

6
1 ej.
**TESIS CON
FALLAS DE ORIGEN**



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

**EMPLEO DE PEDACERIA DE VIDRIO FORANEO COMO UNA
MATERIA PRIMA EN LA MANUFACTURA DE VIDRIO-SODA-
CAL, PARA ENVASES.**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

Q U I M I C O

p r e s e n t a :

JOSE DANIEL ROJAS SALINAS

Director de Tesis: Q.F.I. Gilda Flores Rosales

Cuautitlán Izcalli, Estado de México

1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

CONTENIDO	PAG.
Introducción	1
Definición de Vidrio.....	3
Fundamentos Eléctronicos del Estado Vítreo	6
Diferencia entre Cristales y Vidrios	7
Historia del Vidrio	12
Tipos de Vidrio	13
Principales Materias Primas	13
Componentes del Vidrio	13
Desechos	13
Descripción del Proceso de Fabricación del Vidrio	20
Descripción del Proceso de Elaboración del Envase	32

CONTENIDO

PAG.

Sistema de Captación y/o Recolección del Vidrio.....	43
Descripción de la Recepción Clasificación y Almacenamiento	46
Descripción del Proceso de Lavado, Manejo, Almacenamiento y Uso	49
Presentación de las Fórmulas a Distintos Porcentajes	56
Pruebas Realizadas al Vidrio como Producto	60
Pruebas Realizadas al Envase como Producto	60
Resultados	76
Conclusiones	99
Bibliografía	100

O B J E T I V O

Implementar un proceso para usar desperdicio de pedacería de vidrio, con la finalidad de reducir los costos de las fórmulas de vidrio soda-cal, - sin variar las propiedades físicas y químicas - del producto, creando fuentes de empleo y disminuyendo la contaminación ambiental.

II.- INTRODUCCION

Socioeconómicamente, la pedacería de vidrio es un producto de desecho y es considerado como un agente contaminante del medio ambiente. En estudios realizados se ha encontrado que del total de la basura, el 9 % corresponde al vidrio. Socialmente, el uso de este material reduce parcialmente la contaminación ambiental, siendo sus principales fuentes de origen: tiraderos de basura, depósitos de desechos industriales y compañías embotelladoras. Económicamente, genera -- fuentes de empleo en su recolección, captación, manejo y procesamiento.

En la industria del vidrio, a la pedacería de vidrio se le conoce como "cullet comprado". Por ser un tipo de industria que involucra una gran cantidad de pasos para la elaboración de su producto, genera una serie de costos en; materiales, maquinaria, mano de obra y métodos existiendo la necesidad de plantear una reducción de costos en la elaboración de su producto y una manera de abaratar el proceso es; el empleo de desperdicio de vidrio.

Desde el punto de vista técnico, representa un reto su empleo por la cantidad de impurezas que contiene, tales como tierra, madera, plástico, papel, metal magnético, piedra, - cartón y además clasificarlo por composición y color.

III.- GENERALIDADES

- A.- Definición de Vidrio, Fundamentos Eléctricos del Estado Vítreo y Diferencia entre Vidrios y Cristales.**
- B.- Historia del Vidrio.**
- C.- Tipos de Vidrio, Principales Materias Primas y Componentes del Vidrio.**
- D.- Desechos.**
- E.- Descripción del Proceso de Fabricación del Vidrio.**

A.- DEFINICION DE VIDRIO .

Tradicionalmente ha sido costumbre aplicar el término "vidrio" a los productos inorgánicos de fusión; con mayor énfasis a aquellos materiales duros, transparentes o coloreados, frágiles y brillantes con una relativa alta temperatura de ablandamiento, sustancialmente insoluble en agua y disolventes orgánicos, formados por la combinación de sílice con soda o potasa y cantidades variables de otras bases (8).

Desde un punto de vista técnico, la "American Society for testing Materials" ha caracterizado al vidrio como "un -- producto inorgánico de fusión, que se ha enfriado a una condición rígida sin cristalización.

Morey, define un vidrio como; una sustancia inorgánica en una condición que es análoga al estado líquido y presenta continuidad con él; pero que como resultado de un cambio reversible en la viscosidad durante el enfriamiento, ha alcanzado un grado tan alto de viscosidad, que parece para todos los propósitos prácticos, rígido. (6).

Y por último en forma estrictamente científica, el vidrio se define como; una condición desordenada, no cristalina y bastante rígida de la materia.

Las definiciones anteriores hacen pensar que el vidrio es por naturaleza un producto exclusivamente inorgánico, sin embargo existen vidrios que después de su formación son rígidos, frágiles y no están cristalizados, pero no son combinaciones oxídicas de silicio, sodio, boro y potasio.

K.H. Sun ha dado la siguiente clasificación de las sustancias vítreas. (10).

- 1.- Vidrios exclusivamente inorgánicos.
- 2.- Plásticos exclusivamente orgánicos.
- 3.- Sustancias intermedias, por ejem: siliconas, sustancias organometálicas.

Los vidrios inorgánicos se pueden, a su vez, clasificar en:

- 1.- Elementos vítreos.
- 2.- Vidrios de óxidos.
- 3.- Vidrios de halógenuros.
- 4.- Vidrios de sulfuros.
- 5.- Varios.

1.- Elementos Vítreos. Entre estos se encuentra en primer lugar el oxígeno, ya que a bajas temperaturas se hace viscoso y por enfriamiento rápido, quebradizo. También pertenece a este grupo el azufre enfriado desde 250°C, quebradizo a bajas temperaturas y se puede estirar en hilos. En el vidrio, el S_8 del azufre rómbico se han abierto formando cadenas largas que son la causa del estado vítreo. El selenio forma, como el azufre, un vidrio quebradizo que consiste en largas cadenas de Se y origina vidrios con el fósforo y el azufre. También el telurio puede solidificarse en estado vítreo. Todos estos elementos pertenecen al Grupo VI del sistema periódico.

2.- Vidrios de Óxidos.

- a) Con uniones de hidrógeno los ácidos fosfóricos

HPO_3 y HPO_4 , se solidifican en estado vítreo, en estos casos, los puentes de hidrógeno son, sin duda, los responsables de este comportamiento.

b) Óxidos Vítreos: B_2O_3 , SiO_2 , GeO_2 , ZrO_2 , In_2O_3 , P_2O_3 , Ti_2O_3 , P_2O_5 , As_2O_3 , Sb_2O_3 , Bi_2O_3 , Sh_2O_5 , V_2O_5 , SO_3 . Todos estos óxidos forman igualmente vidrio con los óxidos - metálicos, dentro de ciertos límites de composición. Los compuestos Ti_2SO_4 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, KHSO_4 y los alumbres solidifican asimismo en estado vítreo. En los últimos se - forman probablemente puentes de hidrógeno. Bajo presión se obtiene $\text{K}_2\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ vítreo; por enfriamiento rápido a partir de masas fundidas se obtienen vidrios de NaNO_3 , KNO_3 , AgNO_3 y $\text{KNO}_3 - \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

3.- Vidrios de Halogenuros. En este caso, las fuerzas de unión son más débiles y por tanto, los vidrios más blandos. Entre los fluoruros, el BeF_2 es el único formador genuino de vidrio. En los vidrios opacificados existen probablemente en forma de vidrio pequeñas cantidades de F en combinación con cationes. El polímero $(\text{PNF}_2)_n$ tiene un aspecto gomoso en estado vítreo. También el AlF_3 y el MgF_2 pueden presentarse en forma vítrea. Entre los halogenuros de los otros halógenos se conocen en forma vítrea los siguientes: AgCl , AgBr , AgI y finalmente, PbCl_2 , SnCl_2 y PbBr_2 .

4.- Vidrios de Sulfuros. El CS_2 a presión reducida se - congela en forma vítrea. Según investigaciones recientes, -- son vítreos el B_2S_3 , SnS , Ga_2S_3 , In_2S_3 , N_2S_5 , Ti_2S_3 , P_2S_5 , - As_2S_3 , Bi_2S_3 y GeS_2 . También se congelan en estado vítreo casi todos los seleniuros y telururos de los elementos citados anteriormente. (10).

FUNDAMENTOS ELECTRONICOS DEL ESTADO VITREO

Los elementos formadores de vidrio tienen la siguiente estructura electrónica:

Grupo VI	(O, S, Se, Te)	$s^2 p^4$
Grupo V	(N, P, As, Sb, Bi)	$s^2 p^3$
Grupo IV	(C, Si, Ge, Sn, Pb)	$s^2 p^2$
Grupo III	(V, Al, Ga, In, Tl)	$s^2 p^2$

Según A. Winter, los elementos del Grupo VI, con 4 --- electrones p cada uno, son los únicos que solidifican en - forma de vidrio, también sus mezclas o combinaciones se soli fican es estado vítreo.

Los elementos de los Grupos V a III, a pesar de su me- nor número de electrones p , el número de átomos no debe ser menor que 2. Winter demostro esto para el caso del solicato de sodio. (Tabla No. 1). se muestran los resultados obteni- dos por él

En ésto no influye el que la mayoría de los electrones p sean suministrados por un átomo del Grupo VI. A Winter a podido obtener, mediante combinaciones de átomos con canti dades suficientemente grandes de electrones p , gran número de vidrios que hasta ahora eran desconocidos, sin embargo, - no le fue posible en ningún caso conseguir el estado vítreo, cuando el número medio de electrones p era menor de 2.

El mérito de esta teoría consiste en haber puesto de manifiesto que el origen del estado vítreo no es atribuible a la presencia de determinadas clases de átomos, sino que la causa verdadera es la estructura electrónica de la capa externa de los átomos. El papel de un elemento formador de vidrio es sustituido de esta forma por el de un enlace formador de vidrio, que se origina mediante los electrones p , el cual es un enlace dirigido y es independiente de la distancia de los electrones vecinos y de la posición de la trayectoria electrónica, que para los electrones p tiene la forma de un ocho alargado, característica del enlace covalente (10).

DIFERENCIA ENTRE CRISTALES Y VIDRIOS

La diferencia entre los cristales y los vidrios, consiste en que la red espacial de los primeros, está constituida por iones que se suceden regularmente. Los vidrios por el contrario, no poseen este elevado grado de ordenación, en su interior existe una compensación de la carga eléctrica de los iones, pero falta la estructura reticular rígida de los cristales. Por consiguiente, mientras los diagramas de rayos X de los cristales presentan líneas o puntos claramente definidos, los correspondientes a los vidrios muestran bandas difusas.

Las perturbaciones de las redes de los cristales y los vidrios consisten en lugares vacíos de la red o en la presencia de iones extraños.

En los cristales y los vidrios se consigue la compensación de las cargas de la siguiente forma: cada catión está -

TABLA No. 1

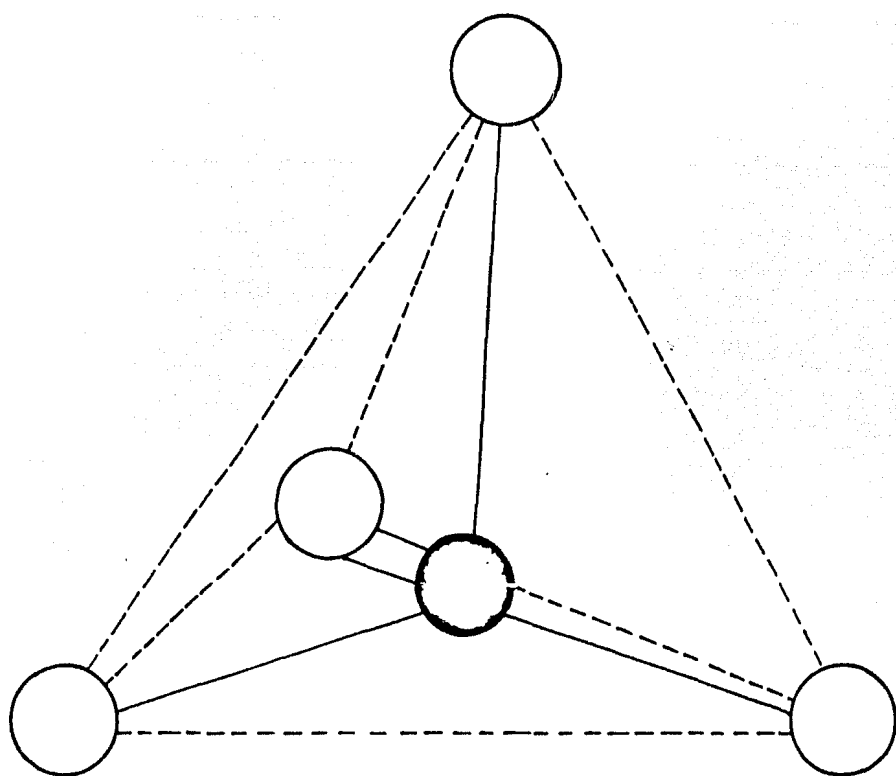
VIDRIOS DE SILICATO DE SODIO

	SiO_2	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2$	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	$3\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$	$2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$
Número de Átomos	3	9	16	6	15	9
Número de Elec - trones p	10	24	42	14	32	18
Razón de p al Número de Átomos.	3.3	2.66	2.63	2.33	2.1	2
	Vidrios buenos vitrifican bien			Vidrios blandos desvitrifican fácilmente		No se forma vidrio

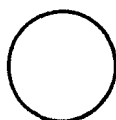
rodeado de aniones y cada anión de cationes. Un catión, - junto con los aniones que le rodean, forma un grupo espacial. Un cristal o vidrio consiste, por consiguiente, en tantas - clases de grupos espaciales como clases de cationes existen. Son capaces de formar vidrio aquellos cationes que tienen -- radio pequeño, así como una elevada carga electrostática, ca racterísticas que se condicionan recíprocamente.

El Si que tiene una carga 4^+ , se rodea de tantos -- aniones como se necesitan de mucho mayor tamaño que él, para formar una estructura espacialmente llena. Un ion Si^{4+} se acopla exactamente en el espacio vacío que dejan entre sí - los 4 aniones O^{2-} . El conjunto forma un tetraedro SiO_4 (fi gura No.1). Puesto que cada anión O^{2-} está unido al Si - por una sola valencia, cada tetraedro posee cargas parciales para unirse a otros tetraédros. Así se forman cadenas, re des laminares y redes espaciales, cuyos elementos constituti vos son tetraedros SiO_4 (figura No.2). Dado que muchos -- iones O^{2-} pertenecen a diferentes tetraedros, la razón -- $\text{O}:\text{Si}$ en un cristal o vidrio es menor que 4.

Cuanto más grande es el radio de los cationes, tanto - más aniones se necesitan para apantallar sus cargas positivas y formar un grupo espacial estable. Estos grupos espaciales tienen la mayor parte de las veces un exceso de carga, que -- origina fuerzas de repulsión entre ellos. Por esta razón, - no se acoplan nunca entre sí por caras, rara vez por aristas, y lo más frecuente es que estén unidos solamente por vértices comunes. Las estructuras espaciales así constituidas son - tan estables que las transformaciones en otros tipos de agru pación atómica transcurren solamente con lentitud.



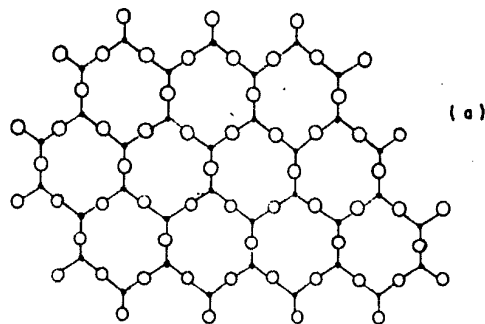
ION SILICIO



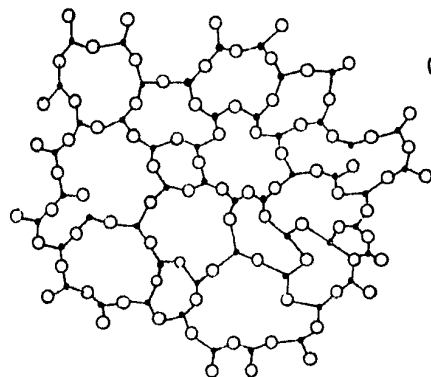
ION OXIGENO

ESTRUCTURA DEL SiO_4 (TETRAHEDRICA)

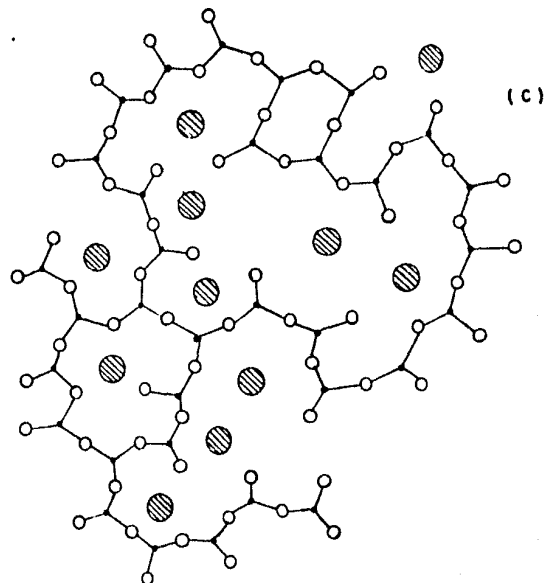
FIGURA No. 1



(a)



(b)



(c)

• Si ○ O ● Na

(a) ESTRUCTURA DE CRISTAL

(b) ESTRUCTURA DEL VIDRIO
DE SILICE

(c) ESTRUCTURA DE VIDRIO
DE SILICATO SODICO

B.- HISTORIA DEL VIDRIO.

Posiblemente los primeros objetos hechos enteramente - de vidrio fueron pequeñas cuentas que datan del año 2500 A.C. existen además algunos recipientes de no grandes dimensiones originarios de Mesopotamia de una antigüedad aproximada de - 4000 años y que nos indican los inicios de esta industria.

Las técnicas de fabricación de vidrio, fueron desarrollándose gradualmente desde Egipto a las ciudades vecinas , por el siglo VI A.C., eran conocidas éstas en la mayor parte de las ciudades al este del Mediterráneo.

En América el misterioso arte de hacer vidrio, fue desarrollado por colonos ingleses. En 1609 en el Estado de - Virginia, U.S.A., siendo la primera industria establecida en el Continente Americano, una fábrica de vidrio.

Ahora año con año, crece la industria considerablemente, la tecnología aumenta, los métodos se modifican, se aumentan las velocidades de producción, se estudian nuevas teorías, - se encuentran nuevas materias primas.

La fabricación del vidrio es una de las industrias verdaderamente básicas; en casi todas las fases de la civilización moderna desempeña el vidrio un factor de importancia -- siempre creciente y tiene contacto directo o indirectamente con todas las actividades fundamentales del hombre.(17) .

C.- TIPOS DE VIDRIO.

En la actualidad se conocen varios tipos de vidrio, -- esto es, según su uso debe ser su composición, para dar las características requeridas ya sea en color, forma y tamaño, -- los más comunes y su composición promedio se enlistan en la Tabla No. II.

PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS

Dependiendo del vidrio que se va a producir, se eligen las materias primas adecuadas, tomando en cuenta; la calidad, que puede ser tipo "A" y tipo "B" (los materiales tipo "A" - contienen menor cantidad de Fe_2O_3 que los materiales tipo "B"), el lugar más cercano a la planta para facilitar su -- abastecimiento, el costo, especificaciones granulométricas, -- constancia en su composición química, etc. En la Tabla No. III, se enlistan los óxidos y elementos que aporta cada mate rial al vidrio.

COMPONENTES DEL VIDRIO

Los componentes del vidrio ya sean óxidos o elementos, llevan a cabo una función, que puede ser de: formadores de - red, modificadores de red, intermediarios, aceleradores, afi nantes, colorantes y opacificantes, como se observa en la Ta bla No. IV. (11).

D.- D E S E C H O S

La basura, surge como un problema que puede ser visto desde muchos ángulos; como contaminación ambiental, como ima gen sucia y descuidada de la ciudad, o bien, como un enorme

TABLA No. II

 TIPO DE VIDRIO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	+99.5	65 - 75	63 - 70	67- 75	70 - 74	64 - 68	67 - 72	75 - 82	50 - 60	64- 68	54- 57
Al ₂ O ₃		1 - 6	2 - 7	1- 6	1.2-1.8	4 - 7	5 - 7	1 - 3	1 - 4	0- 2	0.5-2
Fe ₂ O ₃		0 -0.08	0 -0.8	0-0.07	0-0.04	0 -0.04	0 -0.04	0 -0.04			
CaO		5 -12	3 - 7	4-11	4- 11	0 -0.05	0 -0.05		10 - 16	0- 1	
HgO		0 - 3	0 - 3	1-5	1- 5	0 -0.03	0 -0.02		0 - 5	0- 1	
Na ₂ O		11 -16	11 -14	11-16	11-16	7 - 10	6 - 9	3 - 5	0 - 1	3- 8	3-8
K ₂ O		0 - 5	0 - 3	0- 2	0- 2	0 - 2	0 -0.3	0 - 1		5- 10	5-8
B ₂ O ₃		0 -0.5	0 -0.3	0-0.5	0-0.5	10 - 12	10 -12	11 -14	8 - 10	0-0.5	0-0.5
RaO		0 -0.5	0 -0.2	0-0.5	0-0.5	2 - 4	2 - 4			0-0.7	0-0.7
SO ₃		0 -0.3		0-0.2	0-0.2						
F ₂		0 -0.5	6 - 8	0-0.5	0-0.2	0 -0.6	0 -0.6				
As ₂ O ₃		0 -0.2	0 -0.2	0-0.1	0-0.1	0 -0.2					
ZnO						0 - 1					
PbO										13-17	23-32
		1.- VIDRIO DE SILICE 2.- ENVASES(CRISTALINO) 3.- ENVASES(PLOMO) 4.- PLANO(CRISTALINO) 5.- ARTICULOS DE MESA(CRISTALINO)					6.- ENVASES(BORO) 7.- AMPOLLETA(BORO) 8.- LABORATORIO(BORO) 9.- FIBRA DE VIDRIO 10.- CRISTAL DE PLOMO 11.- CINESCOPIO T.V.				

TABLA No. III

MATERIAS PRIMAS Y SU APORTACION AL VIDRIO

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	B ₂ O ₃	BaO	SO ₃	F ₂	As ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	ZnO	MnO	SnO	Co ₂ O ₃	Ce
ARENA SILICA	X	X	X															
CARBONATO DE SODIO						X				X								
CARBONATO DE CALCIO	X	X	X	X	X													
FELDSPATO	X	X	X	X		X	X											
CASLIN	X	X	X	X		X												
NITRATO DE SODIO						X												
SULFATO DE SODIO						X				X								
ESFATOLUCP	X		X	X		X				X	X							
ESCORIA	X	X	X	X	X	X	X			X								
DICROMATO DE SODIO						X							X					
HEMATITA	X		X															
TRIOXIDO ARSENICO												X						
CARBONATO DE ZAPIO									X									
OXIDO DE ZINC														X				
OXIDO DE MANGANESO	X		X												X			
CARBONATO DE POTASIO							X											
CARBON																		
CIELESTITA	X			X					X	X						X		
DICROMATO DE POTASIO							X											
AZUFRE										X								
OXIDO DE COBALTO																	X	
SELENIO																		X
CRONITA			X										X					

TABLA No. IV
COMPONENTES DEL VIDRIO Y SU PRINCIPAL FUNCION

FORMADORES DE RED

SiO_2 Dióxido de Silicio
 B_2O_3 Óxido Bórico
 P_2O_5 Pentóxido de Fósforo
 GeO_2 Óxido de Germanio
 TeO_2 Óxido de Teluro
 As_2O_5 Pentóxido de Arsénico
 V_2O_5 Pentóxido de Vanadio

MODIFICADORES DE RED

FUNDENTES

Li_2O Óxido de Litio
 Na_2O Óxido de Sodio
 K_2O Óxido de Potasio
 Rb_2O Óxido de Rubidio
 Cs_2O Óxido de Cesio

I N T E R M E D I O S

Al_2O_3 Óxido de Aluminio
 ZrO_2 Óxido de Zirconia
 TiO_2 Óxido de Titanio
 SnO_2 Óxido Estáñico

ACELERANTES Y AFINANTES

Sb_2O_3 Trióxido de Antimonio
 As_2O_3 Trióxido de Arsénico
 $\text{SO}_4(\text{SO}_2)$ Sulfatos
 B_2O_3 Óxido Bórico
 F_2 Fluor
 Cl_2 Cloro
 Fe_2O_3 Óxido Férrico

COLORANTES Y OPACIFICANTES

Se Selenio
 Co_2O_3 Óxido de Cobalto
 Cr_2O_3 Óxido de Cromo
 NiO Óxido de Níquel
 F_2 Fluor
 P_2O_5 Pentóxido de Fósforo
 MnO_2 Óxido de Manganeso

ESTABILIZADORES

CaO Óxido de Calcio
 MgO Óxido de Magnesio
 BaO Óxido de Bario
 SrO Óxido de Estroncio
 PbO Óxido de Plomo
 ZnO Óxido de Zinc
 BeO Óxido Berilio
 HgO Óxido Mercurio
 PuO_2 Dióxido de Plutonio

potencial económico que es aprovechado en una mínima parte. La basura representa a su vez, fuertes erogaciones por parte - del Gobierno del Departamento del Distrito Federal, en sala- - rios a los empleados de limpia, en mantenimiento al equipo, - en las construcciones de nuevos centros de recolección que - agilizan el traslado de la basura a los tiraderos oficiales.

Se han presentado algunas ofertas al Departamento del - Distrito Federal, por parte de algunas transnacionales japone- - sas, empresas privadas norteamericanas y algunos empresarios mexicanos para absorber parcial o totalmente, los diferentes- - medios de recolección y reutilización de desperdicios. Ac- - tualmente se encuentra funcionando la "Planta Industrializado- - ra de Desechos Sólidos", ubicada en San Juan de Aragón. Asimismo Nacional Financiera, S.A., elaboró un proyecto de in- - versiones para el establecimiento de plantas industrializado- - ras de basura.

El incremento de población, implica también incremento de desechos y de crecientes necesidades de consumo. El in- - cremento de basura en promedio es del 30% anual durante los - últimos años.

En un estudio realizado por el Laboratorio de Desechos Sólidos la "P.I.D.A." de San Juan de Aragón, que abarca un - análisis detallado de los componentes percentuales de la basu- - ra domiciliaria y que tenía como objetivo primordial determi- - nar los niveles de industrialización en cada caso, se vió que un 84% como volumen total de los desechos sólidos domicilia- - rios pueden ser recuperados como subproductos (materiales) y fertilizantes de origen orgánico. Como se muestra en las - Tablas V y VI. (3).

Se considera que la basura se mueve dentro de un siste- - ma cerrado llamado medio ambiente y es dentro de este siste -

TABLA No. V

COMPOSICION PORCENTUAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS DE LA
CIUDAD DE MEXICO 1975

<u>M A T E R I A L E S</u>	<u>%</u>	<u>TON/DIA</u>
PAPEL	15.309	918.54
CARTON	4.202	252.12
<u>VIDRIO BLANCO</u>	5.640	338.40
<u>VIDRIO AMBAR</u>	1.522	91.32
<u>VIDRIO VERDE</u>	1.097	65.82
LATA	2.803	168.18
FIERRO	0.347	20.82
PAPEL ESTAÑO	0.107	6.42
MATERIAL DE COCINA (material orgánico)	49.507	2970.42
PLASTICO (película)	2.718	163.08
PLASTICO (rígido)	1.085	65.10
POLIESTILENO EXPANDIDO	0.030	1.80
MATERIAL PARA CONSTRUCCION	1.280	76.80
HUESO	1.293	77.58
MADERA	0.801	48.06
TRAPO Y ALGODON	4.210	252.60
CUERO	1.023	61.38
FIBRAS DE ESCLERENQUIMA	0.307	18.42
ENVASES TETRAPAK	1.181	70.86
HULE ESPUMA	0.036	2.16
MATERIA PERDIDA	<u>5.50</u>	<u>330.100</u>
T O T A L :	100	6000

TABLA No. VI

COMPOSICION DE LA BASURA EN LA CIUDAD DE MEXICO

COMPONENTES	%	1975 TON/DIA	%	1978 TON/DIA
DESPERDICIO ORGANICO	49.5	2970.4	36.5	3504
PAPEL Y CARTON	19.5	1170.7	20.8	1997
CHATARRA	3.3	195.4	10.6	1017
<u>VIDRIO</u>	8.3	496	11.0	1056
PLASTICOS	4.1	230	5.04	518
TRAPO	4.2	253	5.9	566
MATERIALES PARA CONSTRUCCION	1.3	76.8	2.4	231
MATERIA PERDIDA	5.5	349.7	4.3	413
OTROS	4.3	258	3.1	298
T O T A L :	100	6000	100	9600

ma que se presenta un ciclo de desecho y reaprovechamiento - de la basura, ya que, luego de salir los desechos de las manos de los consumidores siguen una serie de pasos que van -- dándole un valor determinado, esto es, la basura va adquiriendo valor de acuerdo a la fuerza de trabajo invertida en ella, quizá no siempre comparable con el valor de otros productos, pero sí adquiere valor, mismo que a lo largo de todo el ciclo va aumentando y llega en el final hasta el punto de partida, donde el consumidor adquiere nuevamente bienes que le son necesarios y que muchas veces tiene su origen o parte de él en la misma basura que tiró durante la primera fase de este ciclo. (figura No.3) (3).

El vidrio es uno de los productos de desecho que se recirculan, para su posterior reaprovechamiento, hasta convertirse nuevamente en bienes de consumo, la recuperación se - lleva a cabo casi en su totalidad, debido a que no es biodegradable ni se altera por estar a la interperie.

E.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION DEL VIDRIO.

La industria moderna del vidrio comercial, puede decirse que está integrada por procesos fundamentales (12), tales como:

Recepción y almacenamiento de materiales.

Elaboración de mezclas.

Fusión y refinación del vidrio.

Conformación del vidrio.

Tratamiento térmico.

21

Inspección y control de calidad.

Decorado, empaque y distribución.

Cada uno de estos procesos tiene sus requerimientos y -
necesidades propias, así mismo y además relación con otras -
actividades no numeradas en este listado; podemos mencionar -
el proceso de conformación del vidrio con la elaboración de -
molduras y éste a su vez, con el diseño, fusión y refinación
del vidrio con mantenimiento y aparatos de control y medición.

Recepción y Almacenamiento de Materiales

Las materias primas, serán aquellos materiales y com --
puestos químicos necesarios para preparar la mezcla que fun-
dida, nos proporcione el vidrio. Las de mayor consumo son
las siguientes:

Arena sílica.

Carbonato de sodio.

Feldespatos.

Caliza.

Dolomita.

Sulfato de sodio.

Nitrato de sodio.

Pero algunas fábricas utilizan una variedad de sustan-
cias diferentes, adquiridas en cantidades que pueden variar
considerablemente. Como cada material tiene sus caracterís-
ticas diferentes y particulares, debe cargarse, almacenarse
y regularse en forma distinta, los problemas que involucran-
en estas condiciones son: muchos y complejos. En todos los
casos, no obstante, hay tres condiciones previas; que deben
cumplir:

- a) Pureza.
- b) Condición física adecuada.
- c) Economía en su precio.

En general las materias primas deben estar secas y convenientemente granuladas, para evitar segregación y facilitar la mezcla interna con los otros materiales, pero a su vez no muy finas, para evitar el arrastre por los gases de combustión y por lo tanto una segregación posterior, así como el daño a los regeneradores de calor de los hornos y la contaminación atmosférica.

Los depósitos de almacenaje son de los tipos más diversos, muchos son de acero, madera, concreto, los más frecuentes para los materiales de mayor consumo, son torres cilíndricas o silos, cuyo contenido para facilidad en su manejo, puede ser extraído del mismo por medio de compuertas previamente instaladas, su volumen variará de acuerdo a las necesidades de producción.

Sistemas manuales, semiautomáticos y completamente automáticos (en las instalaciones modernas), se utilizan para la toma y pesada de los diversos materiales antes de entregarlos a la revolvedora.

Elaboración de Mezclas.

Prescindiendo del tipo particular de equipo que pueda utilizarse para pesar y mezclar, el vidrio final será en gran parte, bueno o malo, por el cuidado con el que se hayan efectuado las pesadas de las cantidades propias de cada material.

La mezcla ya humedecida y con el tiempo adecuado de -
revoltura (importante para evitar segregaciones y pérdidas -
de material fino), se transporta a las tolvas de almacenamien-
to del horno por diversos medios: carros concha, por medios
neumáticos, por tubería o de bandas transportadoras que vayan
desde la descarga de la revoladora hasta las tolvas de los -
cargadores que alimentan al horno, buscándose en todos los --
casos, la seguridad en el transporte, la facilidad del mismo
y la continuidad del proceso.

Fusión y Refinación del Vidrio

El proceso de fusión es esencialmente el mismo, tanto-
si se practica en crisoles, hornos intermitentes o cualquier
tipo de horno y puede describirse en la forma siguiente: los
componentes alcalinos de la mezcla comienzan a fundirse casi
inmediatamente. Reaccionan luego con la arena y se producen
los silicatos alcalinos, que forman los líquidos eutécticos-
de puntos de fusión tan bajos como de unos 800°C.

La cal y las otras bases principian a encontrar a su comple-
mento de sílice y entran en solución o quizá se forman con -
los silicatos alcalinos, los silicatos dobles. El exceso -
de sílice empieza ahora a disolverse, la fusión se calienta-
más y pierde viscosidad. Mientras tanto se liberan los ga-
ses de los carbonatos e hidratos, nitratos y sulfatos. La
masa se agita violentamente por el desprendimiento de éstos-
gases, lo que ayuda a completar la mezcla. La pedacería de
vidrio que entra junto con la mezcla, desempeña una fusión
importante, ayuda a la fusión de los elementos menos fusi --
bles.

Cuando se ha efectuado la fusión y la solución completa de los materiales, falta todavía el proceso más difícil y que más tiempo exige, el de refinar el vidrio, o sea liberar de burbujas a la masa fundida. Las burbujas más grandes sa len mucho más rápidamente que las pequeñas, por su mayor poder ascendente, comparando con la resistencia opuesto al ascenso.

Estas burbujas grandes se forman por choque y reunión de otras más pequeñas y contribuyen a dejar limpia la fusión; es pues preferible que el proceso de fusión que trae consigo el desprendimiento de gases se efectúe con rapidez una vez comenzado. Esto requiere de un rápido calentamiento de la carga para reducir la viscosidad y acelerar el desprendimiento de las burbujas; la lentitud y la temperatura moderada -- traen consigo un estado en el que no obstante haberse des -- prendido las burbujas grandes, quedan en el vidrio multitud de otras pequeñas llamadas "seed" (semilla) que se eliminarán muy difícilmente, aunque más tarde se aumente la temperatura. (6).

Los medios químicos para efectuar el refinado del vidrio incluyen la idea de composiciones reductoras de la viscosidad y la incorporación a la mezcla de carga de ingredien tes generadores de gases en volúmenes relativamente grandes durante los últimos estados de fusión. En la graduación de composiciones para asegurar mayor fluidez, debe tenerse en cuenta el carácter del vidrio (oxidante o reductor) a la tem peratura de trabajo, sus propiedades físicas en su estado ti nal y su resistencia a las acciones químicas.

El borax se ha considerado como un ingrediente muy fa-

vorable, ya que un 1 % de óxido bórico tiene una influencia poderosa en el refinado y mejora las propiedades deseadas, - también el sulfato de sodio que no se descompone por la sílice más que a muy altas temperaturas, es asimismo un reactivo muy favorable.

Las aspiraciones en el proceso de fusión cual quiera - que sea el medio empleado, son el tener una producción de vidrio fundido exento de burbujas y una homogeneidad absoluta en su composición química. Tomando en cuenta también las - especificaciones marcadas por el consumidor, ya que de la fusión correcta y del refinado adecuado dependerá lograr estas condiciones óptimas de calidad

Las temperaturas aproximadas para los hornos de producción que hay que obtener y mantener son las siguientes:

<u>SECCION</u>	<u>°C</u>
Fundición	1455 - 1565
Refinación	1200 - 1345
Chorroadores	1090 - 1315
Templadores	540 - 620

No sólo es necesario alcanzar las temperaturas indicadas, es preciso mantenerlas y vigilarlas; para este propósito se usan los pirómetros (8).

Refractarios

Los refractarios se utilizan en casi todos los departamentos en una fábrica de vidrio, en contacto con los gases -

calientes y con el vidrio fundido en los hornos, chorreadores y templadores.

Los refractarios en realidad son los que hacen posible la fabricación del vidrio, porque proporcionan los recipientes para el mismo y conservan el calor. A su vez son los responsables de muchos de los factores principales de los artículos terminados, ya que el refractario puede decirse, se disuelve lentamente en la mezcla fundida y el proceso podrá continuar hasta la destrucción; el material refractario -- debe cambiarse haciendo una valoración desde el punto de vista económico entre la duración del ladrillo o material refractario y la calidad de la producción.

Los refractarios comerciales son esencialmente composiciones formadas principalmente por varios minerales, tanto amorfos como cristalinos, con pequeñas cantidades de impurezas que son en general óxidos básicos.

Las composiciones químicas de los refractarios comerciales corrientes, se clasifican en los grupos generales siguientes:

- a) Ácidos.
- b) Básicos.
- c) Neutros.

No siempre es posible establecer una distinción perfecta, los ladrillos de sílice son indudablemente ácidos y los más adecuados para resistir los fundentes de carácter ácido a elevada temperatura; los de magnesita son básicos y los de cromo, alúmina y arcilla refractaria pertenecen a la clase neutra.

La clase y la calidad del refractario más adecuado para un caso particular depende de muchos factores, entre ellos - los siguientes: temperatura y clase de combustible, continuidad de trabajo, frecuencia e intensidad de los cambios de -- temperatura, abrasión y carácter del vidrio, gases en contacto con los ladrillos o piedras refractarias.

También se debe tener en cuenta entre otros factores; - el tipo de construcción, dimensiones de las paredes, carga - impuesta, función de los refractarios (Si son para retener o transmitir calor), puntos calientes y ventilación adecuada.

Conformación del Vidrio

El uso de la maquinaria en esta industria no empezó hasta lo que se llama período industrial (en los últimos 50 o 60 - años), y particularmente en los últimos 30 años, se ha visto incrementada la mecanización en todas las fases de la fabricación de vidrio.

El primer paso en la conformación de la mezcla fundida y refinada o sea, el paso a máquina, es el tener los moldes adecuados y necesarios para cada producción particular. No se puede considerar que los moldes sean confeccionados con - rapidez y de modo sencillo. Con frecuencia hay que preparar moldes múltiples para cuatro, seis o más piezas constando cada juego de moldes de diez o más partes, cada una de - las cuales debe quedar perfectamente terminada.

Los moldes para vidrio pueden ser de tres clases: moldes de hierro, moldes de empastado y moldes de prensado.

Los tres tipos son de hierro y los nombres se derivan no del material, sino de los métodos con que los moldes se emplean.

La condición principal a considerar en el proyecto de - una máquina vidriera, es esencialmente que el artículo acabado, pueda producirse en pocos segundos, en el período durante el cual el vidrio cambia su viscosidad, desde la consistencia de jarabe a la de sólido.

La primera operación fundamental en la fabricación, consiste en la transportación del vidrio fundido desde el horno, para la formación subsiguiente, la fabricación de botellas y envases, se ha modificado en su maquinaria considerablemente, pero en toda ella, el principio fundamental es el mismo.

Actualmente existen diferentes tipos de máquinas, que - van desde una cavidad hasta cuatro cavidades y de seis secciones a diez secciones, variando consecuentemente la cantidad de vidrio fundido a emplear, para trabajar parcial o totalmente y de acuerdo a la velocidad. Este equipo se mueve con base en sistemas neumático y eléctrico y son dos los procesos básicos; soplo- soplo y prensa - soplo.

Tratamiento Térmico

Una vez formado el producto, por medio de bandas metálicas, es llevado al templador, donde se aplica el tratamiento térmico, con el fin de igualar los esfuerzos, tanto internos como externos, esto es llegar a la temperatura de ablandamiento en donde el producto de vidrio equilibre sus esfuerzos, para someterlo después a un enfriamiento moderado y entregarlo al área de revisión a temperatura ambiente. Es importante no rebasar la temperatura de ablandamiento, para no deformar el producto.

Inspección, Control de Calidad y Empaque.

Al llegar el producto al área de inspección se deben revisar los defectos de formación y de composición química, - para llevar a cabo la revisión, se observa pieza por pieza. Existe un departamento de contro de calidad, que es el encargado de verificar que el producto cumpla con las normas de - calidad previamente establecidas, en caso de no cumplir con la calidad requerida, el producto se desecha y pasa a formar parte del vidrio de retorno para su posterior reutilización, en caso de encontrarse aceptable se empaqa.

Decorado y Distribución.

Si el producto requiere ser decorado o etiquetado, se - pasa a la sección correspondiente y de no ser así, es enviado al área de bodega de producto terminado para su distribución al cliente.

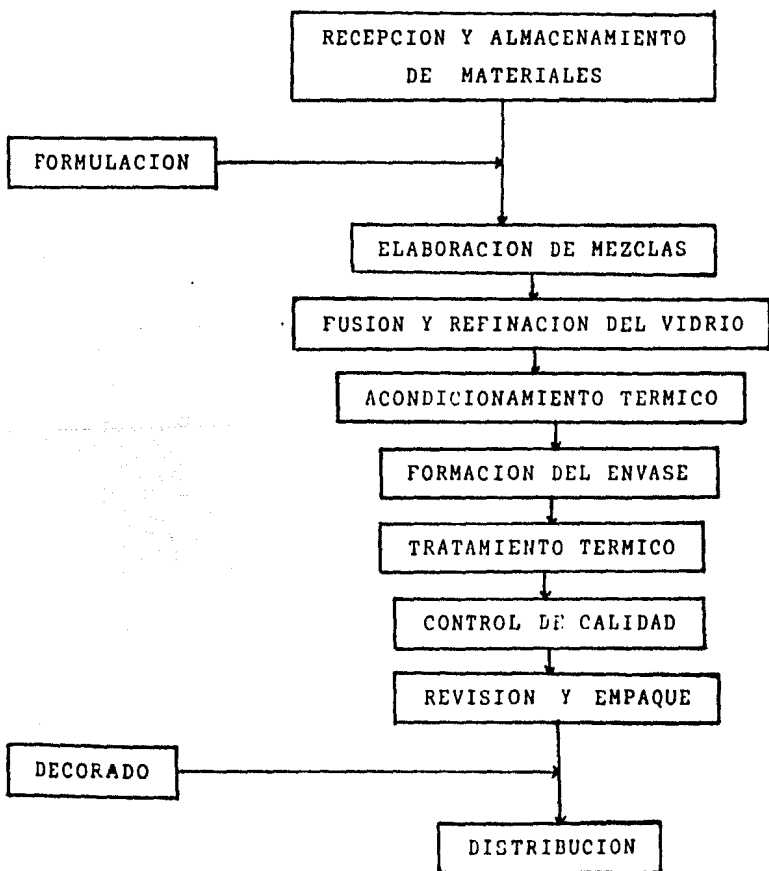
Por ser una industria se involucra una gran cantidad de pasos, para la elaboración de su producto, se generan una serie de costos en; mano de obra, materiales, maquinaria y energéticos. Por lo caul surge la necesidad de plantear una reducción de costos en la elaboración de su producto y una manera de abarater el proceso;es emplear el desperdicio de vidrio sin cambiar las características del vidrio como producto.

IV.- PARTE EXPERIMENTAL.

- A.- Descripción del Proceso de Elaboración del Envase.
- B.- Sistema de Captación y/o Recolección del Vidrio.
- C.- Descripción de la Recepción, Clasificación y Almacenamiento.
- D.- Descripción del Proceso de Lavado, Manejo, Almacenamiento y Uso.
- E.- Presentación de las Formulas a Distintos Porcentajes.
- F.- Pruebas Realizadas al Vidrio como Producto y Pruebas Realizadas al Envase como Producto.

A.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE ELABORACION
DEL ENVASE .

El proceso de fabricación de los envases de vidrio,
se representa de acuerdo al siguiente diagrama:



Recepción y Almacenamiento de Materiales.

Las materias primas, al ingresar a la planta, pasan por la báscula para conocer su peso. Las de mayor consumo llegan a granel, como son: arena sílica "A" y arena sílica "B" carbonato de sodio, carbonato de calcio, feldespato "A" y -- feldespato "B". Las de menor consumo llegan en: sacos, -- costales y cuñetes. Como son: espatoflour, sulfato de sodio, dicromato de sodio, nitrato de sodio, carbón, azufre, - oxido férrico, trióxido de arsénico y selenio.

Cada material tiene características diferentes, debe de manejarse, almacenarse y regularse en forma distinta. En todos los materiales existen tres condiciones, que se deben de cubrir:

- a). Pureza.
- b). Condición física adecuada.
- c). Economía en su precio.

Es recomendable, que las materias primas estén secas y adecuadamente granuladas para facilitar la mezcla y evitar la segregación.

Los depósitos de almacenamiento son; cilindros de concreto para los materiales a granel y bodegas para los materiales que llegan en bultos.

Formulación.

Para elaborar la fórmula, se debe de partir de una ne-

cesidad para dar lugar a una composición estándar, de acuerdo a los productos a fabricar, esto es, se deben de establecer las bases que permitan darle al vidrio las características y propiedades para asegurar la formación del envase requerido. El departamento encargado de elaborar las fórmulas para el vidrio es el laboratorio químico, mismo que -- debe de valorar las propiedades fisicoquímicas, teórica y -- físicamente para cada cambio de fórmula.

Elaboración de Mezclas.

Para efectuar el pesado se debe contar con la fórmula que establece las cantidades de cada material y el orden de suministro al cono de la báscula siendo de vital importancia la granulometría de los materiales, que debe ser malla No.- 20, para asegurar un buen homogeneizado de la mezcla, además de que se le adiciona agua caliente (80°C), para evitar la formación de piedra de mezcla, otro factores el tiempo de mezclado.

El orden de adición de los materiales es: arena sílica, carbonato de sodio (soda), carbonato de calcio (caliza), - feldespato, colorantes y afinantes, vidrio foráneo y por último el vidrio de retorno.

Una vez obtenida la mezcla deseada se procede a manejar la por medio de; tolvas, bandas, elevadores de congilonos y distribuidores hasta hacerla llegar a las tolvas que han de alimentar a los hornos, siendo la elaboración de mezclas un proceso intermitente.

Fundición y Refinación del Vidrio.

Al encontrarse la mezcla en las tolvas, ésta es introducida al horno con la ayuda de los cargadores; durante las 24 horas, éstos tienen tiempo de trabajo y tiempo de reposo, a fin de controlar la trayectoria de la carga y mantener el nivel de vidrio dentro del fundidor, para llevar a cabo la fusión.

En este paso es donde se realiza la transformación de sólidos al estado líquido y posteriormente se tiene la afinación del vidrio, que significa el logro de la expulsión de los gases que como resultado de las reacciones químicas han sido formadas, quedando atrapados en forma transitoria en la masa de vidrio, pero por los efectos de temperatura, viscosidad y tiempo es posible expulsarlos de la masa vítrea; durante este proceso y en algunos vidrios especiales se realizan también reacciones químicas que influyen en el color del vidrio.

En el tanque del fundidor del horno se llevan a cabo tres funciones. La primera es fundir la mezcla, para dar lugar al vidrio, la segunda es homogenizar física y químicamente los constituyentes del vidrio, aprovechando las corrientes de convección la última es la afinación, que es la eliminación de gases en la masa de vidrio.

Las temperaturas de fundición, oscilan de 1500°C a 1550°C, en caso de ser operado por debajo de 1500°C, el vidrio se queda con oclusiones de gas (semilla) o provocar adelantamiento de la carga, ocasionando que salgan en los envases partículas de la mezcla sin fundir. Si es operado por encima de 1550°C, los problemas que ocasiona son: ataque al material refractario, provocando escurrimiento de sílica y -

un notable aumento de consumo de combustible. El intervalo de tiempo entre los cambios de quemadores, usualmente varía entre 15 y 30 minutos.

Acondicionamiento Térmico .

El vidrio pasa del fundidor al refinador, por la garganta, que es un túnel que comunica a ambos tanques. Es aquí en el refinador donde se inicia el acondicionamiento térmico del vidrio, las temperaturas de operación fluctúan entre -- 1280°C y 1330°C. De aquí pasa por varios canales de refractario que son los alimentadores (chorreadores).

El alimentador está constituido por secciones, llamadas; canal 1, canal 2, canal 3 y noria, cada sección tiene un cuadro de combustión para el control de la temperatura.

El vidrio fluye a través del alimentador, desde el refinador hasta la noria o nariz del chorreador, con un descenso en la curva de temperatura del vidrio, hasta llegar a 1100°C, el objetivo es incorporar las condiciones físicas más convenientes para facilitar la formación del envase. La mitad de la formación del envase depende de un adecuado acondicionamiento térmico de la masa de vidrio.

Formación del Envase

Una vez acondicionado el vidrio en el alimentador, éste pasa a través de un orificio de material refractario, aquí es donde por medio de sistemas mecánicos y de la fuerza de gravedad donde se obtienen cargas o velas sencillas o multi-

ples, según el caso, con forma y peso adecuado para el artículo a formar.

La carga o vela cae en sucesión predeterminada a través del equipo de entrega a un bombillo o premolde de cada sección de la máquina I.S. (Secciones Independientes), donde es parcialmente moldeado el cuerpo del envase en una preforma produciéndose el perfil exterior de la corona. Posteriormente la preforma es transferida a un molde en la misma sección, donde se sopla a su forma final.

El artículo ya formado, es removido por los dedos del mecanismo de la sacadora a una placa de enfriamiento donde permanece algún tiempo enfriándose, después es empujado a una banda acarreadora y transportado al templador.

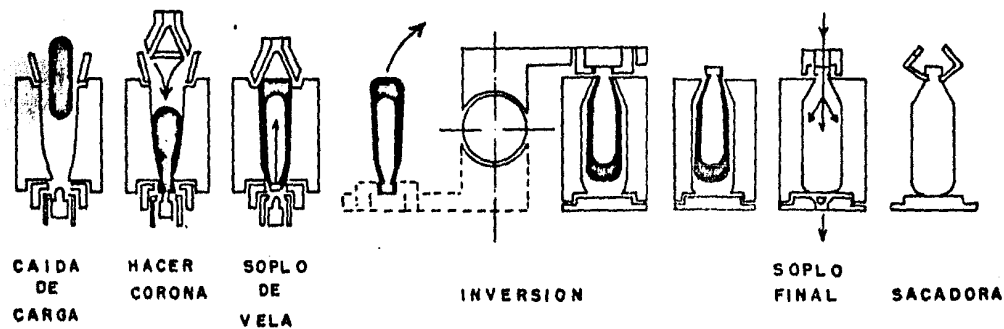
En la máquina I.S., se pueden fabricar envases de boca angosta y boca ancha, en simple y múltiples cavidades.

Los envases de boca angosta, se fabrican con el proceso soplo-soplo, en la cual la preforma es moldeada por efecto de la presión del aire. (figura No.4).

Los envases de boca ancha, son formados utilizando el proceso prensa-soplo, es aquí la formación de la preforma es moldeada por el prensado de un pistón. La boca del envase es suficientemente ancha para permitir que el pistón entre y preme el vidrio contra el bombillo. (figura No.5)

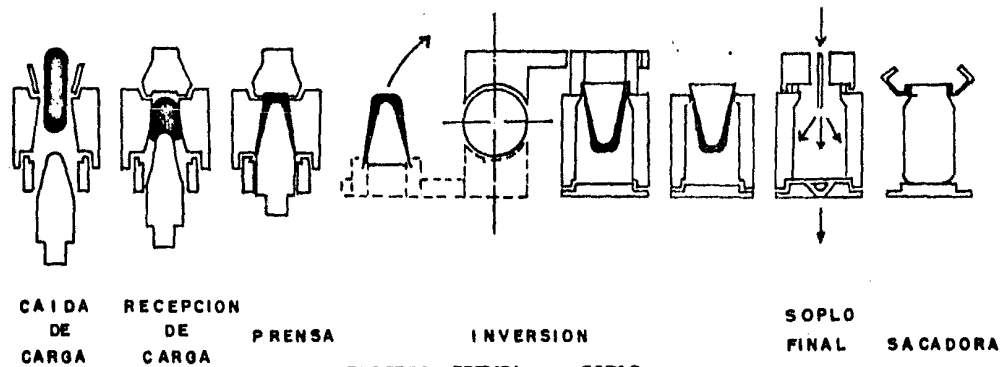
Tratamiento Térmico.

Un envase al entrar a la banda acarreadora tiene una temperatura del orden de 700°C; los factores que afectan esta



PROCESO SOPLO - SOPLO

FIGURA No. 4



PROCESO PRENSA - SOPLO
FIGURA No. 5

temperatura son:

Tipo de envase.

Espesor del vidrio.

Velocidad de fabricación en la máquina.

Tiempo y cantidad de aire en la placa de enfriamiento.

Materiales o aleaciones que forman la moldura.

El envase pierde temperatura en el trayecto de la máquina I.S., a la entrada del templador; entonces llega al templador con temperaturas que fluctúan entre 300°C a 500°C; - debido fundamentalmente a los siguientes factores:

Número de secciones de la máquina.

Distancia de la máquina del templador.

Enfriamiento sobre la banda transportadora.

Temperatura del medio ambiente.

Velocidad de la banda transportadora.

Espaciamiento entre los envases.

Velocidad del empujador.

Por lo tanto. la temperatura que pierde el envase es de 200°C a 400°C y esto sucede en un lapso de 30 a 60 segundos, dando como consecuencia que se generen esfuerzos en el vidrio, de tensión y compresión, los cuales no son uniformes.

Por esta razón es necesario darle a los envases un tratamiento térmico, con el fin de eliminar los esfuerzos de fraguado generados en el vidrio. Este tratamiento se realiza en hornos continuos de recocido, es aqui donde por medio de incrementos y decrementos de temperatura hasta llegar a --

la temperatura ambiente eliminándose estos esfuerzos, encontrándose en ocasiones que se aprovecha el paso por este proceso, para aplicar recubrimientos superficiales a los artículos de vidrio, con el fin de disminuir los daños ocasionados por su manejo en la superficie del envase.

Control de Calidad, Revisión y Empaque.

El paso posterior es el que se conoce como inspección y empaque del artículo, aquí se aplican las normas de calidad a los envases, tales como:

Presión hidrostática.

Capacidad.

Choque térmico.

Peso.

Temple.

Homogeneidad de composición (cuerda)

Semilla.

Piedra y burbuja.

Color, y

Defectos de fabricación

Los que cumplen con dichas disposiciones se empaquetan y rechazan los que no la cumplen, para ser molidos y almacenados, y así reciclar el vidrio no permitiendo envases defectuosos en el mercado y no ocasionando también desperdicios industriales de vidrio.

La revisión y el empaque se llevan a cabo de manera ma-

nual y mecánica, esto es, se cuenta con personal y equipo - que revisan envase por envase antes de llegar a la zona de empaque.

Este empaque puede ser provisional o definitivo; en el último caso se pasa directamente a la producción a embarques, para enviarse a los clientes.

Decorado .

Los envases con empaque provisional, son sometidos a - otros procesos, como; el decorado, etapa en la cual se le - aplica al artículo una etiqueta cerámica, sometiéndose posteriormente a un tratamiento térmico.

Otra alternativa es colocar al envase un decorado a base de papel plástico; también se aplica otro proceso que es el mateado donde se le da al artículo un acabado mate, ya sea por agentes químicos o abrasión con arena.

Tanto los envases decorados con etiqueta cerámica, recubrimiento plástico y mateado, son enviados a las bodegas - de empaques para hacerlos llegar a los clientes. Aquí también existen puntos de control para verificar que todas las etapas estén cumpliendo con las normas de calidad establecidas.

Bodega y Distribución.

Los empaques decorados y no decorados llegan a las bodegas en empaques de cartón o plástico propiedad del cliente,-

ahí son almacenados, hasta que son embarcados por camión,- trailer y furgones de ferrocarril para hacerlos llegar a los clientes.

B.- SISTEMA DE CAPTACION Y/O RECOLECCION
DEL VIDRIO

Existen varias fuentes de recuperación del vidrio, tales como:

- a). Tiraderos de basura.
- b). Compañías embotelladoras.
- c). Depósitos de desperdicios industriales.
- d). Centros de recuperación solamente de - vidrio. (centros vir).

a). El desperdicio de vidrio es considerado como parte de la contaminación ambiental, presenta su mayor acumulación en la basura. Los principales centros de basura en el Distrito Federal son:

- Santa Cruz Meyehualco.
- Santa Fé.
- Cerro de la Estrella.

En estudios realizados, representa hasta un 9 % de composición de la basura.

La introducción de esta pedacería de vidrio a la planta, es por conducto de intermediarios, que van de mayores a menos, de acuerdo al volumen de suministro.

b). Es común que las compañías embotelladoras que adquieran sus envases en el Grupo Vitro, le vendas también a Vitro, su despacho de pedacería de vidrio, en sus líneas de: comestibles, vinos, cervezas, perfumes, soderas, aceiteras, algunas de ellas son:

Jugos del Valle. S.A.

La Madrileña. S.A.

Embotelladora Orange Crush. S.A.

Embotelladora Pascual.S.A.

Cervecería Cuauhtémoc. S.A.

Agua Electropura. S.A.

Avon Cosmetic's. S.A.

Censa Clavería. S.A.

El cullet es obtenido por envases que se rompen durante los procesos de lavado, llenado, sellado o bien de algunas líneas de envases descontinuados.

Este tipo de adquisición de la pedacería de vidrio es muy importante por la calidad del vidrio, que viene a ser de primera mano, con menos impurezas y por el costo de este producto.

El contar con vidrio de esta fuente permite una mejor clasificación por composición y por color, facilitando su procesamiento (lavado y molienda).

c). Son proveedores en menor escala, de pedacería de vidrio, puesto que es una de sus divisiones en los desperdicios industriales.

d). En los últimos años, el Grupo Vitro, ha generado - una campaña de recuperación de pedacería de vidrio, con el - fin de obtener, a éste de primera mano, además de poder hacer una selección adecuada. Se han proporcionado los recursos necesarios, para la adquisición de la pedacería de vidrio, - otorgando: básculas, depósitos (tambos), transporte y volantes. Estos centros se encuentran dispersos por toda la - ciudad y su perifería. Actualmente se cuenta con 110 centros de vidrio recuperable.

Para lograr toda esta infraestructura fue necesario que pasaran varios años, esto es, se hizo campaña con todas las personas involucradas en la recolección del "cullet", primero para que se interesaran en él y posteriormente, hacerles de su conocimiento la calidad que se requiere del producto.

C.- DESCRIPCION DE LA RECEPCION,
CLASIFICACION Y ALMACENAMIENTO.

El cullet llega por vía terrestre ya sea por ferrocarril en góndolas y furgones, en trailers y camiones, provenientes de tiraderos, embotelladoras y centros de recuperación. Cuando llega por FF.CC., el peso del cullet es colocado en la estación más cercana a su embarque, en caso de llegar por trailer y camión, ingresan a la planta y pasan por la báscula para registrar el peso bruto.

Posteriormente se clasifica por color de acuerdo a la Ta
bla No. VII.

Y por impurezas:

- Piedra.
- Tierra.
- Madera.
- Metal magnético.
- Metal no magnético.
- Vidrio de otra composición.

De no cumplir con las especificaciones mencionadas, se rechaza el lote, en caso de cumplirlas se descarga en un lu
gar asignado de acuerdo a su color. La descarga se hace manual y mecánicamente, todo depende de la unidad en la que llega.

TABLA No. VII

TABLA DE CLASIFICACION

% Contenido	Ambar	Cristalino	V.Georgia	V. Esmeralda
Ambar	90 - 100	0	0 - 5	0 - 10
Cristalino	0 - 5	100	0 - 20	0 - 10
V. Georgia	5 - 10	0	45 - 100	0 - 50
V. Esmeralda	5 - 10	0	0 - 40	50 - 100

El cullet sin procesar, se almacena en zonas con piso - de concreto, para evitar contaminarlo con la tierra al momento de manejarlo. Regularmente se tiene a la interperie y bien definida su separación por color, el cullet cristali no se debe mantener muy aparte de los vidrios de color, -- puesto que sirve para hacer la línea de envases perfumeros, esto es se evita la contaminación, para no afectar el color de la producción del vidrio cristalino.

El almacenamiento del cullet requiere de grandes áreas, mismas que se han venido reduciendo por las necesidades de expansión de la planta.

A la planta llegan 370 toneladas de cullet foráneo -- (cristalino, ámbar, verde y plano) en promedio por día, por ser un material que no se adquiere bajo pedido, se recibe -- las 24 horas del día y los 365 días del año.

D.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE LAVADO, MANEJO, ALMACENAMIENTO Y USO.

El lavado del cullet es un proceso paralelo al de la fa bricación de envases; para su procesamiento, se cuenta con dos líneas de lavado compuestas de: tolva inicial, criba -- inicial con malla de 1/4 de pulgada y un irrigador de agua en la parte superior, banda inicial de hule, paralelamente una banda para la basura, polea magnética, perpendicularmente otra banda para la basura, la lavadora, banda metálica - con irrigadores de agua en la parte superior a contraco - rriente, molino de rotor, criba final con malla de una pulgada, banda de hule final con dos sopladores de aire compri mido y perpendicularmente una banda electromagnética, cho--

rreador, elevador de cangilones y tolva final. Como son dos líneas de lavado, las bandas para la basura, se localizan en medio de ambas líneas, dando servicio a las dos, de la última banda para basura, continúa un chorreador al elevador de cangilones para basura y de ahí a otro chorreador a un carro concha.

Dependiendo de la cantidad de cullet procesado que se tenga almacenado, en los silos de consumo, se toma la decisión de qué color de vidrio se va a procesar.

El cargador frontal toma la palada del cullet sucio apilado y lo depósita en la tolva inicial, el cullet fluye hacia la criba inicial por la fuerza de gravedad, se esparce en la parte superior de la criba, donde es mojado con agua por el irrigador, a fin de eliminar parte de la tierra que contiene, el cullet fluye hacia la parte delantera de la -- criba. Por el movimiento que ésta tiene. La criba se encuentra anclada al concreto y con una inclinación hacia -- atrás de 6 grados y cuenta con un variador de velocidad, -- que permite regular la alimentación del cullet sucio. El cullet sucio se desplaza por la parte superior de la malla, filtrándose partículas de vidrio e impurezas menor de 1/4 de pulgada, al interior de la criba, que tiene tres zonas de descarga, por la parte posterior, sale agua con tierra, de ahí el motivo de su inclinación, lateralmente descarga -- las partículas menores de 1/4 de pulgada, hacia la primera banda de basura y por la parte frontal, entrega el cullet a la primera banda de hule. Hasta aquí la separación se hizo mecánicamente.

En la banda inicial de hule, se encuentra una persona, -- que en forma manual, quitará las partículas grandes de impurezas, como: piedras, madera, varillas metálicas, trapos, -- plásticos y recortes de hule, al cullet que va pasando por

la banda, arrojando las impurezas a la banda para basura. La polea de mando es magnética, aquí retiene y separa las impurezas metálicas magnéticas, como: fichas y tapas, depositándolas, a la banda transversal para la basura sacando las impurezas de circulación.

El cullet es depositado en la lavadora para la completa eliminación de la tierra que contiene. La lavadora es un tubo cilíndrico en movimiento, al cual se le mete agua, con aspas en su interior, al entrar el cullet a la lavadora, -- gira en el mismo sentido que ella, hasta que se le limpio de tierra, el agua que entró con el cullet sucio, sale también, pero sucia, hacia un sistema de tratamiento y recuperación de agua.

La lavadora, entrega el culler limpio de tierra a la -- banda metálica; ésta tiene irrigadores de agua en la parte superior y a contracorriente del flujo de vidrio, el agua sucia para al sistema de tratamiento para su recirculación.

Durante el trayecto del vidrio por esta banda, se escurre y se cuenta con una persona para separar manualmente impurezas principalmente; piedras y metales no magnéticos, -- aquí se aprovecha que el cullet está exento de tierra para facilitar la separación de este tipo de contaminantes.

La banda entrega el vidrio al molino de rotor, donde es molido por impacto. El tamaño de la partícula del vidrio debe ser menor de dos pulgadas y quedar completamente retenido en malla No. 100.

Del molino el vidrio molido cae por fuerza de gravedad a la criba final, que tiene malla de una pulgada por lado, - aquí el vidrio fluye a la parte interna superior de la malla. La criba tiene dos descargas, lateralmente salen las impurezas a una banda de hule ubicada paralelamente, mientras - el vidrio sale de frente a la banda final de hule. En el paso del vidrio, del molino a la criba se aprovecha la caída libre de vidrio, para hacerle llegar una corriente de -- aire comprimido, para que por diferencia de densidad, las - impurezas más ligeras que el vidrio, sean desalojadas del - mismo.

La banda final de hule, cuenta con dos tubos con aire - comprimido, colocados paralelamente, sirven para eliminar - material más ligero que el vidrio, como: plástico, papel, - popotes, corcho y aluminio. Tiene también una banda elec- - tromagnética paralelamente, para separar metales magnéticos como: fichas y tapas. Además dos personas para hacer la - separación manual de todos los contaminantes en el vidrio.

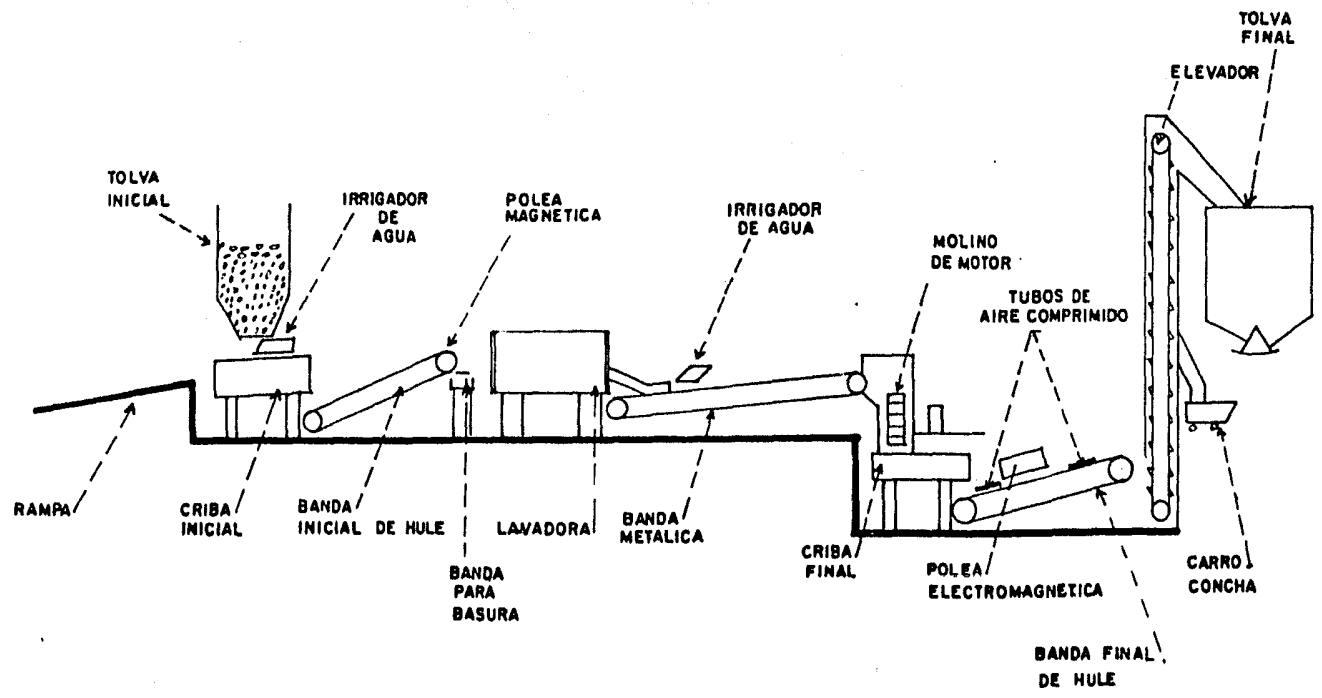
Todas las impurezas separadas del cullet molido, caen - a una banda de hule para la basura, misma que las llevará - hasta un carro concha para pasar al área destinada para ba- - sura de toda la planta.

El cullet lavado y molido, llega a la tolva final, por medio de un elevador de cangilones. (figura No. 6). El - cullet procesado debe tener las siguientes especificaciones:

T A M A N O

0% Retenido en malla de 2 in. por lado.

100% en malla No. 100.



LINEAS DE LAVADO

FIGURA No. 6

C O L O R

% CONTENIDO.

	AMBAR	CRISTALINO	VERDE
AMBAR	95 - 100	0	0 - 35
CRISTALINO	0 - 2	100	0 - 25
VERDE	0 - 5	0	50 - 100

H U M E D A D

MAXIMO 3 %

I M P U R E Z A S

Material orgánico	0.05 % máximo
Metal magnético	0.00 %
Metal no magnético	0.05 % máximo
Material inorgánico	0.05 % máximo
Tierra	0.00 %
Piedra	0.00 %

En caso de que el cullet procesado no cumpla con las especificaciones mencionadas, es rechazado para procesarlo nuevamente, si las cumple, es trasladado a los silos de consumo.

En las tolvas finales, al cullet limpio se le escurre el agua, permitiendo así mejorar su manejo en las mezclas y la humedad debe ser de 3 % máximo para evitar aglutinamientos.

Las dos líneas de lavado, tienen capacidad para procesar 350 toneladas por cada tres turnos. (24 horas). En estudios realizados se encontró, que la merma que produce el cullet-sucio al procesarlo es entre el 10 y 15 %, esta merma está constituida por; tierra, madera, metal, piedra, plástico, - papel, hule y vidrio molido.

Para trabajar las dos líneas de lavado de cullet, se requiere de cuatro personas por línea, más un operador del -- cargador frontal y un sobrestante, encargado de recepción y clasificación del cullet foráneo sucio.

En la determinación del costo de la tonelada lavada de cullet, se tomaron en cuenta los siguientes conceptos:

- Mano de obra.
- Mantenimiento.
- Consumo de energía eléctrica.
- Tratamiento y recirculación de agua.
- Fletes por acarreo de desperdicio.
- Gastos indirectos de administración general.
- Depreciaciones.

Dando como resultado un costo por tonelada lavada de -- cullet de \$ 2,038.00 en el año de 1985.

E.- PRESENTACION DE LAS FORMULAS A DISTINTOS PORCENTAJES.

La formulación es uno de los pilares para nuestro proceso de elaboración de envase de vidrio. Esta se hace con -- base en las necesidades de los productos a fabricar.

Las fórmulas actuales para los vidrios cristalino, ambar y verde esmeralda, parten de un estandar de composición, mismo que se debe mantener al hacer cambios en las cantidades de cullet empleado.

La base de cálculo para las fórmulas de óxidos de composición es de una tonelada de vidrio. Aquí el cullet foráneo se maneja como otra materia prima para producir vidrio.

Como la fórmula parte de una composición estandar, el cullet se toma como un ingrediente para cumplir con esa composición y lo restante para llegar a ésta es completado con los ingredientes mayores e ingredientes menores, entre más cullet se emplea, se usan menos materiales finos. Lo que viene a ser una relación inversamente proporcional.

Al hacer uso del cullet, no se deben presentar cambios significativos en la composición estandar, así como en las propiedades del vidrio como producto y sí se deberá notar una fuerte reducción del costo de la fórmula.

A continuación se muestran las composiciones estandar de los diferentes vidrios.

VIDRIO CRISTALINO CON 0 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 73.60	Arena San José	669.583	21,625.00
Al ₂ O ₃ 2.00	Soda	236.775	21,784.00
Fe ₂ O ₃ 0.30	Caliza "A"	152.239	968.00
CaO 8.38	Feldespatos San José	104.196	3,582.00
MgO 0.13			
Na ₂ O 14.04	Sulfato de Sodio	5.244	229.00
K ₂ O 1.09	Nitrato de Sodio	0.500	48.00
BaO 0.00	Arsénico	0.700	298.00
F ₂ 0.00	Color "B"	0.900	243.00
SO ₃ 0.30			
As ₂ O ₃ 0.07			
TiO ₂ 0.00	Vidrio Cristalino (C)	0.000	
		1,170.137	48,777.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1473.18°C
 Temperatura líquidos 942.99°C
 Durabilidad 9.11 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 89.56°C
 Densidad 2.4789 g/ml.
 Tiempo de fraguado 106.47. seg.

VIDRIO AMBAR CON O.S. DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO_2 70.06	Arena Jaltipan "B"	601.246	16,825.00
Al_2O_3 2.67	Soda	231.784	21,325.00
Fe_2O_3 0.25	Caliza "B"	202.270	978.00
CaO 11.24	Feldespatos Ahuazotepic	148.782	1,744.00
MgO 0.36			
Na_2O 14.31	Espatoflour	4.761	291.00
K_2O 0.83	Hematita	1.670	64.00
BaO 0.00	Carbón	1.600	63.00
F_2 0.22	Azufre	1.700	179.00
SO_3 0.03			
TiO_2 0.03	Vidrio Ambar (C)	0.000	
		1,191.813	41,469.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1410.75°C
 Temperatura de líquidos 1030.80°C
 Durabilidad 7.32 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 93.00°C
 Densidad 2.5133 g/ml.
 Tiempo de fraguado 101.70 seg.

VIDRIO VERDE ESMERALDA CON 0 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 70.08	Arena Jaltipan "B"	601.437	16,830.00
Al ₂ O ₃ 2.67	Soda	224.096	20,618.00
Fe ₂ O ₃ 0.11	Caliza "B"	202.089	977.00
CaO 11.23	Feldespatu Ahuazotepec	146.788	1,744.00
MgO 0.36			
Na ₂ O 14.09	Espatoflour	4.761	291.00
K ₂ O 0.83	Sulfato de Sodio	4.274	186.00
BaO 0.00	Dicromato de Sodio	2.558	959.00
F ₂ 0.22			
SO ₃ 0.25			
TiO 0.03	Vidrio Verde (C)	0.000	.
As ₂ O ₃ 0.00			
Cr ₂ O ₃ 0.13			
		1,186.003	41,605.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1424.44°C
 Temperatura de líquidos 1030.60°C
 Durabilidad 6.08 ml

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.22°C
 Densidad 2.510^u g/ml
 Tiempo de fraguado 100.97 seg.

F.- PRUEBAS REALIZADAS AL VIDRIO COMO
PRODUCTO

PRUEBAS REALIZADAS AL ENVASE COMO
PRODUCTO

El vidrio y el envase como productos tienen sus normas de calidad, para el vidrio las pruebas de rutina son:

- Densidad.
- Número de semillas por onza.
- Homogeneidad química.
- Color.
- Durabilidad.
- Conteo de piedra.

Y para el envase son:

- Defectos de formación.
- Temple.
- Presión.
- Choque térmico.

Densidad.

La evaluación de la densidad del vidrio permite mantener un control sobre la calidad de consistencia de composición de las formulaciones, así que es obligatorio el contar no sólo con esta prueba, sino la realización de la misma sea efectuada de acuerdo a procedimientos estándar.

La prueba se lleva a cabo por el método de hundimiento-flotación, usando el densímetro el cual contiene tubos de ensaye, en baño maría y con agitador, seis para las determinaciones y uno para el termómetro.

Los tubos contienen: bromonaftaleno y tetrabromoetano - que pueden ser mezclados en diferentes proporciones para igualar cualquier densidad ordinaria de vidrio. La mezcla tiene la propiedad de variar 0.0018 g/ml., por cada grado centígrado. Cada tubo contiene la mezcla de bromonaftaleno y tetrabromoetano y dos muestras de vidrio, un estandar y un desconocido en la superficie del líquido. Al irse calentando el agua (por medio de una resistencia de inmersión) la densidad de la mezcla líquida disminuye en los tubos.

Las dos muestras de vidrio deberían apenas flotar en el líquido a temperatura ambiente al principio del proceso, -- para que el calentamiento lento del agua provoque que las -- dos muestras se hundan abajo de la marca de referencia de -- cada tubo de ensaye. Al pasar las muestras de vidrio de la referencia se toma la temperatura a la que pasó cada muestra.

Se tienen dos casos. El primero es si baja primero la muestra de vidrio con densidad conocida y posteriormente la muestra a la que se le va a determinar su densidad. El otro caso es la situación inversa, primero baja la muestra de densidad desconocida y después la muestra de densidad conocida.

Por cada grado centígrado la mezcla de líquidos varía - 0.0018 g/ml.

Entonces el primer caso:

$$\rho_{\text{conocida}} + \text{diferencia en } ^\circ\text{C} = \rho_{\text{desconocida}}.$$

Y para el segundo:

ρ conocida - diferencia en $^{\circ}\text{C}$ = ρ desconocida.

Esta prueba se hace una vez por día, estableciéndose - condiciones constantes como: sacar el envase de una máquina por horno. La muestra de vidrio para la determinación de la densidad, deberá estar exenta de: cuerda, semilla, piedra, burbuja y tener el temple entre 1 y 3. La muestra puede ser un triángulo o un cuadrado siempre que no mida más de 0.5 cm. por lado.

El intervalo de operación es ± 0.0010 g/ml.; respecto a la densidad estandar.

Semilla.

La evaluación de semilla representa un factor importante en la calidad del vidrio. El contenido de semillas en los envases es una de las evaluaciones más comunes y por lo tanto se requiere de criterio bien definido para decidir si un artículo cumple con determinada norma o no se debe empaquetar. Bajo esta consideración, es muy conveniente el que se tenga un método estandar para evaluar la semilla.

El objetivo es controlar la calidad de fundición del vidrio, por medio de comparación y/o conteo de semilla, ya sea en muestras directas del horno o en envases.

El tamaño físico de una semilla se ha fijado como máximo de (1/16") si es mayor, se le considera burbuja. El que un artículo lleve una burbuja puede ser razón de que se descarte para su empaque, todo depende del tipo y ubicación de la misma.

ma, ya que una pequeña burbuja ampolla e interna que puede llegar a romperse y desprender partículas de vidrio, es suficiente para rechazar su utilidad.

La muestra a analizar debe se representativa del horno, sacándola de la máquina de mayor estiraje. Tomándose un -- anillo de una pulgada de alto de la parte media del envase. Este anillo se secciona y una por una de las secciones se co loca en el "seedmetro" para contar el número de semillas.

El número total encontrado en todas las secciones del - anillo se dividen entre el peso y se reportan en base a: semillas por onza.

Se establece como máxima semilla aceptable la siguiente tabulacion:

Vidrio Cristalino (perfumero): 25 semillas por onza de vidrio.

Vidrio Cristalino (sodero): 50 semillas por onza - de vidrio.

Vidrio de Color: 75 semillas por onza de vidrio.

Homogeneidad Química.

Uno de los objetivos al producir envases de vidrio es - proporcionar al cliente la especificación y calidad requerida para el producto que en ellos envasarán. En ocasiones - se hace notar en los envases algunas vetas o líneas que no - son estéticas y dan la apariencia de que no tienen resistencias. Estas inclusiones vidriosas que se presentan en los

envases se les conoce como cuerda. Se ha probado que las propiedades de la cuerda son distintas al vidrio en el que se encuentran.

Es importante la clasificación, análisis y evaluación de cuerdas en los envases.

Una cuerda es una inclusión vidriosa cuyas propiedades físicas y químicas difieren de aquellas que rodean al vidrio.

La determinación de la cuerda requiere:

- a). Si la cuerda esta en tensión o compresión.
- b). La posición de la cuerda.
- c). La localización de la cuerda.
- d). La magnitud del esfuerzo causado por la cuerda.
- e). Medir el tamaño de la cuerda.

Rutinariamente se obtienen secciones en forma de anillos cortadas del tercio hacia abajo de la pared del envase. Para vidrios claros, se recomienda una altura del anillo de 10 mm. y para vidrios oscuros de 7 mm.

El anillo es sumergido en un recipiente con clorobenceno (índice de refracción igual al del vidrio), y colocado en el microscopio con luz polarizada. Aquí se observa si el anillo presenta cuerda. Dependiendo del esfuerzo es el color que manifiesta. Como se indica en la tabla siguiente:

<u>ESFUERZO</u>	<u>COLOR</u>
TENSION	Amarillo
	Amarillo verde
	Verde
	Azul Verde
	Azul
NUTRAL	Violeta

COMPRESION	Rojo
	Naranja
	Amarillo Brillante
	Amarillo
	Blanco

Una vez localizado el esfuerzo se procede a seccionar - el anillo de la parte contraria a donde se econtró el esfuerzo, aquí se pueden presentar dos casos: El primero es que - el esfuerzo desaparezca, entonces es causado por temple; el segundo caso es que el esfuerzo persista en el anillo, entonces es provocado por una diferente composición química. Por la colocación que presente se conoce si es de tensión o de - comprensión, midiéndose el valor de la retardación y la altura del anillo y se determina la posición de la cuerda en el anillo.

La ecuación para determinar el valor de la cuerda es:

$$\text{ESFUERZO (PEI)} = \frac{\text{Coeficiente de Esfuerzo Optico} \times \text{Retardación (M}_{\mu}\text{)}}{\text{Altura del Anillo.}}$$

Dependiendo de la posición de la cuerda en el anillo al valor del esfuerzo se le multiplica por:

$$E = E \times \frac{1}{3} \quad \text{Parte interior del anillo.}$$

$$E = E \times \frac{2}{3} \quad \text{Parte media del anillo.}$$

$$E = E \times 1 \quad \text{Parte exterior del anillo.}$$

Del valor obtenido del esfuerzo se le clasifica dentro de los intervalos de la tabla VIII. De la letra A+ a la letra B- tienen calidad aceptable para su empaque.

Color.

Para la determinación del color en el vidrio, el equipo empleado es el espectrofotometro, puesto que la determinación visual no es confiable dado que cada persona tiene una percepción diferente del color.

Se cuenta con tres parámetros para englobar lo que es color y son: longitud de onda dominante (LOD), pureza (P) y brillantez (B).

La longitud de onda dominante (LOD), es la longitud de onda de luz más cercana al color de la muestra. La pureza (P)

TABLA No. VIII

CLASIFICACION DE ESFUERZOS

GRADOS	(LIBRAS POR PULGADA CUADRADA)		
A +	0	a	20
A	20	a	80
A -	80	a	100
B +	100	a	150
B	150	a	250
B -	250	a	300
C +	300	a	400
C	400	a	600
C -	600	a	800
D	800	a	1000
E	1000	a	2000

se refiere a la concentración de color en la muestra y la brillantez (B) es el por ciento de la luz original que es capaz de pasar o reflejarse en la muestra.

La muestra es vital para la determinación y puede ser:

- Secciones de la paredes de los envases sin pulir
- Secciones pulidas de los fondos de los envases
- Muestras pulidas tomadas del refinador (boton).

La muestra deberá estar libre de defectos tales como:

Semillas, burbujas, piedras, cuerda y marcas superficiales.

La muestra se coloca en la celda del espectrofotómetro y se recorre la parte del espectro que responde al visible. Se toman los porcientos de transmitancia de los 30 valores - de las longitudes de onda, desde 400 hasta 700 nm. Los valores de transmitancia se corrigen de acuerdo al espesor de la muestra, según el color. Los datos corregidos dan lugar a los coeficientes tricromáticos y de aquí se obtienen los parámetros (LOD), (P) y (B) que determina el color de la muestra. En la tabla IX se encuentran las especificaciones de cada color.

Durabilidad .

La durabilidad se define como la resistencia al ataque químico. Se tiene la idea de que las superficies de un artículo de vidrio no son inertes, inclusive hay evidencia de que la resistencia de estas superficies cambia debido a su estructura armorta y dinámica.

TABLA No. IX

TABLA DE ESPECIFICACIONES DE COLOR.

C O L O R	ESPESOR	LONGITUD DE ONDA DOMINANTE M	PUREZA %	BRILLANTES %
CRISTALINO	38.1 mm.	565 - 575	0 - 4	75 - 100
AMBAR	3.175 mm.	579 - 584	76 - 98	23 - 48
VERDE ESMERALDA	10.0 mm.	550 - 560	54 - 74	30 - 40

El vidrio-soda-cal se clasifica como vidrio tipo III, de acuerdo a la farmacopea de U.S.A.

Para la prueba de durabilidad se requiere una muestra de 10 gr. de vidrio molido a malla No. 50, se colocan en un matraz erlenmeyer con agua desmineralizada (50 ml.) colocándola en la autoclave durante 30 minutos a 121°C junto con un matraz testigo o blanco. Posteriormente a las soluciones de los matraces se titula con H_2SO_4 , 0.02N. El volumen gastado de éste no deberá exceder de 8.5 ml., que es el límite para el vidrio-soda-cal.

Conteo de Piedra.

La determinación del conteo de piedra es de vital importancia dentro de la calidad del vidrio y del envase como producto. Para el caso del vidrio, se emplea como una herramienta de control para el Departamento de Preparación de Vidrio, en lo que respecta al envase, si éste contiene piedras es motivo suficiente para desecharlo, puesto que sus propiedades mecánicas se verán alteradas.

Se establecen como valores máximos en operación los siguientes:

- Vidrio Cristalino 5 Piedras por 50 Kg. de Vidrio.
- Vidrios de Color 8 Piedras por 50 Kg. de Vidrio.

Envases.

Defectos de Formación.

En la formación del envase, se deben conocer y chequear -

los defectos físicos que éste pueda tener, los defectos se clasifican de acuerdo a su orden e importancia, que va de -- críticos a menores y en donde algunos de estos defectos, ameritan desechar el envase (mismo que pasará a ser vidrio de - retorno); a continuación se enlistan algunos de ellos:

DEFECTOS CRITICOS.

- Columpio.
- Gorro.
- Rebaba interior.
- Vidrio adherido internamente.
- Filamento.
- Burbuja supercial interna.
- Aleta.

DEFECTOS MAYORES "A".

- Raya brillante en el cuerpo.
- Raya brillante en el destapador.
- Fondo reventado.
- Hombro estrellado.
- Fisura en el cuerpo.
- Labio reventado.
- Corona incompleta.
- Corona estrellada.
- Degollada.
- Ranura.
- Fisura en el cuello.
- Fisura en el grabado.
- Piedras.
- Pared delgada.
- Hombro delgado.
- Fisura en el fondo

- Delgada en el destapador.
- Burbuja mayor a 1/16"
- Molde picado.

DEFECTOS MAYORES "B".

- Corona ondulada.
- Corona caída.
- Corona vaciada.
- Cuerpo sumido.
- Costuras sumidas.
- Cuerpo chueco.
- Ovalada.
- Pegada.
- Descalibrado el destapador.

DEFECTOS MENORES.

- Rayada.
- Arrugada.
- Sucia.
- Fondo chueco.
- Molde frío.

Temple .

Todos los envases que son sometidos al proceso de templeado, deberán ser pasados al exámen del polariscopio. Después de la operación de templeado, se tomarán muestras del en vase para evaluar y/o medir las condiciones de los envases -

en cuanto a esfuerzos residuales, asegurando así, que todo envase salga al mercado dentro de los límites comerciales.

La muestra se saca del templador, se recomienda tomar tres envase, uno de cada lado y otro del centro, asegurando se de que al ser examinados estén a temperatura ambiente.

El exámen al polariscopio se determina tomando envase por envase de la muestra, es observado mirando el fondo del envase a través del cuello y contra un campo de luz polarizada, se hace la comparación de la extensión y brillantez de los colores observados en la base o fondo del envase contra el color de uno o más discos graduados (disco patrón), determinando así el temple del envase.

• El registro de la lectura del temple es el siguiente:

<u>No. DE DISCOS EQUIVALENTES</u>	<u>TEMPLADO</u>
Menos de 1 disco	1
Menos de 2 discos pero más de 1	2
Menos de 3 discos pero más de 2	3
Menos de 4 discos pero más de 3	4
Menos de 5 discos pero más de 4	5

Presión

El objeto de someter los envases a la prueba de presión, es el de garantizar que las botellas que llevarán presión hidrostática interna soderas y cerveceras, no estallen.

La muestra para la prueba de presión es un envase de cada molde, éstos deben ser revisados antes de probarse en

el aparato. Ya revisados los envases a probar, se llenan con agua hasta el nivel de derrame. Se recomienda que la presión de pase debe ser un 50 % más alto que la presión normal de trabajo del envase a probar.

Cada línea de envase requiere de una presión mínima -- para su empaque como se muestra en la Tabla No. X.

Choque Térmico.

Todos los envases de cualquier tipo de vidrio calizo, - cuyo proceso requiere cambios bruscos de temperatura, por -- ejemplo: pasteurizado, lavado, autoclaves, envasados en caliente, deberán ser sometidos a una prueba representativa de choque térmico.

Se debe tener un gradiente de temperatura de 42°C y es posible hacerlo de frío a caliente o de caliente a frío, -- siempre con 42°C de diferencia de temperatura.

La muestra debe ser un envase por cada molde de la máquina y efectuarse cada 8 horas. En caso de que las muestras no resistan el choque térmico, esta producción se desecha hasta que resista tres pruebas, con diferencia de 30 minutos cada una.

Se tienen 4 tipos de choque térmico en envase de vidrio.

- a). Enfriamiento exterior repentinamente.
- b). Calentamiento interior repentinamente.
- c). Enfriamiento interior repentinamente.
- d). Calentamiento exterior.

TABLA No. X.

TABLA DE ESPECIFICACIONES DE PRESION .

LÍNEA DE ENVASE	DESCRIPCION	NIVEL MINIMO (PSI)
Aerosol	Lisa.	250
Cerveceras	No Retornables.	150
	Retornables.	175
Soderas	No Retornables.	200
	Retornables.	225
Sidreras	Todos Tamaños.	225
Champañeras	Volúmen y Proceso Natural	300

V.- R E S U L T A D O S.

De la parte experimental se analizaron los puntos que -
respecta a: costos de las fórmulas, comportamiento de las pér-
didas por ignición, composición química de las fórmulas varian-
do los porcentajes de cullet y el comportamiento de las pro-
piedades físicas más importantes del vidrio.

Esto se demuestra con la presentación de las fórmulas, -
partiendo de cero por ciento de cullet hasta el máximo alcan-
zado en operación para los tres colores de vidrio. Anexando
sus respectivos costos y propiedades físicas más importantes.
En el caso del vidrio cristalino, de 0 % a 40 % para el vi-
drio ámbar de 0 % a 60 % y para el vidrio verde esmeralda de
0 % a 80 % . La presentación gráfica se muestra en las fi-
guras 7, 8 y 9 .

Para el vidrio cristalino perfumero, ha sido posible al-
canzar hasta un 40 % de cullet.

De las fórmulas extremos, 0 % y 40 % resulta:

- Ahorro de \$ 10,694.00 por tonelada estirada de
vidrio.
- Reducción del 6 % de pérdidas por ignición.
- Constancia en la composición química del vidrio
como producto y
- Consecuentemente constancia en las propiedades
físicas más importantes del vidrio.

Para el caso del vidrio ámbar, el porcentaje máximo al-
canzado es de 60 % de cullet.

VIDRIO CRISTALINO

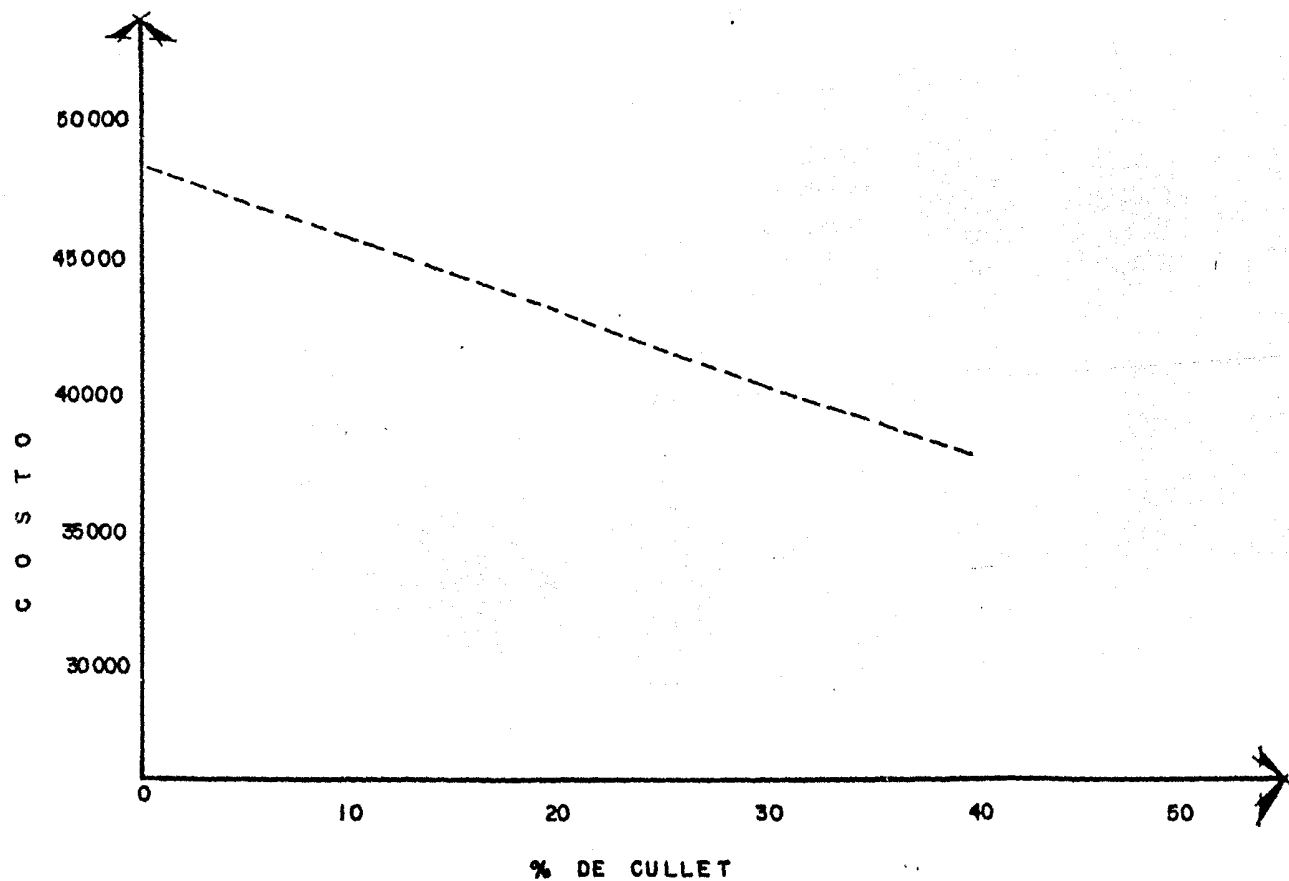
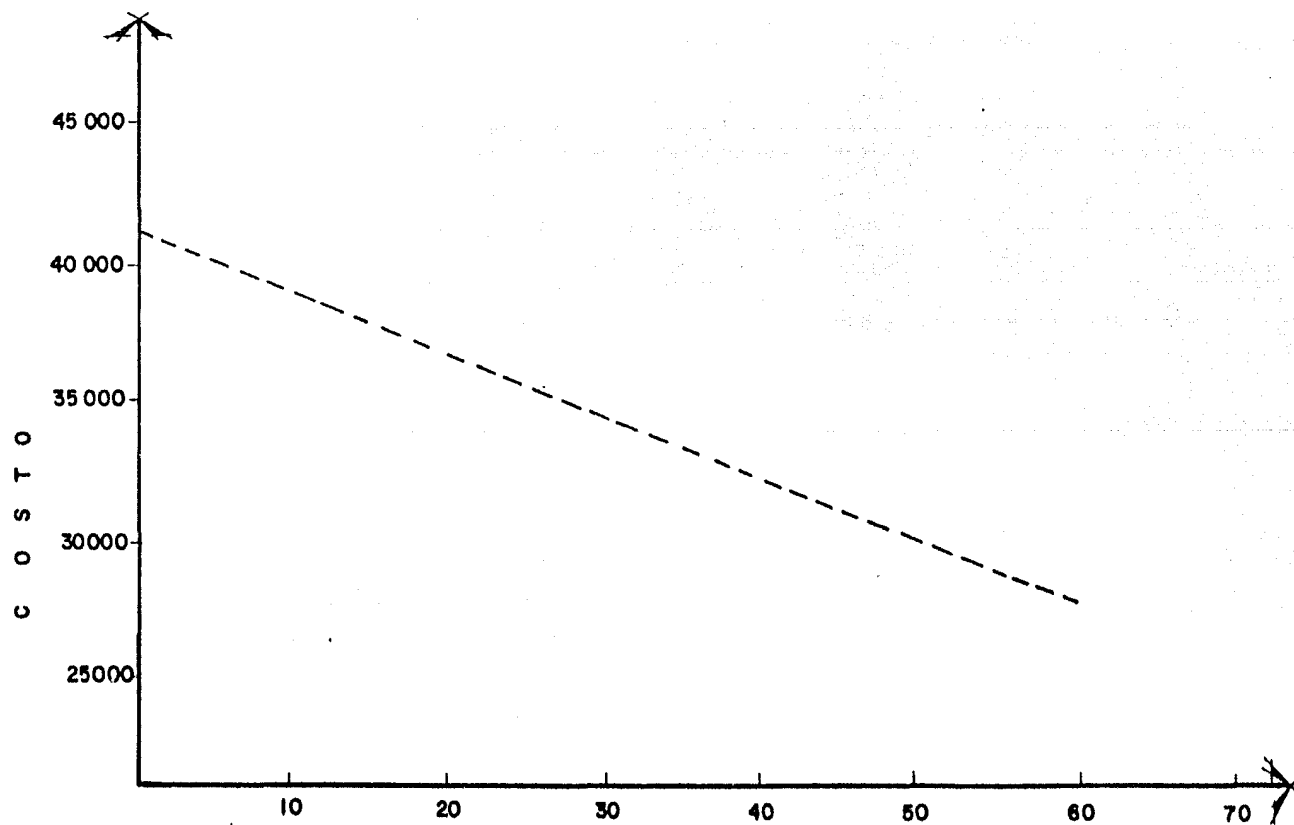


FIGURA No. 7

VIDRIO AMBAR



% DE CULLET

FIGURA No. 8

VIDRIO VERDE ESMERALDA

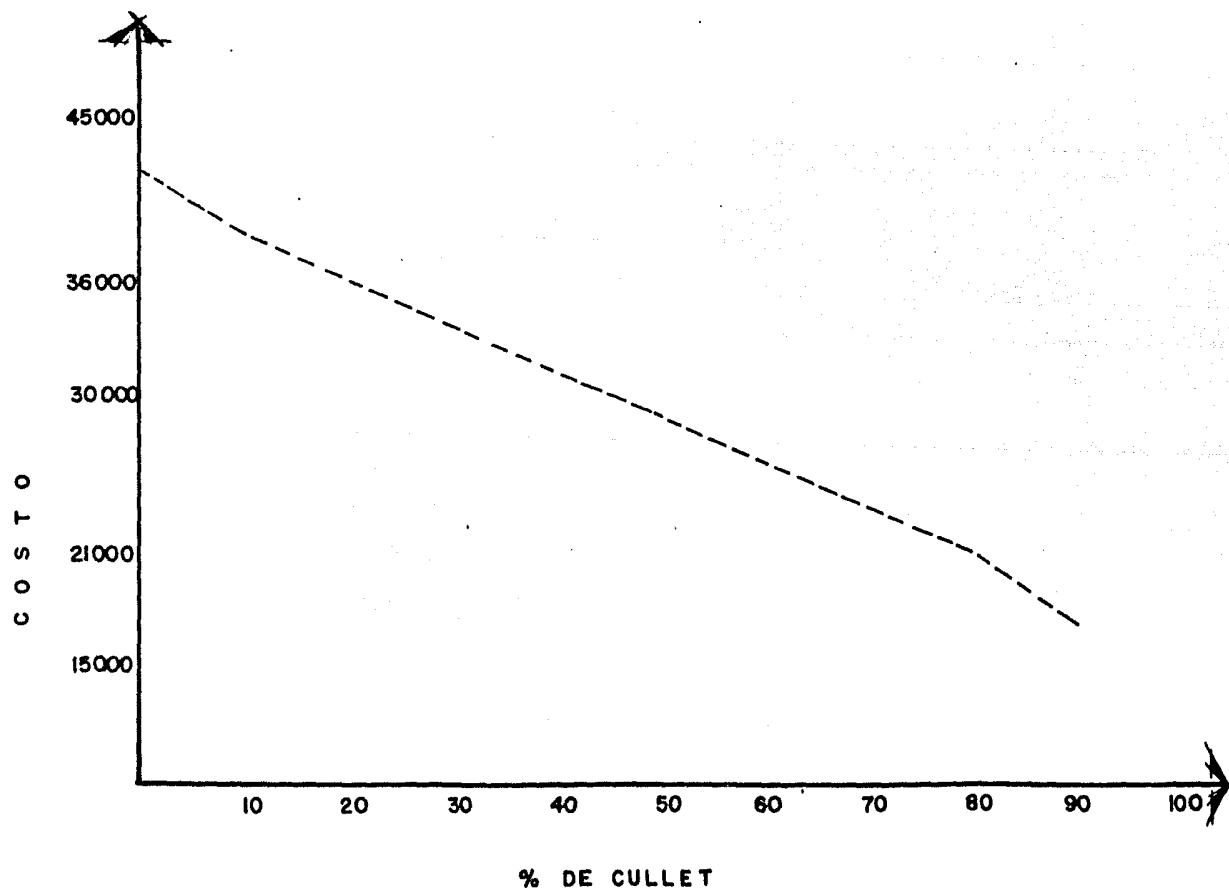


FIGURA No. 9

De las fórmulas extremos; 0 % y 60 % resulta:

- Ahorro de \$ 13,604.00 por tonelada estirada de vidrio.
- Reducción del 9 % de pérdidas por ignición.
- Constancia en la composición química del vidrio como producto y
- Consecuentemente constancia en las propiedades físicas más importantes del vidrio.

En verde esmeralda, se llegó a usar hasta el 80 % de - cullet.

Tomando los resultados de las fórmulas con 0 % y 80 % - se obtuvo lo siguiente:

- Ahorro de \$ 20,315.00 por tonelada estirada de vidrio
- Reducción del 13 % de pérdidas por ignición.
- Constancia en la composición química del vidrio como producto y
- Consecuentemente constancia en las propiedades físicas más importantes del vidrio.

Si partimos de que la planta está trabajando al 100 % - con cinco hornos y, tiene dos hornos con vidrio cristalino - con aproximadamente 120 toneladas/día de estiraje y un horno en vidrio ámbar con 250 toneladas/día y los dos hornos con - vidrio verde esmeralda con 360 Ton/día de estiraje, el ahorro es:

$$\begin{array}{rcl} 120 \times 10,694.00 \times 30 & = & 381'498,400.00 \\ 250 \times 13,604.00 \times 30 & = & 102'203,300.00 \\ 360 \times 20,315.00 \times 30 & = & \underline{219'102,200.00} \\ & & \$ 360'103,900.00 \end{array}$$

VIDRIO CRISTALINO CON 10 % DE CULLET .

<u>COMPOSICION</u>		<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO_2	73.59	Arena San José	605.009	19,539.00
Al_2O_3	2.00	Soda	214.249	19,712.00
Fe_2O_3	0.03	Caliza "A"	131.652	837.00
CaO	8.36	Feldespatos San José	93.555	3,216.00
MgO	0.14			
Na_2O	14.04	Sulfato de Sodio	4.961	216.00
K_2O	1.09	Nitrato de Sodio	1.000	95.00
BaO	0.00	Arsénico	0.672	286.00
F_2	0.00	Color "B"	1.000	270.00
SO_3	0.30			
As_2O_3	0.07			
TiO_2	0.00	Vidrio Cristalino (C)	100.000	1,896.00
			1,152.098	46,067.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1473.43°C
 Temperatura de líquidos 942.62°C
 Durabilidad 9.11 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 89.55°C
 Densidad 2.4788 g/ml
 Tiempo de fraguado 106.51 seg.

VIDRIO CRISTALINO CON 20 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 73.58	Arena San José	540.437	17,454.00
Al ₂ O ₃ 2.00	Soda	191.723	17,639.00
Fe ₂ O ₃ 0.04	Caliza "A"	111.066	706.00
CaO 8.34	Feldespatos San José	82.913	2,850.00
MgO 0.16			
Na ₂ O 14.41	Sulfato de Sodio	4.577	204.00
K ₂ O 1.08	Nitrato de Sodio	2.000	190.00
BaO 0.01	Arsénico	0.644	275.00
F ₂ 0.01	Color "B"	1.100	297.00
SO ₃ 0.30			
As ₂ O ₃ 0.07			
TiO ₂ 0.00	Vidrio Cristalino (C)	200.000	3,792.00
		1,134.560	43,407.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1473.48°C
 Temperatura de líquidos 942.38°C
 Durabilidad 9.12 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 89.56°C
 Densidad 2.4790 g/ml
 Tiempo de fraguado 106.54 seg.

VIDRIO CRISTALINO CON 30 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 73.57	Arena San José	475.866	15,368.00
Al ₂ O ₃ 2.00	Soda	169.197	15,567.00
Fe ₂ O ₃ 0.04	Caliza "A"	90.479	575.00
CaO 8.33	Feldespatos San José	72.272	2,484.00
MgO 0.17			
Na ₂ O 14.41	Sulfato de Sodio	4.393	192.00
K ₂ O 1.08	Nitrato de Sodio	3.000	285.00
BaO 0.01	Arsénico	0.616	263.00
F ₂ 0.01	Color "B"	1.200	324.00
SO ₃ 0.30			
As ₂ O ₃ 0.07			
TiO ₂ 0.01	Vidrio Cristalino (C)	300.00	5,688.00
		1,115.823	40,476.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1473.58°C
 Temperatura de líquidos 942.26°C
 Durabilidad 9.11 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 89.55°C
 Densidad 2.4791 g/ml
 Tiempo de fraguado 106.53 seg.

VIDRIO CRISTALINO CON 40 % DE CULLET

COMPOSICION		MATERIALES	KILOS	COSTO
SiO ₂	73.56	Arena San José	411.294	13,283.00
Al ₂ O ₃	2.00	Soda	146.671	13,494.00
Fe ₂ O ₃	0.04	Caliza "A"	69.892	444.00
CaO	8.31	Feldespatos San José	61.630	2,118.00
MgO	0.19			
Na ₂ O	14.42	Sulfato de Sodio	4.110	179.00
K ₂ O	1.07	Nitrato de Sodio	4.000	380.00
BaO	0.02	Arsénico	0.588	251.00
F ₂	0.01	Color "B"	1.300	351.00
SO ₃	0.30			
As ₂ O ₃	0.70			
TiO ₂	0.01	Vidrio Cristalino	400.000	7,583.00

1,099.485

38,083.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1473.55°C
 Temperatura de líquidos 941.80°C
 Durabilidad 9.12 ml

PROPIEDADES

Expansión lineal 89.55°C
 Densidad 2.4792 g/ml
 Tiempo de fraguado 106.56 seg.

VIDRIO AMBAR CON 10 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 70.05	Arena Jaltipan "B"	542.479	15,181.00
Al ₂ O ₃ 2.67	Soda	209.046	19,233.00
Fe ₂ O ₃ 0.25	Caliza "B"	182.694	844.00
CaO 11.23	Feldespató Ahuazatepec	129.892	1,545.00
MgO 0.36			
Na ₂ O 14.28	Espatoflour	4.627	283.00
K ₂ O 0.86	Hematita	1.492	57.00
BaO 0.01	Carbón	1.500	59.00
F ₂ 0.22	Azufre	1.600	168.00
SO ₃ 0.33			
TiO ₂ 0.04	Vidrio Ambar (C)	100.000	1,794.00
		1,173.330	39,204.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1416.96°C
 Temperatura de líquidos 1030.69°C
 Durabilidad 7.29 ml

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.98°C
 Densidad 2.5135 g/ml.
 Tiempo de fraguado 101.68 seg.

VIDRIO AMBAR CON 20 % DE CULLET.

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 70.05	Arena Jaltipan "B"	483.709	13,536.00
Al ₂ O ₃ 2.67	Soda	186.308	17,141.00
Fe ₂ O ₃ 0.25	Caliza "B"	163.119	789.00
CaO 11.22	Feldespatos Ahuazotepec	113.003	1,342.00
MgO 0.36			
Na ₂ O 14.26	Espatolflour	4.493	275.00
K ₂ O 0.88	Hematita	1.315	50.00
BaO 0.02	Carbón	1.400	55.00
F ₂ 0.22	Azufre	1.500	158.00
SO ₃ 0.03			
TiO ₂ 0.04	Vidrio Ambar (C)	200.000	3,588.00
		1,154.847	36,934.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1417.22°C
 Temperatura de líquidos 1030.49°C
 Durabilidad 7.28 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.97°C
 Densidad 2.5135 g/ml
 Tiempo de fraguado 101.69 seg.

VIDRIO AMBAR CON 30 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>		<u>MATERIALES</u>	<u>KILO</u>	<u>COSTO</u>
SiO_2	70.05	Arena Jaltipan "B"	424.941	11,891.00
Al_2O_3	2.67	Soda	163.570	15,049.00
Fe_2O_3	0.25	Caliza "B"	143.543	694.00
CaO	11.22	Feldespatc Ahuazotepec	96.114	1,142.00
MgO	0.35			
Na_2O	14.23	Espatoflour	4.359	267.00
K_2O	0.91	Hematita	1.137	44.00
BaO	0.03	Carbón	1.300	51.00
F_2	0.22	Azufre	1.400	147.00
SO_3	0.03			
TiO_2	0.04	Vidrio Ambar (C)	300.000	5,382.00
			1,136.364	34,667.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1417.47°C
 Tempetatura de liquidos 1030.50°C
 Durabilidad 7.26 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.96°C
 Densidad 2.5136 g/ml
 Tiempo de fraguado 101.69 seg.

VIDRIO AMBAR CON 40 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>		<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂	70.04	Arena Jaltipan "B"	366.173	10,247.00
Al ₂ O ₃	2.67	Soda	140.833	12,957.00
Fe ₂ O ₃	0.25	Caliza "B"	123.967	600.00
CaO	11.21	Feldespatio Ahuazotepec	79.224	941.00
MgO	0.35			
Na ₂ O	14.21	Espatoflour	4.225	259.00
K ₂ O	0.93	Hematita	0.959	37.00
BaO	0.04	Carbón	1.200	47.00
F ₂	0.22	Azufre	1.300	137.00
SO ₃	0.03			
TiO ₂	0.05	Vidrio Ambar (C)	400.00	7,176.00
			1,117.881	32,401.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1417.59°C
 Temperatura de líquidos 1030.31°C
 Durabilidad 7.24 ml

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.95°C
 Densidad 2.5138 g/ml
 Tiempo de fraguado 101.68 seg.

VIDRIO AMBAR CON 50 % DE CULLET.

COMPOSICION		MATERIALES	KILOS	COSTO
SiO ₂	70.04	Arena Jaltipan "B"	307.404	8,602.00
Al ₂ O ₃	2.67	Soda	118.095	10,865.00
Fe ₂ O ₃	0.25	Caliza "B"	104.392	505.00
CaO	11.21	Feldespatos Ahuazotepec	62.335	741.00
MgO	0.34			
Na ₂ O	14.18	Espatoflour	4.090	250.00
K ₂ O	0.96	Hematita	0.782	30.00
BaO	0.05	Carbón	1.100	43.00
F ₂	0.22	Azufre	1.200	126.00
SO ₃	0.03			
TiO ₂	0.05	Vidrio Ambar (C)	500.000	8,970.00
			1,099.398	30,132.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1417.83°C
 Temperatura de líquidos 1030.33°C
 Durabilidad 7.22 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.94°C
 Densidad 2.5139 g/ml
 Tiempo de fraguado 101.67 seg.

VIDRIO VERDE ESMERALDA CON 10 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 70.07	Arena Jaltipan "B"	538.920	15,081.00
Al ₂ O ₃ 2.67	Soda	201.515	18,540.00
Fe ₂ O ₃ 0.12	Caliza "B"	180.838	875.00
CaO 11.19	Feldespatu Ahuazotepec	134.800	1,601.00
MgO 0.39			
Na ₂ O 14.07	Espatoflour	4.562	279.00
K ₂ O 0.85	Sulfato de Sodio	3.989	174.00
BaO 0.01	Dicromato de Sodio	2.487	933.00
F ₂ 0.22			
SO ₃ 0.25			
TiO ₂ 0.03	Vidrio Verde (C)	100.000	1,582.00
AS ₂ O ₃ 0.00			
Cr ₂ O ₃ 0.13			
		1,167.111	39,065.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1424.96°C
 Temperatura de líquidos 1030.20°C
 Durabilidad 6,79 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.19°C
 Densidad 2.5105 g/ml.
 Tiempo de fraguado 101.01 seg

VIDRIO VERDE ESMERALDA CON 20 % DE CULLET

COMPOSICION		MATERIALES	KILOS	COSTO
SiO ₂	70.05	Arena Jaltipan "B"	476.402	13,331.00
Al ₂ O ₃	2.67	Soda	178.934	16,463.00
Fe ₂ O ₃	0.13	Caliza "B"	159.587	772.00
CaO	11.16	Feldespató Ahuazotepec	122.811	1,459.00
MgO	0.42			
Na ₂ O	14.05	Espatoflour	4.363	267.00
K ₂ O	0.87	Sulfato de Sodio	3.703	162.00
BaO	0.01	Dicromáto de Sodio	2.416	906.00
F ₂	0.22			
SO ₃	0.25			
TiO ₂	0.03	Vidrio Verde (C)	200.000	3,165.00
AS ₂ O ₃	0.00			
Cr ₂ O ₃	0.13			

1,148.216

36,525.00

PROPIEDADES

Temperatura de Fusión 1425.35°C
 Temperatura de Líquidos 1030.19°C
 Durabilidad 6.77 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.17°C
 Densidad 2.5104 g/ml.
 Tiempo de fraguado 101.03 seg.

VIDRIO VERDE ESMERALDA CON 30 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 70.04	Arena Jaltipan "B"	413.887	11,582.00
Al ₂ O ₃ 2.67	Soda	156.353	14,385.00
Fe ₂ O ₃ 0.13	Caliza "B"	138.336	669.00
CaO 11.12	Feldespatos Ahuazotepec	110.823	1,317.00
MgO 0.46			
Na ₂ O 14.03	Espatoflour	4.164	255.00
K ₂ O 0.89	Sulfato de Sodio	3.418	149.00
BaO 0.02	Dicromato de Sodio	2.345	879.00
F ₂ 0.22			
SO ₃ 0.25			
TiO ₂ 0.03	Vidrio Verde (C)	300.000	4,747.00
As ₂ O ₃ 0.01			
Cr ₂ O ₃ 0.13			
		1.129.326	33,983.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1425.56°C
 Temperatura de líquidos 1029.47°C
 Durabilidad 6.73 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.11°C
 Densidad 2.5100 g/ml.
 Tiempo de fraguado 101.10 seg.

VIDRIO VERDE ESMERALDA CON 40 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 70.03	Arena Jaltipan "B"	351.369	9,833.00
Al ₂ O ₃ 2.67	Soda	133.770	12,307.00
Fe ₂ O ₃ 0.14	Caliza "B"	117.085	566.00
CaO 11.08	Feldespató Ahuazotepéc	98.835	1,174.00
MgO 0.49			
Na ₂ O 14.02	Espatoflour	3.965	243.00
K ₂ O 0.90	Sulfato de Sodio	3.133	137.00
BaO 0.02	Dicromáto de Sodio	2.274	853.00
F ₂ 0.22			
SO ₃ 0.25			
TiO ₂ 0.04	Vidrio Verde (C)	400.000	6,330.00
AS ₂ O ₃ 0.01			
Cr ₂ O ₃ 0.13			

1,110.431

31,443.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1425.98°C
 Temperatura de líquidos 1029.14°C
 Durabilidad 6.72 ml

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.08°C
 Densidad 2,5100 g/ml
 Tiempo de fraguado 101.13 seg.

VIDRIO VERDE ESMERALDA CON 50 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 70.02	Arena Jaltipan "B"	288.854	8,083.00
Al ₂ O ₃ 2.67	Soda	111.189	10,230.00
Fe ₂ O ₃ 0.15	Caliza "B"	95.834	463.00
CaO 11.35	Feldespato Ahuazotepec	86.847	1,032.00
HgO 0.52			
Na ₂ O 14.00	Espatoflour	3.766	231.00
K ₂ O 0.92	Sulfato de Sodio	2.848	124.00
BaO 0.02	Dicromato de Sodio	2.203	820.00
F ₂ 0.22			
SO ₃ 0.25			
TiO ₂ 0.04	Vidrio Verde (C)	500.00	7,912.00
As ₂ O ₃ 0.01			
Cr ₂ O ₃ 0.13			

1,091.541

28,901.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1426.42°C

Temperatura de líquidos 1029.12°C

Durabilidad 6.70 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.06°C

Densidad 2.5099 g/ml.

Tiempo de fraguado 101.15 seg.

VIDRIO VERDE ESMERALDA CON 60 % DE CULLET

<u>COMPOSICION</u>	<u>MATERIALES</u>	<u>KILOS</u>	<u>COSTO</u>
SiO ₂ 70.01	Arena Jaltipan "B"	226.338	6,334.00
Al ₂ O ₃ 2.67	Soda	88.608	8,152.00
Fe ₂ O ₃ 0.15	Caliza "B"	74.582	361.00
CaO 11.01	Feldespató Ahuazotepec	74.858	889.00
MgO 0.55			
Na ₂ O 13.98	Espatoflour	3.567	218.00
K ₂ O 0.94	Sulfato de Sodio	2.563	112.00
BaO 0.03	Dicromato de Sodio	2.133	800.00
F ₂ 0.22			
SO ₃ 0.25			
TiO ₂ 0.04	Vidrio Verde (C)	600.00	9,495.00
As ₂ O ₃ 0.01			
Cr ₂ O ₃ 0.13			
		1.072.649	26.361.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1426.96°C
 Temperatura de líquidos 1028.51°C
 Durabilidad 6.68 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 92.02°C
 Densidad 2.5099 g/cm³.
 Tiempo de fraguado 101.19 seg.

VIDRIO VERDE ESMERALDA CON 70 % DE CULLET

COMPOSICION		MATERIALES	KILOS	COSTO
SiO ₂	70.00	Arena Jaltipan "B"	163.818	4,584.00
Al ₂ O ₃	2.67	Soda	66.027	6,075.00
Fe ₂ O ₃	0.16	Caliza "B"	53.331	258.00
CaO	10.98	Feldespató Ahuazotepec	62.870	747.00
MgO	0.58			
NaO	13.95	Espatoflour	3.368	206.00
K ₂ O	0.95	Sulfato de Sodio	2.277	99.00
BaO	0.04	Dicromáto de Sodio	2.062	773.00
F ₂	0.22			
SO ₃	0.25			
TiO ₂	0.04	Vidrio Verde (C)	700.000	11,077.00
As ₂ O ₃	0.02			
Cr ₂ O ₃	0.13			

1,053.753

23,819.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1427.05°C

Temperatura de líquidos 1028.14°C

Durabilidad 6.65 ml

PROPIEDADES

Expansión lineal 91.98°C

Densidad 2.5035 g/ml

Tiempo de graguado 101.25 seg.

VIDRIO VERDE ESMERALDA CON 80 % DE CULLET

COMPOSICION		MATERIALES	KILOS	COSTO
SiO ₂	69.99	Arena Jaltipan "B"	101.302	2,835.00
Al ₂ O ₃	2.67	Soda	43.444	3,997.00
Fe ₂ O ₃	0.17	Caliza "B"	32.080	155.00
CaO	10.94	Feldespató Ahuazotepec	50.862	605.00
MgO	0.61			
Na ₂ O	13.94	Espatoflour	3.168	194.00
K ₂ O	0.98	Sulfato de Sodio	1.992	87.00
BaO	0.04	Dicromato de Sodio	1.991	747.00
F ₂	0.22			
SO ₃	0.25			
TiO ₂	0.04	Vidrio Verde (C)	800.000	12,670.00
As ₂ O ₃	0.02			
Cr ₂ O ₃	0.13			
			1.034.359	21,290.00

PROPIEDADES

Temperatura de fusión 1247.64°C
 Temperatura de líquidos 1027.89°C
 Durabilidad 6.64 ml.

PROPIEDADES

Expansión lineal 91.95°C
 Densidad 2.5094 g/ml
 Tiempo de fraguado 101.29 seg.

COSTO POR TONELADA DE LOS MATERIALES

M A T E R I A L E S	COSTO POR TONELADA
ARENA SAN JOSE	32,296.00
ARENA JALTIPAN "B"	27,984.00
SODA	92,003.00
CALIZA "A"	6,359.00
CALIZA "B"	4,835.00
FELDESPATO SAN JOSE	34,378.00
FELDESPATO AHUAZOTEPEC	11,882.00
ESPATOFUOR	61,122.00
HEMATITA	38,323.00
CARBON	39,375.00
AZUPRE	105,294.00
SULFATO DE SODIO	43,669.00
NITRATO DE SODIO	96,000.00
ARSENICO	425,715.00
COLOR "B"	270,000.00
DICROMATO DE SODIO	374,902.00
VIDRIO CRISTALISADO (C)	18,960.00
VIDRIO AMBAR (C)	17,940.00
VIDRIO VERDE	15,815.00

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos es posible concluir, - que entre más cullet se use, reduce el consumo de los materiales finos (arena, soda, caliza, feldespatos, etc.), siendo una relación inversamente proporcional.

Los porcentajes de cullet foráneo recomendables son: para el vidrio cristalino de 40 %, para el vidrio ámbar de 60 % y para el vidrio verde esmeralda de 80 %.

El uso de cullet foráneo, en las formulaciones del vidrio soda-cal, representa un considerable ahorro de dinero, en la elaboración de envases de vidrio.

Se ha generado la directriz de que todas las plantas de envases de vidrio, del Grupo Vitro, usen altos porcentajes de cullet foráneo, sabiendo de antemano que las propiedades del vidrio no cambian considerablemente, al grado de afectar el proceso de formación del envase.

VII. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Bamford, C.R. Colour Generation and Control In-Glass, Elseviers Cientific Publishing Company USA. 15 - 25 (1977).
- 2.- Bereznoi, A.I. Glass ceramics and Photos-Sitalls. Plenum Press. USA. 195 -197(1970).
- 3.- Castillo, B.H.F. La Sociedad de la Basura, Instituto. de Investigaciones Sociales, U.N.A. Mexicana., 27 - 70 (1983).
- 4.- Norton, H.F. Cerámica para el Artista Alfarero, C.F.C.S.A. Barcelona. 259-289(1982).
- 5.- Mandring, W.H. and Diked, M.G. Apractical approach to evaluation - redox phenomina envolved in the - meting fining of soda-lime glasses. journal of Non-Cristalline Solids- 38:813-818 (1980).
- 6.- Morey, W.G. The propierties of glass, American Chemical Society Monograph Series, USA. 100-113. (1932).
- 7.- Levin, M.E. Robins R.C. and Murdie F.H., Phase - diagrams for ceramists. The American Ceramic Society Inc. 45-48 USA. (1964).

- 8.- Paul,A.M.C. Chemistry of glasses, Chapmas and Hall. New York 29 - 45 (1982).
- 9.- Rawson,H. Propierties and Aplicarion of Glass. Science and Technology, New Yokr. 75 - 92 (1980).
- 10.- Salmang,G. Fundamentos-Físico-Químicos de la Fabrícación del vidrio. Aguilar, - España. 18 -22 (1962).
- 11.- Shand,E.B. Glass Unginiering Handbook, Mc. -- Graw-Hill Company Inc.11-20 USA. (1962).
- 12.- Tooley,Y.E. The Hand Book of glass Manufactuere Book for Industry Inc. USA.170-191 (1951).
- 13.- Woldemar,A.W. Coloured Glasses, Society of Glass Tecnology 70 - 75 (1951).
- 14.- Woldemar,A.W. and Chostner,M.E. The Constitution of Glass,Inter-- science Publishers. 28-36 (1968).