

No.	Designación	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	B ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	FeO	ZnO	PbO	SnO	As ₂ O ₃	V ₂ O ₅
15	Vidrio siliceo	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	vidrio de siliceo con borato	80	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	vidrio de siliceo con borato y potasio	70	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	vidrio de siliceo con borato y potasio y sodio	60	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	vidrio de siliceo con borato y potasio y sodio y calcio	50	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	vidrio de siliceo con borato y potasio y sodio y calcio y magnesio	40	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0
6	vidrio de siliceo con borato y potasio y sodio y calcio y magnesio y zinc	30	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
5	vidrio de siliceo con borato y potasio y sodio y calcio y magnesio y zinc y plomo	20	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0
4	vidrio de siliceo con borato y potasio y sodio y calcio y magnesio y zinc y plomo y estaño	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
3	vidrio de siliceo con borato y potasio y sodio y calcio y magnesio y zinc y plomo y estaño y antimonio	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0
2	vidrio de siliceo con borato y potasio y sodio y calcio y magnesio y zinc y plomo y estaño y antimonio y arsénico	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
1	vidrio de siliceo con borato y potasio y sodio y calcio y magnesio y zinc y plomo y estaño y antimonio y arsénico y vanadio	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0

Tabla 2. Composiciones aproximadas de vidrios comerciales (a)

d).- Efecto de la composición del vidrio sobre sus propiedades.

Ciertas propiedades mecánicas y ópticas del vidrio pueden ser modificadas por tratamientos térmicos y aquellas propiedades, las cuales tienen relación con la naturaleza de la superficie pueden variar de acuerdo al método de producción y su forma.

Sin embargo los vidrios son estructuras complejas de silicatos, sus propiedades, en general pueden ser deducidas de la naturaleza y cantidad de óxido de los elementos constituyentes, cada óxido influye de una manera particular sobre las propiedades del vidrio.

La mayor parte de los vidrios comerciales consisten de oxígeno como anión y los cationes pueden ser Si, B, P, Al, Ca, Mg, Fe, Pb, Ba, Zn, Na, K, ..., la interacción de estos cationes entre si y con el oxígeno lo que determina la estructura y propiedades del vidrio. En un cristal, el acomodo de los átomos sigue un patrón de forma regular, dejando espacios muy pequeños entre ellos, en cambio el vidrio tiene un acomodo irregular y presenta huecos entre los átomos los cuales son llenados con cationes que tienen un radio iónico relativamente grande y carga pequeña, Fig. 1,2.

Un método conveniente de caracterizar estos cationes es dividirlos en "formadores de vidrio", "modificadores" e "intermediarios", aquellos que forman parte del esqueleto básico son llamados "formadores" (Si, B, P), aquellos que se encuentran en los intersticios donde modifican las propiedades finales, son llamados "modificadores" (Ca, Mg, Na, K), otros elementos que actúan como intermediarios, correctivos y colorantes.

Formadores de vidrio

Un número sorprendente de materiales pueden formar vidrios en -

condiciones apropiadas. Sistemas vitreos simples a base de óxidos de sílice ó de boro, son de los encontrados más comunmente. Debido a sus ligaduras de tipo covalente, tienen una fuerte tendencia a polimerizarse y formar estructuras continuas. Estos cationes tienen pequeños radios iónicos, altas cargas y números de coordinación bajos por lo que están capacitados para formar óxidos vitreos simples.

Silice (SiO₂)

La silice es el material vitrificante por excelencia. En la gama de los vidrios industriales exclusivamente silíceos. Forma un campo de aplicación muy extendido, desde el 100% con el vidrio de cuarzo convertido en vidrio industrial hasta $\approx 50\%$ en ciertos vidrios. Los límites de vitrificación, acidez ó basicidad, son tan amplios que prácticamente no se oponen a la producción de un vidrio cuando se domina la temperatura.

El punto de fusión de la silice, de 1710°C hace difícil su fusión y por lo tanto la fabricación de vidrios de silice pura, pero el punto de fusión se puede abatir agregando fundentes que al reaccionar con la silice a altas temperaturas forman compuestos de mas bajo punto de fusión.

En general, la silice es el principal componente de los vidrios. A pesar del extenso campo de empleo de este vitrificante, hay que tener en cuenta la acidez ó la basicidad de un vidrio, si nos acercamos al límite de basicidad hay una tendencia a la cristalización del SiO₂, es decir devitrificación, principal origen de los defectos de la fabricación del vidrio, si se llega por otro lado al límite de acidez se estaría expuesto o a la cristalización espontánea de la silice, o a la separación de esta por defecto de miscibilidad, lo cual produce un vidrio mas duro, más difícil de trabajar y de recalentar dentro de la puerta del horno.

En términos usuales, se dice que el exceso de sílice endurece el vidrio. Esta propiedad de endurecer el vidrio para muy pequeñas variaciones de concentración, en SiO₂, es de gran sensibilidad, tal que un vidriero puede apreciar en el extremo de su caña una diferencia en concentración de 1-2 por ciento, de allí la necesidad de vigilar atentamente la concentración de sílice.

Otra propiedad principal de la sílice es su efecto sobre el coeficiente de dilatación, casi nulo para la sílice pura (5.5X10⁻⁷), en los vidrios de 50-60 por ciento de sílice tiene un valor de 120X10⁻⁷ entre los 0 y 400°C lo cual los hace sensibles a todo cambio brusco de temperatura. El vidrio borosilicato-baja expansión No. 10 tabla 9, como ejemplo el Pyrex, tan notable por su resistencia al fuego y a las variaciones de temperatura, es el de más alta concentración de sílice de los vidrios industriales conocidos y todo el arte y la ciencia de realización de este compuesto de origen americano han resultado de estudiar los medios de conciliar una fusibilidad suficiente con una concentración de sílice lo más alto posible, lo cual se obtuvo por el empleo del óxido de boro (B₂O₃).

Fig. 2.- Esquema en dos dimensiones (9), representación

La sílice tiene además la propiedad de aumentar la resistencia elástica, dureza y resistencia eléctrica del vidrio.

En general, por lo tanto, como la sílice es el principal componente del vidrio, su concentración debe ser vigilado con gran precisión, los efectos de una pequeña variación en concentración de SiO₂ se hacen sentir sobre las propiedades, fusibilidad, tendencia a la devitrificación, viscosidad, dureza, resistencia elástica y sobre todo la calidad del vidrio desde el punto de vista de su trabajabilidad a mano, que es uno de los puntos más importantes de la técnica del vidrio y de la química práctica en vidriería.

Oxido de Boro (B₂O₃)

El boro como formando de vidrio, consiste en unidades de BO₃ - donde los átomos de oxígeno están acomodados en forma triangular e inter-eslabados en una estructura que resulta una estructura tridimensional.

Debido a esta estructura el reemplazo de un átomo de boro por un átomo de silicio reduce la viscosidad, e incrementa el punto de fusión. Esto ayuda a la fabricación de vidrio y a su uso en la industria. Sobre la dureza, resistencia eléctrica, resistencia a la oxidación, cantidad de agua absorbida, etc., se presenta información en la fundición, debido a la gran cantidad de incrementos producidos en el contenido de oxígeno. Este fenómeno se manifiesta en la curva de expansión térmica. Este fenómeno está siendo usado con ventaja en el desarrollo de vidrios con baja expansión térmica, Fig. 3.

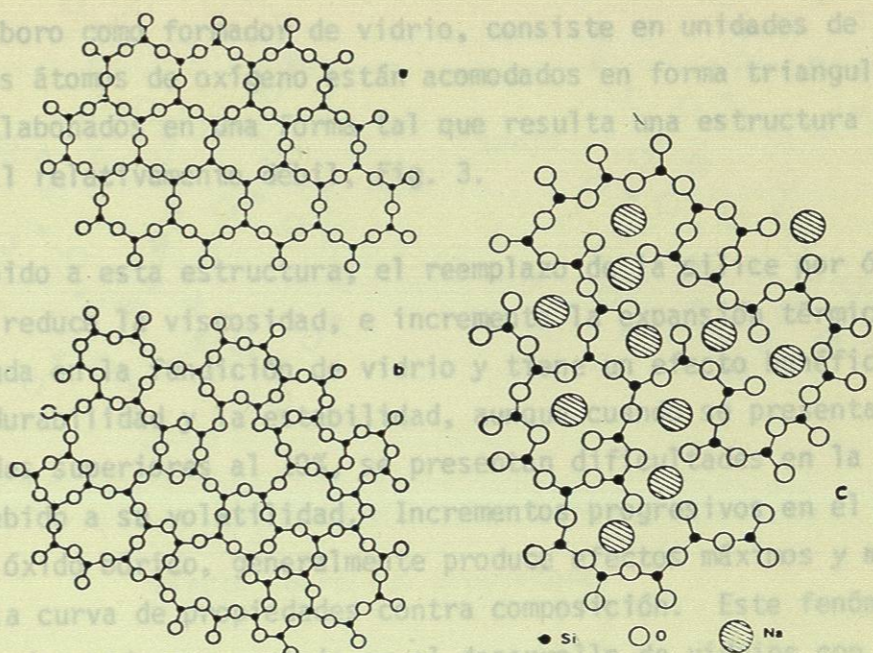


Fig. 2.- Esquema en dos dimensiones (9), representación (Zachariasen) de una estructura de A₂O₃

El punto de fusión de los vidrios y (Warren) de la estructura de un vidrio soda-silice. frío son tan poco conocidas, y como el uso de este cuerpo es tan excepcional, que recordaremos las dos principales razones de su empleo, como aumento del coeficiente de dilatación y como opacificante en los vidrios opalinos. Además se le atribuye la propiedad de dar lugar a vidrios muy brillantes.

En términos usuales, se dice que el exceso de sílice endurece el vidrio. Esta propiedad de endurecer el vidrio para muy pequeñas variaciones de concentración, en 2%, es de gran sensibilidad, tal que un vidrio puede apreciar en el extremo de su caña una diferencia en concentración de 1-2 por ciento, de allí la necesidad de vigilar atentamente la concentración de sílice.

Otra propiedad principal de la sílice es su efecto sobre el coeficiente de dilatación, casi nulo para la sílice pura (5.5X10⁻⁷), en los vidrios de 50-60 por ciento de sílice tiene un valor de 150X 10⁻⁷ entre los 0 y 400°C lo cual los hace sensibles a todo cambio brusco de temperatura. El vidrio borosilicato-baja expansión No. 10, como ejemplo el Pyrex, tan notable por su resistencia al fuego y a las variaciones de temperatura, es el de más alta concentración de sílice de los vidrios industriales conocidos y todo el arte y la ciencia de realización de este compuesto de origen americano han resultado de estudiar los medios de conciliar una fusibilidad suficiente con una concentración de sílice lo más alto posible, lo cual se obtuvo por el empleo del óxido de boro (B₂O₃).

La sílice tiene además la propiedad de aumentar la resistencia elástica, dureza y resistencia eléctrica del vidrio. En general, por lo tanto, como la sílice es el principal componente del vidrio, su concentración debe ser vigilada con gran precisión. Los efectos de una pequeña variación en concentración de 2% se hacen sentir sobre las propiedades, fusibilidad, tendencia a la devitrificación, viscosidad, dureza, resistencia elástica y sobre todo la calidad del vidrio desde el punto de vista de su trabajabilidad a mano, que es uno de los puntos más importantes de la técnica del vidrio y de la química práctica en vidriería.

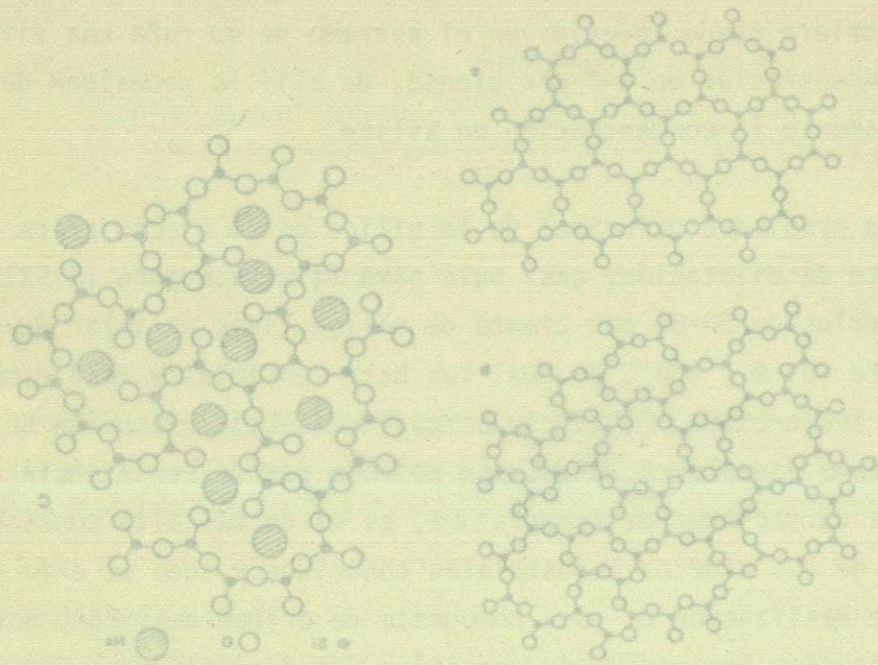


Fig. 5 - Esquemas en dos dimensiones (a), representación (Zachariasen) de una estructura de Na_2O (a) un cristal (b) un vidrio, (c) representación (Warren) de la estructura de un vidrio soda-silice.

Oxido de Boro (B_2O_3)

El boro como formador de vidrio, consiste en unidades de BO_3 - donde los átomos de oxígeno están acomodados en forma triangular e inter-eslabonados en una forma tal que resulta una estructura tridimensional relativamente débil, Fig. 3.

Debido a esta estructura, el reemplazo de la silice por óxido de boro reduce la viscosidad, e incrementa la expansión térmica. - Esto ayuda en la fundición de vidrio y tiene un efecto benéfico sobre la durabilidad y la estabilidad, aunque cuando se presenta en cantidades superiores al 10%, se presentan dificultades en la fundición, debido a su volatilidad. Incrementos progresivos en el contenido de óxido bórico, generalmente produce efectos máximos y mínimos en la curva de propiedades contra composición. Este fenómeno - está siendo usado con ventaja en el desarrollo de vidrios con baja expansión térmica, Fig. 3.

Pentóxido de fósforo (P_2O_5)

El papel del vitrificante fosfórico en el caso general de los vidrios y su influencia sobre las cualidades en caliente y en frío son tan poco conocidas, y como el uso de este cuerpo es tan excepcional, que recordaremos las dos principales razones de su empleo, como aumento del coeficiente de dilatación y como opacificante en los vidrios opalinos. Además se le atribuye la propiedad de dar -- lugar a vidrios muy brillantes.

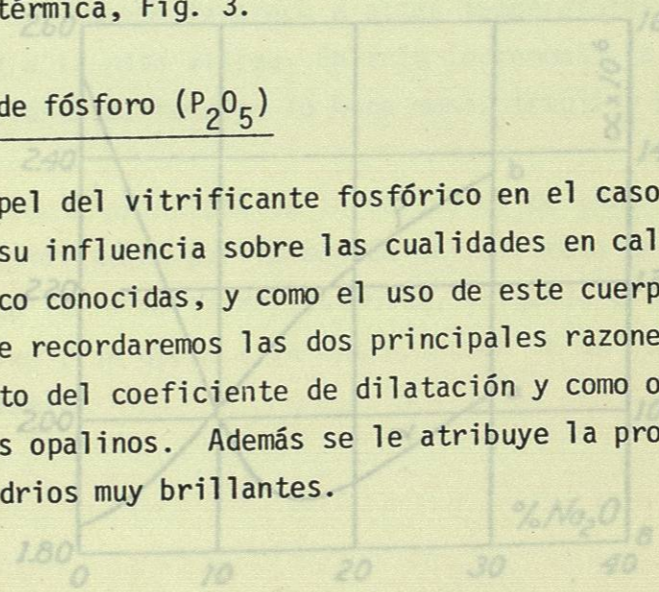


Fig. 3 Estructura del óxido de Boro, borato de sodio y variación de la densidad y coeficiente de expansión con el incremento en concentración de Na_2O (1).