



Universidad  
José Antonio Páez

1.-Presentación con claridad del formato [3pts]		
2.-Procesamientos en fundamentos teóricos y legales [4pts]		
3.-Análisis e interpretación de la descripción del proceso [5pts]		
4.-Coherencia del diagrama de flujo de proceso [3pts]		
5.-Capacidad de síntesis (Resumen, introducción, y conclusiones) [3pts]		
6.-Desarrollo de las referencias bibliográficas [2pts]		

## PROCESO DE FABRICACION DEL VIDRIO

**Marinelli, Maria Fiorella C.I V-24.293.397; Mendez, Anabelle**

**C.I V-23.649.757; Moran, Eglinso C.I V-21.135.099**

Facultad de Ingeniería. Escuela de Ing. Industrial

**Principios y Procesos Químicos, Sección 305I1**

22 de Julio 2016

[Marinellidelibero@gmail.com](mailto:Marinellidelibero@gmail.com)

[ana-m-08hotmail.com](mailto:ana-m-08hotmail.com), [eglinso.moran@gmail.com](mailto:eglinso.moran@gmail.com)

El vidrio es un material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo que se encuentra en la naturaleza, aunque también puede ser producido por el ser humano. El vidrio artificial se usa para realizar ventanas, lentes, botellas y una gran variedad de productos. El vidrio es un tipo de material cerámico amorfo, el cual no tiene un punto de fusión definido, se obtiene a partir de vitrificantes como la arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), fundentes como el carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y estabilizantes como el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ). Esta investigación tiene por objetivo ayudar a comprender el proceso de obtención de este material tan utilizado por el ser humano, haciendo énfasis en lo que es la fabricación de envases, la cual inicia su proceso en términos muy generales con la recepción de materias primas, luego se realiza la preparación de las mezclas para ser trasladada a un horno donde con el suministro de calor ocurre la fusión de la mezcla y refinación junto a un acondicionamiento del vidrio para finalizar con la formación del envase.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los vidrios forman un grupo familiar de cerámicas. La nobleza del vidrio reside en un conjunto de cualidades que son la transparencia óptica, la resistencia, el aislamiento y la facilidad con que puede fabricarse. El vidrio se ha convertido en un elemento vital en la arquitectura de nuestros días, donde la búsqueda de máximas superficies vidriadas para obtener las mejores visuales y la mayor iluminación natural, se contraponen con la necesidad de lograr la mayor eficiencia

energética y los más elevados estándares de seguridad. Por ello contiene diferentes características clasificaciones y usos de acuerdo a su espesor, tamaño, color, proporción y su forma de sujeción, cada caso en particular, teniendo en cuenta los parámetros de seguridad, resistencia estructural, aislamiento térmico y acústico requerido para su diseño. En la actualidad existen cristales de 6 mm. de espesor, totalmente incoloros, que permiten filtrar hasta el 70 % de la radiación infrarroja y el 99,5% de la ultravioleta; o cristales de 12 mm. que detienen un proyectil calibre

9mm. El vidrio es un material resistente, pero también es frágil y peligroso cuando sufre roturas.

## **2. FUNDAMENTOS TEORICOS:**

### **2.1 ORIGEN DEL VIDRIO**

El vidrio es uno de los materiales más antiguas creadas por el hombre, la historia de su descubrimiento relata que unos mercaderes fenicios dejaron en cierta ocasión unas hogueras encendidas durante toda la noche, construidas con piedras de carbonato de calcio sobre la arena de una playa. Al despertarse descubrieron que, después de sufrir la acción del calor, durante toda la noche, se formó un líquido transparente alrededor de las fogatas. Aquello les pareció tan maravilloso, que se pusieron a investigar a que se debió y fue así como descubrieron el vidrio.

Este descubrimiento procede de unos 12.000 años AC. Ya que se han encontrado piezas de cerámica con revestimiento vítreo, o esmaltadas que datan de esos tiempos. Aproximadamente en el año 30 A.C. se inventó en Fenicia la vara de sople, lo cual contribuyó en gran medida a la elaboración más esmerada de piezas de este material. La producción se concentró en Alejandría, de donde los fenicios la llevaron a todo el Mediterráneo.

Por el año 100 de la era cristiana, los romanos comenzaron a producir el vidrio plano para las ventanas. Era opaco, pero dejaba pasar la suficiente luz para iluminar los ambientes de las construcciones de familias adineradas. En la isla de Murano, en Venecia, se incrementó la producción del vidrio a partir del siglo XIII. Los vidrieros de la localidad eran tan importantes que se convirtieron en gente muy adinerada y llena de poder.

Durante varios siglos, las piezas de vidrio eran un auténtico lujo, señal de

status y poder, hasta que en siglo XVIII fue posible cambiar la situación al iniciarse la producción de piezas en serie, con el desarrollo realizado por Friedech Siemens en el horno de recuperación térmica. Gracias a esto fue posible luego realizar los bulbos para los focos inventados por Edison. Y también fue gracias a este proceso que se facilitó la fabricación de vidrios planos transparentes.

### **2.2 CARACTERISTICAS DEL VIDRIO.**

- El vidrio está formado en mayor proporción por sustancias vivificantes con 70% aproximadamente de su composición en una menor proporción contiene estabilizantes y fundentes con composiciones de 15% y 10% respectivamente, el porcentaje restante se le atribuye a los insumos los cuales difieren en proporción y tipo dependiendo de su utilización.
- El vidrio es un material inorgánico duro, frágil, amorfo e inoloro.
- Se utiliza una serie de sustancias para darle coloración al vidrio, o para hacerlo incoloro ya que este presenta una la tonalidad verde o pardo.
- Existen diferentes tipos de vidrio dependiendo de su uso como lo son el vidrio sódico-cálcico, vidrio de plomo, vidrio de borosilicato, vidrio de sílice entre otros.
- El vidrio se puede utilizar para la fabricación de diversos objetos como lo son las ventanas, envases para botellas, lentes, entre otros.

### **2.3 CLASIFICACION DEL VIDRIO**

El vidrio se obtiene a partir de una mezcla de arena de sílice, carbonato de sodio y óxido de calcio. Estos 3 elementos se

funden en un horno a temperaturas muy elevadas. El resultado de esta fusión es una pasta vítrea que se somete en caliente a diversas técnicas de conformación, es decir, técnicas para darle forma como lo son:

**\*Formación por soplado automático:** el material vítreo (vidrio fundido) entra en un molde hueco cuya superficie interior tiene la forma que queremos darle al vidrio, mejor dicho la forma del objeto final. Una vez cerrado el molde, se inyecta aire comprimido en su interior para que el material se adapte a sus paredes. Tras enfriarse, se abre el molde y se extrae el objeto. Esta técnica se utiliza para la fabricación de botellas, frascos, vasos, etc.

**\*Formación por flotación sobre un baño de estaño:** Este tipo de técnica se utiliza para obtener láminas de vidrio, por ejemplo para fabricar cristales y lunas. El material fundido se vierte en un depósito que contiene estaño líquido. Al ser el vidrio menos denso que el estaño, se va distribuyendo sobre el estaño (flota) formando una lámina, la cual es empujada por un sistema de rodillos hacia un horno de recocido, donde se enfría. Una vez frío se cortan las láminas.

**\*Formación por laminado:** El material fundido se hace pasar por un sistema de rodillos de laminado granados o lisos. Esta técnica se utiliza para fabricar vidrios de seguridad. Es prácticamente igual que el método anterior, lo que cambia es que donde está el dispositivo de corte, tenemos unos rodillo para dar forma y/o grosor a la lámina, antes de cortarla.

## **TIPOS DE VIDRIO**

Atendiendo a su volumen de fabricación los vidrios pueden ser clasificados en:

- Comerciales
- Especiales

Los vidrios comerciales son producidos en gran escala, y se usan en la mayoría de las aplicaciones, mientras que los especiales son menos comunes.

## **COMERCIALES**

### **Soda-Cal**

Es el vidrio mas utilizado por sus propiedades lo hacen mas adecuado para uso con luz visible Por lo general, está compuesto por entre un 71 y un 75 por ciento de arena ( $\text{SiO}_2$ ), entre un 12 y un 16 por ciento de bicarbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y entre un 10 y un 15 por ciento de cal ( $\text{CaO}$ ). Estos vidrios son virtualmente inertes y son poco resistentes al choque termico. El vidrio de soda y cal se utiliza en botellas de refrescos, frascos de alimentos, vasos y vidrios planos

### **Plomo**

La cantidad de óxido de plomo contenido varía entre un 18 y un 35 por ciento. Tienen un alto indice de refraccion y una superficie relativamente blanda. Esta clase de vidrio tiene propiedades ópticas que lo hacen útil sobre todo para fines decorativos abstractos o usados en dispositivos de iluminación.

### **Borosilicato**

El vidrio borosilicato está compuesto por entre un 70 y un 80 por ciento de su peso de arena. Del 7 al 13 por ciento corresponde a trióxido de boro, del 4 al 8 por ciento, al óxido sódico y al óxido potásico, y del 2 al 7 por ciento, al óxido de aluminio. Posee una mayor resistencia química y una elevada resistencia al calor y a los cambios de temperatura. El vidrio borosilicato se utiliza en componentes de plantas de producción de la industria química, en laboratorios, en la industria

farmacéutica, como vidrio para lámparas o en moldes de horno.

## **ESPECIALES**

### **Silice Vitreo**

Son hechos exclusivamente de óxido de silicio de fórmula química  $\text{SiO}_2$ . La más conocida es el cuarzo, para esta son necesarias temperaturas de fusión de  $1500^\circ\text{C}$ .

### **Aluminosilicato**

Es un tipo menos conocido de vidrio que se utiliza como indicador de nivel debido a su alta temperatura de uso y a sus buenas propiedades de resistencia al choque térmico. Contiene un 20% de óxido de aluminio, junto con óxido de calcio magnesio y boro. El vidrio aluminosilicato es menos resistente químicamente y a menudo se utiliza con una protección de mica en el lado medidor del vidrio en determinadas condiciones de uso. Se puede suministrar en forma de lámina y tubo

### **Vidrios de sílice álcali – bario**

Contiene una cantidad mínima de óxidos de plomo, bario o estroncio. Se utilizan para tubos de termómetros, piezas de lámparas eléctricas y tubos de anuncios de neón. Tienen gran densidad y se utilizan para proteger de la radiación de alta energía y para ventanas de radiación, absorben los rayos X.

### **Borato**

Contienen pequeñas cantidades o nada de sílice. Son usados para soldar vidrios, metales o cerámicas, a relativamente, bajas temperaturas.

## **Fosfato**

Consisten principalmente en mezclas de pentóxido de vanadio ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) y pentóxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

## **2.5. EMPRESAS PRODUCTORAS DE VIDRIO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.**

### **Empresas internacionales:**

#### **Saint-Gobain**

Es el primer fabricante de envases de vidrio en Europa y el tercero a escala mundial. Bajo la marca Verallia, Saint-Gobain produce anualmente 16.000 millones de botellas y envases. En la península ibérica, Verallia desarrolla su actividad de fabricación de envases de vidrio a través de tres empresas - Saint-Gobain Vicsa, Saint-Gobain Mondego y Vicsa que, en conjunto, suman siete plantas.

#### **Schott AG**

Fue fundada en Jena en 1884, es un fabricante y desarrollador alemán de productos de vidrio industriales de alta calidad. Sus mercados principales son los electrodomésticos, la industria farmacéutica, la energía solar, la electrónica, la óptica, y la industria del automóvil. Con una producción anual de 830.000 toneladas.

#### **Pilkington en Chile**

Vidrios Pilkington S.A. empresa líder en la manufactura, transformación y distribución de productos de óptima calidad; elaborados a partir de vidrio flotado plano. Produce una gama importante de vidrios de seguridad laminados y templados para el Mercado Automotriz en Chile. Los productos

incluyen parabrisas laminados, lunetas, aletas y puertas templadas. Esta planta tiene una capacidad de producción ligeramente superior a las 100.000 toneladas por año.

## **Empresas Nacionales:**

### **VENVIDRIO**

Venezolana del Vidrio, C.A. (Venvidrio) es una empresa del Estado venezolano que entiende y valora las necesidades del cliente, por eso emprende iniciativas que brindan la más competitiva oferta de servicios y asistencia técnica en: Diseño de envases, Suministro de envases, Diseño de empaques secundarios, Asistencia técnica en líneas de llenado y proceso de producción, Soporte de Mercadeo. La empresa del Estado Venezolana del Vidrio (Venvidrio) actualmente suministra 85% de la demanda nacional de envases de este material, principalmente para alimentos, bebidas y medicinas, posee la capacidad instalada total de 1.500 toneladas al día.

### **Guardian S.A**

Guardian de Venezuela S.A., es una empresa de capital privado, instalada en la ciudad de Maturín, Estado Monagas, Venezuela desde finales de 1990. Es una empresa productora de vidrio plano flotado, fabricado con la más alta tecnología existente en el mundo y única en su tipo en Venezuela con capacidad de producción de 450 toneladas métricas diarias de vidrio plano flotado.

### **UNVICA**

Unión Vidriera, C. A. "UNVICA", es una Empresa Manufacturera presente en el mercado

nacional desde 1966, dedicada a la fabricación de envases de vidrio neutro: Ampollas, Frascos, Goteros, Dosificadores, Carpules y Tubos Abiertos. Para uso en la industria farmacéutica, cosmética y veterinaria tiene una capacidad instalada de producción: 80.000.000 ampollas, 30.000.000 frascos, 15.000.000 pipetas anuales. Ubicada en Cagua, Estado Aragua.

## **3 3. FUNDAMENTOS LEGALES.**

La norma mexicana de envase de botellas de vidrio para bebidas carbonatadas y no carbonatadas *NMX-EE-025-1985* establece las especificaciones de calidad y métodos de prueba que deben cumplir los envases de vidrio calizo moldeado utilizados para contener bebidas carbonatadas y no carbonatadas.

En la elaboración de la presente Norma, participaron los Organismos siguientes: Artículos Mundet para Embotelladores, S.A, Coca - Cola de México, Comité Consultivo de Normas de la Industria del Vidrio, Compañía Embotelladora Nacional, S.A. "Pepsi - Cola", Derivados de Frutas, S.A., Embotelladora Mexicana, S.A., Extractos y Derivados, S.A, Seven Up. Mexicana, S.A, Vidriera México, S.A. Vidriera los Reyes, S.A.

Los envases objeto de esta Norma de acuerdo a su uso se clasifican en dos tipos y en un solo grado de calidad.

- Tipo I retornable
- Tipo II no retornable

El producto objeto de esta Norma en sus dos tipos y único grado de calidad debe cumplir con las siguientes especificaciones:

**NMX-EE-188** (Diámetro del cuerpo, altura, dimensiones, forma)

La forma dimensiones, diámetro y altura de los envases se deben establecer de común acuerdo entre fabricante y comprador.

**NMX-P-049** (Esfuerzos residuales)

Los esfuerzos residuales máximos permisibles para los envases en sus dos tipos que contienen bebidas carbonatadas como para los que contienen bebidas no carbonatadas son los presentados en la tabla siguiente:

**Tabla 1. Determinación de esfuerzos residuales (NMX-P-049)**

<i>Envases de vidrio bebidas carbonatadas</i>	<i>Envases de vidrio bebidas no carbonatadas</i>
Temple real máximo 4	Temple real máximo 5

- Los esfuerzos residuales se determinan realizando una operación de temple o templado el cual es un tratamiento térmico que

aumenta la resistencia del material poniendo las superficies exteriores en compresión y las superficies internas en tensión.

**NMX-P-051** (Choque Térmico)

Los envases en sus dos tipos deben resistir un choque térmico de caliente a frío, con una variación de temperatura de 42 K como mínimo.

- El choque térmico se refiere a la rotura de algún material al sufrir un cambio drástico de temperatura. En este caso un material sólido (botella de vidrio) no debe quebrarse al someterse a dicho choque.

**NMX-EE-187** (Capacidad)

Los envases en sus dos tipos objeto de esta Norma, deben cumplir con las tolerancias en la capacidad establecidas en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Tolerancia en la capacidad del envase a la línea de llenado (NMX-EE-187)**

- La tolerancia es la cantidad total que se permite variar en la fabricación de una pieza. En la tabla se muestran las tolerancias para cada una de las capacidades.

<i>Capacidad cm<sup>3</sup> (ml)</i>	<i>Tolerancias± cm<sup>3</sup> (ml)</i>
150-224	3,7
225-349	4,5
350 – 449	6,5
450 – 699	8,3
700-899	9,2
900-1399	10,2
1400-1799	12,5
1800-2000	14,8

**NMX-EE-80** (Presión hidrostática Interna)

Los envases que van a contener bebidas carbonatadas, deben resistir como mínimo los valores de presión hidrostática interna que se dan en la siguiente tabla

- La presión hidrostática es la fuerza por unidad de área que ejerce un líquido en reposo sobre las paredes del recipiente que lo contiene y sobre cualquier cuerpo que se encuentre sumergido

**Tabla 3. Presión hidrostática interna para los envases retornables y no retornables que contengan bebidas carbonatadas**

<i>Tipo 1 envase retornable</i>	<i>Presión mínima</i>
De capacidad máxima de 1000 cm <sup>3</sup> un máximo de 5.0 volúmenes de gas CO <sub>2</sub> .	1,55 MPa (15,8 kgf/cm <sup>2</sup> 225 lb/in <sup>2</sup> )
De capacidad mayor de 1000 cm <sup>3</sup> (ml) con un máximo de 4.0 volúmenes de gas CO <sub>2</sub> .	1,37 MPa (14,1 kgf/cm <sup>2</sup> 200 lb/in <sup>2</sup> )
<i>Tipo 2 envase no retornable</i>	<i>Presión mínima</i>
De capacidad máxima de 1000 cm <sup>3</sup> (ml) con un máximo de 5.0 volúmenes de gas CO <sub>2</sub> .	1,37 MPa (14,1 kgf/cm <sup>2</sup> 200 lb/in <sup>2</sup> )
De capacidad mayor de 1000 cm <sup>3</sup> (ml) con un máximo de 4.0 volúmenes de gas CO <sub>2</sub> .	1.21 MPa (12.3 kgf/cm <sup>2</sup> 175 lb/in <sup>2</sup> )

**NMX-EE-188** (Espesor de la pared)

Los envases en sus dos tipos objeto de esta Norma, deben cumplir con los espesores mínimos de pared relacionados al diámetro mayor del cuerpo como se establece en la tabla.

**Tabla 4. Espesor de pared (NMX-EE-188)**

<i>Diámetro mayor del cuerpo</i>	<i>Valores de los espesores de la pared (mm)</i>
<b><i>Tipo 1 envase retornable</i></b>	
0-60.3	1,5
60.4-70.6	1,8
70.7-80.0	1,9
80.2-95.3	2,0
95.4-108.0	2,2
108.4-127.0	2,4
<b><i>Tipo 2 envase no retornable</i></b>	
0-68,3	1,1
68,4-76,2	1,4
76,3-82,6	1,5
82,7-92,1	1,7
92,2-104,8	1,8
104,9-127,0	1,9

- Envase retornable: es aquel que se puede utilizar varias veces
- Envase no retornable: Es aquel que se debe utilizar una sola vez

#### **4. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.**

##### **Materias primas:**

El vidrio es una mezcla de varias sustancias que no tiene composición constante; ya que esta varía según el tipo de vidrio.

- **Vitrificantes:** Son los que proporcionan sus características principales le dan su consistencia y transparencia además son mayoritarios en su composición con aproximadamente 70% de su totalidad.
- **Oxido de silicio**  
Es la sustancia vitrificante más utilizada su fórmula química es (SiO<sub>2</sub>), este es el constituyente principal de la mayoría de los vidrios comerciales se encuentra en la naturaleza bajo la forma de arena o de cuarzo en el lecho de los ríos y en las canteras. La disminución del porcentaje de sílice puede provocar la desvitrificación que se produce por la cristalización, que genera un agrupamiento de cristales en la superficie y se observa una película opaca sobre la misma, en cambio un aumento daría lugar a la fusión incompleta obteniendo un vidrio más duro y difícil de trabajar.
- **Anhídrido bórico:**  
También conocido como óxido de boro es un sólido inodoro, incoloro o blanco, cuya fórmula es química es (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Es un excelente formador de vidrio pero no se emplea salvo casos excepcionales debido a su elevada solubilidad. Es un componente esencial en vidrios termo resistente de alta estabilidad a los



cambios bruscos de temperatura y fibras de vidrio.

- **Fundentes:** Facilita la fusión de la masa silíceo disminuyendo la calidad del vidrio dándole mayor debilidad estructural y bajando la temperatura a la que ésta funde. con una composición aproximada de 15% de su totalidad.

- **Carbonato de sodio:**

Es la sustancia fundente más utilizada cuya fórmula química es ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), llamado también sosa. La mayor parte del carbonato de sodio que se utiliza en la industria vidriera se obtiene mediante el método Solvay que consiste en el tratamiento de cloruro de sodio con bicarbonato de amonio para formar bicarbonato de sodio que posteriormente se somete a una descarbonatación.

- **Sulfato de sodio:**

El sulfato de sodio o sulfato sódico ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) es una sustancia incolora, cristalina con buena solubilidad en el agua y mala solubilidad en la mayoría de los disolventes orgánicos, pequeñas cantidades de este compuesto son usadas para que reaccione con la sílice y prevenga formación de impurezas en la fusión. De igual manera es usado para incrementar la velocidad de fusión de la carga, reduce la cantidad de pequeños sólidos sin fusionar, inhibiendo la cristalización, y reduciendo la viscosidad del vidrio con altos contenidos de sílice.

- **Estabilizante:** Sustancias que aumentan la estabilidad química y

mecánica del vidrio, estas evitan la degradación hidrolítica de la superficie del vidrio ya que impiden que este sea soluble. contiene aproximadamente 10% de su composición.

- **Oxido de calcio:**

Se obtiene como resultado de la calcinación de las rocas calizas o dolomías su fórmula química es ( $\text{CaO}$ ), es el estabilizante más utilizado estructuralmente tiene el carácter de modificador de red. En vidriería común y en particular en la fabricación de botellas se emplea el óxido de calcio o cal en un porcentaje más elevado que en la fabricación de vidrios blancos.

- **Oxido de magnesio:**

El óxido de magnesio, o magnesia, es un compuesto químico mineral sólido higroscópico blanco cuya fórmula química es ( $\text{MgO}$ ). A partir de este compuesto se forman los vidrios magnésicos que son más estables que los de calcio, y basta en ellos una pequeña concentración de óxido de magnesio para obstaculizar la tendencia a la desvitrificación.

## INSUMOS:

En las composiciones de productos vítreos de todo tipo se añaden a los componentes principales (materia prima) antes citados una serie de aditivos como componentes secundarios generalmente en pequeñas proporciones, aproximadamente 5% de su composición.

- **Afinantes:** Se utilizan para homogenizar el producto que contiene numerosas cuerdas y burbujas que se forman en el proceso de fusión, dichas cuerdas son inclusiones vítreas (zonas locales de vidrio que se diferencian por su composición química en forma de largas venas). el compuesto afinante más utilizado es el Sulfato de sodio ( $\text{SO}_4\text{Na}_2$ ) este tiene la ventaja de que solamente se descompone a una temperatura de  $1240^\circ\text{C}$  por lo que la vaporización es muy limitada. Otras sustancias afinantes son:

- Oxido de antimonio( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ )
- Nitrato de potasio( $\text{NO}_3\text{K}$ )
- Nitrato de sodio( $\text{NO}_3\text{Na}$ )
- **Opacificantes:** Permiten dispersar la luz por efecto Tindall por dispersión de pequeños cristales dispersos en la matriz vítrea dando lugar a vidrios opacos.
- **Colorantes:** Son sustancias empleadas para darle coloración al vidrio, o para hacerlo incoloro anulando la tonalidad verde que es natural en él. El color en el vidrio es producido por la acción de los óxidos de los elementos que pertenecen al grupo de transición de la tabla periódica de elementos. La composición que se le agrega suele ser pequeña pero varía con la intensidad de coloración que se quiere obtener.

#### 4.1 Ver anexo C

- **Decolorantes:** Son elementos que se añaden para neutralizar efectos de color producidos por impurezas de las materias primas. La más conocida es la pirolusita o dióxido

de manganeso ( $\text{MnO}_2$ ) conocida desde la antigüedad con el nombre de jabón vidriero por su acción decolorante al reducir los compuestos férricos en ferrosos se puede emplear en dosis media de 250gr/1000kg de arena.

## 5. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL VIDRIO.

### 5.1. Propiedades físicas:

- **Color:** Tonos verdes y pardos
- **Densidad:** 2,49 g/cm<sup>3</sup> a  $25^\circ\text{C}$
- **Índice de refracción:** Es el cambio de dirección que experimenta un rayo de luz cuando pasa de un medio transparente a otro también transparente. Este cambio de dirección está originado por la distinta velocidad de la luz en cada medio. El índice de refracción del vidrio va de 1,52 a  $1,52 \times 10^{-3}$
- **Calor específico:** 0,20 cal/g $^\circ\text{C}$  a  $25^\circ\text{C}$
- **Punto de fusión:** Es la temperatura a la cual se encuentra el equilibrio de fases sólido-líquido, es decir la materia pasa de estado sólido a estado líquido (se funde). El vidrio se caracteriza porque carece de punto de fusión determinado y desde su estado líquido se vuelve cada vez más pastoso a medida que se enfría. Algunos funden a  $500^\circ\text{C}$  otros necesitan  $1.650^\circ\text{C}$  para fundir.

## 5.2. Propiedades químicas:

- **Durabilidad o Resistencia Química:**

La resistencia que ofrece el vidrio al ponerlo en contacto con el agua o con agentes atmosféricos, así como con soluciones acuosas de ácidos, bases y sales, es una propiedad de gran importancia llamada durabilidad química, que lo hace tomar ventaja sobre otro tipo de materiales, como los plásticos, por ejemplo. Los vidrios comunes parecen ser químicamente inertes, pero en realidad reaccionan con muchas sustancias, lo que sucede es que lo hacen lentamente y por eso se pueden utilizar. Cuando se habla de altas resistencia a reactivos químicos se quiere decir que para que las reacciones ocurran tiene que pasar un tiempo muy largo, por lo que prácticamente no reaccionan. El vidrio tiene una resistencia excelente a los ácidos, excepto al fluorhídrico, y a las soluciones alcalinas frías. Por eso es muy útil como envase de reactivos químicos.

- **Expansión termal: 9.10-6 K-**

Encontramos un comportamiento diferente en la expansión del cuerpo bajo efecto de calor, en caso de expansión lineal y expansión volumétrica. Con los cuerpos sólidos, la expansión volumétrica es tres veces la de la expansión lineal. El coeficiente de temperatura de expansión del vidrio flotado se administra de acuerdo a DIN 52328 e ISO 7991.

- **Resistencia a la Corrosión:**

El vidrio tiene como característica muy importante la resistencia a la

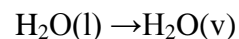
corrosión, en el medio ambiente son muy resistentes y no desisten ante el desgaste, he ahí por lo cual los vidrios son utilizados incluso para los experimentos químicos. Aunque su resistencia a la corrosión es muy buena no quiere decir que sea indestructible ante la corrosión, existen cuatro sustancias que logran esta excepción.

- Ácido Hidrofluorídrico
- Ácido fosfórico de alta concentración
- Concentraciones alcalinas a altas temperaturas
- Agua súper calentada

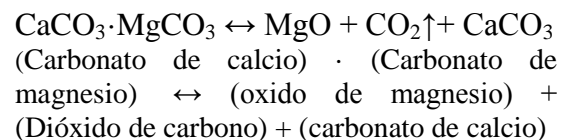
## 6. REACCIONES QUIMICA

A continuación se muestran las principales reacciones que se producen durante la fusión del vidrio.

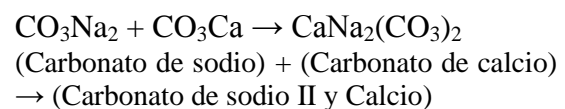
**130 °C:** Eliminación del **agua** de la composición (humedad):



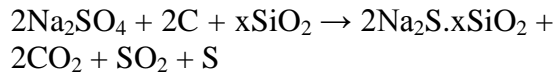
**400 °C:** Comienza la descomposición de la **dolomía**.



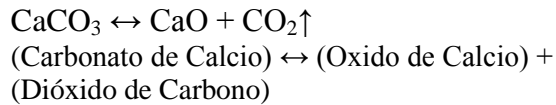
**600 °C:** La **sosa** y la **caliza** se combinan para formar el **carbonato doble de sodio y calcio**, que funde a 813 °C.



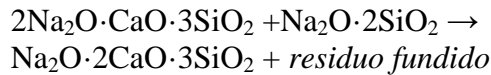
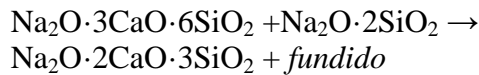
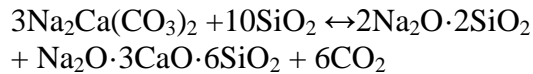
Reducción del **sulfato** por el **carbón**.



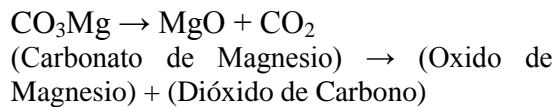
**785 °C:** Descomposición de la **caliza**:



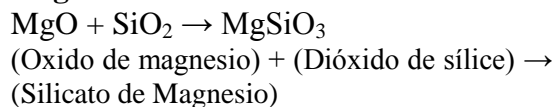
**740-900 °C:**



El **carbonato de magnesio** que proviene de la **dolomía** se descompone:



La **magnesia** se combina con la **sílice** para formar un **silicato de magnesio**:



Se entra, pues, en una segunda fase líquida formada por una mezcla de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{MgSiO}_3$  y  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  que lleva como infundidos **arena y feldespato**.

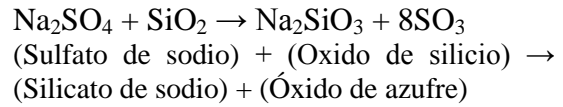
**1045 °C:** Fusión del  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$

**1141 °C:** Fusión del  $2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2$

**1284 °C:** Fusión del  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2$

**1100 °C:** **Comienzo de la fusión del feldespato. Disolución de la sílice en el silicato.**

**1450 °C:** Descomposición del **sulfato** por la **sílice**:



Una vez el **vidrio fundido** se encuentra acondicionado pasaría a la etapa de conformación según el producto terminado previsto, ya sea formar envases o producir láminas de **vidrio plano**, aunque estos procesos escapan del objetivo central del presente artículo.

Al final de toda esta sucesión de reacciones se obtiene el **vidrio**. Pero, ¿cuál es la estructura del vidrio? El vidrio es un material vítreo o amorfo, lo que viene a indicar que no tiene una estructura ordenada como los sólidos cristalinos, acaso un cierto desorden ordenado. El vidrio forma una red aleatoria en el que cada átomo de **silicio** se une a 4 átomos de **oxígeno** y estos a su vez a otros átomos de **silicio**. El grupo individual presenta una ordenación tetraédrica, aunque la agrupación global de estos grupos se hace de manera desordenada. Los átomos de calcio y sodio se encontrarían en los huecos de esta red molecular. Por tanto, cuando llamamos al vidrio *crystal*, estamos incurriendo en una incongruencia. De hecho, durante el proceso de fabricación del vidrio hay un control muy estricto de la temperatura con el fin de evitar procesos de cristalización que menoscabarían las propiedades físicas y mecánicas del vidrio.

## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO QUÍMICO

### 1. Preparación de materias primas.

El vidrio se obtiene a partir de una mezcla de arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), es el principal componente, carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), así la arena se funde a menor temperatura y caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), para que el cristal no se descomponga en el agua y con una adición específica de agua, los componentes previamente pesados, son mezclados totalmente.

### 2. Fundido.

Estos 3 elementos se funden en un horno a temperaturas muy elevadas, aproximadamente a unos  $1.500\text{ }^\circ\text{C}$ , para evaporar las impurezas y mezclar bien todos los componentes hasta formar una masa viscosa (como miel), que es el vidrio. La fusión comprende una serie de transformaciones física y química.

Propiedades físicas

- Se modifica el estado cristalino.
- Desprendimiento de gases.
- Fusión de cada constituyente.
- Volatilización parcial.

Propiedades Químicas

- Evaporación de agua húmeda
- Deshidratación de cada constituyente.
- Disociación de carbonatos, sulfatos y fabricación de colores.
- Asociación de los óxidos liberados (reacción de las distintas especies).

### 3. Formado del vidrio.

El conformado es una operación que permite moldear los vidrios a alta

temperatura, ésta operación se puede realizar por diversos procedimientos. Tales como:

- Por soplado Automático.

El material vítreo (vidrio fundido) entra en un molde hueco cuya superficie interior tiene la forma que queremos darle al vidrio, mejor dicho la forma del objeto final. Una vez cerrado el molde, se inyecta aire comprimido en su interior para que el material se adapte a sus paredes. Tras enfriarse, se abre el molde y se extrae el objeto.

- Por flotación sobre un baño de estaño.

El material fundido se vierte en un depósito que contiene estaño líquido y flota formando una lámina de vidrio uniforme. La importancia radica en que en este procedimiento se obtiene una lámina pulida en ambas caras.

- Por Laminado.

El material fundido se hace pasar por un sistema de rodillos de laminado granados o lisos para dar forma o grosor a la lámina, antes de cortarla. Es prácticamente igual que el método anterior. Esta técnica se usa para fabricar vidrios de seguridad.

### 4. Recocido.

El vidrio se traslada a un horno de recocido en el que, mediante un tratamiento térmico, se eliminan tensiones internas y son enfriados de manera gradual y uniforme, logrando su grado definitivo de resistencia. Corte, un diamante corta el cristal según dimensiones específicas.

## 5. Inspección.

Se realizan unos exhaustivos controles de inspección para garantizar la más alta calidad y los que no cumplen con las especificaciones se vuelven a fundir (reciclado y molienda de scrap).

Reciclado: El vidrio es un material totalmente reciclable y no hay límite en la cantidad de veces que puede ser reprocesado. Al reciclarlo no se pierden las propiedades y se ahorra una cantidad de energía de alrededor del 30% con respecto al vidrio nuevo.

## 6. Empaquetado.

Se empacan de acuerdo a la característica del diseño del vidrio puede ser por un sistema automatizado o manual lo cual va a depender de la planta.

## 7. Almacenado y transporte.

Se guarda en las bodegas de almacenamiento y luego se despachan al cliente.

### 7.1- Ver anexos A

### 7.2- Ver anexo B

## 8. USOS Y APLICACIONES DEL VIDRIO.

### Envases

El vidrio (pese a la competencia de envases más baratos como las latas de aluminio o acero; los bricks de cartón encerado o revestido de aluminio; y las botellas de plástico) es todavía uno de los envases usados preferentemente para la comercialización de la mayoría de las bebidas alcohólicas (entre las

que se pueden incluir de forma masiva el vino y la cerveza, pese a la progresión de otros tipos de contenedores en estos dos casos), multitud de conservas (especialmente mermeladas y hortalizas, que se benefician de la visibilidad del producto a través del vidrio), refrescos de todo tipo y productos de perfumería como las colonias o determinados productos de belleza (a los que envases de vidrio de diseños originales prestan un innegable valor añadido).

De igual manera, la industria farmacéutica utiliza frecuentemente envases de vidrio para muchos de sus preparados líquidos como jarabes o inyectables.

### Óptica

Las aplicaciones de la tecnología óptica del vidrio se centran principalmente en los instrumentos para el tratamiento y captación de imágenes; en aparatos científicos para el estudio de la luz; en comunicaciones digitales; y en la corrección oftalmológica de defectos de la vista humana mediante lentes, Captación de imágenes, Telescopios, Cámaras fotográficas, Fotocopiadoras, Oftalmología, etc.

### Materiales de Laboratorio

Una gran parte de los equipos de los laboratorios químicos y farmacéuticos (tubos de ensayo, vasos de precipitados, matraces, pipetas, condensadores, placas para preparaciones microscópicas...) están realizados con vidrio. En ocasiones se utilizan vidrios especiales, preparados para soportar elevadas

temperaturas o determinadas agresiones químicas.

### **Electrodomésticos**

Los televisores utilizan de forma sistemática pantallas de vidrio para proteger los distintos sistemas de píxeles luminosos mediante los que forman las imágenes. Hornos convencionales, hornos microondas y cocinas vitrocerámicas incluyen en su diseño elementos de vidrio termo resistentes.

### **Iluminación**

Muchos modelos de lámparas en las que se montan los puntos de luz, utilizan elementos de vidrio para dispersar y dar un determinado aspecto decorativo a la luz que proyectan. En este sentido, pueden citarse las enormes lámparas de "araña" formadas por numerosas piezas de vidrio engarzadas, características de los grandes salones de edificios públicos y privados desde la Época Victoriana hasta la Primera Guerra Mundial.

### **Producción de energía**

Los sistemas de producción energética como los paneles fotovoltaicos<sup>22</sup> y las centrales termosolares utilizan masivamente elementos de vidrio en la captación de la energía solar. En el caso de las placas fotovoltaicas, protegen las células de silicio (y eventualmente concentran la luz), y en el caso de las centrales termosolares son el elemento clave de los espejos captadores (y en algunos sistemas, también de los colectores por donde circulan los fluidos con los que se acumula el calor del sol).

### **Teléfonos celulares y dispositivos táctiles**

Se ha generalizado el uso de pantallas luminosas (cada vez de mayor tamaño) en teléfonos celulares y dispositivos táctiles, fabricadas con vidrios especialmente resistentes, como el GorillaGlass.

### **Relojería**

Tradicionalmente, las esferas de los relojes se han protegido con vidrios abombados, adoptándose perfiles planos posteriormente. En el caso de los relojes de pulsera, es un requisito indispensable tanto cuando montan dispositivos de agujas (para evitar que se dañen) como cuando se trata de dispositivos digitales (el vidrio permite mostrar la pantalla hacia el exterior). Los relojes de alta gama suelen montar cristal de zafiro, cuya extraordinaria dureza evita que se rayen fácilmente.

### **Parabrisas**

Un ejemplo claro es la evolución del diseño de los automóviles, que pasó de utilizar vidrios planos en exclusiva, a integrar sofisticados elementos de vidrio curvado en parabrisas y ventanas. Tanto la industria aeroespacial como la automovilística se han beneficiado y a su vez han hecho notables contribuciones al desarrollo de vidrios cada vez más ligeros y resistentes, como el GorillaGlass, <sup>19</sup> utilizado después con profusión en la fabricación de teléfonos celulares.

## **Edificación y arquitectura**

- **Fachadas**

En las fachadas convencionales el vidrio sigue manteniendo su papel preponderante en las ventanas, integrado en distintos tipos de carpinterías (desde las tradicionales de madera, pasando por las de acero, las de aluminio, y llegando a las de PVC), con vidrios sencillos o vidrios dobles separados por una capa confinada de aire.

- **Interiores**

Hoy en día, el vidrio se ha convertido en un elemento primordial en la decoración del hogar. Gracias a su elegancia, transmisión de la luz exterior y su transparencia, el vidrio hace que los espacios se conviertan en amplios y limpios.

Además, al tener distintos colores y texturas, el vidrio se puede utilizar de formas numerosas en infinidad de elementos, tales como:

Lámparas de baño, lámparas divisorias, Espejos, Revestimiento de paredes, Barandillas, Cortinas, Vitrinas, Mesas, Lucernarios, Vidrieras, Aislamiento térmico y acústico

### **Cocina y menaje**

Tipo de copas, así como jarras y los recipientes de la mayoría de los líquidos, suelen ser de vidrio, existiendo así mismo vajillas en las que los platos también son de este material, sustituyendo a la cerámica.

### **Decoración y bisutería**

Vidrios de colores de especial calidad son frecuentemente utilizados en bisutería, sustituyendo a gemas naturales de

mucho mayor precio. Un ejemplo es el vidrio de Swarovski, que se utiliza para producir una amplia gama de productos decorativos, así como complementos de moda ligados a la bisutería.

## **9. IMPACTO AMBIENTAL**

### **Aire**

En una fábrica de vidrio se generan gases residuales durante la fundición como consecuencia de la quema de los combustibles utilizados. Los gases de humo contienen, además de los residuos de la combustión, como dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), también componentes de la mezcla, como sustancias alcalinas (Na, K), cloruros (-Cl), fluoruros (-F) y sulfatos (-SO<sub>4</sub>).

### **Polvo**

Un aspecto problemático de la industria del vidrio es la emisión de polvo de los hornos de fundición generada por las elevadas temperaturas y la evaporación de partes de la mezcla, las cuales se convierten por sublimación en finísimas partículas de polvo.

### **Ruido**

La contaminación acústica en la industria del vidrio es importante, especialmente en las fases de fundición, moldeado y enfriamiento, así como en las zonas de los compresores, mientras que en los sectores de extracción, preparación, empaquetamiento y transformación ulterior apenas se presentan molestias por ruidos.

### **Agua**

El consumo de agua por tonelada de vidrio producida varía fuertemente. Con objeto de tener que añadir sólo pequeñas cantidades suplementarias de agua limpia deberían instalarse sistemas de circuitos cerrados.



## Suelos

No es de esperar que se produzca contaminación del suelo, con los consiguientes daños para la flora y la fauna, en los alrededores de las fábricas modernas de vidrio que respeten las normas ambientales existentes relativas a los gases residuales y al polvo, equipadas con las instalaciones necesarias de depuración, y que dispongan de un circuito interno de aguas residuales adecuado, así como del correspondiente separador de agua.

## **10. CONCLUSIONES**

\*El vidrio es un material sano y puro. Por ello, constituye un envase ideal para los productos alimenticios que pueden ser conservados durante largos periodos de tiempo sin alteración de su gusto ni de sus aromas.

\*El vidrio ofrece también múltiples posibilidades de formas, colores y puede decorarse por medio de varias técnicas. La botella o el tarro pueden por lo tanto ser personalizados en función de su contenido.

\*Las aplicaciones típicas son recipientes, ventanas, lentes y fibra de vidrio.

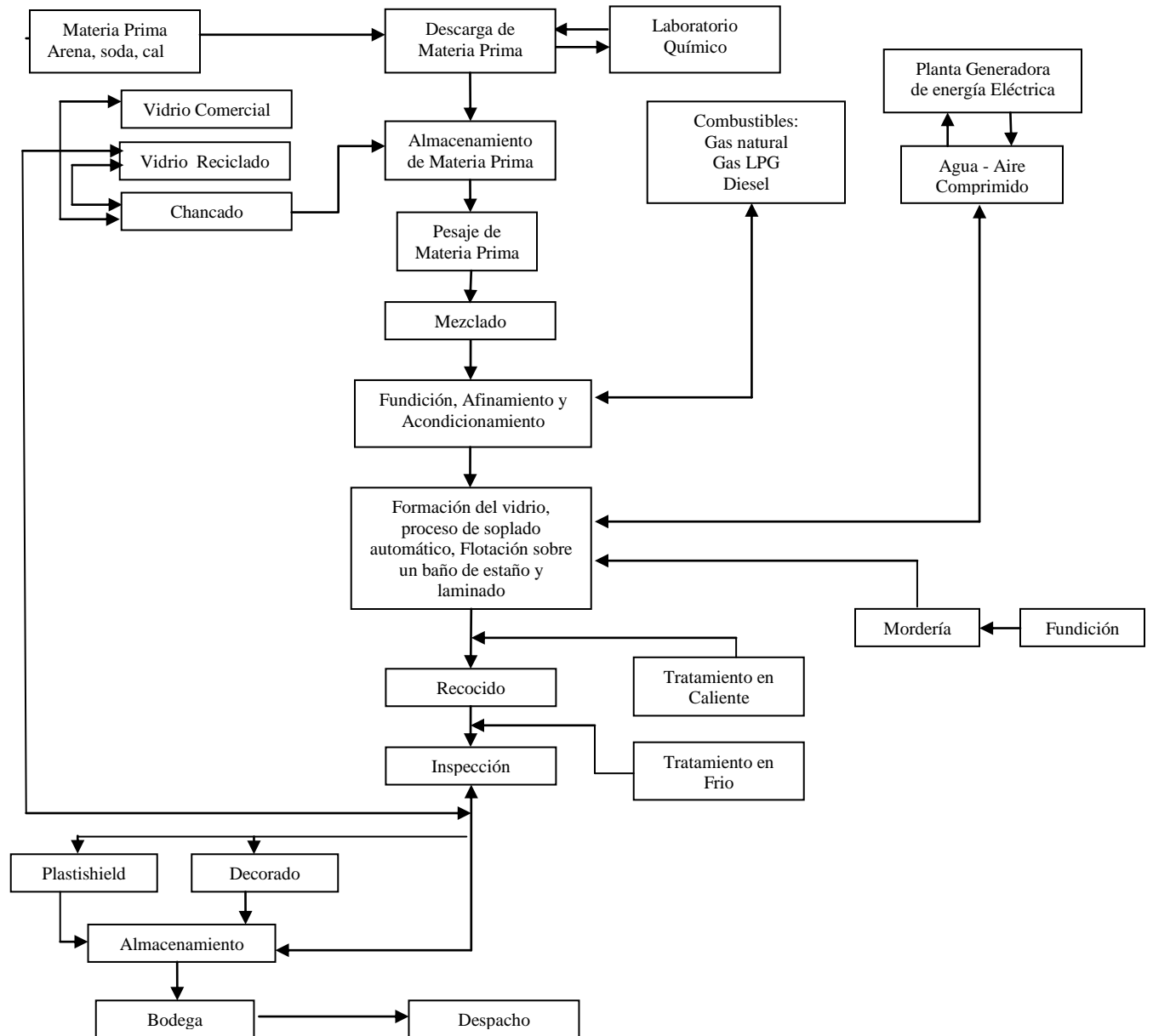
\*El vidrio se obtiene a partir de vitrificantes como la arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), fundentes como el carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y estabilizantes como el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ )

## **11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- **NMX-EE-025-1985(1985)**  
Norma mexicana de envases de vidrio para contener bebidas carbonatadas y no carbonatadas  
<http://www.colpos.mx/bancodonor/mas/nmexicanas/NMX-EE-025-1985.PDF>
- **Fabricación de vidrio materias primas**  
<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/VIDRIO.Tema10.MateriasPRIMAS.2009.2010.pdf>  
[http://www.sinia.cl/1292/articles-26226\\_pdf\\_vidrio.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-26226_pdf_vidrio.pdf)
- **Impacto medio ambiental del vidrio (27 de marzo 2016)**  
<http://www.ecologiablog.com/post/11083/impacto-medioambiental-del-vidrio>
- **Síntesis, estructura y propiedades de vidrios**  
Autores: **Francisco Muñoz Fraile**  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=35481>
- **Proceso fabricación del vidrio(30jun/2016)**  
<http://www.areatecnologia.com/videos/COMO%20SE%20HACEN%20LAS%20BOTELLAS%20DE%20VIDRIO.htm>

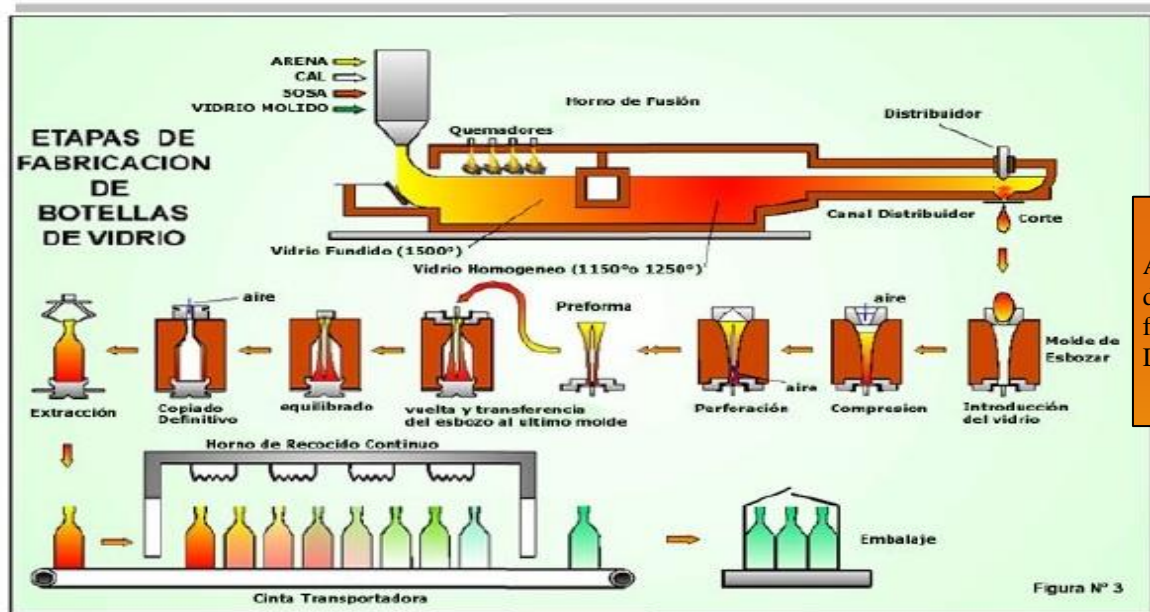
## ANEXOS:

### A.- DIAGRAMA DE BLOQUES

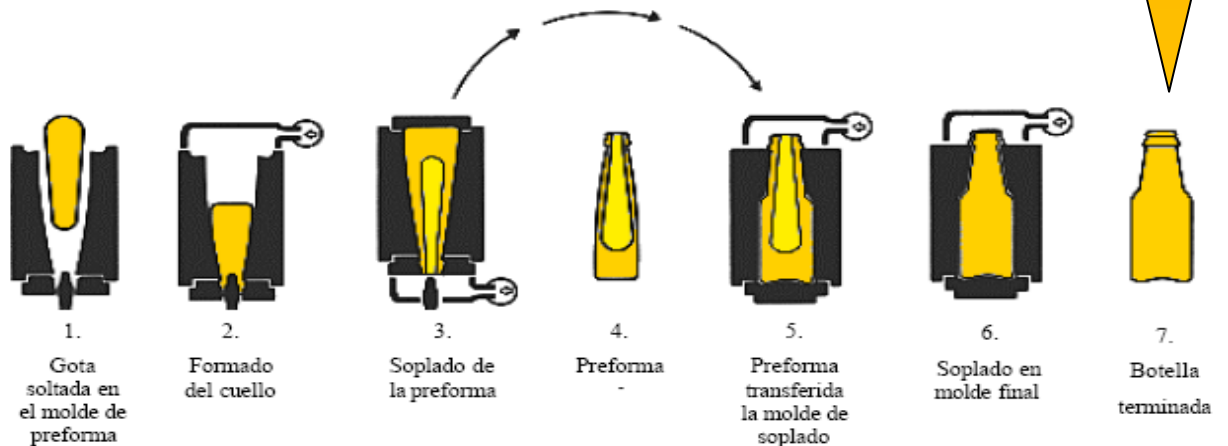


## B. DIAGRAMA DE EQUIPOS

### ETAPAS DE FABRICACION DE BOTELLAS DE VIDRIO



Ampliación del proceso de formado De botellas



**C-Elementos utilizados en la coloración del vidrio:** Normas British Standard (B.S.)

<b>Compuesto Químico</b>	<b>Coloración</b>
Óxidos de Hierro	Verde
Óxidos de Cromo	Verde, café, azul
Sulfito de fierro	Amarillo a café-rojo
Óxidos de Níquel	Gris a verde
Óxidos de Manganeso	Violeta
Óxidos de Cobalto	Azul a violeta
Óxidos de Cobre	Azul Turquesa Rojo – Azul a verde
Selenio	Naranja a rojo
Sulfito de Cadmio	Amarillo
Oro	Rubí a rojo
Plata / Óxido de Uranio	Amarillo
Óxidos de Manganeso / Sodio – Selenio + Óxido de Cobalto	Incoloro