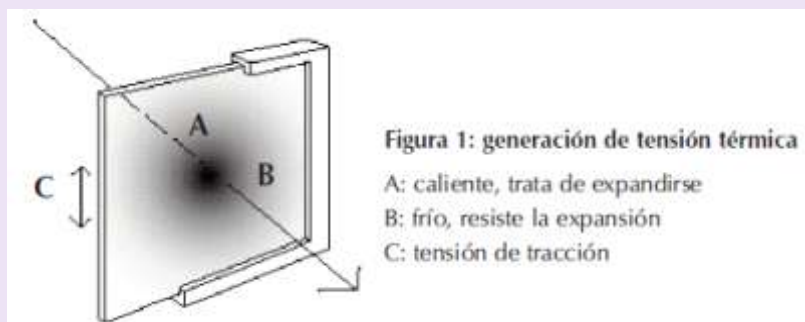




## STRESS TERMICO

### 1.- Causas de la Fractura por Tensión Térmica:

El vidrio colocado en una abertura está sometido a la radiación solar y absorbe calor, lo cual eleva su temperatura y lo obliga a dilatar. Pero si el vidrio se encuentra dentro del marco de una ventana y protegido por contravidrios, los bordes recibirán menos calor y estarán a menor temperatura que el centro, que recibe toda la radiación. Como consecuencia el centro necesitará dilatar más que los extremos y esto generará una tensión entre ambos (stress térmico) que puede producir la rotura del vidrio. Esto es muy probable que ocurra si la diferencia de temperatura entre la zona caliente y la zona fría supera los 40° C. En la fig. 7.1 se esquematiza esta situación.



### 2.- Como prevenir la Fractura por Stress Termico:

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

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

Cuadro 7.1: Influencia del marco para reducir la tensión térmica por borde frío/centro caliente

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 stress térmico.



- **Aislamiento de la pared:** si el marco está térmicamente aislado del muro, los bordes del vidrio se calentarán más rápidamente y el stress térmico será menor; por el contrario si el marco presenta un buen contacto térmico con la estructura del muro, los bordes del vidrio perderán calor por conducción hacia la masa fría del muro, disminuirá la temperatura del marco y aumentará la tensión por stress térmico. .
- **Efecto de la Radiación Solar:** la intensidad de la radiación solar es muy importante en relación al desarrollo del stress térmico en el vidrio y se ve 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 color (de Control Solar) absorben mucha más energía que los vidrios incoloros (debido a los pigmentos que contiene en su masa), por lo cual son mucho más susceptibles a sufrir stress térmico que los vidrios incoloros. Al utilizar vidrios color, deberá estudiarse - en cada caso - la necesidad de termotratarlos. El proceso de templado o termoendurecido otorga una resistencia adicional al vidrio que lo hace capaz de soportar las tensiones originadas por stress térmico.
  - También deben ser termotratados los vidrios reflectivos colocados en cara 2 (#2). 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 atravesarse el vidrio al egresar de él, tal como se muestra en la fig. 7.2). Durante el tratamiento térmico de un vidrio reflectivo (y aún más si se trata de un low-e) la superficie pierde algo de su planimetría original, lo cual puede generar distorsiones de imagen inaceptables. Esta tendencia es mayor en el templado que en el termoendurecido, por lo que este último es el tratamiento térmico preferido cuando sólo se busca aumentar la resistencia al stress térmico (recordar que el vidrio termoendurecido no es vidrio de seguridad)

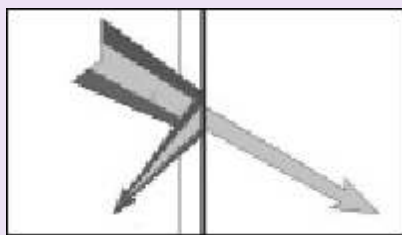


Fig. 7.2: en un reflectivo #2 los rayos solares atraviesan dos veces el vidrio

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



- **Sombras Externas:**

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

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

La fig. 7.3 muestra los distintos tipos de sombra que pueden afectar al stress térmico.

Fig. 7.3: sombras exteriores y su influencia en el stress térmico



- **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 stress térmico (mantener un mínimo de 50 mm de distancia entre el vidrio y las cortinas).
- Debe evitarse que las cortinas venecianas u otro tipo de elementos, re-irradien la radiación hacia el vidrio, lo cual incrementará su temperatura aumentando la posibilidad de stress térmico.

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

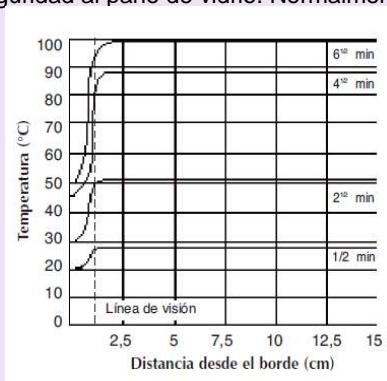


Fig.7.4: influencia de la altura del marco en el stress térmico

En la fig. 7.4 se observa como aumenta la diferencia de temperatura entre el borde y centro del vidrio a medida que pasa el tiempo.

- **Estado de los bordes del Vidrio:** la fractura térmica usualmente se produce por la acción de una tensión de tracción en el



borde del paño y paralela al mismo. La posibilidad de que ocurra la rotura, depende de la presencia y tamaño de imperfecciones en los bordes a través de las cuales se liberarán las tensiones acumuladas por stress térmico.

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

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

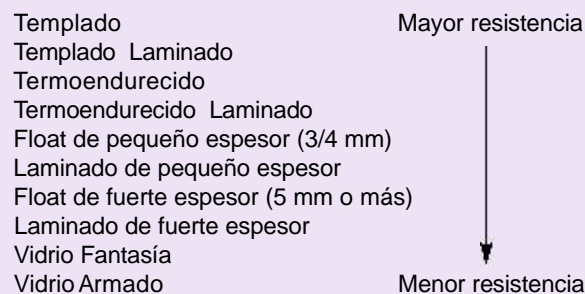
- Tamaño y Espesor del float: cuanto más grande y más grueso es el vidrio, más difícil es de manipular, de cortar y de colocar, por lo que es más probable que ocurran daños en sus bordes.

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

- Fuentes de aire caliente o frío sobre el vidrio: se debe evitar la acción directa de las fuentes de aire acondicionado frío/calor sobre la superficie del vidrio. Si no es posible, considerar la posibilidad de templar el vidrio.
- Quitar todas las etiquetas u obleas: las etiquetas u obleas pueden generar tensiones térmicas por su capacidad extra de absorción del calor.

### 3.- Nivel de Resistencia al Stress Térmico

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



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

### 4.- Diagnóstico de fallas por stress térmico:

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

- El origen de una fractura por stress térmico está en el borde del paño o muy cerca de él y se inicia en forma perpendicular al mismo
- Cuando la tensión o 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 7.5). Se propaga a baja velocidad.
- Cuando la energía tiene más potencial, la velocidad de propagación es mayor y la línea curva de fractura suele multiplicarse en dos o más líneas de fractura, hasta que una o más lleguen a un borde opuesto o contiguo. (Fig. 7.6). Se propaga alta velocidad.



- Si la tensión es baja la rotura se iniciará a partir de una seria falla en el borde del vidrio (escalladura o mal pinzado)
- Si las fallas en los bordes son pequeñas será alta la energía necesaria para producir la rotura. Por lo tanto en esas condiciones sólo existirá fractura por stress térmico si la tensión térmica es alta.

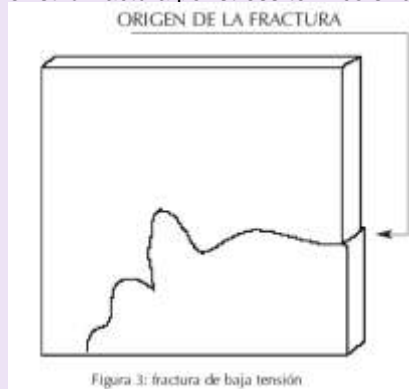


Fig. 7.5: fractura por stress térmico de baja tensión



Fig. 7.6: fractura por stress térmico de alta tensión



Fig. 7.7: FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEGURIDAD TERMICA



Tomado de

---

**CAVIPLAN**

Cámara del Vidrio Plano y sus Manufacturas de la República Argentina

**Ing. Carlos Pearson**

---

VASA - Vidriería Argentina S.A.

Edición / Diseño

---

TODProducciones S.A.