

VIDRIO DE SOSA-CAL-SÍLICE CON ALTA TRANSMITANCIA DE LUZ VISIBLE

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

5 Campo de la invención

La presente invención describe un vidrio de sosa-cal-sílice con una alta transmitancia de luz visible, principalmente para su uso en la industria arquitectónica en cualquier presentación (para interiores, exteriores y acristalamiento, con o sin revestimiento), pero no se limita a otras aplicaciones
10 tales como la industria del automóvil o de los electrodomésticos, que tiene una transmitancia de luz visible de al menos un 89%, una longitud de onda dominante (DW) de aproximadamente 490 a 505 nanómetros y una pureza (Pe) de no más del 1 % para un grosor de control de 5,66 mm.

Descripción de la técnica relacionada

15 El vidrio transparente tiene una gran importancia en la industria arquitectónica, debido a sus principales características, tales como su alta pureza, y la alta fidelidad de los colores que se observan a través del vidrio. Se usa habitualmente en muebles, escaparates, exteriores e interiores. Incluso cuando se usa un vidrio grueso, éste conserva su alta transmitancia de luz
20 visible.

Se desea un vidrio transparente con una alta transmitancia de luz visible con el fin de conseguir una apariencia más precisa de los objetos que se observan a través del vidrio, a un coste menor que el de los vidrios comerciales actuales.

25 La composición de vidrio transparente puede realizarse de varias maneras. En determinadas circunstancias, el vidrio transparente se fabrica usando materias primas con un bajo contenido de óxido de hierro. Algunos vidrios usan óxido de estaño, nitrato de sodio y/u óxido de cerio como agentes reductores u oxidantes para lograr la relación redox particular, y cobalto y cromo
30 como colorantes. Otros vidrios transparentes no tienen sulfato de sodio en la composición por cargas para evitar la formación de polisulfuro y su coloración amarillenta, y otros usan óxido de cerio como decolorante.

La dolomita es un mineral de carbonato anhidro compuesto por carbonato de calcio y magnesio. Este mineral se cristaliza en un sistema trigonal-
35 romboédrico, formando cristales de color. En forma sólida, puede existir ankerita dominante de hierro y kutnohorita dominante de manganeso, donde una

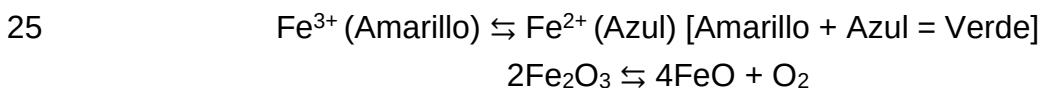
pequeña cantidad de hierro en la estructura crea un tinte amarillo a marrón en el cristal.

El hierro puede encontrarse en el vidrio (sílice-sodio-calcio) en dos estados diferentes de oxidación: Fe^{2+} , como óxido ferroso (FeO) y Fe^{3+} , como óxido férrico (Fe_2O_3). Cada ion confiere propiedades diferentes. El ion ferroso tiene una banda de absorción amplia y fuerte centrada en 1050 nm, que se traduce en una disminución de la radiación infrarroja. Adicionalmente, esta banda se extiende a la región visible disminuyendo la transmisión de luz e impartiendo una coloración azulada sobre el vidrio. El ion férrico tiene una fuerte banda de absorción situada en la región ultravioleta, que evita su transmisión a través del vidrio y, adicionalmente, tiene dos bandas débiles en la región visible situadas entre 420 y 440 nm, que provocan una ligera disminución de la transmisión de la luz y una coloración amarillenta en el vidrio.

El equilibrio entre el óxido ferroso y el férrico tiene un efecto directo sobre las características del color y la transmitancia del vidrio.

$$\text{Relación redox del hierro} = \frac{\text{Fe}^{2+} \text{ (como \% en peso de FeO)}}{\text{Fe total (como \% en peso de Fe}_2\text{O}_3)}$$

La expresión relación redox del hierro significa la cantidad de hierro en el estado ferroso (expresado como FeO) dividido por la cantidad de hierro total (expresado como Fe_2O_3). Esto significa que cuanto mayor sea la cantidad de ion férrico (Fe^{3+}) presente en el vidrio, mayor será la absorción de la radiación ultravioleta y aumentará la transmisión de la luz; así como el tono amarillento; pero, si el contenido del ion ferroso (Fe^{2+}) aumenta como resultado de la reducción química del Fe_2O_3 , la absorción de la radiación infrarroja aumentará, pero la radiación ultravioleta disminuirá, así como la transmisión de la luz.



La variación de la concentración de FeO en relación con Fe_2O_3 , da lugar a un cambio de color en el vidrio. El desplazamiento del color puede modificarse desde el amarillo, pasando por el verde, y el azul hasta llegar al ámbar. A partir del azul, la coloración ámbar en el vidrio viene dada por la formación de polisulfuro de hierro en condiciones de alto redox. El color cambia de la siguiente manera (según los resultados experimentales):

Amarillo - Bajo redox (0,12) - Alta transmisión de la luz (Contenido alto de ion férrico)

Amarillo - Verde (0,16)

Verde - Amarillento (0,20)

- Verde (0,25 valor típico del vidrio verde)
- Verde azulado (0,29)
- Azul verdoso (0,35)
- Azul (0,50)
- 5 Verde oliva (0,60)
- Champán (0,65)
- Ámbar - Alto redox (0,75) - Baja transmisión de la luz (Contenido bajo de ion férrico)

10 Con el fin de controlar el equilibrio entre el óxido ferroso y el óxido férrico, es necesario establecer las condiciones por cargas y la atmósfera de fusión. Para el primer caso, la concentración de agentes reductores, tales como carbono y óxido de estaño, y de agentes oxidantes, tales como sulfato de sodio, es ajustada. En cuanto a las condiciones de fusión, es necesario ajustar la atmósfera del horno variando el exceso de oxígeno y ajustando la alineación de la llama durante la combustión; en función del rendimiento térmico y el tono del vidrio deseado.

20 Se añade sulfato de sodio (Na_2SO_4) como materia prima a la carga. Se usa principalmente como agente para la eliminación de burbujas como agente refinador a alta temperatura, promueve el transporte de masa, disuelve la sílice libre en la superficie del vidrio y disminuye el número de inclusiones sólidas.

Por otro lado, el sulfato de sodio tiene propiedades oxidantes, razón por la cual se suelen añadir a la mezcla pequeñas cantidades de carbono con el fin de evitar la oxidación no deseada y, al mismo tiempo, reducir la temperatura de reacción.

25 Durante la fabricación del vidrio, el Na_2SO_4 , que es el principal contribuyente de azufre en el vidrio, se convierte en SO_3 , que controla la conversión del Fe_2O_3 en FeO . Sin embargo, el SO_3 presente en el vidrio final no afecta a la capacidad del vidrio para transmitir la luz visible. La cantidad de SO_3 disuelto en el vidrio disminuye si éste tiene:

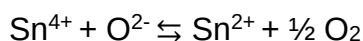
- 30 1. Una cantidad menor (proporcionalmente) de sulfato de sodio.
2. Mayores propiedades de fusión
3. Mayores tiempos de fusión.
4. Un entorno de horno que tiene una mayor acción de oxidación.
5. Mayor reducción del hierro a óxido ferroso (mayor Fe^{2+} ; menor Fe^{3+}),
- 35 llegando a un mínimo del 70-75 % de Fe^{2+} .

Por lo tanto, la cantidad y los efectos del SO_3 en la carga para vidrio han

de equilibrarse según la cantidad de carbono presente en la carga para vidrio.

Es más, es de conocimiento común que el SO_3 en la carga para vidrio ha de estar dentro de ciertas cantidades críticas debido a que cantidades menores de SO_3 en la carga para vidrio afectarán a las propiedades refinadoras, es decir, la capacidad de eliminar burbujas en el horno de fusión.

El primer agente reductor es el óxido de estaño (SnO_2) como menciona D. Benne *et al.* en el artículo, "The effect of alumina on the $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}^{4+}$ redox equilibrium and the incorporation of tin in $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ melts" *Journal of Non-Crystalline Solids*. 337, 2004, 232-240. El estaño en contacto con el vidrio fundido se dispersa en el vidrio en la forma oxidada, y también tiene una interacción con otros elementos polivalentes tales como hierro o cromo, que, a alta temperatura, el estaño se presenta en el estado reducido, Sn^{2+} , y en un estado oxidado, Sn^{4+} , encontrándose en el equilibrio con el oxígeno disuelto de la masa fundida.



Lo anterior está relacionado con la capacidad del estaño de transferir 2 electrones al hierro. La reacción se produce inicialmente cuando el estaño se calienta durante la fusión del vidrio y se reduce:



Luego, el ion $\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$ durante la fase de enfriamiento reduce dos iones de hierro férrico Fe^{3+} a dos iones de hierro ferroso Fe^{2+} .



Parte del equilibrio de la relación redox se alcanza usando un material reductor como carbón. Este material está presente como carbón normal o grafito con un bajo contenido en hierro y tiene una interacción entre hierro y azufre. En altas cantidades, el carbono interactúa con el hierro, reduciéndolo a la forma Fe^{2+} que puede formar sulfuros de hierro, confiriendo una coloración ámbar al vidrio.

El óxido de titanio también actúa como colorante y cuando se usa en combinación con Fe_2O_3 . La forma más estable de titanio en los vidrios es la tetravalente (Ti^{4+}). En el artículo de M. D. Beals, "Effects of Titanium Dioxide in Glass", *The glass industry*, septiembre de 1963, págs. 495-531, el autor describe el interés que ha suscitado el dióxido de titanio como constituyente de los vidrios. Entre los efectos producidos por el uso del dióxido de titanio se comenta que el TiO_2 aumenta en gran medida el índice de refracción, incrementa la absorción de la luz en la región ultravioleta, y que disminuye la viscosidad y la tensión superficial. A partir de los datos sobre el uso del dióxido de titanio en los esmaltes, señalaron que el TiO_2 aumentaba la durabilidad química y actuaba

como fundente. Los vidrios transparentes que contienen dióxido de titanio pueden encontrarse en todos los sistemas comunes de formación de vidrio (boratos, silicatos y fosfatos). Las diversas regiones de formación de vidrio para los sistemas que contienen dióxido de titanio no se agrupan en cualquier lugar, ya que la organización de la discusión se basa más en las propiedades que en el uso de los vidrios que contienen dióxido de titanio que en su sola constitución.

Existe literatura sobre composiciones de vidrio de color con características de absorción de radiación infrarroja y ultravioleta. W. A. Weyl en el libro "Coloured Glasses, Society of Glass Technology", reimpreso en 1992, describe diversas teorías del color en los vidrios relacionadas con las vistas actuales de la estructura y constitución del vidrio. En este libro se describe el uso del cromo y sus compuestos para colorear vidrios. En la industria del vidrio, el cromo se añade a las materias primas para obtener un color verde esmeralda, que es típico del Cr^{3+} . El cromo puede estar presente como Cr^{6+} o CrO_4^{2-} para obtener un color ligeramente amarillo y como Cr^{2+} mediante el cual se obtiene el verde esmeralda.

C. R. Bamford, describe en el libro "Colour Generation and Control in Glass, Glass Science and Technology", *Elsevier Science Publishing Co.*, Ámsterdam, 1977; los principios, los métodos y las aplicaciones con respecto a la coloración del vidrio. En este libro, el autor considera que son tres los elementos que rigen el color de la luz transmitida por un vidrio, en concreto: el color de la luz incidente, la interacción del vidrio con esa luz y la interacción de la luz transmitida con el ojo del observador. Los procedimientos requieren los datos de transmisión espectral del vidrio en el grosor del vidrio pertinente y el ángulo de visión pertinente.

En el artículo de Gordon F. Brewster, *et al.*, "The color of iron containing glasses of varying composition", *Journal of the Society of Glass Technology*, Nueva York, EE.UU., abril de 1950, págs. 332-406, el autor analiza los cambios de color causados por las variaciones sistemáticas de la composición en vidrios de silicato que contienen hierro y sin sílice evaluados en términos de color visual, transmisión espectral y cromaticidad.

Otros artículos también describen la importancia del equilibrio entre los óxidos ferrosos y férricos en los vidrios, como el escrito por N. E. Densem; "The equilibrium between ferrous and ferric oxides in glasses"; *Journal of the Society of Glass Technology*, Glasgow, Inglaterra, mayo de 1937, págs. 374-389; J. C. Hostetter y H. S. Roberts, "Note on the dissociation of Ferric Oxide dissolved in glass and its relation to the color of iron-bearing glasses"; *Journal of the American*

Ceramic Society, EE.UU., septiembre de 1921, págs. 927-938.

La patente de Estados Unidos n.º 4.792.536 (Pecoraro *et al.*), que se incorpora por referencia en el presente documento, está dirigida a una composición de vidrio azul que usa condiciones reductoras para potenciar el estado ferroso del óxido de hierro presente; que tiene un vidrio de tinte azul no transparente, una composición de al menos 0,45 % en peso de hierro expresado como Fe_2O_3 , que tiene al menos un 35 por ciento del hierro en el estado ferroso expresado como FeO y una transmitancia de luz visible preferentemente de al menos un 70 por ciento. Esta patente también divulga composiciones de vidrio de sosa-cal-sílice con un bajo contenido en hierro, con un alto contenido en hierro y un alto redox, fabricadas en una operación de fusión de múltiples etapas y de refinado asistido por vacío, o fabricadas en un sistema convencional de vidrio flotado.

La patente de Estados Unidos n.º 6.313.053 (Shelestak), que se incorpora por referencia en el presente documento, divulga que se usa una proporción de colorante de hierro, cobalto y opcionalmente cromo para obtener un vidrio con el color azul y las propiedades espectrales deseados, Fe_2O_3 aproximadamente de 0,40 a 1,0 por ciento, CoO aproximadamente de 4 a 40 ppm y, en algunos casos, Cr_2O_3 está presente de 0 a aproximadamente 100 ppm, con un redox de más de 0,35 hasta aproximadamente 0,60, y una transmitancia de luz de al menos 55 por ciento a un grosor de aproximadamente 0,39 centímetros (0,154 pulgadas), otros componentes incluidos en la composición son SO_3 hasta aproximadamente 0,3 % en peso, Nd_2O_3 de 0 a aproximadamente 0,5 %, ZnO de 0 a aproximadamente 0,5 %, Se de 0 a aproximadamente 3 ppm, MnO_2 de 0 a aproximadamente 0,1 % en peso, CeO_2 de 0 a aproximadamente 1,0 % en peso, TiO_2 de 0 a aproximadamente 0,5 % en peso y SnO_2 de 0 a aproximadamente 2,0 % en peso. Esta patente también divulga métodos actualmente disponibles para fabricar los vidrios, con limitaciones, particularmente, mantener la relación redox de los vidrios dentro de un intervalo de 0,02 a 0,06.

La solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2007/0213197 A1 (Boulos *et al.*), que se incorpora por referencia en el presente documento, divulga una composición de vidrio de color con una composición de los colorantes que comprende de 0,4 a 0,6 % en peso de Fe_2O_3 , de 0,18 a 0,28 % en peso de FeO , de 0,05 a 0,3 % en peso de MnO_2 , y de 0 a 8 ppm de CoO para ajustar el color azul aguamarina, con una longitud de onda dominante de 489,2 nm $\pm$ 1,2 nm, se usa una relación redox en un intervalo de aproximadamente 0,40 a

aproximadamente 0,58 y una pureza de excitación de 7 % +/- 1 % y una transmitancia en el infrarrojo en el intervalo de 16 % a 29 % a 4,0 mm de grosor.

La patente de Estados Unidos n.º 5.030.594 (Heithoff), que se incorpora por referencia en el presente documento, divulga que se obtiene un vidrio transparente con una transmitancia de luz superior al 87 por ciento con una coloración de borde azul, fabricado en un sistema de fusión de múltiples etapas y de refinado asistido por vacío. La composición para este vidrio usa una cantidad muy pequeña de óxido de hierro y un estado ferroso de al menos 0,4, el sulfato de sodio se limita al 0,05 por ciento expresado como SO₃, y los materiales de carga están libres de piedra caliza y dolomita y, en su lugar, se usa aragonito.

La patente de Estados Unidos n.º 6.218.323 (Bretschneider *et al.*), que se incorpora por referencia en el presente documento, propone un vidrio de color neutro que tiene una porción de colorante de 0,1-1 ppm de CoO, ≤0,03 % en peso de Fe₂O₃ y ≤0,4 de FeO/Fe₂O₃, preferentemente de 0,3, se usa una composición base de sosa-cal-sílice, este vidrio tiene una transmitancia de luz (iluminante D 65 según la norma DIN 67 507) de al menos un 89 % con un grosor de referencia de 4 mm.

La patente de Estados Unidos n.º 6.962.887 (Heithoff), que se incorpora por referencia en el presente documento, describe un vidrio transparente con una coloración de borde azul fabricado en un sistema de vidrio flotado sin vacío con oxcombustible, esta patente comprende una porción de color de Fe₂O₃ de 0-0,02 % en peso, CoO de 0-5 ppm, Nd₂O₃ de 0-01 % en peso, y CuO de 0-0,03 % en peso y un azufre retenido inferior o igual a 0,11 % en peso de SO₃, con una relación redox en el intervalo de 0,3 a 0,6, donde el agente oxidante comprende al menos uno de nitrato de sodio y óxido de cerio. El vidrio resultante tiene una longitud de onda dominante en el intervalo de 485 nm a 505 nm a 5,5 mm de grosor equivalente visto de canto.

La patente de Estados Unidos n.º 6.548.434 (Nagashima), que se incorpora por referencia en el presente documento, propone un vidrio de alta transmitancia de color claro, incluyendo, como componentes colorantes en porcentaje en peso, menos de 0,06 % de Fe₂O₃, de 0,5 a 5 ppm de CoO; y de 0 a 0,45 % de CeO₂; donde la relación de FeO en términos de hierro total (Fe₂O₃) es inferior al 40 %; y donde el vidrio tiene una longitud de onda dominante de 470 a 495 nm a un grosor de 10 mm para una coloración azul claro o una longitud de onda dominante de 560 a 585 nm para un tinte gris neutro o bronce. También

este vidrio contiene de 0,05 a 0,25 % de SO_3 y contiene de 0,001 a 1 % en peso de al menos un óxido de elemento pesado del grupo de Y, La, Zr, Hf, Nb, Ta, W, Zn, Ga, Gc y Sn para evitar la formación de NiS .

La patente de Estados Unidos n.º 8.361.915 (Cid-Aguilar *et al.*), que se
5 incorpora por referencia en el presente documento, propone un vidrio transparente que comprende, en porcentaje en peso, de aproximadamente 0,005 a aproximadamente 0,08 % en peso de óxido férrico, de 0,00002 a aproximadamente 0,0004 % en peso de Se, de aproximadamente 0,00003 a aproximadamente 0,0010 % en peso de CoO , de 0 a aproximadamente 0,01 %
10 en peso de CuO , de aproximadamente 0 a aproximadamente 0,6 de CeO_2 , de 0,02 a aproximadamente 1,0 de TiO_2 , y de aproximadamente 0 a aproximadamente 2 de NaNO_3 , teniendo el vidrio transparente una transmitancia de luz visible de al menos un 87 %; una transmitancia de radiación ultravioleta inferior al 85 %; y una transmitancia solar directa de no más del 90 %.

La patente de Estados Unidos n.º 8.962.503 (Nagai *et al.*), que se
15 incorpora por referencia en el presente documento, propone una placa de vidrio de color, donde el porcentaje del azufre total calculado como SO_3 es de 0,025-0,065 %, un hierro total calculado como Fe_2O_3 de 0,001 a 5,0 % y un estaño total calculado como SnO_2 de 0,001 a 5,0 %, por lo que la luz transmitida tiene un
20 color azul o verde.

La patente de Estados Unidos n.º 10.011.521 B2 (Nagai *et al.*), que se
incorpora por referencia en el presente documento, describe un vidrio de color que usa Fe_2O_3 como colorante principal que proporciona una luz transmitida azul o verde en la proporción de 0,001 a 5,0 % calculado como hierro total Fe_2O_3 , el
25 uso principal del SO_3 es ser un agente refinador en el vidrio de fusión, en la proporción de azufre total de 0,005 a menos de 0,025 % para un grosor de 4 mm; el uso de SnO_2 en este vidrio es ser un agente tamponante para la reacción de oxidación-reducción del hierro y azufre, en la proporción de estaño total de 0,001 a 5,0 %. Los vidrios de esta patente tienen una transmitancia solar T_e como
30 máximo del 65 %, una transmitancia de luz T_v (por iluminante A, campo visual de 2°) del al menos 60 %, para un vidrio de 4 mm de grosor, como se define en la norma JIS R3106 (1998).

Sería ventajoso proporcionar un vidrio de cal-sosa-sílice con alta transmitancia de luz visible. Además, sería ventajoso proporcionar métodos para
35 fabricar vidrios de sosa-cal-sílice con un bajo contenido en hierro que puedan usarse independientemente del tipo de sistema de calentamiento u horno usado

para fundir los materiales de carga para vidrio y eliminar las limitaciones asociadas a los mismos.

SUMARIO DE LA INVENCION

Según la presente invención, se proporciona un vidrio o una hoja de vidrio
5 que tiene una composición de vidrio de sosa-cal-sílice con una alta transmitancia de luz visible (L_{TC}) de al menos un 89 %; con una longitud de onda dominante (DW) de aproximadamente 490 a 505 nanómetros y una pureza (Pe) de no más del 1 % para un grosor de control de 5,66 mm. La composición del vidrio comprende de 0,02 a 0,06 % en peso de óxido de hierro total (Fe_2O_3); de 0,006
10 a 0,02 % en peso de FeO (ferroso), de aproximadamente 0,30 a 0,55 de redox (FeO/Fe_2O_3); de aproximadamente 0,3 a 10 ppm de Cr_2O_3 ; de aproximadamente 50 a 500 ppm de TiO_2 ; de aproximadamente 10 a 500 ppm de SnO_2 ; y una cantidad crítica de aproximadamente 0,10 a 0,25 % en peso de SO_3 .

El objetivo principal en la presente invención es ofrecer una composición
15 de vidrio transparente con alta transmitancia de luz visible.

Otro objetivo de la presente invención es ofrecer un vidrio transparente de bajo coste. Esto puede lograrse usando materias primas con un bajo contenido en hierro, tal como dolomita con un bajo contenido en hierro, y una mezcla de vidrio de desecho transparente y con un bajo contenido en hierro para lograr el
20 equilibrio adecuado de concentraciones de colorantes tales como Cr_2O_3 , TiO_2 y Fe_2O_3 . Otra opción para lograr las propiedades deseadas es usar una sustitución parcial de las materias primas con un bajo contenido en hierro con materias primas normales, excepto la dolomita con un bajo contenido en hierro, las concentraciones colorantes tales como Cr_2O_3 , TiO_2 y Fe_2O_3 pueden lograrse
25 mediante el uso de arena normal en la que estos óxidos están presentes como impurezas.

Realizaciones o aspectos no limitantes adicionales se exponen y describen en las siguientes cláusulas.

Cláusula 1: Un vidrio transparente que tiene una composición de vidrio de cal-sosa-sílice que comprende: óxido de hierro total (Fe_2O_3) de 0,02 a 0,06 % en
30 peso, ferroso (FeO) de 0,006 a 0,02 % en peso; redox (FeO/Fe_2O_3) de aproximadamente 0,30 a 0,55 % en peso; Cr_2O_3 de aproximadamente 0,3 a 10 ppm; TiO_2 de aproximadamente 50 a 500 ppm; SnO_2 de aproximadamente 10 a 500 ppm; y SO_3 de aproximadamente 0,10 a 0,25 % en peso.

35 Cláusula 2: El vidrio transparente al igual que en la cláusula 1, donde el bajo contenido en óxido de hierro se consigue mediante la sustitución parcial de

la materia prima normal con materias primas con un bajo contenido en hierro, y/o con una sustitución completa de dolomita normal con una dolomita con un bajo contenido en hierro, teniendo la dolomita con un bajo contenido en hierro una concentración máxima de óxido de hierro del 0,020 % en peso.

5 Cláusula 3: El vidrio transparente al igual que en la cláusula 1 o 2, tiene una transmitancia de luz visible (L_{tc}) de al menos un 89 %, con una longitud de onda dominante (DW) de aproximadamente 490 a 505 nanómetros y una pureza (Pe) de no más del 1 %, donde el vidrio tiene un grosor en el intervalo de 2 a 19 mm.

10 Cláusula 4: El vidrio transparente al igual que en cualquiera de las cláusulas 1 a 3, donde el vidrio transparente tiene una transmitancia de luz visible (L_{tc}) de al menos un 89 %, con una longitud de onda dominante (DW) de aproximadamente 490 a 505 nanómetros y una pureza (Pe) de no más del 1 %, cuando el vidrio tiene un grosor de control de aproximadamente 5,6 mm y no
15 superior a 25 mm.

 Cláusula 5: El vidrio transparente al igual que en cualquiera de las cláusulas 1 a 4, donde el vidrio tiene un grosor entre 1,0 mm y 25 mm, preferentemente entre 2,0 mm y 19 mm, más preferentemente entre 2,0 mm y 10 mm, lo más preferentemente entre 2,0 mm y 6,0 mm.

20 Cláusula 6: El vidrio transparente al igual que en cualquiera de las cláusulas 1 a 5, donde el vidrio es una hoja plana de vidrio.

 Cláusula 7: Un método de fabricación de un vidrio transparente usando un sistema convencional de vidrio flotado sin vacío, comprendiendo el método: proporcionar una carga para vidrio donde la carga para vidrio comprende
25 dolomita con un bajo contenido en hierro en un intervalo de 5 a 20 % en peso, y donde la dolomita con un bajo contenido en hierro comprende un contenido de hierro total máximo expresado como Fe_2O_3 de 0,030 % en peso, preferentemente un contenido de hierro total máximo de 0,025 % en peso, más preferentemente un contenido de hierro total máximo de 0,022 % en peso, lo más
30 preferentemente un contenido de hierro total máximo de 0,020 % en peso; fundir la carga para vidrio para proporcionar vidrio fundido; hacer fluir el vidrio fundido sobre un baño de estaño fundido; mover el vidrio fundido sobre la superficie del baño de estaño fundido mientras se enfría de forma controlada el vidrio fundido y aplicar fuerzas al vidrio fundido para proporcionar un vidrio de un grosor y una
35 anchura deseados; y retirar el vidrio del baño de estaño fundido.

 Cláusula 8: El método de la cláusula 7, donde la etapa de fusión se

produce en un horno que tiene combustión, donde el horno es un horno alimentado por aire o un horno alimentado por oxígeno, y donde la combustión controla el redox en el vidrio ($\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$) de aproximadamente 0,30 a 0,55 % en peso.

5 Cláusula 9: El método de las cláusulas 7 u 8, donde el método comprende adicionalmente mezclar la dolomita con un bajo contenido en hierro con vidrio de desecho, arena, ceniza de sosa, piedra caliza, , torta de sal, carbón o grafito, o una combinación de los mismos.

10 Cláusula 10: El método de cualquiera de las cláusulas 7 a 9, donde la dolomita con un bajo contenido en hierro comprende adicionalmente óxido de calcio y óxido de magnesio.

Cláusula 11: El método de cualquiera de las cláusulas 7 a 10, donde el redox se controla mediante agentes reductores tales como carbono y óxido de estaño, y agentes oxidantes, tales como sulfato de sodio.

15 Cláusula 12: El método de cualquiera de las cláusulas 7 a 11, donde el vidrio transparente comprende:

SiO_2	de 68 a 75 % en peso
Al_2O_3	de 0 a 5 % en peso
Na_2O	de 10 a 18 % en peso
K_2O	de 0 a 5 % en peso
CaO	de 5 a 15 % en peso
MgO	de 2 a 10 % en peso
Óxido de hierro total (Fe_2O_3)	de 0,02 a 0,06 % en peso
Ferroso (FeO)	de 0,006 a 0,02 % en peso
Redox ($\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$)	de 0,30 a 0,55 % en peso
Cr_2O_3	de 0,3 a 10 ppm
TiO_2	de 50 a 500 ppm
SnO_2	de 10 a 500 ppm
SO_3	de 0,10 a 0,25 % en peso.

la hoja de vidrio transparente tiene una transmitancia de luz visible (L_{TC}) de al menos un 89 %, con una longitud de onda dominante (DW) de aproximadamente 490 a 505 nanómetros y una pureza (Pe) de no más del 1 %, donde el vidrio tiene un grosor de 2 a 19 mm.

Cláusula 13: El método de cualquiera de las cláusulas 7 a 12, donde la dolomita con un bajo contenido en hierro contiene un máximo de 0,020 % en peso de hierro total expresado como Fe_2O_3 .

Cláusula 14: El método de cualquiera de las cláusulas 7 a 13 comprende además ajustar el oxígeno o el aire en el horno para producir el vidrio que tiene un redox ($\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$) de 0,30 a 0,55.

5 Cláusula 15: El método de cualquiera de las cláusulas 7 a 14, donde dicha dolomita con un bajo contenido en hierro comprende además de 5 a 15 % en peso de CaO y de 2 a 10 % en peso de MgO .

10 Cláusula 16: El método de cualquiera de las cláusulas 7 a 15, donde el método de fabricación del vidrio se cambia a partir de una de las porciones de carga para vidrio a la otra de las porciones de carga para vidrio alterando el porcentaje en peso del estaño y/o los compuestos que contienen estaño para alterar el porcentaje en peso del hierro total dentro del intervalo especificado para la porción de carga para vidrio que se cambia.

15 Cláusula 17: El método de cualquiera de las cláusulas 7 a 16, donde la carga para vidrio comprende además una materia prima con un bajo contenido en hierro seleccionada entre el grupo que consiste en arena con un bajo contenido en hierro, calcita con un bajo contenido en hierro, vidrio de desecho con un bajo contenido en hierro, grafito con un bajo contenido en hierro y una combinación de los mismos.

20 Cláusula 18: El método de cualquiera de las cláusulas 7 a 17, donde el método comprende además el uso de carbono y óxido de estaño como agentes reductores.

Cláusula 19: El método de cualquiera de las cláusulas 7 a 18, donde el método comprende además el uso de sulfato de sodio como agente oxidante.

25 Cláusula 20: Un método de formación de vidrio transparente usando un sistema convencional de vidrio flotado sin vacío, comprendiendo el método: proporcionar una carga para vidrio; fundir el vidrio para proporcionar un conjunto de vidrio fundido; hacer fluir el vidrio fundido sobre un baño de estaño fundido; mover el vidrio fundido sobre la superficie del baño de estaño fundido mientras se enfría de forma controlada el vidrio y aplicar fuerzas al vidrio para proporcionar
30 un vidrio de un grosor deseado y una anchura deseada; y retirar el vidrio del baño de estaño fundido, donde el vidrio se forma usando materias primas individualmente o en combinación en las cantidades:

Material	Intervalo	Intervalo preferido	Intervalo más preferido	Intervalo muy preferido
Vidrio de desecho	de 0 a 15 % en peso	de 5 a 30 % en peso	de 5 a 20 % en peso	de 5 a 15 % en peso
Arena	máx. 65 % en peso	máx. 60 % en peso	máx. 55 % en peso	máx. 50 % en peso
Dolomita con un bajo contenido en hierro	de 5 a 20 % en peso	de 8 a 19 % en peso	de 9 a 18 % en peso	de 9 a 17 % en peso
Torta de sal	de 0,2 a 1,0 % en peso	de 0,3 a 0,8 % en peso	de 0,3 a 0,75 % en peso	de 0,35 a 0,60 % en peso
Ceniza de sosa	de 13 a 23 % en peso	de 14 a 20 % en peso	de 16 a 19 % en peso	de 17,1 a 18,5 % en peso
Calcita o Piedra caliza	de 1,0 a 12 % en peso	de 2 a 10 % en peso	de 2 a 9 % en peso	de 2,0 a 8,5 % en peso

Cláusula 21: El método de la cláusula 20, donde la composición comprende arena con un contenido máximo de Fe_2O_3 de 0,010 %, calcita con un contenido máximo de Fe_2O_3 de 0,010 %, grafito con un bajo contenido en hierro con un contenido máximo de Fe_2O_3 de 0,010 % o un vidrio de desecho con un contenido máximo de Fe_2O_3 de 0,010 %.

Cláusula 22: El método de cualquiera de las cláusulas 20 o 21, donde el vidrio comprende SiO_2 en el intervalo de 68 a 75 % en peso, preferentemente de 70 a 74 % en peso, más preferentemente de 71 a 74 % en peso, lo más preferentemente de 72 a 74 % en peso.

Cláusula 23: El método de cualquiera de las cláusulas 20 a 22, donde el vidrio tiene una relación redox ($\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$) en el intervalo de 0,25 a 0,55, preferentemente de 0,27 a 0,48, más preferentemente de 0,30 a 0,47, lo más preferentemente de 0,35 a 0,46.

Cláusula 24: El método de cualquiera de las cláusulas 20 a 23, donde el vidrio tiene Na_2O en el intervalo de 10 a 15 % en peso, preferentemente de 12 a

14 % en peso, más preferentemente de 13 a 14 % en peso, lo más preferentemente de 13,8 a 14,0 % en peso.

Cláusula 25: El método de cualquiera de las cláusulas 20 a 24, donde el vidrio comprende SO_3 en el intervalo de 0,1 a 0,3 % en peso, preferentemente de 0,15 a 0,25 % en peso, más preferentemente de 0,17 a 0,22 % en peso, lo más preferentemente de 0,18 a 0,21 % en peso.

Cláusula 26: El vidrio transparente de cualquiera de las cláusulas 1 a 6, donde el vidrio tiene un color a^* en el intervalo de 1,0 a -1,0, preferentemente de 0,0 a -0,8, más preferentemente de 0,0 a -0,5, lo más preferentemente de 0,0 a -0,4, y b^* en el intervalo de 1 a -1, preferentemente de 0,5 a -0,5, más preferentemente de 0,3 a -0,2, lo más preferentemente de 0,2 a -0,1.

Cláusula 27: El método de cualquiera de las cláusulas 20 a 25, donde el vidrio tiene un color a^* en el intervalo de 1,0 a -1,0, preferentemente de 0,0 a -0,8, más preferentemente de 0,0 a -0,5, lo más preferentemente de 0,0 a -0,4, y b^* en el intervalo de 1 a -1, preferentemente de 0,5 a -0,5, más preferentemente de 0,3 a -0,2, lo más preferentemente de 0,2 a -0,1.

Cláusula 28: Un vidrio que comprende

	Porcentaje en peso
SiO_2	de 65 a 75
Na_2O	de 10 a 20
K_2O	de 0 a como máximo 0,5
CaO	de 5 a 15
MgO	de 0 a 5
Al_2O_3	de 0 a 1
SO_3	de 0 a 0,5
Fe_2O_3	de 0,02 a 0,07
FeO	de 0,005 a 0,03
Redox ($\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$)	de 0,2 a 0,6

Cláusula 29: Un vidrio que comprende

	Porcentaje en peso
SiO_2	de 70 a 75
Na_2O	de 13 a 15
K_2O	de 0 a como máximo 0,4
CaO	de 8 a 11
MgO	de 2 a 5

Al ₂ O ₃	de 0,05 a 0,5
SO ₃	de 0,1 a 0,3
Fe ₂ O ₃	de 0,02 a 0,06
FeO	de 0,005 a 0,02
Redox (FeO/Fe ₂ O ₃)	de 0,20 a 0,60

Cláusula 30: Un vidrio que comprende

	Porcentaje en peso
SiO ₂	de 72,0 a 73,5
Na ₂ O	de 13,5 a 14,5
K ₂ O	de 0 a como máximo 0,3
CaO	de 8,5 a 10,5
MgO	de 2,5 a 4,5
Al ₂ O ₃	de 0,05 a 0,45
SO ₃	de 0,15 a 0,25
Fe ₂ O ₃	de 0,020 a 0,055
FeO	de 0,005 a 0,020
Redox (FeO/Fe ₂ O ₃)	de 0,25 a 0,50

Cláusula 31: Un vidrio que comprende

	Porcentaje en peso
SiO ₂	de 72,4 a 73,2
Na ₂ O	de 13,8 a 14,0
K ₂ O	de 0 a como máximo 0,2
CaO	de 8,7 a 10,2
MgO	de 3 a 4,1
Al ₂ O ₃	de 0,08 a 0,39
SO ₃	de 0,15 a 0,21
Fe ₂ O ₃	de 0,021 a 0,053
FeO	de 0,008 a 0,017
Redox (FeO/Fe ₂ O ₃)	de 0,30 a 0,46

5

Cláusula 32: El vidrio según cualquiera de las cláusulas 28 a 31 que comprende además de 50 a 500 ppm de TiO₂, preferentemente de 75 a 450 ppm de TiO₂, más preferentemente de 90 a 400 ppm, lo más preferentemente de 100 a 390 ppm de TiO₂.

Cláusula 33: El vidrio según cualquiera de las cláusulas 28 a 32 que comprende además de 0,1 a 7 ppm de Cr_2O_3 , preferentemente de 0,3 a 6 ppm de Cr_2O_3 , más preferentemente de 0,5 a 5,7 ppm de Cr_2O_3 , lo más preferentemente de 0,6 a 5,6 ppm de Cr_2O_3 .

5 Cláusula 34: El vidrio según cualquiera de las cláusulas 28 a 33 que comprende además de 25 a 500 ppm de SnO_2 , preferentemente de 35 a 450 ppm de SnO_2 , más preferentemente de 40 a 420 ppm de SnO_2 , lo más preferentemente de 47 a 414 ppm de SnO_2 .

10 Cláusula 35: El vidrio según cualquiera de las cláusulas 28 a 34 que comprende además una transmitancia luminosa (L_{tc}) de al menos un 85 %, preferentemente al menos un 88 %, más preferentemente al menos un 89 %, lo más preferentemente al menos un 89,9 %; una transmitancia ultravioleta (T_{uv}) inferior al 90 %, preferentemente menos del 88 %, más preferentemente menos del 86 %, lo más preferentemente menos del 85,4 %; una transmitancia infrarroja (T_{ir}) inferior al 90 %, preferentemente menos del 88 %, más preferentemente menos del 86 %, lo más preferentemente menos del 85,2 %; una transmitancia de energía solar total (TSET) como máximo del 92 %, preferentemente, como máximo, del 90 %, más preferentemente, como máximo, del 89 %, lo más preferentemente, como máximo, del 88,7 %; un valor de luminosidad (L^*) de 90
15 a 99; preferentemente de 92 a 98; más preferentemente de 95 a 97; lo más preferentemente de 96 a 9666,3; un canal de color a^* en el intervalo de 1 a -2, preferentemente de 0,5 a -1,5, más preferentemente de 0 a -1, lo más preferentemente de -0,4 a -1,0; y un canal de color b^* en el intervalo de 1 a -1, preferentemente de 0,5 a -0,5, más preferentemente de 0,3 a -0,2, lo más
20 preferentemente de 0,2 a -0,1; una longitud de onda dominante de 470 a 525 nm, preferentemente de 475 a 520 nm, más preferentemente de 480 a 515 nm, lo más preferentemente de 490 a 505 nm; y una pureza (pe) de no más del 2 %, preferentemente no más del 1 %, más preferentemente no más del 6 %, lo más preferentemente no más del 0,5 %.

30 Cláusula 36: Un método de formación de vidrio transparente que comprende mezclar materias primas, donde las materias primas comprenden vidrio de desecho, arena, ceniza de sosa, torta de sal, piedra caliza y dolomita, donde la dolomita comprende:

	Intervalo	Intervalo preferido	Intervalo más preferido	Intervalo muy preferido
SiO_2	de 0 a 5	de 0 a 2	de 0,1 a 1	de 0,1 a 1,0

Na ₂ O	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,2	0,1
CaO	de 25 a 40	de 30 a 35	de 31 a 33	de 31,1 a 32,6
MgO	de 15 a 30	de 15 a 25	de 20 a 22	de 20,0 a 21,1
Al ₂ O ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
SO ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Fe ₂ O ₃	de 0 a 0,1	de 0 a 0,05	de 0 a 0,02	de 0,01 a 0,02

- fundir las materias primas para formar vidrio fundido; hacer fluir el vidrio fundido sobre un baño de estaño fundido; mover el vidrio fundido sobre la superficie del baño de estaño fundido mientras se enfría de forma controlada el vidrio fundido y aplicar fuerzas al vidrio fundido para formar un vidrio de un grosor deseado y una anchura deseada; y retirar el vidrio del baño fundido.
- 5

Cláusula 37: El método de la cláusula 36, donde las materias primas están presentes en las siguientes cantidades:

Material	Intervalo	Intervalo preferido	Intervalo más preferido	Intervalo muy preferido
Vidrio de desecho	de 0 a 15 % en peso	de 5 a 30 % en peso	de 5 a 20 % en peso	de 5 a 15 % en peso
Arena	máx. 65 % en peso	máx. 60 % en peso	máx. 55 % en peso	máx. 50 % en peso
Dolomita	de 5 a 20 % en peso	de 8 a 19 % en peso	de 9 a 18 % en peso	de 9 a 17 % en peso
Torta de sal	de 0,2 a 1,0 % en peso	de 0,3 a 0,8 % en peso	de 0,3 a 0,75 % en peso	de 0,35 a 0,60 % en peso
Ceniza de sosa	de 13 a 23 % en peso	de 14 a 20 % en peso	de 16 a 19 % en peso	de 17,1 a 18,5 % en peso
Piedra caliza	de 1,0 a 12 % en peso	de 2 a 10 % en	de 2 a 9 % en	de 2,0 a 8,5 % en

		peso	peso	peso
--	--	------	------	------

Cláusula 38: El método de cualquiera de las cláusulas 36 o 37, donde la arena comprende:

	Intervalo (% en peso)	Intervalo preferido (% en peso)	Intervalo más preferido (% en peso)	Intervalo muy preferido (% en peso)
SiO ₂	de 95 a 100	de 99 a 100	de 99,0 a 99,8	de 99,1 a 99,7
Na ₂ O	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
CaO	de 0 a 0,5	de 0 a 0,25	de 0 a 0,2	de 0,1 a 0,2
MgO	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Al ₂ O ₃	de 0 a 1	de 0,25 a 0,5	de 0,3 a 0,5	0,4
SO ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Fe ₂ O ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,1	de 0 a 0,05	de 0,01 a 0,04

5 Cláusula 39: El método de cualquiera de las cláusulas 36 a 38, donde la torta de sal comprende:

	Intervalo (% en peso)	Intervalo preferido (% en peso)	Intervalo más preferido (% en peso)	Intervalo muy preferido (% en peso)
SiO ₂	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0,1
Na ₂ O	de 50 a 75	de 55 a 60	de 58 a 59	58,6
CaO	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
MgO	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Al ₂ O ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
SO ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Fe ₂ O ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0

Cláusula 40: El método de cualquiera de las cláusulas 36 a 38, donde el vidrio de desecho comprende:

	Intervalo (% en peso)	Intervalo preferido (% en peso)	Intervalo más preferido (% en peso)	Intervalo muy preferido (% en peso)
SiO ₂	de 65 a 75	de 70 a 75	de 72 a 73	de 72,6 a 73,1
Na ₂ O	de 10 a 20	de 13 a 15	de 13,5 a 14,5	de 13,8 a 14,0
CaO	de 5 a 15	de 8 a 11	de 8,5 a 10,5	de 8,7 a 10,3
MgO	de 0 a 5	de 2 a 5	de 2,5 a 4,5	de 2,9 a 4,1
Al ₂ O ₃	de 0 a 5	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0,1 a 0,4

	Intervalo (%) en peso)	Intervalo preferido (% en peso)	Intervalo más preferido (% en peso)	Intervalo muy preferido (% en peso)
SO ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0,1 a 0,3	0,2
Fe ₂ O ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	de 0,01 a 0,06

Cláusula 41: El método de cualquiera de las cláusulas 36 a 40, donde la piedra caliza comprende:

	Intervalo (%) en peso)	Intervalo preferido (% en peso)	Intervalo más preferido (% en peso)	Intervalo muy preferido (% en peso)
SiO ₂	de 0 a 5	de 0 a 1	de 0 a 0,7	de 0,1 a 0,6
Na ₂ O	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
CaO	de 40 a 65	de 50 a 60	de 53 a 55	de 53,0 a 54,6
MgO	de 10 a 30	de 15 a 25	de 20 a 22	de 20,0 a 21,1
Al ₂ O ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
SO ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Fe ₂ O ₃	de 0 a 0,5	de 0 a 0,25	de 0,01 a 0,12	máx. de 0,01

5 Cláusula 42: El método de cualquiera de las cláusulas 36 a 41, donde la ceniza de sosa comprende:

	Intervalo (%) en peso)	Intervalo preferido (% en peso)	Intervalo más preferido (% en peso)	Intervalo muy preferido (% en peso)
SiO ₂	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Na ₂ O	de 40 a 70	de 50 a 65	de 55 a 60	de 58 a 59
CaO	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
MgO	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Al ₂ O ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
SO ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Fe ₂ O ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0

Cláusula 43: El método de cualquiera de las cláusulas 36 a 42, donde las materias primas comprenden además carbón o grafito.

10 Cláusula 44: El método de la cláusula 43, donde el carbón o el grafito está en un intervalo de 0,01 a 0,3 % en peso; preferentemente de 0,02 a 0,2 % en

peso; más preferentemente de 0,03 a 0,1 % en peso; lo más preferentemente de 0,04 a 0,08 % en peso.

Cláusula 45: El método de la cláusula 43 o 44, donde el carbón o el grafito comprende

	Intervalo (%) en peso)	Intervalo preferido (% en peso)	Intervalo más preferido (% en peso)	Intervalo muy preferido (% en peso)
SiO ₂	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Na ₂ O	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
CaO	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
MgO	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Al ₂ O ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
SO ₃	de 0 a 1	de 0 a 0,5	de 0 a 0,1	0
Fe ₂ O ₃	de 0 a 5	de 0 a 2	de 0 a 1,5	máx. de 0,01

5

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS(S)

Las Figs. 1A y 1B son una sección horizontal de un horno de fusión de vidrio que puede usarse en la práctica de la invención; La Fig. 1A es la sección de fusión del horno, y la Fig. 1B es la sección de refinado y homogeneización del

10

horno.
La Fig. 2 es una sección vertical de la sección de fusión mostrada en la Fig. 1A.

La Fig. 3 es una vista lateral elevada parcialmente en sección transversal de un aparato de fusión y refinado de vidrio que puede usarse en la práctica de la invención.

15

La Fig. 4 es una vista lateral fragmentada de una cinta de vidrio soportada en un baño de estaño fundido.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Tal y como se usa en el siguiente análisis, salvo que se indique de otro modo, todos los números que expresan las dimensiones, etc., usadas en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones deben entenderse como modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". En consecuencia, a menos que se indique de otro modo, los valores numéricos expuestos en la siguiente memoria descriptiva y las reivindicaciones pueden variar en función de las propiedades deseadas que se pretenden obtener mediante la presente invención. Como mínimo, y no en un intento de limitar la

20

25

aplicación de la doctrina de los equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico debe interpretarse al menos a la luz del número de dígitos significativos indicados y mediante la aplicación de técnicas de redondeo habituales. Por otra parte, debe entenderse que todos los intervalos divulgados en el presente documento incluyen los valores de intervalo iniciales y finales y abarcan cualquiera y todos los subintervalos subincluidos en el mismo. Por ejemplo, se debe considerar que un intervalo indicado de "1 a 10" incluye todos y cada uno de los subintervalos entre (e incluso) el valor mínimo de 1 y el valor máximo de 10; es decir, todos los subintervalos que comienzan con un valor mínimo de 1 o superior y que terminan con un valor máximo de 10 o inferior, p. ej., de 5,5 a 10. De manera adicional, todos los documentos, tales como, pero sin limitación, patentes concedidas y solicitudes de patente, a los que se hace referencia en el presente documento han de entenderse como "incorporados por referencia" en su totalidad.

Cualquier referencia a las cantidades de la composición, a menos que se especifique de otro modo, es en "porcentaje en peso" basado en el peso total de la composición de vidrio final. El contenido de "hierro total" de las composiciones de vidrio divulgadas en el presente documento se expresa en términos de Fe_2O_3 según la práctica analítica convencional, independientemente de la forma realmente presente. Análogamente, la cantidad de hierro en el estado ferroso se indica como FeO , a pesar de que pueda estar realmente presente en el vidrio como FeO . Los términos "redox", "relación redox" o "relación redox del hierro" significan la cantidad de hierro en el estado ferroso (expresado como FeO) dividido por la cantidad de hierro total (expresado como Fe_2O_3). Como se usa en el presente documento, los vidrios de sosa-cal-sílice que tienen un contenido de hierro total (expresado como Fe_2O_3) en el intervalo de más de 0 a 0,06 % en peso son vidrios de sosa-cal-sílice con un bajo contenido en hierro. De forma general y no limitativa a la invención, los vidrios de sosa-cal-sílice con un alto contenido en hierro tienen un contenido de hierro total igual o superior a entre 0,10 % en peso y 2,0 % en peso; igual y superior a entre 0,10 % en peso y 1,5 % en peso; igual y superior a entre 0,10 % en peso y 2,0 % en peso; e igual y superior a entre 0,10 % en peso y 0,80 %.

Tal como puede apreciarse a continuación, la invención se dirige a la fabricación de vidrios de sosa-cal-sílice con un bajo contenido en hierro, con un alto redox y no se limita a las propiedades ópticas, p. ej., la transmisión y absorción ultravioleta, visible e IR y el color del vidrio, así como las propiedades

físicas, p. ej., grosor del vidrio. Al definir una realización no limitante de un vidrio de la invención, se puede hacer referencia a intervalos o valores específicos de transmisión y absorción ultravioleta, visible e IR y/o el color del vidrio y/o propiedades físicas, p. ej., el grosor del vidrio para identificar un vidrio específico de la invención y/o un vidrio fabricado por la práctica de la invención. A continuación se presentan aditivos comunes, p. ej., aditivos de color que se añaden a los materiales de carga para vidrio, y/o al vidrio fundido para alterar las propiedades ópticas y físicas de los vidrios de la invención.

El contenido de "azufre" de las composiciones de vidrio divulgadas en el presente documento se expresa en términos de SO_3 según la práctica analítica convencional, independientemente de la forma realmente presente.

Como se usa en el presente documento, los valores de "transmitancia visible" y "longitud de onda dominante" son aquellos que se determinan usando el iluminante C convencional de CIE y un ángulo de observación de 2 grados. Aquellos expertos en la materia entenderán que las propiedades, tales como transmitancia visible y longitud de onda dominante, pueden calcularse a un grosor convencional equivalente, p. ej., 5,5 milímetros ("mm"), aunque el grosor real de una muestra de vidrio medida sea diferente al grosor convencional.

Como se aprecia, la invención no se limita a los aditivos de color analizados anteriormente y cualquier aditivo de color para un vidrio de sosa-cal-sílíce conocido en la técnica puede ser usado en la práctica de la invención, por ejemplo, pero no se limita a, los colorantes seleccionados de entre el grupo que de CoO , Se , NiO , Cl , V_2O_5 , CeO_2 , Cr_2O_3 , TiO_2 , Er_2O_3 , MnO_2 , La_2O_3 , y combinaciones de los mismos.

Tal como puede apreciarse a continuación, la invención no está limitada al proceso de, y/o equipo para, llevar a la práctica la invención a fin de fabricar vidrios de la invención, y cualquiera de los procesos de fabricación de vidrio y/o equipos conocidos en la técnica pueden ser usados en la práctica de la invención.

Con referencia a las Figs. 1 y 2 según sea necesario, se muestra un horno 20 de fusión de vidrio y de refinado sin vacío, alimentado de forma continua, con tanque transversal convencional que tiene una envoltura formada por un fondo 22, techo 24 y paredes laterales 26 de materiales refractarios. Los materiales de carga para vidrio 28 se introducen a través de la abertura de entrada 30 en una extensión 32 del horno 20 conocida como cargador del horno de llenado de cualquier manera conveniente o habitual para formar un manto 34 que flota en

la superficie 36 del vidrio fundido 38. La progresión en general del vidrio, como se muestra en las Figs. 1A y 1B, es de izquierda a derecha en las figuras, hacia un extremo de entrada de una cámara de formación de vidrio 40 del tipo usado en la técnica para fabricar vidrio plano flotado.

5 Las llamas (no mostradas) para fundir los materiales de carga 28 y para calentar el vidrio fundido 38 salen de los puertos del quemador 42 espaciados a lo largo de las paredes laterales 26 (véase la Fig. 2) y se dirigen hacia y a través de la superficie 36 del vidrio fundido 38. Durante la primera mitad de un ciclo de calentamiento, las llamas salen de una boquilla 43 (véase la Fig. 2) en cada uno
10 de los puertos de un lado del tanque 20, a medida que el escape del horno se mueve por los puertos del lado opuesto del horno. Durante la segunda mitad de un ciclo de calentamiento, la función de los puertos se invierte, y los orificios de escape son los puertos de cocción, y los puertos de cocción son los orificios de escape. El ciclo de cocción de los hornos del tipo mostrado en las Figs. 1 y 2 es
15 bien conocido en la técnica. Como pueden apreciar los expertos en la materia, la invención contempla el uso de una mezcla de aire y gas combustible, o una mezcla de oxígeno y gas combustible, para generar las llamas a fin de calentar los materiales de carga y el vidrio fundido. Para un análisis sobre el uso de oxígeno y gas combustible en el horno del tipo mostrado en la Fig. 1, se puede
20 hacer referencia a las patentes de Estados Unidos n.º 4.604.123; 6.962.887; 7.691.763; 8.420.928, que se incorporan en el presente documento a modo de referencia.

Los materiales de carga para vidrio 28 a medida que se mueven corriente abajo desde el extremo de alimentación de cargas o la pared de fondo del
25 cargador del horno 46 se funden en la sección de fusión 48 del horno 20, y el vidrio fundido 38 se mueve a través de la parte central 54 de la sección refinadora 56 del horno 20. En la sección de refinado 56, se eliminan las burbujas del vidrio fundido 38, y el vidrio fundido 38 se mezcla u homogeneiza a medida que el vidrio fundido pasa por la sección de refinado 56. El vidrio fundido 38 se distribuye de
30 cualquier manera conveniente o habitual desde la sección de refinado 56 a un conjunto de metal fundido (no mostrada) contenido en la cámara de formación de vidrio 40. A medida que el vidrio fundido distribuido 38 se mueve a través de la cámara de formación de vidrio 40 en el conjunto de metal fundido (no se muestra), el vidrio fundido adopta su forma y se enfría. Una cinta de vidrio con
35 forma dimensionalmente estable (no mostrada) se mueve desde la cámara de formación de vidrio 40 hasta un túnel de recocido (no se muestra). Los aparatos

de fabricación de vidrio del tipo mostrado en las Figs. 1 y 2, y del tipo analizado anteriormente son bien conocidos en la técnica.

En la Fig. 3 se muestra un equipo de fusión de vidrio alimentado de forma continua y de refinado por vacío 78 para fundir materiales de carga para vidrio y refinar el vidrio fundido. Los materiales de carga 80, preferentemente en estado pulverulento, se alimentan en la cavidad 82 de un recipiente de licuefacción, p. ej., un tambor giratorio 84. Una capa 86 del material de carga 80 queda retenida en las paredes interiores del recipiente 84 con la ayuda de la rotación del tambor y sirve de revestimiento aislante. A medida que el material de carga 80 en la superficie del revestimiento 84 se expone al calor dentro de la cavidad 82, forma una capa de licuefacción 88 que fluye fuera de una abertura de drenaje central en el fondo 92 del recipiente 84 hacia un recipiente de disolución 94 para completar la disolución de las partículas no fundidas en el material licuado procedente del recipiente 84.

Una válvula 96 controla el flujo de material desde el recipiente de disolución 94 hacia un recipiente verticalmente erguido generalmente cilíndrico 98 que tiene un revestimiento refractario cerámico interior (no mostrado) envuelto en una carcasa 100 estanca al gas, enfriada con agua. Una corriente fundida 102 de vidrio refinado cae libremente desde el fondo del recipiente de refinado 98 y puede pasar a una etapa posterior en el proceso de fabricación de vidrio. Para un análisis detallado sobre el funcionamiento del equipo 78 mostrado en la Fig. 3, se puede hacer referencia a la patente de Estados Unidos n.º 4.792.536.

Los vidrios de la invención pueden fabricarse usando cualquier proceso conocido de fabricación de vidrio. Por ejemplo, pero sin limitarse a la invención, los vidrios con un bajo contenido en hierro, con un alto redox de la invención pueden fabricarse en la operación de fusión de múltiples etapas y de refinado asistido por vacío que se muestra en la Fig. 3. La etapa de refinado de este proceso conocido se realiza al vacío para reducir la concentración de gases disueltos y componentes gaseosos volátiles, particularmente componentes que contienen azufre. Tal como apreciará un experto en la materia, puede ser ventajoso eliminar los componentes que contienen azufre de determinadas composiciones de vidrio flotado, ya que la combinación de azufre con hierro en el vidrio puede dar lugar a una coloración ámbar del vidrio a altas relaciones redox, por ejemplo, las relaciones redox del hierro por encima de 0,4, especialmente por encima de 0,5, debido a la formación de sulfuro férrico (también referido convencionalmente como sulfuro de hierro o polisulfuro de

hierro). El sulfuro férrico puede formarse a través del vidrio de parte central o en vetas o capas de una hoja de vidrio. Como se usa en el presente documento, la expresión "vidrio de parte central" se refiere a la porción interna de una pieza de vidrio, tal como una hoja de vidrio, que no se altera químicamente en el proceso de formación del vidrio. Para una hoja de vidrio de 2 milímetros ("mm") o más gruesa fabricada mediante un proceso de vidrio flotado, el vidrio de parte central no incluye la región exterior del vidrio adyacente a la superficie del vidrio, por ejemplo, los 25 micrómetros externos (según lo medido desde la superficie del vidrio). La eliminación de los componentes de azufre gaseosos en la etapa de refinado por vacío de este proceso conocido ayuda a evitar la formación de sulfuro férrico en el vidrio y, por tanto, contribuye a evitar la coloración ámbar.

Como se ha mencionado anteriormente y se muestra en las Figs. 1 y 2, los sistemas convencionales de vidrio flotado suelen incluir un horno o fundidor en el que se colocan los materiales de vidrio para su fusión. En una práctica de la invención, el fundidor puede ser un horno de oxígeno y combustible en el que el combustible se mezcla con oxígeno para suministrar calor para fundir los materiales de carga. En otra práctica de la invención, el fundidor puede ser un fundidor convencional de aire y combustible en el que el aire se mezcla con el combustible de combustión para proporcionar calor para fundir los materiales de carga. Incluso en una práctica más adicional de la invención, el fundidor puede ser un fundidor de tipo híbrido en el que un fundidor convencional de tipo aire se aumenta con lancetas de oxígeno para suplementar el aire calentado con oxígeno antes de la combustión.

Una diferencia entre los vidrios fabricados a partir de materiales de carga fundidos en un horno de oxígeno y combustible y un fundidor convencional de aire y combustible es que el vidrio fabricado a partir de materiales de carga fundidos en un horno de oxígeno y combustible suele tener un contenido de agua en el intervalo de 425-600 partes por millón, donde el vidrio fabricado a partir de materiales de carga fundidos en un fundidor convencional de aire y combustible suele tener un contenido de agua en el intervalo de 200-400 partes por millón, y el vidrio fabricado a partir de 100 % de vidrio de desecho fundido en un horno de oxígeno y combustible suele tener un contenido de agua de aproximadamente 700 partes por millón. En la práctica preferida de la invención, los materiales de carga para vidrio se funden en un horno de oxígeno y combustible o en un fundidor convencional de aire y combustible. En el siguiente análisis de la invención, la invención se lleva a la práctica usando un horno de oxígeno y

combustible; sin embargo, la invención no se limita a ello, y la invención puede llevarse a la práctica usando cualquier tipo de sistema de fusión de vidrio.

En la práctica de la invención, se introducen en el fundidor los materiales típicos de carga para fabricar vidrio de sosa-cal-sílice, el horno 20 mostrado en la Fig. 1 y el horno 84 mostrado en la Fig. 3. Los materiales típicos de carga para la composición del vidrio de sosa-cal-sílice incluyen arena, ceniza de sosa, piedra caliza, alúmina y dolomita. En una realización no limitante de la invención, la dolomita con un bajo contenido en hierro se usa como material de carga. Tal como apreciará un experto en la materia, los materiales convencionales de carga de sosa-cal-sílice también incluyen auxiliares de fusión y refinado, tales como la torta de sal (sulfato de sodio). La torta de sal también puede ser un oxidante cuando se incorpora a la carga para vidrio.

Si se elimina totalmente la torta de sal de los materiales de carga, además de aumentar las dificultades de fusión, la relación redox del vidrio puede aumentar hasta el punto en que se pueden formar polisulfuros en el vidrio de parte central, proporcionando de este modo al vidrio de parte central un tinte ámbar. Con el fin de controlar la relación redox del vidrio, se pueden añadir oxidantes que no contengan azufre a los materiales de carga en lugar de la torta de sal para oxidar el Fe^{++} en Fe^{+++} y disminuir la relación redox. Un ejemplo no limitativo de dicho material es el nitrato de sodio (NaNO_3). Mientras que el nitrato de sodio puede evitar que la relación redox del vidrio aumente hasta el punto en que la formación de polisulfuro en la parte central dé lugar a un tinte ámbar indeseable en el vidrio de parte central, el nitrato de sodio puede conllevar a la producción de emisiones de NO_x durante el proceso de producción del vidrio. Estas emisiones pueden ser tratadas de manera convencional antes de su liberación a la atmósfera de los gases del fundidor para cumplir con las restricciones gubernamentales sobre las emisiones de NO_x .

Una realización no limitante de la presente invención se lleva a la práctica para fabricar el vidrio transparente de la presente invención formando una composición de vidrio de sosa-cal-sílice mediante un proceso de vidrio flotado, que se caracteriza por la siguiente formulación basada en el porcentaje en peso con respecto al peso total del vidrio, estos porcentajes se obtuvieron mediante el análisis de fluorescencia de rayos X.

En peso	(%):
SiO_2	de 68 a 75
Al_2O_3	de 0 a 5

CaO	de 5 a 15
MgO	de 2 a 10
Na ₂ O	de 10 a 18
K ₂ O	de 0 a 5

En una realización no limitante de la invención, el óxido de hierro total (Fe₂O₃) está dentro del intervalo de 0,02 a 0,06 % en peso, ferroso (FeO) de 0,006 a 0,02 % en peso, redox (FeO/Fe₂O₃) de aproximadamente 0,30 a 0,55 % en peso; Cr₂O₃ de aproximadamente 0,3 a 10 ppm, TiO₂ de aproximadamente 50 a 500 ppm; y una proporción de agente reductor de SnO₂ de aproximadamente 10 a 500 ppm y una cantidad crítica de aproximadamente 0,10 a 0,25 % en peso del agente oxidante SO₃. El bajo contenido de óxido de hierro se consigue mediante la sustitución parcial de las materias primas normales con materias primas con un bajo contenido en hierro, con una sustitución completa de la dolomita normal con una dolomita con un bajo contenido en hierro con un contenido máximo de 0,020 % en peso de Fe₂O₃.

En una realización no limitante de la invención, dicha dolomita con un bajo contenido en hierro en el intervalo de 5 a 20 % en peso en la carga comprende de 5 a 15 % en peso de CaO y de 2 a 10 % en peso de MgO. La dolomita con un bajo contenido en hierro contiene menos o igual a aproximadamente 0,020 % de Fe₂O₃.

En una realización no limitante, el vidrio transparente tiene una transmitancia de luz visible (L_{ic}) de al menos un 89; con una longitud de onda dominante (DW) de aproximadamente 490 a 505 nanómetros y una pureza (Pe) de no más del 1 % para un grosor de control de 5,66 mm.

Un vidrio transparente con un bajo contenido de hierro tiene una gran importancia en la industria arquitectónica, pero sin limitarse a la industria o a aplicaciones automótiles, donde la alta transmitancia de luz visible y su bajo porcentaje de hierro, permite apreciar mejor los objetos vistos a través de este tipo de vidrio, o cuando se usa en exteriores, permite tener espacios con mayor iluminación.

Para conseguir las características descritas, la presente invención incluye un equilibrio adecuado entre el hierro, óxido férrico y ferroso, óxido de titanio y óxido de cromo, óxido de estaño y carbón normal o grafito con un bajo contenido en hierro, adicionalmente, sustituyendo parcial o totalmente las materias primas normales con materias primas con un bajo contenido en hierro, tales como arena con un bajo contenido en hierro con un contenido máximo de 0,010 % de Fe₂O₃,

dolomita con un bajo contenido en hierro con un contenido máximo de 0,020 % en peso de Fe_2O_3 y calcita con un bajo contenido en hierro con un contenido máximo de 0,010 % de Fe_2O_3 , y un vidrio de desecho con un bajo contenido en hierro con un contenido máximo de 0,010 % de Fe_2O_3 y grafito con un bajo contenido en hierro con un contenido máximo de 0,010 % de Fe_2O_3 .

Un equilibrio adecuado entre las materias primas con un bajo contenido en hierro y la proporción de vidrio de desecho transparente puede lograr las propiedades deseadas; sin embargo, en este caso, el coste de la formulación podría ser mayor. Otra formulación para lograr las características deseadas podría ser el uso de materias primas con un bajo contenido de hierro y dolomita normal. En este caso, sería necesario ajustar la relación de vidrio de desecho transparente y con un bajo contenido en hierro, no obstante, el coste de esta formulación podría ser mayor.

Otra variable para conseguir el vidrio propuesto en esta invención, es el redox de hierro en el vidrio, donde, el carbono y el óxido de estaño se usan como agentes reductores y el sulfato de sodio se usa como agente oxidante y refinador. El óxido de cromo y el óxido de titanio se permiten como agentes colorantes.

Según la presente invención, las propiedades de rendimiento antes mencionadas se miden como se describe a continuación. La transmitancia luminosa (L_t) se mide usando el iluminante estándar "C" de C.I.E. con un observador C.I.E. a 2° en el intervalo de longitudes de onda de 380 a 770 nanómetros. El color del vidrio, en términos de longitud de onda dominante (DW) y pureza de excitación (Pe), se mide usando el iluminante convencional "D65" de C.I.E. con un observador a 10° , siguiendo los procedimientos establecidos en la norma ASTM E 308-2001. La transmitancia ultravioleta solar total (T_{UV}) se mide en el intervalo de longitudes de onda de 300 a 400 nanómetros, la transmitancia en el infrarrojo solar total (T_{IR}) se mide en el intervalo de longitudes de onda de 720 a 2000 nanómetros, y la transmitancia de energía solar total (T_{SET}) se mide en el intervalo de longitudes de onda de 300 a 2000 nanómetros. Los datos de transmitancia T_{UV} , T_{IR} y T_{SET} se calculan usando datos de irradiancia solar directa de masa de aire 2,0 de Parry Moon y se integran usando la regla trapezoidal, como se sabe en la técnica.

Las variables L^* , a^* y b^* del sistema de color CIELAB 1976 también se calculan mediante los valores triestímulos.

El vidrio de la presente invención puede fundirse y refinarse en una operación de fusión de vidrio comercial, a gran escala, de manera continua y

formarse en hojas de vidrio planas de diferente grosor mediante el método de flotación, en el que el vidrio fundido se soporta en un conjunto de metal fundido, por lo general estaño, a medida que adquiere una forma de cinta y se enfría de una manera bien conocida en la técnica.

- 5 Las siguientes formulaciones de la Tabla 1 tienen componentes básicos de carga, colorantes y agentes redox para producir 1 tonelada de vidrio.

TABLA 1

	Ej. 1 a 7	Ej. 8 a 16	Ej. 17 a 21	Ej. 22 a 30
Pesos de las cargas en kg por tonelada de vidrio				
Vidrio de desecho	150,0	150,0	150,0	80,0
Arena con un bajo contenido en hierro	616,3	624,3	0,0	0,0
Arena normal	0,0	0,0	619,5	668,8
Dolomita con un bajo contenido en hierro	109,3	144,2	163,1	199,5
Grafito con un bajo contenido en hierro	0,6	0,5	0,0	0,0
Carbón normal	0,0	0,0	0,5	0,9
Torta de sal	5,8	4,3	6,2	6,7
Piedra caliza normal	0,0	0,0	41,5	24,4
Calcita con un bajo contenido en hierro	97,4	55,4	0,0	0,0
Ceniza de sosa	201,0	201,8	199,5	216,0
Óxido de hierro	según sea necesario	según sea necesario	según sea necesario	según sea necesario
Óxido de estaño	según sea necesario	según sea necesario	según sea necesario	según sea necesario
Óxido de titanio	según sea necesario	según sea necesario	según sea necesario	según sea necesario
Óxido de cromo	según sea necesario	según sea necesario	según sea necesario	según sea necesario
Oxígeno/Co				
Cocción	Aire/Gas	mbustible	Aire/Gas	Aire/Gas
Relación aire/gas	13,5	-	13,81	14,0
Relación oxígeno/gas	-	2,0	-	-

- En los ejemplos 1 a 7, se usan materias primas con un bajo contenido en hierro en una formulación no limitante de la presente invención: Se añaden 0,6 kg de grafito con un bajo contenido en hierro y 5,8 kg de torta de sal por tonelada de vidrio a la formulación por cargas para controlar el redox en el vidrio y se ajusta el porcentaje de hierro usando una mezcla de vidrio de desecho transparente y con un bajo contenido en hierro.

A continuación se enumera la composición típica de la materia prima para estos ejemplos:

% en peso de fuentes de materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₃
Arena con un bajo contenido en hierro	99,7		0,01	0,1			
Ceniza de sosa						58,6	
Torta de sal	0,1					43,7	56,4
Grafito			0,01				
Piedra caliza con un bajo contenido en hierro	0,1		0,01	53	2,1		
Dolomita con un bajo contenido en hierro	0,1		0,01	31,1	21,1	0,1	
Vidrio de desecho transparente	72,6	0,2	0,10	10,0	3,1	13,8	0,2
Vidrio de desecho con un bajo contenido en hierro	72,7	0,1	0,01	10,3	2,9	13,8	0,2

- En los ejemplos 8 a 16, se usan materias primas con un bajo contenido en hierro en la formulación: Se añaden 0,5 kg de grafito con un bajo contenido en hierro y 4,3 kg de torta de sal por tonelada de vidrio a la formulación por cargas para controlar el redox en el vidrio y se ajusta el porcentaje de hierro usando una mezcla de vidrio de desecho transparente y con un bajo contenido en hierro.

- A continuación se enumera la composición típica de la materia prima para estos ejemplos:

% en peso de fuentes de materia prima	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₃
Arena con un bajo contenido en hierro	99,7		0,01	0,1			
Ceniza de sosa						58,6	
Torta de sal	0,1					43,7	56,4
Grafito			0,01				
Piedra caliza con un bajo contenido en hierro	0,1		0,01	53,0	2,1		

Dolomita con un bajo contenido en hierro	0,1		0,01	31,1	21,1	0,1	
Vidrio de desecho transparente	72,8	03	0,10	8,8	3,9	13,8	0,1
Vidrio de desecho con un bajo contenido en hierro	73,1	0,1	0,01	9,0	3,8	13P	0,1

- En los ejemplos 17 a 21 se formulan con materias primas normales, excepto la dolomita con un bajo contenido en hierro con un contenido máximo de 0,020 % en peso de Fe_2O_3 . En la formulación por cargas se añaden 0,5 kg de carbón normal y 6,2 kg de torta de sal por tonelada de vidrio para controlar el redox en el vidrio. Estas formulaciones representan un menor coste en el producto final, debido a que se mantiene un menor porcentaje de Fe_2O_3 por la sustitución de la dolomita normal con una dolomita con un bajo contenido en hierro y grafito con un bajo contenido en hierro con carbón normal. En estos ejemplos se usa vidrio de desecho reciclado en la formulación.

A continuación se enumera la composición típica de la materia prima para estos ejemplos:

% en peso de fuentes de materia prima	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	SO_3
Arena normal	99,1	0,4	0,03-0,04	0,2			
Ceniza de sosa						58,6	
Torta de sal	0,1					43,7	56,4
Carbón			1,5				
Piedra caliza normal	0,6		0,12	54,6	0,8		
Dolomita con un bajo contenido en hierro	1		0,01-0,02	32,6	19,6		
Vidrio de desecho reciclado	72,6	0,4	0,03-0,05	8,8	3,8	130	0,2

- Los ejemplos 22 a 30 se formulan con materias primas normales, a excepción de la dolomita con un bajo contenido en hierro con un contenido máximo de 0,020 % en peso de Fe_2O_3 , se añaden 0,9 kg de carbón normal y 6,7 kg de torta de sal por tonelada de vidrio a la formulación por cargas para controlar el redox en el vidrio. En estos ejemplos se usa dolomita con un bajo contenido en hierro para conseguir un menor porcentaje de Fe_2O_3 en el vidrio, por lo tanto, la cantidad de piedra caliza normal se reduce. Se usa vidrio de desecho reciclado en la formulación.

A continuación se enumera la composición típica de la materia prima para estos ejemplos:

% en peso de fuentes de materia prima	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	SO_3
---------------------------------------	----------------	-------------------------	-------------------------	-----	-----	-----------------------	---------------

Arena normal	99,1	0,4	0,03-0,04	0,2			
Ceniza de sosa						58,6	
Torta de sal	0,1					43,7	56,4
Carbón			150				
Piedra caliza normal	0,6		0,12	54,6	0,8		
Dolomita con un bajo contenido en hierro	1		0,01-0,02	32,6	19,6		
Vidrio de desecho reciclado	72,4	0,3	0,03-0,06	8,7	4,1	14	0,2

Los siguientes son ejemplos de composiciones de sosa-cal-sílice presentadas en la Tabla 2, según lo propuesto en la presente invención, indicando las propiedades físicas de transmisión de luz (L_{IC}), transmitancia de luz UV (T_{UV}), en el infrarrojo (T_{IR}) y solar total (T_{SET}) a un grosor de control de aproximadamente 5,66 mm.

La composición de los siguientes vidrios fue calculada por fluorescencia de rayos X.

TABLA 2

	Ej. 1	Ej. 2	Ej. 3	Ej. 4	Ej. 5	Ej. 6	Ej. 7
En peso							
SiO ₂ (%)	72,7	72,7	72,7	72,6	72,6	72,6	72,6
Na ₂ O (%)	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
K ₂ O (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CaO (%)	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,1
MgO (%)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Al ₂ O ₃ (%)	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11
SO ₃ (%)	0,20	0,20	0,20	0,18	0,19	0,21	0,21
Fe ₂ O ₃ (%)	0,022	0,025	0,027	0,031	0,037	0,038	0,046
FeO (%)	0,008	0,010	0,012	0,012	0,014	0,013	0,015
Redox (FeO/Fe ₂ O ₃)	0,379	0,398	0,433	0,403	0,381	0,352	0,325
Cr ₂ O ₃ (ppm)	1,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
TiO ₂ (ppm)	100	110	110	110	120	130	150
SnO ₂ (ppm)	63	67	56	62	59	50	47
Grafito con un bajo contenido en hierro/carbón normal en la carga (%)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Grosor de control de 5,66 mm							
L _{tc} (%)	90,8	90,7	90,5	90,4	90,3	90,3	90,1
T _{UV} (%)	85,3	84,1	83,0	82,9	81,9	81,5	80,3
T _{IR} (%)	85,2	84,0	82,7	82,1	80,9	81,3	80,1
T _{SET} (%)	87,9	87,1	86,4	86,1	85,4	85,6	84,9
L*	96,3	96,3	96,2	96,2	96,1	96,1	96,1
a*	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,7	-0,8
b*	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,0	0,0
DW (nm)	494	494	494	492	492	494	494
Pe (%)	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4

TABLA 2 - Continuación

	Ej. 8	Ej. 9	Ej. 10	Ej. 11	Ej. 12	Ej. 13	Ej. 14
En peso							
SiO ₂ (%)	73,2	73,2	73,2	73,2	73,0	73,0	73,0
Na ₂ O (%)	13,8	13,8	13,8	13,8	13,9	13,9	13,9
K ₂ O (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
CaO (%)	8,9	8,9	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
MgO (%)	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9
Al ₂ O ₃ (%)	0,09	0,10	0,10	0,14	0,13	0,16	0,17
SO ₃ (%)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15
Fe ₂ O ₃ (%)	0,021	0,023	0,024	0,031	0,026	0,030	0,034
FeO (%)	0,009	0,010	0,011	0,012	0,010	0,011	0,013
Redox (FeO/Fe ₂ O ₃)	0,439	0,438	0,458	0,392	0,384	0,373	0,385
Cr ₂ O ₃ (ppm)	1,6	1,9	1,9	3,0	2,4	2,7	2,8
TiO ₂ (ppm)	110	120	120	140	120	140	140
SnO ₂ (ppm)	414	392	380	335	339	295	285
Grafito con un bajo contenido en hierro/carbón normal en la carga (%)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Grosor de control de 5,66 mm							
Ltc (%)	90,7	90,6	90,5	90,4	90,5	90,4	90,2
T _{UV} (%)	85,4	84,9	83,9	82,8	84,0	83,1	81,3
T _{IR} (%)	84,6	83,9	83,2	82,1	83,7	82,9	81,6
T _{SET} (%)	88,7	88,4	88,1	87,6	86,9	86,4	85,7
L*	96,3	96,3	96,2	96,2	96,2	96,2	96,1
a*	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7
b*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DW (nm)	494	493	494	494	494	494	495
Pe (%)	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4

Tabla 2 - Continuación

	Ej. 15	Ej. 16	Ej. 17	Ej. 18	Ej. 19	Ej. 20	Ej. 21
En peso							
SiO ₂ (%)	72,9	72,8	72,7	72,6	72,6	72,7	72,7
Na ₂ O (%)	13,9	13,9	13,8	13,9	13,9	13,8	13,9
K ₂ O (%)	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CaO (%)	8,8	8,8	8,8	8,9	8,9	8,9	8,8
MgO (%)	3,9	3,9	3,8	3,7	3,7	3,8	3,7
Al ₂ O ₃ (%)	0,19	0,26	0,39	0,36	0,35	0,39	0,38
SO ₃ (%)	0,15	0,15	0,17	0,18	0,20	0,17	0,17
Fe ₂ O ₃ (%)	0,038	0,053	0,035	0,035	0,035	0,036	0,044
FeO (%)	0,014	0,016	0,014	0,013	0,013	0,013	0,017
Redox (FeO/Fe ₂ O ₃)	0,369	0,301	0,398	0,383	0,354	0,371	0,384
Cr ₂ O ₃ (ppm)	2,4	3,6	4,9	5,2	4,4	5,6	4,6
TiO ₂ (ppm)	160	200	370	360	350	390	380
SnO ₂ (ppm)	232	114	253	229	184	227	214
Grafito con un bajo contenido en hierro/carbón normal en la carga (%)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Grosor de control de 5,66 mm							
L _{tc} (%)	90,1	89,9	90,2	90,1	90,1	90,2	89,9
T _{UV} (%)	80,0	78,4	81,9	81,8	81,4	81,8	78,7
T _{IR} (%)	80,7	79,4	80,9	81,3	82,0	81,3	78,9
T _{SET} (%)	85,1	84,3	85,3	85,4	85,8	85,5	84,0
L*	96,1	96,0	96,1	96,1	96,0	96,1	96,0
a*	-0,8	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-1,0
b*	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
DW (nm)	495	496	497	497	499	498	498
Pe (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4

Tabla 2 - Continuación

	Ej. 22	Ej. 23	Ej. 24	Ej. 25	Ej. 26	Ej. 27	Ej. 28
En peso							
SiO ₂ (%)	72,5	72,5	72,5	72,4	72,4	72,5	72,4
Na ₂ O (%)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
CaO (%)	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,8
MgO (%)	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
Al ₂ O ₃ (%)	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31
SO ₃ (%)	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19
Fe ₂ O ₃ (%)	0,029	0,030	0,031	0,033	0,035	0,037	0,040
FeO (%)	0,013	0,012	0,013	0,013	0,012	0,013	0,013
Redox (FeO/Fe ₂ O ₃)	0,434	0,418	0,399	0,378	0,351	0,337	0,324
Cr ₂ O ₃ (ppm)	2,9	4,1	3,0	3,1	4,3	4,1	3,3
TiO ₂ (ppm)	270	280	290	300	300	300	310
SnO ₂ (ppm)	384	388	382	341	308	261	212
Grafito con un bajo contenido en hierro/carbón normal en la carga (%)	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Grosor de control de 5,66 mm							
L _{tc} (%)	90,2	90,4	90,3	90,3	90,3	90,1	90,1
T _{UV} (%)	83,4	83,2	82,9	82,5	81,8	80,9	80,4
T _{IR} (%)	82,0	82,0	81,9	81,9	82,1	81,9	81,7
T _{SET} (%)	85,8	85,9	85,9	85,8	85,9	85,7	85,6
L*	96,1	96,2	96,1	96,1	96,1	96,0	96,0
a*	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,7	-0,8	-0,8
b*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
DW (nm)	494	494	494	495	496	498	498
Pe (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3

Tabla 2 - Continuación

	Ej. 29	Ej. 30
En peso		
SiO ₂ (%)	72,4	72,4
Na ₂ O (%)	14,0	14,0
K ₂ O (%)	0,2	0,2
CaO (%)	8,8	8,8
MgO (%)	4,1	4,0
Al ₂ O ₃ (%)	0,31	0,31
SO ₃ (%)	0,19	0,19
Fe ₂ O ₃ (%)	0,043	0,043
FeO (%)	0,013	0,014
Redox (FeO/Fe ₂ O ₃)	0,301	0,317
Cr ₂ O ₃ (ppm)	3,4	4,2
TiO ₂ (ppm)	300	300
SnO ₂ (ppm)	189	168
Grafito con un bajo contenido en hierro/carbón normal en la carga (%)	0,09	0,09
Grosor de control de 5,66 mm		
L _{TC} (%)	90,1	90,0
T _{UV} (%)	80,1	79,4
T _{IR} (%)	81,7	81,2
T _{SET} (%)	85,6	85,3
L*	96,1	96,0
a*	-0,8	-0,8
b*	0,2	0,2
DW (nm)	498	499
Pe (%)	0,3	0,3

- 5 Refiriéndose a los ejemplos de la Tabla 2, una composición de vidrio de sosa-cal-sílice de base con un equilibrio adecuado de cromo y titanio como colorantes, grafito con un bajo contenido en hierro o carbón normal y óxido de estaño como agentes redox. En esta composición, el óxido de hierro se mantiene dentro de 0,02 a 0,06 % en peso y el sulfato se mantiene en la cantidad crítica de aproximadamente 0,10 a 0,25 % en peso para evitar afectar a las propiedades de refinado del SO₃. La cantidad añadida de óxido de estaño y de carbón normal

o grafito con un bajo contenido en hierro depende de las condiciones redox iniciales del horno, requiriendo diferentes cantidades de óxido de estaño para alcanzar el redox deseado en el vidrio.

5 En los ejemplos 1 a 7, las materias primas con un bajo contenido en hierro se usan con una mezcla de vidrio de desecho transparente y con un bajo contenido en hierro para conseguir el equilibrio adecuado de óxido de hierro, óxido de cromo y óxido de titanio. En estos ejemplos, se requiere menos SnO_2 para alcanzar el redox en el vidrio debido a las condiciones redox presentes en el horno.

10 Los ejemplos 8 a 16, también están formulados con materias primas con un bajo contenido en hierro y con una mezcla de vidrio de desecho transparente y con un bajo contenido en hierro, con la diferencia de que se añade una mayor cantidad de SnO_2 en la composición del vidrio debido a que el horno presentaba unas condiciones redox más bajas en comparación con los ejemplos 1 a 7.

15 En los ejemplos 17 a 21, se usan las materias primas normales, excepto la dolomita con un bajo contenido en hierro. En estos ejemplos, el equilibrio adecuado de los colorantes tales como óxido de hierro, óxido de cromo y óxido de titanio pueden lograrse mediante el uso de arena normal en la que estos óxidos están presentes como impurezas. Para conseguir el redox requerido en el vidrio, la cantidad de SnO_2 añadida varía en función de la condición redox en el horno.

20 En los ejemplos 22 a 30, también se usan las materias primas normales, excepto la dolomita con un bajo contenido en hierro. En estos ejemplos se aumenta la cantidad de dolomita con un bajo contenido en hierro y se disminuye la cantidad de piedra caliza normal, en relación con los ejemplos anteriores. La cantidad de SnO_2 varía en función de la condición redox en el horno. Al igual que en los ejemplos 17 a 21, el equilibrio adecuado de los colorantes descritos puede lograrse mediante el uso de arena normal.

30 Los ejemplos 1 a 21 de la Tabla 2 mantuvieron de aproximadamente 50 a 500 ppm de TiO_2 . El óxido de titanio en el intervalo descrito anteriormente, aumenta la transmisión de la luz en el vidrio, que es una de las principales características del vidrio propuesto. Adicional a esto, si el óxido de titanio se encuentra en exceso, aparece una coloración amarillenta en el vidrio.

35 Un experto en la materia apreciará que si la presencia de óxido de hierro, óxido de titanio u óxido de cromo están en cantidades superiores a los intervalos mencionados, la transmisión de la luz disminuye a valores inferiores a los

propuestos en esta patente.

La adición y el control de estos materiales confieren un vidrio transparente según una realización no limitante de la presente invención, que incluye aproximadamente un óxido de hierro total (Fe_2O_3) de 0,02 a 0,06 % en peso de
5 ferroso (FeO) de 0,006 a 0,02 % en peso, redox ($\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$) de aproximadamente 0,30 a 0,55; Cr_2O_3 de aproximadamente 0,3 a 10 ppm, TiO_2 de aproximadamente 50 a 500 ppm; SnO_2 de aproximadamente 10 a 500 ppm y SO_3 de aproximadamente 0,10 a 0,25 % en peso. A un grosor de control de 5,66 mm, los vidrios de los ejemplos tienen una transmitancia de luz visible (L_{TC}) de al
10 menos un 89 %; con una longitud de onda dominante (DW) de aproximadamente 490 a 505 nanómetros y una pureza (Pe) de no más del 1 %.

Las composiciones divulgadas en el presente documento se producen por un proceso de flotación en un intervalo de aproximadamente 1 milímetro a 25 milímetros.

15 Alcanzando las propiedades propuestas para una composición de vidrio transparente, según el alcance de la invención, pueden aplicarse otras variaciones sin apartarse de lo descrito en las reivindicaciones dadas a continuación. En consecuencia, las realizaciones particulares descritas en detalle en el presente documento son solamente ilustrativas y no limitan el
20 alcance de la invención, el cual debe proporcionar la variedad completa de las reivindicaciones adjuntas y cualquiera y todos los equivalentes de las mismas.