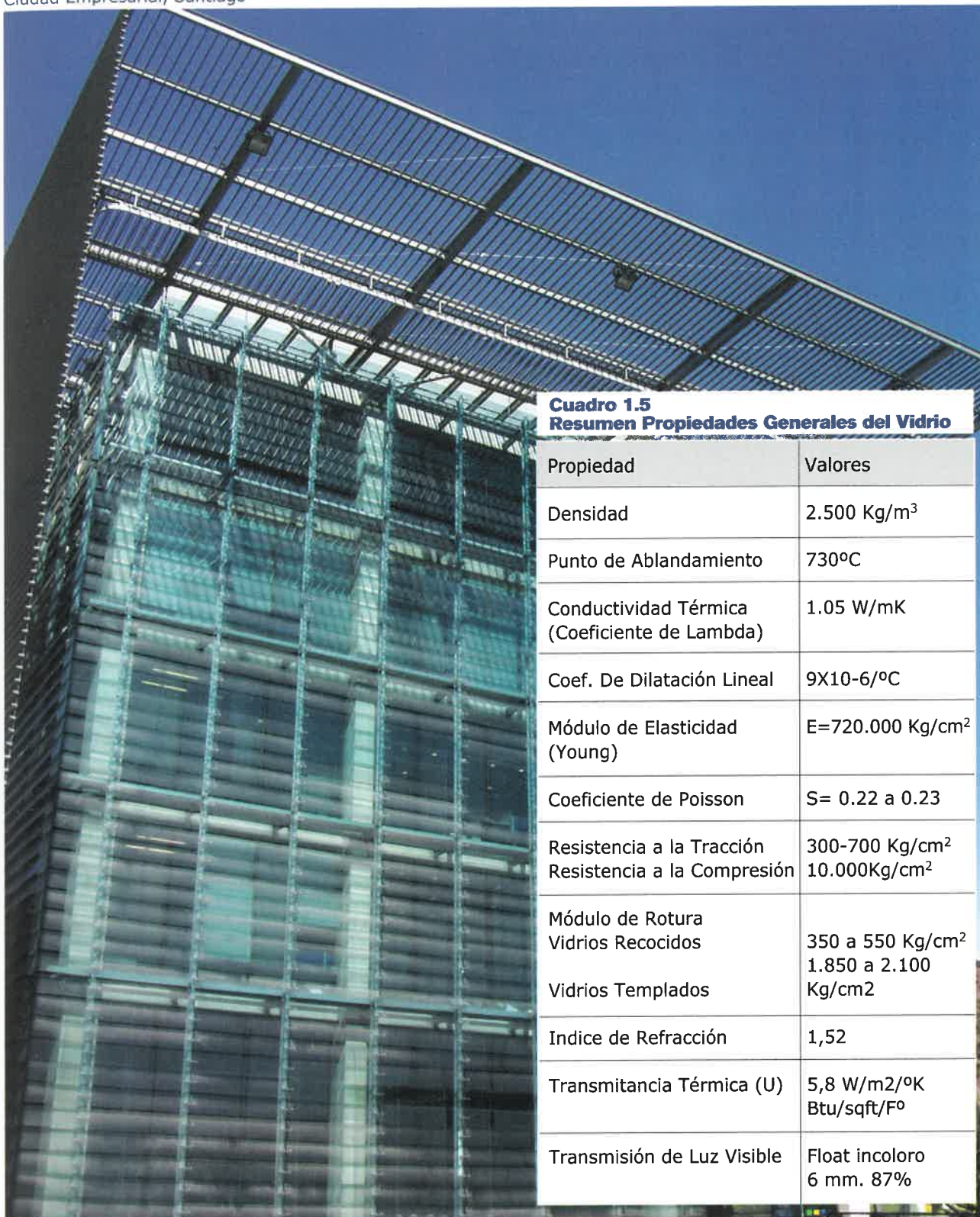
**4.3.19. Transmisión de Luz Visible:** Este es un concepto muy importante, ya que de este depende el grado de luminosidad natural de la habitación o espacio que está en estudio o definición. La onda de la luz visible está entre los 380 y 780 nm. La transmisión de ésta depende del tipo de vidrio, por ejemplo el Vidrio Flotado 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 de color y reflectivos tienen valores significativamente menores.

Nanómetros: largo de onda (nm)

**4.3.20. Transmisión de Infrarrojos (IR):** Los rayos infrarrojos IR son rayos invisibles al ojo humano, que tienen una onda más larga que la luz visible (están en el rango de 780 a 1.000.000 nm). Tienen un efecto térmico de penetración, y esta radiación es la que emiten los cuerpos calientes. Es muy importante en arquitectura este término porque esta radiación es la que afecta directamente al confort de una habitación, dado que la radiación solar, compuesta por luz visible y calor de onda corta calientan el vidrio y los cuerpos que están dentro de la habitación. Estos cuerpos calentados son los responsables de emitir la radiación de onda larga IR, generando el aumento de temperatura interior correspondiente (esto también es conocido como "efecto invernadero").

**4.3.21. Transmisión Ultravioleta:** Este tipo de radiación es de onda más corta que la luz visible (están en el rango de 1 a 380 nm). Sus efectos son nocivos para los tejidos de la piel y producen deterioro en muebles, cortinas, plantas de interior, etc. Una alternativa válida en arquitectura para impedir el ingreso de los rayos UV es el uso de vidrio laminado.

Obra: Banco HNS  
 Arquitecto: Sabbagh Arquitectos  
 Cristal: Tintado de control solar  
 Ciudad Empresarial, Santiago



**Cuadro 1.5**  
**Resumen Propiedades Generales del Vidrio**

Propiedad	Valores
Densidad	2.500 Kg/m <sup>3</sup>
Punto de Ablandamiento	730°C
Conductividad Térmica (Coeficiente de Lambda)	1.05 W/mK
Coef. De Dilatación Lineal	9X10-6/°C
Módulo de Elasticidad (Young)	E=720.000 Kg/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de Poisson	S= 0.22 a 0.23
Resistencia a la Tracción Resistencia a la Compresión	300-700 Kg/cm <sup>2</sup> 10.000Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Rotura Vidrios Recocidos Vidrios Templados	350 a 550 Kg/cm <sup>2</sup> 1.850 a 2.100 Kg/cm <sup>2</sup>
Indice de Refracción	1,52
Transmitancia Térmica (U)	5,8 W/m <sup>2</sup> /°K Btu/sqft/F°
Transmisión de Luz Visible	Float incoloro 6 mm. 87%



achival a.g.



# Tipos de vidrios y sus procesos

## capítulo II



Obra: Hotel Sheraton Miramar  
Arquitecto: Alemparte Barrera Arq.  
Cristal: Tintado de control solar  
Viña del Mar





## Tipos de vidrios y sus procesos

Los diferentes vidrios para la construcción se fabrican a través de cinco grandes procesos dentro de los cuales podemos encontrar variados tipos de cristales:

- 1 Proceso de fabricación del vidrio plano o flotado sin aditivos especiales.**
- 2 Procesos aplicados durante la fabricación.**
- 3 Procesos realizados después de la fabricación.**
- 4 Composiciones vidriadas realizadas después de la fabricación.**
- 5 Otros procesos.**

### **1. Proceso de fabricación de cristal flotado sin aditivos especiales.**

- Cristal Crudo Incoloro.

### **2. Procesos aplicados durante la fabricación (Modificando la cadena de flotado).**

- Cristal de color.
- Cristal extra claro.
- Cristal pirolítico: (control solar, baja emisividad, y ambos).
- Vidrio Armado.
- Vidrio impreso (Catedral).
- Cristal Pyroshield antifuego.

### **3. Procesos realizados después de la fabricación.**

- Cristal Soft Coat reflectivo (capa blanda).
- Cristal Soft Coat baja emisividad (capa blanda).
- Cristal Curvo.
- Cristal serigrafiado (total o con diseño).
- Cristal templado.
- Cristal esmerilado.
- Cristal grabado al ácido.
- Tratamientos de Bordes (Canto).

## 1. Proceso de fabricación de cristal flotado

Se entiende por cristal flotado aquel que es obtenido directamente de la fundición de la materia prima, tal como se detalló en el capítulo anterior. También se les llama recocidos por haber sido sometidos a un tratamiento de recocido al final del proceso de fabricación, para disminuir las tensiones internas.

El cristal plano incoloro (cuyo método de fabricación fue explicado en el capítulo I), es un vidrio transparente de caras planas y paralelas, lo que asegura una visión nítida y exacta, libre de distorsión.

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

Este cristal flotado también es llamado vidrio monolítico o vidrio crudo para diferenciarlo del vidrio laminado, templado y del doble vidrio hermético.

Cuando el vidrio flotado se rompe lo hace en pedazos grandes en forma de cuñas filosas y cortantes. Por este motivo debe tenerse especial atención a la selección del espesor y tipo adecuado (que garantice que no se rompa frente a la presión del viento u otros elementos), así como, a no utilizarlo en zonas de riesgo para las personas (ver Capítulo VI, "Vidrios de Seguridad")

La elección del espesor correcto y tipo de vidrio depende del tamaño del mismo y la presión de viento que soportará; se debe calcular de acuerdo a la Norma Chilena NCh 135: Vidrios Planos de Seguridad para su uso en arquitectura - Clasificación y Requisitos y NCh 432: Cálculo de la Acción del Viento sobre las Construcciones.





## 2. Procesos aplicados durante la fabricación

### 2.1. Vidrios de color (Color en la masa)

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

El agregado de color en la masa aumenta las posibilidades estéticas en el uso del vidrio, sin perder ninguna de las cualidades del flotado incoloro. Los colores típicos son: bronce, gris, verde y azul en diferentes tonalidades.

Son vidrios absorbentes de calor, pues los óxidos metálicos en el interior de su masa absorben parte de la radiación solar que ingresa desde el exterior. De este modo disminuyen el ingreso de calor radiante al interior de las viviendas por lo que a estos vidrios se les llama también: Vidrios de Control Solar. (Ver Capítulo IV, "Mecanismos de Transmisión de Calor en los Vidrios").

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.

Sin embargo, al utilizar estos vidrios, se debe tener en cuenta la posibilidad de que se rompan por estrés térmico. Para prevenirlo debe estudiarse la conveniencia de templarlo o termoendurecerlo (ver Capítulo VII, "Estrés Térmico")

Los criterios de selección de espesor en función del tamaño y las presiones a que será sometido, así como las recomendaciones de utilización en áreas de riesgo, son similares a los descritos anteriormente para el cristal flotado incoloro.

Al seleccionar un vidrio de color siempre se debe tener en cuenta que a mayor espesor la intensidad del color aumenta.



Obra: Boutique Ermenegildo Zegna  
 Arquitecto: Francisco Céliz  
 Cristal: Extra Claro.  
 Vitacura, Santiago

## 2.2. Vidrio Extra Claro: Cristal con bajo contenido de óxido de hierro

Cuando se requiere la reproducción fiel de los colores, el cristal extra claro es la solución perfecta. Al observar de canto un cristal común se percibe una tonalidad verdosa, producida por el contenido de óxido de hierro presente en la arena. El cristal extra claro es un cristal flotado especial, verdaderamente incoloro, fabricado con bajo contenido de hierro. Esta característica le otorga una transparencia perfecta en la observación de los colores, especialmente para fondos blancos y muy claros.

Se emplea en decoración, vitrinas, muebles de vidrio y en piezas de vidrio cuando sus bordes pulidos o biselados quedan a la vista.

**Cuadro 2.1**  
**Performance Cristal Extra Claro**

Producto	Espesor mm.	Luz visible	
		Transmisión %	Reflexión %
Extra Claro	2	0,92	0,08
Extra Claro	3	0,92	0,08
Extra Claro	4	0,92	0,08
Extra Claro	5	0,92	0,08
Extra Claro	6	0,91	0,08
Extra Claro	8	0,91	0,08
Extra Claro	10	0,91	0,08
Extra Claro	12	0,91	0,08
Extra Claro	15	0,90	0,08
Extra Claro	19	0,88	0,07



El cristal extra claro tiene una alta transmisión de luz visible. La transmisión lumínica de un cristal de 10 mm. de espesor es mucho más alta comparada con un cristal común de similar espesor.



## Principales Usos:

**Fachadas Comerciales:** En vitrinas, showrooms, displays, y áreas de exhibición, muestra los colores con muchísima más claridad que el cristal flotado incoloro.

**Muebles y Decoración Interior:** Cuando los cantos del cristal quedan a la vista, el contraste con la superficie es muchísimo menor en comparación con un cristal flotado incoloro estándar, realzando el material.

**Aplicaciones laminadas:** Cuando un cristal laminado tiene muchas interláminas y se quiere alcanzar mayor claridad, el cristal extra claro es la solución.

**Paneles fotovoltaicos:** Las aplicaciones del cristal extra claro también se han extendido a los paneles fotovoltaicos o colectores solares, que capturan la luz natural y la convierten en electricidad.



Obra: Museo Andino,  
Viña Santa Rita  
Cristal: Extra Claro  
Alto Jahuel, Región  
Metropolitana

Obra: Edificio Duoc, Antonio Varas  
 Arquitecto: Sabbagh Arquitectos  
 Cristal: Tintado de control solar  
 Providencia, Santiago

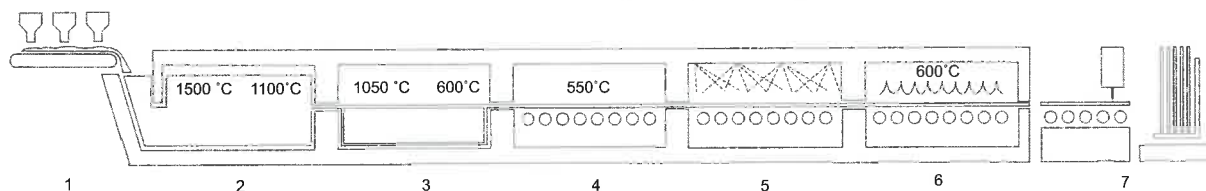


### 2.3. Cristales Pirolíticos (Capa Dura - Hard Coat -On Line)

**Proceso Pirolítico:** Este proceso consiste en la incorporación de un revestimiento en base a óxidos metálicos aplicados mediante vapores químicos a una de las caras del cristal durante la salida del horno de fundición. Se produce en línea, simultáneamente con la fabricación del cristal plano o flotado, donde se le incorpora, en caliente, sobre una de sus caras, una capa a base de óxidos metálicos, con el vidrio aún en estado viscoso. La variedad de tonalidades de estos cristales es limitada.

Este proceso produce un cristal considerablemente resistente, fácil de manipular, transportar y procesar. Dada la resistencia de su cara revestida, puede ser cortado, laminado y procesado térmicamente igual que un cristal flotado estándar. Por estas razones, estos cristales también son llamados **Capa Dura o Hard Coat**, debido a la resistencia de su superficie, ya que el revestimiento es parte de la masa del cristal.

Fig. 2.1 Proceso Pirolítico



1. Planta de mezcla
2. Horno de fusión
3. Cámara de flotado
4. Horno de recocido
5. Aplicación de óxidos metálicos
6. Cámara de inflamado o pirolítica
7. Corte automático y almacenamiento





Dependiendo de los metales utilizados, es posible fabricar vidrios pirolíticos de control solar, vidrios pirolíticos de control térmico, o una combinación de éstos, los cuales explicaremos a continuación:

### 2.3.1. Cristales Pirolíticos Reflectivos de Control Solar

Son vidrios flotados (incolores o color) que poseen un revestimiento reflectivo metálico en una de sus caras. También se les denomina vidrios con "coating" por la capa "coat" metálica depositada sobre su superficie. Estos cristales reflejan el ingreso de calor solar radiante (Ver capítulo IV, "Mecanismos de transmisión de Calor en los Vidrios")

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

Con la faz reflectiva en cara 2 (#2) (hacia el interior) se pone en evidencia el color del cristal base y su aspecto reflectivo es menos intenso y brillante.

Estos cristales tienen un aspecto espejado (efecto espejo), que disminuye la visión hacia el lado menos iluminado. Durante el día no es posible ver desde el exterior hacia el interior y durante la noche (con locales iluminados interiormente), la visión se dificulta hacia el exterior.

Obra: Edificio Manquehue Net  
Cristal: Reflectivo Gris #1 (Pirolítico)  
Ciudad Empresarial, Santiago



### 2.3.2. Cristales Pírolíticos de Baja Emisividad o Low- E

Cristal que posee en una de sus caras un revestimiento incoloro e invisible que lo hace disminuir la transmitancia térmica aire/aire de manera considerable. Este tipo de cristal debe utilizarse solamente en termopanel con el revestimiento de baja emisividad hacia el interior de la cámara de aire. Los cristales de baja emisividad permiten el traspaso de buena parte de la radiación solar de onda corta y reflejan el calor de onda larga que producen, entre otras fuentes, los sistemas de calefacción, conservando el calor en el interior. A diferencia de los vidrios pírolíticos reflectivos, estos cristales permiten el ingreso de la radiación solar y evitan que la energía producida en el interior sea emitida al exterior.



**Fig. 2.2**  
**Low - E en Verano**



**Fig. 2.3**  
**Low - E en Invierno**



**Low - E en Invierno:** Un Doble Vidriado Hermético (DVH) con Low - E conserva el 66% de la energía que se perdería a través de un simple vidriado. En términos económicos significa que la cantidad de calor de calefacción requerida para mantener el nivel de confort en un ambiente en aberturas vidriadas con DVH Low-E, es sólo la tercera parte del que se requeriría para compensar las pérdidas de calor con un simple vidriado. Este efecto se puede mejorar aún más utilizando gas Argón.

**Low - E en Verano:** Si bien un cristal Low - E fue desarrollado para conservar energía en invierno, también contribuye a limitar, en verano el ingreso del calor solar. Un porcentaje del calor que entra en un edificio en verano es por diferencia de temperatura exterior e interior (aire/aire). Los cristales de baja emisividad favorecen el aislamiento térmico también en verano y potencian la eficiencia de cristales con control solar.



**Cuadro 2.2**  
**Tabla comparativa**

Configuración (Cristal Incoloro)	Transmisión Luz	Factor Solar	Valor U (W/m <sup>2</sup> /K°)
Incoloro 6 mm	89%	84%	5.7
6 mm /12mm Aire/ 6 mm	79%	74%	2.8
6 mm /12mm Argón/ 6 mm	79%	74%	2.8
6 mm /12mm Aire/ Low-E 6 mm	72%	69%	1.9
6 mm /12mm Argón/ Low-E 6 mm	72%	70%	1.6

\*Los coeficientes pueden variar según la efectividad del cristal Low-E

### 2.3.3. Cristales Pirolíticos de Baja Emisividad y Control Solar

Cristal de última generación que tiene los beneficios de los cristales reflectivos, pero con un grado de reflexión menor y alta transmisión de luz visible. Este producto combina control solar y térmico en un solo cristal, con alta transmisión lumínica y una gran transparencia. Para una mayor eficiencia, la cara con el revestimiento debe ser instalada hacia el interior (#2)

Obra: Edificio Multimaq  
Cristal: Control Solar y Térmico (#2)  
Qilicura, Santiago



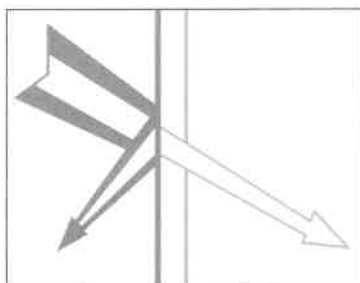


Fig. 2.4 Vidrio Reflectivo #1

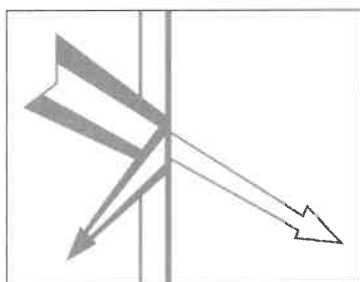


Fig. 2.5 Vidrio Reflectivo #2

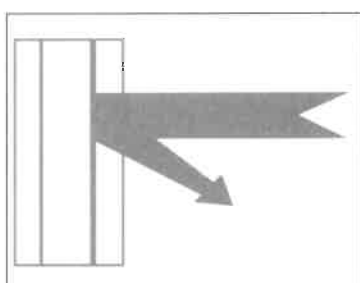


Fig. 2.6 Vidrio Baja Emisividad

## DIFERENCIA ENTRE LOS CRISTALES PIROLITICOS

### • El porcentaje de transmisión de luz visible:

- Vidrios reflectivos: Absorben y reflejan un porcentaje importante de luz visible, debido a la capa metálica y la coloración de la masa del vidrio.
- Vidrios baja emisividad: Por ser un vidrio incoloro no se ve afectada la transmisión de luz visible.

### • Longitudes de onda de la energía que reflejan:

- Vidrios reflectivos: Reflejan y absorben la energía de longitud de onda corta (sol).
- Vidrios baja emisividad : Reflejan la energía de luz de onda larga (cuerpos calientes).

### • Dirección en la cual reflejan las ondas:

- Vidrios reflectivos: Hacia el exterior de la vivienda.
- Vidrios baja emisividad: Hacia el interior de la vivienda. El calor radiante de los cuerpos calientes es reflejado hacia la fuente de calor. Al ser incoloro no afecta la visión interior.

### Cuidados a tener en obra

Se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Tratar con cuidado la cara reflectiva.
- Proteger el revestimiento de ataques exteriores como detergentes abrasivos.
- Evitar condensaciones de humedad.
- Evitar contacto con materiales de construcción que pueden dañar la capa metálica.
- No pegarle etiquetas (puede generar roturas por estrés térmico).



## 2.4. Vidrio armado

Vidrio translúcido, incoloro, al cual se le ha incorporado durante su fabricación una malla de alambre de acero que, en caso de rotura, actúa como soporte temporario del paño, evitando la caída de fragmentos de vidrios rotos.

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 flotado. Para minimizar la fractura por estrés térmico (ver capítulo VII, "Estrés Térmico") 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 capítulo XI, "Acristalamiento").

Espesor nominal: 6 mm

Tamaño normal máximo: 1600 x 3000 mm

Peso aproximado: 14,5 Kg./m<sup>2</sup>

En su proceso, desde el horno de fusión se extraen dos líneas paralelas de vidrio a 900° C entre las cuales se introduce el alambre para posteriormente presionar el conjunto por medio de rodillos.

## 2.5. Vidrio impreso (catedral)

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 de 70%.

De esta manera, los vidrios comúnmente llamados catedrales permiten, además, reducir la excesiva luminosidad y resplandor. La incorporación de la textura en la superficie del vidrio, produce 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 catedrales pueden presentar estrés térmico (ver capítulo VII "Estrés Térmico").

### 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 este motivo es utilizado como vidrio para enmarcar cuadros y fotografías. La cara texturada debe colocarse mirando al exterior. Este vidrio presenta un delicado acabado mate que permite una visión clara, minimizando la reflexión de las fuentes de luz sobre su superficie.

## 2.6. Cristal Antifuego Pyroshield (Sólo integridad)

Esta línea constituye la alternativa técnico-económica más usada en el mundo, cuando se requiere un cerramiento transparente para retardar la propagación del fuego en aberturas.

Este vidrio está compuesto por una malla de alambre de acero inoxidable entre dos piezas de cristal semifundido y puede ser fabricado con textura, para privacidad y oscurecimiento y liso para una claridad visual, logrando 60 minutos de integridad. Además, existe la versión "Safety" (protección para las personas) para mayor seguridad a impactos accidentales (puede llegar hasta los 120 minutos de integridad). Este vidrio es un cristal monolítico armado y de seguridad que provee protección al fuego manteniendo su integridad, evitando que los pedazos cortantes del cristal se desprendan de la estructura, impidiendo así el paso de las llamas, humo y gases calientes a través de la superficie del cristal.

El cristal permanece transparente a lo largo del periodo del incendio y es adecuado para aplicaciones internas y externas, útil para tabiques, puertas, ventanas y ventanillas y mantiene su integridad aún cuando se quiebra o es rociado con agua. Además puede ser utilizado de manera monolítica o como componente de un Doble Vidrio Hermético (DVH).

### Ventajas:

- Resiste íntegro hasta 120 minutos (Con la perfilería adecuada).
- Restringe el paso de las llamas, humo y gases.
- Mantiene su integridad aún cuando se triza o es rociado con agua.
- Se mantiene transparente a lo largo del incendio.
- Alta transmisión lumínica.
- El alambre actúa como una barrera antirrobo ("Security").
- Aceptado por las autoridades del fuego a nivel mundial.
- El cristal más económico contra incendios en el mercado.
- Fácil de instalar.

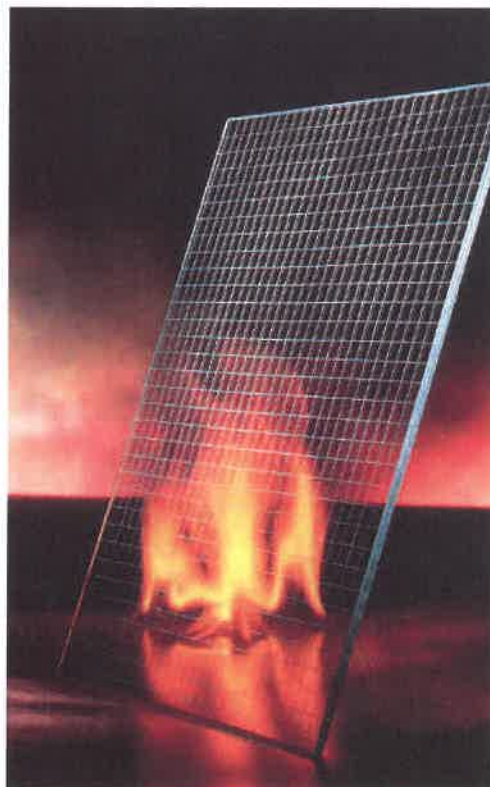


**Cuadro 2.3**

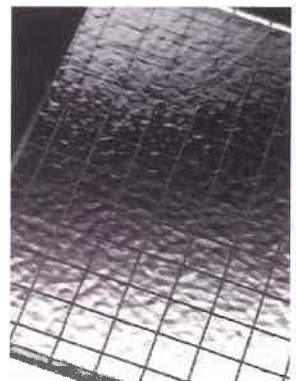
Producto	Transparencia	Integridad	Espesor	Medida
Pyroshield Clear	Permanece transparente a lo largo del incendio	60 minutos	6 mm	3.300 x 1.985
Pyroshield Texture	Su textura ofrece un grado de privacidad	60 minutos	7 mm	3.300 x 1.985
Pyroshield Clear Safety	Permanece transparente a lo largo del incendio y ofrece mayor seguridad a los impactos	60 minutos	6 mm	3.300 x 1.985
Pyroshield Safety Texture	Su textura ofrece un grado de privacidad y ofrece mayor seguridad a los impactos	120 minutos	7 mm	3.300 x 1.985

Para mayor información, consultar al fabricante.

**achival a.g.**



Vidrio antifuego Claro



Vidrio antifuego con Textura

### 3. Otros procesos

#### 3.1. Bloques de Vidrio

Se fabrican mediante el moldeo de dos partes separadas, que luego se unen por medio de una soldadura de vidrio que deja en su interior una cámara de aire seco, a presión reducida. Esta característica lo transforma en un buen elemento para el control térmico y la atenuación de ruidos, además de proveer protección contra el fuego. Puede poseer textura en su superficie sin interrumpir una buena iluminación. Las propiedades específicas dependen del fabricante.



El proceso de moldeo consiste en fabricar cuerpos huecos de vidrio por vaciado en moldes. Pueden ser coloreados en la masa y estampados según la mezcla utilizada y las características de los moldes. Son básicamente dos: bloques de vidrio y perfiles de vidrio, cuya diferencia radica en el proceso y tipo de conformación.





### 3.2. Perfil de Vidrio Autoportante o U Glass

Vidrio con forma de U. Su proceso de fabricación consiste en el estiramiento de láminas que pasan por rodillos conformadores sobre una horma con forma de U. Su textura rugosa y las cámaras de aire que se generan cuando se instalan de forma doble, le dan características de aislamiento térmico.



#### Estructura

El perfil dintel de aluminio se utiliza para retener los componentes de vidrio en la parte superior y también se le emplea para las terminaciones laterales verticales.

El sistema se complementa con cuatro perfiles de PVC que van insertos y trabados dentro de los perfiles de aluminio y su función es brindar un buen apoyo al vidrio, impedir su desplazamiento y evitar el contacto de vidrio con metal. Dichos perfiles de plástico se suministran para instalarlo en forma de simple o doble piel.

Las tiras de vidrio se suministran en 3.000 y 5.500 mm. de longitud y 6 mm. de espesor.

**Cuadro 2.4 Propiedades de Transmisión**

	Simple Piel	Doble Piel
Transmisión Lumínica	85%	69%
Coefficiente de Sombra	0.84	0.70
Valor U ( $W/m^2/K^\circ$ )	5.8	2.8
Aislamiento Acústico	28 dB	38 dB

Obra: Puerto Terrestre Los Andes, Sociedad Concesionaria S.A.  
Arquitecto: Johan Wohlenberg  
Cristal: U Glass  
Los Andes



### **RESISTENCIA AL VIENTO**

La siguiente tabla indica los valores aconsejados para el vidrio en U instalado en forma vertical en edificios cerrados, sobre la base de un riesgo estadístico de rotura de 1% ante ráfagas de 3 segundos de duración.





**Cuadro 2.5**  
**Largo máximo de perfil de vidrio según la presión de viento para instalación vertical**

PRESIÓN VIENTO Kg/m <sup>2</sup>	PERFIL SIMPLE PIEL Alas hacia el interior	PERFIL DOBLE PIEL	PERFIL ARMADO SIMPLE PIEL Alas hacia el interior	PERFIL ARMADO DOBLE PIEL
50	3.10 m	4.35 m	2.50 m	3.60 m
60	2.80 m	3.95 m	2.30 m	3.25 m
70	2.60 m	3.70 m	2.10 m	3.00 m
80	2.45 m	3.45 m	2.00 m	2.80 m
90	2.30 m	3.25 m	1.90 m	2.70 m
100	2.15 m	3.10	1.80 m	2.50 m
120	2.00 m	2.80	1.60 m	2.30 m
140	1.85 m	2.60	1.50 m	2.10 m
160	1.70 m	2.45	1.40 m	2.00 m
180	1.60 m	2.30	1.30 m	1.90 m
200	1.55 m	2.20	1.20 m	1.75 m

manualdelvidrioplano

Obra: Oficinas Autopista Central  
 Arquitecto: + Arquitectos  
 Santiago



Obra: Oficinas IDB/FCB  
 Arquitecto: Roberto Marzolo y Asoc.  
 Santiago

## 4. Procesos realizados después de la fabricación

El cristal flotado, posterior a su fabricación, puede ser modificado por medio de diversos procesos, con el objetivo de adherir a una de sus caras otras propiedades que no se consiguen en el proceso de flotado.

### 4.1. Cristal Soft Coat Reflectivo (Capa Blanda)

Son utilizados como vidrios de control solar ya que tienen un excelente coeficiente de sombra, lo que evita que ingrese gran parte del calor producido por radiación solar.

Obra: Edificio Corporativo Corp Group  
Arquitecto: Cristian Boza & Asoc. Arq., Iglesia Prat Arq.  
Cristal: Soft Coat  
Las Condes, Santiago



### 4.2. Soft Coat de baja emisividad (Low - E)

Son utilizados como cristales de control térmico, ya que tienen un valor K bajo. Una buena parte de la radiación solar de onda corta atraviesa la lámina, reflejando la mayor parte del calor de onda larga hacia su fuente de origen. De esta manera funciona como un eficiente aislante térmico. A diferencia de los soft coat reflectivos, estos vidrios permiten el ingreso de la radiación solar y evitan que el calor que producen los cuerpos en el interior se transmita hacia el exterior.

Estos cristales se producen a través de un proceso de alto vacío, en cámaras que someten las láminas de vidrio a descargas ionizadas para adherir una capa metálica en una de sus caras, la cual se denomina revestimiento al vacío o Soft Coat.

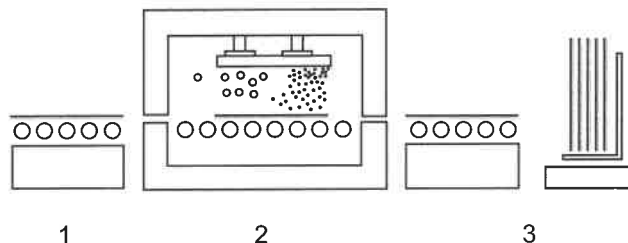
Revestimiento al vacío: Se deposita una capa de componentes metálicos, sobre la superficie del vidrio por proyección en el interior de una cámara de vacío utilizando descargas eléctricas entre un ánodo y un cátodo para lograr su adherencia.

Estos vidrios deben ser instalados con la cara revestida protegida, ya que no resisten las agresiones del medio ambiente como por ejemplo la humedad.

Al manipular estos cristales, la exposición al aire libre debe ser muy restringida (manipulación directa en base a las indicaciones definidas por el fabricante, normalmente máximo 48 horas para su proceso).



**Fig. 2.7 Proceso de revestimiento al vacío**



1. Ingreso del vidrio flotado
2. Cámara al vacío, descargas eléctricas
3. Salida y almacenamiento

Este proceso asegura una alta homogeneidad reflectiva, lo cual le brinda excelentes propiedades para controlar el intercambio energético entre interior y exterior, manteniendo una buena transmisión lumínica.

Al igual que el vidrio pirolítico, dependiendo de los metales que se usen, es posible obtener un cristal soft coat reflectivo y/o un soft coat de baja emisividad.



Obra: Edificio Araucano  
Arquitecto: A4/Luis Corvalán Arq.  
Cristal: Soft Coat  
Las Condes, Santiago



### 4.3. Espejo

En la actualidad la casi totalidad de los espejos producidos en el mundo son elaborados con cristal flotado por su mejor calidad y ausencia de distorsiones.

Cuando en su fabricación se emplean insumos de alta calidad aplicados en líneas automáticas de plateo, las principales propiedades de un espejo elaborado con cristal flotado son:

- Reflejar las imágenes sin distorsión, en forma nítida y exacta.
- Presentar un brillo y una luminosidad excepcionales.
- Su revestimiento posterior de protección posee una adecuada resistencia al rayado y la humedad.
- Puede ser sometido sin inconvenientes a procesos mecanizados de corte, perforado, pulido y biselado.

**Fig. 2.8 Proceso de Fabricación del Espejo**

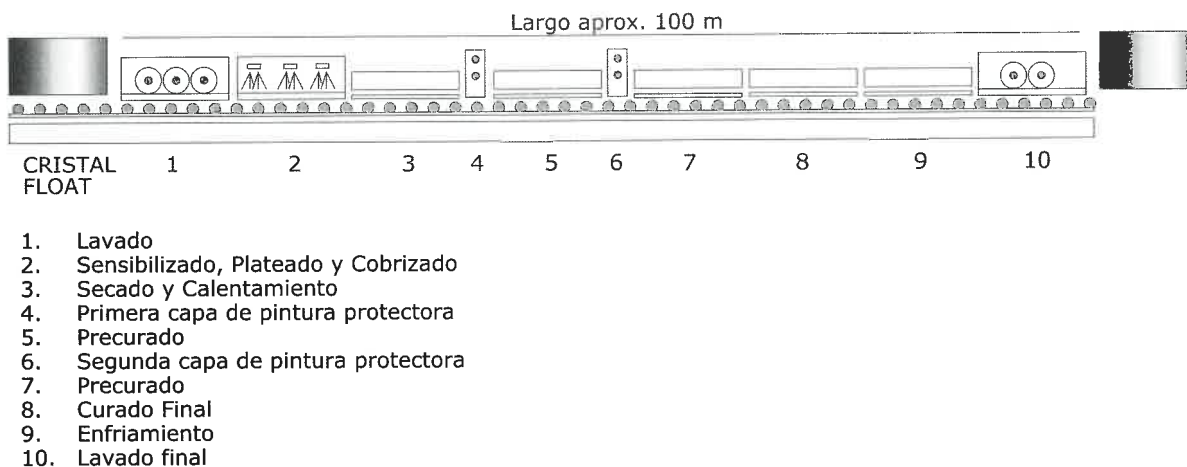
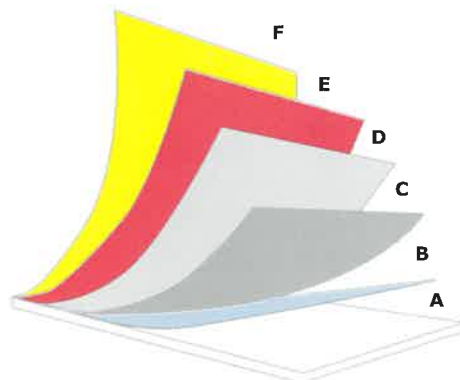




Fig. 2.9



**A.** Cristal plano flotado, libre de distorsión, sometido a un intenso proceso de lavado con agua caliente desmineralizada.

**B.** Aplicación de una solución sensibilizante para brindar una mejor adherencia del revestimiento de plata al vidrio.

**C.** Deposición de plata metálica que forma la capa reflectante del espejo

**D.** Aplicación de una solución de cobre que actúa como capa de protección y sacrificio del revestimiento de plata.

**E.** Primera capa de pintura anticorrosiva cuya función es proteger las películas de plata y cobre.

**F.** Segunda capa de pintura de protección con una mayor resistencia mecánica al rayado y que inhibe la acción de la humedad sobre el espejo.

Existen otros tipos de procesos sobre el espejo, que se describen a continuación:

**Espejo Ecológico:** Es un espejo que incorpora una excelente protección de la capa reflectiva plateada, sin la necesidad de añadirle en el proceso de producción convencional una capa de cobre. Es más resistente a la corrosión atmosférica natural que un espejo tradicional.

**Espejos de color y envejecidos :** Espejos de diferentes tonos, dependiendo de la materia prima utilizada (gris, bronce, verde, azul, etc.) Estos se utilizan para diseño y decoración.

**Espejo Espía:** Espejo que permite al observador mirar a través del espejo sin que éste sea visto.

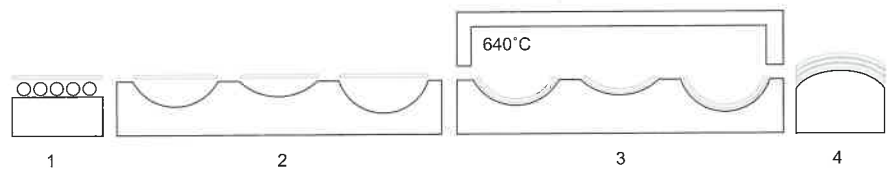
**Espejo Antiempañante:** Espejo que tiene un sistema eléctrico adherido en su parte posterior que produce temperatura para evitar el empañamiento que se origina con el vapor del baño. Su funcionamiento es similar al sistema defroster de los automóviles.



#### 4.4. Cristal Curvo

Se trata de un proceso de deformación, a partir de un vidrio flotado, por medio de temperatura. El vidrio es calentado en un horno a 640°C aproximadamente, es decir entre el punto de ablandamiento y de recocido, lo que permite modificar su forma sin perder la integridad. La lámina se conforma por gravedad en un molde por medio de máquinas de plegado, para ser posteriormente enfriada. De este proceso se obtiene un vidrio curvo, cuyas formas varían según el molde que se utilice como patrón. En su composición puede emplearse vidrio incoloro y de color en sus diferentes espesores.

**Fig. 2.10**  
**Proceso de Curvado**



1. Ingreso del vidrio flotado
2. Vidrio flotado sobre moldes
3. Horno de reblandecimiento y posterior enfriamiento
4. Almacenamiento

Obra: Edificio Chile Express  
Arquitecto: Guillermo Hevia  
Cristal: Serigrafiado  
Santiago



#### 4.5. Cristal serigrafiado

Este es un vidrio templado o termoendurecido y podemos encontrar dos tipos:

- Serigrafía completa (100% de la superficie)
- Serigrafía con Diseño

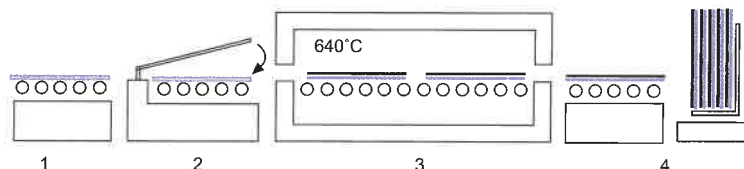
Mediante un proceso fotográfico de los diseños a fabricar, se reproducen en escala natural sobre pantallas de seda. Estas se ubican sobre los paños de vidrio ya procesados, y mediante una técnica de serigrafía se transfiere el dibujo sobre el cristal empleando esmaltes cerámicos.



Una vez seca la tinta, se temple el cristal, proceso durante el cual el esmalte cerámico se vitrifica sobre la superficie del cristal, proporcionando un acabado permanente y durable, aún a la intemperie.

- Se comercializan en una amplia gama de colores estándar, aunque siempre es posible obtenerlos del color que se desee, previo convenio con el fabricante.
- Por las características de su fabricación, el color no se altera con el tiempo ni por la radiación UV. Además de sus funciones decorativas, los vidrios serigrafiados son también vidrios de control solar.
- Con un excelente acabado y aspecto estético sus principales campos de aplicación son entre otros, el vidriado de fachadas y techos, separaciones interiores, mamparas para baño y cubiertas de mesa.

**Fig. 2.11 - Proceso Serigrafiado**



1. Ingreso del vidrio flotado
2. Aplicación de pintura sobre patrón de estampado
3. Horno de cocido
4. Almacenamiento

Los dibujos pueden ser estándar o realizados a pedido según los requerimientos del diseñador, quién - de este modo - puede manejar amplias aplicaciones funcionales y estéticas.

Ventajas:

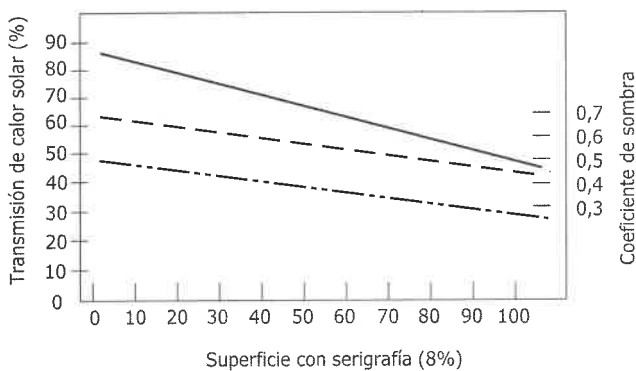
**Apariencia:** Ofrece una gran flexibilidad de diseños y opciones creativas, por cuanto virtualmente cualquier tipo de diseño puede ser serigrafiado sobre el vidrio. Se puede también coordinar áreas de visión y no visión, así como variar el color de cada área de vidriado.

**Control Solar:** Se pueden obtener distintos niveles de control solar, a medida que aumenta la superficie con líneas, tramas o dibujos disminuye el porcentaje de luz visible transmitida y la transmisión de calor (mejora Coeficiente de Sombra). Además permite brindar distintos grados de privacidad.

Ejemplo:  
Cuadro 2.6

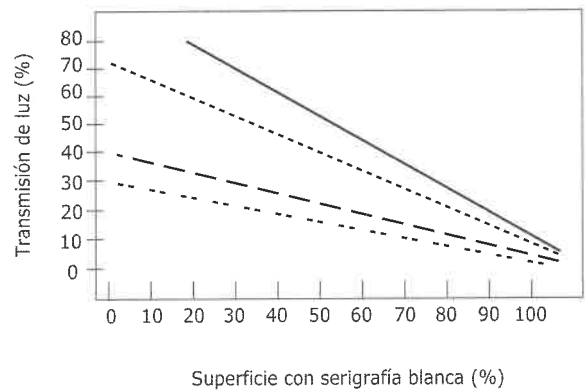
Float incoloro espesor 6 mm.			
Area con serigrafía	20%	40%	80%
Transmisión de luz	75%	62%	37%
Coefficiente de sombra	0.86	0.76	0.66

Fig. 2.12 Transmisión de calor solar radiante y coeficiente de sombra



Float inc. 6 mm. —————  
 Float color 6 mm. - - - - -  
 DVH, 24 mm. — · — · —

Fig. 2.13 Transmisión de Luz Visible



Float inc. 6 mm. —————  
 Float verde 6 mm. ······  
 Float bronce 6 mm. - - - - -  
 Float gris 6 mm. — · — · —

**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.

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

**Control de la Visión:** Cuando se utiliza en separaciones, provee distintos grados de privacidad creando una sensación de apertura





y espacio permitiendo buena luminosidad. Experimentando con el color, la densidad, distribución y orientación de los patrones de la serigrafía, pueden alcanzarse un sinfín de efectos para satisfacer diseños, control de visión y requerimientos personales.

Aplicado en techos vidriados, el cristal serigrafiado puede evitar visuales no deseadas. Según los diseños, los paños serigrafiados producen un interesante y atractivo juego de sombras proyectadas en el interior de los locales.

Es un cristal de seguridad ya que es templado o termoendurecido.

Puede ser componente de un DVH y puede ser laminado.

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.



Obra: Biblioteca de Santiago  
Arquitecto: Cox y Ugarte Arquitectos  
Cristal: Serigrafiado  
Santiago

Obra: Edificio Duoc Av. España  
 Arquitecto: Sabbagh Arquitectos  
 Cristal: Templado  
 Santiago



Puerta templada

#### 4.6. Cristal Templado

Este vidrio se obtiene en un proceso mediante el cual el cristal es sometido a un tratamiento térmico que consiste en elevar su temperatura hasta cerca del punto de ablandamiento (650° C) para luego 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.

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

Las propiedades de un vidrio térmicamente tratado se basan fundamentalmente en su mayor capacidad para resistir esfuerzos de tracción que un vidrio recocido, nunca podría soportar. Estos procesos son: Vidrio Templado y Vidrio Termoendurecido.

Como se explicó en el capítulo I, el vidrio plano flotado 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 riesgos que esto significa. Por medio del tratamiento térmico se logra que el vidrio obtenga una mayor resistencia a la tracción (ya sea mecánica o térmica).

Durante la producción de vidrio flotado 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 procesar un vidrio de uso común.

**Es obligatorio en el proceso previo de producción de templado, que el cristal sea pulido en sus bordes, para eliminar fisuras, y así evitar roturas en el horno de templado.**

Un vidrio térmicamente templado presenta tensiones inducidas por dicho diferencial de contracción, observándose compresión en la superficie y las correspondientes tensiones de tracción en el centro del vidrio.

**Fig. 2.14 Horno Templado**



**Resistencia:** Un vidrio templado tiene una resistencia mecánica cuatro a cinco veces mayor a la de un vidrio recocido. Lo anterior, es suficiente para permitir su empleo en una serie de aplicaciones estructurales o semiestructurales. Posee una resistencia y confiabilidad adecuada para ser utilizado con perforaciones y/o destajes, lo que posibilita su montaje o unión con herrajes metálicos, siempre y cuando los mismos hayan sido correctamente diseñados para tal propósito y se instalen empleando la tecnología adecuada de montaje para cada aplicación en particular.

**Propiedades térmicas:** El vidrio templado resiste cambios bruscos de temperatura y tensiones térmicas mucho mayores que un vidrio sin templar. Su temperatura máxima de trabajo es del orden de 280°C; superada dicha temperatura es posible que las tensiones que le fueron incorporadas por el proceso de templado vayan disminuyendo gradualmente.

**Características de rotura (quiebre):** Debido a las elevadas tensiones a las que ha sido sometido, una vez que se inicia la rotura del vidrio templado, ésta se propaga rápidamente dada 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, como las que causarían los bordes filosos de pequeños trozos de vidrio común o recocido.

Esta es la razón por la que un vidrio templado es considerado un vidrio de seguridad y es empleado en áreas de riesgo sujetas a la posibilidad de impacto humano.

Es necesario asegurarse de que el vidrio templado ha sido suficientemente tensionado para producir la forma de fragmentación requerida por un vidrio de seguridad. El patrón de rotura producida bajo condiciones controladas puede ser empleado para definir la calidad de un vidrio templado.

**Distorsión y Alabeo:** El calentamiento del vidrio produce un ablandamiento tal que permite producir deformaciones por gravedad u otras causas convirtiéndolo ópticamente menos perfecto que el vidrio recocido a partir del cual fue procesado. El proceso de templado también puede causar algún grado de torsión (alabeo) en el vidrio, pero debido al notable desarrollo de los procesos de templado, la magnitud de alabeo se mantiene dentro de las tolerancias mínimas, aunque inevitables.





#### 4.7. Vidrio termoendurecido

Su proceso es similar al del cristal templado, utilizando los mismos hornos pero cambian el tiempo y la presión de aire de enfriamiento (en este caso es más lento) para lograr un vidrio que aumenta al doble la resistencia mecánica respecto a un vidrio crudo de idéntica configuración. Se rompe en largas piezas, desde el punto del impacto hacia los bordes, los cuales quedan fijos a sus bastidores en lugar de desprenderse y caer al vacío.

**Cuadro 2.7: Comparación de las propiedades del vidrio templado y termoendurecido**

	<b>Templado</b>	<b>Termoendurecido</b>
Resistencia al impacto respecto al vidrio crudo	4 a 5 veces más	2 veces más
Flexión respecto al vidrio crudo	Mucho mayor	Mayor
Forma de rotura	Pequeños fragmentos sin aristas cortantes	Pedazos grandes aristas cortantes
Soporta cambios de temperatura de hasta	300°C (Aprox.)	120°C (Aprox.)
Presenta rotura espontánea	Sí	No
Sobre vidrios reflectivos	Puede presentar distorsiones	No distorsiona
Se considera vidrio de seguridad	Sí	No

Rotura de un vidrio recocido



Rotura de un vidrio templado



Obra: Lucarna Mall Florida Center  
 Arquitecto: Dominguez y Rencoret Arq.  
 Cristal: Templado laminado  
 Santiago



Barandas con cristal templado



### 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 muros cortina, en antepechos, barandas, puertas y accesos vidriados, mamparas de baños, fachadas de lobbys, escaleras, frente de negocios y bancos, etc. También se usa para canchas de pelota a paleta o deportes similares, en tableros de basketball, lucarnas y paneles solares. En la industria automotriz se usa para las ventanas laterales y traseras en automóviles, camiones y otros vehículos. La industria manufacturera usa vidrio templado en refrigeradores, muebles, hornos, shower doors, repisas y pantallas de chimeneas, etc.

El vidrio templado no debe ser usado como un vidrio antifuego. Tampoco debe usarse cuando el objetivo es proveer alta seguridad contra la entrada de ladrones (salvo que éste sea laminado.)

Peldaños con cristal templado/laminado





#### 4.8. Vidrios Esmerilados (Sand Blast)

El vidrio se somete a la abrasión mediante un chorro de arena aplicado directamente a la superficie, y dependiendo de la presión y el abrasivo utilizado del mismo, se obtienen distintas tonalidades de esmerilado (completo o parcial).

#### 4.9. Vidrios Grabados al Ácido

Este tipo de vidrio se obtiene por medio de un ataque químico de su superficie, 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 mediante un proceso de fotomecánica e - incluso - copiando formas y dibujos muy diferentes y complejos. Pueden obtenerse así originales 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.)

Se encuentra disponible en todos los espesores.

#### 4.10. Tratamientos de Bordes (Canto)

Principalmente tiene dos finalidades: estéticos y resistencia.

##### 4.10.1. Pulido

Puede ser ejecutado mediante 3 sistemas:

- Máquinas con muelas diamantadas de copa (Sólo para cantos rectos).
- Máquinas con muelas diamantadas periféricas (Para cantos de todas las formas).
- Máquinas con lija (Pulido deficiente y opaco).
- Lijado manual (Pulido ineficiente).

El pulido es obligatorio para los procesos de Templado y Termoendurecido.

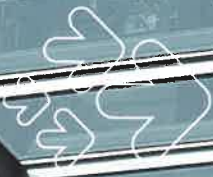
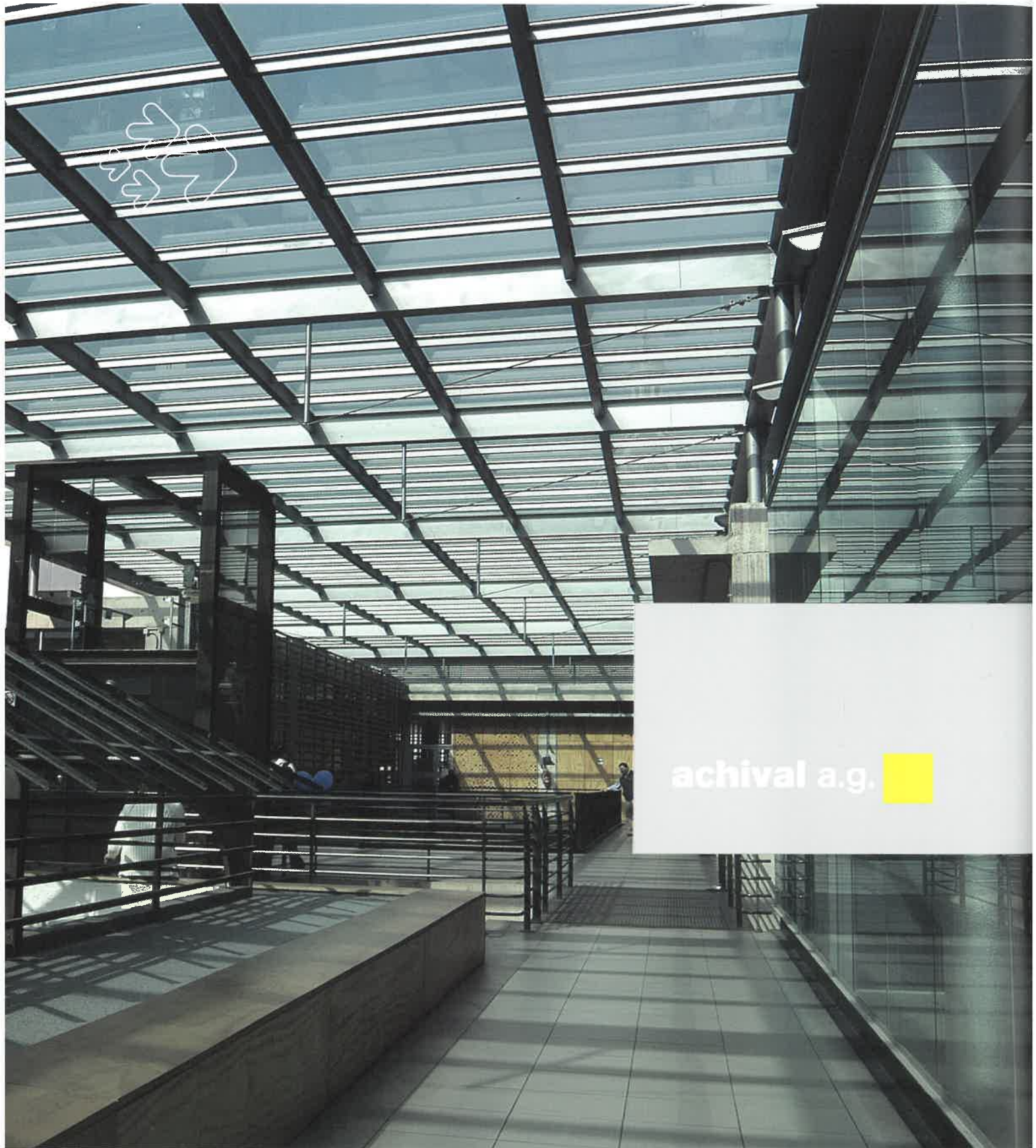
#### 4.10.2. Biselado

Es un proceso estético, donde se biselan (rebajan) los bordes del vidrio, desde 0.5 mm hasta 50 mm. de ancho. Se utiliza principalmente en espejos, cubiertas y diseños especiales.



#### 4.10.3. Destajes y Sacados

Es un proceso que consiste en quitarle un trozo al borde del vidrio, o en su superficie para requerimientos varios, donde se aplican, por lo general, herrajes de instalación.



achival a.g. 

# Composiciones vidriadas

## capítulo III



Obra: Lucarna Duoc Av. España  
Arquitecto: Sabbagh Arquitectos  
Cristal: Vidrio Laminado Incoloro  
Santiago





## Composiciones vidriadas

Es posible realizar diferentes composiciones con el cristal ya procesado, con el objetivo de darle valor agregado, aumentando así sus ventajas. Existen 3 procesos para mejorar la performance de estas composiciones:

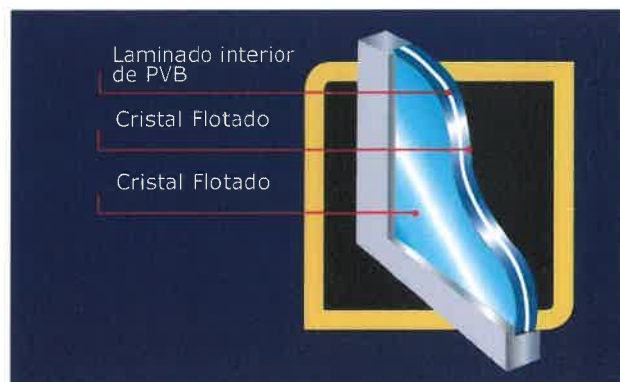
1. Proceso de presión y temperatura (Vidrio Laminado)
2. Proceso de Doble Vidriado Hermético (DVH)
3. Cristales antifuego

### 1. Proceso de presión y temperatura

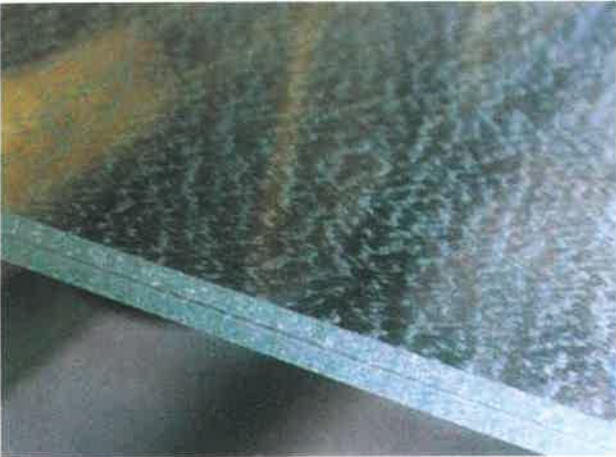
#### 1.1. Vidrio Laminado Plano

Estos vidrios están formados por dos o más láminas de cristal flotado (incolores o color, crudo o templado), unidas entre sí por la interposición de una o varias capas de Polivinil Butiral (PVB), polímero de alta resistencia, aplicadas en un horno autoclave, donde se controlan parámetros como presión, temperatura y humedad.

**Fig. 3.1 Composición Cristal Laminado**



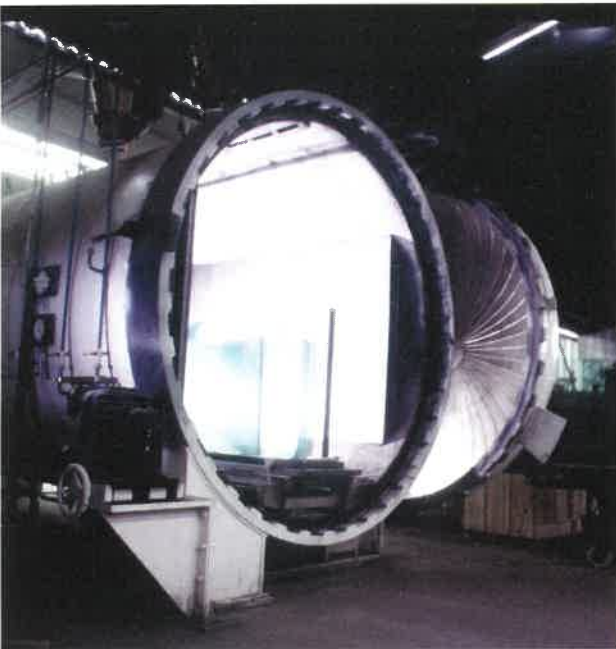
CRISTAL PRELAMINADO



El cristal laminado combina las propiedades del vidrio (transparencia, dureza, etc.) con las propiedades del PVB:

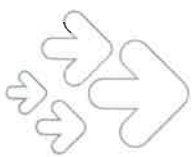
- Adherencia al vidrio
- Resistencia a la penetración
- Transparencia
- Elasticidad
- Resistencia al impacto

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 cristal no se desprenden y el conjunto se mantiene en el marco.



El espesor de PVB estándar es de 0.38 mm, pero para aplicaciones especiales de seguridad; se utilizan espesores de 0.76 mm, 1.14 mm, 1.52 y 2.28 mm.

CRISTAL PRELAMINADO ENTRANDO AL HORNO AUTOCLAVE





## Aplicaciones del Vidrio Laminado

### • Como Vidrio de seguridad

El vidrio laminado es considerado un vidrio de seguridad porque al quebrarse, se mantiene adherido al PVB y no daña a las personas. (Ver capítulo VI, "Vidrios de Seguridad").



### • Como protección antivandalismo

El cristal laminado presenta una mejora considerable con respecto a los cristales normales en cuanto a la resistencia a la entrada violenta con una serie de armas de mano como son: martillos, palancas, piedras, ladrillos, etc. Además, este cristal no se puede cortar desde un solo lado, lo que hace inútil el uso de una herramienta de corte como elemento de robo. (Ver capítulo VI, "Vidrios de Seguridad").



### • Como filtro de rayos UV

EL PVB tiene la propiedad de ser un efectivo filtro para los nocivos rayos ultravioleta del sol retardando así la decoloración del mobiliario interior como cuadros, cortinas, alfombras, entre otros.

**En el cuadro 3.1 se muestran los valores de absorción de rayos UV para diferentes tipos de vidrio laminado.**

PVB = 038 mm	96.6% de radiación UV filtrada
PVB = 0.76 mm	99.9% de radiación filtrada
PVB = 1.52 mm	99.9% de radiación filtrada



Obra: Edificio Los Héroes  
Arquitecto: Murtinho & Asociados Arq.  
Cristal: Laminado Color  
Providencia, Santiago

#### Tipos de Vidrio Laminado:

- **Incoloro:** Dos o más cristales son incoloros.
- **Control Solar:** Se logran diferentes combinaciones usando una lámina de cristal tinteado o reflectivo con otra lámina de cristal flotado incoloro.
- **Cristal Laminado de Color:** Cristal incoloro unido con PVB de color de 0.38 mm. de espesor.

El PVB de color puede producir una amplia variedad de colores y formas que no es posible lograr con PVB regular o vidrios tinteados. El polivinil butiral de color se puede combinar para producir más de 1.000 colores que ayudan a crear originales diseños.

Su uso es variado y se puede aplicar en diferentes soluciones como muros cortina, vitrinas, tabiques, divisiones, muebles, etc. permitiendo que los diseños sean expresivos y hermosos con variados matices. El PVB de color, ofrece una amplia gama de colores, desde el blanco, hasta el negro pasando por colores vibrantes o naranjas y púrpuras brillantes. El color del vidrio determina qué láminas interpuestas se pueden utilizar para crear más colores.

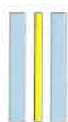


Obra: Boutique Christian Lacroix  
Arquitecto: Richard Carpentier  
Cristal: Laminado Color  
Tokio, Japón



- **Laminado Templado:** Se puede usar un vidrio templado y el otro crudo, o ambos templados. Al usar vidrio templado se hace necesario utilizar mínimo doble PVB para garantizar que la adherencia sea correcta.
- **Vidrio antibala:** Consiste en un cristal multilaminado (varias láminas de vidrio intercaladas con PVB) cuya función es detener el impacto de un proyectil, y evitar el desprendimiento de esquirlas peligrosas hacia el interior. La fabricación puede hacerse uniendo solamente vidrio con PVB, o bien, agregando una última capa de Policarbonato, con lo cual se logra disminuir el espesor. Existen distintos niveles de protección, dependiendo de la necesidad buscada.

### Cristal laminado: Diferentes configuraciones.



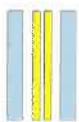
**Protección antiaccidentes** (protección contra cortes, heridas)  
**2 cristales float y 1 PVB**

Ideal para el acristalamiento de puertas, ventanas, manparas de duchas, lugares públicos, gimnasios, piscinas, etc.



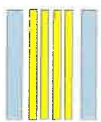
**Protección contra caídas al vacío**  
**2 cristales float y 2 PVB**

Antepechos de balcones, barandas de escaleras, alféizares, balaustradas, tabiques interiores.



**Protección antivandalismo, retrasa la rotura** (protección básica)  
**2 cristales float y 2 PVB**

Para la planta baja de viviendas particulares, de locales comerciales, de vitrinas de tiendas, ventanales de edificios públicos, en terrenos urbanos cerca de estadios y lugares de concentraciones.



**Protección media** (actos de vandalismo mayor)  
**2 cristales float y 4 PVB**

Para viviendas particulares aisladas y para planta baja de edificios comerciales en general.



**Protección reforzada**  
**2 cristales float y 6 PVB**

Para viviendas aisladas en zonas con algún peligro y para la segunda vivienda. Los edificios comerciales de alto riesgo como farmacias y tiendas especializadas de electrónica y video, boutiques de moda, artículos de cuero, perfumerías, etc.



**Antirrobo** (robo organizado)  
**3 cristales float y 8 PVB**

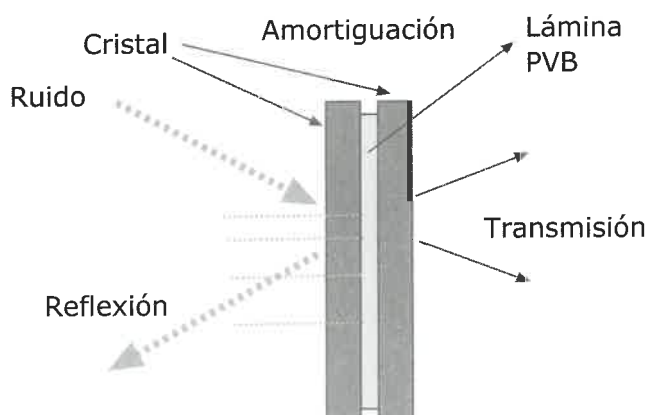
Aconsejable para vitrinas de tiendas con un alto riesgo, como joyerías, comercio de arte y antigüedades, embajadas, vitrinas de museos, etc.



- **Cristal Laminado Acústico:** Está fabricado a partir de dos caras de cristal flotado las cuales han sido unidas entre sí a través de una interlámina incolora, blanda y elástica de 0,76mm de espesor bajo calor y presión. Esta interlámina de polivinil butiral ha sido desarrollada especialmente para ofrecer una reducción significativa del paso del ruido a través del cristal. Esto se logra gracias a que la interlámina es un material más blando y elástico que el PVB utilizado en un cristal laminado común. De esta manera se logra amortiguar las vibraciones producidas por las ondas sonoras. (Ver capítulo V, Aislamiento Acústico en Vidrios).

El Cristal Laminado Acústico puede ser una alternativa al doble vidriado hermético (termopanel), pero también puede ser utilizado como componente de este último, permitiendo mayor nivel en la reducción sonora y la posibilidad de acceder a propiedades de control térmico y ahorro de energía. Asimismo, el PVB acústico puede ser incorporado a cristales de control solar o térmicos.

**Fig. 3.2 Esquema de amortiguación del vidrio laminado:**

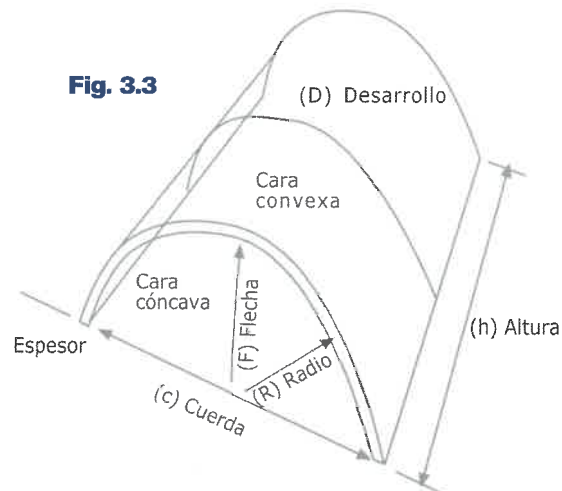




## 1.2. Cristal Laminado Curvo

El Cristal laminado curvo posee propiedades generales idénticas al laminado plano, su empleo correcto requiere el conocimiento adecuado de sus posibilidades dimensionales, forma, radio de curvatura mínimo y precaución a tener en cuenta durante su especificación, puesta en obra e instalación.

- **Definición y Composición:** Se produce a partir de hojas de cristal flotado recocido, curvadas y laminadas simultáneamente con polivinil butiral (PVB) incoloro o de color de 0,76 mm de espesor.
- **Curvatura:** Los laminados curvos se producen con moldes de curvatura cilíndrica. Para una mejor comunicación y comprensión de los parámetros de su geometría deberá emplearse la siguiente nomenclatura:



Cuando las medidas de un laminado curvo sean tomadas de un plano o croquis para su especificación, se deberán indicar siempre todas las dimensiones:

- 1) Altura
- 2) Desarrollo
- 3) Radio
- 4) Cuerda
- 5) Flecha o altura de curvado
- 6) Espesor y composición del laminado.

Obra: Escalera oficina Icare  
 Arquitecto: Pablo Luna Herrera  
 Cristal: Laminado Incoloro  
 Las Condes, Santiago



**Cuadro 3.2 Ventajas del Cristal Laminado**

ATRIBUTOS	BENEFICIOS
Seguridad.	Seguridad para las personas y bienes No necesita reposición inmediata.
Configuraciones conforme a la protección.	Protección a prueba de balas Antirrobo.
Atenuación de ruidos.	Control sonoro (PVB acústico).
Barreras para rayos UV.	Protección de mobiliario interior
Control solar y térmico.	Confort ambiental y regulación de energía cuando se compone de vidrios de control solar, Low - E o DVH.
Protección a cristales expuestos.	Ideal para vitrinas y paneles
Variedad de combinaciones.	Aplicaciones diferenciadas como pisos, lucarnas, ventanas, muros cortina, entre otros.
Variedad de colores.	Colores combinables entre sí.
Arquitectura.	Permite diseñar sin límites en la arquitectura moderna.



### 1.3. Vidrio Laminado Estructural

El vidrio laminado estructural tiene una interlámina ionomérica de copolímero de etileno, lo que lo hace más resistente que los vidrios laminados tradicionales, ya que esta interlámina es 100 veces más dura que el pvb tradicional y 5 veces más fuerte que el pvb regular. De esta manera, con el vidrio laminado estructural se pueden laminar cristales más delgados, que soportan más carga, ya que presenta una extraordinaria resistencia al quiebre y gran transparencia.

#### Atributos Técnicos:

- La interlámina es completamente transparente.
- Excelente estabilidad en los bordes y muy buen desempeño en exposición a la humedad.
- Se pueden laminar cristales más delgados, que soportan más carga.
- Extraordinaria resistencia al quiebre.
- Mismo patrón de rotura seguro y retención de fragmentos que el laminado tradicional.
- Resistencia al impacto mejorada: Mayor seguridad para un amplio rango de ataques como climas extremos y amenazas creadas por el hombre.
- Menor deflexión, que se traduce en un mejor comportamiento en acristalamientos horizontales.
- Cuando se requiere controlar el calor solar y térmico se puede fabricar con cristales especiales de baja emisividad y control solar.



Obra: Tienda de Computadores Apple  
Arquitectos: Architects Planning interior design, Berkeley, CA, USA  
Cristal: Vidrio Laminado Estructural  
Soho, New York

## 2. Proceso de Doble Vidriado Hermético (DVH)

Este sistema de vidriado está compuesto por dos hojas o más de cristal separadas entre sí por un perfil separador perimetral formando una cámara de aire deshidratado cuyo espesor puede ser, desde 5 hasta 30 mm, siendo común, el uso de 6, 8, 10 ó 12 mm.

Se aprovecha la baja conductividad térmica del aire para lograr un aislamiento de la radiación de onda larga. La cámara de aire que se logra entre los dos cristales contiene aire seco gracias a las sales higroscópicas que se colocan en los perfiles separadores.

Para asegurar su hermeticidad, el DVH posee un doble sellado perimetral que evita la transferencia de vapor de agua (humedad) desde el exterior hacia el interior de la cámara. La primera barrera está formada por un cordón de caucho de polisobutileno, de baja permeabilidad, buena resistencia a las alteraciones térmicas y escasa resistencia mecánica. Un segundo compuesto, que actúa como sello secundario, opera protegiendo al polisobutileno para que pueda cumplir con sus funciones y le otorga mayor hermeticidad y solidez estructural a todo el DVH.

Comparado con un simple vidriado, permite reducir las pérdidas de calor de calefacción hasta un 60% aproximadamente. Cuando en su composición intervienen cristales de control solar, el impacto del calor solar radiante puede ser considerablemente minimizado, reduciendo el sobrecalentamiento de los ambientes, según el tipo de cristal flotado empleado.

Esto permite reducir la potencia de los equipos de calefacción y refrigeración, disminuyendo en forma permanente el consumo de energía. Es necesario aclarar que hoy existen varios

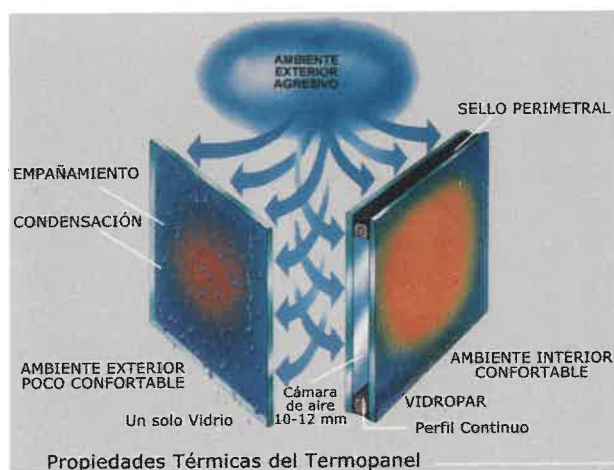
sistemas de fabricación. A continuación explicamos las situaciones óptimas en la producción de un DVH:

- Corte automatizado de vidrio que garantice su simetría.
- Esquinas dobladas, no unidas con escuadras plásticas (El polisobutileno no se adhiere al PVC de éstas).
- Las sales higroscópicas deberían tener un diámetro no mayor a 0.9 mm y ser colocadas mínimo en un ancho y un alto del DVH.
- El polisobutileno debe ser aplicado en caliente para una mejor adherencia.

En conclusión como se explica en el Capítulo IV, "Mecanismos de Transmisión de Calor en los vidrios" el DVH comparado con un vidrio simple, permite:

- Obtener un elevado confort térmico tanto en el invierno como en el verano.
- Ahorrar energía.
- Reducir las pérdidas de calor de calefacción hasta en un 60% aproximadamente.
- Eliminar la sensación de "muro frío" en el invierno.
- Evitar el empañamiento de los cristales por condensación de humedad normal en el ambiente.

Fig. 3.4





En invierno permite brindar, respecto de un vidriado simple, los siguientes beneficios adicionales:

- El aire próximo a la ventana no se encuentra frío, en la medida que lo estaría un vidriado simple, evitando así las corrientes convectivas. Esto permite aprovechar al máximo el espacio habitable.
- Al eliminarse los problemas de condensación que producen el chorreo de agua, se minimizan el deterioro y la corrosión de las carpinterías y muros.
- Amortizar, con menor consumo de energía y más confort la pequeña diferencia de inversión que implica su instalación.
- Fabricado con cristales de seguridad, control solar o térmico, brinda seguridad, buen control de la radiación solar y disminuye el resplandor de la excesiva luminosidad.

**Cuadro 3.3**

Configuración (Cristal Incoloro)	Espesor (mm.)	Valor U (Europeo) W/m <sup>2</sup> /K <sup>0</sup>	Valor U (Americano) (Btu/hr/sqft/F <sup>0</sup> )
Incoloro	Incoloro 6mm	5.7	1.01
Termopanel	6mm /12mm Aire / 6mm	2.8	0.49
Termopanel	6mm /12mm Aire / 6mm Low-E	1.8	0.32
Termopanel	6mm /12mm Argón / 6mm Low-E	1.4	0.24

El DVH, puede ser instalado en ventanas de aluminio, madera, hierro y PVC. Obviamente, su mejor desempeño será cuando esté acompañado de un marco de mejor eficiencia térmica. Cuando se instalen unidades manufactureras con cristal flotado de control solar, deberá verificarse que los factores que ocasionan estrés térmico, no superen la temperatura de seguridad del vidriado.



Obra: Club Providencia  
Cristal: Doble Vidriado Hermético (Incoloro)  
Santiago

Obra: Edificio Simonetti  
 Arquitecto: Cristian Undurraga, Alejandro Simonetti  
 Cristal: DVH relleno con cuarzo  
 Las Condes, Santiago



## APLICACIONES ESPECIALES DEL DVH

### Techos Vidriados

Cuando se instale un DVH sobre áreas de circulación o permanencia de personas, deberá estar compuesto por vidrios de seguridad.

La composición ideal es emplear cristal laminado hacia el interior y cristal templado hacia el exterior.

### Seguridad Térmica

Siempre que se instalen unidades de DVH compuestas por cristal flotado de control solar, dada su mayor capacidad de absorber energía, éstas están sujetas a una tensión térmica mayor. Por tal motivo es especialmente importante verificar que, antes de ser instaladas, sus bordes deberán ser pulidos en máquinas (con muelas diamantadas) y no presentar daños. Esto también es válido para las unidades compuestas por templado o termoendurecido. Una vez instalados, deben sacarse las etiquetas u otro tipo de avisos sobre una unidad de DV de control solar, los que por calentamiento localizado, pueden ocasionar fractura térmica del cristal.

### Inspección y Mantenimiento

Todos los sistemas de vidriado, con el transcurso del tiempo están sujetos a cierto grado de degradación o deterioro debido a la acción de agentes climáticos y los movimientos del edificio.

Por dicho motivo, deben realizarse inspecciones periódicas y cuando sea necesario, proceder a realizar tareas de mantenimiento. La frecuencia de estos trabajos depende de la naturaleza de los componentes de vidriado, de su exposición y de su ubicación en el edificio. Como regla práctica, la inspección debería ser realizada anualmente para verificar la integridad de las capas superficiales de sellado y controlar que los orificios de drenaje se hallen libres de obstrucciones.





Los cristales deben ser limpiados periódicamente para evitar que los agentes contaminantes del aire causen daños permanentes en la superficie del cristal.

### Composición de un DVH

El DVH siempre se fabrica a la medida y llega a la obra o al fabricante listo para ser instalado en las ventanas.

El espesor y el tipo de vidrios a emplear depende de la presión del viento y del tamaño del paño. El espesor total de un DVH resulta de la suma del espesor de los vidrios empleados, más el ancho de la cámara de aire, cuyos anchos más comunes son 6, 8, 10, y 12 mm.

El espesor total de los DVH más empleados en la construcción varía, según sus dimensiones entre 12 y 25 mm. Cuando la dimensión del paño es importante puede llegar a tener espesores de hasta 35 mm. El peso de un DVH varía desde 15 hasta 50 ó 60 Kg/m<sup>2</sup>.

Los DVH se clasifican según su composición y prestaciones. Esta clasificación proviene de la NCh 2434/1 Of.1999. Esta norma incluye además una clasificación por grados 1, 2, y 3 de acuerdo al comportamiento del componente al someterlo a la prueba de envejecimiento acelerado establecida por la norma NCh 2434/4. Este texto no considera esta clasificación por su escaso aporte a la aplicación de un DVH. Su composición define las características de las láminas de vidrio utilizadas y sus prestaciones establecen el objetivo con el cual pueden ser aplicados.

Detalle Doble Vidriado Hermético



### 3. Cristales Antifuego

#### Aislantes térmicos parciales

Este cristal está compuesto por dos o más planchas de cristal adheridas perfectamente a interláminas entumescientes de silicato de sodio transparente y ofrece propiedades de integridad, ya que en caso de incendio el cristal se quebrará, pero los pedazos se mantienen en la estructura vidriada (alcanza una integridad de hasta 20 minutos). Según la norma, este es un cristal F15.

Por otra parte, este cristal también posee la propiedad de aislamiento térmico, alcanzando hasta 22 minutos. Los niveles parciales de aislamiento térmico facilitan la evacuación de las personas a través de puertas y accesos de escape sin pánico, ya que se mantiene transparente hasta que las temperaturas llegan a los 120 grados C y alcanza una integridad de hasta 20 minutos. Exitosamente probado tanto para estructuras monolíticas como Doble Vidriado, en el cual se puede incorporar cristales con otras propiedades, como por ejemplo cristales de control solar.

Puede ser usado tanto para aplicaciones internas como externas, puede ser parte de muros, tabiques, ventanas y puertas y posee propiedades de reducción acústica, alcanzando hasta 35 dB de reducción del sonido.

Obra: Instituto Marino Galway  
Cristal: Antifuego F120  
Irlanda





### Características

Espesor	7 a 24 mm
Transmisión lumínica aprox.	78%
Reflexión	8%
Integridad	20 minutos
Aislamiento Térmico	20 minutos

Antes de especificar, consultar espesores, resistencia y tiempos al fabricante.



### 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 aislamiento e integridad entre 30 y 120 minutos. (F30 y F 120).

Es un cristal multilaminado compuesto por planchas de cristal adheridos a láminas de silicato de sodio transparente con propiedades entumescientes. Es el cristal antifuego por excelencia, con propiedades de integridad y completa aislamiento térmico, alcanzando hasta los 120 minutos (F120) en bloqueo de llamas, humo, gases calientes y calor.



Ensayo cristal antifuego

Alternativa ideal a los tradicionales muros no transparentes antifuego, es el único cristal resistente al fuego con propiedades de aislamiento que puede ser utilizado en sistemas de vidriado horizontales. Está disponible en estructuras vidriadas monolíticas y también como componente de un DVH. Es adecuado para aplicaciones internas y externas. Además, posee excelente aislación acústica, alcanzando atenuaciones de hasta 44 dB.

Es el cristal más efectivo contra el fuego existente en el mercado. No sólo bloquea la expansión de llamas, humos y gases calientes, sino que además mantiene fría la cara no expuesta al incendio a través de su propiedad de aislación, convirtiéndose en una verdadera barrera contra el fuego y el calor radiante y conductivo. Logra hasta 120 minutos (F120) de integridad y aislación, es totalmente transparente, único cristal antifuego que puede ser utilizado en sistemas de vidriado en acero horizontales. Excelentes propiedades de aislación acústica, disponible en estructuras vidriadas monolíticas y también como componente de un termopanel.

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 pueden soportar esa cantidad de tiempo.

### Cuadro 3.4 Performance Cristal Antifuego

Aplicación Externa						
Espesor mm	Formato	Integridad y Aislamiento térmico	Transmisión Lumínica	Reducción Acústica (STC)	Sup. Vidriada Máxima	Puertas
19	monolítico	45 minutos	84%	40 dB	2.9 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>
33	termopanel	45 minutos	75%	40 dB	2.9 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>
27	monolítico	60 minutos	86%	44 dB	3.6 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>
41	termopanel	60 minutos	75%	44 dB	3.6 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>
40	monolítico	90 minutos	85%	46 dB	2.4 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>
54	termopanel	90 minutos	75%	46 dB	2.4 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>
40	monolítico	120 minutos	85%	46 dB	2.4 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>
60	termopanel	120 minutos	75%	46 dB	2.4 m <sup>2</sup>	n/d

### El Sistema Antifuego

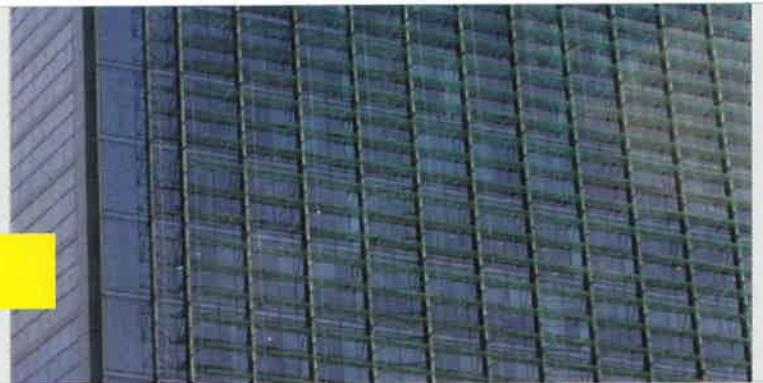
Aplicación Interna						
Espesor mm	Formato	Integridad y Aislamiento térmico	Transmisión Lumínica	Reducción Acústica (STC)	Sup. Vidriada Máxima	Puertas
19	monolítico	45 minutos	84%	40 dB	2.9 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>
23	monolítico	60 minutos	88%	41 dB	3.6 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>
37	monolítico	90 minutos	85%	45 dB	2.4 m <sup>2</sup>	2.4 m <sup>2</sup>
54	termopanel	120 minutos	78%	46 dB	2.4 m <sup>2</sup>	n/d



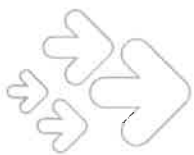
achival a.g. 

# Mecanismos de transmisión de calor en vidrios

## capítulo IV



Obra: Edificio Golf 2001  
Arquitecto: Borja Huidobro, A4 Arquitectos/Sebastian Di Girolamo,  
Germán Zegers, Cristian Valdivieso  
Cristal: Soft Coat  
Las Condes, Santiago





## Mecanismos de transmisión 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 algo absolutamente incómodo.

Por este 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 V los referidos a la transmisión acústica.

### 1. Mecanismos de transmisión de calor en los materiales

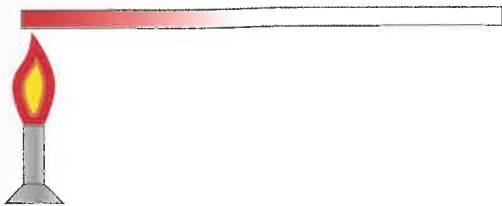
Siempre el calor se transmite desde el lado de mayor temperatura hacia el de menor temperatura. Para seleccionar los materiales que se usarán en la construcción, es necesario conocer la velocidad con que se transmite el calor en cada material (madera, paredes, vidrio, tejas, acero, etc.), de modo de 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 a 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.**



### 1.3. Transmisión de Calor por Radiación

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 (radiación de onda corta): 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 foto se ejemplifica un caso de transferencia de calor por radiación solar. Se observa que es calor producido directamente por los rayos del sol.

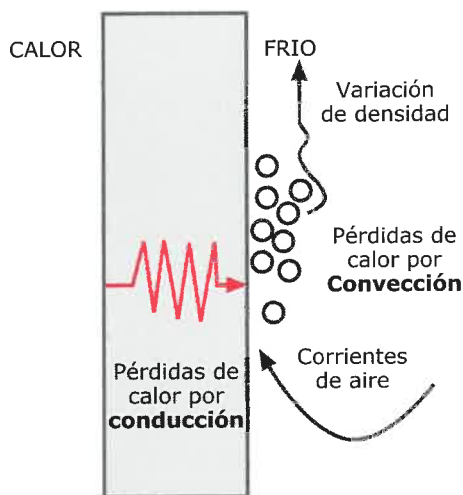
## 2. La transmisión de calor en los vidrios

Aplicaremos los mecanismos descritos en el punto anterior, al caso específico de los vidrios (ver fig. 4.3):

**2.1. Transmisión por Conducción:** El calor se transmitirá molécula a molécula a través de la masa de vidrio.

**2.2. Transmisión por Convección:** 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. 4.3: mecanismo de transmisión de calor en vidrios**



### En resumen:

Valor U Europeo o Valor K:  $W/m^2/K^\circ$

Valor U Americano:  $Btu/hr/sqFt /F^\circ$

Para medir la velocidad de transferencia de calor debido a la conducción y la convección, (transmitancia térmica) se utiliza el coeficiente de transmisión de Calor  $K^\circ$  o valor U. En este manual, se presentan los dos índices de medición para la transmitancia térmica.

Valor K (Standard Europeo): Coeficiente de transmisión térmica (basado en los estándares CEN - ISO 9050).

El valor K es el calor total, expresado en vatios, transmitido a través de un acristalamiento de  $1 m^2$  en una hora, por cada grado Kelvin de diferencia entre el interior y el exterior. Se mide en las siguientes unidades:  $W/m^2/K^\circ$

El valor K se mide en base a los coeficientes superficiales de intercambio térmico de las caras interior y exterior del acristalamiento:

Interior:  $8 (W/m^2/K^\circ)$

Exterior:  $23 (W/m^2/K^\circ)$



Valor U (Standard Americano): Coeficiente de transmisión térmica del acristalamiento determinado bajo las siguientes condiciones (basado en el estándar ASHRAE)

Se mide en las siguientes unidades: (Btu/hr/sqft/F°)

Cuanto más bajo es el valor U, menor es el calor transmitido a través del vidrio. Un mayor coeficiente significa una mayor transmisión de calor a través del cristal.

**Para efectos prácticos, en adelante, a estos índices les llamaremos valor U y se indicará bajo este valor su respectivo índice de medición.**

En el cuadro 5.1 se observan diferentes valores en diversos vidrios usualmente utilizados en construcción. Además, se observa la casi nula variación en los valores U al aumentar el espesor.

La transmitancia térmica no mejora al aumentar el espesor del vidrio. Estos valores se pueden mejorar a través del DVH y/o cristales de baja emisividad (Low-E).

**Cuadro comparativo 4.1**

Tipo de Cristal	Espesor (mm)	Valor U (Europeo) W/m <sup>2</sup> /K°	Valor U (Americano) (Btu/hr/sqft/F°)
Incoloro	3	5.8	1.03
Incoloro	4	5.8	1.03
Incoloro	5	5.8	1.03
Incoloro	6	5.7	1.01
Incoloro	8	5.6	0.99
Incoloro	10	5.6	0.99
Incoloro	12	5.5	0.98

A diferencia del cristal monolítico, en el Cuadro comparativo 5.2, se observa que la transmitancia térmica en un termopanel se reduce a la mitad.

**Cuadro comparativo 4.2**

Tipo de Cristal	Espesor (mm)	Valor U (Europeo) W/m <sup>2</sup> /K°	Valor U (Americano) (Btu/hr/sqft/F°)
Incoloro	6	5.7	1.01
DVH	6 /12 aire/6	2.8	0.49

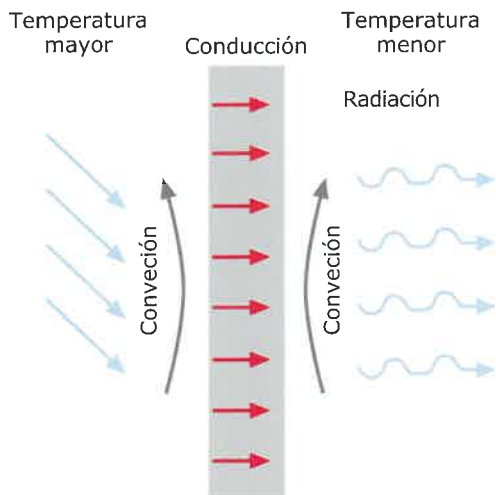
La cantidad de calor por hora transmitido a través de una superficie de 1 m<sup>2</sup> por cada grado de temperatura de diferencia entre el interior y el exterior con un termopanel se reduce a la mitad.

Para reducir aún más la transmitancia térmica, existen los cristales de baja emisividad (Low-E). El valor U disminuye aún más llegando a ser un tercio del traspaso de energía de un cristal incoloro instalado de manera monolítica.

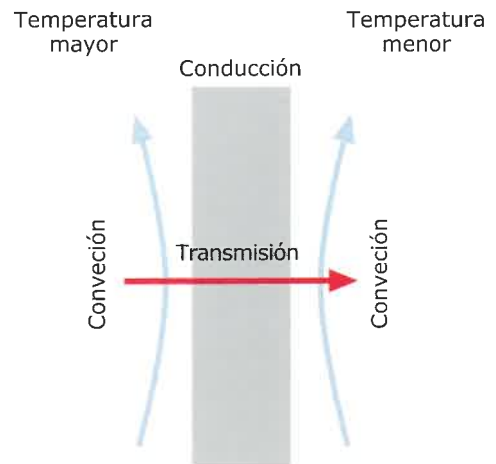
**Cuadro comparativo 4.3**

Tipo de Cristal	Espesor (mm)	Valor U (Europeo) $W/m^2/K^{\circ}$	Valor U (Americano) (Btu/hr/sqft/F $^{\circ}$ )
Incoloro	6	5.7	1.01
Termopanel	6 /12 Aire / 6	2.8	0.49
Termopanel	6 /12 Aire / 6 Low-E	1.8	0.32
Termopanel	6 /12 Argón / 6 Low-E	1.4	0.24

**Fig. 4.4 Comportamiento del Calor frente a una lámina de Vidrio**



**Fig. 4.5 Valor U**





## 2.3. Transmisión por Radiación:

El valor U mide la transferencia de calor cuando existe una diferencia de temperatura aire/aire entre ambos lados de un material. No toma en cuenta las transferencias de calor por radiación solar.

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. Radiación solar

Es el calor que ingresa a una habitación producido exclusivamente por el efecto de los rayos del sol a través de un cristal.

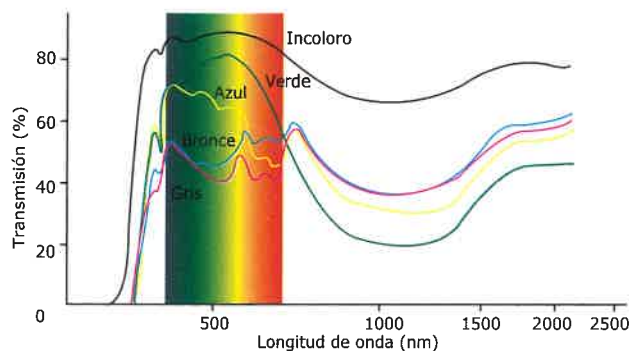
Sus características principales son:

- Es producido por los rayos del sol.
- Son de longitud de onda corta.
- Es energía entrante a la vivienda.

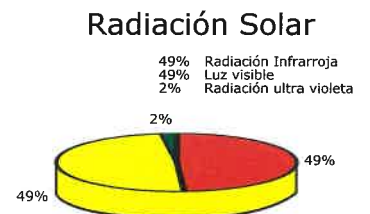
En la fig. 4.7 se muestra el espectro de radiación solar, el cual está formado por radiación UV, radiación visible y radiación infrarroja.

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. 4.8). En algunas situaciones es necesario aprovechar esta energía gratuita y aprovecharla total o parcialmente (zonas frías); pero en otras situaciones es una carga indeseable (zonas calientes) que origina demasiado calor y excesos de gastos de refrigeración.

**Fig. 4.6: espectro de Radiación Solar**

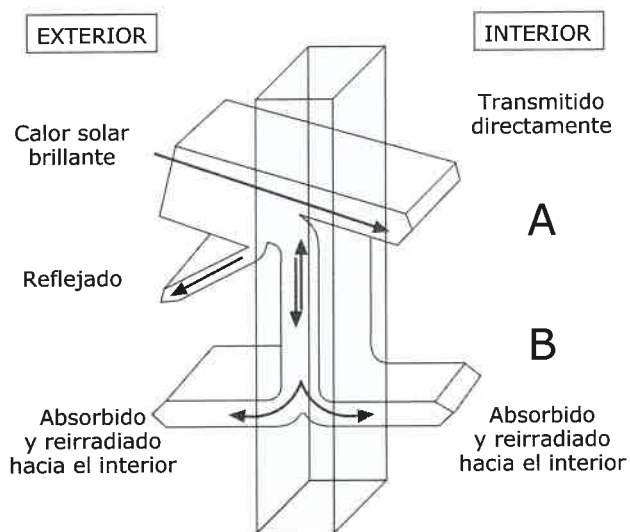


**Fig. 4.7 composición de la radiación solar**



Los dos coeficientes que se utilizan cuando se trata de medir la cantidad de calor por radiación que atraviesa un determinado vidrio son el Coeficiente de Sombra (CS) y el FACTOR SOLAR (FS). Para entender estos conceptos utilizaremos como ayuda gráfica a la fig. 4.8

**Fig. 4.8: 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. 4.8 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 y un porcentaje que es reflejado al exterior).

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.

**Coefficiente de sombra (CS):** Es la ganancia de calor solar (A+B, de la fig. 4.9) de un vidrio determinado respecto a la ganancia de calor solar de un vidrio incoloro 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 factor solar es, 0.87.

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

Algunos valores de CS:

Cristal	Espesor (mm)	Coefficiente de sombra
Gris	6	0.66
Bronce	6	0.73
Reflectivo Verde #2	6	0.43
Verde	6	0.59
Gris oscuro	6	0.39

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 aislamiento térmico de un vidrio que se expresa con el valor U 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 coeficiente de sombra se mejora a través de dos efectos:

**Absorción:** Es la cantidad de calor solar radiante que es absorbida por la masa de un cristal. Se logra una mayor absorción al agregar metales a la masa (vidrios tintados)

**Reflexión:** Es la cantidad de calor solar radiante que es reflejada por la superficie del cristal. Se logra una mayor reflexión al agregar capas de materiales reflectivos a la superficie de un cristal.

#### Cuadro Comparativo 4.4

Tipo Cristal	Espesor (mm)	Coefficiente de Sombra	Valor U Europeo W/m <sup>2</sup> /K <sup>o</sup>	Valor U Americano Btu/hr/sqft/F <sup>o</sup>
Incoloro	3	1.0	5.8	1.03
DVH	6/12/6	0.81	2.8	0.49
Bronce	3	0.85	5.8	1.03
Gris	6	0.66	5.7	1.01
Reflectivo verde	6	0.52	5.7	1.01
DVH	Ref. verde/12/6	0.41	2.8	0.49

#### Transmisión de Luz (T.L)

Es el porcentaje de luz visible que pasa directamente a través del vidrio.

**Cuadro 4.5: Valores de C.S y T.L para algunos vidrios de Control Solar**

Tipo de Cristal (mm)	CS	T.L (%)
Incoloro 6 mm	0.95	87
Bronce 6 mm	0.73	55
Gris 6 mm	0.66	44
Bronce 10 mm	0.52	28
Gris 10 mm	0.52	28
Reflectivo Bronce 6	0.53	40
Reflectivo Gris 6	0.48	32

Nota: Valores referenciales, pueden variar de acuerdo al fabricante.

Los valores mayores de T.L corresponderán a los vidrios incoloros y, aunque en principio es deseable un valor de T.L 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 relación a los Vidrios serigrafados (ver capítulo II, "Tipos de Vidrios y sus Procesos"), el C.S depende del porcentaje de área serigrafada, del color de la serigrafía y del tipo de vidrio utilizado.

### 2.3.2.-Radiación 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:

- Es producida por los cuerpos calientes del interior de las viviendas.
- Es radiación de onda larga.

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 (en invierno).

Para controlar la pérdida de este calor, se ha desarrollado el vidrio de baja emisividad (en inglés Low-e) que tiene la propiedad de rechazar la radiación de onda larga.

Como el vidrio de baja emisividad 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 U, 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.L.)

Una última generación de vidrios de baja emisividad posee también propiedades de Control Solar (disminuye el CS) permitiendo así disponer las dos propiedades en un solo vidrio: control solar y transmitancia térmica.



### 3. El uso de los vidrios para controlar la transmisión 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 debe 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 m<sup>2</sup> de pared tradicional por un m<sup>2</sup> de vidrio, se está prácticamente cuadruplicando el intercambio térmico 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 hoy en día.
- Desde el punto de vista de la radiación solar, la energía infrarroja (calórica) representa el 50% del total de la radiación solar, por lo que la carga térmica que implica esto 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 a 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 DVH o vidrio Low-e (tal como se explicó en el punto anterior).

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

- disminución del valor U
- disminución del C.S (si uno de los cristales es de control solar)
- disminución de la pérdida de calor por radiación de los cuerpos calientes.



### El Doble Vidriado Hermético y el valor U

El DVH es un muy buen aislante térmico porque entre sus dos hojas de vidrio, almacena una cámara de aire quieto seco. El aire quieto es uno de los 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 U. (ver Capítulo III, "Composiciones Vidriadas")

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

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

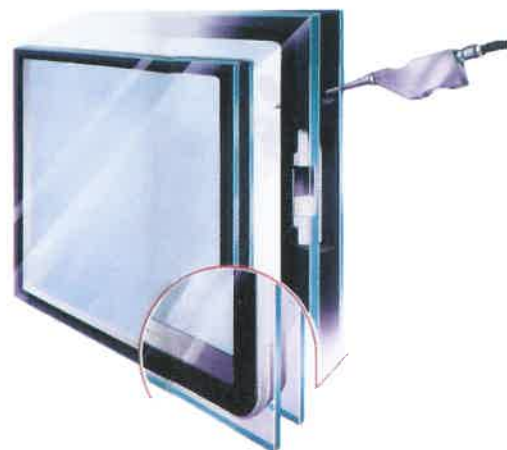
¿Cómo se puede lograr disminuir aún más el valor U en un DVH? Existen las siguientes alternativas para lograr esto:

- Reemplazar el aire por un gas (ej. argón) de menor conductividad.
- Utilizar vidrio de baja emisividad (Low-e).

Al aumentar el ancho de cámara el valor U 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, se obtienen importantes valores de disminución del valor U, 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 U de más del 30% respecto a un DVH sin Low-e. (Ver cuadro 4.3, Página 87).



Relleno de un DVH con gas



## EL DOBLE VIDRIO y EL CS

El DVH admite el uso de vidrios de control solar, 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 II, "Tipos de Vidrio para la Construcción"), debiendo tenerse en cuenta las diferencias entre ambos usos:

- **En cara 1:** 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).
- **En cara 2:** 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. Por otro lado, como los rayos del sol atraviesan el vidrio 2 veces, existe una gran probabilidad de rotura por estrés térmico (ver capítulo VII, "Estrés Térmico")

Obra: Universidad Católica del Norte  
Arquitecto: Eleonora Román  
Cristal: Cristal de control solar reflectivo  
Antofagasta



## RESUMEN FINAL

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

El DVH es una eficaz solución a este problema, pues su cámara de aire estanca limita las transferencias 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% en el valor U. 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.

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.

De este modo - con una adecuada elección de los vidrios y la cámara de aire - se puede alcanzar valores U tan bajos como 1.8 o menor aún (usando gases diferentes al aire). Si comparamos estos valores con el valor U de las paredes de albañilería, 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.

## 4. Reglamentación térmica

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población, a través de mejorar los estándares de la vivienda, ha incorporado en los últimos años modificaciones a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Estas modificaciones se dividieron en una primera y segunda etapa, mediante las cuales se han definido exigencias que las viviendas deben cumplir.

Objetivos:

1. Disminuir al máximo las demandas de energía.
2. Utilizar y optimizar las ganancias internas y externas.
3. En el caso de requerir calefaccionar o refrigerar, utilizar sistemas no contaminantes, eficientes y de bajo costo.

La segunda etapa de la reglamentación térmica, entró en vigencia en enero de 2007 y se refiere a los muros envolventes de la vivienda, superficie máxima para las ventanas y pisos ventilados.

En estricto rigor, la nueva reglamentación establece el nivel de transmitancia y resistencia térmica de cada uno de los elementos de la envolvente de la vivienda, de los pisos y ventanas.

Chile es el primer país de Latinoamérica que ha incorporado en su reglamento de construcción exigencias térmicas para la vivienda.



MODIFICACION A DECRETO SUPREMO Nº 47, DE VIVIENDA Y URBANISMO, DE 1992, ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES.

Publicada en el Diario Oficial el día miércoles 4 de enero de 2006. Decreto Nº 192.-que modifica Nº 47, de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

*Santiago, 11 de noviembre de 2005, decreto N°192.*

Entra en vigencia el 4 de enero de 2007.

#### **Artículo 4.1.10**

### **2. EXIGENCIAS PARA VENTANAS**

Se considerará complejo de ventana a los elementos constructivos que constituyen los vanos vidriados de la envolvente de la vivienda.

#### **A. Porcentaje máximo de superficie de ventanas respecto a parámetros verticales de la envolvente:**

El complejo de ventana deberá cumplir con las exigencias establecidas en la Tabla 3, en relación al tipo de vidrio que se especifique y a la zona térmica en la cual se emplace el proyecto de arquitectura. El tipo de vidrio a utilizar en las superficies de ventanas deberá ser especificado en las especificaciones técnicas del proyecto de arquitectura.

Para determinar el porcentaje máximo de superficie de ventanas de un proyecto de arquitectura, se deberá realizar el siguiente procedimiento:

- a) Determinar la superficie de los parámetros verticales de la envolvente total del proyecto de arquitectura. La superficie total a considerar para este cálculo, corresponderá a la suma de las superficies interiores de todos los muros perimetrales que considere la unidad habitacional, incluyendo los medianeros y muros divisorios.
- b) Determinar la superficie total de ventanas del proyecto de arquitectura correspondiente a la suma de la superficie de los vanos del muro en el cual está colocada la ventana, considerando para ello, el marco como parte de su superficie. Para el caso de ventanas salientes, se considerará como superficie de ventana aquella correspondiente al desarrollo completo de la parte vidriada.

La superficie máxima de ventanas que podrá contemplar el proyecto de arquitectura corresponderá a la superficie que resulte aplicar de la tabla 3, respecto de la superficie de los parámetros verticales de la unidad habitacional señalada en el punto a) precedente, considerando la zona y el tipo de vidrio que se especifique.

**TABLA 3**  
**Ventanas**  
**%Máximo de Superficie Vidriada Respecto a**  
**Parámetros Verticales de la Envolvente**

Zona	Vidrio Monolítico (b)	Doble Vidriado Hermético (c) $3.6 \text{ W/m}^2/\text{K}^\circ > -U > 2.4 \text{ W/m}^2/\text{K}^\circ$ (a)	Doble Vidriado Hermético (c) $U < 2.4 \text{ W/m}^2/\text{K}^\circ$
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

(a) La doble ventana que forme una cámara de aire se asimila al DVH, con valor U entre 3.6 y 2.4,  $\text{W/m}^2\text{K}$

(b) Vidrio monolítico: De acuerdo a la norma NCh 132, se entenderá por aquel producto inorgánico de fusión, que ha sido enfriado hasta un estado rígido sin cristalización, formado por una sola lámina de vidrio.

(c) Doble Vidriado Hermético (DVH):

De acuerdo a la NCh 2024, se entenderá por doble vidriado hermético el conjunto formado por dos o más vidrios paralelos, unidos entre sí, por un espaciador perimetral, que encierran en si interior una cámara con aire deshidratado o gas inerte.





En el caso que el proyecto de arquitectura considere más de un tipo de vidrio, según Tabla 3, se deberá determinar el máximo porcentaje posible para cada tipo de vidrio respecto a la superficie total de la envolvente vertical. Para ello, por cada tipo de vidrio a utilizar, se deberá aplicar la siguiente fórmula:



$$TP \times MV = MSV$$

**TP:** Porcentaje del tipo de vidrio respecto del total de la superficie vidriada.

**MV:** Porcentaje máximo de superficie vidriada respecto a parámetros verticales de la envolvente, según tabla 3.

**MSV:** Porcentaje máximo de superficie para tipo de vidrio, respecto de la superficie total de la envolvente.

#### B. Método alternativo del U ponderado:

Sólo en las zonas térmicas: 3, 4, 5, 6 y 7, se podrá utilizar un método alternativo del U ponderado el cual sólo podrá aplicarse para el caso de los vidrios monolíticos.

Para los casos previstos en el párrafo anterior, se podrá aumentar la superficie vidriada sobre los valores de la tabla 3 de este artículo, compensando el aumento de superficie vidriada con el aumento de la transmitancia térmica de la solución de muros. El U ponderado deberá tener un valor igual o menor al señalado para la zona en la que se ubique el proyecto de arquitectura de acuerdo a la Tabla 4 siguiente:

**Tabla 4**

Zona	U Ponderado W/m <sup>2</sup> /K°
3	2.88
4	2.56
5	2.36
6	1.76
7	1.22

Para determinar la transmitancia térmica ponderada de los paramentos verticales de la envolvente del proyecto de arquitectura, se deberá calcular el U ponderado del proyecto de conformidad a la fórmula que se señala, debiendo los muros perimetrales el contacto al exterior poseer una transmitancia térmica igual o menor al valor establecido, según zona térmica, en las exigencias para muros de la tabla 1 del presente artículo:

- SM:** superficie de muro
- UM:** Transmitancia térmica del muro
- SV:** superficie de ventana
- UV:** transmitancia térmica ventana
- STE:** superficie total de los parámetros verticales de la envolvente del proyecto de arquitectura

Para aplicación de la fórmula del párrafo anterior, los muros que limiten con 1 o más locales cerrados, deberán considerarse como parte de la envolvente para efectos de cálculo del U ponderado. Para estos muros se adoptará la transmitancia establecida para la zona térmica en la cual se emplace el proyecto de arquitectura, de acuerdo a la tabla 1, independiente de su transmitancia térmica real.

En el caso en que los paramentos verticales del proyecto de arquitectura estén compuesto por más de una solución constructiva, determinando así, más de una transmitancia térmica para muros, se aplicará la siguiente fórmula para determinar el U ponderado:

$$\frac{(SM - 1 \times U 1) + (SM - 2 \times U 2) + (SM - n... \times U-n...) + (SV \times UV)}{STE} = U \text{ ponderado}$$



**SM - 1:** superficie muro 1

**U-1:** transmitancia térmica muro 1

**SM-2:** Superficie muro 2

**U-2:** transmitancia térmica muro 2

**SV:** Superficie ventana

**UV:** Transmitancia térmica ventana

**STE:** Superficie total de los paramentos verticales de la envolvente

En ambos casos, si el proyecto de arquitectura contempla más de un tipo de ventana, asimilados a distintos valores de Transmitancia, según la tabla 3, se ponderará toda la superficie vidriada con el valor de transmitancia térmica del vidrio monolítico.

La superficie de ventana para el vidrio monolítico del cálculo del U ponderado no podrá, en ningún caso aumentar más de un 40% respecto al porcentaje máximo de superficie permitido por la zona térmica según lo señalado en la tabla 3.

**Para mayor información: visitar [www.mart.cl](http://www.mart.cl)**





achival a.g. 

# Aislamiento Acústico en Vidrios

capítulo V



Obra: Hotel Holiday Inn Express Aeropuerto de Santiago  
Arquitecto: Ruiz Tagle / Vicuña Arq.  
Cristal: Laminado Acústico  
Atenuación: 48 dB





## Aislamiento Acústico en Vidrios

La contaminación acústica es uno de los males característicos de la civilización actual y es causa de numerosas patologías no sólo físicas sino también síquicas que afectan al hombre de nuestro tiempo. Evitar que este tipo de contaminación se introduzca en los espacios habitados es primordial para garantizar el bienestar de las personas que allí viven y - si el edificio está destinado a actividades económicas - mejorar la productividad de las personas que ahí trabajan.

Existe una gama muy amplia de fuentes de ruido cotidiano. Por ejemplo:

- Tráfico automotriz
- Tráfico aéreo
- Ruidos de ferrocarril
- Trabajos de construcción
- Mascotas
- Actividad diurna y nocturna en el entorno
- Otros

Los materiales con que se construyen los edificios cumplen un papel importante en la disminución del ingreso de esos ruidos al interior de las viviendas. Las paredes gruesas, los ladrillos, el hormigón, los paneles de yeso, etc. son materiales que atenúan el ruido.

Por el contrario, como la arquitectura ha privilegiado la transparencia, luminosidad y visión en la construcción, las superficies vidriadas constituyen un porcentaje importante del total de la envolvente de los edificios, y ya que el vidrio es un muy buen transmisor del sonido, se ha ido en desmedro de la calidad acústica interior en los recintos habitados. Por este motivo, la industria del vidrio ha desarrollado variadas tecnologías para atenuar el ruido tan eficientemente como los materiales nombrados anteriormente.

Para lograr este desarrollo es indispensable conocer 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 características del sonido, con el fin de lograr una adecuada selección del vidrio que se utilizará en cada caso.

Es necesario hacer una aclaración previa: la acústica es una disciplina muy compleja para ser tratada en profundidad en este manual, por

lo que sólo mencionaremos los conceptos básicos que deben ser conocidos por quién selecciona vidrios para control acústico en los casos más comunes. Para cálculos más precisos o para requisitos de aislamiento acústico muy rigurosos, se deberá consultar con especialistas.

## 1. Conceptos básicos de acústica

### 1.1. Sonido

El sonido es producido por la vibración de un objeto. Esta vibración genera una perturbación 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, el cual las transforma en señales que son transmitidas al cerebro.

Un sonido se puede caracterizar por:

- Su Amplitud
- El Espectro o contenido de Frecuencias que componen ese sonido

### 1.2. Amplitud del sonido

La amplitud del sonido está definida por la magnitud de la diferencia de presión generada por el pulso vibratorio en el aire. Esta amplitud se conoce como presión sonora y se mide en Pascales [Pa]. Ya que la escala en Pascales resulta compleja de manejar (Ver Cuadro 5.1) se utiliza una escala de medición llamada decibel, (dB) que consiste de aplicar una relación logarítmica entre la presión del sonido y una presión de 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 Ruidos Tipos**

Presión [Pa] (micropascales)	Nivel de Presión Sonora [dB]	Sonidos típicos
20.000.000	120	Umbral del dolor (avión despegando)
6.300.000	110	Concierto de rock
2.000.000	100	Compresor
630.000	90	Calle ruidosa
200.000	80	Música alta
63.000	70	Tránsito promedio
20.000	60	Oficina
6.300	50	Conversación normal
2.000	40	Televisor
630	30	Jardín tranquilo
200	20	Tictac del reloj
63	10	Crujido de papel



La escala dB está construida sobre una base logarítmica (se ha hecho así porque el oído humano responde a la amplitud del sonido en una forma bastante similar a la escala logarítmica), lo cual se debe tener 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 presión sonora 10 veces, el nivel de presión sonora aumenta 20 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 100 veces más intenso.

Otros aspectos a tener en cuenta es la relación entre la presión sonora y la percepción del oído humano:

- Para intensidad baja y media (aproximadamente hasta 60 dB):  
Usualmente el oído no puede detectar una variación de presión sonora de 1 ó 2 dB.  
Un cambio de 3 dB es perceptible al oído humano.  
Un cambio de 7 dB es detectado en cualquier condición.  
Un aumento de 10 dB es percibido como doblemente sonoro por el oído humano.
- Para intensidades altas (aproximadamente desde 70 dB) cualquier cambio en la presión sonora, por pequeño que sea, es inmediatamente perceptible por el oído humano.



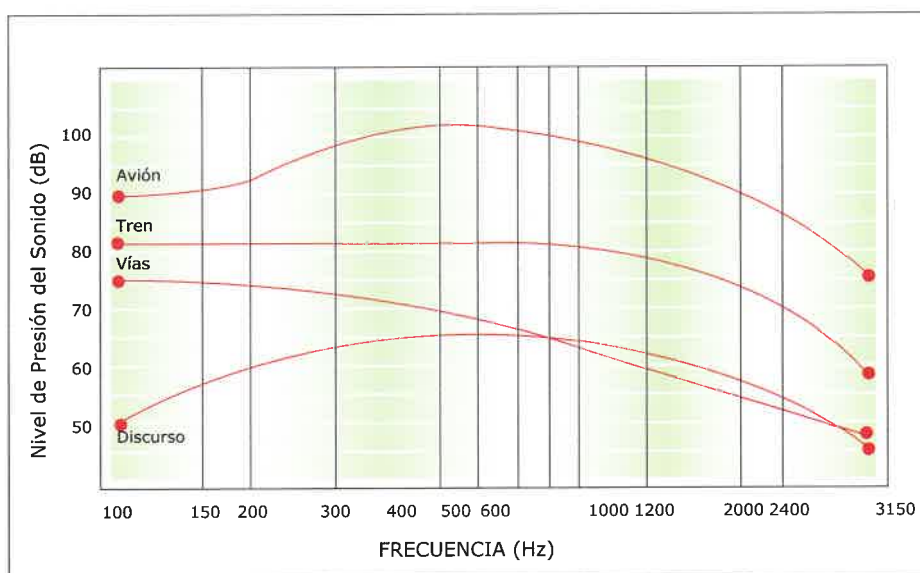
### 1.3. Espectro de frecuencias

En realidad los sonidos que escuchamos rara vez son sonidos puros, sino que más bien 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 y amplitud). Podemos decir que el sonido es una combinación de energía acústica de distintas frecuencias.

El sonido, como fenómeno ondulatorio se mide en ciclos por segundo (Frecuencia del sonido) y su magnitud es el Hertz [Hz]. Una onda sonora de 500 de frecuencia significa que hay 500 Hz oscilaciones de presión por segundo. 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.
- Normalmente un sonido está compuesto por múltiples frecuencias.

**Fig. 5.1: Fuentes comunes de ruido**





De acuerdo con las características de las fuentes que emiten ruido, podemos agruparlas según las frecuencias principales que emiten. Es así como se puede presentar el siguiente cuadro:

**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 atenuación de sonido de los diferentes tipos de vidrios.

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 porosidad y la densidad del material
- Transmisión del sonido: Depende de la rigidez y la masa del material.

Como consecuencia de estos efectos siempre existirá un porcentaje del sonido incidente que pasará a través del material, propagándose de un recinto a otro.

## 2. Índices de Reducción Sonora

### 2.1 STC

Existen distintos índices para caracterizar el aislamiento acústico de un elemento divisorio, los cuales se expresan en decibeles. Estos índices ponderan las frecuencias del sonido de diferentes maneras.

Entre estos índices de medición el más conocido se denomina STC (Sound Transmission Class), el cual corresponde a una curva de ajuste que considera frecuencias bajas, medias y altas. Abarca un rango de frecuencias entre los 125 y 4000 Hz y corresponde a la norma americana ASTM E413. Para el caso del ruido de tráfico se utiliza el OITC (Outdoor – Indoor Transmisión Class).

## 2.2. Rtra

A su vez las normas ISO consideran el aislamiento acústico a través del valor R, que va desde 100 a 3150 Hz. Una forma de ajustar este valor a un solo índice que considere el ruido emitido por el tráfico se denomina Rtra o RA, tr (reducción de ruidos de tráfico), que se concentra en un rango de frecuencias típico para ruidos producidos por esta fuente acústica. Con este índice se obtiene la capacidad del vidrio para filtrar el paso del ruido producido por un espectro de frecuencias bajas y medias, como lo son los del tráfico urbano. Se mide en dBA, unidad que representa la respuesta del oído humano frente a los distintos ruidos.



## 2.3. Otros índices:

Es común encontrar tablas con valores de transmisión acústica de materiales que hacen referencia a otros índices, tales como: R y Rw. En la práctica la diferencia entre estos índices y los descritos anteriormente es muy baja.

En el siguiente cuadro se detallan las equivalencias entre los índices y la norma a la que corresponde.

**Cuadro 5.3**

Norma	Índice
ASTM E90	TL (sound transmission loss)
ASTM E413	STC (sound transmission class)
ASTM E1332	OITC (Outdoor-Indoor Transmisión Class )
ISO 140	R (sound reduction index)
ISO 717/1	Rw (weighted sound reduction index) RA, tr o Rtra (Ruido de tráfico)

En la práctica, TL y R tienen el mismo significado (aunque sus valores difieren levemente, sin embargo, pueden usarse indistintamente). Lo mismo sucede para STC y Rw.

Para lograr índices apropiados de aislamiento acústico en vidrios, debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:



**Aumentar la masa del material:** La Ley de Masa indica que al duplicar la masa o la frecuencia el aislamiento acústico aumenta 6 dB. Por lo tanto, al aumentar la masa del vidrio (espesores mayores) aumenta el aislamiento acústico. 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 Masa no funciona completamente bien.

**Mejorar el amortiguamiento del elemento constructivo:** Esto, que en acústica se relaciona con el factor de pérdida da cuenta de la capacidad de disipar la energía vibratoria y convertirla en calor. La manera más efectiva de incorporar amortiguación al vidrio, es a través de una lámina plástica de PVB que posee el Cristal Laminado Acústico. Este PVB acústico absorbe parte de la energía acústica que se ha traspasado al vidrio como vibración y así disminuye la transmisión del sonido.

### 3. Transmisión acústica en vidrios

#### 3.1. Transmisión acústica en vidrio monolítico

La fig. 5.2 detalla los espectros de aislamiento acústico para vidrios monolíticos de distinto espesor. Se observa lo siguiente:

- El aislamiento aumenta linealmente con la frecuencia
- Al aumentar el espesor (mayor masa) el aislamiento acústico aumenta siguiendo la Ley de Masa (al duplicar la frecuencia el aislamiento 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 en el material. Aquí el factor principal de aislamiento acústico es la rigidez y el amortiguamiento estructural de la placa.



Obra: Gimnasio Neo Sport  
 Cristal: Laminado Acústico 6.8 mm  
 Atenuación: 35 dB  
 Peñalolen, Santiago



- 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 el aislamiento acústico. La frecuencia a la que esto ocurre es la llamada frecuencia crítica ( $f_c$ ), siendo

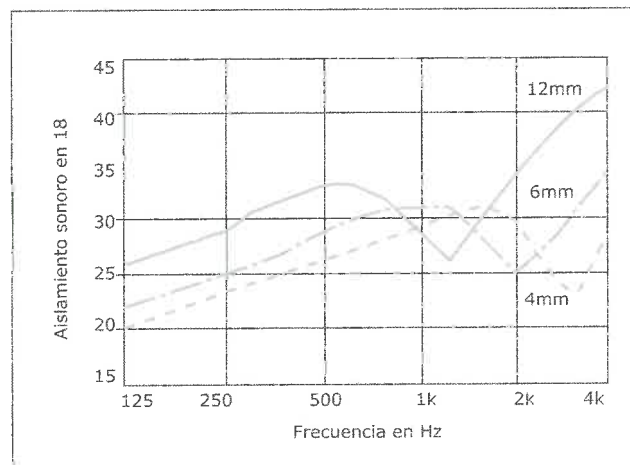
$$f_c = 12.000 \text{ Hz} / d$$

( $d$  = espesor del vidrio en mm)

Como se puede observar en la fig. 5.2, la frecuencia crítica varía con el espesor del vidrio.

Para eliminar las mermas de aislamiento por efecto de coincidencia, se debe usar vidrio laminado con PVB acústico o DVH con cristal flotado de diferente espesor (DVH Asimétrico). La solución más eficiente es combinar el laminado con PVB Acústico en un DVH, tal como se explica más adelante.

**Fig 5.2: Aislamiento acústico para vidrio monolítico de diferentes espesores**





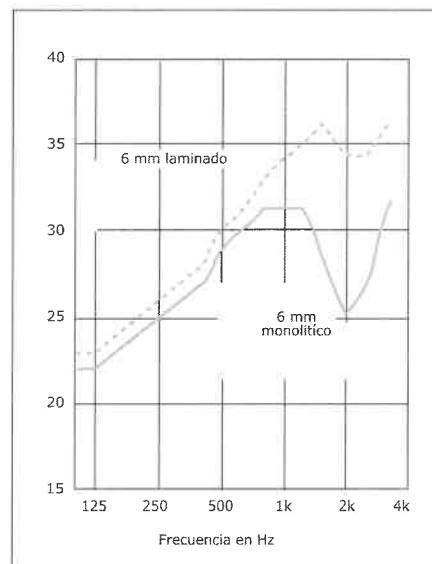
### 3. 2. Transmisión acústica en vidrio laminado con PVB acústico

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

La fig. 5.3 compara el aislamiento acústico 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 el aislamiento acústico de un vidrio común y un vidrio laminado, aunque el de este último es un poco mayor. En este rango de frecuencias, lo que más afecta al aislamiento es la cantidad de masa.
- **Para frecuencias aproximadas a 2500 Hz:** Mientras el aislamiento acústico del vidrio monolítico cae bruscamente al llegar a la frecuencia crítica debido al efecto de coincidencia, el aislamiento acústico del vidrio laminado no se ve afectado. En este rango de frecuencia el aislamiento está dominada por la capacidad de amortiguación del PVB acústico.

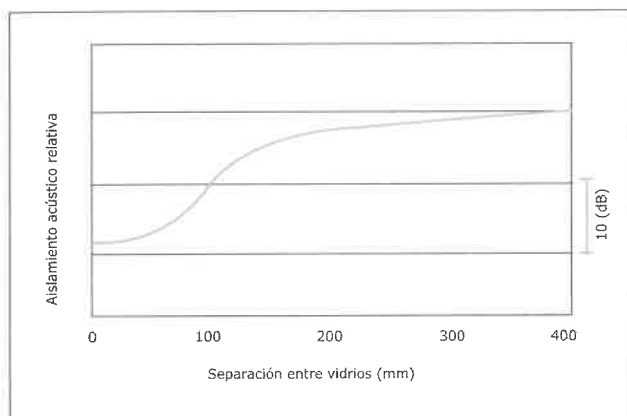
**Fig. 5.3: Aislamiento acústico de un vidrio monolítico y de un vidrio laminado de igual espesor total**



El cristal flotado laminado con PVB regular empleando cristales de espesor menores 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 aislamiento deseados.

**Fig. 5.4: influencia del ancho de cámara en el aislamiento acústico de un DVH**



### 3. 3. Transmisión acústica en DVH

El DVH permite combinar masa de vidrio, PVB y espacio de aire, logrando de esta manera, disponer de amplias posibilidades de aislamiento acústico. Sin embargo la cámara de aire tendrá un efecto positivo para espesores del orden de 50 a 200 mm (fig. 5.4).

La fig. 5.4 muestra el aislamiento acústico de un vidrio monolítico de 6 mm y el de un DVH de igual espesor total de vidrio y cámara de 6 mm. Se observa:

- **Entre 100 y 250 Hz:** El aislamiento acústico del DVH y del vidrio monolítico son muy similares, aunque el del DVH es levemente inferior. Esto es debido a los efectos de resonancia del material y resonancias de orden inferior en la cavidad de aire, lo que aumenta la transferencia sonora.
- **Entre 250 y 1000 Hz:** El vidrio monolítico tiene un aislamiento acústico sensiblemente superior a la del DVH, debido a que en este último aparece el efecto de resonancia de cavidad (resonancia vidrio-aire-vidrio), en esas frecuencias.
- **Entre 1000 y 4000 Hz:** El DVH presenta un aislamiento muy superior a medida que se acerca a la frecuencia crítica ( $f_c$ .)
- **A 8000 Hz:** Los valores son muy similares ya que en estas frecuencias la masa o inercia del elemento es similar.





En la fig.5.6 se observan los valores de atenuación acústica para tres configuraciones:

- Vidrio monolítico de 12mm.
- DVH 6/12/6.
- DVH con laminado, configuración 3+3/12/3+3.
- DVH con laminado acústico, configuración 3+3ac/12/3+3ac.

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 con PVB regular es superior en aislamiento acústico al vidrio monolítico (de mismo espesor de vidrio), en casi todo el rango de frecuencias y, por lo tanto, también superior al del DVH 6/12/6.

Fig. 5.5

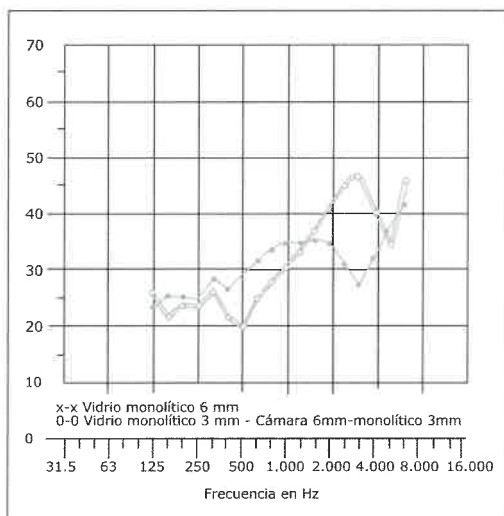


Fig. 5.5: Aislamiento acústico de un vidrio monolítico de 6 mm y un DVH del mismo espesor total de vidrio.



Fig. 5.6



Fig. 5.6: Aislamiento acústico de un vidrio monolítico de 12mm, un DVH 6/12/6 y un DVH 3+3/12/3+3.

Es conveniente utilizar en el DVH vidrios de diferentes espesores (asimétricos) de modo que no coincidan las frecuencias críticas y se desacople el efecto resonante de cavidad.

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 el cristal 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.

En resumen, los parámetros a tener en cuenta al seleccionar un DVH para aislamiento acústico, son:

- Efectos de Resonancia del vidrio.
- Ley de Masa.
- Frecuencia Crítica (fc), por efecto de Coincidencia:
  - 2 vidrios de igual espesor: única frecuencia crítica (fc.).
  - 2 vidrios de distinto espesor: 2 frecuencia crítica (fc) distintas.
- Resonancia de cavidad (reflexión sobre los lados del paño).
- Resonancia masa-aire-masa (funciona como un resorte).
- Espesor de la cámara del DVH.
- Relleno de la cámara del DVH (Aire o Gas acústico, como SF6).
- Efecto de atenuación del ruido del PVB.

### 3.4. Efecto del gas en la transmisión acústica en DVH

Se pueden obtener mejores aislamientos acústicos 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: Argón y Helio, son gases más livianos que el aire.

Además del efecto general de aumentar el aislamiento, el efecto de coincidencia se atenúa significativamente, pues se produce un desacople entre la velocidad del aire y la velocidad del gas.

## 4. Cómo seleccionar vidrios para aislamiento acústico

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 este es más intenso. Una forma simplificada de realizar el cálculo, es la 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.

### 4.1. Conocer el nivel de presión sonora y el espectro de frecuencias del ruido a aislar

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

- Tránsito automotriz
- Oficina
- Barrios residenciales
- Centro comercial
- Calles céntricas
- Autopista

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 una capacidad de aislamiento distinta (como pudo verse en las figuras anteriores).

El conocimiento de los valores típicos de intensidad de ruido a aislar (cuadro 5.4) y el espectro típico de frecuencias a aislar, permitirá la selección adecuada.

### 4.2. 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 a aislar para conocer el grado de ruido interior (en dBA) máximo que se puede admitir.

**Cuadro 5.4: Niveles recomendados de ruido interior**

#### Según Norma Europea BS 8233: 1997

Destino / Actividad	Nivel máximo de ruido (dBA)
Dormitorio	30 a 40
Biblioteca silenciosa	35 a 40
Salas de estar	40 a 45
Oficinas privadas	40 a 45
Salas de clases	40 a 45
Oficinas generales	45 a 50

En el cuadro 5.4 se observan los valores de confort acústico requerido para distintos tipos de locales o actividades.



#### 4.3. Determinar el grado de aislamiento acústico requerido

Conociendo el nivel de ruido a aislar (cuadro 5.1) y el nivel de ruido máximo aceptable según la utilización del edificio (cuadro 5.4) 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 a aislar.

#### 4.4. Resumen de los niveles de aislamiento acústico en vidrios

En el cuadro 5.5 puede observarse un resumen de los niveles de aislamiento sonoro que se pueden alcanzar con los distintos tipos de vidrios.

**Siempre se deberá tener en cuenta que las posibilidades de un cristal aislante acústico por más eficiente que sea, 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.**

achival a.g.

Obra: Organización Internacional del Trabajo (OIT)  
Arquitecto: Iglesias Prat y Cristián Boza Arq.  
Cristal: Laminado Acústico 10.8mm  
Atenuación: 38dB



**Cuadro 5.5**  
**Tabla de atenuación comparativa**

Tipo de producto	Espesor (mm.)	Atenuación (dB)	
		Ruidos generales (STC)dB	Ruidos de tráfico(Rtra)dB
Cristal Flotado	4	30	27
Cristal Flotado	6	32	28
Cristal Flotado	10	36	32
Cristal Flotado	19	40	35
Laminado PVB regular	6,4	33	29
Laminado PVB regular	8,4	34	29
DV 4/12/4	20	31	25
DV 6/12/6	24	33	26
DV 10/12/6	28	38	32
DV 10/12/4	26	36	29
Laminado Acústico	6,8	35	32
Laminado Acústico	8,8	37	33
Laminado Acústico	10,8	38	36
Laminado Acústico	12,8	39	37
Laminado Acústico	16,8	41	38
Doble Ventana 6/100/4	110	46	37
Doble Ventana 6/150/4	160	47	39
Doble Ventana 10/200/6	216	49	45

**STC:** Índice de medición para ruidos generales (promedio frecuencias altas, medias y bajas)

**Rtra:** Índice de medición para ruidos del tráfico (principalmente frecuencias bajas)

Obra: Aeropuerto Arturo Merino Benitez  
Cristal: DVH Laminado/Templado  
Arquitecto: Amunátegui Barreau Arq.  
Santiago





achival a.g. 

# Vidrios de seguridad

## capítulo VI



Obra: Tienda Apple  
Arquitecto: Bohlin Cywinski Jackson  
Cristal: Laminado  
Soho, Nueva York





## Vidrios 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
- Antibala
- Antiexplosivo

Sin cristal laminado



Con cristal laminado



## 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). 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 ÁREA 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 pueden ser verticales o inclinadas. Se considera vidrio vertical aquel 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 de 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.

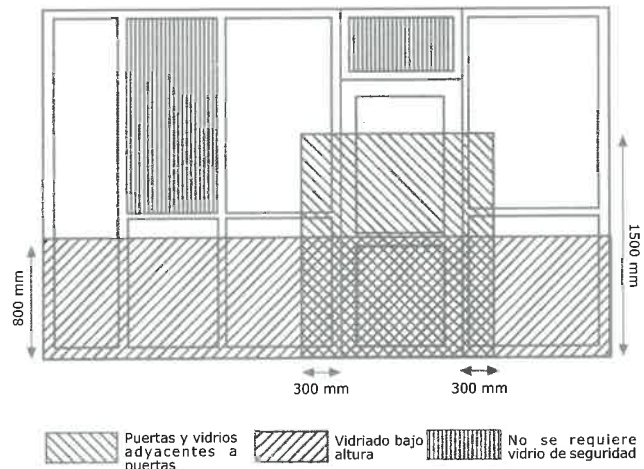


### 1.1. Áreas de riesgo (NCh 135/2 Of97)

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

- Vidrios en puertas y ventanas laterales que pueden confundirse con puertas.
- Vidrios en puertas y ventanas laterales con o sin marco, totalmente vidriados, que contengan uno o más paños de vidrio.
- Vidrios ubicados total o parcialmente a una distancia menor a 800 mm del piso.
- Vidrios para salas de baños, piscinas, gimnasios y otros lugares.
- Otros lugares: Donde exista la posibilidad de resbalarse, según sea la superficie de área de vidrio expuesta.
- Barandas protectoras.
- Salas, dormitorios, grandes ventanales.
- Otros casos especiales: Vidrios instalados horizontalmente: estructuras y revestimientos de cielo, cubiertas inclinadas, lucarnas, pisos de vidrio, otros, especificando de acuerdo con las cargas (de viento, de nieve, otras) que actúan sobre la superficie.

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





## 1.2. Criterio para diseñar vidriados de seguridad

Achival A.G. considera en este punto, necesario citar textualmente la NCh 135/1 of. 97 Punto 5:

Para definir en cuales áreas deben emplearse vidrios de seguridad y sus tipos, deben tenerse en cuenta los factores que se incluyen en las letras a) a e) siguientes:

- a) **Grado de ocupación:** En general los riesgos de accidentes con vidrios son mayores en edificios comerciales y públicos.
- b) **Tamaño:** Las dimensiones de la superficie vidriada.
- c) **Ubicación:** Su altura respecto del piso y su relación con otras partes del edificio y la posibilidad de impacto.
- d) **Instalación:** El tipo de enmarcado del vidrio (o en algunos casos su ausencia) y la presencia de barreras de protección. Como regla general, todos los vidrios deben ser instalados soportados en todos sus bordes. Las excepciones son: el V.T. (vidrio templado) y el V.T.L. (vidrio templado laminado), este último cuando es empleado en obras protegidas de la acción de la intemperie, de la acción del agua o la humedad.
- e) **Consecuencias ante su rotura:** Cuando la rotura de un vidrio constituye un factor de riesgo. Por ejemplo, techos y barandas de vidrio.



Obra: Puente Mirador Banco Santander Santiago  
Arquitecto: Gonzalo Martínez de Urquidí  
Cristal: Laminado con cristal de control solar

### 1.3. Tipos de vidrios de seguridad

La NCh 135 Of97 establece una clasificación de los vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura y los requisitos que deben cumplir para su empleo. Esta norma se aplica a los vidrios planos de seguridad armados, laminados y templados que se definen en NCh 132, y a la combinación de los anteriores, así como a los termoendurecidos - laminados

- Vidrio Templado
- Vidrio Laminado
- Vidrio Armado

Las características principales de estos tipos de vidrio ya se han explicado en los capítulos II, "Tipos de Vidrios y sus Procesos" y Capítulo III, "Composiciones Vidriadas", por lo que sólo los describiremos brevemente.

- 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 se rompe se desintegra en pequeños fragmentos que no causan heridas cortantes o lacerantes serias como las que causarían los bordes filosos de pequeños trozos de vidrio recocido.

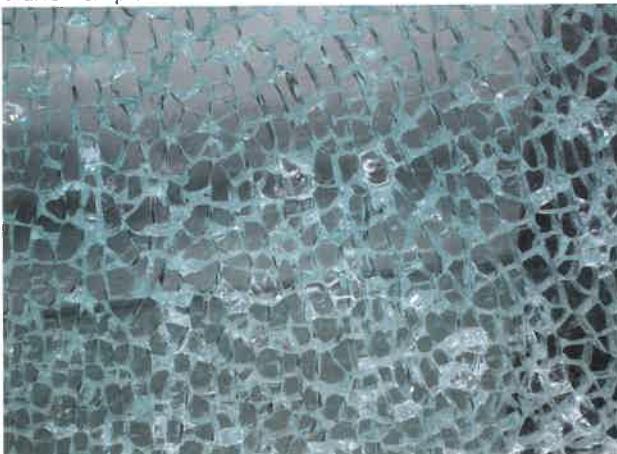
- El **Vidrio Laminado**, en caso de rotura, los trozos de vidrio roto quedan adheridos a la lámina de PVB impidiendo su desprendimiento y caída, manteniendo el conjunto dentro del marco y sin interrumpir la visión. También, en caso de impacto de personas u objetos, actúa como barrera de protección y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



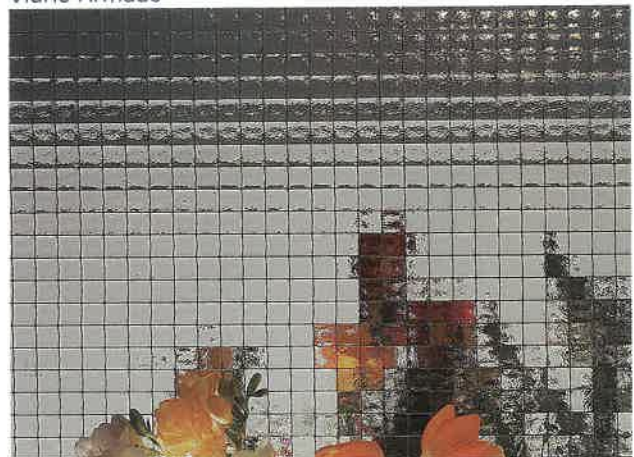
Vidrio Laminado

- El **Vidrio Armado** es un vidrio de apariencia difusa, formado por una lámina de vidrio con una malla metálica incorporada en su masa, pero no necesariamente en el centro de la lámina.

Vidrio Templado



Vidrio Armado

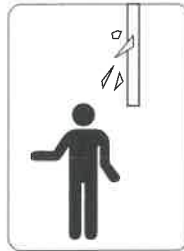




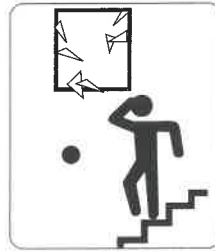
## Algunas situaciones típicas de riesgo son:

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

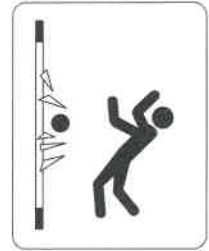
Diferentes situaciones típicas de riesgo con vidrios



• En ventanas o vidrieras altas y parasoles.



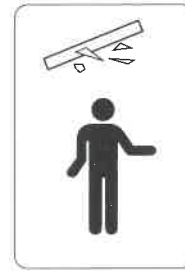
• En ventanas de escaleras o pasillos.



• En áreas vidriadas de patios de juegos.



• En barandas de balcón o ventanas que dan al vacío.



• En techos, claraboyas y marquesinas.

## 2. Seguridad de los bienes

Quando 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 para el ingreso a 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 espacio suficientemente grande ni lo suficientemente rápido.

Obviamente, hay muy variados elementos que se pueden utilizar para tratar de ingresar a través de los vidrios, tales como martillos, cortafierros, mazos, hachas, 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.

## 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 antibalas

Los vidrios antibalas son vidrios multilaminados formados por varias láminas de vidrio 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 desprenderán fragmentos del lado atacado.

Los espesores de los vidrios así como la cantidad de láminas de PVB dependerán del tipo de protección solicitada.

Para diseñar el vidrio adecuado se deberá tener en cuenta:

- La solicitud:
  - Tipo de arma (calibre, si es portable en una sólo mano, otros.).
  - Tiempo de ataque.
  - Severidad del ataque.
  - Distancia del ataque.
- El resultado esperado:
  - Que el cristal no sea traspasado.
  - Que se rompa sin dejar astillas.
  - Que se rompa sin salir del vano.

Siempre se deberá consultar con un especialista para lograr el diseño más adecuado.





## **Criterios para el uso del cristal flotado en áreas de riesgo**

El cristal flotado a emplear en edificios, tanto en aberturas exteriores como el utilizado en cerramientos y aplicaciones interiores, debe ser del tipo adecuado para cada aplicación.

Aplicado en **aberturas exteriores**, en función de su forma y tamaño, debe presentar el espesor y modo de sustentación adecuados para resistir la presión del viento y otras sollicitaciones, tales como las derivadas del movimiento de las estructuras resistentes, dilatación o contracción de los materiales, el accionamiento de las aberturas, movimientos telúricos, etc.

Utilizado como componente decorativo o funcional, en estantes, cubiertas de mesa y otros usos, además del peso propio deberán tenerse en cuenta las cargas estáticas o dinámicas actuantes.

En aquellas situaciones en que el acristalamiento está expuesto a la **posibilidad de impacto humano**, deberá asegurarse de que no se romperá o, si esto sucede, que presente un modo de rotura que no provoque riesgos para las personas.

En acristalamientos inclinados deberá satisfacer con un margen adecuado de seguridad las sollicitaciones derivadas de dicha aplicación en caso de rotura no provocar la caída de fragmentos de vidrio roto sobre áreas de permanencia o circulación de personas.

### **Causas de Rotura**

Las causas de rotura de un vidrio dependen de un sinnúmero de factores y situaciones de diversa índole. La rotura por accidente no siempre puede ser evitada, no obstante podemos actuar preventivamente mediante la elección del tipo de cristal apropiado para cada aplicación, reduciendo las posibles consecuencias de la eventual rotura.

### **Normas del uso seguro del cristal en la construcción**

Las Normas Chilenas u o tras equivalentes de otros países, consideran aquellas situaciones o aplicaciones en las que una persona pueda impactar accidentalmente contra un paño de vidrio y aquellos casos donde un trozo de vidrio roto pueda caer sobre personas. Definen las áreas de riesgo y los requisitos que debe reunir un vidrio para poder ser instalado en tales aplicaciones.

A partir de dichas premisas y analizando cada aplicación de cristal, surgen claramente dos situaciones diferenciadas: vidriado vertical y vidriado inclinado.

### Requisitos

En el caso que la aplicación de un vidrio involucre simultáneamente más de una situación de riesgo, siempre debe adoptarse, en materia de especificación de vidrio, el requisito más exigente, y/o seleccionar un tipo de cristal flotado que satisfaga, por sumatoria de propiedades, el desempeño requerido para un acristalamiento, por ejemplo cristal flotado laminado templado.

Definidas las situaciones potencialmente peligrosas, es preciso definir el tipo de cristal flotado adecuado para cada caso y evaluar y clasificar los mismos. Para ellos, los vidrios se someten a ensayos de impacto empleando el método establecido en la NCh 135 que adopta los criterios de la norma ANSI Z 97-1 que fue el documento pionero en materia de evaluación al impacto de vidrios de seguridad para la construcción.

### Ensayos de impacto

NCh 135/5

Rotura por impacto de una esfera de acero.

NCh 135/6

Rotura por impacto de una bolsa de lastre.

NCh 135/7

Fragmentación por impacto de punzón.

### Accidentes con vidrio crudo: Algunas estadísticas

En Chile la legislación aún no es obligatoria respecto del uso de cristales de seguridad en áreas de riesgo. Desafortunadamente no existen estadísticas de accidentes con vidrio en nuestro país. Sin embargo, podemos mencionar como antecedentes la experiencia internacional en materia de estadísticas de accidentes con vidrios en edificios:

El 75% de los accidentes ocurren en el hogar. El grupo principal de afectados son niños entre 5 y 14 años de edad. Los accidentes con puertas vidriadas y puertas colindantes con patios, terrazas, jardines, y balcones, constituyen, entre otras, las aplicaciones con mayor porcentaje de accidentes.

Respecto a la distribución de las partes del cuerpo humano afectadas, estas varían según la edad del accidentado. Las partes más afectadas son la cabeza y las extremidades superiores. En niños pequeños el porcentaje de heridas en la cabeza es del 80%, índice que va disminuyendo drásticamente a medida que aumenta la edad. Las heridas en manos y brazos presentan un menor porcentaje en infantes, del orden del 14%, índice que va en aumento hasta el 75% en el caso de los adultos.

Respecto al sexo, el porcentaje de varones accidentados es mayor que para las mujeres. Cuando se analizan las causas de los accidentes, éstas varían según la edad; en el caso de los niños y adolescentes la mayor parte de los casos se producen durante actividades de juego. En las personas mayores, las caídas, las situaciones de distracción, enojo, emociones violentas y estado de ebriedad son las causas más frecuentes.

Una de las maneras en que podrían evitarse algunos accidentes es mediante acciones de prevención. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que los cambios de conducta de las personas son difíciles de lograr. La mayor efectividad se logra mediante el empleo de los materiales adecuados en áreas vidriadas consideradas de riesgo, sean aquellas verticales o inclinadas.



## Reducción de riesgos en el hogar

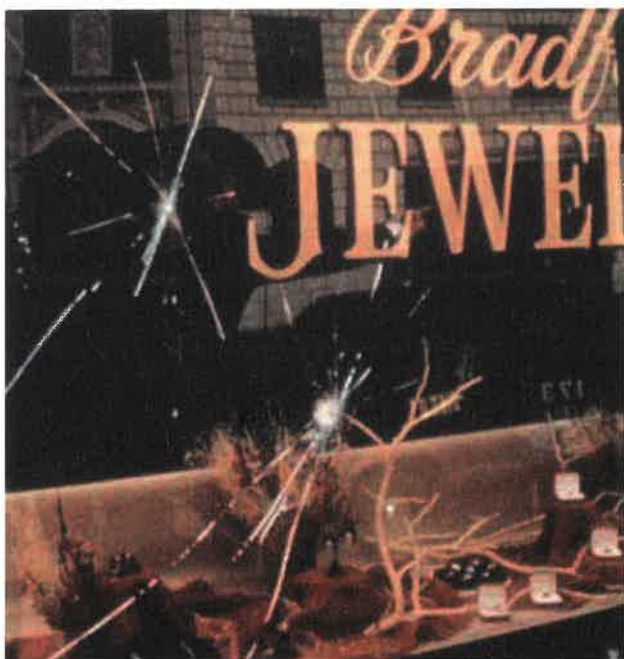
Algunos pasos de sentido común para reducir el riesgo de accidente:

- 1. Identificar claramente la presencia de un vidrio:** Marcar las grandes áreas vidriadas con tiras autoadhesivas de color u otros recursos decorativos similares para señalar la presencia de un vidrio. Asegurarse de que las zonas vidriadas estén bien iluminadas de noche.
- 2. Evitar impactos en vidrios:** En zonas vidriadas donde "no" se haya utilizado vidrio de seguridad, hay que evitar el riesgo de impacto sobre ellas. Para esto y a modo de ejemplo, podemos decir que un ventanal de grandes dimensiones podrá ser protegido por una baranda perimetral y en el caso de laterales a una puerta, colocando plantas o muebles.
- 3. Tratar el vidrio con cuidado:** Asegurarse que los niños no jueguen cerca de áreas vidriadas que no posean vidrios de seguridad.

Piense cuáles son los obstáculos que pueden causar pérdida de equilibrio cerca de las áreas vidriadas. No colocar alfombras cerca de los vidrios. Mantener los pisos libres de agentes como: agua, barro, u otros elementos que los tornen resbaladizos. No dejar juguetes, particularmente los de ruedas, como autos de juguetes, o patines sobre el piso en áreas cerca de una superficie vidriada.

- 4. Obtenga asesoría:** Acerca del tipo de vidrio y espesor correcto para sus estanterías, cubiertas de mesa u otros muebles con vidrio. Asegúrese que el vidrio esté sujetado adecuadamente y que los bordes estén pulidos o al menos redondeados para evitar posibles cortaduras. Si algún vidrio presenta trizaduras, reemplazarlo.

Vidrio Laminado



Vidrio Templado

### Conclusión

- La forma más simple y segura de evitar accidentes es asegurar el uso de cristales de seguridad en áreas de riesgo.
- El costo es un concepto diferente al valor que tiene un objeto. Por eso el costo de un vidrio de seguridad, no es importante frente al valor que posee un vidrio cuando evita que alguien salga lastimado.
- Elegir un vidrio sólo por su bajo costo es una decisión dulce, que con el tiempo puede dejar un profundo sabor amargo.

En la mayoría de los casos, la causa de los accidentes en los que está involucrado el vidrio es una combinación de descuido y falta de prevención. Es importante destacar que todos los accidentes serios se pueden evitar usando cristales de seguridad.

## Diferentes usos de cristales de seguridad



manual del vidrio plano

achival a.g.

Vidrio Templado/Laminado



Vidrio Laminado



Vidrio Templado/Laminado



Vidrio Templado



Vidrio Laminado





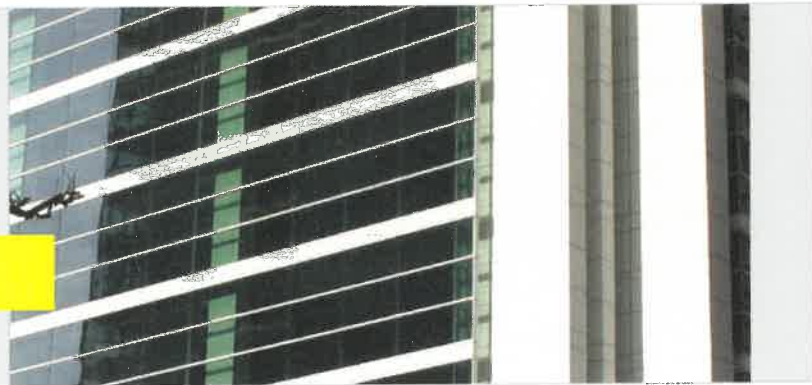
achival a.g.



FAH  
PULSE

# Estrés Térmico

## capítulo VII



Obra: Isidora Foster  
Arquitecto: De Iruarrizaga y Letelier Arq.  
Cristal: Soft Coat  
Las Condes, Santiago





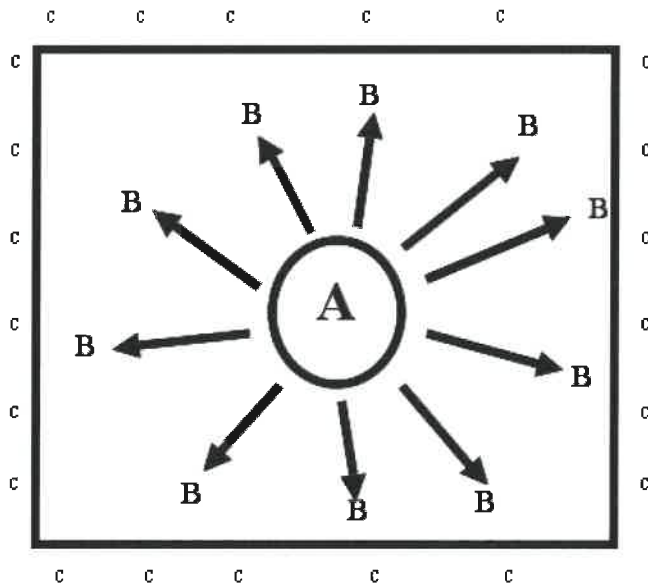
## Estrés térmico

### Causas de la Fractura por Tensión Térmica (Estrés)

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 junquillos, 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 (estrés 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



El cristal flotado de color y los cristales reflectivos instalados con su cara reflectiva hacia el interior, por presentar mayor absorción de calor, son más susceptibles a fracturarse por tensión térmica que un cristal flotado incoloro.

Asimismo una elevación rápida de la temperatura del aire en cualquiera de las caras del cristal flotado puede tener consecuencias similares. La magnitud de la tensión depende de la diferencia de temperaturas entre las zonas fría y caliente. Cualquier circunstancia o factor que incentiven la situación del centro caliente / bordes fríos, contribuirán a aumentar la magnitud de la tensión.

### FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEGURIDAD TÉRMICA

Los siguientes factores en mayor o menor grado tienden a aumentar la cantidad de calor absorbido por las áreas expuestas de un paño vidriado por la radiación solar u otras fuentes de calor:

- Material del marco de la abertura
- Cercanía de elementos de lento calentamiento (por ejemplo hormigón)
- Marcos de color claro o color metálico
- Intensidad de la radiación solar
- Variación diurna de temperaturas
- Absorción térmica del Vidrio
- Doble vidriado hermético (DVH)
- Láminas de control solar
- Sombreado externo (parcial)
- Sombreado interno (cercano)
- Sujeción del vidrio en el marco
- Estados de los bordes del cristal flotado
- Tamaño y espesor del cristal flotado
- Tipo de cristal flotado o vidrio Catedral
- Daños por manipulación de estiba en obra

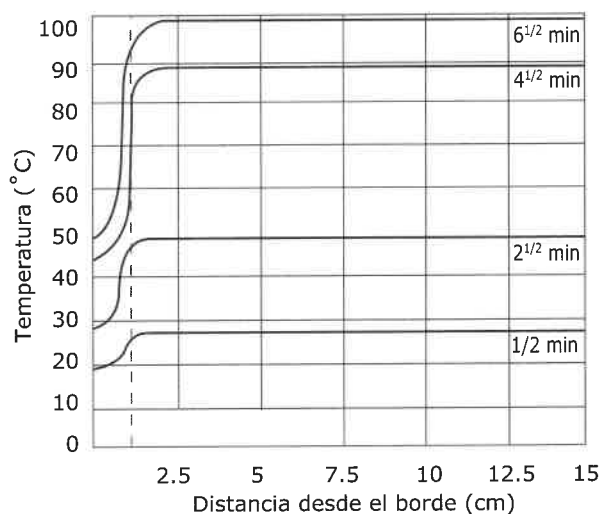
### SUJECIÓN DEL VIDRIO EN EL MARCO:

La dimensión del junquillo será suficiente para sostener con seguridad el paño de cristal flotado en el marco de la abertura de acuerdo con el

espesor del paño y las sollicitaciones por carga de viento. En general debiera ser el equivalente al espesor del cristal flotado, más de 2,5 veces (Por ejemplo un vidrio de 5 mm = 12.5mm).

A medida que aumenta la altura del junquillo también aumenta la diferencia de temperatura entre el centro y el borde del paño. La distribución de temperatura sobre una hoja de cristal flotado con los bordes sombreados, está ejemplificada en la figura 7.2, para diferentes tiempos de exposición. Puede notarse que el gradiente inicial, entre el borde aislado y el centro expuesto al cabo de medio minuto, se convierte en un salto térmico importante después de varios minutos.

Figura 7.2



Tamaño y espesor del cristal flotado: 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, que pueden ocasionar roturas.



### **Estado de los bordes del vidrio:**

La fractura térmica usualmente se produce por la acción de una tensión de tracción en el borde del cristal 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 estrés 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 le deberá pulir antes de ser colocado en la obra.

Estado de los bordes del cristal flotado laminado con PVB: Cuando se emplea vidrio laminado, sus bordes deben ser pulidos. Bajo ninguna circunstancia debe instalarse en aberturas exteriores cuando sus bordes presentan escalladuras.

### **Tipo de cristal flotado o vidrio impreso:**

La resistencia de las tensiones térmicas depende básicamente del tipo de vidrio y del estado de sus bordes. La siguiente nómina clasifica los diferentes tipos de cristal flotado, básico y procesado y a los vidrios impresos Catedral, según su resistencia a las tensiones térmicas comenzando por el más resistente:

- Cristal templado
- Cristal templado y laminado con PVB
- Cristal termoendurecido
- Cristal termoendurecido y laminado con PVB
- Cristal crudo de pequeño espesor
- Cristal crudo de pequeño espesor laminado
- Cristal crudo de fuerte espesor (5 mm o >)
- Cristal crudo de fuerte espesor laminado con PVB
- Vidrios impresos Catedral (excepto templados)
- Vidrio Armado con alambre (no apto para templar)

La resistencia del cristal flotado térmicamente endurecido permite asegurar que es altamente improbable que sea afectado por tensiones térmicas excesivas. El cristal flotado templado nunca se romperá por tensión térmica (excepto en caso de incendio).

El cristal flotado crudo esmerilado u opacado, incoloro o de color, sometido a la acción de la radiación solar, implica un gran potencial de presentar fractura por tensión térmica. Para evitarlas debe emplearse cristal flotado procesado templado o termoendurecido.

### Manipulación y almacenamiento del cristal flotado:

Deberá tenerse cuidado de no producir daños en los bordes del cristal flotado. Deberá ser estibado sobre tacos de madera u otros materiales, adecuadamente protegido. Estibado en obra, no deberá estar expuesto a la radiación solar, de lo contrario, el paquete de vidrio puede almacenar calor y producir la rotura de uno o más paños por tensión térmica.

### Diagnóstico de fallas por tensión térmica:

El origen de una fractura por estrés térmico está en el borde del paño y se inicia en forma perpendicular al mismo

Cuando la tensión o estrés 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 7.3). 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. 7.4). 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 picadura).

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 estrés térmico si la tensión térmica es alta.

Fig. 7.3 fractura por estrés térmico de baja tensión

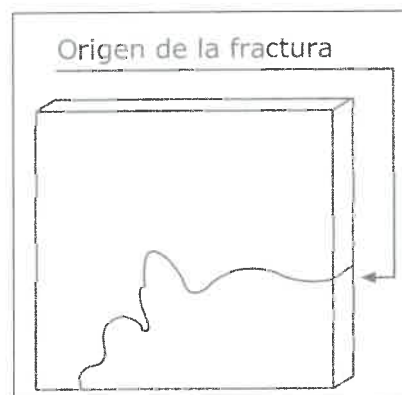
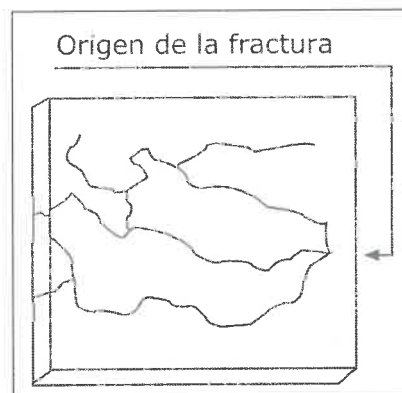


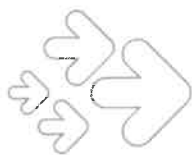
Fig. 7.4 fractura por estrés térmico de alta tensión



### Material del marco de la ventana:

Las características de las ventanas tienen mucha importancia en el desarrollo de las tensiones que conducen a la fractura por estrés 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 estrés 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**

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 mantiene el borde más caliente y disminuyen el estrés térmico.

**Aislamiento de la pared:** Si el marco está térmicamente aislado del muro, los bordes del vidrio se calentarán más rápidamente y el estrés 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 estrés térmico.

**Altura del junquillo:** La altura del junquillo debe ser tal que permita mantener retenido con seguridad al paño de vidrio. Normalmente se utiliza en vidrios de 2 a 5 mm de espesor, junquillos 2,5 veces más que el espesor del vidrio. En vidrios de 6 a 10 mm de espesor, junquillos 2 veces más que el espesor del vidrio. En cristales propensos a estrés térmico se debe evitar usar junquillos 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 estrés térmico.

#### **Efecto de la radiación solar:**

La intensidad de la radiación solar es muy importante en relación al desarrollo del estrés térmico en el vidrio y se ve influenciado 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.

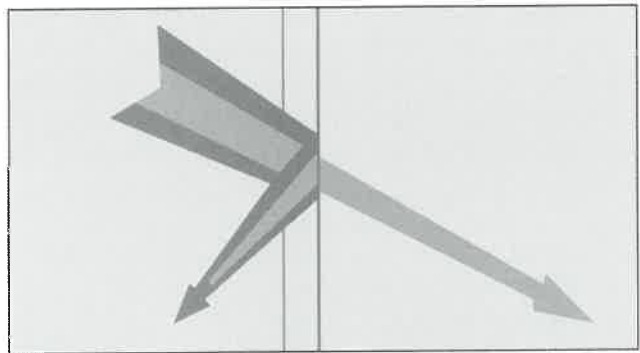
### Tipo de vidrio (absorción del calor):

Los vidrios de color de control Solar; (ver capítulo IV, Mecanismos de Transmisión de Calor en Vidrios) absorben mucha más energía que los vidrios incoloros (debido a los pigmentos que contienen en su masa), por lo cual son mucho más susceptibles de sufrir estrés térmico que los vidrios incoloros. Al utilizar vidrios de color, deberá estudiarse - en cada caso - la necesidad de termotreatarlos. El proceso de templado o termoendurecido (ver capítulo II, Tipos de vidrios y sus procesos) otorga una resistencia adicional al vidrio que lo hace capaz de soportar las tensiones originadas por estrés térmico.

- También debieran ser termotreatados los vidrios reflectivos colocados en cara 2, (ver capítulo IV, Mecanismos de Transmisión de Calor en Vidrios), 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. 7.5

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. Esta tendencia es mayor en el templado que en el termoendurecido, por lo que este último es el tratamiento térmico preferido cuando sólo se busca aumentar la resistencia al estrés térmico (recordar que el vidrio termoendurecido no es vidrio de seguridad).

**Fig. 7.5 En un cristal reflectivo instalado en cara #2 los rayos solares atraviesan dos veces el vidrio**



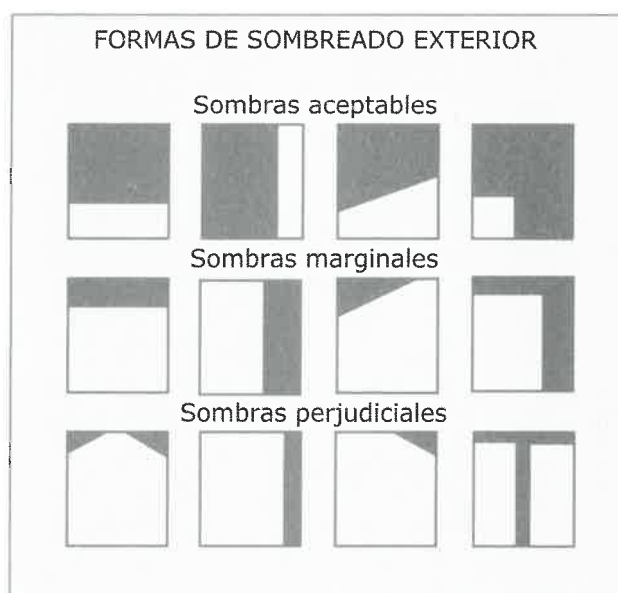
- En el caso de un DVH, (doble vidriado hermético) hay que tener en cuenta la elevación de temperatura que se produce en el interior de la cámara de aire, lo que significa una causa adicional de estrés térmico. Esto se puede evitar colocando gas neutro en vez de aire al interior del DVH.
- También debe tenerse en cuenta la tensión térmica en los vidrios laminados de control solar.
- La colocación de láminas autoadhesivas (Film) de control solar es un factor de incremento del estrés térmico, por cuanto éstas se suelen ubicar en la cara dos, 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 estrés térmico.



**Sombras externas (conos de sombra):** Las sombras exteriores que se proyectan 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.

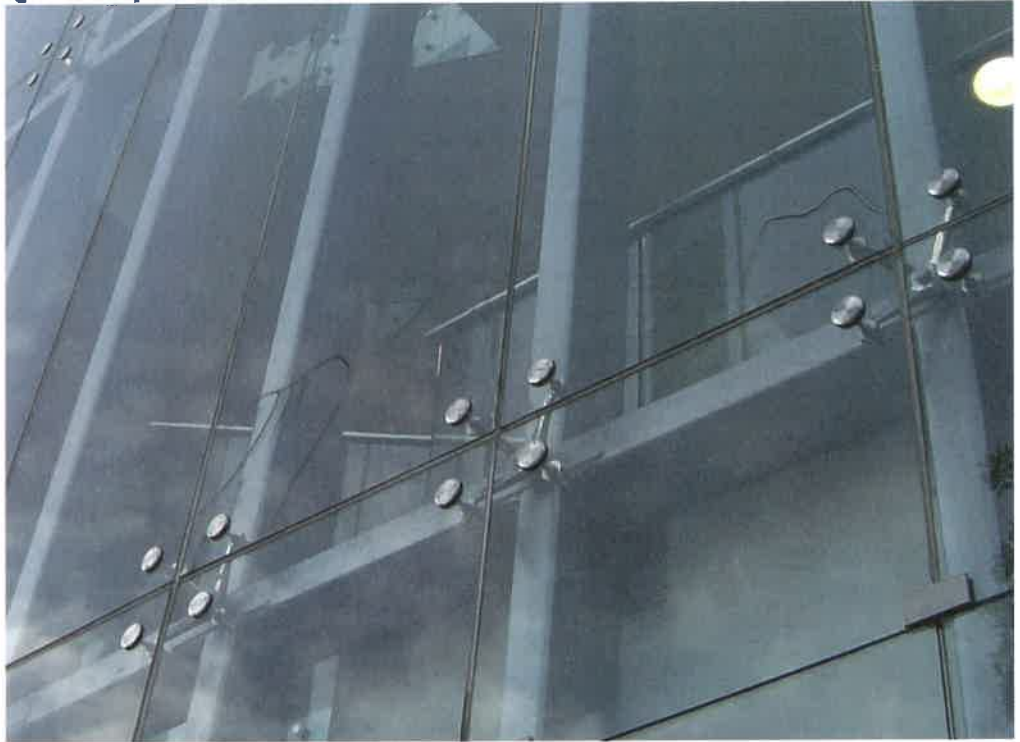
**La fig. 7.6 muestra los distintos tipos de sombra que pueden afectar a un cristal**

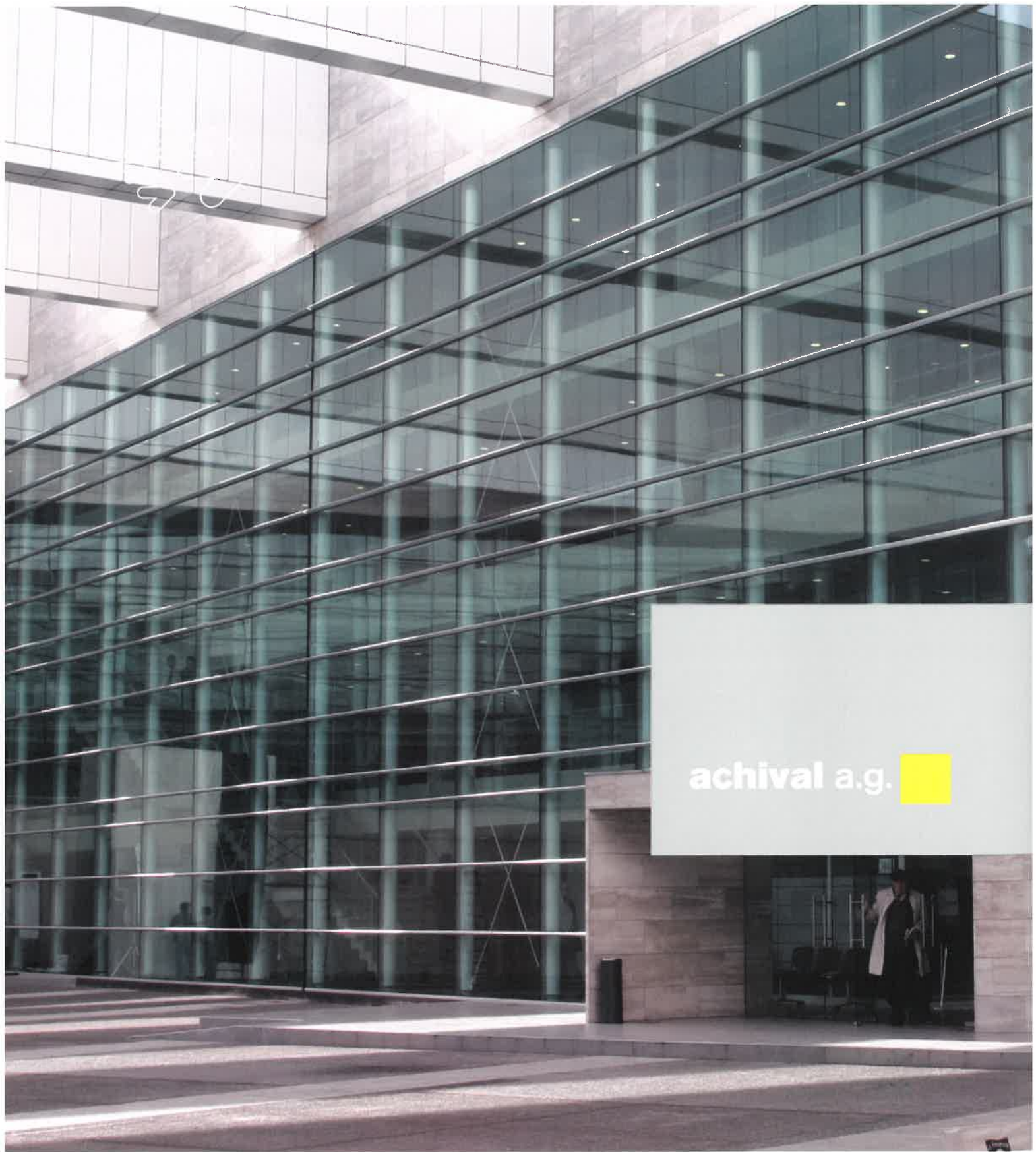


**Sombras internas:** Hay tres aspectos a considerar:

- 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 estrés 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, transmitan la radiación hacia el vidrio, lo cual incrementará su temperatura aumentando la posibilidad de estrés térmico.

**Quiebre por estrés térmico**





57 0

achival a.g. 

# Distorsiones visuales en vidrio tratado térmicamente y en Doble Vidriado Hermético (DVH)

capítulo VIII



Obra: Centro cívico Vitacura  
Arquitecto: Iglesias/Prat Arq.  
Cristal: Tintado de control solar  
Vitacura, Santiago





## **Distorsiones visuales en vidrio tratado térmicamente y en Doble Vidriado Hermético (DVH) o termopanel**

Christopher J. Barry, Gerente de Servicios Técnicos de Arquitectura y Automotriz

Libbey-Owens-Ford, 1701 East Broadway, Toledo, Ohio, EE.UU. 43605

El ángulo de visión y la distancia entre el observador y el vidrio, así como la distancia entre los objetos mirados y el vidrio, son extremadamente importantes para la cuantificación de la distorsión visual percibida.

### **1. Introducción**

Mientras las imágenes distorsionadas parecen variables, subjetivas y difíciles de cuantificar, es posible separarlas en sus componentes y analizarlas de manera cuantitativa. Las distorsiones en el vidrio se pueden observar en la transmisión, reflejo o en ambas formas, y no como pequeñas desviaciones de la planimetría del vidrio mismo, sino que por su efecto en las imágenes transmitidas y reflejadas. Las distorsiones son provocadas por variaciones en el espesor, la planimetría y el paralelismo del vidrio. Tales causas separadas serán examinadas en este artículo. Un aspecto no observado a menudo es la importancia de la geometría visual. Finalmente, se debe resaltar que, debido a la necesidad económica, el vidrio para la utilización arquitectónica, debe tener calidad "vidriada" y no "óptica"; además, con determinadas condiciones visuales es inevitable que se observen algunas distorsiones. Como un intento por controlar las distorsiones se han escrito algunas especificaciones referentes a la construcción arquitectónica las cuáles exigen que "... el vidrio debe estar libre de distorsiones...". Aunque esta especificación sea siempre imposible de satisfacer por completo, se ha descubierto que, con una comprensión básica de los principios de la distorsión, la elección correcta de vidrio y de detalles de instalación, así como de la utilización juiciosa de muestras en tamaño natural, puede ser posible proveer e instalar un producto que satisfaga a todas las partes involucradas.

El cristal, producido a través de la flotación del vidrio fundido sobre estaño líquido, es, en teoría, extremadamente plano y paralelo; sin embargo, ni siquiera el vidrio flotado es completamente plano puesto que sigue la curvatura de la Tierra. En la producción real, en la que se flotan cientos de toneladas de vidrio sobre estaño fundido todos los días, hay otras desviaciones de la planimetría óptica provocadas tanto por el proceso de producción como por las técnicas de fabricación posteriores.

## 2. Distorsión

El presente capítulo examina los dos tipos distintos y separados de distorsión resultantes: Aquellos observados en la transmisión y los percibidos solamente en el reflejo.



Obra: Hotel Holiday Inn  
Arquitecto: Ruiz Tagle - Vicuña Arq.  
Cristal: Control Solar en DVH  
Las Condes, Santiago

La primera y principal causa de distorsión en imágenes reflejadas es la falta de planimetría, aunque ambas superficies estén paralelas. Esto puede ocurrir durante el proceso de recocido cuando la cinta de vidrio se enfría más rápidamente en los bordes que en el centro. A veces se puede percibir una ligera ondulación en la cinta, principalmente cuando ésta es más delgada que los 6 mm del espesor de equilibrio. La ondulación, en general, desaparece completamente cuando se cortan los bordes de la cinta.

Una falta de planimetría más grave ocurre cuando el vidrio es tratado térmicamente. En hornos horizontales, si el vidrio está demasiado caliente y blando, se deslizará entre los rodillos. Además, los extremos inicial y final de una lámina pueden doblarse hacia arriba al entrar o salir de un horno nuevo o una sección de enfriamiento (ver fig. 8.1). A la inversa, si el vidrio no estuviera suficientemente caliente, se rompería en el proceso de tratamiento térmico. En consecuencia, los operadores de los hornos deben encontrar las temperaturas ideales para equilibrar estas dos exigencias contradictorias. Además de la ondulación en el rodillo, previamente mencionada, puede ocurrir un arqueamiento general o la formación de una concavidad global en la lámina como resultado del tratamiento térmico. Tales efectos de distorsión pueden ocurrir con mayor facilidad actualmente, puesto que los nuevos tintes de vidrio de alto rendimiento y los vidrios con recubrimientos de baja emisividad requieren que el horno esté adecuado específicamente para sus necesidades. Todas las desviaciones de planimetría mencionadas arriba pueden ser físicamente medidas utilizándose bordes planos y medidores de distancia. Es más fácil estimar visualmente el grado de distorsión en la imagen reflejada de una rejilla o de un tablero a rayas, aunque sea más difícil cuantificarlo.



**Figura 8.1: Ondulación de rodillo exagerada (escala no real).**



La mayor variación en lo paralelo de sus caras se observa en el vidrio laminado templado delgado. Aquí, la película blanda de PVB fluye para llenar el espacio no paralelo entre las dos capas, originando una serie de lentes positivos y negativos de baja potencia que provocarán grandes distorsiones transmitidas bajo condiciones visuales adversas (ver fig. 8.2).

**Figura 8.2: Vidrio templado laminado (escala horizontal exagerada).**



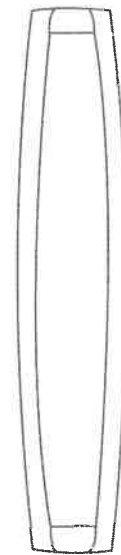
Las variaciones de espesor a través de la cinta flotada son pequeñas y raramente ocasionan problemas. Una excepción es el vidrio cuyo espesor es mayor a 6 mm cuando, ocasionalmente, el espesor puede variar cerca del borde (ver fig. 8.2). Esta variación es muy fácil de medir.

**Figura 8.3: Sección de vidrio grueso con una diferencia de espesor exagerada cerca de uno de los extremos de la cinta de vidrio flotado. (Escala no real).**



Finalmente, se debe cuantificar la distorsión en las unidades de DVH. El vidrio en un DVH puede fácilmente desviarse 1,5 mm o más cuando hay cambios de temperatura y presión atmosférica debido a alteraciones climáticas. El vidrio en unidades muy pequeñas (alrededor de 300 mm cuadrados) con vidrio más grueso (4 o 5 mm, o más) no se curvará mucho. Asimismo, unidades muy grandes, de aproximadamente 2 m cuadrados, se van a desviar en un radio de curvatura tan amplio que los efectos de la distorsión visual serán nuevamente reducidos, salvo en DVH que al bajar la presión atmosférica puedan toparse y formar una mancha en su centro. (Para prevenir este problema, se deben utilizar en su fabricación válvulas compensadoras de presión y su correcto sellado al ser la unidad de DVH instalada).

**Figura 8.4: Sección de un DVH con alta presión de aire en el espacio interno (escala horizontal exagerada).**





Los detalles de instalación pueden fácilmente acrecentar las distorsiones percibidas. Marcos desnivelados, en los cuales dos extremos de una apertura no estén paralelas, torcerán con facilidad el vidrio de un gran ventanal y provocarán que se distorsione la imagen reflejada. Esto se observa, a menudo, en las esquinas de los edificios donde una sola hilera vertical de ventanas se encuentra a 45 grados de las paredes adyacentes. También se encuentran distorsiones en los vidrios cuyos bordes son presionados de manera no uniforme por clips para la sujeción temporal de vidrios, o topes interiores o exteriores para vidrios que no están bien alineados y la sección que carga el peso del DVH.

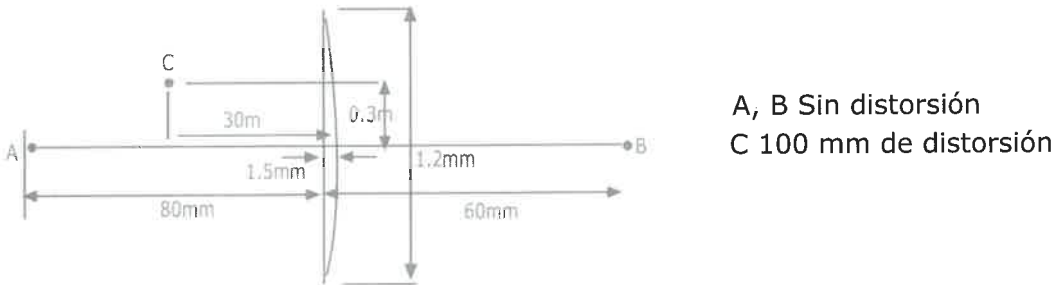
Con frecuencia, el factor que se pierde es la geometría visual. La mayoría de la gente está consciente de que a medida que el ángulo de incidencia de visión varía entre 0 grados (derecho, normal hacia el vidrio) y los 90 grados (ángulo rasante) cualquier distorsión visible reflejada o transmitida se verá magnificada. El efecto se ve limitado, en mayor o menor grado, por la reducción simultánea del área proyectada con un ángulo de incidencia en aumento, y por lo tanto el área de vidrio que se observa es inferior a la vista total.

Más importante es el efecto de la distancia. A menor distancia menor distorsión.

La luz viaja en líneas rectas, por lo que una muy pequeña desviación en la planimetría de la superficie provoca una gran desviación en distancias largas. Es por esto, que los espejos funcionan en lo general bien en los baños; ambas distancias (entre el vidrio y el observador, y entre el vidrio y el objeto observado) son cortas y por lo tanto sin importar cuán distorsionado esté el vidrio, la imagen reflejada es invariablemente aceptable.

La distorsión esférica simple ocurre en un DVH con un vidrio reflectante y con presión de aire alta o baja. A diferencia de lo que ocurre con el vidrio plano, los reflejos en los vidrios curvos y sus distorsiones producidas por el lado cóncavo se verán aumentadas, y las del lado convexo, reducidas.

**Figura 8.5. Vista de un plano (escala no real) de un observador en una posición A, B o C viendo el reflejo de un poste vertical ubicado a un costado del observador.**

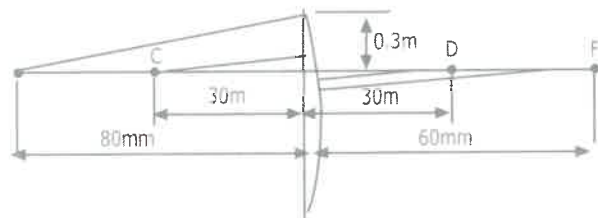


**Figura 8.6. Imágenes de un poste vertical visto en un vidrio de 1,2 x 1,8 m desde las posiciones A, B y C de la figura 1.**

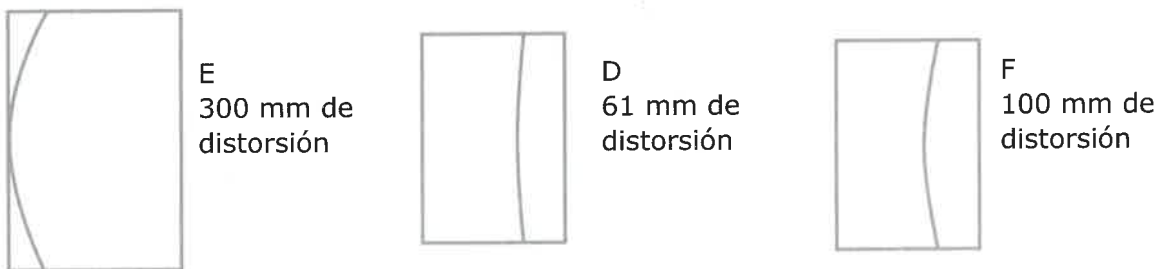


A medida que el observador se mueve hacia un costado, a las posiciones E, C, D y F en la figura 3, la distorsión parece aumentar.

**Figura 8.7. Vista de un plano, como en la figura 1, mostrando otras ubicaciones, E, D y F.**



**Figura 8.8. Distintos grados de distorsión percibida en la imagen reflejada de un mismo poste, siendo observadas desde las posiciones E, D y F.**





Los diagramas muestran que cuando se observa desde el eje central de simetría, desde las posiciones A o B, no se observa ninguna distorsión. Sin embargo, si nos movemos 0,3 m la imagen observada es muy distinta. La distorsión observada desde la posición C en el lado cóncavo es alrededor de un 65% mayor a la que se observa desde la posición D a una distancia equivalente del vidrio en el lado convexo. Si nos movemos nuevamente desde la posición C a la E (doblado la distancia) en el lado cóncavo, la distorsión aparente aumenta el triple. Si nos movemos la misma distancia en el lado convexo, la distorsión percibida solamente aumenta en alrededor de un 65%.

Se podrían crear diagramas parecidos para mostrar la distorsión transmitida por lentes positivos y negativos a distintas distancias, así como para las imágenes reflejadas en ángulos fuera de lo normales y de alta incidencia.

### 3. Resultados

Es posible identificar y entender separadamente las distorsiones listadas anteriormente. Es necesario comprender las causas individuales de las distorsiones para controlarlas y mantenerlas dentro de límites aceptables.

Las especificaciones para un proyecto de construcción podrían simplemente señalar que las distorsiones no deben ser mayores que las acordadas en las muestras de control, bajo condiciones de observación equivalentes, que han sido aprobadas con anterioridad. Algunos fabricantes de vidrio templado han indicado valores máximos para la ondulación causada por el rodillo, que se mide desde la base hasta la punta, en un determinado ancho. Sin embargo, este valor necesita ser medido aparte para los efectos del borde anterior y del posterior, así como para el área central del vidrio.

Todos los vidrios tratados térmicamente tendrán algún grado de falta de planimetría, que podría causar o no causar alguna distorsión. Esta falta de planimetría se puede reducir, donde sea posible, por medio de la utilización de un vidrio más grueso o de la aplicación del proceso de termoendurecido en vez de templado.

Las distorsiones en los DVH o termopaneles, con vidrio reflectivo provienen principalmente de la superficie revestida. Es posible mantener plano el vidrio con el revestimiento reflectivo durante los cambios de temperatura y de presión atmosférica haciendo el vidrio más grueso que el otro vidrio del DVH o utilizando en su construcción una válvula compensadora de presión para sacar o ingresar el aire del termopanel. Será necesario realizar un cuidadoso análisis de resistencia de la unidad que posee distintos espesores de vidrio ya que ahora el peso del viento será soportado por completo por el vidrio más grueso.

Otro factor que debe considerarse es el tipo de imagen reflejada. En una ciudad en la que muchos edificios proyectarán patrones de rejilla rectilíneos, será muy fácil percibir las distorsiones. De hecho, estas rejillas reflejadas pueden ser fotografiadas y aumentadas para cuantificar la desviación real del vidrio de la planimetría por medio de una simple fórmula geométrica. En áreas rurales donde la imagen reflejada contiene árboles o nubes, resulta más difícil distinguir el grado de distorsión del vidrio dado que no se observan líneas rectas o ángulos de 90 grados visibles.

Entonces, las posibles soluciones a temas de distorsión incluyen: control de la distorsión ocasionada por el tratamiento térmico para límites acordados, vidrios mas gruesos, unidades de DVH con válvulas compensadoras, unidades de DVH con un vidrio reflectante grueso y un vidrio mas delgado que soporte los cambios de presión, termoendurecido en reemplazo de templado.

## 4. Conclusiones

El reconocimiento de la importancia de las condiciones de visión permite que se comprendan las imágenes distorsionadas. En algunos edificios es tal la geometría visual que resulta imposible obtener imágenes reales reflejadas. En otros edificios incluso el vidrio tratado térmicamente puede parecer plano. La mejor manera de evaluar la apariencia del vidrio de un edificio nuevo es fabricando una muestra pequeña a escala del vidrio propuesto. La muestra debe ser ubicada en el sitio donde el vidrio del edificio propuesto sea más visible. Entonces esta muestra debe ser vista desde las típicas ubicaciones por los observadores del edificio y el público general. Si el resultado no es satisfactorio, existe un número de alternativas razonables que deberían considerarse antes de que se haga la selección final del vidrio.





## Efecto “Tornasol” Observado en el Doble Vidriado Hermético (DVH)

Bajo algunas circunstancias se observa en los DVH un fenómeno óptico en forma de “tornasol”.

Este fenómeno tiene su origen en la interferencia luminosa de la luz visible. Estas interferencias son una serie de franjas irregulares con líneas aproximadamente paralelas grises o tornasoleadas a veces visibles en termopaneles compuestos de cristal incoloro.

Estas franjas de interferencia son causadas por reflexión entre las diversas caras de vidrio que componen un termopanel cuando un haz de luz visible incide en su superficie.

En las figuras adjuntas se puede apreciar como dos haces de luz que inciden juntos sobre el termopanel al reflejarse se separan produciendo la interferencia luminosa.

Este tipo de interferencia luminosa se produce en unidades de termopaneles en que los dos vidrios son aproximadamente de idéntico espesor. En la superficie de vidrio las ondas de luz visible se dividen reflejándose parcialmente en dos ondas distintas. Estas nuevas ondas pueden desarrollar caminos ligeramente distintos, y posteriormente recombinándose luego de varias reflexiones produciendo el efecto antes descrito.

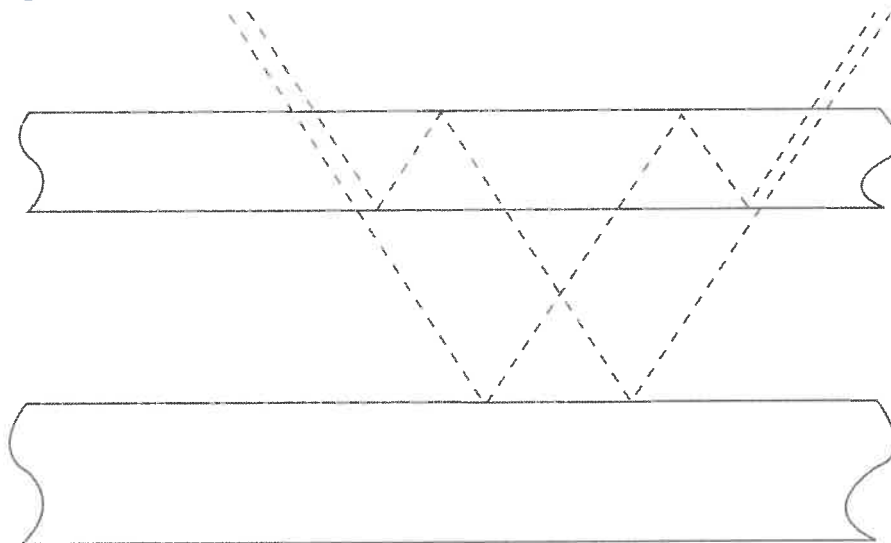
Este tipo de efecto puede verificarse al presionar la superficie del vidrio y observarse su desplazamiento. Esto comprueba que el efecto es el descrito anteriormente y es propio de la fabricación de termopaneles.

Podemos concluir que este efecto es inherente a los termopaneles y no depende de parámetros de calidad del vidrio.

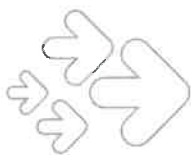
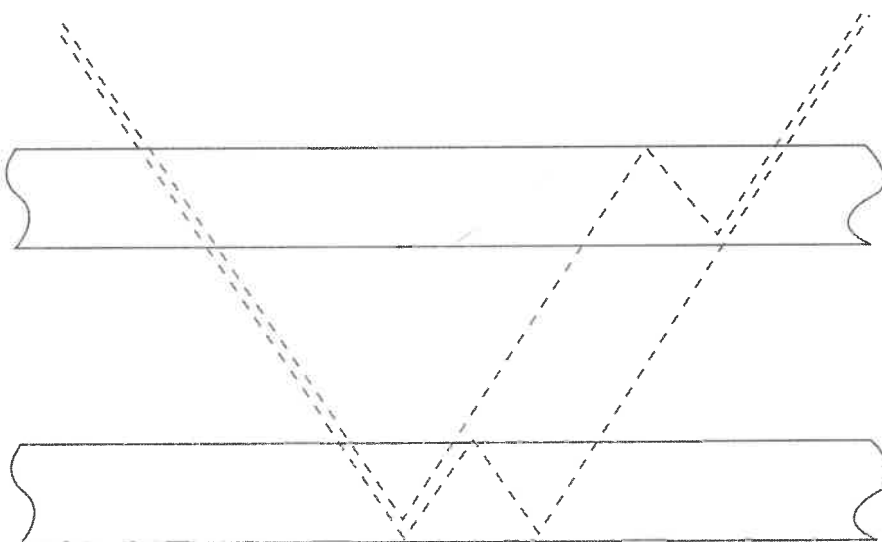
Información detallada del fenómeno puede encontrarse en Internet bajo el nombre de “Brewsters Fringes”.

### Franjas de Interferencias en DVH

**Figura 8.9. Formación de franjas de interferencia de reflexión de 3 superficies.**



**Figura 8.10. Formación de franjas de interferencia de reflexión de 4 superficies.**





achival a.g.



 **INDISA**  
CLINICA DE FAMILIA



# Guía práctica para la especificación de cristales

## capítulo IX



Obra: Clínica Indisa  
Arquitecto: Murinho & Asoc. Arq.  
Cristal: Tintado de control solar  
Providencia, Santiago





### Guía práctica para la especificación de cristales

Transparencia con caras planas y brillantes libres de distorsión son características básicas y únicas del cristal flotado incoloro y de color. Dichos atributos, "visibles", se complementan con otras propiedades y características, "no visibles", que optimizan su desempeño a través de diversos procesos de manufactura, incrementando su capacidad de aislamiento térmico y/o acústico brindando, además, diferentes grados de seguridad y protección, sin cambiar su aspecto ni afectar ninguno de sus atributos básicos. Dado que la selección del vidrio adecuado para cada aplicación debe contemplar tanto sus requerimientos apreciables a simple vista como sus funciones invisibles, inherentes a cada tipo de vidrio.

#### 1. Atributos y funciones del vidrio

La elección correcta de un vidrio para una aplicación concreta, requiere considerar una serie de características diferentes. En la mayor parte de las obras de vidriado es preciso evaluar, por los menos, los nueve siguientes aspectos:

1. Color y aspecto.
2. Transmisión de luz visible.
3. Transparencia, Translucidez y Opacidad.
4. Transmisión de calor solar radiante.
5. Aislamiento térmico.
6. Aislamiento acústico.
7. Resistencia.
8. Espesor adecuado.
9. Cumplimiento de criterios de seguridad.

## 1. 1. Color y aspecto

Los cristales presentan una gran variedad de propiedades visuales y estéticas. El cristal flotado incoloro, de color o reflectivo brinda un amplio espectro de alternativas para satisfacer, según su modo de aplicación, variados diseños. El templado y/o el laminado son procesos que permiten aumentar su resistencia sin producir cambios perceptibles en su aspecto.

Los vidrios impresos Cathedral incoloros o de color, presentan una amplia gama de dibujos a los que se agrega el vidrio armado con alambre. En general los colores del cristal flotado son

tenues, por lo que 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 a considerar, es el único método totalmente satisfactorio para tomar una decisión respecto al color. Los colores por ejemplo, bronce, gris, verde, azul o revestidos más el color de la luz incidente (amanecer, mediodía o atardecer), más el color de los objetos vistos a través del vidrio (cortinas, persianas, etc.), más el color de los objetos reflejados (cielos, nubes, u otros edificios) pueden entregar una definición correcta de su apariencia.

Obra: Edificio 10 Ciudad Empresarial, Santiago  
Arquitecto: Daniel Legarraga  
Cristal: Reflectivo de control solar  
Ciudad Empresarial, Santiago





## 1.2. Transmisión de la luz visible (T.L.)

El nivel de iluminación natural en el interior de un edificio depende de esta característica. En viviendas usualmente se requiere un nivel más alto de T.L. que en obras de arquitectura comercial o de servicios. Por ejemplo, si se desea un nivel de iluminación elevado y simultáneamente propiedades de control solar, el cristal flotado de color verde brinda un elevado porcentaje de transmisión de luz visible aportando, al mismo tiempo, un control de la radiación solar.

Usando cristales reflectivos, los niveles de luz transmitida son menores y sus coeficientes de sombra también. El color del cristal flotado 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 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. Alternar el espesor de vidrios de color en una fachada puede producir una variación en su aspecto.

Obra: Inacap Macul  
Arquitecto: Guillermo Rosende  
Cristal: Tintado de control solar  
Santiago



### 1.3. Transparencia, translucidez y opacidad

De acuerdo a los requerimientos de diseño, el vidrio puede satisfacer, según su tipo, diferentes grados de transparencia que van desde la visión total a distintos grados de translucidez o vidrios opacos que impiden la visión o el paso de la luz.

Cuando se desea visión total el cristal flotado, incoloro o de color, satisface dicha función posibilitando una visión libre de distorsión óptica.

En los cristales reflectivos, la visión se produce por la diferencia en la intensidad del nivel de iluminación a ambos lados del vidrio. La cara iluminada con más intensidad se torna un espejo. Durante el día este fenómeno dificulta la visión hacia el interior de un edificio. Durante la noche el efecto es inverso, siendo difícil, con la luz artificial encendida observar hacia el exterior. En esta situación lo que sucede en el interior puede ser observado desde el exterior del edificio, dependiendo del grado de reflexión del cristal.

Diferentes grados de privacidad visual, sin sacrificar el paso de la luz natural o artificial, pueden obtenerse empleando procesos sobre el cristal tales como, la serigrafía con diseños, satinados al ácido, arenado, laminados decorativos, pinturas, vidrios impresos y films adheridos.

### 1.4. Transmisión de calor solar

El coeficiente de sombra es la mejor medida para evaluar la cantidad de energía solar radiante admitida a través de una abertura vidriada. Está relacionado a un valor de referencia que es el vidrio de 3 mm, cuyo CS es, 1 (uno).

Con el empleo de cristal flotado de color, pueden duplicarse las superficies vidriadas debido a su menor ganancia solar pasiva equivalente.

Los cristales coloreados en su masa, también denominados absorbentes de calor, determinan la cantidad de calor que es detenido por absorción en la masa del vidrio. La absorción de calor eleva la temperatura del vidrio y cuando ésta es excesiva, puede en determinadas situaciones, causar la fractura de un vidrio recocado.

Los cristales reflectivos también absorben calor, hecho que no puede ser ignorado. En dichas situaciones deberán adoptarse las precauciones necesarias, verificando el estado y situación de sus bordes y/o aumentando la resistencia a la tracción templando el vidrio.





### 1.5. Aislamiento térmico

El coeficiente de transmitancia térmica  $U$  expresa el aislamiento que ofrece el vidrio al paso de calor que, por conducción y convección superficial, fluye través de su masa. Medido como la diferencia de temperatura aire/aire, a ambos lados del vidrio, su valor no varía en forma apreciable con el espesor del vidrio pues éste siempre tiene una magnitud relativamente pequeña si la comparamos con los espesores de otros materiales de la construcción.

El valor  $U$  de un cristal incoloro de 4 mm de espesor es de  $5,8 \text{ W/m}^2/\text{K}^\circ$ . Cuando se emplea un termopanel, con un espesor entre 6 y 12 mm, la resistencia térmica que ofrece el aire en dichas condiciones, hace que el valor  $U$  sea del orden de  $2.8 \text{ W/m}^2/\text{K}^\circ$ .

Una unidad de DVH, permite reducir en un 50% o más las pérdidas y/o ganancia del calor producido por los sistemas de calefacción y/o el admitido por la radiación solar a través de las ventanas.

En la práctica un DVH permite aumentar un 100% el tamaño de las superficies vidriadas sin comprometer el balance térmico del edificio respecto de un vidriado simple. Asimismo, elimina las corrientes convectivas del aire junto a la ventana y la posibilidad de empañado de los vidrios por condensación de humedad.

Desde el punto de vista del confort térmico un DVH elimina la sensación de "muro frío" pues la temperatura de la superficie del vidrio interior es cercana a la del ambiente.

Su aplicación permite disminuir la necesidad de calefacción reduciendo el consumo de energía y los costos de operación del edificio.



Casa con cristales de baja emisividad

## 1.6. Aislamiento acústico

Por efecto de masa, un vidrio de mayor espesor presenta un índice de aislamiento acústico mayor que uno de menor espesor.

El cristal flotado laminado con PVB, empleando cristales de menor espesor, es eficaz para aislar frecuencias más altas, características de la voz y conversación humana.

No obstante, ciertos ruidos como los producidos por el tráfico vehicular o por las aspas de un helicóptero, son de baja frecuencia, por lo cual requieren soluciones más sofisticadas para alcanzar los niveles de aislamiento deseados (ver capítulo V, "Aislamiento Acústico en Vidrios").

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 unidades de DVH con cámaras de 6 a 12 mm de espesor, para lograr niveles de aislamiento acústico superiores a 30 dB, deberá emplearse cristal flotado de mayor espesor y/o laminado con PVB en su composición, siempre utilizando cristales de diferentes espesores.

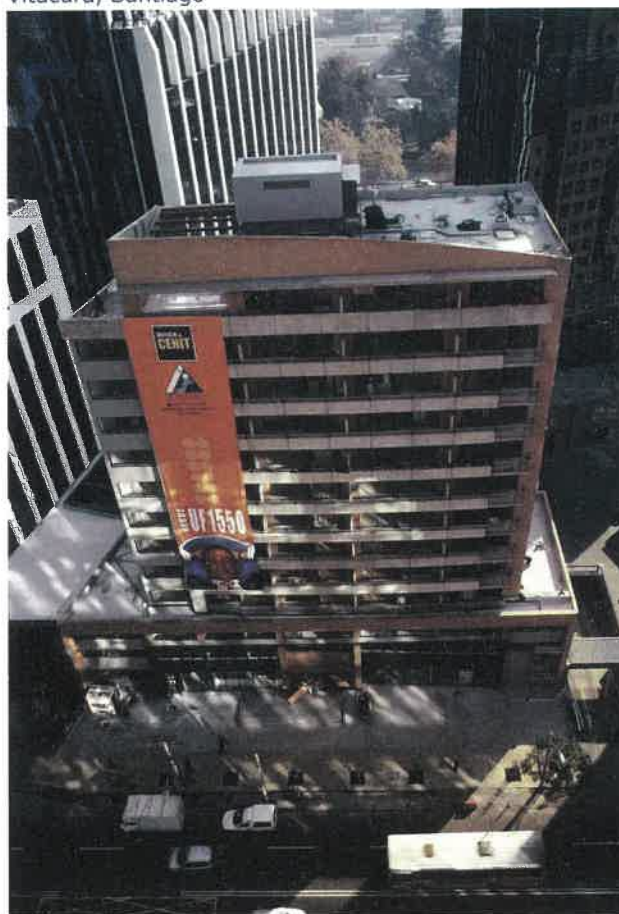
Una solución más eficiente considera la utilización de un PVB especial, más blando, con lo cual se puede amortiguar mejor la onda sonora. Este PVB se llama PVB Acústico. El laminado resultante, al ser utilizado en la fabricación de un DVH logra la mejor atenuación de frecuencias bajas, que son las más difíciles de atenuar.

Siempre debe tenerse presente que el valor final de aislamiento acústico de una abertura depende también de su cierre hermético al paso de aire.

En obras de reposición de vidrios y/o renovación de aberturas, con exigencias de aislamiento contra el ruido, 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.

En casos de áreas muy ruidosas, el nivel de aislamiento deberá ser mayor para alcanzar el confort acústico deseado.

Obra: Edificio Cenit  
Arquitecto: Abraham Senerman  
Cristal: Laminado Acústico  
Vitacura, Santiago





## 1.7. Resistencia

Según su función, el vidrio debe hacer frente a una serie de esfuerzos y exigencias mecánicas. Por lo tanto definir su espesor, tipo, sistemas de instalación y/o 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 fuerzas a las que es sometido un vidrio. La NCh 135/3 indica el método de cálculo del espesor conveniente para vidrios, soportados en sus 4 bordes, sometidos a presión por carga de viento. (ver CD adjunto para cálculo de espesor)

Al templar un cristal flotado se aumenta su resistencia 4 a 5 veces.

El cristal laminado, cuando es sometido a esfuerzos de corta duración a temperatura ambiente, tiene la misma resistencia que el cristal flotado monolítico de espesor equivalente.

Un DVH simétrico, con ambos vidrios del mismo tipo y espesor, es más resistente a la presión del viento que un vidrio monolítico del mismo espesor.

El vidrio tiene varias posibilidades de rotura y su resistencia no puede ser predicha con exactitud.

Por estas razones, una buena práctica de diseño siempre debe considerar la posibilidad de rotura y la de sus consecuencias. El vidrio recocido se rompe en grandes trozos con aristas filosas. El vidrio templado, aunque es cuatro a cinco veces más resistente que el cristal recocido, al quebrarse lo hace en forma segura desgranándose en pequeños trozos sin aristas cortantes. El vidrio laminado con PVB ofrece una elevada resistencia a la penetración. En caso de rotura los trozos de vidrio quedan adheridos al polivinil, impidiendo su caída y manteniendo el conjunto dentro del marco, sin interrumpir el cerramiento ni la visión.

Es muy importante hacer notar que la resistencia de los cristales depende en gran parte de las diferentes condiciones de instalación.



### 1.8. Espesor adecuado

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 por su aplicación, como por ejemplo: el aspecto, la transmisión de luz visible, su coeficiente de sombra y su capacidad de aislamiento acústico.

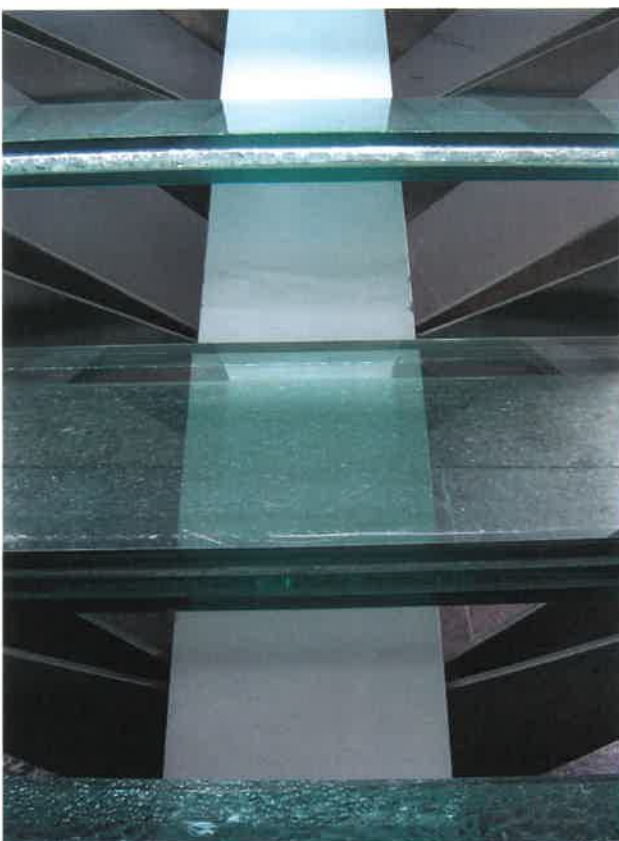
Ante dudas en adoptar un determinado espesor para soportar la presión del viento u otros esfuerzos semejantes, siempre se aconseja adoptar el espesor mayor. (Ver CD adjunto para cálculo de espesor.)

### 1.9. Cumplimiento de criterios de seguridad

La elección de un vidrio debe tener siempre presentes las posibles consecuencias en caso de rotura.

Las normas chilenas NCh 135/1, 2 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 templados y/o laminados.

Los vidrios denominados de seguridad se llaman así porque en caso de rotura lo hacen en forma segura y/o minimizan las consecuencias en el caso de accidentes (Ver Capítulo VI, "Vidrios de Seguridad").



Vidrio Laminado/Templado



## Otros atributos y funciones del vidrio

En casos específicos el vidrio también puede ser procesado para neutralizar actos de robo y vandalismo, ataques con armas de fuego y atentados con explosivos.

Otras propiedades como: resistencia al rayado, diferentes grados de transmisión de la radiación ultravioleta, comportamiento ante la acción del fuego o consideraciones respecto de la facilidad de limpieza, etc., también son aspectos a considerar en el momento de evaluar la selección de un vidrio para obras de arquitectura o decoración.

## 2. Guía para instalación de vidrios

Dada la variedad de situaciones de vidriado que pueden plantearse en una obra, no es posible indicar una especificación técnica tipo con una validez general para todos los casos. Una especificación completa para vidrios debe indicar y describir las características y performance del producto requerido para cada aplicación y brindar los detalles y precauciones que deben considerarse para su puesta en obra e instalación correcta en una abertura.

### 2.1. Marco del vidrio

Todos los componentes de enmarcado de un vidrio deben estar diseñados y dimensionados para recibir el vidrio especificado. Su resistencia estructural será la necesaria para soportar el peso del vidrio sin deformarse. El canal de colocación debe estar perfectamente alineado, nivelado y aplomado.

El alojamiento para el vidrio no presentará obstáculos que puedan dañarlo durante su colocación y/o por movimientos del edificio o de la abertura durante su accionamiento.

Se considerará la forma segura de retención del vidrio junto con su procedimiento de colocación en la abertura. Del mismo modo se tendrán en cuenta las tolerancias de corte y eventual alabeo del tipo de vidrio considerado. El diseño de la abertura debe evitar la acumulación de humedad en el canal de colocación del vidrio y en el umbral de la ventana, el cual deberá contar con agujeros de drenaje hacia el exterior.

## 2.2. Instalación del vidrio

Una adecuada instalación deberá prever la necesaria separación frontal y perimetral entre el vidrio respecto del marco y los junquillos de modo que, adecuadamente centrado en su alojamiento, el vidrio pueda "flotar" libremente en la abertura sin que los elementos de enmarcado se lo impidan, brindando el espacio necesario para permitir su sellado.

Si el vidrio es templado, debe evaluarse si el canal de colocación admite su alabeo nominal normal sin afectar las luces requeridas para su instalación.

Las dimensiones del junquillo deben ser las adecuadas para retener el vidrio en la abertura, ya sea ante la presión/succión del viento, o para absorber las fuerzas dinámicas y/o eventual deformación de los componentes de la abertura. A tal fin, se deberá dejar el espacio necesario para incorporar los componentes de sellado de estanquidad y proteger los materiales orgánicos ante la acción de los rayos del sol. Además, serán las necesarias pero no excesivas en altura pues podrían provocar tensiones térmicas que llevarían a su fractura por diferencia de temperatura entre el centro del paño y los bordes que, al estar cubiertos, se encuentran más fríos.

## 2.3. Tacos de asentamiento

Cada paño se debe apoyar, centrado en el marco, sobre tacos de asentamiento de una dureza de 70-90 Shore. Los tacos se ubicarán lo más cercano posible a los extremos del vidrio (entre 50 y 200 mm) y su longitud variará entre 25 y 100 mm según el peso del paño. Su ancho será igual o mayor al espesor del vidrio considerado.



Instalación cristal jumbo



Los materiales adecuados para esta función pueden ser PVC no plastificado o madera no absorbente.

En algunos tipos de aberturas es necesario emplear tacos similares en el borde superior y aún en los bordes verticales. Se denominan tacos de encuadre y su función es impedir el desplazamiento del vidrio en el marco. Su posición varía según la forma de apertura del cerramiento.

#### **2.4. Espaciadores laterales**

Su función es evitar el contacto entre el vidrio-marco y vidrio-junquillo. Los espaciadores laterales serán colocados en puntos a ambos lados del paño; su longitud es del orden de 50 a 75 mm y estarán separados 300 a 600 mm entre sí.

Su dureza será de 40-50 Shore. Los componentes de colocación continuos tales como burletes de caucho, vinílicos, bandas de neopreno, etc., eliminan la necesidad de los espaciadores laterales.

#### **2.5. Componentes de instalación**

Para brindar estanquidad en el enmarcado de un vidrio se recomienda el empleo de selladores no endurecibles y no corrosivos. Su tipo y composición debe ser la específicamente recomendada por sus fabricantes para el tipo de vidrio especificado.

No se recomienda el empleo de selladores óleo resinosos a base de aceites. Ningún componente de sellado debe ser diluido o ablandado con ninguna clase de solventes.

Nunca se rellenará con sellador el espacio debajo del borde inferior del vidrio ni el umbral de la abertura pues podría obstruir sus agujeros de drenaje.

Cuando se emplean burletes de neopreno debe realizarse un sellado complementario entre el burlete y el vidrio a lo largo de todo su perímetro. Para el sellado de vidrios laminados con PVB, debe tenerse especial cuidado con la elección del sellador, pues ciertos componentes contienen sustancias que pueden afectar la lámina de PVB. Debe emplearse un producto neutro, libre de ácido acético y solventes.

## 2.6. Condiciones de vidriado

Las dimensiones del paño serán las requeridas para su adecuada colocación; los cantos del vidrio presentarán sus bordes cortados en forma neta, libres de escalladuras, en caso contrario deberán ser pulidos.

Cuando se emplea cristal laminado con PVB, ambos vidrios estarán alineados, recomendándose pulir sus bordes y redondear sus esquinas.

Todas las superficies a sellar deben estar limpias y secas. La temperatura del vidrio y de los componentes de la abertura debe ser adecuada para la colocación y curado de los componentes de sellado.

## 2.7. Cristal de color o reflectivo

Todas las unidades de DVH que estén compuestas con uno de sus paños de cristal coloreado en su masa o reflectivo, se instalan, generalmente, con dicho vidrio al exterior, quedando la capa reflectiva en cara #1 o #2.

Algunos cristales reflectivos no son aptos para ser instalados con su cara expuesta a la intemperie y/o deben ser empleados exclusivamente en unidades de DVH con dicha superficie mirando hacia la cámara de aire.

Para mayor información se recomienda consultar a su proveedor.

## 2.8. Tensiones térmicas

Cuando la acción del calor proveniente del sol y/o de fuentes artificiales se localiza sobre un sector de un paño de vidrio puede producirse la fractura del mismo por tensión térmica.

Asimismo debe evitarse la acción directa de las fuentes de aire acondicionado frío/calor sobre la superficie del vidrio. De no ser posible, se considerará la posibilidad de templar el paño de vidrio afectado.

También debe evitarse la formación de trampas de calor en áreas próximas al vidrio.

Cuando se especifica cristal coloreado en su masa, de espesor grueso y/o laminado con PVB, por ser absorbentes de calor, siempre debe analizarse la necesidad de templar el vidrio a fin de prevenir su eventual fractura por tensiones térmicas.





## 2.9. Manipulación del vidrio

Durante las etapas de procesamiento, traslado, estiba y colocación, el vidrio debe ser manipulado con seguridad y cuidado para evitar su rotura, rayado o daños en sus cantos o esquinas.

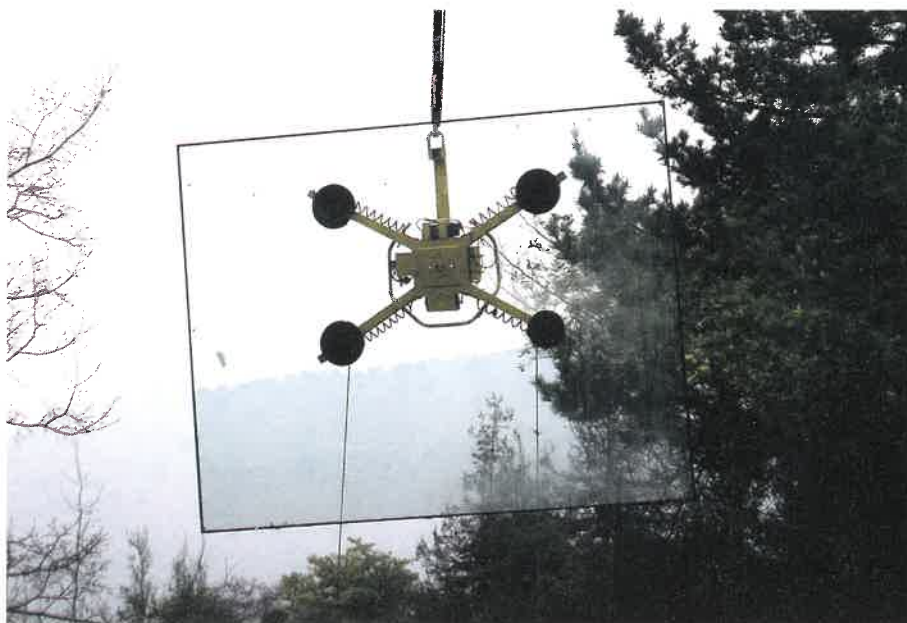
Para tal fin se emplearán los dispositivos y métodos adecuados a cada tipo de vidrio y tamaño del paño.

Los cristales de gran espesor y las unidades de doble vidrio no deben ser arrastradas para su desplazamiento, salvo que se empleen elementos adecuados de protección en sus cantos y esquinas. Un paño de vidrio siempre debe ser trasladado en posición vertical para evitar su eventual rotura por esfuerzos de flexión.

Se evitará hacer palanca sobre el canto para centrar un paño de vidrio en una abertura; para ello se emplearán dispositivos especiales tales como ventosas.

Durante su estiba en obra, los vidrios serán almacenados en forma vertical, con una inclinación de aproximadamente 7 grados, apoyados en su base sobre tacos de madera, y en su parte superior en forma continua en un lugar seco y bajo techo, que no reciba la acción directa del sol.

Cuando se estiban unidades de doble vidrioado hermético deberán extremarse las precauciones para proteger su sellado perimetral de bordes. En ningún caso deberá instalarse un DVH que presente daños en el sellado y/o bordes del vidrio.





## 2.10. Limpieza de obra

Una vez instalado el vidrio en una abertura, se evitarán aquellas operaciones que pueden mancharlo, rayarlo o deteriorarlo de algún modo.

En caso que haya que realizar trabajos adyacentes a un paño de vidrio, éste deberá ser protegido convenientemente.

Los álcalis del cemento y yeso pueden manchar la superficie del vidrio. En caso que restos de dicho material, pastoso o diluido, afecten la superficie de un vidrio, éste deberá ser lavado lo antes posible con abundante agua.

Los cristales reflectivos poseen una superficie más delicada, por lo tanto, deberán extremarse las precauciones de protección durante la obra.

Una limpieza óptima del vidrio siempre deberá ser con abundante agua, evitando al máximo el roce/abrasión contra la superficie del vidrio.



achival a.g. 

# Acristalamiento

capítulo X



Obra: Edificio Santiago Downtown II  
Arquitecto: Allamand y Gaona Arquitectos Ltda.  
Cristal: Control Solar y Térmico  
Santiago





## Acristalamiento

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 fundamental indicar, que lo más indispensable para un buen acristalamiento es la calidad de un perfecto corte (sin aristas) y simetría de los bordes del vidrio (bordes 100% paralelos).**

Se debe tener en claro que una correcta instalación de los vidrios es importante 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 estrés térmico.
- Pérdida de las propiedades del vidrio (particularmente crítico en DVH, vidrios laminados, laminados acústicos, vidrios templados y espejos).
- Mal funcionamiento de la ventana en la que está instalado el vidrio (esto es particularmente serio en ventanas de abatir y oscilo batientes), lo que suele generar mayores tensiones mecánicas debido a los esfuerzos extras 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

## 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: Estas sin duda existirán, pero la instalación debe impedir que 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 extras sobre el vidrio.

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





## 1.2. Estanquidad

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 que esté hecho).

Para ellos, se deberán usar burletes elastómeros y selladores que garanticen la estanquidad al agua y permeabilidad al aire (NCh 2434).

Los selladores deben tener la adherencia y elasticidad establecidas en la NCh 2434, para que los movimientos diferenciales vidrio/bastidor no afecten dicha estanquidad.



### 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:

- Puede 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. Fijación

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 este 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 sollicitaciones 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 programa cálculo de espesor en CD adjunto).

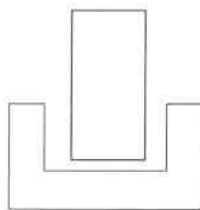


## 2. Requisitos de un buen acristalamiento

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, es decir, que debe haber una adecuada separación entre vidrio, marco y junquillo.

**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 estrés 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 junquillo

Los junquillos 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 VII, "Estrés Térmico").

## 2.3. Condiciones del Vidrio

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

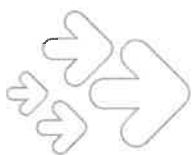
- Debe tener el espesor adecuado para las dimensiones del vidrio, y debe cumplir los requisitos de la Norma NCh 135/3 (Vidrios que se emplean en posición vertical, sustentados en sus cuatro bordes) y NCh 432. (Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones). Si el vidrio no es capaz de soportar los requerimientos de la presión de viento o de otras solicitaciones (personas que se apoyan en ellos, acción de apertura y cierre de la ventana o puerta, etc.) no se puede decir que está bien instalado.

- Los cantos del vidrio deberán estar en muy buen estado (corte limpio, sin escallas ni golpes), pues ello es determinante para impedir la rotura por estrés térmico o por otras causas.
- En el caso de vidrios laminados, los vidrios que lo componen deberán estar correctamente alineados entre sí e idealmente tener sus bordes pulidos en máquinas con muelas diamantadas.

Del mismo modo, en los DVH también se deberá garantizar que los vidrios estén correctamente alineados.



Nota: Si bien indicamos los requerimientos de la Norma Chilena respecto a los espesores del vidrio de acuerdo a la presión del viento, ACHIVAL AG., basado en la vasta experiencia de sus asociados y del mercado, ha hecho necesario incorporar a este manual un programa (adjunto en un CD) con la recomendación de espesores en la gran variedad de tipo y condiciones de instalaciones de cristales cada vez con más exigencias.

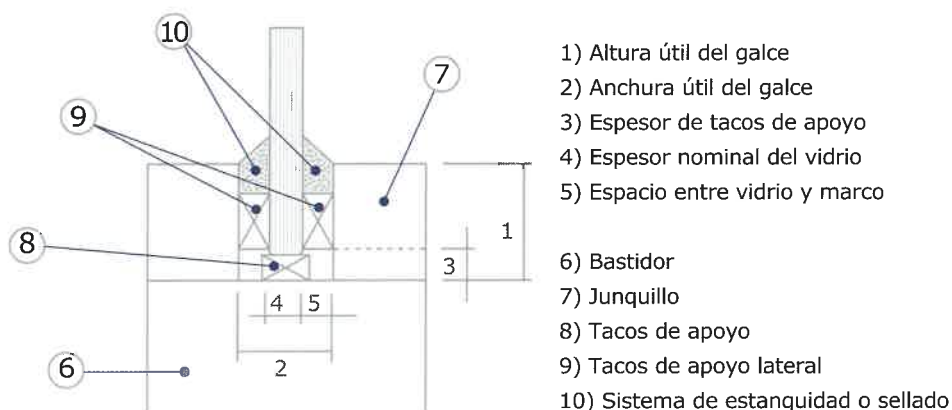




### 3. Galce y tacos de apoyo

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 se apoya sobre tacos de apoyo horizontales (8) y laterales (9) contenidos entre el bastidor (6) y el junquillo (7) y todo el conjunto cerrado con un sellador (10). Hay dos elementos que se deben analizar más detenidamente; estos son: el Galce y los Calzos.

#### A. GALCE:

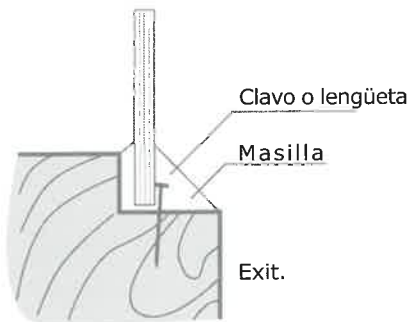
El galce es el espacio del bastidor destinada a recibir el vidrio (señalado en la fig. 8.2 como 1 y 2). Los bastidores pueden ser metálicos, de madera, hierro o de PVC.

Hay tres tipos de galce:

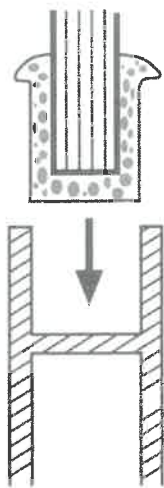
- Galce Abierto (fig. 8.3): Es el galce abierto al exterior.
- Galce Cerrado (fig. 8.2): Es un galce abierto que se cierra con la ayuda de un bastidor rígido (junquillo). El galce cerrado es el único que puede recibir todos los productos de acristalado (DVH; laminados, etc.) y de grandes dimensiones.

- Galce de Ranura (fig. 8.4): Se trata de un espacio 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 (TACOS DE APOYO):

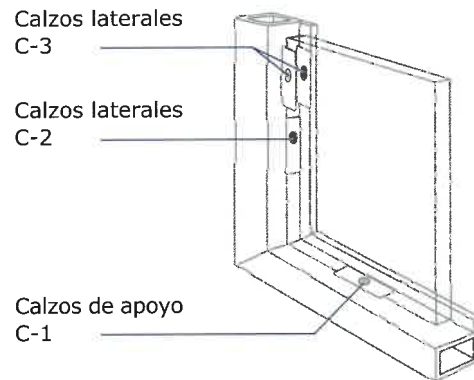
### También se les llama "tacos"

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  $-10^{\circ}\text{C}$  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 (C-1)

También se le llama taco de asentamiento.

Su función es transmitir el peso del vidrio al travesaño base del marco u hoja, en dos puntos seleccionados, con el fin de que produzca la mínima deformación del marco. Además impide el contacto del vidrio con la base del marco. Se les ubica entre 5 y 20 cms. de los extremos del vidrio.



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 doble vidrio hermético (DVH), si el calzo no apoya en los dos vidrios, la unidad se verá sometida a tensiones extras 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 (C-2)**

También se les llama burletes: Es el elemento que cumple la función de asentar el vidrio o DVH, dentro del perfil de la ventana para evitar que se desplace durante su traslado, instalación y operación. Además impiden el contacto vidrio/marco y vidrio/contra vidrio.

Los tipos más usados son PVC, caucho, termoplástico y EPDM

Existen varios modelos:

- Burletes tipo U
- Burletes tipo cuña
- Burletes doble contacto
- Burletes para madera
- Burletes especiales

### **CALZO LATERAL (C-3)**

Mantiene las holguras laterales y transmite 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.

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 ventanas 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 ventanas tienen que soportar sollicitaciones especiales sobre la hoja corredera debido al peso del vidrio (ventanas de abatir y oscilo batientes, especialmente). Es importante ubicar los calzos del vidrio de modo tal que los esfuerzos sobre la hoja se minimicen.



## 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.

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

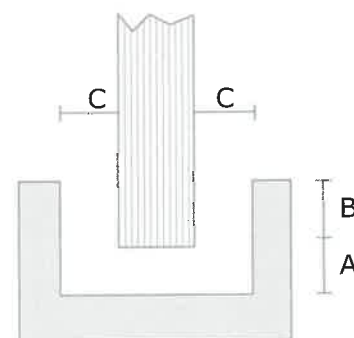
Del mismo modo las luces de acristalamiento dependen del tipo de vidrio que se esté acristalando.

Se puede distinguir:

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

Las luces de instalación para el vidrio flotado común y para el DVH se indican en el cuadro 8.1 y la fig. 8.3

**Fig. 8.6: luces de acristalamiento**



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

- 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 deterioran el PVB.
- Proteger los cantos contra la humedad.



silva

achival a.g.



# Aplicaciones especiales

capítulo XI





## Aplicaciones especiales

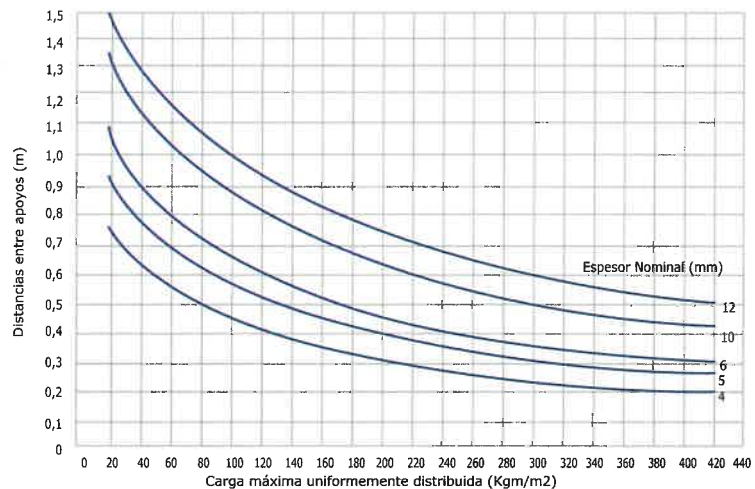
### 1. Vidrio para cubiertas de mesas y repisas

#### 1.1. Repisas

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 una repisa de vidrio soportado únicamente a lo largo de sus bordes más cortos en forma continua.

**Fig. 12.1**

REPISAS DE VIDRIO FLOTADO (Soportados en sus dos lados cortos)



A continuación el cuadro 12.1 presenta ejemplos tomados de la fig. 12.1 expresando las cargas equivalentes en KN/m<sup>2</sup> y la masa permitida en Kg. La masa o peso máximo permitido está determinado en función de la profundidad máxima de la repisa, la cual debe ser equivalente a la cuarta parte de la luz entre sus apoyos.

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



**Cuadro 12.1**

Cristal Flotado (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	41			
	(c)	5,0	4,9	4,1	4,2			
5	(a)		3450	1850	150	215		
	(b)		353	19	18	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) = KN/m <sup>2</sup> (b) = kgf/m <sup>2</sup> (c) = kg								

### 1.2. Cubiertas de mesa

Para determinar la carga que puede soportar una cubierta de mesa se tomaron ejemplos de espesores y dimensiones establecidos sobre la base 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 cubierta 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 cubierta de vidrio deben ser evaluados antes de especificar el cristal.

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	560 x 560	160 x 380	1080 x 360
10	915 x 915	1222 x 610	1740 x 580
12	1090 x 1090	1520 x 760	2040 x 680
15	1350 x 1350	1830 x 915	2560 x 860
19	1600 x 1600	2180 x 1090	3045 x 1015
25	2100 x 2100	2900 x 1450	--

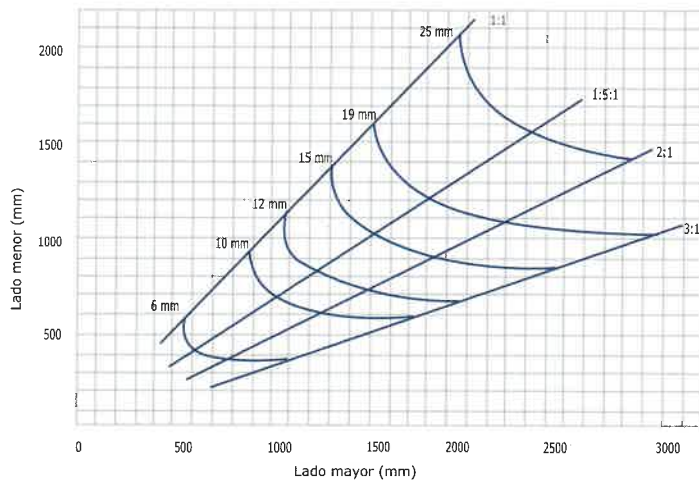


En los casos en que requieran espesores mayores a 10 mm por razones estéticas o de resistencia, se podrá emplear vidrio monolítico de 12 - 15 - 19 ó 25 mm o vidrio laminado de igual espesor.

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 a un especialista.

**Fig. 12.2**

CUBIERTA DE MESA DE CRISTAL (Apoyadas en forma continua en sus cuatro lados)



**Condiciones de los Bordes:**

- Los vidrios para cubiertas de mesa y repisas pueden ser empleados con sus bordes ocultos sin pulir, pero con los bordes a la vista, siempre se deberá tomar la decisión de pulir sus cantos teniendo en cuenta los riesgos que pueden surgir como consecuencia de un quiebre o borde dañado, en especial cuando se trate de un cristal de poco espesor.
- En el caso de cristales sometidos a una frecuente manipulación, exceso de carga, o golpes, es conveniente considerar diseños que impliquen bordes ocultos o en su defecto temprarlos.
- 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 vidrio templado.
- Para la manufactura de repisas y cubiertas de mesa, el cristal flotado es adecuado pero existen ciertos casos en los que se requiere utilizar vidrio Templado o Laminado:
  - Cuando se requiera resistencia al calor solar, como por ejemplo, mesas de jardín.
  - Cuando se requiera resistencia a altas temperaturas como por ejemplo, artefactos de cocina en cubiertas de mesa de comedor.
  - Cuando se requiera seguridad (mesas para áreas resbaladizas, para habitaciones de niños, y los ejemplos anteriores)
- Se debe tener en cuenta que el vidrio templado es 4 a 5 veces más resistente que el vidrio recocido.

**2. Vidrios para techos**

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 puede alcanzar temperaturas 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. Tipos de vidrios 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 estrés 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 prácticas

### Iluminación 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 de color, reflectivos 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 de color, reflectivos o serigrafiados. (Ver capítulo IV, "Mecanismos de Transmisión de Calor en los Vidrios")

### Aislamiento térmico

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 un adecuado aislamiento térmico y un mejor aprovechamiento de la energía, además de evitar las condensaciones de humedad sobre la cara interior del vidrio.

### Aislamiento acústico

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 cristal laminado acústico. (Ver capítulo V, "Aislamiento Acústico")

### Tamaño máximo de vidrio para techos

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

### Cristales de seguridad y control solar

El empleo de templado-laminado tiene como objeto aumentar la resistencia al impacto, a la manipulación y a las tensiones térmicas usualmente presentes cuando en la composición del paño interviene vidrio de 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 vidriado 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 vidriado de techos se encuentra expuesto a condiciones más rigurosas que en acristalamientos verticales: Mayor acumulación de suciedad y agresividad de los agentes climáticos.



## Diferentes Aplicaciones Especiales



manual del vidrio plano

achival a.g.





### 2.3. Estructura de soporte: consideraciones particulares

Su diseño y construcción debe 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 sollicitaciones que influyan sobre la misma.
- La adecuada colocación de los cristales de seguridad en una estructura inclinada es un aspecto de vital 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 el mercado 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 COLOCACIÓN:

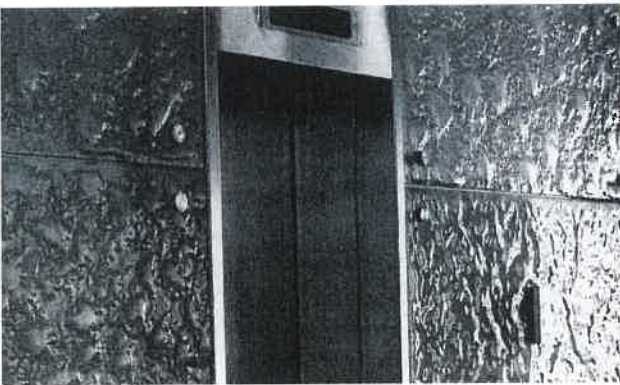
- Para la colocación de los cristales se emplearán sistemas a base de burletes de caucho y, para el sellado, compuestos a base de siliconas de tipo neutro.
- Para asegurar una buena adhesión, las superficies de los cristales de seguridad y la estructura deben estar limpias y secas.
- Los bordes de los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

### 3. Fusing

La palabra fusing designa un proceso de tratamiento del vidrio que permite obtener una amplia variedad de productos de vidrio de muy diferentes propiedades y usos. Aunque puede haber algunas diferencias en el proceso, dependiendo del tipo de producto a obtener, el proceso básico es siempre el mismo: Se parte de vidrio plano y se eleva la temperatura hasta alcanzar su punto de ablandamiento.

El vidrio es colocado sobre un molde con una forma y relieve determinado de modo que, al llegar a su punto de ablandamiento, adoptará la forma y relieve del molde.

Los productos que se pueden obtener por este proceso son innumerables, así como sus aplicaciones. Si es común el uso de vidrio como elemento separador en oficinas y salones, es fácil pensar en el valor decorativo y estético que puede lograrse con determinados diseños obtenidos por fusing.



NOTA: El proceso de fusing también es utilizado por los artesanos y artistas del vidrio en dos formas: El fusing tradicional, que les permite obtener distintas formas a partir del vidrio plano (ceniceros, bols, platos, etc.) y el full fusing que consiste en amalgamar vidrios de distinto color (uno dentro del otro) o incorporar metales o distintos tipos de objeto en el interior del vidrio. El vidrio así obtenido servirá de materia prima para posteriores fusings. De esta manera los ceniceros, platos, etc., tendrán motivos decorativos muy interesantes y con mayor valor.





achival a.g.



## Normas de calidad

anexos



Obra: Biblioteca de Santiago  
Arquitecto: Cox y Ugarte Arquitectos  
Cristal: Serigrafiado





## 1. Normas de calidad

El objetivo de este capítulo es brindar una reseña de las Normas Chilenas 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 Norma NCh 135/3 Of97 (Vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura: Vidrios que se emplean en posición vertical, sustentados en sus cuatro bordes - Práctica recomendada para el cálculo de espesor).

La NCh 135/3 Of97 es una norma significativamente importante pues la elección del espesor del vidrio a instalar tiene consecuencias no sólo económicas, sino también de seguridad hacia las personas.

**NCh 135/3 Of97 Vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura: Vidrios que se emplean en posición vertical, sustentados en sus cuatro bordes. Práctica recomendada para el cálculo de espesor.**

### 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 NCh 135/3 Of97.

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 aislamiento acústico 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.

**Además, ACHIVAL pone a disposición CD para cálculo de espesor (Ver CD adjunto)**

**Referencias:**

Norma NCh 135 Vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura –Clasificación y requisitos.  
NCh 432 Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.

**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 cristal flotado 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 cristal.

NORMAS CHILENAS VIGENTES REFERIDAS AL VIDRIO PLANO PARA LA CONSTRUCCIÓN:

<b>NCh 132. Of 96</b>	Terminología y Clasificación.
<b>NCh 133. Of 96</b>	Vidrios planos para arquitectura y uso industrial, espesores nominales normales y tolerancias.
<b>NCh 134. Of 97</b>	Vidrios planos, características físicas.
<b>NCh 134/1. Of 97</b>	Vidrios planos. Ensayos Parte 1: Determinación de la transmisión de luz, transmisión directa solar, transmisión de la energía total solar y transmisión ultravioleta, y factores de acristalamiento relacionados.
<b>NCh 134/3. Of 97</b>	Vidrios planos. Ensayos parte 3: Resistencia a la acción de temperaturas extremas.
<b>NCh 134/4. Of 97</b>	Vidrios planos. Ensayos parte 4: Rotura por flexión.
<b>NCh 134/ 5. Of 96</b>	Vidrios planos. Ensayos parte 5: Determinación de la planimetría.



<b>NCh 135. Of 97</b>	Vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura. Clasificación y requisitos.
<b>NCh 135/1</b>	Uso en la arquitectura. Parte 1: Práctica recomendada para su empleo.
<b>NCh 135/2</b>	Uso en la arquitectura. Parte 2: Especificación y aplicación en áreas susceptibles a impacto humano.
<b>NCh 135/3</b>	Uso en la arquitectura. Parte 3: Vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura. Parte 3: Vidrios que se emplean en posición vertical, sustentados en sus 4 bordes. Práctica recomendada para el cálculo de espesor.
<b>NCh 134/4</b>	Vidrios planos. Ensayos parte 4: Inspección visual.
<b>NCh 135/5</b>	Vidrios planos. Ensayos parte 5: Roturas por impacto de una esfera de acero.
<b>NCh 135/6</b>	Vidrios planos de seguridad. Ensayos parte 6: Rotura por impacto de una bolsa del lastre.
<b>NCh 135/7</b>	Vidrios planos de seguridad templados. Ensayos parte 7: Fragmentación por impacto de un punzón.
<b>NCh 135/8</b>	Vidrios planos de seguridad, laminados. Ensayos parte 8: Resistencia a la temperatura y humedad.
<b>NCh135//9 of.96</b>	Vidrios planos de seguridad: Ensayos parte 9: Rotura por torsión.
<b>NCh135//10 of.96</b>	Vidrios armados: Ensayos parte 10: Resistencia a la acción de una llama.
<b>NCh 2620</b>	Vidrios laminados planos para arquitectura. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.

**OTRAS NORMAS QUE SE APLICAN A LOS VIDRIOS SON:**

<b>NCh 431 Of. 77</b>	Construcciones sobre cargas de nieve.
<b>NCh 432 of. 71</b>	Cálculo de acción del viento sobre las construcciones.
<b>NCh 446</b>	Arquitectura y construcción. Puertas y ventanas. Terminología y clasificación.
<b>NCh 447</b>	Carpintería, modulación de ventanas y puertas exteriores.
<b>NCh 523</b>	Carpintería de aluminio, puertas y ventanas. Requisitos.
<b>NCh 888</b>	Arquitectura y construcción de ventanas. Requisitos básicos.
<b>NCh 889</b>	Arquitectura y construcción de ventanas. Ensayos mecánicos.
<b>NCh 890</b>	Arquitectura y construcción de ventanas. Ensayos de resistencia al viento.
<b>NCh 891</b>	Arquitectura y construcción de puertas y ventanas. Ensayo de estanquidad al agua.
<b>NCh 892</b>	Arquitectura y construcción de ventanas. Ensayo de estanquidad al aire.
<b>NCh 1537</b>	Diseño estructural de edificios. Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
<b>NCh 2496</b>	Arquitectura y construcción de ventanas. Instalación en obras.





## **NORMAS ESPECIFICAS DE TERMOPANELES O DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO.**

**NCh 2434/1** Doble vidrio parte 1: Características de diseño y construcción.

**NCh 2434/2** Doble vidrio parte 2: Ensayo de condensación.

**NCh 2434/3** Doble vidrio parte 3: Ensayo de hermeticidad.

**NCh 2434/4** Doble vidrio parte 4: Método de envejecimiento acelerado.

**Este segundo grupo de normas mide la eficiencia aislante de los DV.**

**NCh 849** Aislamiento térmico, transmisión térmica. Terminología, magnitudes, unidades y símbolos.

**NCh 850** Aislamiento térmico. Método para la determinación de la conductividad térmica, por el método de la cámara térmica.

**NCh 853** Acondicionamiento térmico. Envoltente térmica de edificios.

El detalle de todas estas normas y otras relacionadas con vidrios y ventanas, se encuentran en el Instituto Nacional de Normalización.



Para mayor información:  
[www.inn.ci](http://www.inn.ci)

## 2. Glosario

**Aislamiento térmico:** Capacidad de resistencia al paso de calor (en nuestro caso del vidrio). Es el intercambio de energía calórica entre un ambiente y otro separado por un cristal.

**Área de riesgo:** 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.

**Calzos:** También se les llama "tacos". Los calzos tienen por objeto conseguir el acañado del vidrio en los bastidores de ventanas.

**Coefficiente de sombra:** (CS): Índice que mide la capacidad del cristal de filtrar el calor producido por los rayos directos del sol.

**Cristal antibala:** Cristal capaz de resistir la penetración del disparo de un arma de fuego, garantizando además la protección de personas frente al desprendimiento de partículas causadas por el impacto del proyectil.

**Cristal antifuego:** Cristal que tiene la capacidad de mantener atrás llamas, humo y gases calientes sin afectar la estructura de éste (integridad). También tiene la capacidad de restringir la transmisión de calor conductivo y radiante a la cara no expuesta al fuego (aislamiento térmico).

**Cristal de baja emisividad o Low-E:** Cristal que posee en una de sus caras un revestimiento incoloro e invisible que lo hace disminuir la transmitancia térmica aire/aire de manera considerable.

**Cristal de color:** Son cristales fabricados del mismo modo que los vidrios incoloros a los que se ha agregado (durante el proceso de producción) algunos óxidos metálicos específicos que producen un coloreado determinado en la masa del vidrio.

**Cristal esmaltado:** 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.

**Cristal Extra Claro:** Cristal fabricado con bajo contenido de hierro. Esta característica le otorga una transparencia perfecta en la observación de los colores.

**Cristal Flotado:** Cristal fabricado a través de un proceso en el que la masa de vidrio, una vez fundida, se vierte sobre un baño de estaño líquido, el cual posee una planimetría perfecta, sin ondulaciones.

**Cristal grabado al ácido:** Vidrio con una superficie suave y uniforme y de apariencia satinada. Este tipo de vidrio permite el paso de la luz a la vez que provee un control de la visión.

**Cristal Laminado:** Vidrios formados por dos o más hojas de cristal flotado (inoloro o color, crudo o templado), unidas entre sí por la interposición de una o varias láminas de Polivinil Butiral (PVB), polímero ultra resistente, aplicadas bajo presión y calor en un horno autoclave.

**Cristal Laminado Acústico:** Está fabricado a partir de dos caras de cristal flotado las cuales han sido unidas entre sí a través de una interlámina de PVB incolora, blanda y elástica de 0,76mm de espesor bajo calor y presión. Esta interlámina de polivinil butiral ha sido desarrollada especialmente para ofrecer una reducción significativa del paso del ruido a través del cristal.

**Cristal Plomado:** Cristal que gracias a su alto contenido de bario y plomo, brinda una amplia protección contra rayos X, manteniendo su transparencia.

**Cristal Reflectivo de Control Solar:** Cristales que impiden el ingreso de calor radiante del sol, (reflejan las radiaciones de longitud de onda corta) y suelen estar fabricados con vidrio flotado de color. Pueden ser pirolíticos o Soft Coat.



### **Cristal Reflectivo de Control Solar y Control Térmico:**

Producto que combina control solar y térmico en un solo cristal, con alta transmisión lumínica y baja reflexión.

**Cristal Serigrafiado:** Vidrio templado o termo endurecido que presenta algún tipo de dibujo sobre una de sus caras, a base de tintas cerámicas, las que durante el proceso de templado quedan virtualmente incorporadas a la superficie del cristal.

**Cristal Templado:** Vidrio sometido a un tratamiento térmico, 4 a 5 veces más resistente que un cristal recocido. Se quiebra en pequeños fragmentos y es considerado vidrio de seguridad.

**Cristal Termoendurecido:** Vidrio sometido a un tratamiento térmico similar al del vidrio templado que aumenta al doble la resistencia mecánica respecto a un vidrio crudo de idéntica configuración. Se rompe en largas piezas y no es considerado un vidrio de seguridad.

**Decibel:** Es la intensidad del sonido, construida sobre una base logarítmica.

**Doble Vidriado Hermético (DVH):** Sistema de vidriado compuesto por dos hojas o más de cristal separadas entre sí por un perfil separador perimetral formando una cámara de aire deshidratado. Se aprovecha la baja conductividad térmica del aire para lograr un aislamiento de la radiación de onda larga.

### **Espectro de frecuencias:**

Conjunto de sonidos diferentes de distinta frecuencia e intensidad.

**Estrés Térmico:** 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 junquillos, 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 (estrés térmico) que puede producir la rotura del vidrio.

**Factor solar (FS):** Ganancia de energía solar total relativa a la energía solar incidente. Incluye la energía solar transmitida directamente a través del vidrio más la energía solar absorbida y subsecuentemente irradiada por convección hacia el interior.

**Frecuencia:** Número de pulsaciones (ciclos) que tiene por unidad de tiempo (segundo). La unidad correspondiente a un ciclo por segundo es el Hertz.

**Galce:** Parte del bastidor destinada a recibir el vidrio. Los bastidores pueden ser metálicos, de madera o de PVC.

**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.

**Perfil de Vidrio:** Vidrio con forma de perfil de U incoloro y translúcido, que presenta en una de sus caras una textura igual a la del vidrio Catedral Stipolite. También conocido como U Glass.

**Proceso Pírolítico:** Consiste en la incorporación de un revestimiento reflectivo aplicado en una de las caras del cristal. Se produce en línea, simultáneamente con la fabricación del cristal flotado, donde se le incorpora, en caliente, sobre una de sus caras, una superficie reflectiva a base de óxidos metálicos. (También llamado On-line, Hard Coat o Capa Dura)

**Proceso Soft Coat:** Consiste en que el cristal una vez salido de su línea de fabricación, es sometido a un bombardeo de iones metálicos al vacío para incorporarle una capa reflectiva. (También llamado Off - line)

**Rtra:** Índice de medición para ruidos del tráfico (principalmente frecuencias bajas).

**STC:** Índice de medición para ruidos generales (promedio de frecuencias altas, medias y bajas). Corresponde a la norma americana ASTM.

**Transmisión de calor por radiación solar:** Es el calor que ingresa a una habitación producido exclusivamente por el efecto de los rayos del sol a través de un cristal.

**Transmisión Lumínica:** Porcentaje de luz de día producida por la energía solar que pasa a través del cristal.

**Transmisión 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.

**Transmisión por convección:** 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.

**Valor U (estándar Americano):** Se mide en las siguientes unidades: Btu/hr/sqft/F°.

**Valor U (estándar Europeo):** Es el calor total, expresado en vatios, transmitido a través de un acristalamiento de 1 m<sup>2</sup> en una hora, por cada grado Kelvin de diferencia entre el interior y el exterior. Se mide en las siguientes unidades: W/m<sup>2</sup>/K°.

**Vidrio Armado:** Cristal translúcido incoloro al cual se le ha agregado (durante el proceso de producción) una malla de alambre de acero la cual, ante rotura del vidrio, actuará como soporte temporario del mismo.

**Vidrio Borosilicato:** El vidrio borosilicato es cualquier vidrio silicato que contenga al menos 5% de óxido bórico en su composición. Su uso es adecuado para la industria química de procesos (laboratorios, ampollas, y frascos en la industria farmacéutica, entre otros).

**Vidrio Catedral o impreso:** 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.



## BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- Vásquez, C. El Vidrio y la Arquitectura. Ed. ARQ, Escuela Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2006.

### Manuales / Catálogos / Revistas

- Manual de Aplicación Reglamentación Térmica Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones Artículo 4.1.10 Realizado con la coordinación del Instituto de la Construcción Ed. Edicolor, Santiago, 2006.
- Manual del Vidrio Plano, Caviplan (Cámara del vidrio plano y sus manufacturas de la República Argentina), año 2005
- Acoustical Glazing Design Guide - Saflex
- Catálogo técnico Dialum
- Catálogo técnico Vidrios Lirquén S. A
- Catálogo técnico Glasstech
- Barry, C. What is Distorsion?, Glass Digest. 1997

### Páginas web

- [www.pilkington.com](http://www.pilkington.com)
- [www.dialum.cl](http://www.dialum.cl)
- [www.glasstech.cl](http://www.glasstech.cl)
- [www.glaverbel.com](http://www.glaverbel.com)
- [www.saint-gobain-glass.com/es](http://www.saint-gobain-glass.com/es)
- [www.inn.cl](http://www.inn.cl)

### Normativa

- NCh 135. Of 97  
Vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura. Clasificación y requisitos.
- NCh 135/1 Uso en la arquitectura. Parte 1: Práctica recomendada para su empleo.
- NCh 135/2 Uso en la arquitectura. Parte 2: Especificación y aplicación en áreas susceptibles a impacto humano.
- NCh 135/3 Uso en la arquitectura. Parte 3: Vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura. Parte 3: Vidrios que se emplean en posición vertical, sustentados en sus 4 bordes. Práctica recomendada para el cálculo de espesor.
- NCh 432 of. 71  
Cálculo de acción del viento sobre las construcciones

⇒ Patrocinan:

COLEGIO DE  
ARQUITECTOS DE CHILE



INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN - CHILE

**Aoa**  
ASOCIACION DE OFICINAS DE ARQUITECTOS

achival a.g.

manual del vidrio plano

Primera edición 2.000 ejemplares

**Colaboradores**

Mónica Budge.D.  
Héctor Calbucura G.  
María de los Angeles Opazo B.  
Oscar Zavala R.  
Claudio Poo B.

**Diseño**

Arte y Forma, Diseño Integral

Santiago de Chile, noviembre de 2007

**Impresión**

Trama Impresores S.A.  
[www.tramaimpresores.cl](http://www.tramaimpresores.cl)  
Concepción

**achival a.g.**



**ACHIVAL A.G.**

Asociación Chilena del Vidrio y el Aluminio

[www.achival.cl](http://www.achival.cl)