

Información Técnica

Estrés Térmico

Causas de la Fractura por Tensión Térmica

El vidrio colocado en una abertura está sometido a la radiación solar y absorbe calor, lo cual eleva su temperatura y lo obliga a dilatar. Pero si el vidrio se encuentra dentro del marco de una ventana y protegido por 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 figura 1 se esquematiza esta situación.

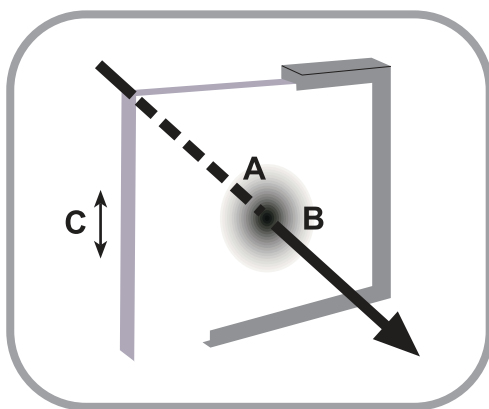


Figura 1:

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:

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

● Estado de los bordes del vidrio:

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

● 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 romperá por tensión térmica (excepto en caso de incendio).

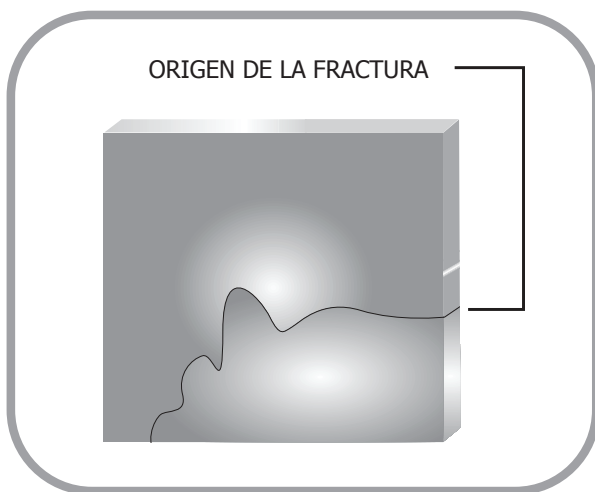
El cristal flotado crudo esmerilado u opacificado, incoloro o de color, sometido a la acción de la radiación solar, implica un gran potencial de presentar fractura por tensión térmica. Para evitarlas debe emplearse cristal flotado procesado templado o termoendurecido.

• 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.

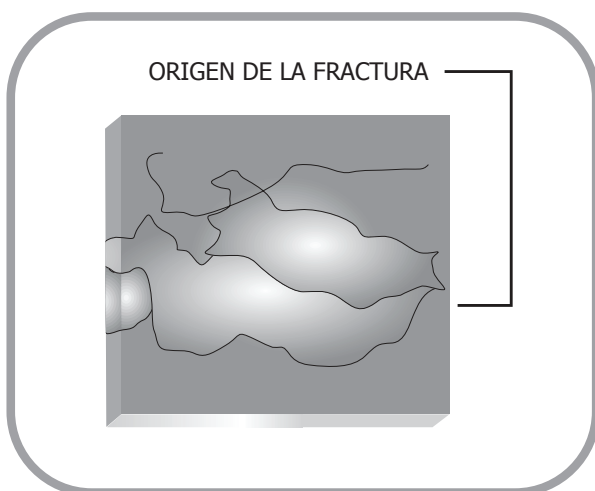
Diagnóstico de fallas por tensión térmica:

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



Fractura por estrés térmico de baja tensión:

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. Se propaga a baja velocidad.



Fractura por estrés térmico de alta tensión:

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. Se propaga a alta velocidad.

Si la tensión es baja la rotura se iniciará a partir de una seria falla en el borde del vidrio (escalladura o mal pinzado).

Si las fallas en los bordes son pequeñas será alta la energía necesaria para producir la rotura. Por lo tanto en esas condiciones sólo existirá fractura por estrés térmico si la tensión térmica es alta.

Factores a considerar:

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 se observa la influencia del material en la reducción de la tensión térmica por borde frío/centro caliente.

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

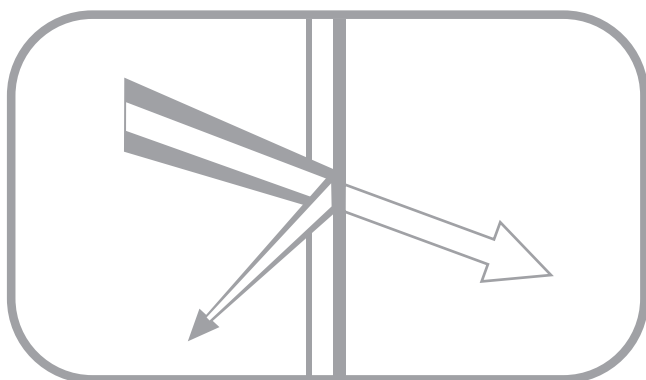
- La ubicación geográfica del edificio (latitud).
- Orientación e inclinación del paño respecto de la vertical. Estación del año y hora del día.
- Presencia de nubes y polución atmosférica.
- Reflectividad del terreno y de las estructuras adyacentes al edificio.

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 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 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, 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).



En un cristal reflectivo cara #2 los rayos solares atraviesan dos veces el vidrio.

- En el caso de un termopanel, 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 termopanel.
- También debe tenerse en cuenta la tensión térmica en los vidrios laminados de control solar.
- La colocación de láminas (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.

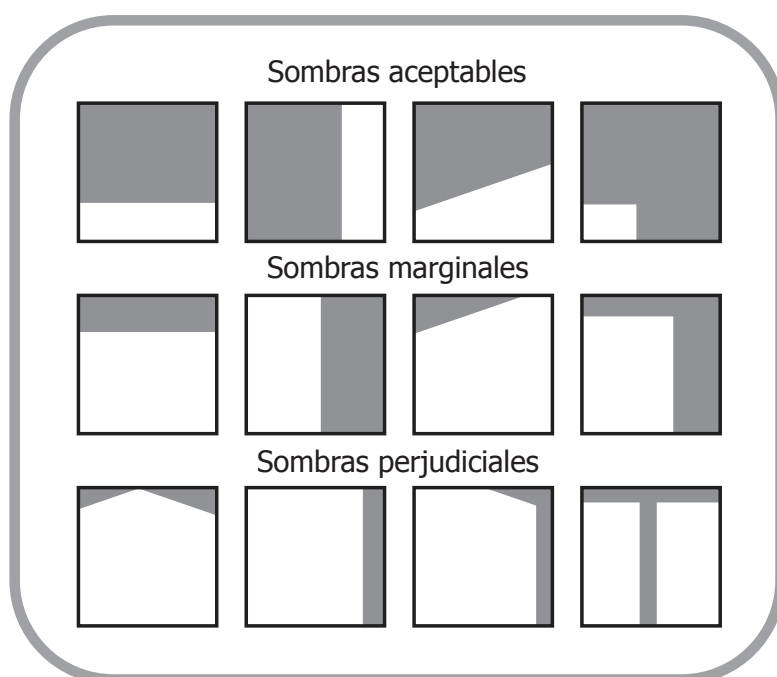
Sombras Externas (Conos de sombra):

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

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

FORMAS DE SOMBREADO EXTERIOR

Sombras exteriores y su influencia en el estrés térmico.



Sombras Internas:

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



Fractura por estrés térmico.