

1. HISTORIA

Las primeras experiencias de "templado" de vidrio fueron realizadas en el siglo XVII por el Príncipe Rupert: caída de gotas de vidrio fundido en el agua. Estas experiencias permitieron la realización de "bolas" de vidrio con una gran resistencia mecánica.

Si bien esta técnica permitía obtener vidrio mucho más sólido mecánicamente, estas primeras experiencias no fueron seguidas de aplicaciones prácticas. A partir de 1870, se realizan nuevos experimentos con el objetivo de la fabricación de objetos comercializables. Podemos citar algunos resultados significativos:

- 1ª patente de templado en un líquido en 1874 por Alfred Royer de la Bastie.
- Otra patente fue la de F. Siemens en 1875 relativa a la realización de artículos con "presión en el molde". Algunos años más tarde él mismo descubre que su procedimiento mejora la calidad de los artículos no por el efecto directo de la presión, sino por el enfriamiento de la superficie del vidrio (temple) por conducción térmica.

- En 1892, ven la luz las primeras aplicaciones industriales del templado, son para la fabricación del vidrio para lámparas de petróleo en "Jena Glass" bajo la dirección del Dr. SCHOTT.

En 1928, aparece la primera patente relativa al templado del vidrio plano y realizada por "Compañías Reunidas de Vidrios Especiales del Norte de Francia".

Es a partir de esta fecha que los mecanismos de base del templado pueden ser comprendidos y analizados, lo cual permite concebir y realizar las primeras instalaciones de producción industrial.

De todas maneras no fue realmente hasta 1949, después de los trabajos de Bartenev en URSS, que las bases científicas quedaron definidas con precisión.



2. MÉTODOS DE TEMPLADO

Básicamente hay dos métodos para templar un vidrio: química y térmicamente, aunque el de uso más habitual es el segundo.

• 2.1 TEMPLADO QUÍMICO:

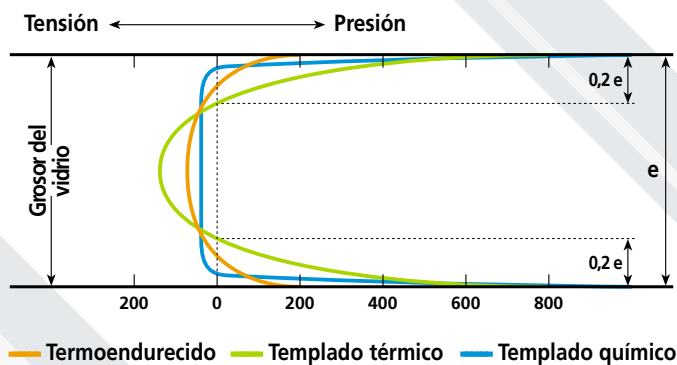
El templado químico consiste en sumergir el vidrio en una solución salina, a temperatura elevada y con alta concentración de iones de potasio. Estos iones reaccionan con los iones de sodio propios del vidrio y toman su lugar; y como son más grandes en volumen provocan un estado de compresión en las capas superficiales del vidrio. La profundidad de vidrio afectado es bastante baja, por lo que se recomienda el uso de vidrios delgados para garantizar un templado homogéneo. La capacidad resistente aumenta 20 veces con respecto al vidrio convencional, llegando a admitirse una tensión de tracción sin rotura de hasta 100000 N/cm².

En caso de rotura el vidrio no se deshace, sino que se parte como el vidrio ordinario aunque después de soportar mucho mayor esfuerzo. Es posible cortarlo y manufacturarlo tras el templado, ya que el corte no produce ninguna tensión. En estas zonas modificadas el vidrio no quedará templado sobre un ancho de unos 20 mm. Los vidrios templados químicamente no se utilizan habitualmente en construcción, están recomendados en laboratorios donde se exige una gran capacidad mecánica al vidrio, pero no se puede colocar el templado térmico debido a la característica de que al fracturarse lo hace en pedazos diminutos de entre 0.5 y 2 cm² que podrían saltar hasta las probetas de investigación.

• 2.2 TEMPLADO TÉRMICO:

El principio del templado térmico consiste en recalentar los vidrios ya cortados, tratados con capas especiales o esmaltados si es el caso, hasta una temperatura aproximada a los 700 °C en un horno industrial. Inmediatamente son enfriados bruscamente por medio de aire soplado, con lo que las superficies exteriores se contraen, solicitándolas a compresión. El corazón del vidrio mantiene una alta temperatura y tiende a enfriarse más lentamente.

El temple consigue comprimir de forma permanente las dos caras del vidrio, a la vez que tracciona el interior. Pretensa el vidrio, de manera que se crea un sistema de tensiones que aumentan la resistencia mecánica del producto acabado. En el proceso, las tensiones de compresión de ambas caras del vidrio se compensan con las de tracción que aparecen en el interior y estas tensiones prevalecen y confieren un estado de pretensado que hace al vidrio más resistente. La tensión máxima de rotura cuadruplica la del vidrio sin templar llegando a resistir 20.000 N/cm²; pero el propio proceso de temple no permite un control absoluto de la uniformidad de la temperatura, por lo que la tensión de cálculo ronda los 5.000 N/cm².



3. TIPOS DE HORNOS DE TEMPLADO - TERMOENDURECIDO TÉRMICO

• 3.1 VERTICAL:

Consistía en suspender la lámina desde arriba por medio de unas tenazas metálicas que iban sobre una guía que atravesaba la cámara de calentamiento que estaba a 650-700 °C y la zona de templado/enfriamiento. Hablamos en pasado porque la técnica ya ha superado los inconvenientes que tenía que el vidrio fuera colgado: no templaba correctamente hojas delgadas, no garantizaba un templado homogéneo y además dejaba visibles las antiestéticas marcas de las tenazas. La evolución tecnológica dio paso al horno horizontal.

• 3.2 HORIZONTAL:

Este sistema está equipado con rodillos de sílice dispuestos en paralelo, sobre los que pasa el vidrio a una velocidad de unos 20 mm/segundo, dependiendo de la longitud del horno y el espesor del vidrio. Los equipos modernos realizan el templado sobre un cojín gaseoso, que calienta los volúmenes por ambos lados mientras se deslizan entre los túneles del horno. Con este procedimiento obtenemos vidrios sin dilataciones remanentes de volumen y conseguimos templar hojas de incluso 3 mm de grosor. Presenta no obstante la antiestético propiedad de la irisación, además de posibles curvaturas u ondulaciones: si en el momento en que el vidrio pasa al estado viscoso la temperatura superficial no es uniforme, tendremos de aumentarla para conseguirlo, con lo que el vidrio se deformará más fácilmente y podrán aparecer curvaturas que provoquen distorsiones en las imágenes vistas en reflexión, u ondulaciones producidas por los rodillos del horno, cuando éste alcanza la temperatura de reblandecimiento.



Durante el enfriamiento también pueden aparecer problemas si éste no se hace uniformemente, ya que una de las caras se contraerá más alcanzando la rigidez antes que la otra, lo que también provocará una curvatura en la pieza.

Dentro de los hornos horizontales merecen una mención especial los nuevos hornos de CONVECCIÓN FORZADA-RADIACIÓN: Se trata de un horno de doble cámara, en la primera de las cuales se consigue un calentamiento gradual hasta los 300°C, gracias a la convección forzada, de manera que a la salida de la cámara el vidrio tenga la misma temperatura en toda su superficie, estando en las mejores condiciones para pasar a la segunda cámara, en la que se procede de forma habitual. La novedad reside en que el vidrio entra en el horno de 700°C con una temperatura uniforme en su masa de 300°C, por lo que el choque térmico es menor y los riesgos de curvatura se eliminan considerablemente. El resultado es una mejora en el aspecto estético de las fachadas de los edificios, una más homogénea distribución de las tensiones superficiales y un incremento de la capacidad mecánica.

4. CONCEPTOS DEL TEMPLADO / TERMOENDURECIDO TÉRMICO

• VIDRIO TEMPLADO:

Vidrio al que se ha inducido una tensión superficial permanente de compresión en sus caras exteriores por un proceso de calentamiento y enfriamiento.

• VIDRIO TERMOENDURECIDO:

Se obtiene por calentamiento en el horno y enfriamiento controlado más lento que en el caso del templado.

• VIDRIO ESMALTADO TEMPLADO o TERMOENDURECIDO:

Vidrio cuya superficie ha sido tratada con un tipo especial de pintura y una vez templado o termoendurecido ésta pasa a formar parte de la masa del vidrio.

• 4.1 FRAGMENTACIÓN:

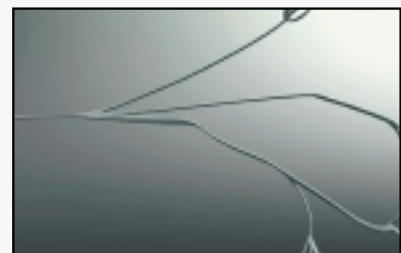
Como la rotura del vidrio se produce a partir de la superficie, el vidrio templado sólo se fracciona una vez que el esfuerzo exterior haya provocado la descompresión de las capas externas; esto es, que haya superado el grado de pretensado. La penetración satisfactoria de la superficie comprimida libera la tensión interna del vidrio, provocando su destrucción.

• VIDRIO TEMPLADO:

En el caso de rotura se rompe en numerosas piezas pequeñas, cuyos bordes están generalmente redondeados.

Valores mínimos de trozos de vidrio:

Tipo de vidrio	Espesor nominal en mm.	Nº mínimo de partículas
FLOAT	3	15
	4 a 12	40
	15 a 19	30
IMPRESO	4 a 10	30



• VIDRIO TERMOENDURECIDO:

En el caso de rotura se rompe de forma similar al vidrio recocido

• 4.2 RESISTENCIA MECÁNICA:

El valor de la resistencia mecánica sólo podrá darse como valor estadístico en conexión con una probabilidad particular de rotura y con un tipo particular de carga.

Los valores de resistencia mecánica se aplican a cargas casi estáticas a lo largo de un tiempo corto, por ejemplo, carga de viento, y en relación a un 5% de probabilidad de rotura en el límite inferior del 95% de intervalo de confianza. Según estas consideraciones, los valores para diferentes tipos de vidrios son:

Tipo de vidrio	Valores mínimos N/mm ²	
	TEMPLADO	TERMOENDURECIDO
FLOAT: INCOLORO, COLOR, CAPA	120	70
FLOAT ESMALTADO	75	45
VIDRIO IMPRESO O ESTIRADO	90	55

Estos valores representan la resistencia del vidrio templado o termoendurecido térmicamente, de 4 mm o más de espesor, que cumplen con los requisitos de fragmentación del apartado anterior.

• EL VIDRIO TEMPLADO: puede ser clasificado por sus prestaciones como vidrio de seguridad por impacto humano accidental.

	COMPARATIVO VIDRIOS - VALORES		
	RECOCIDO	TERMOENDURECIDO	TEMPLADO
RESISTENCIA MECÁNICA	1	2	4 - 5
CHOQUE TÉRMICO (°C)	40 - 50	100	200
COMPRESIÓN EN LA SUPERFICIE (Mpa)	0	24 - 69	100