



LA FABRICACION DE ENVASES DE VIDRIO

ING. MANUEL NIETO VÉLEZ

El vidrio tiene tres importantes propiedades que lo han hecho indispensable en la civilización moderna: su dureza, su transparencia y su resistencia química.

Este artículo trata de una de las aplicaciones más importantes del vidrio: los envases. Se dan las razones de su preferencia; se señalan los tipos clásicos de envases de vidrio de acuerdo a sus formas, colores y usos. Se especifican las materias primas, el proceso de fabricación y los hornos para la fusión del vidrio.

GENERALIDADES

El vidrio es una solución sólida, amorfa, de altos polímeros inorgánicos, compuesta esencialmente de óxidos no volátiles producidos por la descomposición y fusión de sílice, caliza y car-

bonato de sodio. La definición tentativa dada por la A.S.T.M. es la siguiente:

"Se trata de un producto inorgánico de fusión que se ha enfriado sin cristalización a una condición rígida".

Es un material duro y quebradizo, que produce una fractura concooidal, que puede ser incoloro o coloreado transparente u opaco según las sustancias en dispersión coloidal o iones en solución.

Los envases de vidrio son preferidos por las siguientes razones:

- 1.- El vidrio es un material químicamente inerte e impermeable a los gases, lo cual hace que su contenido tenga gran estabilidad en almacenajes por períodos largos.
- 2.- El vidrio es transparente, por lo que su contenido es visible, dándole así mejor presentación.
- 3.- Los envases de vidrio presentan altas resistencias a los esfuerzos mecánicos.
- 4.- Los envases de vidrio pueden vol-

verse a usar utilizando tapas o sellos adecuados.

- 5.- Los envases de vidrio pueden ser fabricados en una gran variedad de formas y tamaños.
- 6.- Si sus fondos son bien diseñados, los envases presentan gran estabilidad al ser transportados a alta velocidad en las líneas de embotellamiento.
- 7.- Pueden ser llenados al vacío o por gravedad de un modo rápido.
- 8.- Pueden llenarse con líquidos a gran variedad de temperaturas, e incluso permitir la pasteurización de su contenido.

CLASIFICACION DE LOS ENVASES DE VIDRIO

Los tipos clásicos de envases de vidrio de acuerdo a su forma son :

- a.- Botellas y pomos de una capacidad de 15 cc. hasta 1 litro.
- b.- Potes de conserva.
- c.- Vasos de jalea o mermelada.
- d.- Porrones y galoneras.
- e.- Ampolletas de inyectables.
- f.- Frascos viales.
- g.- Damajuanas.

Los colores usados en los envases comerciales de vidrio son: blanco, ambar, verde gorgia y verde esmeralda.

De acuerdo a sus usos, los envases de vidrio se destinan a:

- a.- Productos alimenticios.
- b.- Bebidas gaseosas y cerveza.
- c.- Vinos y licores.
- d.- Farmacéuticos y cosméticos.

e.- Productos químicos industriales y domésticos.

Las partes más importantes de un envase de vidrio son:

- 1.- Corona.- Está normalizada por el "Glass Containers Manufactures Institute" (Ver figura 1), y los principales tipos son:
 - Para cervezas y gaseosas se usa la corona G.C.M.I. Nº 26-600.
 - Para vinos y licores se puede usar tanto la tapa corcho G.C.M.I. Nº. 30-3100, como las tapas de seguridad (Pilfer-Proof) G.C.M.I. Nº. 28-1624 y 31 1/2 - 1624.
 - Para la leche se usa la corona 38 mm. -Multicap G.C.M.I. 18-400, 24-400, 43-500 y 52-400. Son coronas para tapa roscada.
- 2.- Cuello.- Cilíndrico, cónico y esferoidal entre los principales.
- 3.- Hombro.- Recto, redondeado y de curvado suave.
- 4.- Cuerpo.- Cilíndrico, cónico, rectangular o cuadrado y bolsillero.
- 5.- Fondo.- Plano y embutido.

La variación de la composición usada en el vidrio para envases no farmacéuticos es muy limitada. Es interesante aclarar el porqué de esta verdad. Aún los vidrios más antiguos, que datan del año 1 500 antes de Cristo tienen la misma composición que la mayoría de los usados en la actualidad. Esta similitud es más que coincidencia y se debe a las siguientes razones:

- a.- Las materias primas deben ser lo más baratas posible.

DIMENSIONES STANDARD DEL PLANO DEL JARRO CILINDRICO

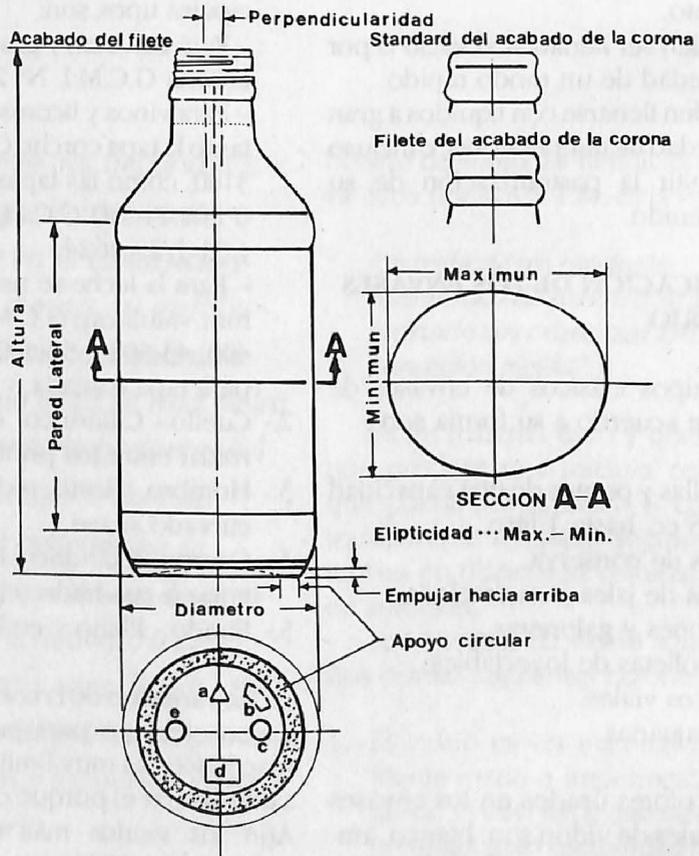


FIG. NRO.1

- b.- El vidrio debe fundirse y hacerse fluido a una temperatura razonable.
- c.- El vidrio debe ser suficientemente viscoso a su temperatura de trabajo, sin que por ello se produzcan cristales en su masa, lo cual se denomina "devitrificación".
- d.- Debe ser químicamente estable, tanto al agua como a los agentes atmosféricos (Weathearing).
- e.- Debe tener las propiedades que requiere su uso.

La composición típica del vidrio para envases comerciales en su variedad incolora o transparente, corresponde al tipo sódico-cálcico y para usar en ali-mentadores de gota es la siguiente:

- SiO ₂	72,71 %
- Al ₂ O ₃	2,00 %
- Fe ₂ O ₃	0,06 %
- CaO	10,40 %
- Na ₂ O	13,60 %
- K ₂ O	0,30 %
- F ₂	0,30 %

MATERIAS PRIMAS

a.- Sílice -

SiO₂ : Es el mayor ingrediente en la fórmula del vidrio. Existen yacimientos de arenisca de bajo contenido de hierro en la zona de Llocllpampa (Jauja). Normalmente su granulometría debe estar comprendida entre las mallas Tyler N^o.40-100. El contenido de Alúmina rara vez excede de 2,5%, y del Fe₂O₃ de 0,07%.

b.- Caliza -

CaCO₃ : Es el ingrediente más usado en la fórmula para introducir el óxido de Calcio y no debe contener más de 0,1% de Fe₂O₃. Las canteras más explotadas en el departamento de Lima son las de San Mateo (Km 100 Carretera Central). Su granulometría puede estar comprendida entre las mallas Tyler N^o. 16 y 60. El uso de la Cal como ingrediente en la mezcla no esta muy aceptado por demorar la reacción con la Sílice, a pesar de tener la ventaja de ocupar menor volumen en los silos.

c.- Carbonato de Sodio -

Na₂CO₃ : Es el material que provee el óxido alcalino, siendo un producto de la industria química. Se prefiere el tipo denso granular para evitar los finos que pudieran ser arrastrados a los regeneradores del horno y es necesario controlar su grado de humedad para hacer las correcciones de peso correspondientes.

d.- Hidróxido de Aluminio -

Al₂O₃.3H₂O : Aunque el modo convencional de introducir la Alúmina en el vidrio, es empleando feldespatos o sienitas nefelinas, en el Perú, debido a la escasez de estas materias primas con un tenor de alcalí superior al 8%, nos ha obligado a importar este compuesto que tiene 65% de Al₂O₃.

e.- Sulfato de Sodio -

Na₂SO₄ : Este compuesto se usa como agente de refinación, puesto que produce burbujas grandes, que al ascender arrastran a las pequeñas y revientan rápido por que este mismo material

deja en la superficie del vidrio una película de muy baja viscosidad que ayuda a la fusión de la nata de granos de Sílice que pudieran permanecer infusible.

f.- Nitrato de Sodio -

NaNO_3 : Se usa para acelerar la fusión de la mezcla y como agente de oxidación de los iones ferrosos que pudieran tener las materias primas.

g.- Boronatrocalcita -

$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$: Con su contenido de 37% de B_2O_3 , este mineral nacional trata de sustituir los Boratos importados, su principal función es disminuir el coeficiente de dilatación y bajar la viscosidad del vidrio fundido, permitiendo mejor refinación. También le da brillo y durabilidad al vidrio.

h.- Vidrio roto (cullet) : Este material incrementa la capacidad de fusión de un horno, sin bajar apreciablemente las propiedades mecánicas del vidrio hasta un porcentaje del 60%. El tamaño ideal del vidrio roto es 3/4".

Otras materias primas, tales como Dolomita, Trióxido Arsenioso, Selenio, Óxido de Cobalto, Pirita de Hierro, Carbón, Cromita de Hierro, entre otras, se usan cuando se quieren obtener propiedades especiales como colorantes o decolorantes para fines deseables.

Existen dos sistemas para calentar el aire de combustión: el recuperativo y el regenerativo.

El más usado es el regenerativo, por

alcanzar el aire una mayor temperatura de entrada; sin embargo, existe la tendencia a usar hornos pequeños.

En el sistema regenerativo, el horno para aprovechar el calor de los gases de combustión opera en dos ciclos: se usan dos regeneradores llenos de ladrillos refractarios en arreglo "Pigeon-Hole" o "Basket-Weave".

En el primer ciclo de 20 minutos el aire de combustión entra por uno de los regeneradores y los gases del horno salen por el otro, calentando la cocada de ladrillo. Con una válvula especial hecha de hierro fundido, se invierte la corriente de los "flues", y en el ciclo siguiente, el aire entrará a través del regenerador que acaba de ser calentado. Como en todo horno, esta válvula de inversión desemboca a un "flue" principal, donde una compuerta levadiza gradúa el tiraje de la chimenea.

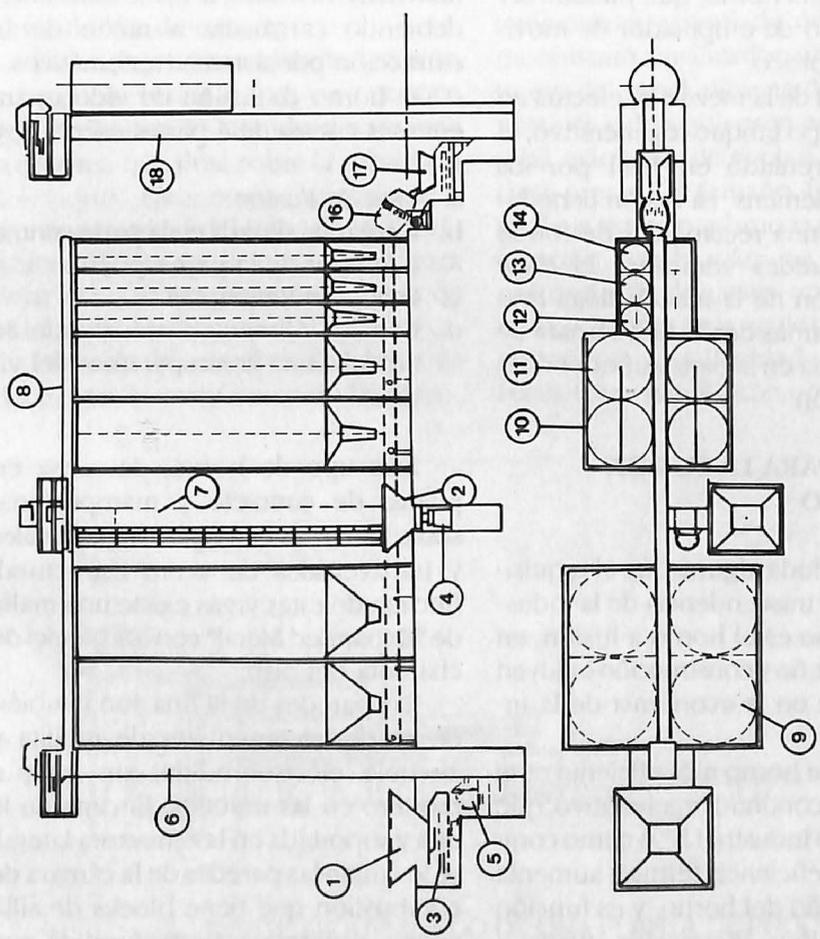
En los extremos de los canales alimentadores están los dosificadores o mecanismos de goteo que producen gotas de vidrio de forma y peso apropiado que caen a los moldes de las máquinas de soplado.

PROCESO DE FABRICACION DEL VIDRIO

La mayor parte de las materias primas a granel llegan en camiones a la fábrica, y se descargan en una tolva especial que la lleva a los compartimientos del silo mediante un sistema transportador de fajas y elevador de cangilones (Fig. No.2)

La preparación de la mezcla de las materias primas se efectúan en lotes, de acuerdo a una fórmula establecida

Nº	Cant.	DENOMINACION
1	1	Tolva Vidrio Roto
2	1	Tolva Materia Prima
3	1	Mandil Alimentador
4	1	Alimentador de Correa
5	1	Trituradora
6	1	Elevador Vidrio Roto
7	1	Elevador Mat. Prima
8	2	Correa Transportadora
9	4	Silo Vidrio Roto
10	2	Silo Arena Silicea
11	2	Silo Carbonato de So.
12	2	Silo Carbonato Calcio
13	2	Silo Feldespato
14	2	Silo Dolomita
15		Viga de Acero
16	1	Mezcladora
17	1	Tolva de Mezcla
18	1	Elevador de mezcla



SILOS Vista Elevación y Planta

y el pesaje se efectúa en balanzas de capacidad variable.

Cada lote contiene una cierta cantidad de vidrio roto que deberá mezclarse con las materias primas hasta obtener un conjunto suficientemente homogéneo. La mezcla se traslada a otros compartimientos que descargan mediante chutes o fajas que transportan la mezcla de los hornos a las tolvas. De las tolvas, la mezcla cae por gravedad a los cargadores del horno, que pueden ser de cuchara o de empujador de movimiento recíproco.

La fusión de la mezcla se efectúa en hornos de tipo tanque regenerativo, el que fue inventado en 1861 por los hermanos Siemens. La fusión tiene lugar en una tina rectangular de fondo plano y paredes verticales. El calor para la fusión de la mezcla llega irradiado por flamas desde una cámara de fusión situada en la parte superior de la tina de fusión.

HORNOS PARA LA FUSION DEL VIDRIO

No hay duda alguna que el requisito de mayor trascendencia de la industria del vidrio es el horno a fusión, en el cual su diseño y construcción influyen fuertemente en la economía de la industria.

El tipo de horno más eficiente es el tipo tanque continuo regenerativo, que usa petróleo industrial N°.6 como combustible. La eficiencia térmica aumenta con el tamaño del horno, y es función de la relación: "Extracción diaria a Capacidad".

La actividad continua de los hornos

exige muy alta calidad en los materiales refractarios, ya que la tendencia actual de la industria es que la campaña de éstos dure el mayor tiempo posible. El diseño de los pórticos y regeneradores permite usar quemadores de alta presión y es necesario trabajar con llamas muy bien reguladas, con la finalidad de tener una extracción de vidrio lo más cercana posible al máximo permisible. El horno tanque continuo requiere mantener el vidrio a nivel constante, debiendo cargársela a razón de la extracción por sistemas automáticos.

El horno de fusión de vidrio para envases consta de 4 partes esenciales:

- a.- Tina de Fusión.
- b.- Garganta, situada en la parte central e inferior de la pared puente.
- c.- Lecho de Refinación.
- d.- Canales Alimentadores, donde se acondiciona la temperatura del vidrio.

Este tipo de horno, descansa en pilares de concreto y mampostería, sobre los cuales hay vigas longitudinales y transversales de acero estructural. Encima de estas vigas existe una malla de "Expanded Metal" con los blocks de chamota del piso.

Las paredes de la tina son también de blocks rectangulares de mullita y zirconia electrofundida, sin ningún mortero en las uniones. Encima de la tina y soportada en la estructura lateral, se levantan las paredes de la cámara de combustión que tiene blocks de sillimanita o alúmina electrofundida con una bóveda hecha de ladrillos de sílice.

La parte superior de los blocks de la

tina de fusión se refrigera con aire de baja presión proveniente de ventiladores. La carga del horno se efectúa por unas salientes conocidas con el nombre de "Casas de Perro" (doghouse), donde se colocan los aparatos cargadores de mezcla.

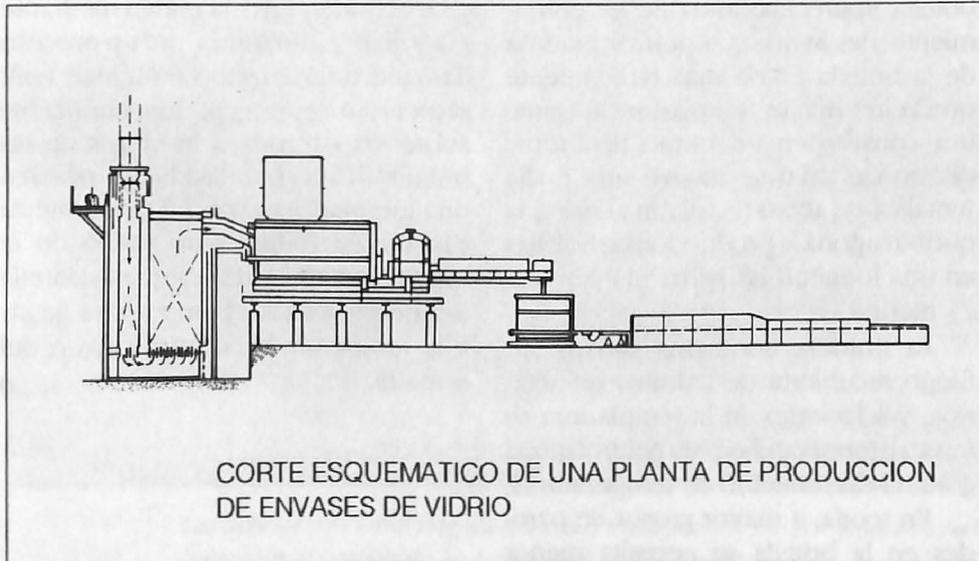
Como el vidrio fundido tiene una densidad de 150 libras por pie cúbico y las tinas no pasan de 48" de profundidad, el área de fusión está calculada sobre la base de 5 pies cuadrados por tonelada/día de extracción.

En teoría para completarse la fusión se requiere varias etapas y se conoce que ha finalizado cuando desaparece la espuma que flota sobre la superficie del vidrio. Esto ocurre aproximadamente a la mitad del largo de la tina de fusión, sirviendo la otra mitad para dejar escapar los gases de la masa de vidrio fundido.

Pasando la garganta, el vidrio ya debe estar homogéneo y sin burbujas,

ya que el refinador sólo sirve de cámara de distribución a los diferentes canales alimentadores que llevan el vidrio a las máquinas de soplado. La función de los canales alimentadores es la de acondicionar la temperatura del vidrio para que éste adquiera una viscosidad apropiada para ser moldeado y la de mantener constante esta temperatura para que la gota siempre tenga el mismo peso, una vez regulado.

Como el vidrio fundido, ya en su temperatura apropiada de trabajo, el mecanismo dosificador situado al extremo del canal alimentador, produce gotas de vidrio que caen por gravedad a las máquinas de soplado en un instante preciso. El tamaño, firmeza y peso de la gota, lo mismo que su sincronización con la máquina, se regulan con una serie de ajustes en la altura del tubo, la carrera de la aguja o el diámetro del orificio. La velocidad y el corte de las tijeras se gradúa con un mecanismo



de levas de diferentes perfiles.

El moldeado del vidrio, en la actualidad se hace en las máquinas automáticas de secciones individuales Hartfrd I.S. de 6 a 10 secciones del tipo "Blow and Blow" o "Press and Blow".

Las dos primeras son máquinas de soplado que trabajan cumpliendo sus etapas con dos tipos de moldes: el primero llamado molde de capacidad o parisón (Blank mold) trata de formar primero una cavidad inicial y la corona de la botella; el segundo llamado molde de forma (Blow mold) tiene la misma forma de la botella y sobre el interior de ésta se efectúa el soplado final con aire comprimido de 40 libras por pulgada cuadrada manométricas. La botella, una vez formada, se deposita por un mecanismo "take-out" sobre un transportador de malla que la lleva hacia el aparato cargador de la templadora de recocido.

El templado tiene por objeto disminuir las tensiones internas de la botella aparecidas durante su enfriamiento, desde que la superficie externa de la botella enfría más rápidamente que la interna. La templadora automática consiste en un horno tipo túnel dentro del cual se mueve una malla metálica de acero resistente al calor, la que transporta la producción de botellas en una longitud de aproximadamente 25 metros.

La entrada tiene una cámara de fuego recubierta de ladrillos refractarios, y a lo largo de la templadora se instalan termocuplas para controlar una gradual disminución de temperaturas.

En teoría, a mayor grosor de paredes en la botella se necesita menor

velocidad de malla para obtener un buen grado de templado. A la salida de la templadora personal especializado efectúa la selección de los artículos.

Los principales defectos de fabricación son los siguientes: Corona rajada, cuello rajado, corona chupada, fondos disperejos, entre otros.

También pueden salir como defectos de fusión, burbujas, piedras, cuerdas o materias extrañas que es necesario eliminar prontamente. Es necesario chequear con un polariscopio el grado de templado de las botellas que siempre son muestreadas y enviadas a la sección de control de calidad donde se prueban en una serie de ensayos para que el producto pueda ser envasado en cajas de cartón que se envían en camiones a los clientes.

Existe una proporción de botellas generalmente para envases de bebidas gaseosas que deben ser etiquetadas con colores vitrificables, y por lo tanto deberán pasar al Departamento de Decorado. En esta planta mediante máquinas automáticas, por un proceso llamado de "estarcido en malla" (silk screen), se deposita pintura vitrificable sobre los cuerpos u hombros de las botellas. Estas botellas luego pasan a una templadora especial que tiene su cámara de fuego a un tercio de la longitud, esto se debe a que la botella requiere un cierto tiempo para llegar a la temperatura de vitrificación del esmalte. ●