

801011

FECHA DE DEVOLUCION

El último sello marca la fecha tope para ser devuelto este libro.

Vencido el plazo, el lector pagará ^{40. =} 200 peso por cada día que pase.

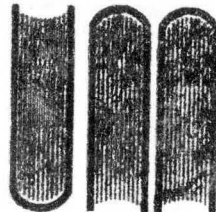
(11-013)

27 NOV. 1977	6 OCT. 1987
21 NOV. 1979	1 NOV. 1987
28 NOV. 1979	28 ENE. 1988
3 SET. 1980	31 AGO. 1988
20 OCT. 1980	7 OCT. 1988
4 OCT. 1981	7 OCT. 1988
23 NOV. 1982	7 OCT. 1988
5 MAYO 1982	8 NOV. 1988
1982	
16 OCT. 1984	2 FEB. 1989
23 OCT. 1984	2 ABR. 1989
1 NOV. 1984	
28 SET. 1987	
3 NOV. 1987	

Stamp: **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO**
BIBLIOTECA
MAR. 26. 1993

UNIVERSIDAD DE MONTERREY

DIVISION DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS



UNIVERSIDAD
DE MONTERREY

040.66
G245a
1978

ANTE-PROYECTO PARA LA INSTALACIÓN DE
UNA PLANTA PRODUCTORA DE VIDRIO
PARA BOTELLAS.

REPORTE DEL PROGRAMA DE EVALUACION FINAL

QUE PRESENTA

ADRIANA GUADALUPE GARZA CAVAZOS

EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

folios 801011

MONTERREY, N. L.,

MAYO DE 1978

UNIVERSIDAD DE MONTERREY

Division de Ciencias Naturales y Exactas

Ante-proyecto para la instalación de una planta
productora de vidrio para botella

Reporte del Programa de Evaluación Final

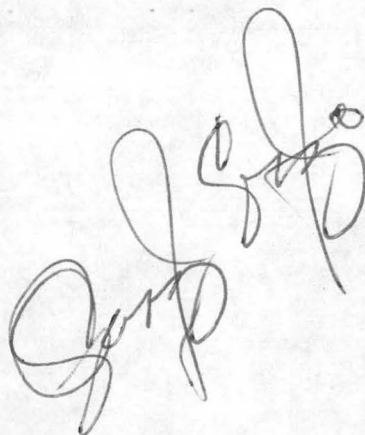
Que presenta

Adriana Guadalupe Garza Cavazos

en opción al título de

INGENIERO QUIMICO

Monterrey, N.L.



Mayo 1978

Con cariño para mis padres
a quienes debo la culmina-
ción de mis estudios

A mis hermanos, maestros y
amigos por toda su ayuda

Con amor para quien es mi
impulso y realización

INDICE

	hoja
Introducción - - - - -	1
Capítulo #1	
Generalidades - - - - -	2
Capítulo #2	
Localización de la planta - - - - -	10
Capítulo #3	
Datos preliminares para el proyecto de construc <u>ción</u> - - - - -	16
Capítulo #4	
Ingeniería del Proceso - - - - -	17
Balance de Materia - - - - -	19
Balance de Energía y cálculos para el comb. -	22
Capítulo #5	
Diagrama de flujo - - - - -	30
Capítulo #6	
Costos de producción - - - - -	33
Capítulo #7	
Conclusiones - - - - -	34
Bibliografía - - - - -	35
Referencias - - - - -	36

INTRODUCCION.-

La tecnología del vidrio ha adelantado más en los últimos cincuenta años que en los cuatro mil años en los que ya se conocía el vidrio hecho por el hombre.

Con el advenimiento en el siglo XX, de revolución mecánica y el establecimiento de la investigación científica en la industria, empezaron a introducirse una serie de perfeccionamientos revolucionarios en el vidrio y su fabricación que no parecen haber terminado aún. En la mayoría de los artículos de vidrio se ha conseguido un aumento sorprendente en la resistencia y en la duración.

Los perfeccionamientos introducidos en la fusión continua y en la conformación automática de gran velocidad han conducido a la producción en masa de artículos de alta calidad que se usan por millares, por ejemplo: frascos, tarros, bulbos, tubos, barras, etc.

En el presente estudio se tratarán de recalcar los principales puntos a tomar en cuenta para establecer una planta productora de vidrio para botellas; se tomó ésta decisión porque es el vidrio más comercial y como se verá más adelante existe una variedad muy grande de vidrios, y cada uno de estos son diferentes tanto en sus propiedades físicas como en algunos de sus componentes, por lo que no se puede generalizar el trabajo a "producción de vidrio".

Historia del vidrio
Tipos
Propiedades físicas
y químicas
Química del vidrio

CAPITULO #1

Generalidades.-

1.1 Definición.-

El vidrio es un líquido rígido sobreenfriado, sin punto de fusión definido, que posee una viscosidad suficientemente elevada para impedir su cristalización, también se dice que es la unión de óxidos inorgánicos no-volátiles, que resultan de la descomposición y fusión de compuestos alcalinos y alcalinoterreos, arena y otros constituyentes.

1.2 Historia.-

El descubrimiento del vidrio es muy incierto, una de las primeras referencias a este material, es el relato de como unos mercaderes fenicios lo descubrieron mientras cocinaban en un recipiente colocado casualmente sobre una masa de carbonato sódico natural, situado a la orilla del mar. La unión de la arena y del álcali atrajo la atención de los hombres que se esforzaron en repetirla.

Los primeros talleres de vidrio americanos se fundaron a principios del siglo XVII, en Jamestown en 1608 y en Salem Mass. en 1639. Los métodos seguían siendo practicamente manuales y empíricos, el único perfeccionamiento durante este período se limitaban a la purificación de los materiales empleados.

El advenimiento de los automóviles cerrados creó una enorme demanda de lámina de vidrio de tamaños pequeños, por lo que casi todas las ramas de la industria del vidrio se encontraron en proceso de rápida evolución; se inventaron máquinas automá-

ticas para aumentar la velocidad de producción de botellas, bombillas de luz eléctrica, etc., a la vez que se lanzaron al mercado nuevos productos.

Como consecuencia de ello, la industria del vidrio ^{es} hoy día un campo sumamente especializado, que emplea todos los elementos de la ciencia moderna para la producción, control y desenvolvimiento de sus numerosos productos.

1.3 Clasificación.-

A pesar de los notables avances realizados en el campo del vidrio durante los últimos 30 años, es digno de notarse que la cal, la sílice y la sal soda, siguen representando el 90% en la composición de todos los vidrios del mundo. Las variaciones han sido grandes sólo en lo que se refiere a los ingredientes menores y pequeñas en los ingredientes principales, que son los mencionados anteriormente.

En general los vidrios comerciales se agrupan en seis clases diferentes:

1.- Vidrio de Sílice.- Vidrio fabricado fundiendo sílice pura, sin fundente, de mucha resistencia térmica y química. También se le llama vidrio de cuarzo, se caracteriza por tener poca dilatación y muy elevado el punto de reblandecimiento; es extraordinariamente transparente a la luz ultravioleta.

2.- Silicatos alcalinos.- Vidrios solubles utilizados únicamente como soluciones. Se obtienen simplemente fundiendo sílice con carbonato sódico y el producto resultante se llama silicato de sodio.

3.- Vidrio cálcilo.- Vidrio Sosa-cal-sílice, de muy amplias aplicaciones, como por ejemplo: vidrios lisos de ventana, vasos, cristalería de mesa, etc. Este vidrio representa, y con mucha diferencia, el mayor volúmen de todo el vidrio que se fabrica.

4.- Vidrio de plomo.- Productos obtenidos a partir de Oxido de Plomo, Sílice y álcali, para efectos decorativos y ópticos; tienen gran importancia en los trabajos de óptica debido a sus elevados índices de refracción y dispersión. Se emplean también grandes cantidades en la construcción de focos a causa de la gran resistencia eléctrica de éste vidrio.

5.- Vidrios borosilicados.- Vidrios de Oxido Bórico y sílice, contienen alrededor del 10 al 12% de B_2O_3 y 80 a 83% de sílice; tienen un coeficiente de dilatación pequeño, mayor resistencia al choque, excelente estabilidad química y notable resistencia eléctrica. Entre las muchas y diversas aplicaciones de estos vidrios figuran las vasijas resistentes al fuego, los objetos de laboratorio, las tuberías, los aislantes de alta tensión, etc. Se venden con el nombre de **PYREX**.

6.- Vidrios especiales.-

a) Vidrio coloreado.- Se obtiene agregando a la mezcla un agente apropiado, o precipitando partículas coloidales en el seno de un vidrio. Ejemplos del primer tipo son los óxidos cúpricos para el vidrio azul, el óxido de selenio para el rojo. Un ejemplo del segundo método de coloración es la precipitación de oro coloidal en el vidrio, que es el método de dispersión, produciendose así vidrio de oro rubí.

b) Vidrio traslucido.- Estos vidrios son claros cuando están fundidos, pero se tornan opalescentes al trabajar el vidrio pa

ra darle forma, debido a la separación y suspensión de partículas diminutas en el medio.

c) Vidrios de seguridad.- Pueden agruparse en dos clases generales; Vidrio de seguridad laminado, que está formado por dos láminas de plancha de vidrio fino, con una lámina de material plástico no frágil entre ellas, su característica de seguridad es exclusivamente la capacidad de la capa intermedia para retener los fragmentos originados en la rotura accidental del vidrio.

Y el vidrio de seguridad templado o endurecido por la acción del calor, es simplemente una sola lámina de vidrio sometida a un estado de compresión originado por el enfriamiento; cuando se perfora la capa externa, se rompe en trozos muy pequeños sin los acostumbrados bordes afilados cortantes.

d) Fibra de vidrio.- Debe su creciente utilidad a su extraordinaria finura. Puede hilarse, tejerse, prepararse como aislante y en una gran variedad de otros productos.

e) Vidrio rico en sílice.- Con un contenido ligeramente superior al 8% de Oxido de Boro y solamente un 4% de óxidos alcalinos. Tienen una extensa utilización para fabricar objetos de vidrio de laboratorio y domésticos o industriales como consecuencia de su gran resistencia química, eléctrica y térmica.

1.- Propiedades físicas y químicas.-

1.- Transparencia.- Es muy grande y permanente en casi todas las clases de vidrios.

2.- Dureza y resistencia al rayado.

3.- La excelente resistencia incluso a temperaturas bastante elevadas, a las reacciones con casi todos los compuestos químicos.

micos, es la razón por la cual se usan utensilios de vidrio en la ciencia química desde sus principios. La elevada - resistencia a los ácidos, excepto al ácido fluorhídrico, permite su limpieza y esterilización.

- 4.- Excelentes propiedades de aislamiento térmico.
- 5.- Propiedades ópticas esenciales en las lentes y en los prismas. El vidrio óptico debe poseer combinaciones apropiadas de índice de refracción y poder de dispersión, homogeneidad del más alto grado y una transparencia muy grande, (absorción mínima).
- 6.- Permanencia y naturaleza que no cambia con el tiempo. La estabilidad de las dimensiones y la forma es de orden muy elevado y no se producen cambios químicos internos sensibles con el transcurso del tiempo.
- 7.- El vidrio es un material refractario. Las propiedades del vidrio no se ven afectadas por el uso del mismo a temperaturas muy bajas o relativamente elevadas.
- 8.- Amplitud y facilidad para darle forma en caliente, facilidad para soldarlo y darle otra forma volviendolo a calentar.
- 9.- No es poroso.
- 10.- Transmisión elevada del calor en algunas aplicaciones. Los recipientes de vidrio, a pesar de la baja conductividad calorífica de éste material, calientan su contenido más rápi^damente que los recipientes de material brillante, porque el vidrio refleja y desperdicia una proporción mucho menor de la radiación calorífica incidente.

1.5 Materia Prima.-

La composición del vidrio que se obtendrá de éste estudio es la siguiente:

SiO ₂	74.5% en peso
Al ₂ O ₃	0.81%
Fe ₂ O ₃	0.09%
CaO	5.50%
MgO	4.10%
K ₂ O + Na ₂ O	15.00%

Basados en ésta composición la cual se sacó de la Referencia #1, a continuación hablaremos de la Materia Prima:

1) Arena Sílica:

Está formada principalmente por SiO₂ que tiene como propiedad, que al calentarse hasta la temperatura de reblandecimiento se obtiene un material amorfo que es de apariencia vidriosa, y que en sentido general del término es un vidrio. El SiO₂ es muy poco reactivo, resiste el ataque del Cloro, Bromo, Hidrógeno y de la mayoría de los ácidos, menos el del ácido fluorhídrico y el flúor. La composición promedio de la arena sílica que se usa en la fabricación del vidrio es la siguiente:

SiO ₂	99.30% en peso		
Fe ₂ O ₃	0.02%		Malla #20
Al ₂ O ₃	0.30%		Se debe controlar:
CaO	0.03%	Fe ₂ O ₃	0.020 ± 0.010
MgO	0.02%	Al ₂ O ₃	0.300 ± 0.200
H ₂ O	0.33%		

Esta arena siendo una fuente Lampazos, N.L., se puede transportar por medio de ferrocarril ó en camión, y su precio es de \$ 350/ton.

2) Feldespato:

Tiene la fórmula general R₂O.Al₂O₃.6SiO₂ donde R₂O representa Na₂O, K₂O ó una mezcla de ambos.

Los feldespatos tienen muchas ventajas sobre la mayor parte de los restantes materiales como fuente de Al_2O_3 . La composición del feldespato a usar, el cual se puede obtener de Lampazos, N.L., y es transportable por los mismos medios que la arena sílica y tiene un precio de \$675.00/tonelada, es la siguiente:

SiO_2	67.100% en peso		
Fe_2O_3	0.075%		
Al_2O_3	18.300%	Malla #20	
Na_2O	10.400%	Se controla:	
K_2O	3.300%	Fe_2O_3	0.075 ± 0.015
CaO	0.600%	Al_2O_3	18.300 ± 0.500
MgO	0.100%		
H_2O	0.125%		

3) Piedra Caliza:

La piedra caliza ha sido siempre un producto económico por encontrarse depósitos de ésta disponibles en muchas regiones. Esta materia prima la sacaremos del cerro de las Mitras, su composición es la siguiente, y su costo de \$32.00/ton.

$CaCO_3$	97.81% en peso
$MgCO_3$	1.39%
SiO_2	0.70%
Fe_2O_3	0.08%
Al_2O_3	0.02%

4) Carbonato de Sodio:

También llamado Sosa Solvay, es un sólido ligero fácilmente soluble en agua y contiene generalmente 99.2% de Na_2CO_3 . Su precio es aproximadamente de \$2500.00/tonelada.

5) Pedacería de Vidrio:

También se le llama Cullet, lo componen los envases desechados que se producen en la misma fábrica, el vidrio del chorreador que no se procesó y el vidrio proviniente del exterior, ya sea envases, cristales, etc. Como el vidrio producido pero no empacado merma las ganancias de la planta, para disminuir dicha merma, el cullet se vuelve a fundir junto con los materiales de mezclado, de hecho el cullet es tratado como otra materia prima y generalmente se almacena en un silo directamente conectado a la operación de mezclado.

El equipo usado para manejar el cullet, consiste generalmente de 3 partes:

- 1.- Un medio de transportar el vidrio desde su punto de origen. Esto generalmente se hace en góndolas tiradas por un tractor.
- 2.- Un quebrador adecuado. Aquí el más conveniente es una quebradora de quijadas, el vidrio al quebrarse debe quedar entre $7/8$ y $1/2$ de pulgada, ya que al entrar al horno se quiebra, quedando casi pulverizado debido al rápido calentamiento.
- 3.- Un elevador que lleve al cullet molido a su lugar de almacenaje. Si en la fábrica se produce más de un color de vidrio, es esencial que el almacenaje del cullet se haga de acuerdo a su color, un silo para el cristalino, otro para el verde, etc. Además también es conveniente almacenar por separado el cullet de la misma planta y el cullet foráneo.

La composición del cullet es la misma que la del vidrio obtenido como producto.

CAPITULO #2

Localización de la Planta.-

Es conveniente localizar la planta en algún sitio cercano a la ciudad de Monterrey y no en ella misma, por considerar razonable la política del gobierno mexicano de descentralizar la industria hacia zonas rurales, siempre que la distancia al centro de consumo sea razonable.

Se tienen las siguientes alternativas para la localización dentro del Estado de Nuevo León:

- A₁ = Villaldama
- A₂ = Salinas Victoria
- A₃ = San Nicolás de los Garza
- A₄ = Santa Catarina

Los criterios que se han tomado en cuenta para apoyar la toma de decisiones son las siguientes:

- C₁ = Suministro de combustible
- C₂ = Suministro de agua, luz y gas natural.
- C₃ = Servicio telefónico
- C₄ = Fletes de ferrocarril para Materia Prima de Lampazos
- C₅ = Fletes de ferrocarril para Materia Prima de Santa Catarina.
- C₆ = Costo de Mano de Obra
- C₇ = Cercanía de carretera
- C₈ = Cercanía de ferrocarril

DATOS:

C ₁	Si se surte a: 53 cts/lto	Si se surte a: 42 cts/lto	Si se surte a; 38 cts/lto	Si se surte a: 35 cts/lto
C ₂	No hay suministro de gas pero si de agua y luz		Si hay suministro de gas pero limitado y si hay agua y luz	
C ₃	Todos tienen cable telefónico solo hay que hacer contrato			
C ₄	El factor para todos es el mismo 0.35 pesos/ton Km			
C ₅	El factor para todos es el mismo 0.35 cts/ton Km			
C ₆	\$75.00/dia	\$95.00/dia	\$95.00/dia	\$113.00/dia
C ₇	A 3 Km está la carretera esta tal #34	A 2 Km está la carretera esta tal #34	A 1 Km está la carretera esta tal #34	A 2 Km está la carretera fede ral #40
C ₈	Cruzan las vías que vienen de Lampazos a Monterrey			Cruzan las vías que van de Mty. a Saltillo

ASIGNACION DE VALORES A LAS ALTERNATIVAS:

Criterio 1.-

	pts/lto	fracción
A ₁	53	0.32
A ₂	42	0.25
A ₃	38	0.22
A ₄	35	0.21

Criterio 2.- Si hay suministro de luz y agua en todas las alternativas.

	Valor	Razonamiento
A ₁	0.2	No hay suministro de gas.
A ₂	0.2	No hay suministro de gas.
A ₃	0.3	Si hay gas, pero limitado.
A ₄	0.3	Si hay gas, pero limitado.

Criterio 3.- Es igual en todas las alternativas porque si hay cable telefónico, solo hay que hacer el contrato.

A ₁	0.25
A ₂	0.25
A ₃	0.25
A ₄	0.25

Criterio 4.- La base será el costo, en función de la distancia de Lampazos, N.L. a cada una de las alternativas.

	Distancia Km	Factor cts/ton Km	Costo/ton	Fracción
A ₁	35	0.35	12.25	0.0914
A ₂	99	0.35	34.65	0.2585
A ₃	116	0.35	40.60	0.3028
A ₄	133	0.35	46.55	0.3473

Criterio 5.- Función de la distancia de Sta. Catarina a las alternativas.

	Distancia	Factor	Costo/ton	Fracción
A ₁	98	0.35	34.30	0.6579
A ₂	34	0.35	11.90	0.2281
A ₃	17	0.35	5.95	0.1140
A ₄	0	0.35	0.00	0.0000

Criterio 6.- Costo de Mano de Obra que varía dependiendo del lu
gar.

	Costo/dia	Fracción
A ₁	\$75.00	0.198
A ₂	\$95.00	0.251
A ₃	\$95.00	0.251
A ₄	\$113.00	0.300

Criterio 7.- Mientras mas grande sea la distancia, mayor será
nuestro costo de transportar el producto al mercado.

	Fracción
A ₁	0.30
A ₂	0.25
A ₃	0.20
A ₄	0.25

Criterio 8.- Base a la proximidad de las vías de ferrocarril,
y como por todas estas alternativas cruzan las vías
todas tienen calificación igual.

	Valor
A ₁	0.25
A ₂	0.25
A ₃	0.25
A ₄	0.25

ASIGNACION DE VALORES A LOS CRITERIOS:

	Valor	Razonamiento
C ₁	1.0	Es muy importante puesto que sin él no se puede llevar a cabo el proceso.
C ₂	0.9	Muy importante puesto que estos servicios son <u>primordiales</u> en la construcción de una planta, y el gas se usa como sustituto del combustóleo.
C ₃	0.9	Muy importante para estar en comunicación constante con proveedores y clientes.
C ₄	0.7	Importante porque influye en nuestro costo.
C ₅	0.7	Importante porque influye en nuestro costo.
C ₆	0.7	Importante porque influye en nuestro costo.
C ₇	0.6	Importante por el menor costo de transportar el producto al mercado.
C ₈	0.8	Importante ya que nuestra Materia Prima se <u>transporta</u> por ferrocarril.

DETERMINACION DE LA FUNCION DE CRITERIO:

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	
X_i	1.0	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7	0.6	0.8
A_1	0.32	0.2	0.25	0.0914	0.6579	0.198	0.3	0.25
$A_1 X_i$	0.32	0.18	0.225	0.0639	0.4605	0.1386	0.18	0.2
A_2	0.25	0.2	0.25	0.2585	0.2281	0.251	0.25	0.25
$A_2 X_i$	0.25	0.18	0.225	0.1809	0.1596	0.1757	0.15	0.2
A_3	0.22	0.3	0.25	0.3028	0.1140	0.251	0.2	0.25
$A_3 X_i$	0.22	0.27	0.225	0.2119	0.0798	0.1757	0.12	0.2
A_4	0.21	0.3	0.25	0.3473	0.0	0.3	0.25	0.25
$A_4 X_i$	0.21	0.27	0.225	0.2431	0.0	0.21	0.15	0.2

Sumatoria $A_1 X_i = 1.7680$

Sumatoria $A_2 X_i = 1.5212$

Sumatoria $A_3 X_i = 1.5024$

Sumatoria $A_4 X_i = 1.5081$

Podemos observar que la menor función de criterio es la A_3 , por lo tanto nuestra decisión óptima es localizar la planta en San Nicolás de los Garza, N.L.

CAPITULO #3

Datos preliminares para el proyecto de construcción.-

Sabiendo que se ha escogido un lugar dentro de el municipio de San Nicolás de los Garza, N.L., a continuación se darán las características de éste:

- En ésta región los vientos varían dependiendo de la situación pero la dirección de los vientos dominantes es de Este-Sureste.
- No sufre de inundaciones como tampoco de huracanes, ciclones ó nevadas, la temperatura atmosférica máxima es de 40°C y la mínima de 0°C.
- El salario mínimo de la zona es de \$95.00, cuenta con transporte urbano, teléfono, radio, televisión, tiene servicios de agua potable, electricidad y fuerza motriz, drenaje, servicios educativos, centros de diversión, etc.
- Será necesario establecer los contratos y permisos de la Comisión Federal de Electricidad, Agua y Drenaje y Teléfonos de México para que nos suministren los servicios.
- Se usará el combustóleo como principal combustible y los otros posibles serán el gas ó el Diesel nacional, para el cual será necesario construir un depósito apropiado.

CAPITULO #4

Ingeniería del Proceso.-

Para la producción de vidrio para envases, actualmente se usan hornos regenerativos, de los cuales hay dos tipos utilizados en la industria, el horno "side-port" y el horno "end-port". Estos hornos tienen en común su estructura refractaria que comprende una cámara de fundido, una cámara de refinado y una garganta, éstas 3 partes se arreglan igual en los dos hornos. En lo que difieren es en el número y localización de los puertos, así como de las cámaras regenerativas.

La operación de los hornos se puede resumir así; el vidrio fundido está contenido en el fundidor y refinador con una profundidad por lo común de 40 pulgadas, desde el piso del horno hasta una altura conocida como la línea de metal. El rango de profundidad varía entre 22 y 46 pulgadas. Las máquinas cargadoras del horno lo alimentan depositando la mezcla sobre el vidrio fundido donde también se funde y forma parte del mismo.

Fundidor y refinador están unidos por una garganta que está bajo la superficie del vidrio, éste arreglo permite el flujo de una cámara a la otra, y del refinador hacia afuera del horno, el vidrio fluye a través de los chorreadores que son canales angostos y poco profundos conectados al refinador a la altura de la superficie del vidrio, los cuales son de refractario.

La operación del horno es continua y uniforme, ya que la mezcla se alimenta y funde a una razón igual a la que se extrae, o sea que se debe mantener una profundidad constante de vidrio en fundidor y refinador.

La temperatura de operación en el fundidor, generalmente varía entre 2600^oF y 2850^oF, de acuerdo a la cantidad de vidrio fundiéndose. Los quemadores lanzan sus llamas en el volúmen contenido entre la superficie del vidrio y la bóveda. El fuego se aplica por los puertos de un lado, viajando por arriba - de la superficie del vidrio y los gases de combustión saliendo por los puertos del lado opuesto. Este flujo se invierte a intervalos periódicos comunmente entre 15 a 30 minutos.

El aire de combustión (ver figura anexa), entra al sistema a través de la válvula reversible o de inversión de flujo, de ahí pasa por el canal que conecta la válvula con la cámara regenerativa, sube a través de los checkers y antes de entrar a los puertos se combina con el combustible que se distribuye por las tuberías, haciendo posible la combustión. Los gases calientes de ésta combustión salen por los puertos opuestos y bajan a traves de los checkers de la otra cámara y salen por el canal hacia la chimenea.

Como los gases de la combustión y de las reacciones contiene considerable calor sensible, es función de las cámaras regenerativas salvar algo de éste calor, utilizandose después para precalentar el aire entrante, el cual va a absorber gran parte de éste al pasar por los checkers. Es decir las cámaras permiten una utilización mas eficiente del combustible.

Los hornos "end-port" tienen solo dos puertos mientras que los "side-port" tienen entre 3 y 6 puertos de cada lado.

En el presente estudio utilizaremos un horno "side-port" porque ofrece una mejor flexibilidad para controlar el calor - sobre la masa de vidrio, lo que permite al operador distribuir mejor el calor.

Balance de Materia.-

Según datos obtenidos de la práctica, para poder producir 10,000 Kg de vidrio de la siguiente composición, (ref. #1)

SiO ₂	74.50% en peso
Al ₂ O ₃	0.81%
Fe ₂ O ₃	0.09%
CaO	5.50%
MgO	4.10%
Na ₂ O + K ₂ O	15.00%

necesitamos mezclar las siguientes cantidades de Materia Prima:

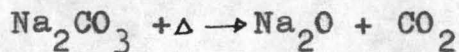
A = Arena Sílica	= 6546.51 Kg.
B = Na ₂ CO ₃	= 2240.81 Kg.
C = Piedra Caliza	= 1652.25 Kg.
F = Feldespato	= 287.26 Kg.
V = Cullet	= 1000.00 Kg.

El análisis de la Materia Prima es el siguiente:

A = SiO ₂	99.30%	F = SiO ₂	67.10%	C = CaCO ₃	97.81%
Fe ₂ O ₃	0.02%	Fe ₂ O ₃	0.075%	MgCO ₃	1.39%
Al ₂ O ₃	0.30%	Al ₂ O ₃	18.300%	SiO ₂	0.70%
CaO	0.03%	Na ₂ O	10.400%	Fe ₂ O ₃	0.08%
MgO	0.02%	K ₂ O	3.300%	Al ₂ O ₃	0.02%
H ₂ O	0.33%	CaO	0.600%	B = Na ₂ CO ₃	100.0%
		MgO	0.100%		
		H ₂ O	0.125%		

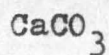
V = La misma composición de el vidrio producto.

Reacciones:

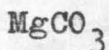


Compuesto

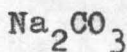
Peso Molecular



100



84.312



106



62



56



40.312



44

CO₂ desprendido de las reacciones:

$$\frac{44 \text{ Kg CO}_2}{100 \text{ Kg CaCO}_3} \times \frac{0.9781 \text{ Kg CaCO}_3}{1 \text{ Kg. de piedra caliza}} = \frac{0.430364 \text{ Kg CO}_2}{1 \text{ Kg. de piedra caliza}}$$

$$\frac{44 \text{ Kg CO}_2}{84.312 \text{ Kg MgCO}_3} \times \frac{0.0139 \text{ Kg MgCO}_3}{1 \text{ Kg de Piedra Caliza}} = \frac{0.007254 \text{ Kg CO}_2}{1 \text{ Kg de piedra caliza}}$$

$$\frac{44 \text{ Kg CO}_2}{106 \text{ Kg Na}_2\text{CO}_3} \times \frac{1 \text{ Kg Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ Kg de Soda Ash}} = \frac{0.415094 \text{ Kg CO}_2}{1 \text{ Kg de Soda Ash}}$$

Balance Total:

$$A + B + C + F + V = P + W$$

$$6546.51 \text{ Kg} + 2240.81 \text{ Kg} + 1652.25 \text{ Kg} + 287.26 \text{ Kg} + 1000 \text{ Kg}$$

$$- 10000 \text{ Kg} = W(\text{gases de chimenea humedos})$$

Balance de CO₂:

$$0.430364 C + 0.007254 C = + 0.415094 B = \text{Kg CO}_2$$

$$0.430364(1652.25) + 0.007254(1652.25) + 0.415094(2240.81) = \text{Kg CO}_2$$

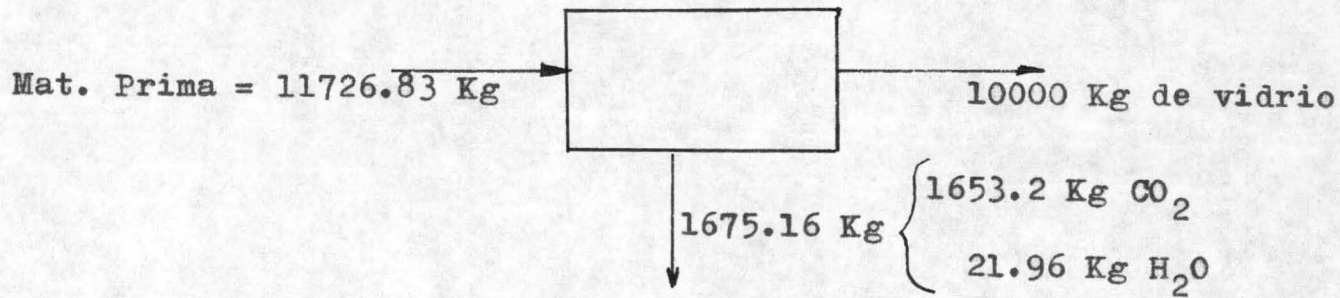
$$\text{Kg de CO}_2 = 1652.2 \text{ Kg}$$

Balance de H₂O:

$$0.0033 A + 0.00125 F = \text{Kg H}_2\text{O}$$

$$0.0033(6546.61) + 0.00125(287.26) = \text{Kg de H}_2\text{O}$$

$$\text{Kg de H}_2\text{O} = 21.96 \text{ Kg.}$$



BALANCE DE ENERGIA Y CALCULOS
PARA EL COMBUSTIBLE

Calor necesario para fundir el vidrio:

$$T_1 = 25^{\circ}\text{C} \quad (\text{temp. de entrada de la materia prima})$$

$$T_2 = 2850^{\circ}\text{F} = 1565.55^{\circ}\text{C} \quad (\text{temp. de fusión de la mezcla})$$

$$C_{p_m} = 0.3047 \text{ cal/gr } ^{\circ}\text{C} \quad (\text{ref. \#2})$$

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} 0.3047 \, dT = 0.3047 \text{ cal/gr } ^{\circ}\text{C} (1565.55 - 25)^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta H = 469.40 \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ Kg}} = 469.4 \text{ Kcal/kg de vidrio}$$

$$\Delta H = 469.4 \text{ Kcal/kg de vidrio}$$

$$\Delta H = 469.4 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg de vidrio}} \frac{\text{Kg de bomb.}}{9670 \text{ Kcal}} = 0.0485 \frac{\text{Kg de comb}}{\text{Kg de vidrio}}$$

Perdida de calor arrastrado por el producto:

$$T_1 = 25^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 2200^{\circ}\text{F} = 1204.44^{\circ}\text{C} \quad (\text{temp. a la que sale el vidrio del horno})$$

$$C_{p_m} = 0.3047 \text{ cal/gr } ^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} 0.3047 \, dT = 0.3047 \text{ cal/gr } ^{\circ}\text{C} (1204.44 - 25)^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta H = 359.37 \text{ Kcal/Kg de vidrio}$$

Calculos para el combustible:

Combustible: Combustoleo de PEMEX, cuya composición está dentro de las especificaciones del Fuel Oil N^o 6 de la ASTM y la cual es:

C 84.67 % en peso

H₂ 11.02%

O₂ 0.38%

N₂ 0.18%

S 3.97%

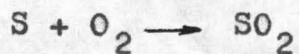
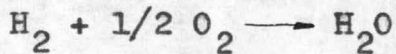
$$H \text{ comb} = 9670 \text{ Kcal/Kg comb.}$$

$$= 9544.3 \text{ Kcal/lto comb.}$$

$$\rho = 0.987 \text{ Kg/lto}$$

BASE: 1 Kg de combustóleo

Reacciones:



	% peso	P.M. Kg/mol-Kg	mol-Kg/Kg comb.	mol-gr/Kg comb.
C	84.67	12	0.07055	70.55
H ₂	11.02	2	0.05510	55.11
S	3.97	32.064	0.00123	1.23
O ₂	0.38	32	0.00011875	0.11875

70.55 mol-gr C se requieren para reaccionar con 70.55 mol-gr O₂

55.11 mol-gr H₂ se requieren para reaccionar con 27.55 mol-gr O₂

1.23 mol-gr de S se requieren para reaccionar con 1.23 mol-gr O₂

99.33 mol-gr O₂

O₂ que tiene el combustóleo -0.11875

O₂ necesario para la combustión 99.21 mol-gr O₂
Kg de comb.

$$\frac{99.21 \text{ mol-gr } O_2}{\text{Kg de comb.}} \times \frac{1 \text{ mol-gr aire}}{0.21 \text{ mol-gr } O_2} = 472.43 \frac{\text{mol-gr aire}}{\text{Kg de comb.}}$$

Suponiendo un 10% de exceso de aire:

$$O_2 \text{ exceso} = \frac{99.21 \text{ mol-gr } O_2}{\text{Kg de comb.}} \times 0.1 = 9.921 \text{ mol-gr } O_2 / \text{Kg de comb.}$$

$$O_2 \text{ total} = \frac{99.21 \text{ mol-gr } O_2}{\text{Kg de comb.}} \times 1.1 = 109.131 \frac{\text{mol-gr } O_2}{\text{Kg de comb.}}$$

$$N_2 \text{ total} = \frac{0.79 \text{ mol-gr } N_2}{0.21 \text{ mol-gr } O_2} \times \frac{109.131 \text{ mol-gr } O_2}{\text{Kg de comb.}} = 410.53 \frac{\text{mol-gr } N_2}{\text{Kg de comb.}}$$

Composición de los gases de combustión:

	mol-gr/kg de comb.	% peso
N ₂	410.53	75.00
O ₂	9.921	1.82
CO ₂	70.550	12.88
H ₂ O	55.11	10.06
SO ₂	<u>1.23</u>	<u>0.22</u>
	547.34	99.99

Cálculo de entalpías para gases de combustión:

Capacidades caloríficas medias (referencia #3), temp. de referencia 0°C, P=1 atm.; unidades cal/mol-gr °C

La salida de los gases es aproximadamente 300°C

	N ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O	SO ₂
25°C	6.960	7.002	8.716	8.012	9.2
300°C	7.023	7.265	10.003	9.256	10.46

$$h = C_p (T - T_{ref}) \quad T_{ref} = 0^\circ\text{C}$$

$$h = C_p T$$

$$h_1 = 6.96 \frac{\text{cal}}{\text{mol-gr } ^\circ\text{C}} \times 25^\circ\text{C} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} = 0.174 \text{ Kcal/mol-gr}$$

$$h_1 = 7.002 \frac{\text{cal}}{\text{mol-gr } ^\circ\text{C}} \times 25^\circ\text{C} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} = 0.175 \text{ Kcal/mol-gr}$$

$$h_1 = 8.716 \frac{\text{cal}}{\text{mol-gr } ^\circ\text{C}} \times 25^\circ\text{C} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} = 0.2179 \text{ Kcal/mol-gr}$$

$$h_1 = 8.012 \frac{\text{cal}}{\text{mol-gr } ^\circ\text{C}} \times 25^\circ\text{C} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} = 0.2003 \text{ Kcal/mol-gr}$$

$$h_1 = 9.200 \frac{\text{cal}}{\text{mol-gr } ^\circ\text{C}} \times 25^\circ\text{C} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} = 0.2300 \text{ Kcal/mol-gr}$$

$$h_2 = 7.023 \frac{\text{cal}}{\text{mol-gr } ^\circ\text{C}} \times 300^\circ\text{C} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} = 2.1069 \text{ Kcal/mol-gr}$$

$$h_2 = 7.265 \frac{\text{cal}}{\text{mol-gr } ^\circ\text{C}} \times 300^\circ\text{C} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} = 2.179 \text{ Kcal/mol-gr}$$

$$h_2 = 10.003 \frac{\text{cal}}{\text{mol-gr } ^\circ\text{C}} \times 300^\circ\text{C} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} = 3.000 \text{ Kcal/mol-gr}$$

$$h_2 = 8.256 \frac{\text{cal}}{\text{mol-gr } ^\circ\text{C}} \times 300^\circ\text{C} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} = 2.476 \text{ Kcal/mol-gr}$$

$$h_2 = 10.460 \frac{\text{cal}}{\text{mol-gr } ^\circ\text{C}} \times 300^\circ\text{C} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}} = 3.138 \text{ Kcal-Mol-gr}$$

Según datos obtenidos:

TABLA #1

	Entalpía a 1 atm. Kcal/mol-gr		Composición de los gases de comb. en mol-gr/Kg comb.
	h_1 (25°C)	h_2 (300°C)	
N ₂	0.174	2.1069	410.53
O ₂	0.175	2.179	9.921
CO ₂	0.2179	3.000	70.55
H ₂ O	0.2003	2.476	55.11
SO ₂	0.23	3.138	1.23

Perdidas de calor por los gases de combustión:

$$\Delta H = m(h_2 - h_1)$$

$$\Delta H = 410.53 \frac{\text{mol-gr}}{\text{Kg de comb.}} (2.1069 - 0.174) \frac{\text{Kcal}}{\text{mol-gr}} = 793.51 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg de comb.}}$$

$$\Delta H = 9.921 \frac{\text{mol-gr}}{\text{Kg de comb.}} (2.179 - 0.175) \frac{\text{Kcal}}{\text{mol-gr}} = 19.88 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg de comb.}}$$

$$\Delta H = 70.55 \frac{\text{mol-gr}}{\text{Kg de comb.}} (3.0000 - 0.2179) \frac{\text{Kcal}}{\text{mol-gr}} = 196.27 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg de comb.}}$$

$$\Delta H = 55.11 \frac{\text{mol-gr}}{\text{Kg de comb.}} (2.476 - 0.2003) \frac{\text{Kcal}}{\text{mol-gr}} = 125.41 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg de comb.}}$$

$$\Delta H = 1.23 \frac{\text{mol-gr}}{\text{Kg de comb.}} (3.138 - 0.230) \frac{\text{Kcal}}{\text{mol-gr}} = 3.57 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg de comb.}}$$

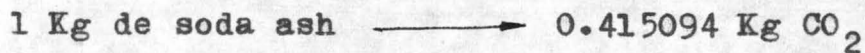
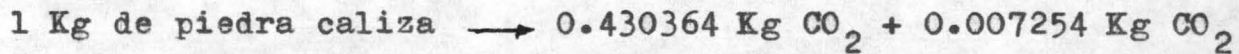
$$\Delta H = 1138.64 \text{ Kcal/Kg de comb.}$$

Perdidas de calor por el CO_2 y el H_2O de las reacciones:

(La temperatura de salida es la misma que los gases de combustión = 300°C). De la TABLA #1

	CO_2	H_2O
h_1	0.2179	0.2003
h_2	3.0000	2.476

Según Balance:



$$\frac{437.618 \text{ gr } \text{CO}_2}{1 \text{ Kg piedra caliza}} \times \frac{1 \text{ mol-gr } \text{CO}_2}{44 \text{ gr } \text{CO}_2} = 9.945 \frac{\text{mol-gr } \text{CO}_2}{1 \text{ Kg de piedra caliza}}$$

$$\frac{415.094 \text{ gr } \text{CO}_2}{1 \text{ Kg soda ash}} \times \frac{1 \text{ mol-gr } \text{CO}_2}{44 \text{ gr } \text{CO}_2} = 9.433 \frac{\text{mol-gr } \text{CO}_2}{1 \text{ Kg soda ash}}$$

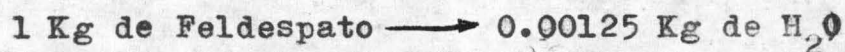
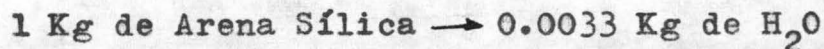
$$\Delta H = m(h_2 - h_1)$$

$$\Delta H = 9.945 \frac{\text{mol-gr}}{1 \text{ Kg piedra caliza}} (3.0000 - 0.2179) \frac{\text{Kcal}}{\text{mol-gr}} = 27.667$$

$$\Delta H = 9.433 \frac{\text{mol-gr}}{1 \text{ Kg soda ash}} (3 - 0.2179) \frac{\text{Kcal}}{\text{mol-gr}} = 26.246 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg soda}}$$

$$\Delta H = 27.667 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg piedra caliza}}$$

$$\Delta H = 26.243 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg soda ash}}$$



$$\frac{3.3 \text{ gr } \text{H}_2\text{O}}{1 \text{ Kg arena}} \times \frac{1 \text{ mol-gr } \text{H}_2\text{O}}{18 \text{ gr } \text{H}_2\text{O}} = 0.1833 \frac{\text{mol-gr } \text{H}_2\text{O}}{\text{Kg arena}}$$

$$\frac{1.25 \text{ gr } \text{H}_2\text{O}}{\text{Kg feldespato}} \times \frac{1 \text{ mol-gr } \text{H}_2\text{O}}{18 \text{ gr } \text{H}_2\text{O}} = 0.06944 \frac{\text{mol-gr } \text{H}_2\text{O}}{\text{Kg feldespato}}$$

$$\Delta H = m(h_2 - h_1)$$

$$\Delta H = 0.18330 \frac{\text{mol-gr}}{\text{Kg arena}} (2.476 - 0.2003) \frac{\text{Kcal}}{\text{mol-gr}} = 0.4171 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg arena}}$$

$$\Delta H = 0.06944 \frac{\text{mol-gr}}{\text{Kg feldespató}} (2.476 - 0.2003) \frac{\text{Kcal}}{\text{mol-gr}} = 0.158 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg feld.}}$$

Perdidas de calor a través de las paredes del horno:

El material de que van a estar hechas las paredes del horno es un ladrillo llamado Refractario de Electrofundido, y es una combinación de SiO_2 , Al_2O_3 y cuarzo.

La conductividad térmica y el espesor, se obtuvo de Vidriera Monterrey puesto que éste material no se hace aquí, sino que es de importación.

$$K = 0.1 \text{ BTU/hr pie } ^\circ\text{F}$$

espesor de la pared = 11 pulgadas

Sabiendo que:

$$1 \frac{\text{BTU}}{\text{hr pie } ^\circ\text{F}} = 1.486 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr m } ^\circ\text{C}}$$

$$1 \text{ pulgada} = 0.0254 \text{ m.}$$

$$k = 0.1486 \text{ Kcal/hr m } ^\circ\text{C}$$

espesor de la pared (Δx) = 0.2794 m.

$$T_2 = 2850^\circ\text{F} = 1565.55^\circ\text{C} \text{ (temp. interna)}$$

$$T_1 = 100^\circ\text{F} = 38^\circ\text{C} \text{ (temp. externa)}$$

$$A = 2(\text{largo} \times \text{alto}) + 2(\text{largo} \times \text{ancho}) + 2(\text{alto} \times \text{ancho})$$

$$\text{Ancho} = 1.4 \text{ m} \quad \text{Largo} = 1.8 \text{ m} \quad \text{Alto} = 1.2 \text{ m}$$

$$A = 2(1.8\text{m} \times 1.2\text{m}) + 2(1.8\text{m} \times 1.4\text{m}) + 2(1.2\text{m} \times 1.4\text{m})$$

$$A = 12.72 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{\Delta T}{R}$$

$$R = \frac{\Delta x}{KA}$$

$$R = \frac{0.2794 \text{ m hr m } ^\circ\text{C}}{0.1486 \text{ Kcal}(12.72 \text{ M}^2)} = 0.1478 \frac{\text{hr } ^\circ\text{C}}{\text{Kcal}}$$

$$Q = \frac{(1565.55 - 38)^\circ\text{C Kcal}}{0.1478 \text{ hr } ^\circ\text{C}}$$

$$Q = 10334.15 \text{ Kcal/hr}$$

Suponiendo una producción de 416.66 Kg de vidrio/hora

$$10334.15 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \times \frac{\text{hr}}{416.66 \text{ Kg vidrio}} = 24.8 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg de vidrio}}$$

Balance térmico:

Calor de combustión del combustóleo	= 9670 $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg comb.}}$
Calor necesario para fundir el vidrio	= 469.4 $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg vidrio}}$
Perdidas de calor por los gases de combustión	= 1138.64 $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg comb.}}$
Perdidas de calor arrastrado por el CO ₂ y el H ₂ O de las reacciones	= 27.667 $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg piedra}}$ + 0.4171 $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg arena}}$ + 0.1580 $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg feld.}}$ + 26.243 $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg de soda}}$
Perdidas de calor arrastradas por el producto.	= 359.37 $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg vidrio}}$
Perdidas de calor por las paredes	= 24.8 $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg vidrio}}$

BASE: 1 hora de producción

$$E = \frac{\text{Kg de comb.}}{\text{Kg de vidrio}}$$

$$9670 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg comb.}} E = 469.4 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg vidrio}} + 1138.64 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg comb.}} E$$

$$+ 27.667 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg piedra}} \times \frac{68.843 \text{ Kg piedra}}{416.66 \text{ Kg vidrio}} + 26.243 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg de sal}} \times \frac{93.36 \text{ Kg sal soda}}{416.66 \text{ Kg vidrio}} + 0.4171 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg arena}} \times \frac{272.77 \text{ Kg arena}}{416.66 \text{ Kg vidrio}}$$

$$+ 0.158 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg feld.}} \times \frac{11.969 \text{ Kg feld.}}{416.66 \text{ Kg vidrio}} + 359.37 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg vidrio}}$$

$$+ 24.8 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg vidrio}}$$

$$9670 \text{ E} = 469.4 + 1138.64 \text{ E} + 4.571 + 5.8802 + 0.273 + 0.0045 \\ + 359.37 + 24.8$$

$$8531.36 \text{ E} \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg comb.}} = 864.298 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg vidrio}}$$

$$\text{E} = 0.1013 \frac{\text{Kg comb.}}{\text{Kg vidrio}} \times \frac{416.66 \text{ Kg vidrio}}{1 \text{ hr}} = 42.21 \frac{\text{Kg comb.}}{\text{hr}}$$

$$\text{V} = \text{Masa/densidad} = \frac{42.21 \text{ Kg comb. lto}}{0.987 \text{ Kg hr}} = 42.76 \frac{\text{lts de comb.}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{total}} = 9670 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg comb.}} \times 42.21 \frac{\text{Kg comb.}}{\text{hr}} = 4.08 \times 10^5 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{total}} = 4.08 \times 10^5 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr.}}{416.66 \text{ Kg vidrio}} = 979.62 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg vidrio}}$$

CAPITULO #5

Diagrama de flujo.-

- 1.- Tolva de resepción de piedra caliza
- 2.- Molino de bolas
- 3.- Criba para la piedra caliza
- 4.- Molino de martillos secundario
- 5.- Silo de almacenamiento de piedra caliza
- 6.- Tolva de resepción de Feldespato, Na_2CO_3 y Arena Sílica
- 7.- Silo de almacenamiento de Arena Sílica
- 8.- Silo de almacenamiento de Na_2CO_3
- 9.- Silo de almacenamiento de Feldespato
- 10.-Tolva de resepción de Cullet
- 11.-Quebradora de quijadas
- 12.-Silo de almacenamiento de Cullet
- 13.ª y 14.- Tolvas pesadoras
- 15.-Mezcladora
- 16.- Tolva después del mezclado
- 17.-Elevador de cangilones
- 18.-Tolva de almacenamiento de mezcla antes del horno
- 19.-Horno

Descripción y Especificaciones del Proceso:

Piedra Caliza.-

La piedra caliza deberá llegar de la cantera en tamaño máximo de 1 metro, y la resepción de ésta será en una tolva con capacidad de 18 m^3 , que corresponde a la mitad de la capacidad de un furgón de ferrocarril.

Esta materia prima se llevará a un molino de bolas, el que se descarga sobre una criba con capacidad de 18 m^3 de piedra caliza por hora, que dejará pasar todo el material menor a 0.2 ó 0.05 pulgadas.

El material cribado de espesor mayor se pasará a un molino de martillos secundario de el que saldrá la piedra a una banda transportadora para llevarlo hasta un elevador de cangilones y depositarla en su silo.

Arena Sílica, Feldespato y Na_2CO_3 .-

Estos materiales se descargarán sobre una tolva con 2 m de radio y 2 m. de altura que alberga 1/2 furgón. De aquí se pasan directamente a un elevador de cangilones de 25 ton/hr de capacidad, para llevarlos a sus silos.

Los silos a usar serán de acero de forma cilíndrica y con fondo cónico, el cual debe tener un ángulo de 15° , ligeramente superior al ángulo límite de reposo para el material y el acero. Esta indicación se tomó de la práctica. Las dimensiones de los silos se calcularon tomando en cuenta un almacenaje de 30 días para todos y tomando un 20% como margen de error; ejemplo, el cálculo de el silo de arena:

$$6546.51 \text{ Kg/dia} \times 30 \text{ dias} = 196395.3 \text{ Kg}$$
$$\text{Masa/densidad} = V = \frac{196395.3 \text{ Kg}}{2400 \text{ Kg/m}^3} = 81.83 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. cilindro} = \pi r^2 h$$

$$\text{Vol. cono} = \pi r^2 h/3$$

$$V_{tot} = \pi r^2 h + \frac{\pi r^2 h}{3} \quad r = 2.5 \text{ m} \quad V_{tot} = \pi (2.5)h + \frac{\pi (2.5)h}{3}$$

$$81.83 \text{ m}^3 = (3.14)(19.63 \text{ m}^2)h + \frac{(3.14)(19.63 \text{ m}^2)h}{3}$$

$$h = 3.12 \text{ m (1.2)} = 3.75 \text{ m}$$

Silo de piedra caliza	radio = 1.5 m	altura 2.5 m
Silo de Feldespato	radio = 0.75 m	altura 1.75 m
Silo de Na ₂ CO ₃	radio = 1.5 m	altura 3.5 m
Silo de Cullet	radio = 0.5 m	altura 1.5 m

Es conveniente el vaciar periódicamente los silos para darle un giro a la materia prima, ésto debe realizarse cada 8 ó 10 meses. Los silos deben tener ventilas que provean un escape del aire que se desplaza por los materiales.

El siguiente paso es el mezclado, cuyo propósito es reunir las materias primas en las cantidades y pesos correctos para así mezclarlos mecánicamente y entregar el producto a los hornos. Esta operación se desarrolla en una sola construcción comunmente llamada la sala de mezclas.

El equipo de pesaje para éste estudio va a comprender de 2 básculas, una para la Arena, el Carbonato de Sodio y la Piedra Caliza y la otra para los demás materiales.

Una de las básculas, tambien llamadas tolvas pesadoras, va a tener un radio de 0.3 m y altura de 0.4 m, y la otra 0.6 m de radio y 0.4 m de altura.

Una vez pesado el material se va a pasar por medio de una banda transportadora a la mezcladora, ésta es de forma cónicoa con descarga en el ápice y con una capacidad de 500 Kg/hr de mezcla; éste mezclador estará colocado sobre el nivel del suelo, y la banda que lo alimenta no debe tener más de 15° de inclinación

perque se corre el riesgo de que se desplace la mezcla por la banda.

Una vez terminado éste paso, la mezcla se deja caer por gravedad sobre una tolva, que va a alimentar directamente a un elevador de cangilones, el cual descargará en una banda transportadora que llega hasta la tolva de almacenamiento del horno, con una capacidad de mezcla para 12 horas de producción, con 0.75 m de radio y 2 m de altura.

El horno mide 1.4 m de ancho, 1.80 m de largo y 1.20 m de altura; estas dimensiones se sacaron tomando en cuenta que se van a producir 420 kg/hr de vidrio. La profundidad del vidrio dentro del horno será de 0.20 m y la distancia entre la superficie del vidrio y el techo del horno es 0.4 m, según indicaciones tomadas de la práctica que dicen que la distancia antes mencionada debe ser el doble de la profundidad que tenga el vidrio, para que los gases de combustión tengan espacio para perder un poco del calor sensible que poseen y que no salgan a temperaturas demasiado elevadas.

CAPITULO #6

Costos de Producción.-

Materiales:

Arena:	196395.3	$\frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$	\times	$\frac{\$350.00}{1000 \text{ Kg}}$	$=$	\$68738.35
Caliza:	49567.5	$\frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$	\times	$\frac{\$32.00}{1000 \text{ Kg}}$	$=$	\$1586.16
Feldespató:	8617.8	$\frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$	\times	$\frac{\$675.00}{1000 \text{ Kg}}$	$=$	\$5817.015
Na_2CO_3 :	67224.3	$\frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$	\times	$\frac{\$2500.00}{1000 \text{ Kg}}$	$=$	\$168060.75
						\$244202.275

Mano de Obra:

Sueldo mínimo \$95.00 para 18 obreros

(6 obreros/turno): $\frac{\$1710.00}{\text{dia}} \times 30 \text{ dias} =$ \$51300.00

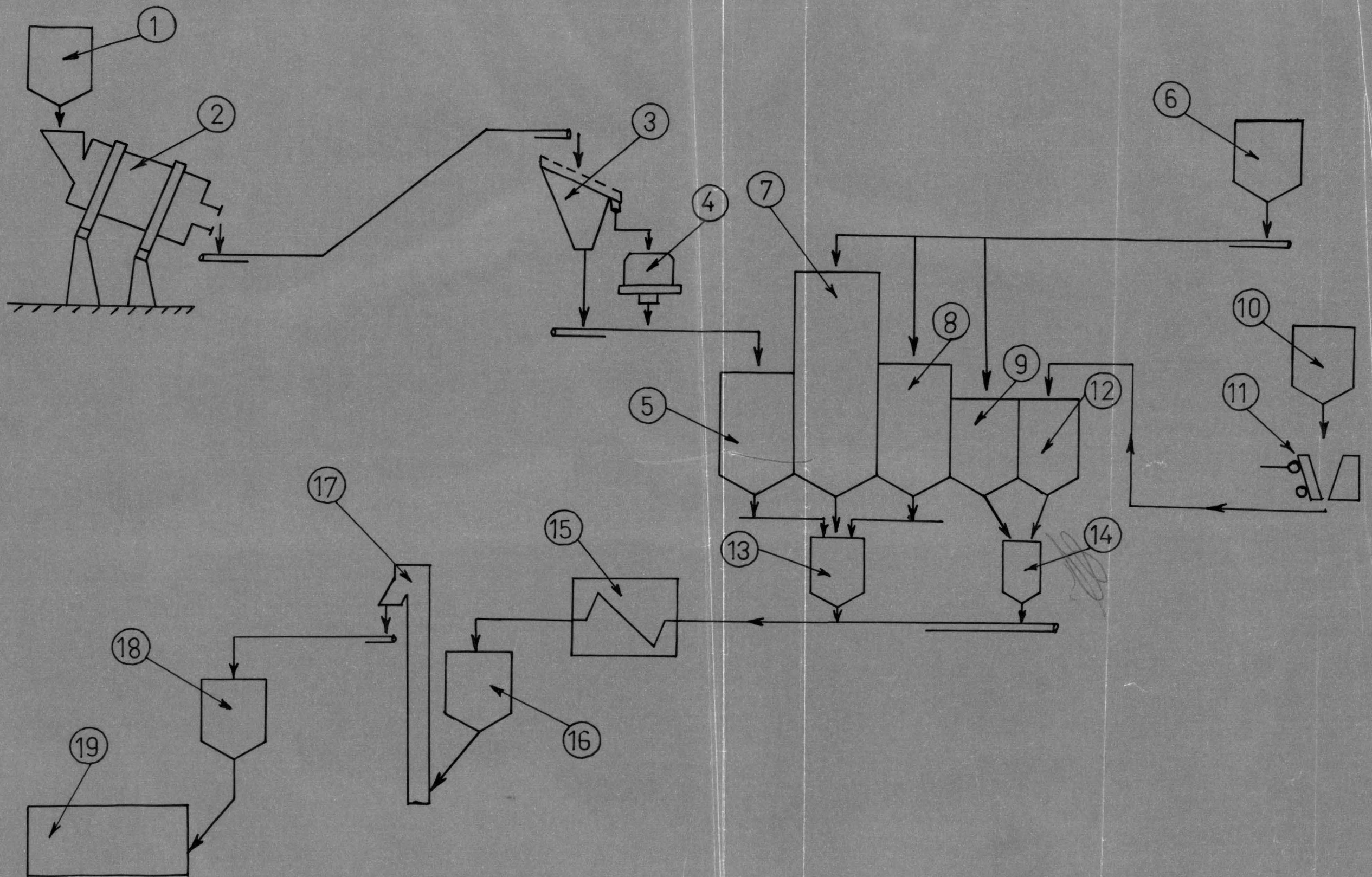
Combustible:

$\frac{\$2.76 \text{ lts comb.}}{\text{hr}} = 30787.2 \frac{\text{lts. comb.}}{\text{mes}} \times \frac{\$0.38}{\text{lto}} =$ \$11699.136

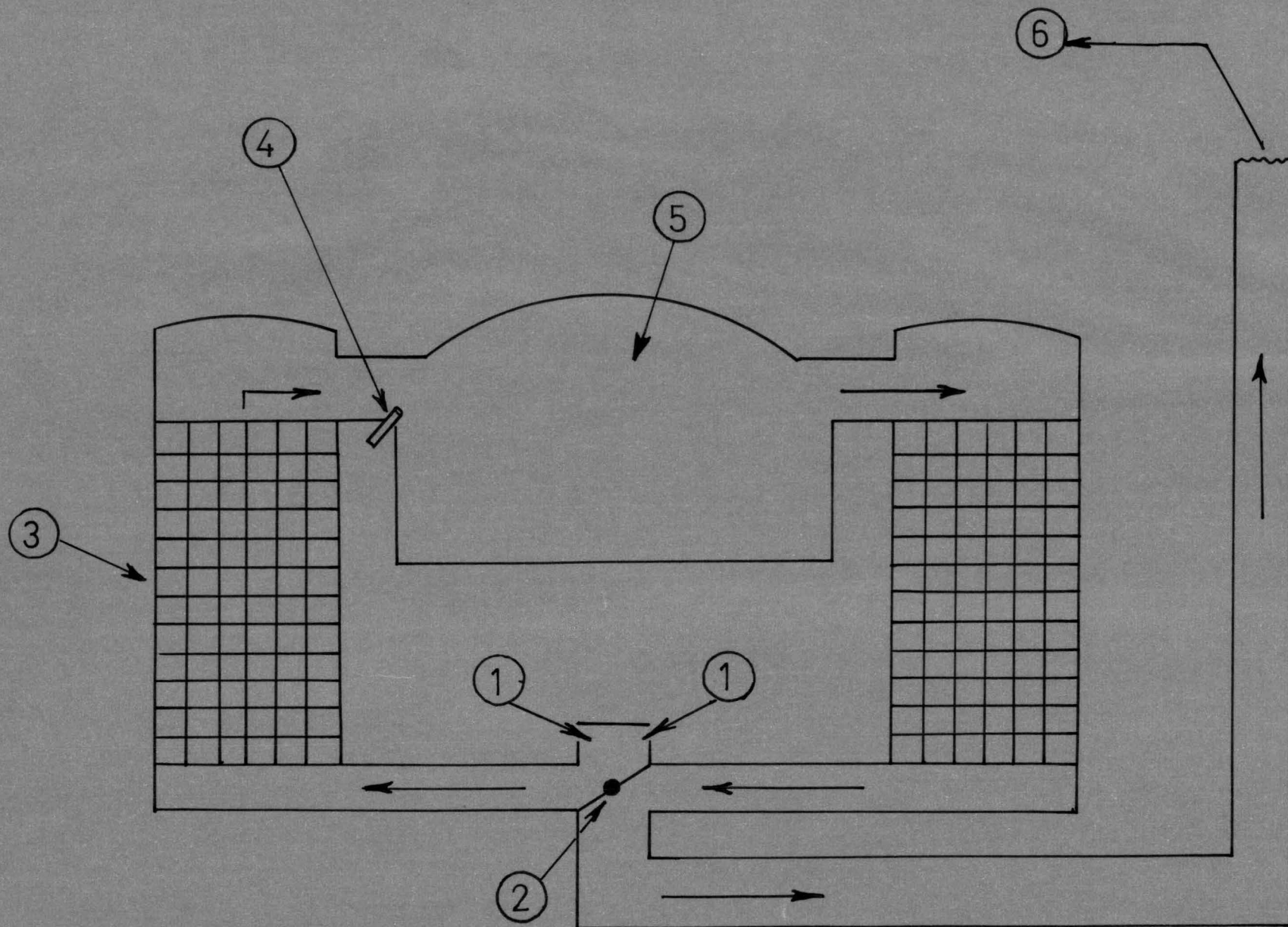
\$307201.411

Kg producidos de vidrio en un mes = 300,000 Kg.

Costo = $\frac{\$307201.411}{300000 \text{ Kg vidrio}} = 1.024 \frac{\text{Pesos}}{\text{Kg vidrio}}$.



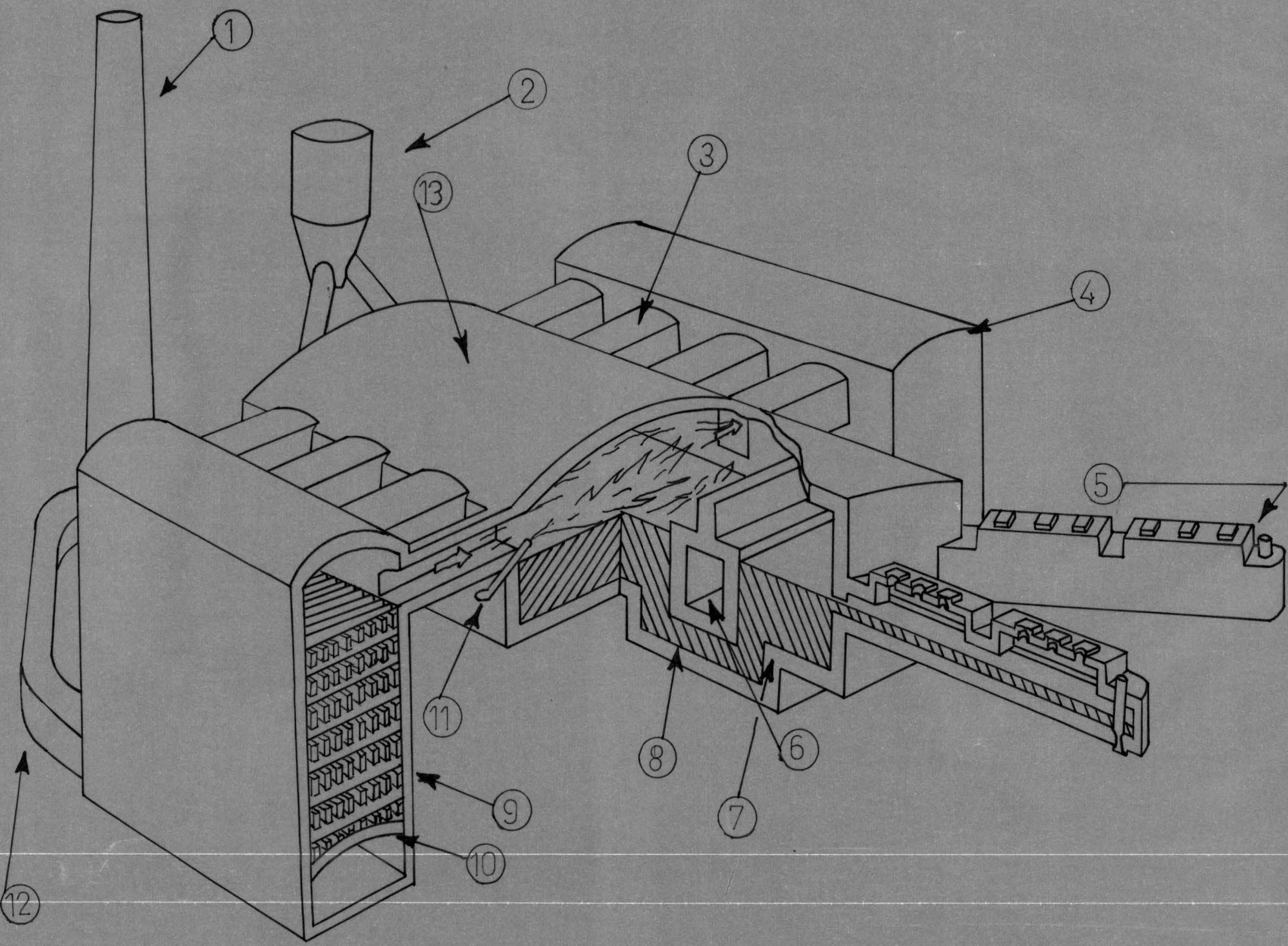
título:
Diagrama de flujo
hecho por:
Adriana Garza Cavazos
fecha: Mayo 16 de 1978



1	Entrada de aire
2	Válvula de inversion de flujo
3	Checkers
4	Quemador
5	Bóveda del horno
6	Gases de chimenea

título: Diagrama del proceso de regeneracion del aire

fecha: Mayo 16 de 1978



título: horno "Side-Port"	1- chimenea 2- tolva de alimentacion 3- puertos
hecho por: Adriana Garza	4- cámara regenerativa 5- alimentadores o chorreadores 6- pared de puente 7- refinador
fecha: mayo 16 - 1978	8- garganta 9- checkers 10- arco cargador 11- quemador
	12- túnel de chimenea 13- bóveda del fundidor

CAPITULO #7

Conclusiones.-

El presente estudio, como se podrá observar, es sólo una parte de el proceso para hacer botellas de vidrio; no se completó porque sería un estudio demasiado grande y no se cubriría con el tiempo dado; a nuestro producto aún le falta darle la forma y pasarlo por un horno de recocido, el cual evitará que el vidrio se enfríe rápidamente y sufra quebraduras el en vase.

La parte principal de éste proceso es el horno, de el cual se da una idea de su funcionamiento y sus partes principales, como lo son las cámaras regenerativas que nos ayudan a disminuir el gasto de combustible puesto que nos precalientan el aire entrante, bajandonos nuestros costos de producción.

En éste estudio se agregó pedacería de vidrio, sólo para - bajar los costos, pero no es una materia prima esencial, se puede prescindir de ella sin afectar con ésto la calidad de nuestro producto.

Con éste vidrio producto se puede hacer todo tipo de botellas, y si nosotros tomamos como base una de soda ó cerveza, cuyo peso es aproximadamente de 400 gr, nos damos cuenta de que - el costo de nuestro producto es bajo, puesto que de cada kilo de vidrio se obtienen mas de 2 botellas, que nos quedarían con un costo de 0.4096 pesos/botella.

Industrias de Proceso Químico
Shreve
Editorial Dossat, S.A.
Madrid, 1945

Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso
H.F. Rase y Barrow
C.E.C.S.A. 1a. Impresión
México, 1950

Glass Engineering Handbook
E.B.Shard
Segunda Edición
Mc Graw Hill Book

Fundamentos Fisico-Químicos de la fabricación del Vidrio
Hermann Salmang
Primera Edición
Editorial Aguilar

Manual del Ingeniero Químico
John H. Perry
3a. Edición Segunda Impresión
Mc Graw-Hill Book Company, Inc 1950

Introducción a la Ingeniería de Proyectos
Miguel Angel Corzo
Editorial Limusa
México, 1975

Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química
David M. Himmelblau
C.E.C.S.A. 10a. impresión
México, 1976

Transmisión de Calor
Aubrey I. Brown
C.E.C.S.A. 1a. Impresión
México, 1970

Contabilidad de Costos para uso de la Gerencia
David H. Li 1a. Edición
Editorial Diana.