

71

266.1 (1043)

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA**  
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEXICO  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS.**

---

Proyecto de Modificaciones a una Fábrica de  
==== Artefactos de Vidrio Soplado ====

**TESIS**



**ROBERTO PEREZ-VERDIA**

10073

GUADALAJARA, JAL.

OCTUBRE MCMXLIII



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

**DEDICO ESTE TRABAJO:**

**Con todo el cariño y gratitud  
que me merecen, a  
mis padres, el Sr. Lic.  
don JOSE PEREZ-VERDIA  
y la Sra. doña  
MARIA ABARCA DE PEREZ-VERDIA.**

**A mis maestros, Srs. Ingenieros  
D. ALBERTO LANCASTER JONES,  
D. SALVADOR SOTO MORALES Y  
D. ANTONIO ESCOBEDO.  
con sincero agradecimiento.**

**A la Señorita  
ALICIA PEREZ LOPEZ  
cariñosamente.**

**A todos y cada uno de mis  
hermanos, con el mayor afecto.**

**A mis maestros y compañeros  
con estimación.**

La elección del tema para este pequeño estudio la hice en vista de la gran importancia que ha adquirido el vidrio en nuestros días y tomando en cuenta que su fabricación entre nosotros se encuentra muy atrasada, ya que de las 18 fábricas de que tengo conocimiento existen en el país, sólo 2 emplean los métodos técnicos hoy en uso, siendo incapaces de abastecer el mercado nacional, tanto en variedad como en cantidad; por lo cual considero que presenta grandes oportunidades económicas el establecimiento de una fábrica de artefactos de vidrio soplado, con las modificaciones de que se hablará al desarrollar este trabajo. Su interés técnico es grande también pues requiere la aplicación de la Ingeniería Química, el análisis, etc.

Quiero hacer notar que no pretendo desdeñar a los competentes vidrieros que hay en México y que a pesar de los antiguos métodos que usan, han sabido imprimir a su trabajo un sello de indiscutible valor artístico.

# SUMARIO

**CAPITULO I.—** Datos preliminares.

El vidrio y el estado vítreo.

**CAPITULO II.—** Materias primas y sistema de trabajo actualmente en uso. Cualidades de la pasta que se obtiene.

**CAPITULO III.—** Pasta tipo más ventajosa y manera de obtenerla.

**CAPITULO IV.—**Equipo.

Reformas a los hornos de fusión y accesorios.

**CAPITULO V.—** Organización del soplado con la nueva pasta.

**CAPITULO VI.—** Estudio económico.

Costos; estadísticas; balance económico; conclusiones.

## CAPITULO I.

### DATOS PRELIMINARES.— El Vidrio y el estado Vítreo.

Es difícil dar una definición del vidrio, ya que ésta debería explicar su estructura, tan diferente de los cuerpos cristalinos y de las aleaciones metálicas; pero sin tomar en cuenta su constitución química, se considera como vidrio cualquier masa sólida, homogénea, isótropa y amorfa proveniente de la solidificación lenta y gradual de la masa fundida; no teniendo por consiguiente un punto de solidificación determinado, el cual es característico de las sustancias cristalizadas.

Aunque el concepto "solución sólida" es considerado por muchos como anticuado, me inclino a él por las razones que más adelante expondré y también porque de cualquier manera, ayuda a explicar gran número de propiedades físicas y químicas del vidrio. Cuando un metal, por ejemplo, pasa del estado líquido al sólido, lo hace a una temperatura determinada, tomando generalmente una forma cristalina, convirtiéndose de líquido isótropo en sólido anisótropo y añadiendo a la cohesión, la orientación. En el vidrio no ocurre esto, sino que en una forma gradual y a medida que la temperatura baja, se va haciendo más y más pastoso hasta convertirse en sólido, sin cambiar por esto su naturaleza y sus propiedades de homogeneidad, amorfismo e isotropía. Tal fenómeno se explica por una propiedad esencial del vidrio: la viscosidad; creciente tan rápidamente con el descenso de temperatura, que impide a las moléculas el movimiento necesario para su orientación, conservando por lo tanto las propiedades de la solución líquida. Tal estado puede considerarse estable, aunque todos los vidrios tienden a cristalizar y de hecho lo hacen, sin cambiar de forma como lo muestra el fenómeno de desvitrificación, bien conocido en la porcelana de Reanmur, pues es un fenómeno pudiéramos llamar de "sobrefusión", muy especial; en el cual el estado amorfo inestable adquiere, de hecho, una estabilidad tanto mayor cuanto más bajen las temperaturas, pues crece la viscosidad indefinidamente, oponiéndose a la cristalización.

Haciendo una comparación de las curvas de enfriamiento de tres soluciones típicas: acuosa, metálica (aleaciones) y vítreo, encontramos una diferencia fundamental: en los dos primeros casos, el cambio de estado se manifiesta por un cambio brusco en la dirección

de la curva, cosa que no sucede en el tercero. En el caso del metal, al llegar la temperatura a 'B' se detiene un cierto tiempo hasta llegar a 'C'; en el del líquido en sobresaturación, después de un descenso regular, la curva se remonta hacia la temperatura de cristalización, recobrando luego su paso descendente hacia la solidificación. Otra diferencia notable es el hecho exclusivo de la solución vítrea consistente en conservar su calor latente de fusión después de alcanzar el estado sólido y aún convertido (mediante un enfriamiento brusco), en tensiones internas o energía mecánica de gran potencia, como en las "lágrimas de Batavia". Un último hecho, de mayor importancia, diferencia más todavía la materia vítrea: es ésta una transformación muy especial que se manifiesta en el momento preciso en que el vidrio pasa del estado sólido al vítreo, preludio de su fusión. Se conoce por el estudio de las dilataciones mediante el aparato de Chévenard; este aparato registra gráficamente la diferencia de alargamiento entre una varilla del vidrio que se estudia y el testigo, encontrándose que a una temperatura muy cercana a la de aplastamiento por reblandecimiento del vidrio, la curva se levanta bruscamente, lo cual indica un aumento sensible del coeficiente de dilatación; ahora bien: ¿será esto debido a una modificación alotrópica ó a que el coeficiente de dilatación cúbica del vidrio en estado sólido es invariablemente menor que en el líquido? No es posible decirlo, pero de cualquier manera, puede caracterizarse el estado vítreo por este punto de transformación, o sea que hay un punto en la curva, correspondiente a cierta temperatura en la cual es imposible afirmar si el vidrio es una solución sólida ó líquida.

Mediante el estudio de las propiedades físicas se puede constatar que el vidrio posee las mismas que las soluciones líquidas, sólo que debilitadas debido a la gran viscosidad.

### **Propiedades físicas comunes a las soluciones líquida y vítrea.**

—La miscibilidad se encuentra frecuentemente en los líquidos v.gr. alcohol y agua; los vidrios silíceos y bóricos por ejemplo, cuando se encuentran suficientemente fundidos, se mezclan rápidamente dando un producto de composición homogénea. Otra propiedad común es la de disolver sales y gases, como lo hace el vidrio entre otras, con el cloruro y sulfato de sodio; los gases en él disueltos juegan un importante papel, pues tienen influencia en la temperatura de fusión, ya que aumentan la fruides. La cristalización, que para el vidrio toma el nombre de desvitrificación, puede efectuarse con relativa facilidad entre límites estrechos de temperatura, pues si ésta es mayor

de lo debido, se excede el punto de cristalización y si se baja demasiado, la viscosidad crece grandemente quitando la movilidad necesaria a las moléculas para la cristalización; no obstante, en ciertos casos el fenómeno de la cristalización puede continuar después de la solidificación y en frío, cuando queda en el seno de la masa una partícula cristalizada, que se va extendiendo hasta invadirla toda. Esto demuestra que las moléculas del vidrio conservan cierta movilidad. La dispersión, transparencia, reflexión y la refracción, propiedades de las soluciones líquidas, lo son también del estado vítreo, en el mismo orden y naturaleza.

El conocimiento de la viscosidad es el complemento de cualquier estudio que se haga sobre el vidrio y definición de la materia vítrea. Siguiendo al vidrio desde el estado de fluidez que posee a las más altas temperaturas, pasando por las de afinación, trabajo y recocido, se nota que aún abajo de ésta es capaz de fenómenos de electrólisis y reacciones químicas que prueban que no ha desaparecido toda la fluidez. Es suficiente constatar que todos estos cambios de temperatura y viscosidad se efectúan por variaciones insensibles, sin sacudidas ni paradas, sin manifestar ninguna reacción endo ó exotérmica para comprender que entre el vidrio líquido, pastoso y sólido no hay ninguna diferencia de constitución interna para admitir la noción de "solución sólida". Por la viscosidad, la cristalización, según lo hemos visto, se halla indefinidamente retardada y el vidrio se mantiene en ese estado especial de sobrefusión.

"Es la viscosidad, (según Le Chatelier), la más importante de las propiedades del vidrio; ella permite, por una parte, la confección de objetos soplados; entraña por otra parte serias dificultades en su fabricación; disminuye el desprendimiento de las burbujas gaseosas retenidas por la masa en fusión y exige para la afinación una temperatura elevada (al rededor de 1400°C) por largo tiempo sostenida. Entraña además, durante un enfriamiento demasiado rápido, el desarrollo de tensiones internas que dá al vidrio una gran fragilidad".

Estados sucesivos del vidrio y temperaturas que corresponden a la viscosidad:

Temperatura de afinación es aquella a la cual las burbujas gaseosas producidas por la descomposición de las materias incluídas, adquieren una fuerza ascensional superior a la que presenta la presión estática del vidrio aumentada por la resistencia al frotamiento dependiente de la viscosidad. Entre 1400° y 1300°C la fluidez se conserva constante, pero entre 1300° y 1200° la viscosidad aumenta bastante aprisa y como la fuerza ascensional de las burbujas está subordinada a ella, es fácil comprender que una variación de 25° ó 50° puede contrariar la fluidez, por lo que la tendencia operatoria es



de conservar durante este período la temperatura tan alta como sea posible, es decir, limitada por la resistencia del refractario.

Temperatura de "colecta" es a la cual se toma el vidrio ya sea por aspiración, por derrame, mediante la "caña", etc. Naturalmente, la temperatura y por ende la viscosidad, deben ser diferentes para cada una de las formas dichas. Según Le Chatelier, el mejor valor para tomar con la caña es de 300.

Viene en seguida la que llaman "descanso de fusibilidad" ó temperatura de trabajo, a la cual el vidrio se encuentra plástico. En el intervalo de temperaturas de este punto al comienzo de la de solidificación, la viscosidad varía a cada instante, en cuya circunstancia reside la dificultad y el arte del vidriero, quien debe modelar una materia que cambia a cada instante su calidad plástica. Bajo la temperatura de solidificación, el vidrio conserva cierta movilidad mecánica (revelada por la luz polarizada) que mediante un enfriamiento brusco se traduce en tensiones internas. (A esto se le llama temple).

En el mismo punto que la anterior comienza la temperatura de recocido, durante la cual el enfriamiento debe conducirse con mucha cautela para evitar el temple. Continuando el descenso de temperatura se ha observado que el vidrio conserva una movilidad de orden electrolítico y una de orden químico. La temperatura que limita los fenómenos eléctricos y que en un vidrio corresponde a la resistividad máxima, se ha encontrado ser al rededor de 200°C para los vidrios de aisladores; en cuanto a la movilidad química, su límite es indeciso porque bajo el efecto del radio, parece que las composiciones de doble descomposición adquieren una fuerza capaz de superar la viscosidad a muy baja temperatura.

La viscosidad varía también con la composición; entre las substancias que más influyen tenemos las siguientes:

Na<sub>2</sub>O      aumenta la fluidez

K<sub>2</sub>O      aumenta la fluidez menos que la anterior en igualdad de peso.

Ca O      vuelve el vidrio menos fluido a baja temperatura, pero más, a alta.

Mg O      lo vuelve menos fluido, pero solidifica más lentamente que los que son a base de Ca O y a igual temperatura, aquellos son más fluidos. Aumenta pues el intervalo de temperaturas para el trabajo y evita la desvitrificación.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>      eleva el punto de reblandecimiento y comunica a alta temperatura una viscosidad elevada, mayor que la producida por el Si O<sub>2</sub>; pero agregado en pequeña proporción a un

vidrio con Ca O, reduce su viscosidad y aumenta su durabilidad.

Si O: aumenta mucho la viscosidad.

B: O: fundente, dá brillantez y reduce el coeficiente de dilatación.

## CAPITULO II

### MATERIAS PRIMAS Y SISTEMA DE TRABAJO ACTUALMENTE EN USO

Las fábricas a que me refiero o sean las existentes en la ciudad de Guadalajara, así como la mayoría de las que hay en el país, no son propiamente fabricas de vidrio, pues no hacen éste sino que lo refunden, siendo su principal materia prima y la única fuente de abastecimiento, la pedacera de vidrio recolectada en las plantas embotelladoras y en los tiraderos municipales. Esto, como es fácil comprender, tiene muchos inconvenientes, a saber: la cantidad de que se puede disponer, además de muy variable es limitada; la composición de tal material es muy dispareja; se hace necesario, ya en la fábrica, proceder a su separación en clases o en colores; limpiar de todas las materias extrañas tales como tierra, grasa, clavos, piedras, etc., que suelen acompañarlo en gran cantidad y otras. Por esta razón no puede decirse la composición que usan ni predecir las cualidades de la mezcla resultante; sin embargo, dada la proporción de vidrio de botella que se usa, puede aventurarse que la composición de su pasta es la representativa de aquel y que aproximadamente es la siguiente:

Si O:	74.0%
Fe: O: Al:O:	0.5
Ca O	5.0
Mg O	3.5
Na:O	17.0

La vidriería entre nosotros puede ser considerada mejor como un arte, ya que la forma en que se trabaja es regida por la intuición y experiencia personal del vidriero, quien con gran celo guarda los secretos inherentes, los que se han venido transmitiendo de padres a hijos desde la época de la colonia, en que fueron establecidas por los españoles las primeras fábricas.

La forma en que se trabajan estas fábricas, con determinadas variaciones según el caso, es la siguiente: Al recibir la pedacera de vidrio se procede a la selección o separación en colores; en seguida se lava, traspaleándolo en cubas de agua; después se calienta en hornos y se le enfria rápidamente con objeto de volverlo friable; en

seguida se lleva a unos molinos consistentes en un plato circular fijo teniendo al centro un eje vertical con brazos horizontales de los cuales penden medianie cadenas, pesadas piedras que al ser arrastradas por el giro del eje, efectúan la molienda reduciendo la pedacera a pequeños granos que almacenan en grandes cajas. Previa mezcla con el óxido conveniente para dar la coloración deseada, la cual se hace a pala, es llevado al horno de fusión, el cual es de cuba o reverbero, alimentado con leña, chapopote o con ambos, alternando teniendo bocas para el trabajo por las cuales salen los gases producto de la combustión; la temperatura de trabajo se regula como todo lo demás "a ojo de buen cubero" pero es al rededor de 1200°. Se acostumbra trabajar de las 6 a las 14 horas, por lo que la carga se introduce en el horno al rededor de las 15 horas, sosteniendo algunos con leña el calor del horno, hasta como a las 24 horas, en que empiezan a quemar chapapote para elevar la temperatura y afinar el vidrio, lo cual queda realizado antes de las 6 horas, otros obran en forma inversa, es decir, fundiendo y afinando mediante el uso de aceite y metiendo después leña para mantener la temperatura adecuada durante el trabajo; otros, en fin, usan todo el tiempo aceite mineral o leña. Una vez manufacturado el artículo en los "obradores", (colocados en derredor del horno) es llevado por los "pasadores" o aprendices en piezas de madera a las "arcas" u hornos de recocido, los cuales son cámaras hechas con ladrillo común de construcción, abovedadas y con arena en el piso; tienen un pequeño hogar donde se quema leña. Siendo esta una fase tan importante y no contando con indicador ninguno ni control, se hace imprescindible un "arquero" competente y, por ende, experimentado.

El proceso de recocido se efectúa en una batería de arcas, acomodando las piezas de vidrio conforme se van produciendo hasta llenar la No. 1, pasando a la No. 2 y así sucesivamente, cerrándolas conforme se van llenando y dejando extinguir el fuego de su hogar; se da por terminada la operación y se procede a descargar las arcas por la tarde, cuando ya están frías. Los inconvenientes principales de este sistema son que requiere mucha mano de obra, que no todas las piezas sufren el mismo tratamiento tanto por permanecer más tiempo unas que otras como por estar más o menos alejadas de la fuente de calor; además, cada arca puede tener fácilmente diversas características y por ello enfriarse más lenta o rápidamente unas en relación con otras, teniendo influencia además la temperatura ambiente.

Por lo que antecede puede decirse que es casi imposible predecir los resultados que se obtendrán con un vidrio trabajado en esta forma; analizando, tenemos en primer lugar que la composición de

la pasta es muy variable por lo versátil de la materia prima; que por la pasta muy variable por lo versátil de la materia prima; que por esta misma razón y añadiendo al tanteo el colorante, el producto de cada hornada tendrá diversa coloración; que siendo cargado el horno con pedazos de vidrio del mismo tamaño, pero variando éste en cada molienda, deja un elevado porcentaje de intersticios, no formando una masa compacta, evitando así que el calor se transmita eficientemente; usando leña, aparte de elevarse muchísimo el costo de producción éste es muy variable según la época del año, además, es difícil controlar su combustión; saliendo las flamas por las bocas de trabajo se pierde una enorme cantidad de energía, elevando la temperatura de la sala hasta el grado de hacer muy penoso y perjudicial el trabajo de los obreros.

Los artículos elaborados suelen tener las llamadas "piedras" o sean granos provenientes de la desintegración de los materiales que constituyen el horno; "moco", o sean vetas de vidrio más "duro" o menos fusible que por no haberse homogeneizado la masa, ha quedado en un estado más pastoso que lo demás, ocasionando un desnivel de las tensiones en el vidrio, lo que origina en muchos casos su ruptura; pero en todo caso, deformando las piezas en que se encuentra, ya que al ser sopladadas éstas, por motivo de su mayor viscosidad, no cede a la presión del aire como lo demás. Por último, presentan gran número de burbujas motivadas por los gases desprendidos en el momento de la fusión y que no pudieron ser expulsados, dándoles éstas un aspecto desagradable, aunque por muchas personas son consideradas como una cualidad artística.

## **PASTA TIPO MAS VENTAJOSA Y MANERA DE OBTENERLA**

### **CAPITULO III**

Hay que hacer notar en primer lugar, que la composición de la pasta deberá variar dentro de límites más o menos extensos según la clase de artículos que se pretenda hacer, pues teniendo los hornos "de día" bastante flexibilidad y la demanda de artículos muy variada, habrá ocasiones en que se trabajen artículo de prensa, tubos, piezas de tamaño grande o las pequeñas denominadas de juguete; sin embargo, la composición de estas clases de vidrio es más o menos la misma, solamente que en unas se encuentran más agudizadas que en otras, determinadas características.

En general, las cualidades que debe tener una pasta del tipo señalado son: que el constituyente vitrificante (y de ellos la sílice por ser el más barato) sea el preponderante; que haya sosa suficiente para que la fusión se efectúe a temperatura moderada y que la cantidad de cal presente, baste para hacer el ajuste de la visco-

sidad para facilitar el trabajo. Se necesita tener en cuenta además, que el vidrio debe ser durable o difícilmente atacable por los agentes atmosféricos agua y anhídrido carbónico, lo cual limita la sosa y demanda cal y por último, debe ser estable, o sea que no tienda a la desvitrificación. Ordinariamente este último problema no se presenta en forma aguda debido a que durante la formación del artículo, el vidrio se enfría desde su más alta temperatura con razonable velocidad, pasando rápidamente a través del intervalo de temperaturas favorable a la cristalización; ésto dá por resultado que se debe usar una composición alta en cal y baja en sosa.

Un análisis representativo de la composición que usan en Europa y en Estados Unidos para el trabajo a mano es el siguiente:

	Europeo		E. U. A.
Si O <sub>2</sub>	71.78%		71.74%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.47	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06		
Ca O	13.12		13.50
Mg O			0.39
Na <sub>2</sub> O	13.82		13.13
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.18		
S O <sub>2</sub>	0.79		
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
			indeterminado.

Para los procesos semiautomáticos de la loza se usa una pasta conteniendo ligeramente menos sosa y más cal que el vidrio para envases, porque un grado de solidificación más rápido permite una mayor producción. Análisis:

Si O <sub>2</sub>	72.39%	Ca O	8.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.01	Mg O	0.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	Na <sub>2</sub> O	18.12
Ba O	0.15		

Como ya se dijo, se requiere que la fusión se realice a temperatura moderada para ahorrar combustible y tiempo, así como para crecer la duración del horno; para ésto se utilizan los llamados fundentes, que en nuestro caso debe ser el sodio, pues los vidrios que lo contienen son menos atacables que los que tienen potasio, poseen calor específico más alto y resultan más baratos aunque también más "duros"; la cantidad que de él debe ponerse está limitada por la reducción de la viscosidad que provoca y la disminución de la

durabilidad. Esta es mayor poniendo los óxidos de potasio y sodio en proporción de 7:3 en peso. Me parece que una proporción de 14% de  $\text{Na}_2\text{O}$  es conveniente para la pasta a ser trabajada a mano, ya que hace el vidrio suficientemente "blando" para esa clase de trabajo. Son varios los óxidos que sirven como bases, siendo los principales el de calcio, el de plomo, de magnesio, de bario, de zinc, etc.; siendo el más importante el primero y el que más conviene para el tipo de vidrio de que estamos tratando, ya que éste resulta más estable que el a base del de plomo en igualdad de peso (aunque sucede lo contrario en igualdad molecular), resultando más baratos; 13% de óxido de calcio es una cantidad conveniente porque la elasticidad, (creciente con el contenido de él, lo mismo que la dureza) está dentro de los límites prácticos; (es de hacer notar que los vidrios a base de  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{Ca O}$  cuando la proporción del último es entre 10 y 12% son sumamente viscosos a una temperatura inferior a  $1330^\circ\text{C}$ , pero muy fluidos sobre ella); porque en la proporción indicada, la conductibilidad calorífica es alta, lo cual aumenta la resistencia a los cambios bruscos de temperatura. Agregando una pequeña cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (1.5%), se consigue aumentar la dureza y la resistencia a la tensión en el vidrio, prevenir la desvitrificación, aumentar la durabilidad y la resistencia a los reactivos químicos y disminuir el coeficiente de expansión térmica, lo que hace más resistente el vidrio a los cambios bruscos de temperatura. La práctica ha mostrado que la proporción de 71.5 de contenido en sílice es bastante buena para el trabajo a mano. Sintetizando tenemos que el análisis de la pasta tipo es:

Si O <sub>2</sub>	71.5%
Na <sub>2</sub> O	14.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.5
Ca O	13.0

---

100.0%

Siendo como ya se dijo, la pedacera de vidrio única fuente de aprovisionamiento de muchas fábricas y estando aquella constituida en su mayor parte por vidrio de botellas, la composición de la materia prima será casi la misma que la de dichas botellas.

Análisis de un vidrio aluminico-cálcico-alcálico (para botellas):

Si O <sub>2</sub>	75.2%	K <sub>2</sub> O	4.2
Na <sub>2</sub> O	11.9	Ca O	8.3

Análisis de vidrio ordinario para botellas de cerveza. (varía

entre los siguientes límites):

Si O <sub>2</sub>	72.00%	74.00%	Mg O	2.00	3.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00	3.00	K <sub>2</sub> O	14.00	16.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.07	0.09	Na <sub>2</sub> O	2.00	0.00
Ca O	6.00	9.00			

Los datos siguientes corresponden a un análisis que hice de una muestra representativa de la pedacera que se recibe comunmente en una de las fábricas de esta ciudad.

Si O <sub>2</sub>	73.50%
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00
Ca O	8.00
Mg O	1.50
Alcali	16.00
<hr/>	
	100.00%

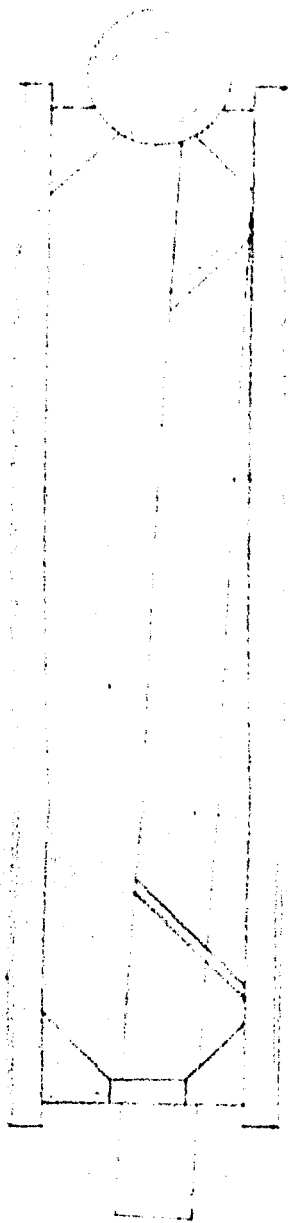
El vidrio resultante de la fusión de la pedacera de vidrio cuyo análisis representativo es el anterior, tiene la siguiente composición según análisis que hice:

Si O <sub>2</sub>	71.5%
Ca O	13.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.5
Na <sub>2</sub> O	14.0
<hr/>	
	100.0

Ahora bien, hay dos maneras de obtener la pasta "tipo" más ventajosa, a saber: procediendo a seleccionar, separando los diversos tipos de vidrio que lleguen a la fábrica, analizando la mezcla que ha de ser introducida en el horno y añadiéndole los correctivos necesarios para su decoloración, homogenización, ablandamiento, etc. Para lograr una pasta uniforme siempre, ayuda mucho usar un tanque de capacidad mayor al consumo, pues lo que en él queda hace las veces de amortiguador de las variaciones de composición introducidas con la materia prima. La segunda forma de conseguir la pasta adecuada, es partir de los elementos. La conveniencia de uno ú otro método será determinada por los costos de producción, calidad del producto y facilidad de abasto.

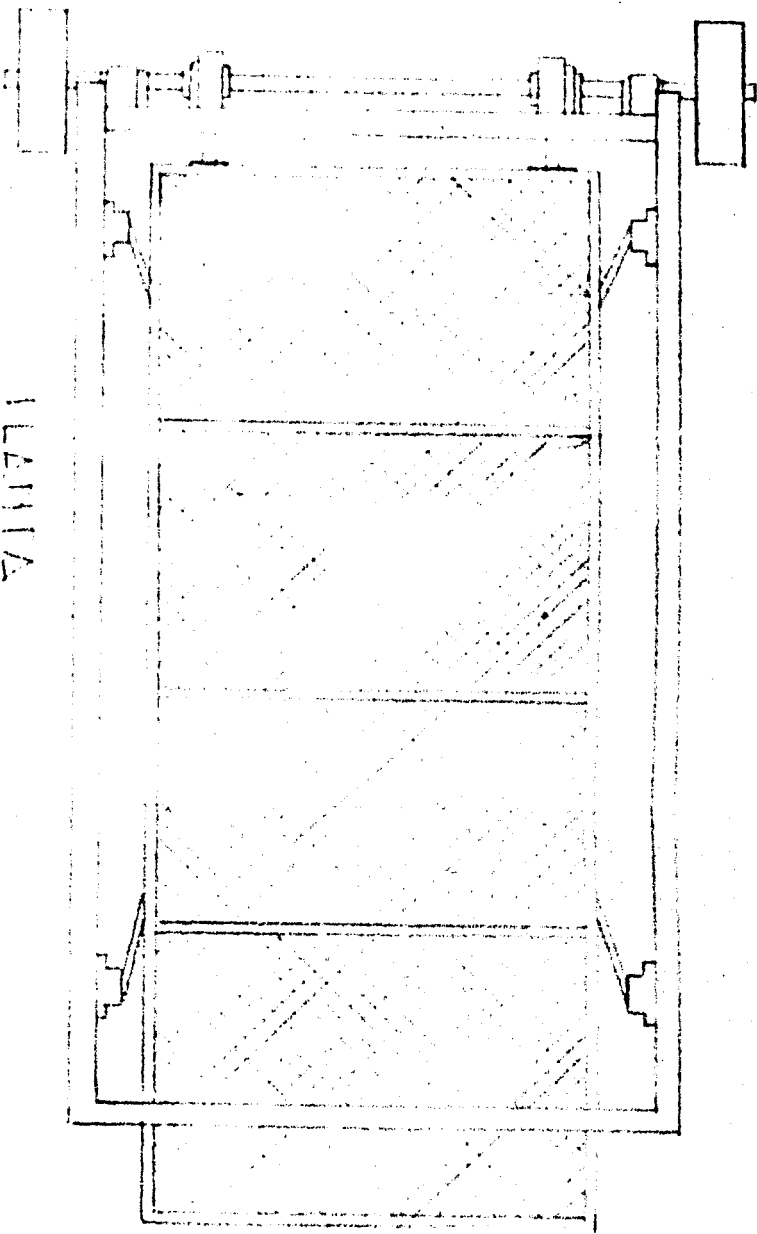
En el primero de estos casos, sería de recomendarse proceder

ELEVATION



2.90m

PLAN



1.65

1.65

2.90m

1.65

2.90m



a la separación de clases; en seguida, lavar ya sea en un bastidor con fondo de alambre provisto de un excéntrico que le de un movimiento de vaivén (zaranda), (Fig. No. 1.), con una regadera en la parte superior o en una especie de batidora con aspas de madera, provista de doble fondo con objeto de que la tierra, clavos, piedras, etc., caigan al segundo fondo y los palos, grasas, etc, floten; o cualesquier otro mecanismo adecuado; sería conveniente después, sujetarlo a un calentamiento considerable y bruscamente sumergirlo en agua para hacerlo friable (o mejor en forma inversa estas dos últimas operaciones), después de lo cual se sometería a la acción de un molino que lo redujera a grano fino para luego ser cargado. Es obvia la conveniencia de hacer un muestreo y analizar, para junto con el polvo de vidrio introducir, bien mezclados con él, (mediante una mezcladora como la de la Fig. No. 2), los ingredientes correctivos.

**Elementos correctivos.**—Se dividen en dos clases: los decolorantes y los que ayudan a la fusión y afinación. Los colorantes y decolorantes se dividen en físicos y químicos: los primeros son los que proporcionan una tonalidad de efecto óptico por la dispersión del metal de la substancia; a este tipo pertenecer los óxidos de selenio, cuproso, de plata y de oro entre otros. Los segundos son los que reaccionando, dan un producto coloreado o que compensa la coloración primitiva de la pasta.

A la cabeza de los primeros se encuentra el bióxido de manganeso llamado "jabón de vidrieros", por ser el más empleado y conocido. El  $MnO_2$  es oxidante enérgico que bajo la acción del calor se descompone:

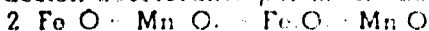


dando un color violeta. Si la acción del calor prosigue o todavía se halla en presencia de un cuerpo reductor, la descomposición se completa:



dando el protóxido de manganeso del que los compuestos son blancos o rosados. Por tal motivo, la coloración o decoloración con manganeso son función de la duración del calentamiento, de la temperatura, del ambiente reductor y de la recocción. Esto causa incertidumbre respecto de las coloraciones rosadas o violetas de las sales de manganeso llamadas a compensar las coloraciones amarilla o verde del vidrio. El  $MnO_2$  tiene el inconveniente de que por su elevada densidad (4.5 a 5) se va al fondo del baño de vidrio, por lo que su acción no es uniforme. El papel correctivo decolorante que posee es doble; químico y físico. El primero consiste en el intercambio de oxígeno entre él, que se reduce, y el óxido de hierro que se oxida. Las sales de  $MnO$  son incoloras o ligeramente rosadas; las de  $Fe_2O_3$  son coloreadas, de un verde menos vivo que las de  $FeO$ . Se puede re-

presentar tal acción decolorante por medio de la fórmula:



Su papel físico consiste en compensar mediante sus coloraciones rosa y violeta los tintes verde y verde-amarillo del hierro; ésta compensación puede ser total o no, pero en todo caso disminuye la brillantez del vidrio. La multiplicidad de tonos sujetos a variación, llamados a neutralizarse dos a dos, hace bastante difícil la corrección perfecta, por lo cual su manejo es muy delicado y ocasiona que muchos prefieran el empleo de otros colorantes, pero los vidrieros que han acertado en su manejo afirman que da un aspecto más hermoso que los otros. La siguiente fórmula para decolorar con manganeso ha tenido mucha aceptación entre los vidrieros franceses:

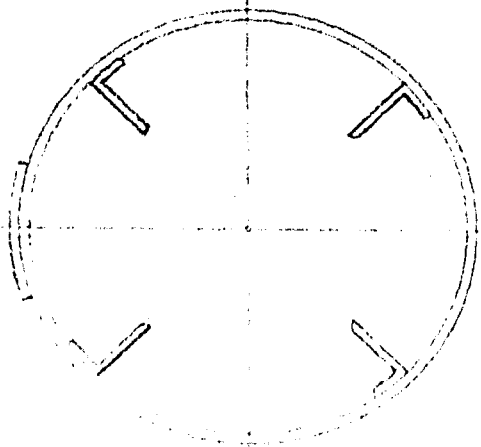
Na NO<sub>2</sub> 4 a 5 Kg  
Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 .. 4 ..  
Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.3 .. 1.0 ..  
Mn O 0.1 .. 0.2 ..

De uso más reciente como correctivos decolorantes son el níquel, el selenio y el cobalto, los cuales ejercen una acción física consistente en la aportación de una coloración complementaria a la ya existente en el vidrio.

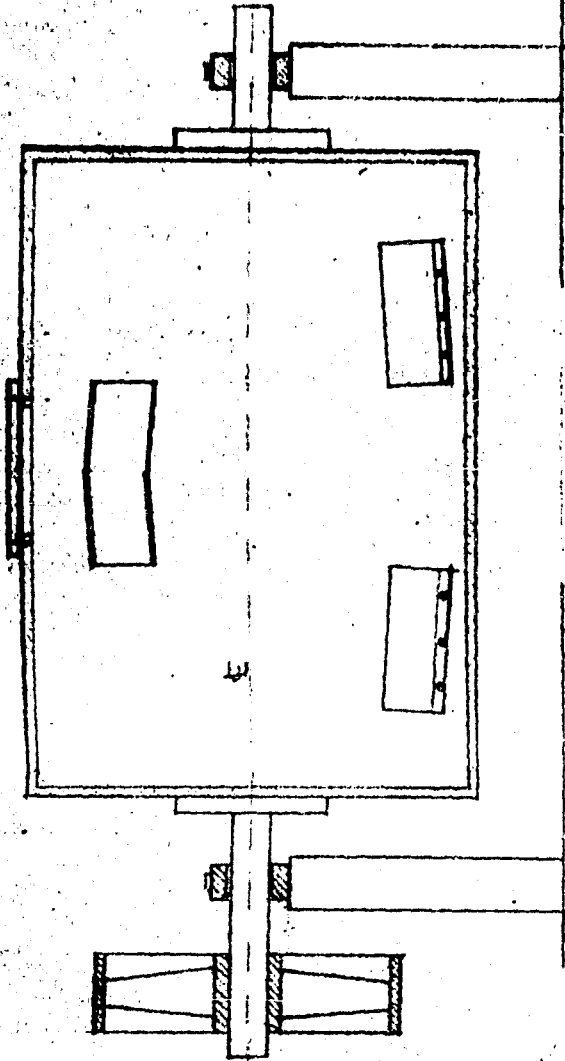
El papel del Ni O consiste en compensar la coloración debida al óxido de hierro sin que ninguna reacción se sobreponga, de donde nace la certeza del resultado, pero hay que tener en cuenta que dependiendo la coloración de la composición química, en los vidrios potásicos será rojo-violeta, y rojo-oscuro en los sódicos. Se emplean de 2 a 5 partes de este óxido por 100,000 de arena en los vidrios sódicos y menos aún en los potásicos.

El óxido de cobalto se emplea porque el color azul intenso de sus compuestos es capaz de corregir los verdes del óxido de hierro obteniendo una compensación exacta con los rojos complementarios del níquel o selenio, de ahí la posibilidad de una mejor decoloración y un tono más satisfactorio, teniendo además la ventaja de estar fuera de la influencia oxidante o reductora de la atmósfera del horno o de la composición. Siendo su acción sumamente intensa, su empleo es sólo de 1 2 a 3 4 partes por 100,000 de arena.

El selenio se usa principalmente como decolorante, aunque sirve también, unido al sulfuro de arsénico para dar una coloración roja intensa. Su efecto decolorante se debe a la compensación del rosa con el verde; tal efecto es muy intenso, ya que bastan 0.000208 de selenio para compensar un gramo de Fe O pero solamente pueden ser decolorados por el selenio o Se O<sub>2</sub> 0.000208. Comparando el Se con el Mn vemos que 1 —Asegura más fácilmente la regularidad



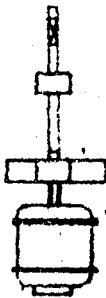
REVOLVEDOR - CORTES - ESC. 1:20



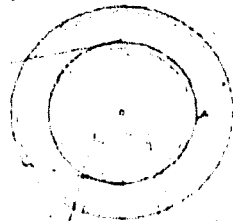
Diam. 4"

diam. 2"

Diam. 4"



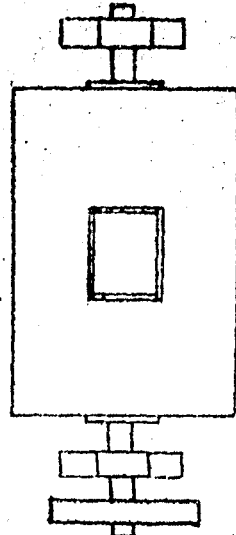
Motor 1 HP. 1750 R.P.M.



Diam. 32"

ELEVACION

PLANTA



REVOLVEDOR - 42.5 R.P.M. ESC. 1:40

GUAD. JAL. OCT. 1943

R. PEREZ-VERDIA

PLANO-Nº 2

*[Handwritten signature]*

del tinte; 2.—Dá al vidrio un brillo de que no es capaz ni el níquel; 3.—Soporta mejor los calentamientos prolongados y 4.—dá una coloración más perfecta. El selenio es utilizado bajo la forma de  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  conteniendo 45.7 de Se, o bien, en forma metálica, pulverizado.

Los auxiliares de la fusión y afinación, son principalmente el arsénico (como ácido arsenioso), el antimonio, el carbono asociado con sulfato de sodio, y materias orgánicas tales como patatas, leña verde etc.

El arsénico se usa principalmente en vidrios de óptica y de alumbrado; no tiene ninguna propiedad colorante y dando productos volátiles no queda sino en trazas en el vidrio manufacturado. Por la producción de compuestos volátiles, bate y homogeniza la pasta de vidrio favoreciendo la afinación. El  $\text{As}_2\text{O}_3$  tiene poder reductor porque una parte se transforma en  $\text{As}_2\text{O}_5$  tomando el oxígeno de los cuerpos presentes, haciéndole perder por esto parte de su eficacia al  $\text{MnO}_2$ ; puede también combinarse con el azufre para formar  $\text{As}_2\text{S}_3$  (volátil). Se puede introducir antes o después de la fusión; en el primer caso se considera como fundente, pero tiene el inconveniente de oxidarse a  $\text{As}_2\text{O}_5$  quedando en el vidrio y produciendo manchas blancas de aspecto desagradable, las que pueden hacerse desaparecer mediante un reductor. El  $\text{As}_2\text{O}_3$  empleado en la proporción de 3% es opacificante.

El papel del antimonio no se ha explicado completamente, pero sabemos que a partir de  $580^\circ\text{C}$  el antimonio se oxida fácilmente, dando un compuesto volátil que al escapar, bate la masa. Como el anterior, puede ser introducido después de la fusión o diluido con la carga. El  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  suele entrar en las composiciones en débiles dosis aumentando la resistencia a las variaciones de temperatura, debido a que abate el coeficiente de dilatación.

Los compuestos de flúor tales como el fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) y la criolita ( $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$ ) tienen propiedades de fundentes enérgicos, así como la de opacificantes, dando un aspecto lácteo; su uso no es muy recomendable a causa del desprendimiento de flúor que al producirse introduce una indeterminación en la composición.

La leña verde y las patatas sumergidas hasta el fondo del tanque, un chorro de agua proyectado a la superficie del vidrio (para quitarle la sal); carbón adicionado a la composición, etc. son también auxiliares de la fusión y afinación.

Utilizando el influjo mútuo de la coloración por el hierro y por el manganeso, según Müller se obtienen en la cuba los siguientes colores:

% Fe O	% Mn O	
0.75	3.50	verde amarillento.

1.00	2.00	verde brillante.
2.00	2.00	verde.
2.00	4.00	amarillo verdoso.
2.25	6.25	pardo claro apagado.
1.00	7-8	pardo oscuro apagado.

## CAPITULO IV.

### **EQUIPO.—Reformas a los hornos de fusión y accesorios.**

En el capítulo II vimos a grandes rasgos la forma cómo trabajan los hornos de fusión, por lo que no lo repetiré ahora, concretándome a hacer un proyecto aunque no muy completo del mencionado equipo.

Proyecto de un horno para fusión de vidrio de las siguientes características:

capacidad:	cinco toneladas diarias.
sistema:	recuperativo.
combustible:	petróleo.
trabajo:	intermitente
clase:	de cuba.

Las razones para elegir estas características son las siguientes: el objeto de este estudio no es el de crear una planta de diversa índole que incluya nuevos problemas, sino el de reformar el sistema de alguna de las ya existentes; la capacidad media de estas es de 5 ton; por la calidad del producto, debe ser de tanque; de trabajo intermitente, por su pequeña capacidad y porque esta clase de hornos ofrece flexibilidad y economía relativa de construcción y operación aparte de que frecuentemente se puede cambiar el color o la composición; el sistema, obviamente debe ser recuperativo por razón de economía; el combustible escogido es porque requiere poco espacio de combustión, su régimen es fácilmente regulable, produce intensa flama y su aprovisionamiento no presenta dificultad, así como tampoco su manejo; su composición es poco variable y resulta más económico que los otros combustibles aprovechables, pues no se dispone de gas natural (que sería lo más ventajoso) e instalar un gasógeno resultaría muy costoso.

Cuba: de forma rectangular, de 0.35 mts. de profundidad; 1.75 por 3.40 mts. es un tamaño común y conveniente. Tales medidas dan un área de 5.95 mts. cuadrados y un volumen de 2.082 mts. cúbicos. Un vidrio ordinario del tipo del que se trabajará en este horno, pesa aproximadamente 2400 Kg. por metro cúbico; por lo que la capaci-

dad de tal unidad viene a ser de 4998 Kg. Para proveer espacio para la combustión, se levantan paredes bajas con objeto de confinar la flama lo más cerca posible de la superficie del vidrio, una altura de 0.45 a 0.50 mts. es suficiente. La bóveda será transversal al largo del tanque, y de radio igual a su claro, (de flecha aproximada de 23 cm.) Aberturas a través de las paredes de 0.20 por 0.25 mts. servirán para cargar y tomar el vidrio.

Los hornos de vidrio demandan del refractario que los forma, que sea capaz de resistir temperaturas hasta de 1600°C. por largos periodos de tiempo sin sufrir deformación apreciable y no sea soluble en el vidrio fundido. Para que el refractario responda a estos requerimientos debe poseer desde luego, 1.—refractabilidad, 2.—baja porosidad para que el vidrio lo corra menos, 3.—homogeneidad, pues si carece de ella el mortero puede ser más rápidamente disuelto que las arenas plásticas o viceversa, por lo que las partículas restantes flotan en el vidrio originando las "piedras" o si funden parcialmente, el "moco". Los materiales más usados son el óxido de magnesio, la sílice, el carburo de silicio, la alúmina, etc. Debe hacerse una clasificación de éstos, pues algunos son buenos por su alto coeficiente de transmisión para usarse en los recuperadores, otros para contener el vidrio y otros, en fin, para el hogar, chimenea, etc.

La elección de los refractarios debe hacerse conciliando la teoría con la práctica; generalmente el refractario que debe estar en contacto con el vidrio está hecho de alúmina principalmente; para la bóveda se usa el de sílice pues a la inversa de los otros, al calentarse aumenta de volumen por tener una forma alotrópica más estable a altas temperaturas. Cuando el material de las paredes y el de la bóveda pueden formar combinaciones fusibles o poco resistentes mecánicamente, se pone una interlice de material neutro y muy resistente, vgr "cromita".

El material refractario nunca debe pegarse o asentarse con un mortero de diferente naturaleza, empleándose en la menor cantidad posible pues por la evaporación del agua, contracción, etc, pueden desmoronarse desprendiéndose. Esto debe observarse sobre todo en las bóvedas.

Desgraciadamente, debido a las actuales circunstancias originadas por la guerra, no se dispone de los refractarios que más convienen, por lo que habrá que conformarse con los producidos en el país, que para este caso particular, adolecen de ciertos defectos. De entre ellos tomaremos como base para los cálculos el "Bobcock" del cual son los siguientes datos:

<b>Análisis químico:</b>		<b>Ensayos físicos:</b>	
Sílice	66.05 %	Resistencia a la comprensión	1900
		libs./plg2	

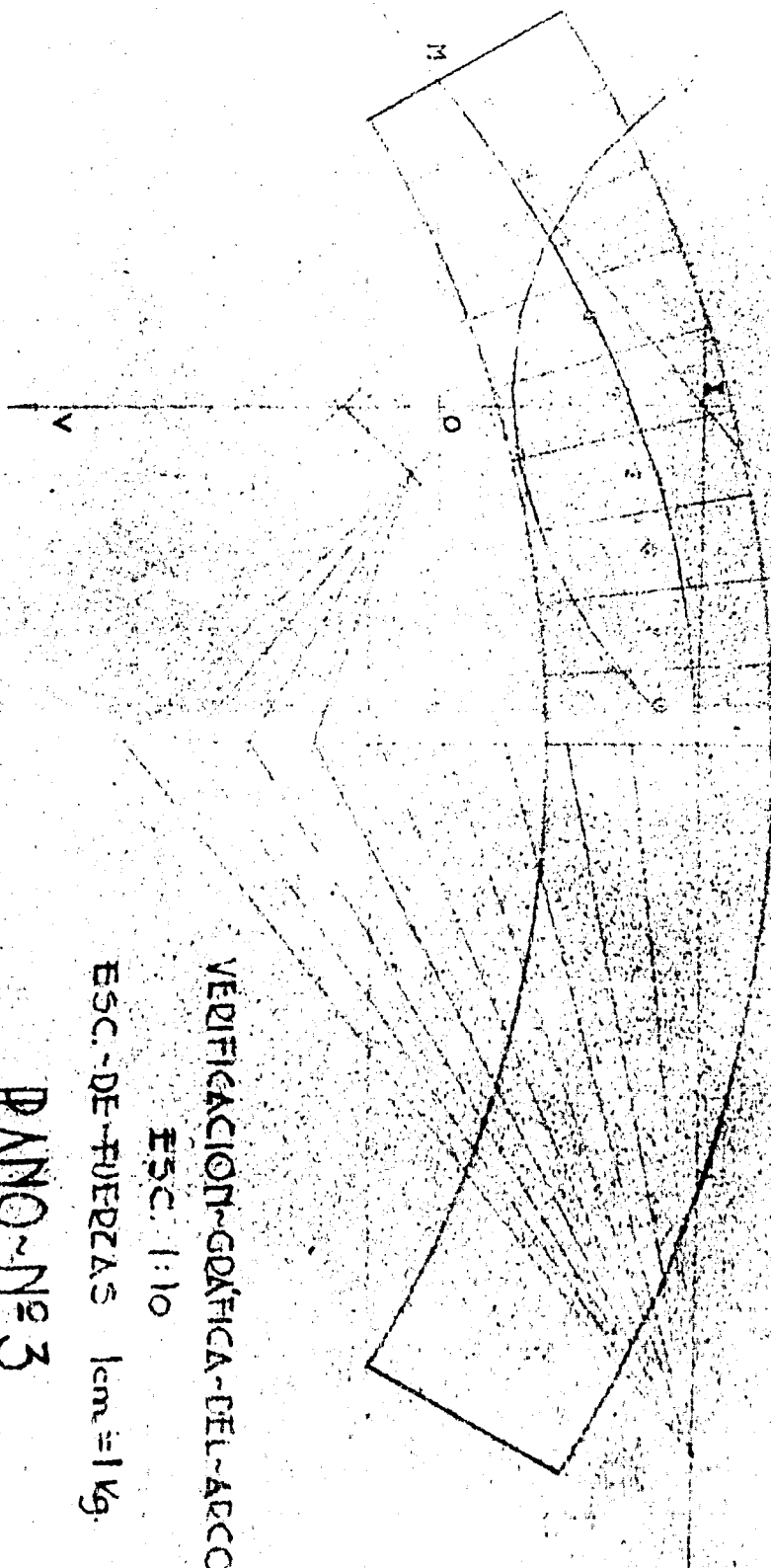
		peso específico 1621 libras/pló'
alúmina	29.59	deformación a 1250 C bajo presión.
óxido férrico	0.89	de 251 libas plg2. 0.2 %
cal	0.41	cono pirométrico 31-32
magnesia	0.17	resistencia de temperatura 1650°C.
agua combinada	2.51	dimensiones del ladrillo 9"-4.5"-2.5"

Precios: ciento de ladrillo, por 500 o más \$255.00; en menor cantidad \$ 285.00 ciento. Barro refractario: \$ 2.75 el saco; tomando 20 o más (de 50 Kg.) \$ 2.50.

**Diseño del horno.**— Como ya se dijo, debe tener 1.75 mts. de claro, 3.40 de cañón o largo y 1.75 de radio. Mediante el método gráfico adjunto (fig. No. 3) se ve que la línea de presiones queda dentro del tercio medio, por lo que la bóveda trabajará sólo a esfuerzos de compresión; se ve así mismo que el empuje horizontal que ejerce es de 1000 Kg. por metro lineal y el vertical es de 775 Kg M.L. Para soportar el esfuerzo horizontal se puede recurrir a diversos medios, como hacer las paredes de un espesor tal, que está fuera de los límites prácticos; poner a determinada distancia entre sí, vigas verticales empotradas en el piso y unidas por su extremo superior (por pares) mediante varillas (que es la práctica general) y otros; o bien, como yo propongo, poner a lo largo de la bóveda una viga de cada lado (como se ve en el esquema del horno) (fig. No. 4.) unidas en sus extremidades mediante varillas. Este procedimiento me parece bastante práctico, pues forma un marco capaz de soportar el empuje de la bóveda quedando independiente de las demás secciones; permite el ajuste conforme se expansiona el material y resulta su costo inferior al del segundo procedimiento. Para efectuar tal trabajo se requieren (de las tablas de Monterrey) 2 vigas "H" de 152.4 mm. (6") de peralte y 4 mts. de longitud; 2 varillas cuya resistencia a la tensión es de 1255 Kg/cm<sup>2</sup> (de las tablas de Monterrey) de 1.9 cm. de diámetro y 2.35 mts. de longitud incluyendo dos tensores. Del espesor que debe tener la pared se hace caso omiso, ya que siendo el empuje vertical de la bóveda de sólo 775 Kg., una de 15 cm. estaría sobrada, pero con objeto de aislar el horno debidamente, creo necesaria una pared compuesta de 0.23 mts. de ladrillo refractario y 0.28 mts. de ladrillo común.

**Pérdidas de calor en el horno.**— Sabemos que la cantidad de calor que se pierde por convección y radiación es la misma que atraviesa las paredes, por lo cual es necesario calcular ésta.

En los hornos de este tipo, debido a la alta temperatura a que trabajan, la película gaseosa no tiene influencia apreciable.



VERIFICACION-GRAFICA-FEL-ARCO

ESC. 1:10

ESC.-DE-FUERZAS 1cm=1kg.

PLANO-Nº 3

$\rho_{req}$  del material = 2600 kg/m<sup>3</sup>  
 Espesor de cada rama = 11cm x 30.100 x 2600 = 85.8 kg  
 Espesor de cada rama = 11cm x 12.50 kg/m  
 Espesor de cada rama = 11cm x 1000 kg/m  
 Espesor de cada rama = 11cm x 600 kg/m





$$K_{111} = 0.06 \left( 1 + \frac{807 + 273}{273} \right) = 0.297$$

Al común:  $K_{12} = K_1 \left( 1 + \frac{20 + 273}{273} \right) = K_1 \cdot 2.07 \therefore K_0 = 0.29$

$$K_{227} = 0.29 \left( 1 + \frac{257 + 273}{273} \right) = 0.855$$

Resistividad a estas temperaturas:  $R_1 = 3.36$ ;  $R_2 = 1.16$ .

Con estos valores sacamos la resistencia correspondiente.

$$R_1 = \frac{3.36 \times .23}{8.95} = 0.086; R_2 = \frac{1.16 \times .28}{10.57} = 0.030; R_t = 0.116.$$

Con estas resistencias corregimos las temperaturas.

$$\Delta t_1 = \frac{1100}{.116} = \frac{x}{.086} = 815; \Delta t_2 = \frac{1100}{.116} = \frac{x}{.03} = 285$$

Substituyendo en la fórmula del flujo de calor los valores encontrados:

$$Q_1 = \frac{815}{.08} = 9476 \text{ K.cal./h.}; Q_2 = 285/0.03 = 9500 \text{ K.cal./h.}$$

La diferencia de 24 Calorías que hay es aceptable, por lo que podemos considerar bien elegida la temperatura. Como medida de comprobación haremos el cálculo de las pérdidas por convección y radiación. En las tablas correspondientes vemos que el coeficiente de pérdidas de calor por convección para paredes verticales y a la temperatura de  $100^\circ\text{C}$ . es  $0.0093 \text{ gr.cal./cm.}$ ; valor que multiplicado por la superficie exterior de las paredes nos dá el valor buscado.

$$Q_e = 0.0093 \times 105700 = 979 \times 3600 = 3524 \text{ K cal/h.}$$

Las pérdidas por radiación las calculamos mediante la fórmula de Boltzmann:

$$Q_r = 1.41 E \left( \left( \frac{T_1}{1000} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{1000} \right)^4 \right) \quad \text{donde}$$

$E$  = coeficiente de emisividad que para ladrillo común vale 0.93 (a  $21^\circ\text{C}$ .)  $T$  = temperatura absoluta.

Suponemos la temperatura ambiente de  $30^\circ\text{C}$ .

$$Q_r = 1.41 \times 0.93 \left( \left( \frac{273 + 100}{1000} \right)^4 - \left( \frac{273 + 30}{1000} \right)^4 \right) \dots$$

$$0.01569 \times 105700 \times 3600 = 5968 \quad Q_{\text{cálculo}} = 3524 + 5968 = 9492 \text{ Kcal/h.}$$

Como este valor está precisamente entre los encontrados para el flujo, lo tomamos como cierto.

**Pérdidas de calor por la bóveda.**— Flujo de calor a su través: Por estar construída del mismo material refractario que las paredes, tiene las mismas especificaciones, que ya se dieron. (Espesor: 0.23 mts.) Tomamos 1200°C. como temperatura interior y suponemos de 100°C. la exterior. Area media.— Como se trata de una bóveda cilíndrica que tiene por radio, su claro, resulta que su superficie es la sexta parte de la de un cilindro de las mismas dimensiones;

$$A = \frac{2 \text{ Pi } r l}{6}$$

$$S = \frac{2 \times 3.1416 \times 1.75 \times 3.40}{6} = 6.22; \quad \frac{2 \times 3.1416 \times 1.98 \times 3.40}{6} = 7.04$$

$$Am = V = 6.22 \times 7.04 = 6.63 \text{ mts}^3; \quad \text{temperatura media: } \frac{1200 + 100}{2} = 650$$

conductividad del material a esta temperatura:

$$K_{500} = K_0 \left( 1 + \frac{500 - 273}{273} \right) \quad K_0 = 3.83; \quad K = 0.06;$$

$$K_{650} = 0.06 \left( 1 + \frac{650 - 273}{273} \right) = 0.263$$

$$\text{Resistencia: } \frac{0.23}{6.63 \times 0.263} = 0.132$$

$$\text{Flujo de calor: } Q = \frac{1200 - 100}{1.32} = 8333 \text{ K cal./h.}$$

**Pérdida por convección.**— Hay un factor de pérdidas que depende de la posición de la pared; para nuestro caso, vemos en las tablas que el correspondiente a superficie horizontal viendo hacia arriba y a 100°C. es 0.0110.

$$Q_c = 66300 \times 0.0110 = 729.3 \text{ cal.gr. seg. o } 2625.48 \text{ K cal. h.}$$

$$Q_{\text{II}} = 1.41 \times 0.8 \left( \left( \frac{273 + 100}{1000} \right)^4 - \left( \frac{273 + 30}{1000} \right)^4 \right) = 0.0123$$

gr.cal/seg/cm<sup>2</sup> ó 2935 Kcal/h.

$$Q_{c \rightarrow r} = 2625.5 \cdot 2935.8 = 5561.3$$

Como las pérdidas son mucho menores que el flujo de calor, debemos subir la temperatura exterior de la bóveda para que aumenten aquellas y decrezca éste. Supondremos ahora una temperatura de 125°C. Temperatura media 1200 = 125 2 = 662

$$K_{\text{med}} = 0.06 \left( 1 + \frac{662 - 273}{273} \right) = 0.265$$

$$R = \frac{.23}{.265 \cdot 6.63} = 0.131;$$

$$Q = \frac{1075}{.131} = 8206 \text{ Kcal/h.}$$

$$Q_c = 0.0162 \cdot 66300 = 1074 \cdot 3600 = 3866.4 \text{ Kcal/h.}$$

$$Q_r = 1.41 \times 0.8 \left( \left( \frac{273 - 125}{1000} \right)^4 - \left( \frac{273 - 30}{1000} \right)^4 \right) = 0.0186$$

gr.cal/seg/cm<sup>2</sup> ó 4438.8 Kcal/h.

$$Q_{c \rightarrow r} = 8305 \text{ Kcal/h.}$$

Con los valores calculados del flujo de calor a través de la bóveda para las temperaturas de 100° y 125° y por otra parte con los valores de  $Q_{c \rightarrow r}$  que resultan, hacemos una gráfica que tenga por ordenadas las temperaturas de trabajo y por abscisas las cantidades de calor; trazadas las líneas que unen los puntos correspondientes, vemos que se cortan en un punto, el cual indica la temperatura correcta. Hecha esta gráfica, el punto de cruce indicó una temperatura de 123°C. (a la que corresponde un factor para la convección de 0.0161) y con ella rehacemos los cálculos. La conductividad queda igual que cuando se tomó a 125°C. y por ende también la resistencia

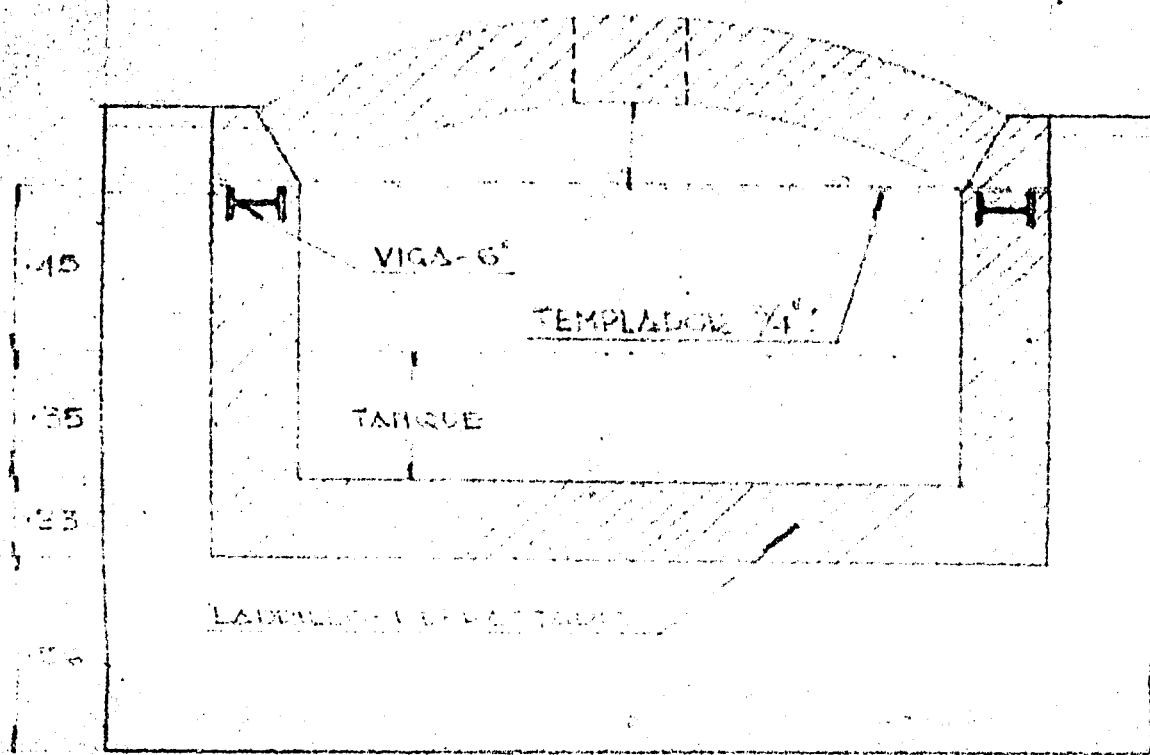
$$Q = \frac{1077}{.131} = 8220$$

$$Q_c = 0.0161 \cdot 66300 = 1067 \cdot 3600 = 3843 \text{ Kcal/h.}$$

$$Q_r = 1.41 \times 0.8 \left( \left( \frac{273 - 123}{1000} \right)^4 - \left( \frac{273 - 30}{1000} \right)^4 \right) = 0.01822$$

gr.cal/seg/cm<sup>2</sup> ó 4348 Kcal/h.

Como la diferencia que hay ahora entre el flujo y las pérdidas,



SECCION-DOR-ΔΔ

PLANTA-Y-CORTE-DE-UN-ABRITO-PARA-VIDRIO

ESCALA 1:20

PLANO-Nº 1

*[Handwritten signature]*  
E. Ruiz-Arcos

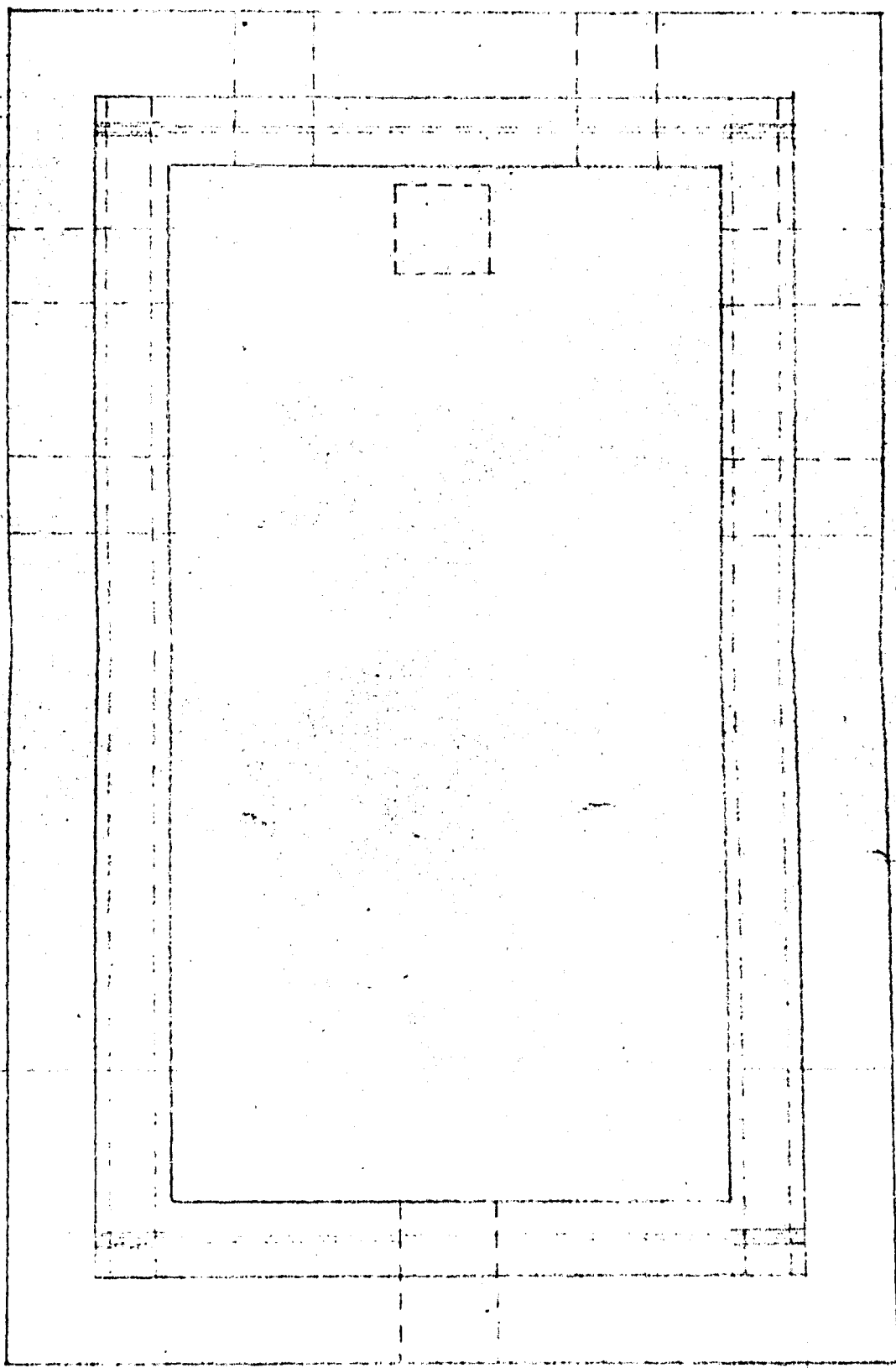
28

25

3.40

23

28



PLANTA

es pequeña, podemos considerar buena la elección de temperatura y verdaderas dichas pérdidas.

**Pérdidas de calor a través del piso.**

espesor de las capas refractario 0.23 mts.  
común 0.56 "

La temperatura interior es la que tiene el vidrio, que consideramos por término medio de 1000°C. y suponemos la exterior de 75°C.

Area del piso: S<sub>1</sub> = 1.75 × 3.40 = 5.95; S<sub>2</sub> = 2.21 × 3.86 = 8.53.

$$A_m = \sqrt{5.95 \times 8.53} = 7.124$$

$$S_1 = s_1 = 8.53; s_2 = 2.77 \cdot 4.42 = 12.24; A_m = \sqrt{8.53 \cdot 12.24} = 10.22$$

$$\text{Resistencia: } R = \frac{4.35 \cdot 0.23}{7.124} = 0.140; R_2 = \frac{1.69 \cdot 0.56}{10.22} = 0.092; R_t = 0.232$$

Diferencia de temperatura: 1000 75 925

$$\Delta t_1 = \frac{925}{.232} = 398.7; \Delta t_2 = \frac{925}{.232} = 398.7$$

temperatura de interface 441.

temperatura media de las capas:

$$I = \frac{1000 + 441}{2} = 720; \quad II = \frac{441 + 75}{2} = 258$$

Conductividad a estas temperaturas: Refractario K<sub>1</sub> = 0.06  
común K<sub>2</sub> = 0.29

$$K_{720} = 0.06 \left( 1 + \frac{720 - 273}{273} \right) = 0.278$$

$$K_{258} = 0.29 \left( 1 + \frac{258 - 273}{273} \right) = 0.852$$

Resistividad: R<sub>1</sub> = 3.59 R<sub>2</sub> = 1.17.

Resistencia a estas temperaturas:

$$R_1 = \frac{3.59 \times .23}{7.124} = .115; R_2 = \frac{1.17 \times 0.56}{10.22} = 0.064; R_t = 0.179$$

Caída de la temperatura:

$$\Delta t_1 = \frac{925}{.179} = 5173; \Delta t_2 = \frac{925}{.179} = 5173$$

Temperatura de la interface. 405°C

$$\text{Flujo de calor: } Q = \frac{595}{.115} = 5173; Q_2 = \frac{330}{.064} = 5156 \text{ K.cal. h.}$$

**Pérdidas por convección:** (factor para pared horizontal hacia abajo a ésta temperatura: 0.0040).

$$Q_c = 102200 \cdot 0.0031 \cdot 316.8 \cdot 3600 = 1140 \text{ Kcal/h.}$$

**Pérdidas por radiación** (valor del coeficiente E par ladrillo común 0.93).

$$Q_r = 1.41 \cdot 0.93 \left( \left( \frac{273 + 75}{1000} \right)^4 - \left( \frac{273 + 30}{1000} \right)^4 \right)$$

$$0.0081 \cdot 102200 \cdot 3600 = 2991 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{r-c} = 4131 \text{ Kcal/h.}$$

Como el flujo de calor es mayor que las pérdidas, debemos considerar una temperatura exterior más elevada. Tomemos 90 °C. La conductibilidad queda invariable

Caída de temperaturas.

$$l \quad \Delta t_1 = \frac{910}{.179} = 5086; \quad \Delta t_2 = \frac{910}{.179} = 5086 \quad \times = 325$$

Flujo de calor:

$$Q_1 = \frac{585}{.115} = 5086; \quad Q_2 = \frac{325}{.064} = 5078$$

**Convección.**

$$Q_c = 0.0042 \cdot 102200 \cdot 429 \cdot 3600 = 1515 \text{ Kcal/h.}$$

**Radiación**

$$Q_r = \left( \left( \frac{273 + 90}{1000} \right)^4 - \left( \frac{273 + 30}{1000} \right)^4 \right)$$

$$0.00793 \cdot 102200 \cdot 3600 = 2923 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{r-c} = 5368 \text{ Kcal/h.}$$

Como ahora las pérdidas son mayores que el flujo, consideramos una temperatura intermedia: 85 °C., y procedemos en la misma forma.

$$\Delta t_1 = \frac{915}{.176} = 5199; \quad \Delta t_2 = \frac{915}{.179} = 5112 \quad \times = 327$$

$$Q_1 = \frac{588}{.115} = 5113; \quad Q_2 = \frac{327}{.064} = 5109$$

$$Q_c = 102200 \cdot 0.0035 \cdot 367.9 \cdot 3600 = 1323$$

$$Q_r = 1.41 \cdot 0.93 \left( \left( \frac{273 + 85}{1000} \right)^4 - \left( \frac{273 + 30}{1000} \right)^4 \right) = 0.0079 \times 1.41 \times 0.93 \cdot 102200 \cdot 3600 = 3789$$



Q. a. r. = 1323 -- 3789 5112 K cal/h.

Como este resultado coincide perfectamente con el flujo de calor, lo tomamos como cierto.

**Pérdidas totales de calor en el horno de fusión:**

Por las caras laterales	9489
Por la bóveda	8205
Por el piso	5112
<hr/>	
TOTAL	22806 Kilo calorías/hora.
	547344 .. .. /día.

**Combustible necesario para el horno.**—Los siguientes datos, que corresponden al petróleo combustible "Pemex", me fueron proporcionados por la oficina de "Petróleos Mexicanos".

C	83.6 %
H.	10.7
N.	1.0
S	4.4
no determinados	0.3
	<hr/>
	100.0 %

Peso específico a 20° C.	0.937
Peso específico A. P. I. a 60° F.	18.9
Temperatura de inflamación P. M. C.	118.0° C.
Viscosidad S. U. a 37.8 C.	855"
Viscosidad S. F.	47.5"
Color N. P. A.	negro.
Agua y sedimento % vol.	0.1
Calor calorífico	Calorías gramos 10 556
	B. T. U. libra. 19.006

Para hacer el cálculo del combustible necesario, necesitamos primero conocer la cantidad de calor que se requiere para la fusión y afinación del vidrio.

No hay diferencia notable de calor específico entre las diversas clases de vidrio, a menos que alguno contenga en proporción elevada óxidos pesados como PbO y BaO. Parece que hay una relación entre el efecto de diversos óxidos y su peso molecular sobre el calor específico; Winkelmann da una serie de estos calores espe-

cíficos de los óxidos que forman el vidrio, entre 20° y 100 C. en orden decreciente:

Li <sub>2</sub> O	.550	CaO	.190
Na <sub>2</sub> O	.269	K <sub>2</sub> O	.186
MgO	.244	ZnO	.125
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.237	BaO	.067
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.207	PbO	.051
SiO <sub>2</sub>	.191		

Estos valores sirven para estimar los calores específicos de los vidrios a baja temperatura, con un error de menos de 2 %. Se colige de los números anteriores que el calor específico de los vidrios comunes es aproximadamente 0.20 entre 20° y 100 C. A más altas temperaturas este valor crece muy rápidamente, por lo que se hace necesario referirse a un valor medio, el que se conoce mediante la fórmula:

$$C_m = C - 0.0001 t \quad \text{en la cual}$$

$C_m$  calor específico medio

$C$  calor específico entre 20 y 100 C y

$t$  temperatura media en grados centígrados

La temperatura inicial de la carga es la ambiente (20 C) y la final o de afinación 1400 C. aproximadamente, por lo que la media será:  $(1400 + 20) / 2 = 710$  C. Entonces:  $0.20 - 0.0001 t = 0.2710$ .

Tenemos por otra parte, que la cantidad de vidrio por fundirse y afinarse es de 5000 Kg., los cuales necesitarán una cantidad de calor dada por el producto de dicho peso, por la diferencia de temperatura y por su calor específico

$$(5000) \cdot (1400-20) \cdot (0.2710) = 1,863,900 \text{ cal.}$$

Como el petróleo combustible Pemex posee un poder calórico de 10,556 cal., se necesitan para producir tal cantidad de calor, 177.14 Kg.; pero tomando en cuenta que los gases que escapan del horno salen tan calientes como el interior de este, por lo menos, perdiéndose al igual que el que escapa por radiación y convección de las paredes del horno, tenemos que sólo una parte no mayor de 25% en los hornos mejor diseñados se aprovecha en fundir y afinar la carga; esta fracción se denomina "eficiencia" y es el cociente de dividir la cantidad de calor aprovechada, entre la total suministrada. Suponiendo el horno de que estamos tratando, una eficiencia de . . .

20%, tenemos que prácticamente habrá necesidad de suministrarle 885.70 Kg. de combustible.

**Aire necesario para la combustión de 886 Kg. de combustible.**

—Para facilitar el cálculo recurriremos a las unidades moleculares, Dividiendo la cantidad en por ciento de cada elemento entre su peso atómico, obtendremos sus cantidades en mol gr.

Atomos gr.de C	en 100 gr. de combustible	6.967
H		1.061
N		0.071
S		0.138
Mol gr. de no detmrinados	considerados como H.O	0.017
		8.254

La cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación de estos elementos es:

6.967	mol.gr. de O para	6.967	atomos gr. de	C
0.530		1.061	atomos gr. de	H
0.138		0.138	atomos gr. de	S

7.635 Total de oxígeno.

Si para 100 gr. de petróleo se requieren 7.635 mol gr. de oxígeno, para 886 Kg. se necesitarán 67646 mol.gr.

Dado que el oxígeno se encuentra en el aire en proporción de 21%, se emplearán de éste 322124 mol gr.

Exceso de aire es la cantidad que se usa sobre la teóricamente necesaria par completar la combustión, esto es, combinar el carbono, el hidrógeno o sus compuestos a bióxido y agua respectivamente. El porcentaje de exceso de aire es la relación del dicho exceso con la cantidad teórica multiplicada por 100.

Ordinariamente el análisis de los gases de escape suministra el único dato mediante el cual puede ser calculado el exceso conveniente, pero en vista de que al ser atomizado el aceite se mezcla intimamente con el aire, el exceso de éste puede ser entre 10 y 20% sin peligro de combustión incompleta. Así pues, si suponemos que un exceso de aire de 20% será suficiente, tenemos:

322124    64425    386549 mol.gr. de aire

En condiciones normales, i.e. a 760 mm de presión y 0 C., una mol.gr de aire ocupa 22.41 lts. y como un litro pesa 1.293 gr.

tenemos que 386549 mol.gr ocupan 8522563 lts. que pesan . . . . .  
 10994.11 Kg. que se pueden reducir a mts. cúbicos tomando en cuenta  
 la que un metro cúbico de aire pesa 1.293 Kg., luego 10994 / 1.293 =  
 8502.79 mts. cúbicos.

Si consideramos ahora que el aire se encuentra a una temperatura de 30° y presión de 635 mm. (en Guadalajara), el volumen correspondiente será:

$$V_2 = V_1 \left( \frac{P_1}{P_2} \right) \left( \frac{T_2}{T_1} \right) \quad \text{substituyendo:}$$

$$V_2 = 8502.79 \left( \frac{760}{635} \right) \left( \frac{303}{273} \right) \quad \text{luego:} \quad V_2 = 11,223.68 \text{ mts.}^3$$

**Recuperación.**— En los hornos de alta temperatura se hace necesario algún sistema de economizar el calor, pues una gran parte del producido por el combustible se pierde como calor sensible en los gases de escape, para calentar el nitrógeno del aire, por radiación y convección, etc.

Son dos los sistemas usados en los hornos de vidrio: el regenerativo y el recuperativo; ambos tienen el mismo objeto, pero difieren en que el lo. consta de dos tiempos que forman un ciclo; en el primero los gases calientes pasan por el "generador" hasta calentarlos y en el segundo tiempo, se invierte la corriente, siendo el combustible y el aire quienes pasan por el regenerador caliente. Para esta operación se usan dos juegos de regeneradores, para que mientras un par sirve para calentar el aire y el combustible, el otro esté recibiendo el de los gases de escape. En el segundo sistema los gases y el aire fluyen en dirección constante (empleándose 4 maneras: 1—en contracorriente; 2—en paralelo; 3—transversalmente y 4—una combinación de los anteriores), pasando el calor a través de las paredes que los conducen. Usando el mismo principio se han desarrollado varios tipos de aparatos recuperadores; entre ellos podemos citar uno que consta de un eje vertical al cual se encuentran fijados un gran número de placas de cobre en sentido longitudinal; el aparato está dividido en dos secciones verticales también; por una de ellas pasan los gases que calientan las placas de cobre, las que son enfriadas al encontrarse, girando sobre su flecha, dentro de la sección destinada a la entrada del aire. El que más se usa, consiste en un conjunto de pasajes paralelos de alta resistencia mecánica, adaptados de tal manera de asegurar un buen contacto entre la superficie y los gases, pero sin introducir demasiada resistencia a su flujo. Los productos calientes de la combustión en su camino hacia la chimenea, van por un juego de placas mientras el aire va por

los adyacentes tomando el calor desprendido por los primeros hasta juntarse con el combustible. Los recuperadores se colocan abajo o a los lados del horno, teniendo la ventaja los primeros de tomar el aire por tiro natural; son generalmente de forma rectangular. La efectividad de los recuperadores depende directamente del coeficiente de transmisión de calor entre los tubos y los gases que por ellos pasan. Puede lograrse un elevado coeficiente de transmisión mediante el incremento de la velocidad de los gases, aunque a expensas de aumentar también la resistencia de la fricción, haciendo los conductos largos y estrechos.

En los hornos de poca capacidad, raramente se usa el sistema regenerativo, pues el otro presenta la ventaja de no necesitar válvulas de "mariposa" ni el trabajo de estar cambiando el flujo a intervalos periódicos cortos, aunque tiene la desventaja de que fácilmente se quebran los conductos, obstruyéndose y permitiendo que se mezclen los gases, aparte de que no son propios cuando se usan productores de gas. Tienen la ventaja, además, de que su duración debe ser mayor que la de los regeneradores porque no tienen que sufrir los cambios bruscos y alterantivos de la temperatura.

Por lo que acaba de decirse elegimos este último sistema, (recuperativo) y daremos a los aparatos las siguientes especificaciones: forma rectangular, contruidos con ladrillo refractario llevando en su interior tubos de material refractario también, cuya conductividad es, a 500 C. 0.230 Kcal h m<sup>2</sup> C. M.L; de 10 cm. de diámetro interno y paredes de un centímetro de espesor; dentro de ellos va a fluir el gas y por fuera, en contracorriente, el aire.

**Cálculo de los recuperadores. — Sección de la puerta para la entrada de aire.**— Vimos que el aire necesario para la combustión es 11,223 mts. Esta cantidad dividida por 86,400 nos dá la cantidad necesaria por segundo: 0.129 Mts. En vista de que la velocidad del aire depende en parte del tiro de la chimenea y porque la práctica así lo aconseja, la velocidad varía entre 1.5 y 3 mts. por segundo. Si tomamos este último valor, tendremos que la sección necesaria de la puerta es:  $0.129 \div 3 = 0.043$  mts<sup>2</sup>.

**Sección necesaria para el aire que va de los recuperadores al hogar.**— No es posible predecir la temperatura que alcanzará el aire al salir de los recuperadores por carecer de los datos necesarios, pero debe ser al rededor de 1000 C. por lo que su volúmen, a la presión de 635 mm. será:

$$V = 0.129 \left( \frac{760}{635} \right) \left( \frac{1273}{273} \right) = 0.715 \text{ mts.}^3 \text{ seg.}$$

y suponiendo la misma velocidad de 3 mts. seg:  $0.715 \div 3 = 0.238$  mts<sup>2</sup>.

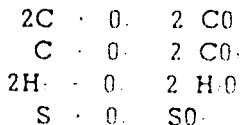
**Volumen de los productos de combustión.**— Hemos dicho con anterioridad que para la fusión y afirmación de 5000 Kg. de vidrio son necesarios 886 Kg. de aceite combustible aproximadamente, repartidos durante todo el día, así es que el gasto por segundo será:  $886/86400 = 0.01334$  Kg.

Tomando como base para el cálculo 100 gr. de petróleo cuyo análisis ya se dió, vimos que para su combustión son necesarias, 7.635 mol.gr. de oxígeno, las cuales están contenidas en  $21/100::7.635/x = 36.35$  mol.gr. de aire, pero como se usó 20% de exceso de éste, la cantidad será 43.56 mol.gr. a las que corresponden  $100/79::43.56/x = 34.41$  mol.gr. de nitrógeno que unidas a las que tienen 100 gr. de combustible hacen 34.48 mol.gr. de nitrógeno.

Vimos también que reduciendo el análisis del combustible a base molecular resultan:

6.967	átomos gr de	C	en 100 gr de petróleo.
1.061		H	
0.071		N	
0.138		S	

Las reacciones que ocurren al efectuarse la combustión son:



Si suponemos que 5% del C se transforma en CO y el 55% restante en CO<sub>2</sub>, resultan:

0.348 mol-gr. de	CO	1	16.10 %
6.619	CO <sub>2</sub>	1	
1.061	H <sub>2</sub> O		2.48
0.138	SO <sub>2</sub>		0.32
34.480	N <sub>2</sub>		81.10
<hr/>			<hr/>
42.646			100.00%

Si una mol-gr. de cualquier gas ocupa 22.4 lts en condiciones normales, tenemos que:

0.348 mol-gr. de	CO	Ocuparán	7.79 lts.
6.619	CO <sub>2</sub>		148.27

1.061	H <sub>2</sub> O	23.77
0.138	SO <sub>2</sub>	3.09
34.480	N <sub>2</sub>	772.35

955.27 lbs. por 100 gr. de combustible.

Así es que 13.34 gr. de combustible que se usan por segundo, producen:  $100/955.27 :: 13.34 :: 127.43$  lbs. C. N.

Los cuales pesan aproximadamente 0.1656 Kg. que divididos entre 1.3 Kg. que aproximadamente pesa el metro cúbico de esta mezcla de gases, nos dá un volúmen de 0.127 mts<sup>3</sup>. Suponiendo también que estos gases dejen el horno a una temperatura de 1500°C. y considerando que la presión es de 635 mm., el volumen que ocuparán es:

$$V = 0.127 \left( \frac{760}{635} \right) \left( \frac{1773}{273} \right) = 0.98 \text{ mts}^3$$

**Sección necesaria para los gases que van del horno a los recuperadores.**

$$A \quad Q \quad V \text{ substituyendo: } 0.98 \quad 3 \quad 0.326 \text{ mts}^3$$

**Dimensiones del recuperador.**— Necesitamos conocer en primer lugar el valor del coeficiente de transmisión de calor.

Para encontrar el valor del coeficiente de película (h), aplicamos la fórmula: (1)  $h = \frac{16.6 C_p (G)^{0.8}}{D^2}$

pero como el valor de K no tiene importancia tratándose de gases, así como tampoco las características de las superficies de los tubos, podemos aplicar el balance usual de calor:

$$(2) \dots q = 3600 G (P_i - 4) (D/12)^2 C_p (t_i - t)$$

$$\left( \frac{16.6 C_p (G)^{0.8}}{D^2} \right) \left( \frac{P_i D L}{12} \right) A t_m$$

$$\text{de donde } (3) \dots (L/D) \left( \frac{\Delta t_m}{(t_i - t)} \right) = 4.52 (DG)^{0.2} \quad \text{donde}$$

$C_p$  calor específico

G masa velocidad

D diámetro interno de los tubos

$t_m$  media logarítmica de la diferencia de temperaturas

$t_i$  1500 C.

$t$  X

Hemos supuesto que el aire entra a 30 °C y sale a 1000 °C. entonces (4):  $C_p \cdot W (t-t_1) = C_{pm} \cdot W (t-t_2)$

Para encontrar el valor de C usamos las siguientes fórmulas:

- a)  $C_p$  de  $N_2$ ,  $O_2$  y  $CO$  = 6.76 -- 0.000606 T -- 0.00000013 T<sup>2</sup>
- b) " "  $CO_2$  = 7.7 -- 0.0053 T -- 0.00000083 T<sup>2</sup>
- c) " "  $H_2O$  = 8.22 -- 0.00015 T -- 0.0000013 T<sup>2</sup>

Tenemos por otra parte que la composición de los gases de escape es:

CO	0.85 %	N <sub>2</sub>	81.10%
CO <sub>2</sub>	15.25	SO <sub>2</sub>	0.32
H <sub>2</sub> O	2.48		

Para sacar el  $C_p$  del aire necesitamos solamente la (a), substituyendo: 6.76 -- 0.000606 · 788 -- 0.00000013 · 788<sup>2</sup> = 7.317

Substituyendo en (4):

$$(5) \dots C_p \cdot 596 \cdot 16 (1500-t) = 7.32 \cdot 503 \cdot 27 (1000-30) = 4270000$$

Como desconocemos t, debemos proceder por tanteos; si le asignamos un valor de 700 °C obtenemos, substituyendo en (a, b y c) los siguientes valores de  $C_p$ :

- a) 7.83
- b) 15.60
- c) 10.95

Si el porcentaje en que entran los componentes gaseosos d) ... CO -- N<sub>2</sub> = 0.8195; e) ... CO -- SO<sub>2</sub> = 1557 y f) H<sub>2</sub>O = 0.248

los multiplicamos por los valores obtenidos para (a, b y c), resultan respectivamente 6.4; 2.58 y 0.272, que sumados dan 9.252; valor de  $C_{pm}$ . Aplicándolo a (5) resulta el primer miembro igual a 4400000, valor muy diferente al del segundo miembro, lo cual indica que la temperatura escogida no es correcta. Le asignamos ahora un valor de 720 y procedemos en la misma forma. Valores de (a, b y c): 7.84; 16.63 y 11.09 que multiplicados por los de (d, e y f) dan 6.42; 2.60 y 0.275 cuya suma es 9.295 valor de  $C_{pm}$  que substituido en (5) hace que resulte el primer miembro igual a 4300000 que casi concuerda con el valor del segundo miembro; al quedar verificada la igualdad, significa que la temperatura de 720 °C es correcta.

Con los datos anteriores sacamos el valor de  $\Delta t_m$  media:

$$\Delta t_m = \frac{(720-30) - (1500-1000)}{\ln \frac{720-30}{1500-1000}} = \frac{190}{2.3 (\log 690 - \log 500)} = \frac{190}{0.323} = 590 \text{ C.}$$

Para encontrar "G" tenemos que calcular el peso molecular:



aparente de los gases; para esto multiplicamos el número de moléculas en cada molécula de la mezcla por sus respectivos pesos moleculares.

0.0085	· 28	0.238
0.1525	· 44	6.710
0.0248	· 18	- 0.4464
0.8110	· 20.02	22.7242
0.0032	· 64	0.2048

30.3234

peso molecular aparente de la mezcla de gases.

Con este dato podemos calcular los mts' seg. de gases:

$$\frac{596.16}{3600} \cdot 0.182 \text{ Kg seg.} : \frac{182}{30.32} \times 22.41 \times \frac{760}{635} \times \frac{1773}{273} = 1043 \text{ lits. seg.}$$

Como hemos supuesto que la velocidad de los gases es de 3 mts. seg, tales gases necesitarán una sección de:

$$\frac{1.043 \text{ mts' seg}}{3 \text{ mts seg.}} = 0.348 \text{ mts.}^2$$

de donde  $G = \frac{.182}{.348} = 0.523 \text{ Kg seg. m.}^2$

Para encontrar el número necesario de tubos, sacamos la sección de cada uno:

$$P_i D^2 = \frac{3.14 \cdot (.10)^2}{4} = 0.00785 \text{ mts.}^2 \text{ y}$$

$$\frac{.348}{.00785} = 44.3 \text{ (o sean 45 tubos).}$$

Ya tenemos los datos necesarios para subsituir por sus valores la fórmula (3) y encontrar el valor de L (longitud de un tubo).

D	10 cm	Atm	590 C.
G	523	t	1500 C.
t	720 C		

Como la fórmula está dado para unidades inglesas, necesitamos corregir los coeficientes para aplicarlos a unidades "C.G.S." Usamos la fórmula:  $n \times 10^4$  (sistema CGS) coeficiente  $\times$  por siste-

ma inglés)

U = u x de donde  
 1 cm. = 1 2.54 plgs.

1 Kg. = 2.6792 lbs.  
 1 metro = 3.28 pies.

El valor de G está dado en lbs seg pie<sup>2</sup> para ponerlo en Kg/seg. m<sup>2</sup>:

Kg	z lbs.	2.6792	
seg m <sup>2</sup>	seg pie <sup>2</sup>	(3.28)	0.248

Substituyendo los coeficientes en la fórmula (3) tenemos:

$$\frac{.328}{1} \times L / D \times \left( \frac{\Delta t_m}{(t_1 - t_2)} \right) \frac{.248}{2.54} 4.54 (DG)^2 = 8.35 L / D$$

$$2.54 \left( \frac{\Delta t_m}{(t_1 - t_2)} \right) .442 (DG)^2$$

substituyendo: L  $\frac{8.35}{10} \times \frac{590}{780}$  .442 (10 x .523)<sup>2</sup>; despejando a L:

$$L = \frac{0.442 (10 \times 0.523) \cdot 10 \cdot 780}{8.35 \cdot 590} ; L = \frac{0.442 \cdot 1.4 \cdot 7800}{8.35 \cdot 590} = 0.98 \text{ mts.}$$

Resumiendo: La temperatura de salida de los gases es 720 °C.; se requieren 45 tubos de 10 cm. de diámetro y 90 de longitud; el área que requiere el aire es:

$$\frac{467.65}{3600 \times 3} = \frac{467.65}{10800} = 0.433 \text{ mts.}^2$$

Área que ocupan las paredes de los tubos:

$$\frac{\pi D^2}{4} - \pi D_1^2 + \frac{\pi (D - D_1)^2}{4} \times 45$$

$$\text{substituyendo: } \frac{3.14 \cdot 12 \cdot 10^2}{4} - 45 \cdot 0.0141 \text{ mts.}^2$$

Entonces: área total = área que ocupan los gases, el aire y las paredes: Vimos que área de un tubo = 0.0795 mts<sup>2</sup> que multiplicados por 45 hace 3.533 = 4.330 + 0.141 = 0.8004 área total que multiplicada por la longitud (0.90) = 0.7294 mts<sup>3</sup>

**Recocido.**— Un cuerpo elástico es aquel que habiéndose deformado bajo la acción de una fuerza, recobra su forma y dimensiones al cesar dicha fuerza

Un cuerpo viscoso queda permanentemente sujeto a la fuerza. Si se considera teóricamente una esfera de vidrio a una temperatura uniforme suficientemente elevada para que el vidrio esté pastoso y se deja enfriar, se ve que por razón natural lo que primero sufre el cambio de temperatura es la periferia, formándose sin dificultad una delgada capa sólida; bajo este primer estrato se forma otro, que al solidificar, por pérdida de temperatura, se adhiere a la primera contrayéndose por dentro comprimiendo así a la primera, de lo cual resulta una tensión periférica. Al solidificar la segunda capa encuentra una resistencia de parte de la primera que tiende a evitar su contracción, con lo que se desarrolla en ésta una tensión de tracción. Bajo la segunda capa todavía en tensión, se forma una tercera que le comunica una presión que equilibra la tracción y aún la sobrepuja, de manera que con la formación de esta tercera capa, la segunda queda con una tensión de presión mientras ella está bajo tracción. Así van formándose otras nuevas con el mismo efecto pero decreciendo en magnitud hasta llegar a una capa neutra a partir de la cual los esfuerzos desarrollados son de la misma magnitud que los primeros pero de signo contrario. Así pues, hay una pugna entre dos fuerzas opuestas que se traduce en una radial, un esfuerzo cortante que obrará en el momento en que haya la menor descompensación por haberse roto el equilibrio entre las tensiones desarrolladas. Un ejemplo patente son las "lágrimas de Batavia" que se hacen enfriando rápidamente una porción de vidrio a la que se ha dejado un apéndice; el resultado es que queda dura, resistente a fuertes golpes, pero al quebrar la punta del delgado apéndice, la lágrima toda estalla reduciéndose a polvo; la energía mecánica desarrollada es a veces tan grande que colocando una de estas "lágrimas" dentro de una botella de gruesas paredes, llena de agua, puede llegar a romperla. Pues ser roto también el equilibrio de las tensiones mediante un cambio brusco de temperatura, lo que explica que en la mayoría de los casos sea de todo punto indeseable la existencia de tales tensiones. Actualmente se están haciendo ensayos para fomentarlas mediante un "templado" especial consistente en calentar de un lado la masa vítrea y enfriarla fuertemente por el otro con aire, habiéndose obtenido artículos tan duros y elásticos, que al caer al suelo rebotan como si fueran de goma. Estos experimentos aún se conservan en secreto.

Si ahora se considera la misma esfera de vidrio a temperatura uniforme y se va calentando, la superficie tenderá a expandirse más rápidamente que el interior, lo que da origen a un esfuerzo de tensión exterior y otro de tracción interior.

La magnitud de las tensiones permanentes en el vidrio depende del coeficiente de expansión, conductividad, calor específico,

densidad y elasticidad del espécimen. Hay un teorema que dice: "Las tensiones permanentes que posee una pieza de vidrio, son iguales pero de signo opuesto, a las tensiones perdidas durante el enfriamiento". Esta pérdida de tensiones habida durante el enfriamiento se debe a que encontrándose el vidrio a una temperatura uniforme, carece de ellas y al introducir un gradiente de temperatura, tiende a producir tensión en la superficie y compresión en el interior; puesto que hay cierta movilidad interna de las partículas por razón de la temperatura elevada, una parte de las tensiones, al menos, desaparecerá; esta condición persiste hasta que el vidrio adquiere completa rigidez. Este gradiente de temperatura es suficiente para producir una tensión que podemos llamar "F", pero el vidrio, por razón del flujo viscoso que posee, ha perdido una porción de aquella; a ésta le llamaremos "x". Su valor depende del carácter del vidrio, especialmente su viscosidad. Por esto, al enfriarse, posee menor tensión interna que la que tendría en vista de su gradiente de temperatura. Si ahora se abate ese gradiente, el vidrio adquiere una temperatura uniforme; una completa inversión de la tensión temporal debe ocurrir ahora, y la tensión residual puede ser expresada por  $(F - x) - F - x$ .

El objeto del recocido es pues eliminar o al menos reducir al mínimo las tensiones internas. Muchos usan la palabra "temple" para expresar esta idea, pero erróneamente pues tiene significado opuesto.

Prácticamente el recocido se lleva a cabo subiendo la temperatura de las piezas de vidrio hasta un punto superior al de temple pero inferior al de reblandecimiento para librarlo de tensiones y luego se enfría muy lentamente para que el gradiente de temperatura sea pequeño y no resulten grandes tensiones residuales. Es teóricamente imposible efectuar el recocido en forma perfecta pues no puede traerse al vidrio instantáneamente desde la temperatura de recocido hasta la condición elástica. Si la recocida se da a una temperatura cercana al límite superior de temperaturas, donde la viscosidad es relativamente baja, es obvio que la desaparición de tensiones temporales será más rápida al empezar el enfriamiento; por esto, aunque el tiempo de recocido (el necesario para librarlo de tensiones) puede ser más corto, el enfriamiento debe ser muy lento pues de otro modo crecerá el gradiente de temperatura resultando un alto grado de tensión residual; en cambio, si la temperatura escogida está cerca del límite inferior, aunque se requiere más tiempo para la recocida, puede ser enfriado más rápidamente porque la viscosidad es mucho mayor y el vidrio resiste un elevado gradiente de temperatura sin que desaparezcan muchas de las tensiones temporales y consecuentemente, resulten las correspondientes residuales.

Se ha encontrado que el tiempo total requerido para el proceso es menor por el método de baja temperatura.

Los hornos usados para esta operación son de dos clases: intermitentes y continuos; los vidrieros los llaman "arcas". Los primeros no son más que locales abovedados provistos de un pequeño hogar; se cargan durante el día, conforme se van produciendo los artículos y se calientan a la temperatura debida para luego dejarlos enfriar lentamente y descargarlos al día siguiente. El arca continua es un túnel estrecho que recibe el calor cerca del extremo de carga, en el que circulan los gases en la misma dirección que el vidrio hasta encontrar su salida a la chimenea cerca del extremo de descarga. Está provisto de rieles, rodillos o una banda metálica que camina a una velocidad regulable; en el primer caso se usan carrillos de material refractario montados sobre ruedas y accionados por un "empujador" hidráulico: al llegar uno de los carros al fin del túnel, acciona un conmutador que suspende el trabajo del empujador y enciende un foco o toca un timbre que sirve de aviso. En el segundo caso se usan charolas que caminan sobre los rodillos impulsadas por el empujador y en el tercero, se ponen las piezas directamente sobre la tela de alambre que es la banda. Conforme va saliendo un carro o charola se va introduciendo otro. Para reducir el tiro y las pérdidas de calor, se ponen puertas en las extremidades del túnel. El control de la temperatura se llevaba antiguamente observando el interior del horno y el tiempo requerido para que un manojo de papeles tirado dentro cogiera el fuego. Actualmente se usan pirómetros registradores distribuidos a lo largo del arca, o bien, conos pirométricos.

Me parece que para el caso que estamos tratando, es más conveniente el uso de un arca continua aunque por ser intermitente el horno de fusión que lo alimenta, deba trabajar por hornadas. Pienso así, porque ocupa menor espacio que las arcas fijas que podrían reemplazarla; su régimen es más fácil de controlar y requiere menos obreros-hora. Claro que el desgaste que sufre es mayor que si trabajara constantemente, pero esa desventaja la tenemos también en las fijas y por otra parte, un arca de este tipo no requiere transformación si se aumenta (en tiempo, no en capacidad) el trabajo del horno de fusión.

No me es posible calcular teóricamente el horno que se requiere para el recocido de los artículos producto del horno de cinco toneladas de que hemos tratado, pues parece que hasta la fecha no se ha desarrollado una forma precisa de hacerlo, viéndose precisados los técnicos a obrar conforme a la experiencia de la cual yo carezco. Debe tomarse en cuenta que según hemos supuesto, se trabajarán artículos muy diversos y que la duración y temperatura del

recocido varía con la composición química de la pasta, con la forma y espesor del artículo y con la temperatura a que entra al arca.

Por las anteriores consideraciones, tomaremos para su diseño los datos medios que más se acercan al tipo de trabajo por realizar; son los siguientes: Por razón de economía y facilidad de conseguir los materiales necesarios (dadas las circunstancias), se emplearán charolas de lámina en cuyo fondo se ponga un poco de arena con objeto de que no se rompan las piezas al ponerlas en ellas y correrán sobre rodillos impulsadas por gravedad. Será construida sobre una mesa o pilares de mampostería a una altura aproximada de 0.80 mts. sobre el suelo; con paredes de unos 0.50 mts. de 12 mts. de extensión por uno de anchura. Un par de quemadores en la caja de fuego, la cual ocupa la 3a. o 4a. parte de la longitud del horno suministrarán el calor necesario. Suponiendo que los artículos entren al arca a una temperatura al rededor de 300 C., deberán calentarse hasta unos 500 C. más o menos y luego dejarse enfriar hasta 30 C. para lo cual y tomando en cuenta el tiempo que debe permanecer el objeto a la temperatura conveniente para su cocura, serán necesarias al rededor de 3 horas. Este horno presenta cierta elasticidad en el trabajo de tal manera que podrá ser adaptado debidamente cuando se hayan hecho las pruebas conducentes. Para éstas se sirve el técnico de un horno de laboratorio que reproduzca las condiciones del grande y luego hace los ensayos precedentes. Algo que presta grandes servicios para conocer el valor de las tensiones y consecuentemente la efectividad del recocido, es el "polariscopio"; este aparato se funda en que un bloque de vidrio bajo tensión, se comporta como un cristal monoaxial ópticamente negativo bajo la luz polarizada; es parecido a los polarímetros ordinarios, pero en lugar de los prismas Nicol para polarizar y analizar, consta de una placa de vidrio negro que recibe la luz difusa y la refleja en ángulo de 30 C. como luz polarizada hacia el Nicol analizador. Montada con el prisma está una placa coloreada que produce un campo púrpura que cambia a amarillo y azul en cuadrantes alternativos dependiendo del carácter e intensidad de la tensión en la pieza de vidrio que se examina. Para el análisis de pequeñas secciones, se usa el aparato combinado con la microfotografía, tomando el nombre de "microfotopolariscopio".

**Cálculo del combustible para el arca.**— Para hacerlo, necesitamos fijar ciertos datos que no es posible determinar, por lo cual los supondremos tomando como dato que deberá empezar el trabajo del arca al mismo tiempo que la confección de objetos y terminar 3 horas después que aquella, por lo que el tiempo de trabajo será de 11 hs., pero tomando en cuenta que durante las 3 primeras la cantidad de material que se trata va aumentando de peso al máximo

hojas de lámina de hierro No. 20 y de las siguientes dimensiones.  $1 \times 0.60 \times 0.10$  mts. de ancho, largo y alto respectivamente, pesando 8.7 Kg. aproximadamente cada una; si calculamos que la cantidad de vidrio que ha de sufrir el tratamiento es de 4500 Kg., resulta que cada charola deberá llevar 56 Kg. de carga. Como cada 6 minutos entra una charola para reemplazar la que sale y el número que se encuentra dentro es de 30, puede considerarse continuo el movimiento de la carga. El calor específico del vidrio lo tomamos como antes: 0.20 entre 20 y 100° C. y el del hierro: 0.12.

Para resolver este problema consideramos el arca dividida en dos secciones: la de calentamiento y la de enfriamiento, y hacemos un balance de calor para cada una de ellas.

**Zona de enfriamiento.**— Sabemos que la carga entra a esta zona a 500° C. y sale de ella a 30° C. por lo que su temperatura media será:

$$(500 + 30) \div 2 = 265^{\circ}\text{C.}$$

a la cual el calor específico medio de la carga es:

$$C_m = 0.20 + 0.0001 t = 0.2265.$$

y del hierro:  $C_m = 0.12 + 0.0001 t = 0.1465.$

El calor suministrado a esta zona por charola cargada es:

del vidrio:	56	(500 - 30)	0.2265		
					5961.5 cal.
del vidrio:	8.7	(500 - 30)	0.1465		599.3 ..
					6560.8 cal.
			Suma		6560.8 cal.

o sean  $6560.8 \times 10 = 65608$  cal h.; pues son 10 las charolas que salen por hora.

Esta cantidad se perderá, en parte, por conducción y radiación y por otra, como calor sensible en los gases de escape, pudiendo ayudarse al enfriamiento mediante ventilas. Puede también servir, con mucha ventaja, para precalentar el aire usado en la combustión.

**Zona de calentamiento.**— Suponemos que la carga entra a 300° y sale a 500°, mientras que las charolas entran a 30° y salen a 500° C., por lo que la temperatura media será:

de la carga:	(300 + 500)	2	400		
del hierro:	(30 + 500)	2	265;	y el calor específico	
del vidrio:	0.20	+ 0.0001 t	0.24		
del hierro:	0.12	+ 0.0001 t	0.1465		

Calor necesario por unidad en esta zona:

para la carga:	56	·	200	·	0.24	2688
para la charola:	8.6	·	470	·	0.1465	599
					Suma	3287

cal por unidad ó 3287 cal h.

Para suministrar tal cantidad de calor, son necesarios 3.11 Kg. de petróleo (poder calorífico 10556 cal); pero considerando que al terminar la jornada se dejará de calentar el horno perdiendo su calor, al empezar la siguiente, el material del mismo absorberá una cantidad considerable, así es que supondremos que tiene una eficiencia de 50%, por lo cual el combustible necesario por hora es 6.22 Kg. y por día, 49.76 Kg.

## CAPITULO V.

### ORGANIZACION DEL SOPLADO CON LA NUEVA PASTA

**Quemado del horno.**— Esta operación se hace necesaria pues si se trabajara el horno sin haberlo quemado previamente, su duración sería efímera, pues el agua contenida en los materiales al ser rápidamente vaporizada, desquebrataría los ladrillos aparte de que estos mismos por los encopimientos o expansiones que sufren, no podrían resistir el aumento brusco de temperatura. Los tanques nuevos se queman comunmente vacíos, aunque algunas fábricas lo hacen con ellos total o parcialmente llenos de "caulet" o "casco". Es conveniente colocar quemadores en los extremos y aplicar pequeñas flamas para secar y luego calentar la estructura, una o dos semanas antes de empezar el verdadero calentamiento. Gas natural o de carbón es lo que se usa generalmente para empezar porque es de fácil regulación y porque el aceite tiene flama intensa y es muy incierto su comportamiento. Un tubo perforado y colocado en el fondo del tanque, suministra una hilera de pequeñas flamas que calientan la bóveda y la superestructura en general. Es bueno también colocar temporalmente quemadores en el extremo del lado de trabajo.

Hay diferencias de criterio, pero la práctica común es elevar la temperatura de los hornos entre 150 y 200 F (65.5 y 93.3 C) por día. Los bloques de arena refractaria y los ladrillos son más rápidamente calentados pues las bases de sílice, teniendo mayor expansión, requieren más cuidadoso tratamiento. La verdadera expansión de la sílice (considerada como amorfosa por las tres formas cristalinas) es mucho más rápida en los primeros 1000 F (538 C) que a más altas temperaturas, hay dos regiones en que se debe tener especial cuidado, la de los 390 F a los 530 F (199 a 278 C) donde la Cristobalita se convierte en alta Cristobalita y la de los 1065 F (574 C) donde el bajo cuarzo se expande a la forma alta. Estas modificaciones en la forma cristalina envuelven repen-



linas expansiones que pueden causar daño si se llevan rápidamente; pero después de los 1100° F (593° C) el grado de calentamiento puede elevarse a unos 400° F (204° C) por día: Durante el calentamiento debe tenerse especial atención a los tirantes, los que deben ser progresivamente alojados conforme su tensión crece bajo la expansión de la bóveda.

Aún con todas las precauciones, no es posible evitar el rompimiento de algunos bloques del tanque, debido a que sus caras internas están mucho más calientes que las externas.

La temperatura de trabajo es entre 1090° y 1200° C.

Estudios hechos por Trinks y otros, muestran que mejores y más económicos resultados son obtenidos mediante flamas luminosas en los hornos de vidrio. El fuego de este carácter tiene una radiación más intensa: se puede esperar una mayor penetración de calor en el baño cuando una flama luminosa es usada, porque el vidrio es transparente a los rayos infrarrojos. Las flamas de aceite pueden hacerse más luminosas usando el mínimo de aire para atomizarlo. No se han desarrollado métodos satisfactorios para aumentar la luminosidad de la flama.

**El laboratorio.**—Como ya se dijo, sólo dos o tres grandes establecimientos en nuestra república han dado importancia al laboratorio, pues los demás consideran probablemente que por partir de vidrios rotos éstos cuentan en la proporción adecuada con todos los ingredientes o bien, que precisamente por tener una materia prima de composición tan variable y además impura, resulta superflua la precisión del laboratorio. Es obvio que ignorando la ciencia aplicada a este respecto, no se puede sacar el provecho que se podría; hay que obrar pues contra la rutina por ellos seguida, para lo cual trataré de explicar la conveniencia del control físico y químico.

Para lograr buen vidrio es necesario asegurar la regularidad de composición primero, y luego la de fusión y afinación, es decir, el régimen del horno además de dar el recocido en la forma debida, para lo cual es necesario disponer de un arca metódicamente enfriada, sea por la lentitud de la caída de temperatura en las arcas fijas o por el lento avance de las piezas bajo una temperatura muy lentamente decreciente en arcas continuas, de manera de mantenerlas el tiempo suficiente para su coadura.

En los hornos de tanque donde el material que se carga es de diversas composiciones, se puede controlar la regularidad tomando un análisis cada cuatro o cinco veces mayor de la consumida por día, pues con ésto se consigue que las variaciones de composición sean muy lentas, porque la masa fundida en la cual se diluye la nueva, juega el papel de mortuorio de variaciones y haciendo la

dosificación sistemática del  $\text{SiO}_2$  en el vidrio, para evitar el mal haciendo una corrección preventiva en el sentido opuesto de la desviación constatada. Este método es mejor que el de analizar y preparar antes de cargar, pues por tratarse de una materia homogénea, escapa a lo electorio del muestreo; tiene en cambio la desventaja de requerir un gasto mucho mayor de mantenimiento, mayor costo de instalación y construcción, etc. La regularidad en la fusión y el régimen del horno se pueden controlar mediante:

1.—Un pirómetro colocado en punto convenientemente elegido, v. gr. en la parte posterior del horno o junto a los obradores, ya sea que se desee vigilar la fusión y afinación o el trabajo.

2.—Un analizador de humos para regular la combustión.

3.—Un pirómetro en el horno de recocido y

4.—Por último, el examen a la luz polarizada.

En el laboratorio debe tenerse:

1.—Análisis cualitativo.

2.—Análisis cuantitativo.

a).—verificación (eventual) de las materias primas.

b).—control cotidiano por simple dosificación del  $\text{SiO}_2$ .

3.—Control del horno de fusión

a).—Pirómetro.

b).—aparato de Orsat para analizar los humos

c).—manómetro a la chimenea.

4.—Control del arca.

a).—mediante pirómetros y

b).—verificando el recocido por medio de la luz polarizada.

5.—Análisis del combustible

El análisis del vidrio se simplifica grandemente empleando el método del "carácter necesario y suficiente" de cada cuerpo, ideado por Le Chatelier y precisado por Babu. Una reacción es **necesaria** cuando de no producirse se puede concluir la ausencia de un cuerpo; una reacción **suficiente** permite, si se efectúa, afirmar la presencia del cuerpo. Sin embargo, no siempre que se produce la necesaria significa que esté presente el cuerpo y viceversa, si la suficiente no se produce, no determinada que no esté presente el cuerpo. Una reacción que reúna ambas cualidades: **necesaria y suficiente**, permite reconocer inmediatamente un cuerpo, sin que ningún otro que esté presente pueda contrariar la reacción.

Ahora bien; una solución sólida, sin agrupamientos moleculares, que no sufre modificación por efecto del calor, queda perfectamente caracterizada por solo su composición química, de suerte que el porcentaje exacto de sus elementos indica todas las propiedades del vidrio.

Los componentes principales del vidrio son: alúmina, óxidos de hierro, cal, magnesia, potasa, berrita, zinc, y plomo. Los secunda-

rios o correctivos: arsénico, antimonio, selenio, níquel, cobalto, manganeso, flúor, ácidos sulfúrico y fosfórico. Los colorantes: cobre, cromo, cadmio, plata, etc.

Lo primero que se hace para analizar un vidrio es desintegrarlo o disolverlo por medio de alguna de estas formas principales:

- a).—ataque por el ácido fluorhídrico
- b).—fusión en carbonato de sodio.
- c).—disgregación con carbonato de cal.

Los dos últimos introducen sodio o calcio en el licor.

En un principio traté de utilizar el primer método para hacer los análisis de que tuve necesidad, pero hube de dejarlo por no encontrar en Guadalajara ni en México el ácido, así como tampoco el material necesario para producirlo. Fué entonces que el señor ingeniero Daniel Vega, Superintendente de la fábrica "Cementos Guadalajara" me brindó su ayuda permitiéndome hacer los análisis necesarios en el laboratorio de dicha fábrica, lo que mucho le agradezco; por tal motivo, seguí el método que ahí acostumbran. La forma en que procedí para analizar los materiales silíceos es la siguiente: pulvericé finamente el material en un molino de discos giratorios, tamicé y sequé en la estufa a 100-110° pesé 250 mg. en crisol de platino y agregué al rededor de 3 gr. de carbonato de sodio, mezclando íntimamente; luego llevé el crisol al horno eléctrico a una temperatura aproximada de 1000 C donde se realizó la fusión, obrando el carbonato por doble descomposición: la sílice desplazando al CO<sub>2</sub> y combinándose con el álcali dando el vidrio más alcalino, soluble después de la fusión ígnea. Saqué el crisol y con objeto de que no solidificara en el fondo, ladeando el crisol lo hice girar, con lo cual se formó una capa en las paredes. Aún caliente, lo sumergí en una cápsula de cristal que contenía HCl 1:1 (20 cc). Una vez limpio y lavado con agua (en caliente deben darse todos) retiré el crisol y puse la cápsula en una parrilla donde la dejé evaporar lentamente, durante 6 ú 8 horas. Al residuo seco le añadí 20 cc. de HCl 1:1 y lo lavé con agua: filtré y luego lavé; calciné el filtro (conteniendo el SiO<sub>2</sub>) en crisol de porcelana. El filtrado lo puse a hervir y luego le añadí amoníaco para precipitar los óxidos de hierro y aluminio en forma de hidratos. Filtré y lavé; el precipitado lo volví al vaso para reprecipitar los hidróxidos; le puse 3-4 de HNO<sub>3</sub> concentrado hasta redisolución y herví durante 5 minutos (para oxidar) luego de precipitar con NH<sub>3</sub> en ligero exceso, volví a filtrar; lavé y después de calcinar el filtro a calor suave, pesé para sacar el porcentaje de R.O.; el filtrado se alcaliza con NH<sub>3</sub> y se calienta hasta ebullición añadiéndole luego 20 cc de solución saturada de oxalato de amonio caliente, agitando constantemente; después de hervir 5 minutos lo dejé reposar en lugar templado para que se asen-

tara el precipitado de oxalato de calcio, filtré y lavé con agua volviendo el precipitado al vaso y dejando adherido a su borde el papel filtro, para después valorar con una solución de permanganato de potasio, sacando así el contenido de óxido de calcio. En el líquido filtrado se determina el magnesio, dejándolo enfriar y añadiéndole 30 cc. de HCl 1:1, 50 cc de NH<sub>3</sub> y 30 cc de fosfato sodioamónico agitando para violentar la precipitación. Se deja en reposo 8 ó 10 horas para luego filtrar y lavar el precipitado con una solución compuesta de 200 cc. de agua, 50 de NH<sub>3</sub> y 25 de nitrato amónico; después de lavado calciné el filtro y pese para conocer el contenido de MgO.

## CAPITULO VI

### ESTUDIO ECONOMICO

**Comparación de las pastas de vidrio.**—Como dije al tratar el punto III, la pasta tipo puede obtenerse corrigiendo el producto de la fusión de pedacera de vidrio o partiendo de los elementos. Las fábricas "Vidriera Monterrey", "Vidrio Plano", y crea también "Vidriera México", usan arena importada de los EE. UU. con los inconvenientes de elevar el costo del producto y dificultades de abasto por falta de furgones, cruce de fronteras, etc. Esto se debe según parece a que no han encontrado esta materia prima en las cercanías. Tomando en consideración lo anterior, busqué y encontré algunos materiales silícicos en el Estado de Jalisco, cuarzo hialino de gran pureza, pero algunos no son aprovechables ya sea por lo pequeño de los yacimientos, sus impurezas, o porque estando en plena sierra, habría que transportarlos a lomo de mula, lo que hace incoachable su beneficio. Una arena que analicé y resultó interesante para ser estudiada a fondo por los elementos que la componen y estar localizada en lugar accesible es la siguiente:

SiO <sub>2</sub>	77.2%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.2
CaO	2.4
MgO	2.2
SO <sub>2</sub>	1.8
pérdida	815 4.2

Su costo no me es posible precisarlo, pero debe ser al rededor de \$ 30.00, tonelada.

El análisis de otro material me dió el siguiente resultado:

SiO <sub>2</sub>	85.46%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.49
CaO	3.48
MgO	huellas
Na <sub>2</sub> O	8.36

---

99.79%

Su costo debe ser al rededor de \$ 40.00 la tonelada.

El CaO no presenta gran problema pues cerca de Guadalajara hay varias caleras bastante ricas.

Análisis de cal procedente de la hacienda de Huescalapa, Jal.

Ca CO	94.3%
Mg CO	1.3
Fe: O	0.5
Al: O	1.4
insol. en HCl	2.0
humedad	0.5

---

100.0%

Resultados del análisis de otra cal:

CaO	54.4%
SiO <sub>2</sub>	2.8
R:O	1.2
pérdidas	41.5

---

99.9%

Costo aproximado por tonelada: \$ 9.50.

El CaO se introduce en la composición mediante el carbonato de calcio por ser su forma natural, es más barato que el óxido o el hidróxido, tiene composición uniforme, por ser más cómodo para manejarse y por la acción depuradora que ejerce, consistente en el desprendimiento de CO<sub>2</sub>.

Como fuente de Na<sub>2</sub>O se usa principalmente el carbonato de sodio, pues resulta más barato que el sulfato si se considera que aporta el 58.5% de óxido contra 43.7% que da el sulfato, necesitándose por lo tanto del primero, las 2/3 partes del segundo; se ahorra, según Dralle, 30% de combustible por ser más baja su temperatura de fusión; por la misma razón, se alarga la vida del horno y por atacar menos, químicamente, el material refractario y, finalmente, porque no requiere la presencia de reductor como ocurre con el sulfato. Sin embargo, Gelstharp opina, junto con Hodkin y Turner, que

empleando un poco de sulfato junto con el carbonato, se obtienen mejores resultados que con carbonato solo, pues éste, por su bajo punto de fusión, se va al fondo antes de haber reaccionado íntegramente, dando por resultado que queden partículas de arena libre, lo cual no ocurre con el uso del sulfato. El costo del  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  es de \$ 0.30 el Kg., y el del  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  es de \$ 10. Kq. (en la ciudad de México).

Entre otras de las múltiples sustancias usadas en vidriería tenemos las siguientes, cuyos precios en esta ciudad son

Bórax- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot x \text{H}_2\text{O}$	1.30	Kg
litargio- $\text{PbO}$	0.945	
minio- $\text{PbO}$	1.90	
caolín- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot z \text{H}_2\text{O}$	0.25	
óxido de zinc- $\text{ZnO}$	1.25	
dolomita- $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$	0.20	
nitrato de sodio- $\text{NaNO}_3$	2.75	
sulfato de cobre- $\text{CuSO}_4$	0.95	
óxido de cobalto- $\text{CoO}$	210.00	
bióxido de manganeso- $\text{MnO}_2$	0.40	

Con los datos anteriores podemos calcular el costo del producto aproximadamente y comparándolo con el que saca la pedacera de vidrio (\$ 40.00 tonelada) sumándole el costo de clasificación, y adición de correctivos, sabremos qué resulta económicamente más costable.

**Estudio comparativo de combustibles.**—Solo será hecho con relación a los que pueden ser utilizados en el lugar de ubicación de la fábrica.

El petróleo combustible, por poder mezclarse íntimamente con el aire, requiere menor cantidad de él que el combustible sólido; por no producir cantidad considerable de cenizas, su eficiencia es mayor; requiere menos labor porque la limpieza de los conductos no tiene que ser tan frecuente como cuando se queman carbón; no hay necesidad de atizar ni extraer la ceniza y vigilar la ceniza de combustible; su manejo es sencillo por lo que un solo operario basta para atender varios quemadores, pero esto sí debe ser expuesto pues de lo contrario podría gastar varias veces la cantidad necesaria. Por otra parte, como el petróleo tiene agua ligada de hidrógeno que se convierte en agua, los gases de escape muestran también todo el calor latente del agua formada. Esta pérdida depende de modo directo de la temperatura en la cámara y varía de 10 a 9%, mientras la pérdida correspondiente a la ceniza es de 2.5% y al carbón bituminoso de 4.5%.

En Guadalajara hay bastante leña y algunos de carbón mineral

cuyos análisis y precios son los siguientes:

	Standard	Imperial	de alquitrán
carbón fijo	80.36	87.18	93.50
materia volátil	0.92	0.40	0.58
agua	2.11		
ceniza	18.72	12.42	5.89
poder calorífico	6728	7208	7754 cal-gr.
precio	\$ 70.00	\$ 85.00	\$ 100.00 ton.

El poder calorífico indicado lo calculé mediante la fórmula de Goutal, pues no me lo indicaron.

$$P = 82 C + aV \text{ donde}$$

P poder calorífico

C % de carbón fijo

V % de materias volátiles

a coeficiente que expresa el P dividido por 100 de las materias volátiles y varía con la cantidad de las mismas.

Para poder aplicar el valor conveniente de "a", se calcula el porcentaje (V) de materias volátiles en el combustible, supuesto privado de humedad y cenizas, por medio de la fórmula:  $V = 100V C - V$ ; luego se busca en una tabla el valor de  $a$  correspondiente al de  $V$  así calculado. Ejemplo.—Para el Standard tenemos:  $V = 100V C - V$  substituyendo:  $(100 \cdot 0.92) - 80.36 = 0.92 \cdot 1.13$ ; valor de  $a$  tomado de la tabla: 150. de donde  $P = 82 C + aV$  y substituyendo:

$$(82 \cdot 80.36) + (150 \cdot 0.92) = 6727.52 \text{ cal.}$$

Entre las diversas clases de leña, la de pino es la más fácil de conseguir y la que posee un poder calorífico más elevado aunque variable por serlo su contenido de humedad; puede tomarse como valor medio el de 5085 cal-gr. Su costo, variable también con la época del año, puede considerarse por término medio como de \$ 27.00 la tonelada, en trozos grandes que han de ser rajados, lo que aumenta su costo a \$ 29.00

El petróleo combustible Pemex tiene en plaza un valor de \$ 37.92 el metro cúbico, correspondiente a 985 Kg.

De los anteriores datos podemos sacar que para la fusión y afinación de 5 toneladas de vidrio son necesarias teóricamente (según vimos antes), 1,869,960 cal-gr. pero por tener el horno una eficiencia de 20%, son necesarias 9,349,500 cal-gr. Ahora bien, para producir esta cantidad de calor se necesitan:

9349500	10556	885.70	Kg. de petróleo		
			que valen	\$	34.10
..	5085	1838.64	.. .. leña de pino		
			que valen		53.33
..	6728	1389.64	.. .. carbón Standard		
			que valen		97.30
..	7208	1297.10	.. .. carbón Imperial		
			que valen		110.24
..	7754	1205.76	.. .. carbón Alquitrán		
			que valen		120.60

Por lo expuesto se ve claramente que el carbón mineral no puede tomarse en consideración en cuanto a economía y que entre la leña y el petróleo hay una diferencia de costo de \$ 53.33-34.10 19 23 30 \$ 576.90 al mes

**Higiene.**—En cualquier clase de industria el factor hombre es predominante, aunque en algunas como la del vidrio (en nuestro medio) parece no dársele mayor importancia, pues hay fábricas en que las condiciones higiénicas de los locales de trabajo son deplorables. Esto es verdaderamente lamentable pues está perfectamente comprobado que la higienización de las factorías no es solamente una medida humanitaria, sino realmente beneficiosa económicamente para las empresas, pues no hay la menor duda de que el obrero sano, trabajando con comodidad, rinde mucho más, por otra parte, con las medidas proteccionistas del gobierno (que más bien son reparadoras del daño causado y no preventivas) el obrero incapacitado por una enfermedad profesional tiene derecho a una fuerte indemnización por parte de la empresa.

En vista de lo expuesto, he creído que este pequeño estudio quedaría trunco si no bosquejara, al menos, los medios a que está expuesto el vidriero y las formas más sencillas de evitarlos.

En las salas en que se encuentran los hornos y debido al calor que irradian, la temperatura puede subir hasta el grado de hacer sumamente penoso y perjudicial el trabajo, también contribuyen a hacer pesada la atmósfera, el desagradable olor producido por el sudor, el anhídrido carbónico expirado, los gases desprendidos de la pasta de vidrio y los producidos en el estómago etc. El remedio para esto es la ventilación, que puede ser natural o forzada, las puertas y las ventanas son fuente de la primera, pero hay que tener cuidado en su colocación pues en ocasiones originan fuertes corrientes o remolinos que sólo agitan la atmósfera sin renovarla, causando enfriamientos bruscos a los trabajadores con lo cual pueden contraer padecimientos de las vías respiratorias. Hay que procurar pues que el aire exterior penetre exento de polvo y sin hacer chubón. Para esto hay lozas acanaladas que se colocan en los techos, vidrios gruesos con horadaciones como la ventilación en vidrios incompletos parale-



los que forzan al aire a entrar en zig-zag, etc. La temperatura que se recomienda para las salas de trabajo en que se desarrolla esfuerzo muscular medio es 15°C como mínimo y 20° como máximo, pero esto varía según la altura y el clima de la localización de la planta. Cuando no sea posible tener una temperatura inferior al máximo, son muy recomendables las duchas de aire frío que debe recibir el trabajador cada 15 o 30 minutos. Muy conveniente también, es procurar un grado higrométrico adecuado mediante la inyección de aire humidificado.

Debido a la excesiva sudación, el obrero pierde una cantidad considerable de agua y sales, lo que le ocasiona fatiga que mitiga temporalmente con vino y por eso la embriaguez está muy extendida entre los trabajadores del vidrio, siendo muchos los que padecen cirrosis o cualesquiera otra enfermedad del aparato digestivo. Con objeto de aliviar este inconveniente, debe dárseles agua en abundancia juntamente con comprimidos que compensen las sales perdidas. Por ignorancia, muchos trabajadores conceptúan cobardía protegerse de ciertos riesgos como salir de la fábrica inmediatamente que termina la jornada aún cuando esté lloviendo y después de haber permanecido largo tiempo a temperatura elevada, por lo cual es necesario inculcarles mediante sencillas conferencias el hábito de la protección y extirpar esa idea falsa de hombría.

La iluminación en nuestro caso no tiene gran importancia, pues como el horno empleado es de pequeña capacidad, la jornada es de un solo turno que se ejecuta de día y con la luz natural, excepto un poco de tiempo por la mañana temprano. En general puede decirse lo siguiente a este respecto: la mejor orientación es hacia el norte; debe procurarse que los ventanales sean suficientemente grandes para permitir el paso de la luz pero en la menor cantidad posible, el calor. Se usan mucho, con ventaja, los techos compuestos de varios planos escalonados, con vidrios entre ellos. Salta a la vista que los vidrios deben conservarse limpios para el aprovechamiento máximo de la luz. El color más conveniente para los locales de trabajo es el verde claro pues no absorbe mucha luz, ni deslumbra como el blanco.

Como entre los trabajadores del vidrio no es remoto encontrar algunos con padecimientos pulmonares más o menos intensos, la tos y los esputos de éstos ponen en peligro la salud de los demás, por lo cual hay necesidad de hacer un aseo eficiente de los locales. Para ésto se procura un piso liso e impermeable, evitando los rincones dando a las juntas del piso con las paredes una forma cóncava, lo mismo que evitando los lugares en que puedan juntarse polvos que se levanten más tarde. Debe barrerse diariamente rociando después algún desinfectante; la mejor hora para hacer el aseo es al ter-

minar la jornada.

**Instalaciones sanitarias.**—Deben localizarse fuera pero cerca de las salas de trabajo y naturalmente, separadas las de hombres y mujeres. Dan mejores resultados los gabinetes personales pues no se prestan a las conversaciones entre los que estén usándolos. El tipo conveniente para el uso es el de sífon, siendo el más común el de estilo inglés; la forma de la tarima ha de ser de herradura para la profilaxis de las enfermedades venéreas. La instalación de mingitorios debe hacerse de manera de impedir la acumulación de orina que al fermentarse ocasiona fuertes emanaciones de amoníaco. Cuando no se dispone de drenaje, se recurre a otros medios de evacuación de las materias fecales como los "pozos negros", pero tienen el inconveniente de ser fuentes potenciales de contaminación de las aguas de la vecindad, lo que puede causar padecimientos hidricos como la tifoidea; su duración es limitada. Más recomendable es la "fosa séptica" por eliminar los gérmenes patógenos y transformar los desechos para ser empleados posteriormente como abono. Su capacidad se calcula a razón de un metro cubico por individuo cuando van ahí también las aguas de baños, lavaderos, etc., y de 30 litros por persona cuando sólo se utiliza para excusados y mingitorios. Además del excusado inales se usa el llamado "silla turca" que carece de asiento y sólo tiene lugar para poner los pies. Tiene la ventaja de que la postura que forzosamente se adopta es más adecuada al organismo por ser menor el esfuerzo que debe realizarse por encontrarse contraídas las paredes abdominales, evitando el riesgo de trastornos intestinales que provienen del uso de inodoros altos. Otra ventaja es que por la falta de comodidad el obrero toma sólo el tiempo indispensable.

En la industria de que estamos tratando son imprescindibles los baños por producir el trabajo mucho sudor, aparte de la indiscutible conveniencia de la limpieza, tiene el baño gran poder tonificante. Se ha visto que con la implantación de baños en las industrias con altas temperaturas, el consumo de bebidas alcohólicas de parte de los obreros disminuyó notablemente. El problema es de fácil solución, pues la instalación de algunas regaderas no implica un desembolso considerable.

La instalación de sanitarios debe ser aproximadamente de un inodoro para las primeras 10 personas; 2 para el uso de 11 a 25; 3 para 26 a 50; 4 para 51 a 80; 5 para 81 a 125 y una más para cada 45 personas. Los mingitorios 1 para 10 a 20 hombres; 2 para 21 a 60 y uno más por cada 50. Las regaderas 1 para 5 personas; 2 para las primeras 25 y una más por cada 100 que sobrepasen las primeras. Para su empleo deben establecerse ventiladores provistos de gavetas personales o bandejas de madera que penden de una cuerda

mediante la cual se pueden elevar hasta el techo, quedando todo al cuidado de una persona; estos tienen la ventaja de ser más económicos y ahorrar espacio. La dotación de jabón es algo difícil pues el que se coloca en los lavabos general y desgraciadamente se pierde, pero tiene su solución en el jabón líquido. El empleo de toallas colectivas debe quedar proscrito por favorecer la propagación de enfermedades infecciosas; pueden usarse de papel, o bien, aparatos productores de aire caliente y seco. Debe evitarse también de manera especial, el empleo de vasos en común por el ya dicho peligro de contagio; para ésto se instalan bebederos automáticos en los que un chorro de agua se proyecta a suficiente altura para que los labios no toquen el orificio de salida. El agua debe ser pura; para élla debe filtrarse y purificarse de elementos biológicos nocivos por cualquiera de los procedimientos físicos o químicos que existen.

El empleo de las cañas de soplar, indistintamente usadas, presenta grave peligro de contagio de enfermedades del aparato respiratorio como la tisis y de la sanare como la sífilis, por lo cual debe procurarse que cada obrero esté dotado de las necesarias, o si no es esto posible, desinfectarlas diariamente.

Como en la industria del vidrio no se requieren hombres de fuerte constitución física y por ser un trabajo casi sedentario el que ejecutan, se colige que esta clase de enfermedades hace fácil presa en ellos por lo que es conveniente hacer periódicamente auscultaciones médicas a todo el personal.

Se han observado entre los vidrieros trastornos más o menos severos en las envolturas del ojo y principalmente en los medios transparentes del mismo, en los cuales se forman cataratas debido al intenso reflejo del vidrio en fusión y al de radiación de calor del mismo; la catarata tiene su localización del lado correspondiente a la boca del horno, de donde se toma el vidrio (generalmente en el ojo derecho). El empleo sistemático de anteojos es indispensable para evitar este mal. Con el sudor, los vidrios se empañan fácilmente pero puede evitarse aplicándoles jabón o algún preparado a base de glicerina; también se recurre al empleo de gasa sobre las cejas para que el sudor no oscurea.

El empleo de guantes para la protección contra el calor, es indispensable también. En las fábricas de vidrio ocurren quemaduras con frecuencia, las que pueden ser tratadas de pronto con ácido tánico después de limpiar la herida, pero luego debe remitirse al accidentado con el médico para que reciba la atención debida.

Es usual en la industria emplear menores que sirven como "pasadores" para llevar los artículos elaborados del "obrador" al horno de recocido. Se ha visto que algunos de ellos al llegar a la madurez exhiben importantes lesiones para desarrollar su función repro-

ductora, o si no completamente, sus productos eran desastrosos, por lo cual debe ejercitarse en ellos una vigilancia especial y procurarse una mayor defensa contra los accidentes y enfermedades profesionales. La mujer es también empleada en las fábricas de vidrio para el decorado, empaque, etc. Las estadísticas señalan muchos abortos ocasionados por los trabajos agobiadores sobre todo durante el embarazo. Si cuando nace el nuevo ser, ella lo amamanta, la leche que produce no lo alimenta suficientemente, lo que dá lugar a trastornos del aparato digestivo y al raquitismo. Por otra parte, el desgaste que se produce en la mujer, acaba con su resistencia apareciendo entonces la enfermedad latente tuberculosis. Por eso nuestra Ley Federal prohíbe a la mujer los trabajos que requieren gran esfuerzo muscular o las expone a sustancias tóxicas o infecciosas. Además, le concede descanso con goce de sueldo desde un mes antes hasta uno después del alumbramiento con objeto de que se recupere y alimente debidamente a su hijo.

Como tiene mucha influencia en la producción la fatiga del obrero y ésta en parte no está bajo el control del industrial porque el trabajador en lugar de descansar racionalmente los días de asueto, se dedica a hacer ejercicios violentos o a comer y beber en exceso, de lo que resulta que el día que vuelve al trabajo, la fatiga es mayor, redundando en un aumento del riesgo de accidentes y en un descenso del rendimiento, por ésto es conveniente la educación del trabajador por todos los medios posibles en tal sentido. Sería ideal darles algunos medios de entretenimiento honesto para que su descanso fuera real y recuperaran las energías perdidas en el trabajo.

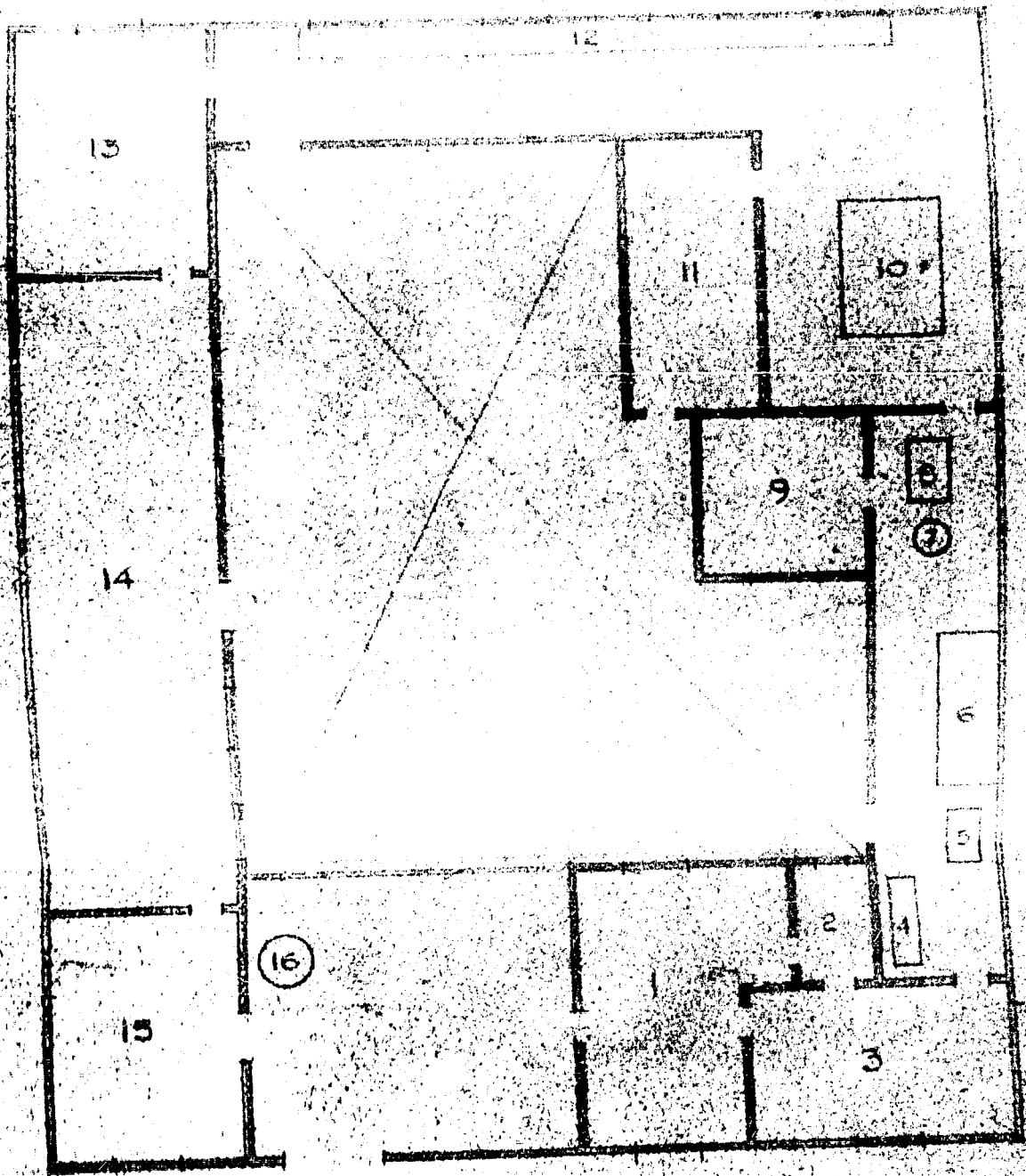
**Estadísticas.**—Para dar una idea de la importancia que en México ha adquirido la industria vidriera, sin tomar en cuenta el trabajo automático por no interesar directamente el punto que estamos tratando, consigno aquí los datos estadísticos recibidos en la Dirección General de Industria y Comercio correspondientes a la producción en los tres primeros trimestres del año de 1941:

#### Piezas de todas clases de vidrio fabricadas a mano:

1o.—4280744	con un valor de	\$ 1100748
2o.—4927014	" " " "	1181261
3o.—5733660	" " " "	1424270
promedio: 3973806	" " " "	1235426

#### Envases fabricados con máquinas de mano.

1o.—3426542	con un valor de	\$ 295828
2o.—3517971	" " " "	312692



PLANO-Nº 5

PLANO-DE-DISTRIBUCION  
E.S.C. 1200

- 1- Oficina
- 2- Sala de conferencias
- 3- Laboratorio
- 4- Lavatorio
- 5- Matin
- 6- Vidrio de vidrio
- 7- Biblioteca
- 8- Almacén de libros
- 9- Almacén de libros de referencia
- 10- Oficina de la biblioteca
- 11- Oficina de la biblioteca
- 12- Área
- 13- Decanado
- 14- Almacén de libros de referencia
- 15- Empaque
- 16- Pasadizo

Gran Jul. Oct 1941

*[Handwritten signature]*  
E. P. ...

3o.—3483426		con un valor de	397537
- promedio:	3435980	" " " "	335352

### Cristalería fabricada con máquinas de mano.

1o.—152160		con un valor de	32146
2o.—228760		" " " "	28136
3o.—454328		" " " "	56392
promedio:	278416	" " " "	38891

Importe mensual medio de estos artículos: \$ 1,609,669.

De 1941 a hoy, la producción a aumentado en forma considerable; además, los datos anteriores no son muy precisos porque el control de la sección de estadística no es muy efectivo, debiendo considerarse una cantidad mayor.

**Balance económico.**—El cálculo del costo de un artículo manufacturado se hace tomando los gastos fijos y los de operación. Los gastos fijos dependen del capital invertido, el interés que causa, amortización, depreciación, seguros e impuestos. Los gastos de operación dependen del volumen de producción y comprenden materias primas, mantenimiento y reparaciones, energía, personal y diversos.

Los presupuestos que en seguida se consignan servirán solamente para dar una idea aproximada, no pudiéndose tomar como reales dado que actualmente no es posible fijar precios a nada, ya que están variando sensiblemente a diario, y algunos artículos ni siquiera son cotizables.

### Gastos Fijos

#### 1.—Equipo.—Horno de fusión.

Ladrillo refractario de "cuña de punta" para el fondo:	815
" "cuña de costado" para la bóveda:	226
"parejos" para paredes del vaso:	496
" " " superiores:	1123
	Suma.. 2665

2665 ladrillos refractarios	\$ 6795.75
10 sacos de barro refractario	30.00
2 vigas "H" de las medidas dichas	56.40
2 varillas de las medidas dichas	8.50
4 tensores	10.00
3000 ladrillos de lama	84.00

1000 Kg. de cal	25.00
3 mts.' de arena	12.00
varios	79.00

Total \$ 7175.00

**Arca.**—Como la temperatura a que trabaja no es muy elevada ni hay desgaste apreciable por reacción química, el revestimiento con material refractario puede ser delgado, poniéndose los ladrillos de costado, en la bóveda; como tabique "capuchino", es decir, presentando su mayor superficie, en las paredes; y del mismo modo que en la bóveda, en el piso. Para soportar el empuje horizontal de la bóveda podemos valerlos de retenes o escuadras de mampostería. El refractario necesario para este horno puede ser de inferior calidad al usado en el de fusión, sirviendo para el objeto uno que cuesta a razón de \$ 29.00 el ciento.

Superficie de una de las paredes: 18 0.90 16.2 mts.

Superficie de un ladrillo: 0.026 mts., de donde

ladrillos necesarios para las paredes:  $(16.2 \div 0.026) \times 2 = 1246$

superficie aproximada de la bóveda: 19 mts.

superficie de un un ladrillo: 0.0144 (suponemos las mismas medidas para el fondo), entonces

ladrillos necesarios para la bóveda y el fondo:  $19 \div 0.0144 \times 2 = 2500$

total de ladrillos refractarios: 3746, los cuales cuestan \$ 749.20

15 sacos de barro refractario 45.00

10000 ladrillos de lama 280.00

3000 Kgs. de cal 75.00

9 mts.' de arena 36.00

varios 89.00

Total \$ 1275.00

2 básculas "Roldán" de 500 Kgs. de capacidad \$ 470.00

quebradora de quijadas "Hércules" (alimento de 7.5 por 5 cm. y producto de 2 mm) 325.00

mezcladora de materiales para la pasta (fig. No. 2) 60.00

zaranda para lavar pedacera (fig. No. 1) 50.00

transportador de rodillos "Lamson" de 18 mts. 1800.00

2 quemadores "Herco" 2200.00

material de laboratorio 2000.00

2 pirómetros fijos y uno móvil 940.00

Polariscopio 250.00

muebles de oficina 800.00

tanque de fierro para 20,000 lbs. de combustible 2500.00

aparato de Orsal	300.00
motor de 2 HP. para molino, zaranda, etc.	900.00
tanque de hierro para alimentación de quemadores	30.00
bomba para combustible (de mano)	200.00
4 carretillas	195.20
6 palas	44.10
cajón de nadera para pasta preparada	45.00
30 pares de gafas protectoras	351.00
30 pares de manoplas de asbesto	187.50
35 charolas de lámina No. 20 de 1 x 0:60 x 0.10 mts.	600.00
moldes, cañas, bancos, tijeras, etc.	1650.00
trasmisiones e instalación del equipo	1000.00

Total... \$ 16897.80

## 2.—Terreno y edificio.

Superficie aproximada del terreno requerido (del croquis adjunto fig No. 5): 1044 mts.<sup>2</sup>, calculados a \$ 4.00 4176.00  
 571.50 mts.<sup>2</sup> de construcción; (paredes de ladrillo, teja de concreto, piso de cemento, pintura de cal, etc., etc., con costo medio de \$ 80.00 por metro<sup>2</sup> 45720.00

Suma 49896.00

10% por planeación y ejecución de las obras 4990.00

Total \$ 54886.00

**Amortización.**—Para calcularla recurrimos a la fórmula:

$$A = \frac{(Ci - Cf)}{(1 + i)^n - 1}$$

donde A amortización  
 Ci costo inicial  
 Cf costo final  
 i interés al capital  
 n número de años.

Vamos a considerarla por partes, conforme a la vida de los materiales. El interés lo tomamos como 8% anual.

a) **Horno de fusión** (duración 6 meses).

$$A = \frac{(7175 - 350) 0.08}{1.08^6 - 1} \quad \$ 13650$$



b) **Arca, recuperadores, etc.** (2 años).

$$A = \frac{(1275 \quad 300) 0.08}{1.08^2 \quad 1} \quad 459$$

c) **motores, tuberia, molino, etc.** (5 años)

$$A = \frac{(16897 \quad 1689) 0.08}{1.08^5 \quad 1} \quad 2583$$

d) **edificio** (20 años)

$$A = \frac{(54886 \quad 20000) 0.08}{1.08^{20} \quad 1} \quad 763$$

Suma \$ 17460.00

17460 300 \$ 58.20 diarios de amortización.

### Gastos de operación.

a) **Materias primas.**—Tomando como costo de la pedacera de vidrio, puesto en la fábrica, \$ 45.00 por tonelada, tenemos que el costo de la cantidad necesaria para 6 meses de trabajo es:

$5 \times 150 = 750 \times 45$  \$ 33750.00

Materias necesarias para la rectificación y afinación del vidrio, calculando \$ 5.00 por ton. (6 meses) 3750.00

Combustible para el horno (6 meses)  $34 \text{ ton} \times 1.93$  8240.30

Combustible para el arca (6 meses)  $1.90 \times 150$  288.00

Suma \$ 44028.30

b) **Reparaciones y mantenimiento** de equipo y edificio

(6% anual)  $(80233 \times 0.06) 300$  \$ 16.04 al día.

c) **Personal.**—Mano de obra.

basculero para recepción del material \$ 2.50

encargado del molino, zuranda, etc. 3.00

2 mozos para hacer el movimiento del patio 4.00

3 fogoneros	12.00
15 "acabadores"	60.00
15 "sopladores"	41.25
15 "puntilleros"	22.50
15 "pasadores"	11.25
2 hombres para el movimiento del almacén y empaque	4.00
3 decoradores	18.00
3 empaques	9.00
mozo para hacer el aseo.	2.00

---

Suma \$ 187.50

### Dirección técnica y administrativa

Químico	\$ 10.00
ayudante del laboratorio	3.50
Encargado del personal	5.00
Cajero, contador y rayador	8.00
Ayudante del contador	5.00
almacenista	5.00

---

Suma... \$ 36.50

Total: \$ 226.00

d) **Gastos generales.**—(energía eléctrica, teléfonos, contribuciones e impuestos) por día: \$ 5.00  
 Improvistos (10% del anterior) 0.50

---

\$ 5.50

El capital que habrá de invertirse para la construcción y funcionamiento de la fábrica es:

a) Equipo	\$ 25347
b) Terreno y edificio	54886
c) Materias primas (6 meses)	44028
d) Mano de obra y dirección (3 meses)	20340
e) Gastos generales (3 meses)	669

---

Total... \$ 145270

**Intereses al capital.**—(8% anual)

(145270 · 0.08) 300 \$ 38.74

**Seguros.**—Consideramos el 0.5% anual sobre el capital invertido:

(145270 x 0.005) 300 2.42

Resumiendo, tenemos diariamente los siguientes gastos:

Fijos:

1) — Amortización	\$	58.20
2) — Intereses		38.74
3) Seguros		2.42

De operación:

1) — Materias primas		250.00
2) — Reparaciones y mantenimiento		16.04
3) — Mano de obra y dirección		226.00
4) — Diversos		5.50

Total \$ 596.90

Si suponemos que la producción de artículos acabados sea de 4000 Kg. diarios, tomando en cuenta lo que se desperdicia de vidrio al modelar los objetos, los que se rompen o salen imperfectos y dando un margen de seguridad de 20 %, tenemos que el costo de producción por Kg. de vidrio manufacturado es de \$ 0.179.

NOTA:—Los anteriores datos fueron tomados el mes de mayo del presente año.

**Es muy de lamentarse** y quiero hacerlo notar, que en nuestro país esté tan escasa la especialización en lo que a técnicos industriales se refiere, pues solamente por ese medio puede llegar a dominarse un proceso. Esto obedece a una diversidad de factores, algunos de los cuales no está en nuestras manos dominar por el momento pero hay otras que sí, como la apatía y el exagerado celo, mal entendido por ciento, de muchos industriales. Con frecuencia oímos a éstos quejarse de la falta de técnicos mexicanos competentes en determinadas ramas, sin darse cuenta de que en ocasiones ellos precisamente son los culpables por oponerles los mayores obstáculos. Somos muchísimos los individuos recién salidos de las escuelas que con objeto de hacer un estudio que a más de capacitarlos podría más tarde rendir algún fruto, hemos solicitado la ayuda de los industriales en forma de permiso para visitar sus plantas y, en la mayoría de los casos, se nos ha negado. ¿Qué razones pueden aducir para obrar en esta forma?, temen la competencia y tienen razón en prevenirla, pero no puede concebirse que una empresa cualquiera, disponiendo de capital suficiente para montar un negocio capaz de competir efectivamente con otro por su magnitud, encargara de los trabajos inherentes a su establecimiento a un estudiante carente de experiencia y personalidad como es el caso de la mayoría de los pasantes de cualquier carrera; tal empresa no necesitaría copiar (salvo rarísimas excepciones) a otra de la misma magnitud, sus

procedimientos, pues es sabido que las casas que habilitan a algunas industrias, al vender sus máquinas, aparatos o patentes, ponen a la disposición del cliente sus magníficos medios de investigación y sus técnicos especializados en cada fase del proceso de que se trate; y si el competidor potencial no tiene elementos económicos, ¿qué les puede preocupar? Además, el versado en una materia, al visitar una fábrica no va a ver nada nuevo y menos los secretos que puedan guardar: eso no es posible hacerle de pasada... En cambio los estudiantes tienen la oportunidad de compaginar la teoría con la práctica para darse cabal cuenta del trabajo de un aparato, pongamos por caso, cosa que no era posible contando para ello solamente con las descripciones de los libros y la imaginación.

Tenemos algunas industrias como la de el petróleo, el azúcar, etc., en las que se ayuda en forma decidida a la formación de técnicos, pero éstas son las menos.

Tengo entendido que existe una Ley restringiendo el empleo de técnicos extranjeros con objeto de ayudar a los nacionales, pero según creo, dicha ley no los beneficia efectivamente, pues hay empresas que emplean a un diplomado mexicano que no es sino "hombre de paja" pues todos los trabajos siguen encomendados al **verdadero** técnico, de cualquier nacionalidad que sea (cosa perfectamente lógica), lo que ocasiona mayores gastos y que el primero mencionado, en la mayoría de los casos, se atrofie a fuerza de no hacer nada, salvo firmar los papeles que han de pasar por las oficinas gubernamentales.

Mejor fuera, creo, buscar un entendimiento con los directivos de las empresas para dar a los nacionales las armas que necesitan para competir en una forma leal y pareja con los extranjeros, quienes las han recibido de las diversas instituciones creadas al efecto en sus respectivos países. Tal competencia sólo buenos frutos podría dar.

Ojalá que alguien, cuya voz pueda ser oída por aquellos que en su mano tienen remediar la situación se preocupe por ésto, con la seguridad de hacerle un bien a México, sus industrias y a los técnicos mexicanos, haciéndose acreedor a la gratitud sincera de todos ellos.

No habrá pasado desapercibido para los señores maestros a los cuales presento para su consideración este pequeño trabajo, que contra la costumbre establecida, todos los cálculos, fórmulas y medidas están en el sistema "C.G.S.", pues aunque esto implica un trabajo mucho mayor (é introduce algunos errores provenientes de partir para los cálculos de datos dados en sistema inglés) que si lo hubiera hecho en el sistema últimamente mencionado, creo que debemos pugnar porque el sistema adoptado oficialmente sea el de uso

corriente, ya que como es de todos sabido es mucho más racional y exacto que el inglés, a más de ser también mucho más sencillo. Se muy bien que en nada influirá mi ensayo a este respecto, pero no queda al menos la satisfacción de haberlo hecho. Tal vez dentro de algún tiempo, cuando podamos disponer de libros técnicos para consulta más adecuados a nuestro medio, usando el sistema que se impone, se decían los industriales y peritos a facilitar con su esfuerzo la adopción real del sistema lógico (C.G.S.).

## CONCLUSIONES

1.—Es conveniente el establecimiento de una fábrica de artefactos de vidrio soplado con los adelantos propios de la época que vivimos, para estar en condiciones de satisfacer la creciente demanda reduciendo los costos de fabricación y avocarnos al problema de producir siquiera parte de los múltiples artículos de este ramo que actualmente se importan. Las piezas fabricadas a mano tienen gran demanda en el extranjero, por lo que con seguridad absoluta se puede decir que un aumento de la producción sería sumamente benéfico dada la escasez palpable que hay en la actualidad.

2.—Puede trabajarse partiendo de pedacera de vidrio como también de arena silícea, siendo más conveniente lo último aunque presenta mayores dificultades por el momento.

3.—El establecimiento de la fábrica de la cual se ha hecho un anteproyecto es costeable, pues aunque no es posible decir qué precio tiene en el mercado el kilogramo de vidrio elaborado por variar entre límites amplísimos, podemos asignarle un valor medio que tomamos de las estadísticas y es de \$ 0.31 por pieza, que suponiéndole un peso medio de 500 gr. nos da un valor de \$ 0.62 por Kg.

4.—El capital necesario para montar tal fábrica y asegurar su funcionamiento es de \$ 145,270—ciento cuarenta y cinco mil doscientos setenta pesos—; amortizable en tiempo variable (37% en 20 años; 11.6 en 5 años y 5.8% en 2 años como máximo)

5.—Para facilitar la recepción de las materias primas y el despacho de la mercancía, la fábrica debe localizarse junto a una vía del ferrocarril, se requiere, además, que esté dentro de los límites de la ciudad con objeto de que los obreros puedan vivir en sus contornos y que el terreno sea de bajo precio; por lo cual creo que la orilla sur-oeste de la ciudad es la más apropiada.

6.—Es susceptible de sufrir un aumento de producción y el mejoramiento de la calidad de sus productos sin aumentar el capital en forma desproporcionada.