



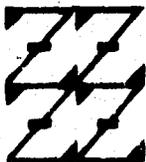
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE UNA PLANTA  
PRODUCTORA DE ESMALTE VITREO.

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO QUIMICO**  
P R E S E N T A N:  
**MINOR CORDOVA ARMANDO**  
**OCAMPO TAPIA JOSE LUIS**

U N A M  
F E S  
Z A R A G O Z A



LO DEMUESTRO EN  
DE SUJESTOS 001178-04

MEXICO, D. F.

DICIEMBRE 1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

23  
Rij



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES \*ZARAGOZA\*

JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA

OF/JU/14/94

SRES. JOSE LUIS OCAMPO TAPIA y  
ARMANDO MINOR CORDOVA,  
P R E S E N T E.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el -  
Examen Profesional, le comunico que la Jefatura a mi cargo ha-  
propuesto la siguiente designación:

PRESIDENTE: ING. EDUARDO VAZQUEZ ZAMORA  
VOCAL: ING. RENE DE LA MORA MEDINA  
SECRETARIO: ING. SALVADOR GALLEGOS RAMALES  
SUPLENTE: ING. JOSE BENJAMIN RANGEL GRANADOS  
SUPLENTE: ING. JOAQUIN MONTOYA DELGADILLO

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D.F., 13 de diciembre de 1994

  
ING. JOSE BENJAMIN RANGEL GRANADOS  
JEFE DE LA CARRERA DE  
INGENIERIA QUIMICA

JBRG/Irm

**Este trabajo está dedicado a mis padres, que con su constante apoyo, guía y amor hicieron de este momento una realidad.**

**Agradezco a todos mis amigos que de una forma u otra me ayudaron a sortear obstáculos en el desarrollo de mi tesis.**

# CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b>	<b>2</b>
<b>RESUMEN.</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCION.</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
<b><u>CAPITULO I. GENERALIDADES.</u></b>	<b><u>8</u></b>
<b>ESMALTE.</b>	<b>9</b>
<b>TIPOS DE ESMALTES</b>	<b>10</b>
<b>HISTORIA</b>	<b>11</b>
<b>PROPIEDADES</b>	<b>14</b>
<b>CONSTITUCIÓN QUÍMICA</b>	<b>15</b>
<b>PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ESMALTES</b>	<b>17</b>
<b>PROPIEDADES TÉRMICAS</b>	<b>18</b>
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	<b>19</b>
<b>PROPIEDADES ÓPTICAS</b>	<b>19</b>
<b><u>CAPITULO II. PROCESOS DE PRODUCCION.</u></b>	<b><u>24</u></b>
<b>MATERIAS PRIMAS.</b>	<b>26</b>
<b>DESCRIPCION DEL PROCESO.</b>	<b>27</b>
<b>PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE ESMALTES.</b>	<b>27</b>
<b>PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE FRITA.</b>	<b>32</b>
<b>PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE PIGMENTOS</b>	<b>34</b>
<b>PROCESO PARA OBTENCIÓN DE COLOR.</b>	<b>36</b>
<b>PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PASTAS Y TERMOPLÁSTICOS.</b>	<b>37</b>
<b><u>CAPITULO III. ANALISIS DE OFERTA Y DEMANDA</u></b>	<b><u>40</u></b>
<b>ESTUDIO DE MERCADO</b>	<b>42</b>
<b>DATOS DE MERCADO.</b>	<b>43</b>
<b>IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES.</b>	<b>44</b>
<b>ANALISIS DE LA OFERTA.</b>	<b>49</b>

<b>ANALISIS DE DEMANDA.</b>	<b>51</b>
<b>PROYECCIONES.</b>	<b>53</b>
<b><u>CAPITULO IV. DISEÑO DEL HORNO</u></b>	<b><u>56</u></b>
<b>CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CALOR.</b>	<b>58</b>
COMPARACIÓN DE LAS PERDIDAS DE CALOR.	68
<b>DISEÑO TIPICO.</b>	<b>70</b>
<b>DISEÑO PROPUESTO</b>	<b>71</b>
FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO PROPUESTO.	71
<b><u>CAPITULO V. EVALUACION DEL DISEÑO PROPUESTO.</u></b>	<b><u>73</u></b>
<b>EVALUACION DE LAS PERDIDAS DE CALOR.</b>	<b>75</b>
<b>COSTOS.</b>	<b>77</b>
RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.	77
<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>79</u></b>
<b><u>ANEXO I</u></b>	<b><u>82</u></b>
<b>APLICACIONES</b>	<b>83</b>
PREPARACIÓN DE LAS PARTES METÁLICAS	87
APLICACIÓN DEL ESMALTE	88
HORNEADO	88
HORNOS	89
CONTROL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	91
<b>DEFECTOS EN LOS ESMALTADOS.</b>	<b>95</b>
FORMACIÓN DE BURBUJAS EN LOS ESMALTES.	95
FORMACIÓN DE ESQUILAS EN LOS ESMALTES.	96
INCLUSIONES DE OXIDOS DE HIERRO.	96
GRIETAS CAPILARES.	96
LÍNEAS CAPILARES.	97
DESCAMACIONES.	97
ADHERENCIA DEFECTUOSA.	98

PUNTOS NEGROS EN EL ESMALTE DE CUBIERTA.	98
ESMALTES MATES.	98
POROS.	99
OJOS DE PEZ.	99
<b>ANEXO 2</b>	<b>100</b>
<b>ESTUDIO DE MERCADO</b>	<b>101</b>
DEFINICIONES.	101
LA DEMANDA EN EL ESTUDIO DEL PROYECTO.	102
LOS SERVICIOS GRATUITOS.	104
ETAPAS DE UN ESTUDIO DE MERCADO.	105
ESQUEMA DEL PLANTEAMIENTO.	106
<b>LA RECOPIACION DE ANTECEDENTES.</b>	<b>108</b>
OBJETIVOS DE ESTA ETAPA DEL ESTUDIO.	108
LOS ANTECEDENTES.	109
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>113</b>

## **RESUMEN.**

El presente trabajo tiene como objetivo presentar una propuesta de mejora energética en los hornos para la producción de esmaltes vitreos, así como una descripción de los procesos de producción y un análisis de mercado del mismo, este trabajo se realizó tomando en consideración la creciente demanda de este producto dentro del mercado nacional.

Con base en lo anterior, el contenido desarrollado para este trabajo se puede desglosar de la siguiente manera: un primer capítulo donde se parte con una breve reseña histórica de los procesos de producción; así como, se describen las propiedades físicas y químicas más importantes; en el capítulo 2, se realiza una descripción de los procesos de producción, partiendo desde las diferentes materias primas e incluyendo las características más importantes de los procesos paralelos que son necesarios para la obtención de este producto. En el capítulo 3, se lleva al cabo un análisis de mercado nacional, considerando las importaciones, exportaciones, oferta y demanda; para con esto llegar a tener una perspectiva de dicho mercado. En el capítulo 4, se plantea una mejora energética para el horno rotatorio, el cual es un equipo primario en la producción de estos esmaltes, realizando una comparación entre el diseño típico manejado a nivel industrial y el propuesto en este trabajo, con lo que se pueden observar las ventajas que representa este último. Como parte final de este trabajo, en el capítulo 5 se presenta una evaluación del diseño propuesto en el capítulo anterior, relacionando el ahorro energético con los costos del mismo.

De los resultados obtenidos de este trabajo, cabe hacer notar que la propuesta presentada a la vez de mejorar energéticamente un proceso primario para la fabricación del esmalte vítreo, considera mejoras de tipo ecológico, ya que disminuye los niveles de contaminación del proceso en cuestión, con base en esto se plantea un doble beneficio en la producción de los esmaltes vitreos con un tiempo estimado de recuperación de la inversión inicial de aproximadamente dos años.

## **INTRODUCCION.**

Una de las principales razones que determinaron la realización de este trabajo es la creciente demanda y los requerimientos de calidad, en la producción de los esmaltes vitreos; así como el evitar fugas de divisas al mantener en un alto grado de productividad en las plantas existentes en el país, y que lleguen a satisfacer tanto al mercado nacional como a los requerimientos de competitividad que se está dando en nuestro país, por la apertura de las fronteras y el tratado de libre comercio.

Como se mencionará, es necesaria la mejora de los procesos, principalmente de aquellos que ya llevan algunas décadas trabajando bajo el mismo esquema, para mejorar su rentabilidad.

La tecnología avanza de manera impresionante día con día y esto da como tarea obligada por parte de los ingenieros, el de aprovechar todos estos recursos científicos y tecnológicos en pos del mejoramiento del nivel productivo del país. Este trabajo contiene un estudio de mercado en el que se define la demanda actual y su comportamiento durante la última década. También se hace un análisis del proceso de producción indicando los requerimientos de calidad de las materias primas, la descripción del proceso de transformación, la maquinaria y el equipo requerido así como las estrategias ecológicas propuestas.

## **OBJETIVOS**

- I. Introducir al lector a los procesos de producción de los esmaltes vítreos.**
- II. Mejorar el funcionamiento del horno rotatorio, para reducir las emisiones contaminantes ya que es un equipo con grandes requerimientos energéticos y por tanto altamente contaminante.**
- III. Realizar un análisis de mercado, que represente la actual situación de demanda-oferta dentro del mercado nacional de los esmaltes vítreos.**

**CAPITULO I.  
GENERALIDADES.**

## **ESMALTE.**

"Esmalte Vitreo", es un vidrio de tales características físicas y químicas, que puede aplicarse a objetos vitreos, cerámicos o metálicos mediante un tratamiento térmico adecuado.

Se hace necesario definir lo que es un "vidrio", ya que en la definición de esmalte vítreo se recurre a dicho término. Según George W. Morey, "Un vidrio es una sustancia, en una condición tal que es continua y análoga al estado líquido de esa sustancia pero, que como resultado de haber sido enfriada desde su condición fundida, alcanza tan alto grado de viscosidad que llega a ser rígida para todo propósito práctico".

Los esmaltes vitreos para su aplicación, son finamente molidos y mezclados con sustancias apropiadas que los adhieran al objeto a esmaltar antes del tratamiento térmico, dichas sustancias pueden ser: agua, aceites, ceras, etc. También pueden ser aplicados en forma de polvo.

Los esmaltes vitreos son considerados como verdaderas soluciones, que pueden ser coloras o incoloras, transparentes u opacas (cuando contienen partículas en suspensión).

El punto de reblandecimiento del esmalte vítreo debe de ser lo más bajo posible, sobre todo, en el caso particular de su aplicación a objetos de vidrio, el que debe de ser inferior al del vidrio, (725°C) para evitar deformaciones del objeto y al mismo tiempo permitir el desarrollo de un buen lustre.

La fusión incipiente que sufre el esmalte vítreo al ser tratado térmicamente, operación que se llama "quemado", es la que permite su adherencia al objeto.

De aquí en adelante los términos "esmalte" y "esmalte vitreo" serán considerados como sinónimos y se usarán indistintamente para simplificar, a pesar de no ser rigurosamente cierto.

## **TIPOS DE ESMALTES**

Los esmaltes pueden ser de dos tipos:

- 1.- Esmaltes transparentes.
- 2.- Esmaltes opacos.

Los del primer tipo pueden ser coloros o incoloros, y los del segundo tipo blancos o coloridos y ambos pueden ser brillantes o mates.

Los esmaltes transparentes son esencialmente borosilicatos de plomo a los que pueden colorearse por medio de sustancias adecuadas, las cuales generalmente se disuelven durante la operación de fritado.

El fritado es básicamente la incorporación por medio de fusión de casi todas las materias primas que forman el esmalte.

Los esmaltes opacos son también borosilicatos de plomo, pero con sustancias en suspensión llamadas opacificantes; estos esmaltes se pueden colorear con los mismos materiales que se usan para dar color a los transparentes, con la diferencia que en este caso generalmente se agregan durante la molienda del esmalte.

## HISTORIA

Todas las obras sobre esmaltes atribuyen el origen de los mismos y del arte de esmaltar a los antiguos egipcios. Es sabido que ya en la antigüedad se adornaban los objetos artísticos fundiendo esmaltes en oquedades, o celdas (email cloisonné). Las celdas se preparaban a partir de tiras metálicas por soldadura o pegándolas. Más tarde se sometieron a grabado y mediante procesos de grabado a diferente profundidad se lograban efectos especiales al rellenar con esmalte.

Solo en el siglo XVII se llegó a establecer una técnica de esmaltar que puede corresponder aproximadamente a la que se utiliza en la actualidad. En Francia se recubría toda una placa con esmalte y se añadían, a modo de adornos en relieve, aplicaciones de otros esmaltes de colores diferentes. Naturalmente, resultaba mucho más sencillo rellenar de esmalte las pequeñas celdas que las superficies mayores, ya que las celdillas permitían retener el esmalte mecánicamente, mientras que al esmaltar superficies es necesario que el esmalte quede adherido a la superficie del material.

La posibilidad de lograr que el esmalte quedase unido a la superficie de un metal era conocida ya en el siglo XVII, pero la idea de extender este procedimiento a los objetos de uso ordinario procede, como ha demostrado Vogel, del teólogo Alemán J.H.G. Von Justi, en su *Gesammelten Schriften 1761*, se encuentra una clara indicación acerca de esta idea. Es seguro que el proceso fue iniciado en muchos lugares al mismo tiempo. Por lo que ha podido comprobarse, poco tiempo después, se aplicó ya el esmaltado en las fundiciones Königsbronn de Württemberg, Alemania. En estas instalaciones se esmaltaban hornos y se preparaban recipientes esmaltados resistentes a los ácidos para la industria química. Desde 1785 en adelante se inició también el esmaltado de recipientes en la Gräflich Einsiedel'schen Hüttenwerk de Lauchhammer Alemania.

Según las referencias que han podido recogerse, el esmalte era gris y muy resistente. El Gráf Einsiedel había puesto al frente de estos procesos a un químico, que probablemente había adquirido sus conocimientos

acerca del esmaltado en otras instalaciones, quizás en Königsbrunn. En el primer lustro del siglo XIX siguieron a ésta la Fundición Real de Gleiwitz, la Carlshütte en Niederschlesien, la Eisenhüttenwerk de Peitz en el Kreise Kottbus y la Eisenhütte Zellerfeld en el Harz. Salvo la fundición de Lauchhammer estas instalaciones siderúrgicas ya no esmaltan actualmente de modo que la de Lauchhammer debe de considerarse como la fábrica de esmaltes más antigua que aún sigue aplicando esmaltes.

No se sabe cuál era la composición de estos esmaltes primitivos. En el año de 1799 el inglés Hickling obtuvo una patente en Birmingham acerca del esmaltado de objetos de cobre y de hierro.

Las recetas obtenidas en esta patente son las primeras que conocemos. Estas mezclas contenían cuarzo (cuarcita), feldespato, bórax, nitratos alcalinos, carbonato potásico, dióxido de estaño y la mayor parte de las veces óxido de plomo.

Se ha supuesto siempre que el esmaltado de chapa de hierro se inició en la primera mitad del siglo XIX. Erbe publicó un escrito en 1836 en el que se habla del esmaltado del hierro forjado. En este escrito se afirma explícitamente por el autor que sus esmaltes estaban preparados con ausencia total de plomo. Según Erbe el esmaltado de hierro forjado (lámina o chapa) se inició aproximadamente en 1810. En 1836 existían talleres de esmaltado en el Harz en Quedlinburg, en Elberfeld y en Neuwied Alemania.

Este libro de Erbe es el primero publicado acerca de la tecnología del esmaltado. Después apareció en este campo un libro de Vogel Gesang sobre el esmaltado de la fundición de hierro. Los recipientes de hierro forjado eran caros y no podían mantener la competencia con los de fundición, más que difícilmente. Sin embargo, las cosas cambiaron cuando los avances de los procesos siderúrgicos, se encontraron en situación de producir máquinas mediante las que pudieran elaborarse las chapas.

Fundamentalmente, contribuyó a todos estos avances, la introducción de las laminadoras. Las laminadoras fueron ideadas en 1846 por el

francés Japy. La fabricación fue mejorada en Bélgica y la primera firma alemana que los construyó, probablemente por el sistema belga fue la Mönkemöller & Co. de Bonn.

Sin embargo, no fue sólo el desarrollo de máquinas para la fabricación de los objetos a esmaltar lo que contribuyó al desarrollo de la industria del esmaltado. Fue necesario también que se perfeccionaran los hornos de cocción, tenían primero una mufla de fundición y dos cámaras de precalentamiento situadas lateralmente ya que era necesario que el calentamiento y el enfriamiento de los objetos a esmaltar tuviera lugar con lentitud. El esmalte se fundía en crisoles, que más adelante pasaron a tener un orificio de salida en el fondo. Sólo a fines de siglo, estos hornos de crisoles empezaron a ser substituidos por hornos de cubetas. El esmalte era machacado en morteros y después en bocartes, hasta que después se tomó el molino para vidriados de los ceramistas, en el que un rodillo de piedra giraba sobre una superficie de molienda. Estos molinos fueron substituidos posteriormente por los molinos de bolas. El desarrollo más importante de las instalaciones de esmaltado se produjo en los últimos 35 años después que las fábricas de esmaltes completaron su equipo.

Hasta 1914 fue Alemania el país que poseía mayor número de instalaciones de esmaltados, siguiéndole Austria y Hungría. En 1939 Alemania poseía 360 instalaciones de esmaltar. En la actualidad no hay ningún país en el que no existan instalaciones de esmaltar.

## PROPIEDADES

Los esmaltes están formados por dos partes esenciales: la matriz vítrea y las adiciones de molienda, siendo de mucha mayor importancia la primera, ya que la segunda en algunos casos es innecesaria.

La matriz vítrea se forma por la fusión de todas o casi todas las materias primas que integran el esmalte; a esta materia vítrea se llama frita y a la operación que se realiza se llama fritado, la que no es necesaria en aquellos casos en que la temperatura de deformación del material a esmaltar sea muy superior a la temperatura de formación de la frita, o en los casos en que esta sea de características tales que su fritado sea difícil. Como ejemplo se pueden citar algunos de los esmaltes usados en porcelana para sanitarios, en estos casos se dice que el esmaltado se realiza con esmaltes crudos.

En el caso para esmaltes para vidrio el fritado es necesario, puesto que las reacciones de formación de estos esmaltes requieren de temperaturas superiores a la de reblandecimiento del vidrio; si estas reacciones se efectuaran sobre el vidrio este se deformaría.

Mediante la operación de fritado, materiales venenosos como los compuestos de plomo son transformados a otros menos tóxicos al formar parte de la composición de la frita; y por la misma razón, materiales solubles tales como los compuestos de los metales alcalinos son insolubilizados y las propiedades de materiales como compuestos de litio, aluminio silicio, circonio y titanio; son mejor aprovechadas.

Al terminar la operación de fritado; a la frita aún en estado líquido, se le pone en contacto con agua y a veces con aire a presión, lográndose con ello un sólido muy dividido, esta operación se efectúa para facilitar la molienda y conservar a temperatura ambiente las formas físicas obtenidas a altas temperaturas mediante el fritado. Si la frita se dejará enfriar lentamente, procesos tales como cristalización total o parcial y corrientes de separación, etc. podrían tener lugar, dando como resultado una frita heterogénea.

La frita granular obtenida de la forma anterior es molida generalmente por vía húmeda. Durante esta operación se agregan a la frita las llamadas "adiciones de molienda", las que tienen como objetivos principales: provocar efectos especiales en el esmalte tales como color, opacidad, cristalización, etc., favorecer la suspensión de la frita en el vehículo de molienda y modificar algunas propiedades básicas del esmalte como el coeficiente de expansión térmica, la resistencia a la corrosión, la temperatura de quemado, etc. Estas adiciones pueden o no reaccionar con la frita durante el quemado del esmalte.

### Constitución Química

La constitución química y las propiedades de los esmaltes pueden discutirse desde el punto de vista de los vidrios, puesto que el principal componente del esmalte, "la frita", es en sí un vidrio.

Varias investigaciones han tenido lugar para tratar de establecer las características y propiedades del estado vítreo. Las investigaciones más establecidas consideran el estado vítreo como un agregado irregular de sistemas de grupos de óxidos de silicio y óxidos de carácter básico, unidos entre sí por átomos de oxígeno.

El silicio se encuentra en el centro de tetraedros regulares en cuyos vértices se encuentran oxígenos  $(\text{SiO}_4)^{-4}$ , estos tetraedros constituyen las unidades formadoras de la estructura, en la cual se encuentran unidos por los vértices, a una distancia que depende del contenido de constituyentes básicos y en una forma desordenada, esto último es lo que diferencia a los vidrios de los silicatos cristalinos, ya que en éstos la unión de los grupos  $(\text{SiO}_4)^{-4}$  guarda un determinado orden. Debido al desorden en las uniones de los tetraedros en los vidrios, no existen dos lugares en las estructuras de éstos que tengan la misma característica (siempre habrá algunas uniones con mayor energía de enlace que otras), por lo que cuando se eleva la temperatura con objeto de fundir un vidrio, éste presenta un reblandecimiento gradual antes de su fusión total el que se debe a que las uniones se rompen al mismo tiempo; por este motivo los

vidrios no tienen un punto de fusión definido: en cambio, las uniones en los silicatos cristalinos no rompen al mismo tiempo por lo que estos compuestos sí presentan un punto de fusión específico ( en lo subsecuente se seguirá refiriendo a la "temperatura de fusión", aunque en realidad se esté tratando de un "intervalo de temperaturas" ).

Por otra parte no sólo el silicato puede constituir unidades formadoras de estructura. Existen otros cationes con características similares a las del silicio, es decir, pequeños con un número de coordinación bajo y una carga elevada, que son capaces de comportarse de la misma forma. Cationes de tales características se encuentran en el cuarto y quinto grupo de la tabla periódica y a los cuales junto con el silicio se les llama "Formadores de estructura" o "Formadores de vidrio". Entre ellos se encuentran los siguientes:

B, Si, P, V, Ge, As, Sb, Ta

Los otros tipos de cationes que entran en la composición de los vidrios son los llamados "Modificadores de estructura", los cuales se unen a las valencias restantes de los oxígenos unidos a los formadores de estructura. Entre estos cationes se encuentra: K, Na, Ca, Pb, Mg, etc. Además de estos dos tipos de constituyentes existen otros que a veces se comportan como modificadores y a veces como formadores, a éstos se les llama "Elementos intermedios". A este grupo pertenecen: Be, Al, Ti, Zr, etc.

Los elementos modificadores de estructura no cambian radicalmente al vidrio pero sí modifican sus propiedades, por ejemplo: al introducir Na a la sílice vítrea, se abate la temperatura de fusión, debido a que el Na rompe algunas uniones silicio - oxígeno. El número y clase de los elementos modificadores de estructura están limitados por los radios atómicos de dichos elementos.

Por lo que respecta a la capacidad de una cierta composición para formar vidrio, aumenta con la disminución de la relación átomos de oxígeno a átomos de "Formadores de estructura". El compuesto siguiente  $2\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$  por tener una relación O/Si = 4 no pueden formar un vidrio, puesto que ningún oxígeno es compartido entre dos tetraedros.

En el caso de una relación O/Si = 3.5, sólo un oxígeno puede compartirse entre dos tetraedros, lo que da también poca oportunidad para la formación de un vidrio. Para una relación O/Si = 3, como en el caso del  $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ , existen dos oxígenos que pueden ser compartidos entre los tetraedro y de esta manera se forma una red continua. Este valor representa (O/Si = 3) el límite de los vidrios prácticos.

De todo lo anterior se concluye lo siguiente: debido a la complejidad de la constitución de los vidrios, se les considera para cálculos prácticos, constituidos por mezclas de óxidos de carácter ácido, básico y neutro.

### Propiedades Físicas de los Esmaltes

Winkelman y Schott por medio de sus trabajos realizados al final del siglo pasado, establecieron que las propiedades físicas de los vidrios podían considerarse como funciones aditivas de composición en peso. Esto significa que cada componente (generalmente óxidos) contribuye con sus propiedades físicas proporcionalmente al porcentaje en peso que de él se tenga en el vidrio. Lo anterior se representa en la siguiente forma:

a, b, c, ...	Componentes presentes en el vidrio
Pa, Pb, Pc, ...	Porcentaje en peso de los componentes del vidrio
Xa, Xb, Xc, ...	Factores correspondientes a la propiedad del vidrio a calcular.
K...	Propiedad del vidrio a calcular

$$K = Pa Xa + Pb Xb + Pc Xc + \dots$$

Estudios más recientes han demostrado que lo anterior es aplicable sólo en grado limitado, porque existen anomalías que no pueden ser explicadas por una hipótesis tan simple como ésta.

Los primeros trabajos de Zachariasen relacionan las propiedades de los vidrios con su estructura, mas bien que con el porcentaje en peso de los componentes como antes se consideraba, lo que ha conducido a

importantes conclusiones, entre ellas la que indica que las propiedades aditivas no son tanto una función del porcentaje en peso de los componentes en un vidrio, como de las fracciones atómicas de los elementos presentes en él y que se expresan como "El número de átomos - gramo de cada elemento por átomo - gramo de oxígeno en el vidrio.

Las propiedades físicas se pueden dividir en los siguientes grupos: Propiedades térmicas, Propiedades mecánicas y Propiedades ópticas. De las propiedades pertenecientes a estos grupos sólo se hablará de las más importantes en el caso de esmaltes para vidrio.

### **Propiedades Térmicas**

**Expansión Térmica.** Entre las propiedades físicas de los esmaltes, la más importante es sin duda la expansión térmica, la que debe ser lo más semejante posible a la del producto a esmaltar, ya que sobre éste se aplicarán dichos esmaltes; esta semejanza deberá mantenerse a través de todas las temperaturas, desde la ambiente hasta la de quemado, si así no fuera se presentarían múltiples defectos que van desde una simple cuarteada, hasta el total desprendimiento de la capa de esmalte.

El coeficiente de expansión térmica generalmente no es una función lineal de la temperatura. Los valores de dicho coeficiente aumentan en forma lenta y gradual al elevarse la temperatura hasta un punto en las cercanías de aquella en la cual desaparecen los esfuerzos en el vidrio, en este momento el coeficiente empieza a aumentar brusca y rápidamente; a dicho punto se le llama "Punto de transformación" y depende del tratamiento térmico a que a sido sometido previamente el vidrio.

**Temperatura de Fusión.** Es una propiedad muy importante, ya que de ella depende la temperatura de quemado del esmalte. Cuando ésta es alta se considera que el esmalte corresponde al grupo de los llamados "Esmaltes duros", cuando es baja pertenece al grupo de los "Esmaltes suaves".

Los esmaltes de muy baja temperatura de fusión, comúnmente no contienen  $B_2O_3$ , en ellos el grupo fundente consiste fundamentalmente en  $Na_2O$  y  $PbO$ , siendo este último el que se usa en mayor cantidad para los esmaltes de más baja temperatura de quemado, la que puede elevarse al reemplazarlo progresivamente por los óxidos alcalinos.

### **Propiedades Mecánicas**

**Resistencia a la Tensión y a la Compresión.** Estas propiedades caracterizan mecánicamente al esmalte y definen el tipo de aplicación que se le dará al esmalte.

### **Propiedades Ópticas**

**Opacidad.** La opacidad es causada por los fenómenos de reflexión, refracción y difracción de la luz debidos a partículas embebidas en la matriz vítrea. Esto tiene por resultado la difusión de la luz, fenómeno al que se le llama opacidad en los esmaltes, a pesar de que no sea propiamente opacidad sino translucidez, y consiste en lo siguiente: la luz incide sobre el esmalte en rayos paralelos y por medio de los fenómenos antes mencionados son difundidos en todas las direcciones, destruyendo la transparencia del esmalte y para que se produzca es necesario que el índice de refracción de las partículas embebidas en el esmalte sea distinto que el de la matriz vítrea.

A continuación se describen los tres fenómenos que provocan la difusión de la luz.

La luz es difundida por reflexión desde la superficie del esmalte y desde las partículas suspendidas, esta última es más importante que la primera; las partículas más pequeñas provocan mayor difusión que las grandes.

Cuando un rayo luminoso atraviesa dos medios de diferentes densidades ópticas se refracta, entre mayor diferencia halla entre las dos

densidades la refracción será mayor; así pues para obtener difusión por refracción en los esmaltes es necesario que exista diferencia entre las densidades ópticas y en consecuencia entre los índices de refracción de las partículas suspendidas.

Al igual que en el fenómeno de reflexión las partículas de menor tamaño son las que causan mayor difusión.

Es obvio que entre mayor sea la interferencia que encuentre la luz a su paso por el esmalte, mayor será la difusión y en consecuencia la opacidad. Para lograr este efecto las partículas deberán estar bien dispersas y ser de formas y diámetros muy irregulares. La naturaleza da la combinación ideal de tamaños y formas, sin embargo, no han podido ser establecida. Si los diámetros de las partículas alcanzan el tamaño de las longitudes de onda de la luz, los fenómenos de reflexión y refracción desaparecen, pero en ese momento la luz empieza a ser difractada, esta difracción de la luz aumenta con la disminución del tamaño de partícula hasta un límite, después del cual comienza a disminuir no obstante que se siga reduciendo el diámetro de partícula.

De lo anterior se deduce que se alcanza un máximo de opacidad, cuando las partículas más grandes sean lo suficientemente pequeñas para dar la máxima opacidad posible por reflexión y refracción y las partículas más pequeñas sean lo suficientemente grandes para dar la máxima opacidad por difracción.

Cuando la luz se refleja, refracta y difracta, es descompuesta en colores, pero la intensidad de la difusión impide observar este fenómeno.

Diferentes tipos de opacidad: La opacidad puede deberse a:

- 1) Partículas insolubles
- 2) Cristalitos
- 3) Constituyentes inmiscibles
- 4) Gases

El primer tipo de opacidad está representado por aquellos materiales que se agregan para este objeto durante la molienda. Durante la fusión

incipiente del esmalte en el quemado, estas partículas quedan suspendidas en el esmalte dando así opacidad.

En el segundo tipo de opacidad las partículas pueden ser originadas por cristalizaciones de compuestos que durante la frita permanecen solubles ( $\text{As}_2\text{O}_3$  y  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) y que cristalizan una parte al enfriar la frita y otra parte en el quemado del esmalte, o por desvitrificaciones.

El lograr una buena opacidad por cristalización depende del número de los núcleos de cristalización formados en el enfriamiento. Si la cristalización es lenta y progresiva se forman cristales grandes y el esmalte tiende a dar una textura mate. La composición de la matriz vítrea tiene marcada influencia en los compuestos cristalinos que provocan opacidad, pues a veces dichos compuestos reaccionan con ella durante el quemado, alterando en esta forma la opacidad.

Cuando se forman fusiones inmiscibles en el esmalte se tiene el tercer tipo de opacidad.

Cuando en el esmalte se encuentran incluidas pequeñas burbujas de gas, se tiene el caso de opacidad producida por un medio de menor índice de refracción que la matriz vítrea. Este tipo de opacidad es insuficiente, pero es indudable que contribuye a la que proporcionan otros medios mejores.

De los tipos de opacidad anteriormente citados algunos son más efectivos en ciertas composición de esmaltes y sería difícil establecer reglas para determinar cuál de ellos es más efectivo. Generalmente se busca que siempre la opacidad se produzca de varias formas para asegurar un mejor resultado.

Los compuestos que pueden dar opacidad y que poseen índices de refracción más altos que la matriz vítrea son:  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{ZrSiO}_4$  y  $\text{SnO}_2$ . Haciendo consideraciones sobre los compuestos anteriormente señalados como probables opacificantes, se tiene:

$\text{Sb}_2\text{O}_3$  .Es un buen opacificante, pero tiene el inconveniente de su elevada presión de vapor y su incompatibilidad con el plomo.

$\text{As}_2\text{O}_3$  Se usa solamente en joyería, pues por su gran toxicidad es peligroso manejar grandes cantidades.

$\text{ZnO}$  Por si solo no es capaz de producir opacidad, por ser muy soluble en el vidrio que constituye la matriz vítrea, pero contribuye a la opacidad producida por otros materiales.

$\text{ZnS}$  No se usa por su tendencia a oxidarse dando  $\text{SO}_2$  o  $\text{SO}_3$ , que pueden ser perjudiciales en las fritas.

$\text{TiO}_2$  Es un buen opacificante, pero hay que tomar en cuenta que es parcialmente soluble en la matriz vítrea.

$\text{ZrO}_2$  Es un buen opacificante, y ha venido a sustituir al  $\text{SnO}_2$

$\text{ZrSiO}_4$  La opacidad que produce es proporcional al dióxido de circonio que contiene. Tiene como ventaja sobre el  $\text{ZrO}_2$  el de ser menos refractario.

$\text{SnO}_2$  . El mejor de todos los opacificantes pero su uso a venido a menos por su elevado precio y por su tendencia a alterarse en presencia de cromo dando coloración rosa, así como por su facilidad de reducirse a un óxido más bajo que altera la blancura.

Existen otros compuestos capaces de dar opacidad, pero debido a que su índice de refracción es menor que el de los anteriores, producen este fenómeno en menor escala. Entre ellos se tienen:

Fluoruros de sodio.

Fluoruros de calcio.

Fluoruros de aluminio.

Fosfato tricálcico.

En la tabla 1.1. se encuentra una lista de los índices de refracción de algunos opacificantes y un valor promedio del índice de refracción de la matriz vítrea.

Tabla 1.1. Índices de Refracción.<sup>(7)</sup>

Compuesto	Indice de refracción promedio.
TiO <sub>2</sub>	2.5
ZrO <sub>2</sub>	2.13, 2.19, 2.20
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.09
SnO <sub>2</sub>	2.04
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.73
CaF <sub>2</sub>	1.44
Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	1.34
NaF	1.33
Matriz Vítrea	1.50-1.55

## **CAPITULO II. PROCESOS DE PRODUCCION.**

El esmalte vítreo o de porcelana es una mezcla de frita y pigmentos, la frita contiene una gran proporción de fundentes. El esmalte es aplicado en frío y luego fundido sobre la pieza a esmaltar. Valorado como un material de gran belleza en el campo del arte decorativo, el esmalte se ha vuelto de uso comercial general debido a que da un producto de gran durabilidad y de gran aplicación, es fácil de limpiar y resiste la corrosión. Sus usos corrientes están en los dispositivos de plomería, utensilios de cocina, equipos industriales y acero esmaltado de vidrio para usos químicos. El mercado de los aparatos domésticos ha disminuido por el uso moderno de los recubrimientos orgánicos poliméricos, pero se han desarrollado nuevos mercados.

El proceso descrito en este trabajo es el que se está usando en la actualidad, de forma general dentro del país. En los siguientes puntos se expondrá de manera breve y objetiva el proceso de fabricación de esmaltes vítreos, que fue obtenido de la empresa del ramo.

## **MATERIAS PRIMAS.**

Estas deben tener no sólo alta pureza, sino también un tamaño y forma de partícula determinada, así como composición mineral adecuados, para cada esmalte en específico. Las materias primas utilizadas en la industria de los esmaltes pueden dividirse en seis grupos diferentes: refractarios, fundentes, opacificadores, colores, agentes de flotación y electrolitos. Entre los refractarios se hallan materiales como el cuarzo, el feldespato y la arcilla, los que contribuyen a la parte ácida de la fusión y dan cuerpo al vidrio. Entre los fundentes están productos como el bórax, el carbonato de sodio, la criolita y el espatofluor, que tienen carácter básico y reaccionan con los refractarios ácidos para formar el vidrio, también reducen la temperatura de fusión de los esmaltes. Los opacificadores son compuestos que se añaden al vidrio para darle la apariencia blanca opaca característica de los esmaltes vítreos. Son de dos tipos principales: opacificadores insolubles (bióxido de titanio, óxido de estaño y óxido de circonio) y opacificadores de desvitrificación (criolita y espatofluor). En 1945 se desarrollaron comercialmente los esmaltes opacificados por dióxido de titanio, y han ganado aceptación general en la industria por su alta opacidad y buena resistencia a los ácidos. Su ventaja principal consiste en que pueden ser aplicados en forma más tenue que los mejores opacificadores previos y, por lo tanto son más resistentes al despostillado, siendo también más tersos y de mayor reflectancia. Los opacificadores de desvitrificación actúan también como fundentes, haciendo que el esmalte sea fusible a menor temperatura. Los materiales que dan color a los esmaltes pueden ser óxidos, elementos, sales o fritas, y pueden actuar ya sea como refractarios o bien como fundentes.

Para peptizar la arcilla y suspender adecuadamente el esmalte en los vehículos de aplicación se añaden electrolitos como bórax, carbonato de sodio, sulfato de magnesio y carbonato de magnesio.

## **DESCRIPCION DEL PROCESO.**

### **Proceso para la Obtención de Esmaltes.**

Los esmaltes para la industria de la cerámica se les llama Frita y son una mezcla de frita (borosilicatos de circonio y plomo), pigmentos y vehículos de suspensión.

El esmalte se hace normalmente en un proceso de molienda en húmedo, en un molino de bolas, los ingredientes son principalmente una mezcla de frita, pigmento y arcilla, esta última como una ayuda para suspensión, y luego haciéndolos pasar por un tamiz de malla 200 con rechazo menor a 8%, equivalente a un tamaño de partícula de entre 30 - 40 micras.

Un paso importante en la simplificación del proceso ha sido el desarrollo de la aplicación de polvo electrostático, rociándolo. El polvo se consigue ya listo para usarse y permite realizar una molienda en seco. Esta tecnología ahorra la energía usada para eliminar el agua en el proceso húmedo convencional y aumenta la eficacia de la operación de molienda.

En forma operacional, los pasos seguidos en la producción de los esmaltes son:

- a) Recepción y almacenamiento de las materias primas
- b) Pesado de materia prima para frita
- c) Mezclado de materia prima para frita
- d) Fundición de materia prima para frita
- e) Quebrado de frita
- f) Secado de frita
- g) Molienda de ingredientes para esmalte
- h) Secado del esmalte
- i) Pulverización del esmalte
- j) Empaque

#### **A) RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS**

La mayoría de las materias primas se reciben en costales o tambores, facilitándose en esta forma su almacenamiento y manipulación; en cambio otras (arenas, feldespato, etc.) son recibidas a granel pudiendo ser en carros de ferrocarril o en camiones de carga. Estas últimas materias primas y a veces algunas de las primeras, se colocan en silos para su empleo posterior.

#### **B) PESADO DE MATERIA PRIMA PARA FRITA.**

Antes de esta operación las materiales se criban y se pasan por un separador magnético para eliminar materiales extraños así como para romper los terrones que se han formado y para facilitar la manipulación de las materias primas tanto en esta operación como en las siguientes, se usan monocarriles conductores.

Para pesar las materias primas que se utilizan en gran proporción se usan tolvas pesadoras que tienen comunicación directa con los silos y las materias primas que van en pequeña proporción son pesadas en básculas más sensibles.

En esta operación debe de tenerse gran cuidado y la persona encargada de ella debe estar informada de la fórmula del esmalte (generalmente secreta).

#### **C) MEZCLADO DE MATERIA PRIMA PARA FRITA.**

Es muy importante que el mezclado sea lo más perfecto posible ya que de éste depende en gran parte la velocidad de reacción durante el fritado, la uniformidad de la frita y la opacidad del esmalte.

Esta operación puede realizarse manualmente (baja producción) pero en las plantas más modernas y cuando la producción lo amerite, el mezclado se realiza en forma mecánica utilizando diferentes tipos de mezcladoras (mezcladoras cilíndricas o hexagonales de paletas).

#### D) FUNDICION DE MATERIA PRIMA PARA FRITA.

Esta operación es la más importante para la formación del esmalte y consiste de la fusión de las materias primas hasta la formación de un vidrio uniforme, lo cual depende esencialmente de :

- a) Un buen mezclado
- b) Un calentamiento adecuado
- c) Una correcta distribución de calor a la carga

Los materiales que constituyen la carga se comportan de diferente manera durante la fundición; unos funden fácilmente, otros son volátiles o se descomponen fácilmente y otros son altamente refractarios los materiales que funden fácilmente toman en solución o suspensión a los demás, evitando de esta forma parcial o totalmente la descomposición y volatilización y por consecuencia una brusca evolución de gases.

En esta como en otras reacciones a altas temperaturas, los cambios ocurridos no se conocen detalladamente pero pueden considerarse en general como: Fusión, Solución, Descomposición e Interacción de ácidos y bases.

Esta operación puede llevarse a cabo en tres tipos de hornos:

- a) Horno de crisol
- b) Horno tipo caja
- c) Horno rotatorio

Durante la operación de fundición la agitación es muy importante y en los dos primeros tipos de hornos esta se hace normalmente con varillas de acero inoxidable, y en el tercer tipo la agitación es mecánica por medio del movimiento rotatorio.

Los hornos de crisol se usan para pruebas de laboratorio y producción de colores especiales en pequeña escala. Los hornos tipo caja son los más comúnmente empleados pues tienen la ventaja de su construcción simple, su operación eficiente y su larga vida. Los hornos rotatorios tienen las ventajas de que la operación se realiza en más corto tiempo y por lo tanto se economiza combustible y la vida del refractario se alarga, se

pierde menos esmalte y se logra mayor distribución del calor, el mezclado de la materia prima es mas sencillo y fácil.

#### **E) QUEBRADO DE LA FRITA.**

El quebrado consiste de un enfriamiento de la frita en forma brusca tanto para evitar la desvitrificación que se provocaría con un enfriamiento lento como para reducir el vidrio a pequeños pedazos con objeto de facilitar la molienda y evitar que se adhiera a los recipientes.

El enfriamiento de la frita puede hacerse con agua, aire o bien pasar la frita aún fundida a través de rodillos enfriados con aire que la reducen a pequeñas escamas. Este último método tiene la ventaja de evitar el secado posterior y de favorecer ciertas propiedades del esmalte tales como opacidad y resistencia ácida.

#### **F) SECADO DE LA FRITA.**

Después del quebrado, las fritas pueden ser o no secadas, dependiendo de las operaciones siguientes. Si la frita va a ser molida en húmedo y no lleva adiciones de molienda no hay necesidad de secar y sólo se calcula el agua retenida para saber cual es la carga del molino.

#### **G) MOLIENDA DE LOS INGREDIENTES PARA ESMALTE.**

Esta operación es la segunda en importancia para la producción de esmaltes para vidrio, ya que las propiedades de estos varían notablemente con una molienda inadecuada. La molienda de este tipo de esmaltes se realiza por vía húmeda y los factores de los cuales depende principalmente son :

- a) La densidad del esmalte
- b) La viscosidad de la suspensión
- c) La temperatura
- d) La solubilidad del esmalte en el medio de molienda
- e) La velocidad del molino

La densidad del esmalte y la viscosidad de la suspensión afectan el grado de suspensión en el molino del que depende directamente el tiempo de molienda. La temperatura afecta a la viscosidad y a la presión interna de los molinos, en el caso de esmaltes para vidrio el medio de molienda es el metanol y debe de vigilarse muy bien la temperatura para evitar accidentes, ya que ésta se eleva por la molienda. En aquellas moliendas en las cuales el contenido del líquido es muy grande, es necesario agregar agentes que mantengan la suspensión tales como arcillas, las que tienen comportamiento coloidal o compuestos que se disuelvan en el medio de molienda a los que se les llama "electrolitos". En las moliendas de esmaltes para vidrio no es necesario agregar este tipo de materiales, ya que por un lado la viscosidad alcanzada por la suspensión es alta y no permite el asentamiento en un tiempo razonable de las partículas de esmalte, y por otro lado debido al alto contenido de bórax la frita es parcialmente soluble y actúa como un electroito.

La velocidad del molino influye sobre el tiempo de molienda, y la más adecuada es aquella a la cual las bolas no son arrojadas contra la pared del molino, sino que se mueven unas sobre otras. Dentro de la velocidad recomendada y manejada por las industrias del ramo, se tienen velocidades promedio que van de los 90 - 110 rev./ min.

#### H,I) SECADO Y PULVERIZACION DEL ESMALTE.

El secado se hace en secadores de charola evitando poner en contacto el material con gases reductores. Una vez seco el esmalte ( máxima humedad permitida 1%, la que hay que eliminar antes de aplicar el esmalte ) se pulveriza en molinos de martillos y se empaca en tambores para su uso posterior.

#### J) EMPAQUE

En este punto se almacena el producto para su distribución generalmente en sacos o bolsas de mediano tamaño. Dependiendo de la aplicación la presentación puede ser : en polvo o en suspensión. Esta

última se realiza mezclando el esmalte con los vehículos de suspensión como: agua alcohólicas y termoplásticos

### **Proceso para la Elaboración de Frita.**

La frita es una mezcla de fundentes y refractarios compuesta principalmente por: Boro Silicato de circonio y Plomo, todo por fórmula se produce a base de la siguiente materia prima: Oxido de Silicio, Boro Anhidro, Oxido de Cadmio, Carbonato de Sodio, Bórax pentahidratado, Sílice, Circonio, Acido Bórico, Nitrato de sodio, Oxido de plomo, Carbonato de Bario, Carbonato de Estroncio, Carbonato de litio (sustituyente del plomo).

La preparación del vidrio de esmalte, o frita es similar a las primeras etapas de la manufactura del vidrio ordinario.

- 1.- Se hace el pesado de los materiales lo más exacto posible para lo cual la báscula debe tener un buen mantenimiento.
- 2.- Todas las materias primas anteriores deberán ser homogeneizadas en seco, para efectuar esta operación se utilizará un mezclador de barril con paletas.
- 3.- Posteriormente la mezcla es pasada al horno donde se efectuará una reacción uniforme a una temperatura de 1300° - 1600°C durante 2 - 5 horas aproximadamente, donde el calentamiento se lleva a cabo mediante la combustión de Diesel. El diseño interno del horno está constituido por ladrillo refractario para soportar las altas temperaturas durante la elaboración de la Frita y evitar la contaminación de esta.
- 4.- Después de que la carga se ha fundido de manera uniforme, se pasa del horno a un tanque de templado con agua fría, despedazando la mezcla en millones de piezas deleznable. Este material se llama frita granular; el material obtenido es escurrido y envasado.

La frita es un compuesto que dependiendo de la aplicación es la variación de su composiciones, por ejemplo:

## **FRITAS PARA VIDRIO**

Contienen las siguientes materias primas:

- Bórax pentahidratado
  - Carbonato de sodio
  - Oxido de silicio o silice
  - Oxido de plomo
- Serie NR 600°C grados de maduración  
Serie CS 575°C grados de maduración  
Serie QR 650°C grados de maduración

## **FRITAS PARA CERAMICA.**

Contienen las siguientes materias primas:

- Fluorosilicato de sodio
- Oxido de aluminio
- Oxido de circonio
- Oxido de sodio
- Oxido de potasio
- Carbonato de potasio
- Silicato de circonio o arena de circonio

## **FRITAS PARA PORCELANIZADO.**

Contienen las siguientes materias primas:

(normalmente no llevan plomo para evitar contracciones)

- Bórax anhidro
- Oxido de silicio
- Fluorosilicato de circonio
- Carbonato de potasio
- Carbonato de calcio
- Fluorosilicato de sodio
- Fluoruro de calcio

Las temperaturas que se manejan son:

T = 760°C a bajas

T = 850°C a altas

Normalmente para reacción se funden a la misma temperatura las tres fritas (ver diagramas 2.1, 2.2 y 2.3).

### **Proceso para la Elaboración de Pigmentos**

**Pigmentos orgánicos e inorgánicos:**

Los pigmentos inorgánicos son hechos a base de óxidos y se preparan a altas temperaturas. Los pigmentos orgánicos se preparan a bajas temperaturas.

### **OXIDOS MANEJADOS**

Oxido de cromo, óxido de cobalto, óxido de antimonio, óxido de titanio, cromato de potasio, óxidos de hierro, manganeso, óxido de zinc, alúminas, sílice, circonio en bajas proporciones y en algunas ocasiones se utiliza ácido bórico para bajar el punto de fusión y esto se hace para obtener el color y tono que ha sido requerido por el cliente, entonces se seleccionan los óxidos más adecuados y más baratos, otros compuestos utilizados son: óxido de níquel, óxido de estaño, óxido de cadmio, sulfato de cobre, sulfato de manganeso, dicromato de potasio, dicromato de sodio, alúmina calcinada e hidratada, óxido de silicio.

**Elaboración:**

- 1.- Se pesan los materiales lo más exacto posible; este pesado va desde 100 a 300 kg. por fórmula.
- 2.- Posteriormente pasa a un premezclado donde se pretende obtener una mezcla dispersa (uniforme).
- 3.- Después pasa al micropulverizador y en este si se logra la dispersión homogénea de los materiales.
- 4.- Los materiales se pasan a un horno de calcinación donde se extrae el agua de los materiales, hay una reacción química de las materias primas y se obtiene el tono deseado, se

trabaja desde 800 a 1300°C según el colorante de que se trate. Para saber si el producto es el deseado se hace un muestreo físico y se compara con el patrón para obtener el color deseado, se enfría y se descarga en los crisoles de 3 Kg (refractarios).

5.- Posteriormente se carga a un molino de bolas de porcelana en húmedo, en esta operación se reduce el tamaño de partícula para obtener el poder cubriente adecuado y el tamaño de la partícula similar al estándar, lo más importante es el poder cubriente (no dejar pasar la luz).

6.- El material se descarga del molino y se hace un lavado con agua para eliminar sales por decantación, después el material es secado y envasado.

Por ejemplo si se quiere producir un pigmento azul sus componentes son: óxido de silicio y óxido de cobalto donde existe una calcinación a una temperatura de 1250°C con un tiempo de 15 horas; para otro pigmento azul sus componentes son: óxido de aluminio, óxido de cobalto, óxido de zinc y óxido de cromo, con una calcinación a una temperatura de 1200 °C y con un tiempo de 15 horas, una diferencia de la pigmentación entre uno oscuro y otro claro es debido a la alúmina; para un pigmento negro sus componentes son: óxido de fierro y óxido de plomo, con una calcinación a una temperatura de 1250°C y un tiempo de 12 horas; para un pigmento negro de baja temperatura sus componentes son: óxido de cromo, óxido de cobre y óxido de manganeso con una calcinación a una temperatura de 800 °C y un tiempo de 12 horas; para un pigmento amarillo se usa óxido de antimonio, óxido de titanio, óxido de cromo, con una temperatura de 1100 °C y un tiempo de 12 horas; para un pigmento verde se usa óxido de cobalto, óxido de cromo, alúmina hidratada y ácido bórico, con una temperatura de 1200 °C y un tiempo de 12 horas.

Después de la calcinación, a todo pigmento se le debe de dar el proceso de molienda y lavado ya que la reacción que se lleva a cabo en el horno no se efectúa completamente, quedando materiales sin reaccionar, por ejemplo en un pigmento negro quedan sales solubles de manganeso, cobre y sulfato, que son detectados por la cloración del agua, si esta es de color amarillo hay manganeso; si el color es verde hay cobre; si el agua es

blanquecina o turbia hay carbonatos y sulfatos. Otro método para determinar sulfatos es mediante una solución de cloruro de bario al 10% donde debe de precipitarse sulfato de bario (ver diagrama 2.4).

#### **Proceso para Obtención de Color.**

Una vez obtenida la frita y el pigmento se obtiene el color.

#### **COLORES EN POLVO:**

Se tienen ocho colores básicos que son: Azul, Café, Negro, Blanco, Verde, Amarillo, Naranja.

Se obtiene el color haciendo una mezcla del 90% de Frita y 10% de pigmento, el pesado de frita y pigmentado es realizado con base en la fórmula y posteriormente se efectúan las siguientes operaciones:

- 1.- Una vez pesados los materiales se pasan a un molino de bolas de cerámica durante 24 hrs., se agrega 25% de agua (la molienda debe ser en base húmeda) y alcohol industrial para tener una efectividad de molienda como material lubricante, se reduce a polvo y se integra, se controla la velocidad de molienda contra parámetros establecidos y este control se efectúa desde media molienda en adelante para obtener una óptima molienda.
- 2.- Posteriormente se pasa a través de la malla y se descarga a través de una tolva al secador para eliminar el agua, a una temperatura de 125°C durante 20 horas, y se obtienen colores secos mediante el secador que trabaja con gas L.P. y aire atmosférico, el aire caliente es recirculado, aquí se controla la flama oxidante y no las reductoras, se forma una nata entre las charolas (costras), las sales suspendidas forman una capa de diferentes durezas según el tipo de color procesado, se efectúa un raspado de los colores.
- 3.- Después se pasa al micropulverizador, para disminuir el tamaño de partícula de acuerdo a la calidad requerida para el

tipo de esmalte a utilizar; cumpliendo con esta calidad, el color esta aprobado y posteriormente es almacenado en tambos.

Por ejemplo para obtener un color blanco hay que pigmentar con titanio; para un color azul se usa un 20% de pigmento; para los colores rojo, naranja y amarillo se usa el 7% para colorear la Frita; para los colores verde, negro, café y gris se usa el 10% de pigmento (ver diagrama 2.5).

### **Proceso para la Obtención de Pastas y Termoplásticos.**

Al esmalte terminado puede empacarse como polvo sin hacerse ninguna modificación o puede aplicársele un proceso posterior para llegar a la presentación final que puede ser :

- A) Pasta.
- B) Termoplástico.
- C) Acuoso.

A) La dispersión del polvo en un vehículo termoplástico el cual está formulado con la siguiente materia prima: Alcohol esteárico (componente principal), parafina blanca, resinas, etil celulosa, aerocil, floracol, alcoholes y polialcoholes.

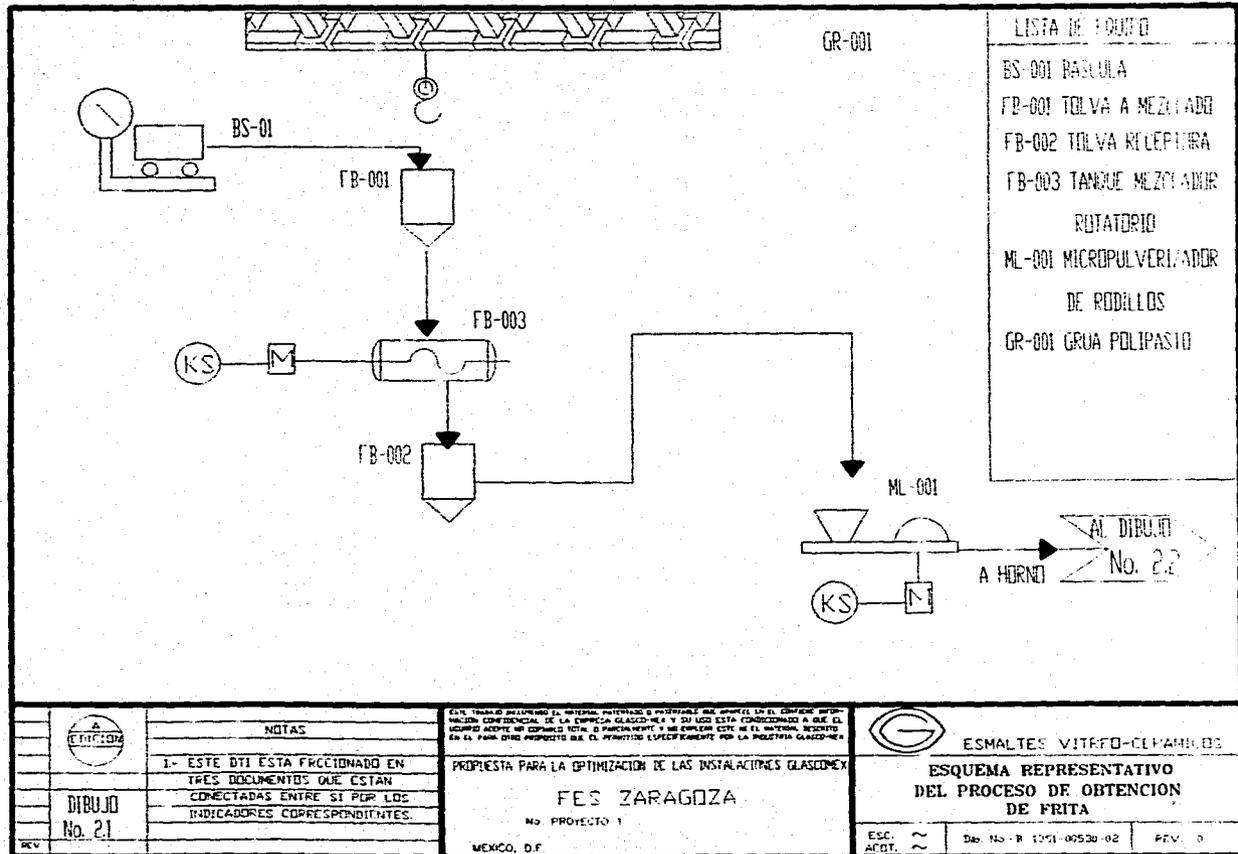
B) Al esmalte en polvo se le efectúa otro proceso, para obtener esmalte en pasta se le efectúa un segundo acabado, el polvo es dispersado en aceite (preparado a base de aceite de pino), resina, celulosa, alcohol isopropilico, gas nafta, para tener las propiedades de adherencia y de película en el decorado debe de cumplir con los parámetros de calidad, de acuerdo con un estándar ese aceite se puede usar de la pasta elaborada según los requerimientos del cliente y de la viscosidad adecuada que son muy altas y van desde los 20,000 hasta 42,000 cp.

- 1.- Todos estos materiales son pesados y mezclados perfectamente y para los materiales del inciso "a" además se refunden en una olla de fundición a la temperatura de 85 a 90 °C y se obtiene el vehículo termoplástico.
- 2.- Todos los materiales se pasan a un tanque de dispersión a una temperatura de 90°C hasta llegar a una total disolución y homogeneización, en este proceso se dispersa el color y el polvo manteniendo la temperatura para evitar la solidificación de los materiales.
- 3.- Esta mezcla se pasa a través de unos rodillos que operan a una temperatura de 60-65°C y en el se termina de efectuar la dispersión, recibiendo en charolas y cuando el material se empieza a solidificar, se raya en cuadros para envasar.
- 4.- En el caso de las pastas se pasa por rodillos pero en frío a temperatura ambiente y se recibe en cubetas.
- 5.- En el caso de los vehículos acuosos ( el polvo disperso en agua y algún alcohol ) para aplicarlos con pistolas, estos son almacenados en recipientes metálicos en diferentes presentaciones.

El vehículo térmico se usa para colores en termoplásticos que son aplicados a una temperatura de 40-60°C; en aceites se usa para colores en pasta y se aplica en frío, por ejemplo colores en termoplásticos se aplican a base de extenciles que debe de tener una temperatura de 30-40°C ya que el termoplástico a temperatura ambiente es sólido y al cambiar de temperatura pasa al estado líquido y son aplicables sobre impresiones una sobre otra (dos o más), los termoplásticos sirven para hacer decoraciones a alta velocidad con más de un color y se utilizan en las botellas de refresco y cerveza principalmente.

El aceite debe de esperar para adherir colores en pasta, son aplicables en frío y sirven para una sola impresión, las pastas se utilizan en decoraciones, en frascos de perfumería, en piezas ornamentales y en algunos casos para vajillas.

**C) La preparación de el polvo en suspensión acuosa se realiza comúnmente in situ por el cliente antes de la aplicación.**



LISTA DE EQUIPO

BS-001	BALANZA
FB-001	TOLVA A MEZCLADO
FB-002	TOLVA RECEPTORA
FB-003	TANQUE MEZCLADOR ROTATORIO
ML-001	MICROPULVERIZADOR DE RODILLOS
GR-001	GRUA POLIPASO

A ETIQUETA	
NOTAS	
1.- ESTE DTI ESTA FRACCIONADO EN TRES DOCUMENTOS QUE ESTAN CONECTADAS ENTRE SI POR LOS INDICADORES CORRESPONDIENTES.	
DIBUJO No. 21	REV

ESTE TRABAJO REPRESENTA EL MATERIAL ENTREGADO O PRESTADO POR EL COMITÉ DE INVESTIGACIONES CONFINANCIAL DE LA EMPRESA GLASCO-MEX Y SU USO ESTA CONFINANCIAL A QUE EL USUARIO ACEPTA EN COMPARTIR ESTE DOCUMENTO Y NO RESPONDERA DE EL MANTENIMIENTO REQUERIDO EN EL PARA OTRO PROPOSITO QUE EL PERMITIDO ESPECIFICAMENTE POR LA INGENIERIA GLASCO-MEX

PROPIETA PARA LA OPTIMIZACION DE LAS INSTALACIONES GLASCO-MEX

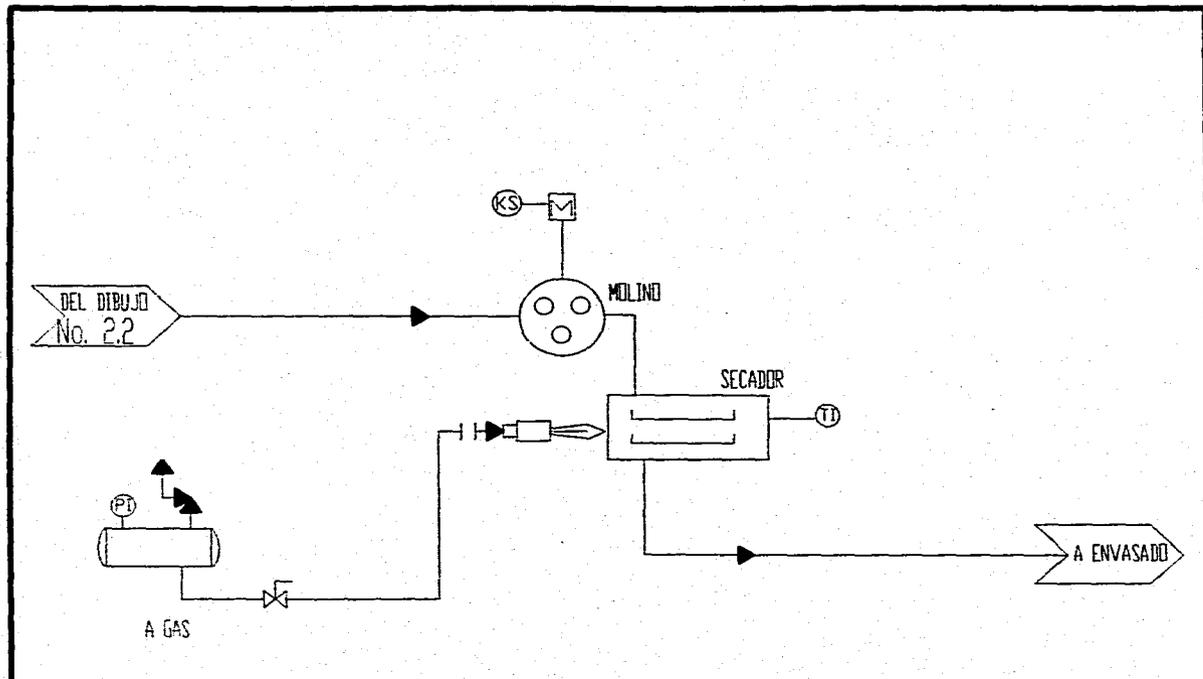
FES ZARAGOZA

No. PROYECTO 1

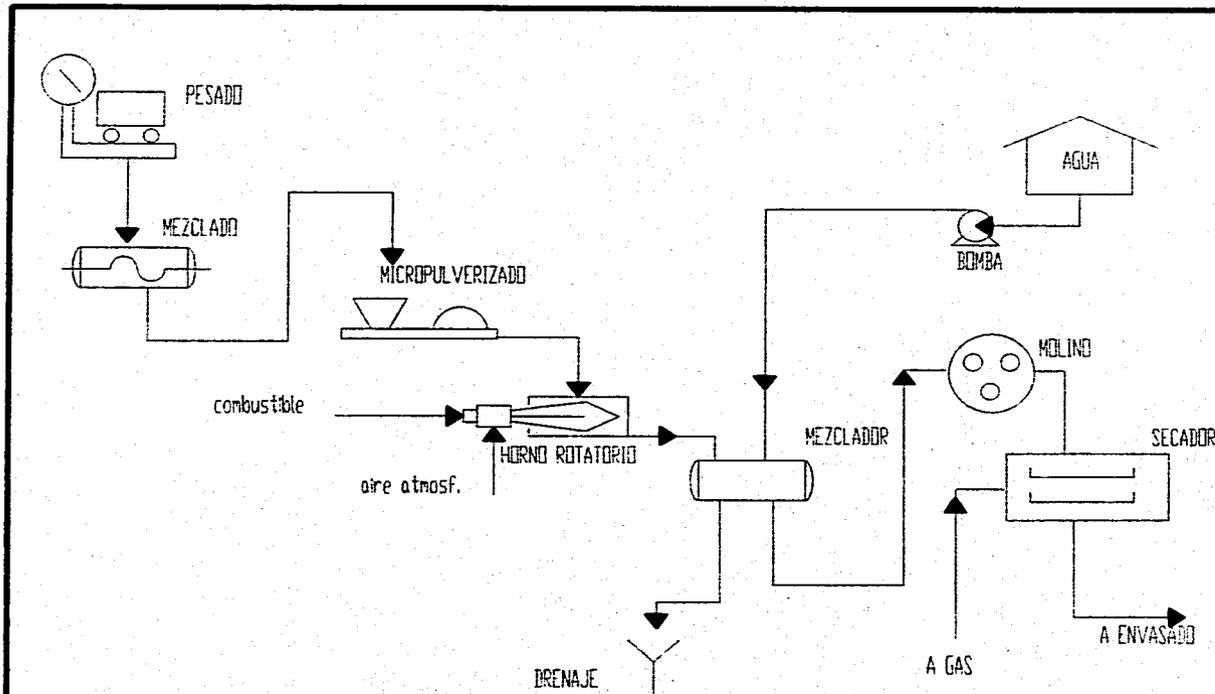
MEXICO, D.F.

ESMALTES VITREO-CERAMICOS	
ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL PROCESO DE OBTENCION DE FRITA	
ESC. ACOT. 22	REV. 2
Dis. No. B 1051-00530-02	REV. 2

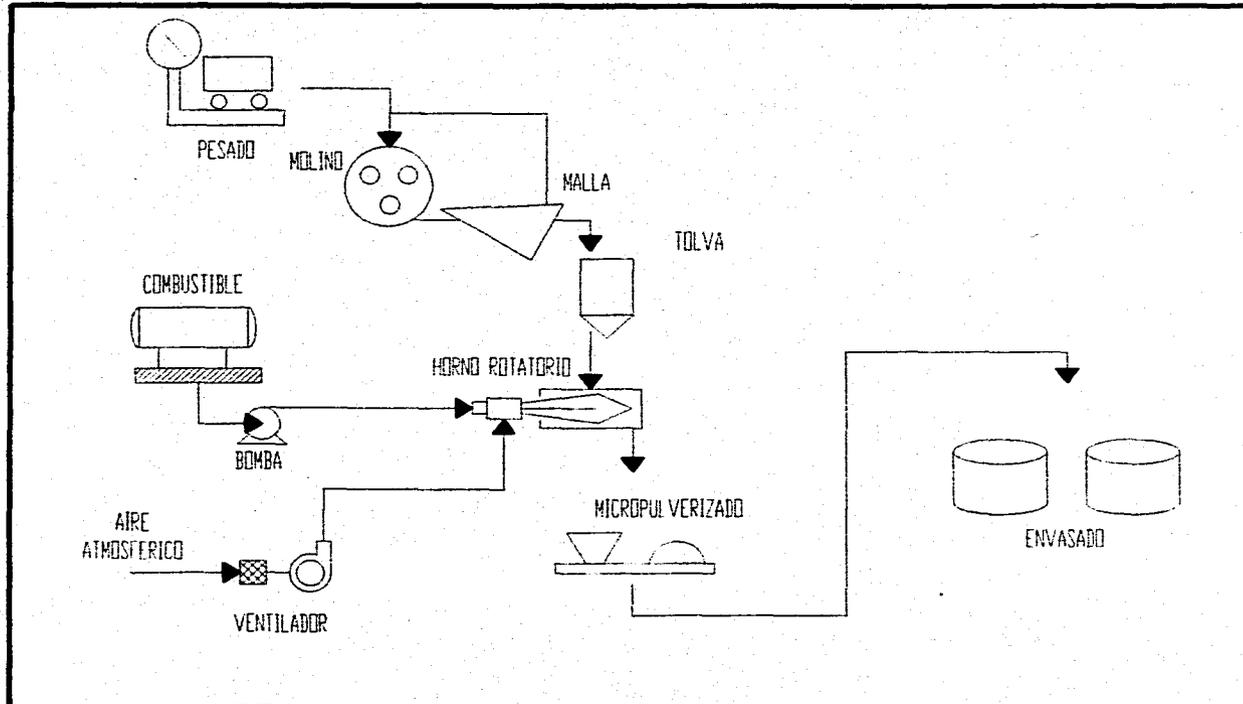




	NOTAS	<small>ESTE DIBUJO REPRESENTA EL DISEÑO, HERRAJES O PROYECTOS, QUE SE OFRECEN EN EL CORTES DE INFORMACIÓN CORPORATIVA DE LA EMPRESA GLASSCO-MEX Y SU USO ESTÁ CONFINADO A SU USO. EL USUARIO ACEPTA SU RESPONSABILIDAD TOTAL, SI PARCIALMENTE Y NO CUMPLE CON EL MATERIAL, SEÑALADO EN EL, PARA ESTE PROYECTO, SIN EL, FOMENTO EXCLUSIVO, PARA LA INDUSTRIA GLASSCO-MEX.</small>		ESMALTES VITREO-CERAMICOS		
	DIBUJO No. 2.3 FEV			FES ZARAGOZA No. PROYECTO 1 MEXICO, D.F.	ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL PROCESO DE OBTENCION DE FRITA	
			ESC. ACOT. ~	Dms. No. -2 0000-00000-02	REV. 0	



	NOTAS	<small>ESTE DIBUJO INCLUYE EL MATERIAL, PATENTE O PATENTABLE QUE APARECE EN EL CONTENIDO INFORMACION CONFIDENCIAL DE LA EMPRESA GLASCO-MEX Y SU USO ESTA CONDICIONADO A QUE EL USUARIO ADQUIERE DE FORMA TOTAL, EXCLUSIVA Y NO DIVULGA ESTE AL CLIENTE, RESERVADO EN EL PARA OTRO PROPOSITO QUE EL PROMITIDO ESPECIFICAMENTE POR LA INDUSTRIA GLASCO-MEX</small>	 <b>ESMALTES VITREO-CERAMICOS</b>		
				PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACION DE LAS INSTALACIONES GLASCO-MEX	<b>ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL PROCESO DE OBTENCION DE .</b>
				<b>FES ZARAGOZA</b>	
				No. PROYECTO 1	
	REV			MEXICO, D.F.	



	NOTAS

ESTE TIPO DE DISEÑO DEL MATERIAL ENTREGADO O PATENTADO QUE APARECE EN EL CONTRATO DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS EMPRESAS CLASCOMEX S DE CV SE CONSIDERA QUE EL LICENCIADO ACEPTA NO RESPONSABILIDAD TOTAL O PARCIALMENTE Y NO CUMPLE EN ESTE EN EL MATERIAL ENTREGADO EN EL PARA OTRO PRODUCTO QUE EL PLANTIDO E ESPECIALMENTE POR LA INDUSTRIA CLASCOMEX

PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACION DE LAS INSTALACIONES CLASCOMEX  
**IES ZARAGOZA**  
 No PROYECTO 1  
 MEXICO, D.F.

	ESMALTEO VITRIFICACIONES		
	ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL PROCESO DE OBTENCION DE COLORES		
E.S.C. ACOT.	~	E.S. No. 8 174-056-02	REV. 1

## **CAPITULO III . ANALISIS DE OFERTA Y DEMANDA**

Este capítulo abarca la investigación, presentación y análisis de los datos de mercado para los esmaltes vítreos.

Normalmente se manejan cifras estimadas y globales con objeto de medir las posibilidades y perspectivas de una idea, en este caso cabe hacer notar que las fuentes de obtención de la información para este capítulo son pocas debido a que el producto en cuestión se encuentra englobado en otra serie de productos terminados y debido a esto generalmente no es manejado como tal, en los reportes estadísticos a nivel nacional.

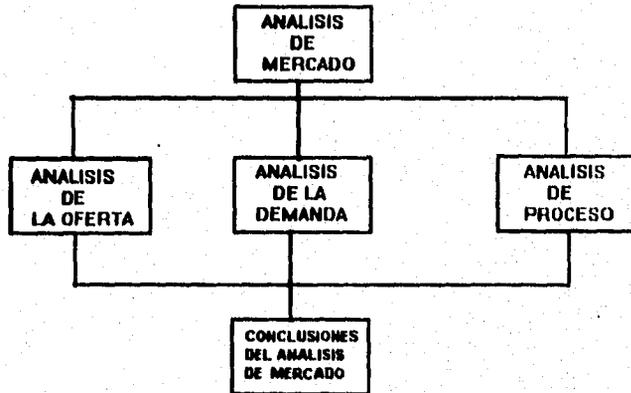
No obstante esto, se tienen datos representativos del mercado nacional y proyecciones a futuro de estos, basados en la tendencia histórica para producción y consumo aparente del producto.

La finalidad general de este capítulo es dar un panorama global de la situación del mercado para los esmaltes vítreos.

En la parte de conclusiones se hace referencia a los resultados obtenidos en este capítulo, tomando para esto las tendencias detectadas, las proyecciones resultantes y otros aspectos de mercado involucrados.

## ESTUDIO DE MERCADO

Para el análisis que se realizó en este documento se reconocen tres variables fundamentales que conforman la siguiente estructura:



La investigación que se realice debe proporcionar información que sirva de apoyo para la toma de decisiones, y en este tipo de estudios la decisión final está encaminada a determinar si las condiciones del mercado no son obstáculos para llevar a cabo el proyecto.

A continuación se presenta el análisis de las condiciones de mercado para el producto de interés, con la finalidad de determinar, como se mencionó anteriormente, si el análisis de las proyecciones de demanda y oferta no son obstáculo para llevar a cabo el proyecto.

## **DATOS DE MERCADO.**

A nivel nacional el esmalte vítreo es producido principalmente por *Ferro Mexicana, S.A. de C.V.* y es seguido por *Vitromex, S.A.* y *Degusa S.A.*

*Vitromex* produce esmalte vítreo, no para venta sino para utilizarlo en la producción de envases para la industria refresquera y cervecera principalmente; también se utilizan para la maquilación de productos que se presentan con menos frecuencia como: acabados superficiales en refrigeradores, lavadoras, muebles de cocina, estufas, acabados de vajillas, vasos, etc.; Esta planta emplea como materia prima la frita, y estas pueden ser: negras, brillantes, opacificadas, etc. El proveedor principal para esta compañía es *Ferro Mexicana, S.A. de C.V.*

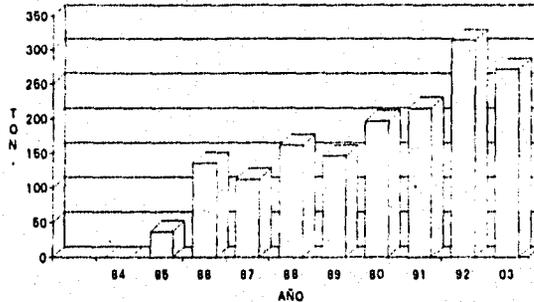
*Degusa* da presentación al esmalte vítreo convirtiéndolo en pastas, termoplásticos y lustres de finísimo acabado, creando productos terminados a solicitud del cliente y también lo aplica. Emplea como materia prima adicional a la frita que le suministra *Ferro*, oro y platino; la compra de estos materiales es a nivel nacional, pero la frita especial es adquirida en los Estados Unidos de América principalmente, el titanio y el cadmio provienen de Francia. Sus clientes principales son Ceramistas, Grupo Vítreo y la industria de envases de perfumes, etc.

El precio del esmalte varía de acuerdo con la presentación y componentes, por ejemplo: Pastas y Termoplásticos, 5 y 10 dólares el Kg.; Lustres, 500 hasta 1200 dólares el Kg.; ya que algunos llevan oro o platino y las cantidades de metal varían.

## IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES.

Ya que existe este tipo de actividad en torno del producto que se estudia en el proyecto, es muy importante mostrar las estadísticas y políticas que en el momento sigue el gobierno federal al respecto.

FIG. 3.1 EXPORTACION



Así las exportaciones realizadas de esmalte vítreo se realizan principalmente a Estados Unidos, y en menor grado a Costa Rica, Checoslovaquia, República Dominicana, Francia, como se puede observar en la Tabla 3.1.

Así mismo y con el fin de presentar un panorama correspondiente a la evolución en las exportaciones del Esmalte Vítreo, se presentan a continuación en las gráficas 3.1 y 3.2, en las que se puede observar que para el año de 1988 fue este en la década pasada con una mayor demanda en este rubro y del cual se comenzó a tener un crecimiento más constante; de igual manera para 1992 se obtuvo el doble de la producción. Este comportamiento puede deberse a la demanda internacional de este producto, esto y a la creciente aplicación y diversificación de su uso; así podemos observar que para 1993 se tuvo una ligera disminución, pero si consideramos su tendencia se puede interpretar como un crecimiento sostenido.

GRAF. 3.1 EXPORTACIONES 1988

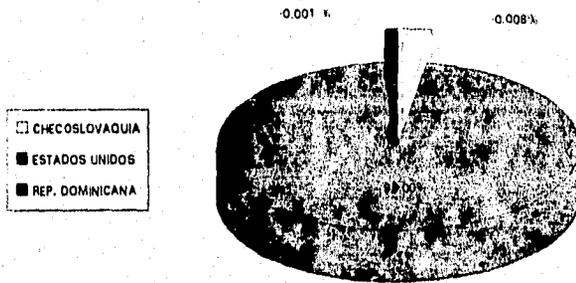


FIG. 3.2 EXPORTACIONES 1992

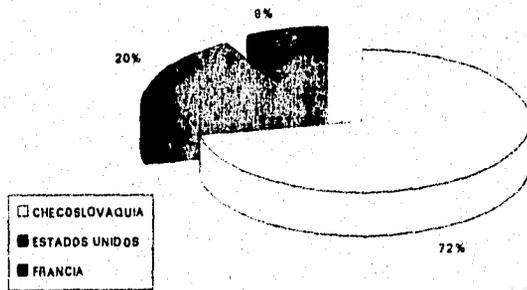


TABLA 3.1

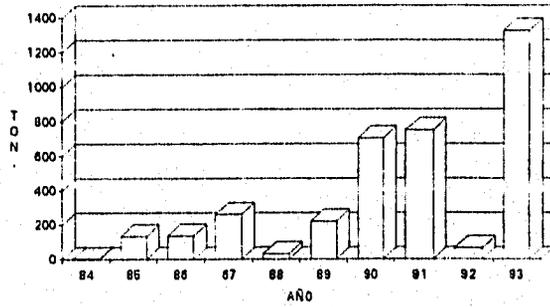
DATOS HISTORICOS DE EXPORTACIONES DE ESMALTES VITREOS

AÑO	PAIS IMPORTADOR	VOLUMEN	VALOR (DlIs.)
1983		65	735
1984		63	897
1985	ESTADOS UNIDOS	37 280	458 721
1986	ESTADOS UNIDOS	135 654	873 256
1987	COSTA RICA	112 270	759 421
1988	CHECOSLOVAQUIA	500	4 900
	ESTADOS UNIDOS	161 188	1 580 407
	REPUBLICA DOM.	266	2 112
	TOTAL	161 954	1 587 421
1989	CHECOSLOVAQUIA	100	700
	ESTADOS UNIDOS	145 680	873 635
	ETIOPIA	18	308
	FRANCIA	104	824
	TOTAL	145 992	875 468
1990	CHECOSLOVAQUIA	1 080	5 165
	ESTADOS UNIDOS	195 021	849 565
	TOTAL	196 701	854 731
1991	R.F.A.	10 120	58 636
	COSTA RICA	38	220
	CHECOSLOVAQUIA	14 654	84 907
	ESTADOS UNIDOS	185 000	1 071 914
	FRANCIA	5 188	30 059
	TOTAL	215 000	1 245 738
1992	ESTADOS UNIDOS	62 912	358 783
	FRANCIA	23 200	
	CHECOSLOVAQUIA	227 761	
	TOTAL	313 873	
1993	ESTADOS UNIDOS	270 900	

FUENTE: INSTITUTO MEXICANO DE COMERCIO EXTERIOR DIRECCIÓN DE SERVICIOS AL COMERCIO EXTERIOR.

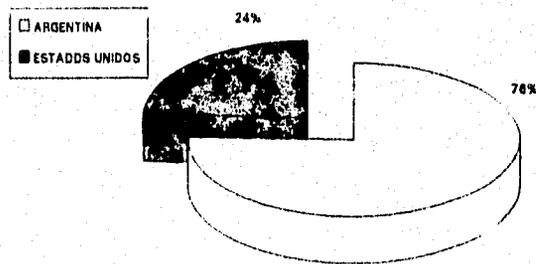
Con respecto a las importaciones, se tiene que México importa casi en su totalidad el esmalte vítreo, de Estados Unidos. (ver tabla 3.2).

FIG. 3.2 IMPORTACION.



Como se puede observar para 1985 (Gráfica 3.3) los volúmenes de importación comenzaron a tener un importante crecimiento, y a partir de esto han ido fluctuando de manera variante, esto se puede deber a los tipos de esmalte requeridos en un momento y aplicación determinados.

GRAF. 3.3 IMPORTACIONES 1985.



**TABLA 3.2**

**DATOS HISTORICOS DE IMPORTACIÓN DE ESMALTES VITREOS**

<b>AÑO</b>	<b>PAIS EXPORTADOR</b>	<b>VOLUMEN (Kg.)</b>	<b>VALOR (Dls.)</b>
1984		300	4 674
1985	ARGENTINA	101 240	572 866
	ESTADOS UNIDOS	30 578	173 025
	<b>TOTAL</b>	<b>131 818</b>	<b>745 891</b>
1986	ESTADOS UNIDOS	135 000	658 764
1987	ESTADOS UNIDOS	260 000	1 587 672
1988	ESTADOS UNIDOS	31 000	293 000
1989	ITALIA	218 000	2 587 462
1990	ITALIA	700 000	4 587 355
1991	ESTADOS UNIDOS	750 000	5 788 975
1992	ESTADOS UNIDOS	65 000	344 500
1993	ESTADOS UNIDOS	1 324 776	6 226 447

FUENTE: INSTITUTO MEXICANO DE COMERCIO EXTERIOR DIRECCIÓN DE SERVICIOS AL COMERCIO EXTERIOR.

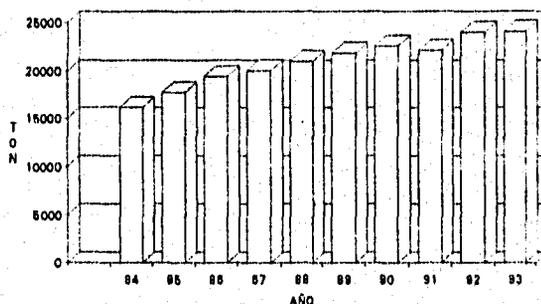
## ANÁLISIS DE LA OFERTA.

La oferta es la cantidad de bienes o servicios que un cierto número de oferentes (productores) están dispuestos a poner a disposición del mercado a un precio determinado.

El propósito que se persigue con el análisis de la oferta, es determinar o medir las cantidades y las condiciones en que una economía puede y quiere poner a disposición del mercado un bien o un servicio. La oferta, es función de una serie de factores, como son los precios en el mercado del producto, los apoyos gubernamentales a la producción, etc.

La fig. 3.3 y la tabla 3.3 muestran como ha ido aumentando la producción de esmalte vítreo entre los años de 1983-1993.

FIG. 3.3 PRODUCCION.



La participación de las empresas que producen esmalte vítreo a nivel nacional esta distribuida (ver Gráfica 3.4) principalmente de la siguiente forma, considerando 1993 :

Ferro Mexicana, S.A. de C.V.:	65	%
Vitromex, S.A. de C.V.:	20	%
Degusa, S.A.:	6	%
Glascomex, S.A. de C.V.:	5	%
Alfer, S.A.:	3	%
Otros:	1	%

Donde otros son las micro empresas de esmaltado que fabrican sus propios esmaltes.

GRAF. 3.4 DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION 1993

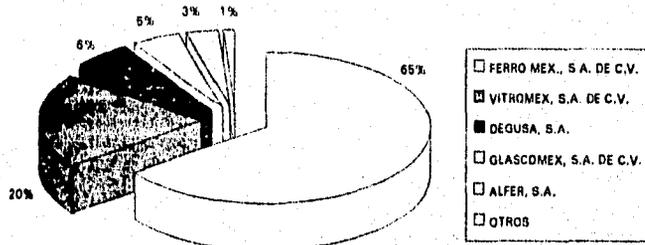


TABLA 3.3

PRODUCCIÓN HISTÓRICA DE ESMALTE VITREO.

AÑO	PRODUCCION (Kg.)
1984	16 134 400
1985	17 733 800
1986	19 410 800
1987	20 029 800
1988	20 997 600
1989	21 833 400
1990	22 549 760
1991	22 123 000
1992	23 983 400
1993	24 060 700

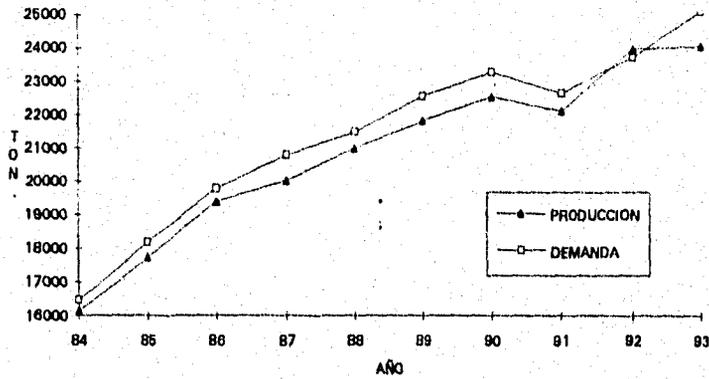
FUENTE : CANACINTRA.

## ANALISIS DE DEMANDA.

La tabla siguiente (Tabla 3.4 con su respectiva gráfica) muestra la comparación de la oferta y el consumo aparente históricos, estos datos en un momento dado permiten tomar una buena decisión con respecto a la factibilidad del producto, ya que por lo visto se pueden presentar las siguientes conclusiones:

1. Si la oferta es mayor que la demanda (demanda satisfecha) posiblemente no convendría ejecutar el proyecto.
2. Por otro lado si la oferta es menor que la demanda (demanda insatisfecha), podría convenir la ejecución del proyecto, ya que se requiere más producto en el mercado.

FIG. 3.4 PRODUCCION Y DEMANDA



GRAF. 3.5 DISTRIBUCION DE LA DEMANDA 1993

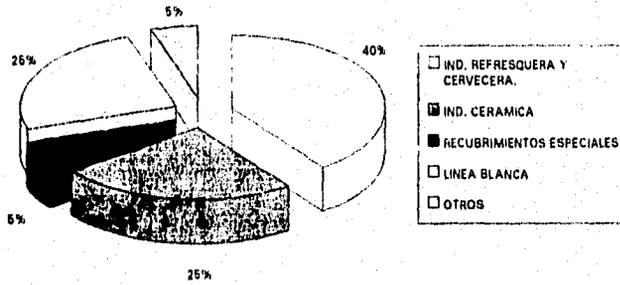


TABLA 3.4

PRODUCCIÓN Y CONSUMO APARENTE.

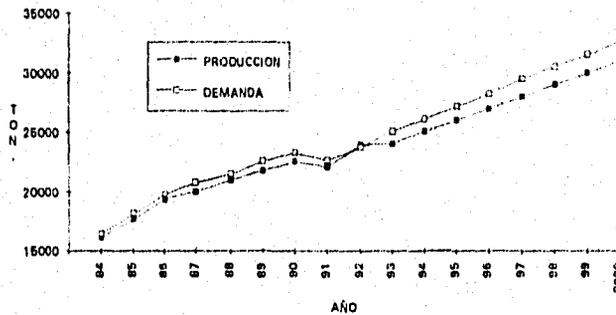
AÑO	PRODUCCION (Kg.)	CONSUMO APARENTE (Kg.)
1984	16 134 400	16 134 640
1985	17 733 800	17 828 340
1986	19 410 800	19 410 150
1987	20 029 800	20 177 530
1988	20 997 600	20 866 650
1989	21 833 400	21 905 410
1990	22 549 760	23 053 060
1991	22 123 000	22 658 000
1992	23 983 400	23 734 530
1993	24 060 700	25 114 580

## PROYECCIONES.

Los cambios futuros, no sólo de la demanda, sino también de la oferta, pueden ser conocidos con cierta exactitud si se usan las técnicas estadísticas adecuadas para analizar el presente. El método gráfico puede dar una idea de lo que sucede con el fenómeno. Se analiza la relación entre una variable independiente y una variable dependiente, por ejemplo demanda y tiempo respectivamente, ya que el objetivo es que a partir de datos históricos del comportamiento de estas dos variables, se pueda predecir el futuro comportamiento de la variable dependiente, esto ayudará a tomar mejores decisiones respecto al mercado.

A continuación se presenta la tabla 3.5 y la gráfica 3.5 de oferta-demanda y sus respectivas proyecciones en el tiempo, así la demanda potencial se obtiene con una simple diferencia, año con año, del balance oferta-demanda, y con los datos proyectados se puede calcular la probable demanda potencial o insatisfecha en el futuro.

FIG. 3.5 PROYECCION DEMANDA Y OFERTA.



Para realizar estas proyecciones se consideraron factores que pudieran intervenir en la demanda de este producto, por ejemplo después de 1986 aparece una disminución del crecimiento de la demanda debida a una crisis económica internacional, posteriormente de 1991 a 1993 hay

fluctuaciones muy abruptas debidas a cambios políticos internos del país, como el pacto económico y los preparativos del Tratado de Libre Comercio; sin embargo, se puede observar en la citada gráfica que la tendencia es creciente. En base a estos datos se realizó, en octubre de 1994, la proyección esperando una tendencia poco favorable a crecer rápidamente, pero siempre en aumento. Así mismo, se tomó la alternativa menos optimista de las proyecciones esperando problemas económicos durante la transición sexenal; además cabe mencionar que la tendencia de la proyección es continua debido a que no es posible predecir de manera particular las alteraciones en los mercados, sin embargo representa de manera global el posible comportamiento futuro de los mercados.

TABLA 3.5  
PROYECCIONES: PRODUCCIÓN Y CONSUMO APARENTE

AÑO	PRODUCCION (Kg.)	CONSUMO APARENTE (Kg.)
1984	16 134 400	16 134 640
1985	17 733 800	17 828 340
1986	19 410 800	19 410 150
1987	20 029 800	20 177 530
1988	20 997 600	20 866 650
1989	21 833 400	21 905 410
1990	22 549 760	23 053 060
1991	22 123 000	22 658 000
1992	23 983 400	23 734 530
1993	24 060 700	25 114 580
1994	25 100 000	26 100 000
1995	26 000 000	27 150 000
1996	27 000 000	28 250 000
1997	28 000 000	29 400 000
1998	29 000 000	30 550 000
1999	30 000 000	31 550 000
2000	31 000 000	32 650 000

Por otra parte y considerando los datos de producción, cabría aclarar que debido al aumento de capacidad y a la instalación de las nuevas plantas productivas correspondientes a la industria refresquera, cerámica (incluyendo recubrimientos, formulaciones, etc.) y de línea blanca (ver Gráfica. 3.4.), el consumo del Esmalte Vítreo se ha llegado a mantener en forma regularmente creciente.

**Es notorio que para el año 2000 la demanda sobrepasará a la producción, esto representa la necesidad de nuevas instalaciones o de la ampliación de las existentes.**

## **CAPITULO IV. DISEÑO DEL HORNO**

**Este capítulo presenta la forma como fueron evaluadas las pérdidas de calor en un horno cilíndrico horizontal, que es el comúnmente empleado en la industria del esmalte vítreo; también presenta dos propuestas para reducir estas pérdidas de energía para este tipo de hornos con lo que se coopera a la reducción de emisiones contaminantes al ambiente.**

## **CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CALOR.**

### **CANTIDAD DE CALOR NECESARIA PARA EFECTUAR LA FUSION QUE SE LLEVA A CABO EN EL HORNO .**

En la mayoría de los procesos a altas temperaturas la radiación es el mecanismo predominante por el que se transfiere calor de una parte del sistema a otra.

Por lo tanto, es de primordial importancia para el diseño de equipo encaminado a operar a altas temperaturas, poseer un entendimiento fundamental de la transferencia de calor por radiación, y la posibilidad de predecir sus efectos cuando se realizan modificaciones en sistemas de este tipo.

La transferencia de calor por radiación en general no puede considerarse de manera aislada; debe de acoplarse los otros mecanismos tradicionales de transferencia, convección, conducción, y la predicción general de flujo de calor en un sistema.

En el horno rotatorio, la fuente de generación se debe a la radiación de la flama y los gases calientes, trasmitiéndose directamente hacia la superficie de la carga y hacia la pared del horno y directamente de la pared se transmite hacia la carga por una nueva radiación así como por conducción.

Generalmente la carga presenta las siguientes etapas de calentamiento-enfriamiento en el estado no estacionario:

- 1) SECADO.- Calor necesario para remover la humedad.
- 2) CALOR SENSIBLE.- Para llevar la carga a la temperatura de fusión.
- 3) CAMBIO DE ESTADO.- Para pasar del estado sólido al estado líquido.
- 4) REACCION.- Donde la carga produce algún componente deseado y libera o absorbe calor.

- 5) SOBRECALENTAMIENTO.- Cantidad de calor que se da a la mezcla para asegurar una buena reacción, fusión, etc.
- 6) PERDIDAS DE CALOR.- Estas son debidas principalmente a perdidas por radiación , incluyendo además los debidos a conducción y convección en la pared del horno.
- 7) GASES DE COMBUSTION.- Calor perdido por la salida de gases de combustión.

Las etapas 6 y 7 persisten aún cuando el equipo ya alcanzó el estado estacionario y por su magnitud se vuelven de gran importancia en este mientras que en el régimen transiente (a bajas temperaturas) las etapas 6 y 7 prácticamente no existen y las demás persisten en magnitud. Por ello 6 y 7 se evaluarán en el estado estacionario.

### 1) SECADO

La humedad de la sustancia por carga debe ser especificada.

Dadas las condiciones se tiene :

$$T1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T2 = 92 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T1 - T2$$

$$C_{p_{H_2O}} = 1 \text{ cal/ } ^\circ\text{C g.}$$

$$\lambda_{H_2O} = 540 \text{ cal / g.}$$

$$Q1 = y' C_{p_{H_2O}} \Delta T + y' \lambda_{H_2O} \quad [=] \text{ cal/100gr de esmalte} \quad \text{EC.(4.1)}$$

DONDE :

$y'$  = humedad en la sustancia por 100gr de esmalte.

$T1$  = temp. ambiente.

$T2$  = temp. de ebullición.

$C_p$  = calor específico.

$\lambda$  = calor de evaporación.

$Q1$  = calor necesario para llevar el agua a la fase vapor.

Si suponemos que la humedad del esmalte por carga es 4% de agua que se evaporan, tenemos :

$$Q1 = 4 \cdot 1 \cdot (92 - 20) + 4 \cdot 540$$

$$Q_1 = 2446 \text{ cal/100gr de esmalte}$$

## 2) y 3) CALOR SENSIBLE y CAMBIO DE ESTADO

Las impurezas que llevan las materias primas, dificultan la determinación de un calor específico que involucra materia prima e impurezas, es menester hacer notar también que la temperatura de fusión de la sustancia alcanza una temperatura elevada y el Cp de la sustancia varía más a medida que se incrementa la temperatura, así como varía el calor específico de las impurezas.

La resolución del problema está dada por la ley de Duulong y Petit y la ley de Kopp, para la determinación del Cp en sólidos a diferentes temperaturas; ella establece que el calor específico está de acuerdo con la suma de las capacidades caloríficas atómicas de los elementos que componen la materia prima, ec. 4.2 y 4.3 Es en parte problemático lo correspondiente a las impurezas puesto que se tiene una mezcla de sustancias que dificultan su determinación, pero el error que puede involucrar se hace no significativo, ya que presenta un cantidad pequeña con respecto a las pérdidas por radiación, que corresponde a la mayor cantidad de calor necesario para el funcionamiento del horno.

$$Q_2 = \sum q_i + q_{\text{impurezas}} \quad \text{ec.(4.2)}$$

$$q_i = W_i C_{pi} \Delta T \quad \text{ec.(4.3)}$$

En este inciso el calor se descompone en las siguientes partes para facilitar el cálculo.

(q1) : Calor sensible para elevar la temperatura del  $\text{SiO}_2$  desde 20-1100 °C.

(q2) : Calor sensible para elevar la temperatura del  $\text{TiO}_2$  desde 20-1100 °C.

(q3) : Calor sensible para elevar la temperatura del  $\text{ZrO}_2$  desde 20-1100 °C.

(q4) : calor sensible para elevar la temperatura del  $\text{PbO}$  desde 20-1100 °C.

(q5) : Calor necesario para fundir el  $\text{PbO}$ .

Tanto el PbO como el  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  funden y al hacerlo toman en solución o suspensión a los demás componentes de la carga.

Para el caso de un esmalte, en esta parte se harán las siguientes consideraciones:

- A) Se considerará que los componentes de la carga se descomponen en sus óxidos por disociación térmica sin que haya reacciones de otra índole antes de que la disociación tenga lugar.
- B) Los calores específicos están dados en función de la temperatura y entre ciertos límites de ella. Cuando estos sean sobrepasados se considerará que los calores específicos siguen aún la función que dan las tablas respectivas.
- C) Se considerará que la temperatura de formación del esmalte es de 1100 °C.
- D) Base del cálculo con 100 gr. de esmalte :

Materias primas : Arena de sílice ( se considerará como  $\text{SiO}_2$  100%),  $\text{TiO}_2$  100%,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  100%, PbO 100%,  $\text{ZrO}_2$  100%.

Composición : El porcentaje de los óxidos (tabla 4.1) se considerará igual en la carga que en el esmalte.

TABLA 4.1

OXIDO	% PESO	MOLES/100gr ESMALTE
$\text{SiO}_2$	23.57	0.3920
$\text{TiO}_2$	9.52	0.1191
$\text{ZrO}_2$	4.74	0.0384
$\text{B}_2\text{O}_3$	10.38	0.0746
$\text{Na}_2\text{O}$	4.62	0.0746
PbO	47.17	0.2118

Cálculo (q1) :

$$C_p = 10.87 + 0.00872 T + 2.41200/T \quad (273-848 \text{ }^\circ\text{K})$$

$$T_m = (1100+20)/2 = 560 \text{ }^\circ\text{C} = 833 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$C_{pm} = 18.14 \text{ cal / gmol }^\circ\text{K}$$

$$q_1 = n C_p \Delta T \quad \text{ec. (4.4)}$$

de la tabla 3.1 y substituyendo en la ec. 4.4

$$q_1 = 0.392 \cdot 18.14 \cdot (1100 - 20)$$

$$q_1 = 7678.3 \text{ cal / 100gr de esmalte}$$

$$q_1 = 30.5 \text{ BTU / 100gr de esmalte}$$

Cálculo (q2) :

$$C_p = 11.81 + 0.00754 T - 41.9/T \quad (273-713 \text{ }^\circ\text{K})$$

$$C_{pm} = 18.03 \text{ cal / gmol }^\circ\text{K}$$

de la ec. 3.4

$$q_2 = 2320 \text{ cal / 100gr de esmalte}$$

$$q_2 = 9.2 \text{ BTU / 100gr de esmalte}$$

Cálculo (q3) :

$$C_p = 11.62 + 0.01046 T - 177.7/T \quad (273-848 \text{ }^\circ\text{K})$$

$$C_{pm} = 20.12 \text{ cal / gmol }^\circ\text{K}$$

de la ec. 3.4

$$q_3 = 834 \text{ cal / 100gr de esmalte}$$

$$q_3 = 3.3 \text{ BTU / 100gr de esmalte}$$

Cálculo (q4) :

Se supone que el PbO funde a la temperatura de 1100 °C aunque lo haga a 888 °C pues no se encuentran datos de calor específico para PbO fundido.

$$C_p = 10.33 + 0.00318 T$$

$$C_{pm} = 12.979 \text{ cal / gmol }^\circ\text{K}$$

de la ec. 4.4

$$q_4 = 2969 \text{ cal / 100gr de esmalte}$$

$$q_4 = 11.77 \text{ BTU / 100gr de esmalte}$$

Cálculo de (q5) :

$$\lambda(888^{\circ}\text{C}) = 2820 \text{ cal/gmol }^{\circ}\text{C}$$

$$q5 = n \lambda$$

ec.(4.5)

$$q5 = 2820 * 0.2118 = 597.3 \text{ cal / 100gr de esmalte}$$

$$Q2 = q1 + q2 + q3 + q4$$

$$Q3 = q5$$

$$Q2 + Q3 = 14398.8 \text{ cal / 100g esmalte}$$

$$Q2 + Q3 = 57.1 \text{ BTU / 100g esmalte}$$

#### 4) REACCION

$Q4 = q_r$  = calor necesario para descomponer y elevar al temperatura del  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  desde 20 - 1100 °C.

En este cálculo se considerará la siguiente reacción:



$$q_r = (\Delta H_p + \Delta H_{r18^{\circ}\text{C}})(n_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7})$$

$\Delta H_p$  = calor sensible de los productos para calentarlos hasta 888 °C.

$\Delta H_{r18^{\circ}\text{C}}$  = Calor estándar de reacción.

Cálculo de  $\Delta H_{r18^{\circ}\text{C}}$

$$\Delta H_f (\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = - 742.6 \text{ KCal / gmol}$$

$$\Delta H_{f18^{\circ}\text{C}} (\text{Na}_2\text{O}) = - 99.45 \text{ KCal / gmol}$$

$$\Delta H_{f18^{\circ}\text{C}} (2\text{B}_2\text{O}_3) = - 279.9 \text{ KCal / gmol}$$

$$\Delta H_{r18^{\circ}\text{C}} = \Sigma \Delta H_f(\text{productos}) - \Sigma \Delta H_f(\text{reactivos})$$

$$\Delta H_{r18^{\circ}\text{C}} = 83\ 350 \text{ cal/gmol de Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$$

$$\Delta H_p = (nCp)_{\text{Na}_2\text{O}} (1100-18) + (nCp)_{\text{B}_2\text{O}_3} (1100-18)$$

$$Cp_{\text{Na}_2\text{O}} = 16.6 \text{ cal/gmol }^{\circ}\text{C}$$

$$Cp_{\text{B}_2\text{O}_3} = 30.4 \text{ cal/gmol }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta H_p = 83746 \text{ cal/gmol de Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$$

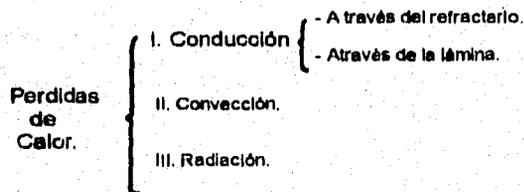
$$\begin{aligned}
 Q_4 &= \Delta H_{r, 18^\circ\text{C}} + \Delta H_p \\
 &= 83350 + 83746 \\
 &= 167096.8 \text{ cal/gmol Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \\
 &= 167096.8 \times 0.0746 \text{ gmol Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 / 100 \text{ gr. de esmalte} \\
 &= 12465.42 \text{ cal} / 100 \text{ gr. de esmalte.}
 \end{aligned}$$

#### 5) CALOR DE SOBRECALENTAMIENTO.

Esta energía ya está considerada en el punto 3).

#### 6) PERDIDAS DE CALOR.

Intervienen en este cálculo la pérdida por conducción, a través del refractario y de la lamina de hierro; que es igual a la pérdida de calor por convección en conjunto con la pérdida por radiación al medio ambiente.



El coeficiente convectivo de la pared interna del horno no se tomará en cuenta suponiendo que la temperatura de operación del horno es igual a la temperatura de pared interna e igual en toda la longitud del horno. Todo esto como lo ilustra la figura 4.1.

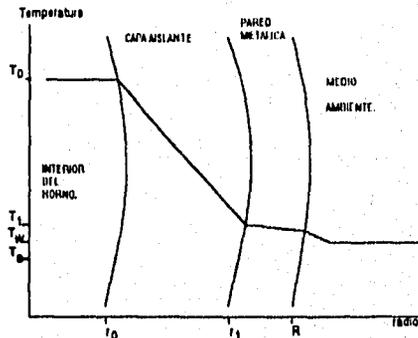
Primeramente para la conducción en el refractario:

$$q = 2\pi K_r (T_1 - T_0) / \ln(r_1 / r_0) \quad \text{ec. (4.6)}$$

Con la ec 4.6 aplicada al radio externo, se calcula el flujo de calor a través de la lámina de hierro:

$$q = 2\pi K_i (T_w - T_1) / \ln(R / r_1)$$

FIG. 4.1



Dada la naturaleza en el horno, se considera presente una convección natural así como una radiación en la superficie de la pared externa. Este flujo de calor es evaluado con la ecuación (4.7).

$$q = h_a 2\pi r (T_a - T_w) \quad \text{ec. (4.7)}$$

para la convección y la radiación simultáneamente.

Combinando las ecuaciones definidas para la conducción (4.6), se obtiene la ecuación global de transferencia de calor a través de la pared del horno:

$$Q_6 = 2\pi (T_w - T_0) / \{ \ln(r_1 / r_0) / K_c + \ln(R / r_1) / K_r \} \quad \text{ec. (4.8)}$$

DONDE :

$T_w$  = Temperatura de pared externa °F.

$T_0$  = Temperatura interior del horno, °F.

$T_a$  = Temperatura ambiente, °F.

$K_{c,r}$  = Conductividad térmica del aislante, del hierro BTU / hr ft °F

$h_a$  = Coeficiente de superficie, BTU / hr ft<sup>2</sup> °F

$r_{0,1}$  = radio interno, interfase aislante-metal.

$R$  = radio externo.

$Q_6, q$  = Flujo de calor por unidad de longitud de horno, BTU / hr ft<sup>2</sup>

Se puede estimar una acción conjunta del fenómeno de convección y el de radiación, empleando el llamado coeficiente de superficie de transmisión de calor "ha" en el que se hace palpable que:

$$h_a = h_c + h_r \quad \text{ec. (4.9)}$$

El coeficiente convectivo de transferencia de calor puede calcularse de la siguiente forma:

$$h_c = 0.27 (T_w / D - T_a / D) \quad \text{ec. (4.10)}$$

Donde :

$$D = 2r$$

$T_a$  = temperatura ambiente (°F).

$T_w$  = temperatura de pared externa (°F).

El calor radiado del sólido a los alrededores puede expresarse en términos de hr bajo el siguiente término:

$$h_r = 0.173 \epsilon [ (0.01 T_w)^4 - (0.01 T_a)^4 ] / (T_w - T_a) \quad \text{ec. (4.11)}$$

Donde:

$\epsilon$  = emisividad del material de la capa externa.

$T_w$  = temperatura de pared en °R.

$T_a$  = temperatura ambiente en °R.

Sin embargo, se tiene la dificultad de la estimación de la temperatura de la pared exterior del horno  $T_w$ ; es por ello que el problema se conduce de tal forma que al suponer una temperatura de la pared se calcula  $h_c$  y  $h_r$  de la ec. 4.10 y 4.11 con lo que se determina con la ec. 4.7 el calor evaluado en la superficie externa a la temperatura  $T_w$  supuesta, con este calor se calcula una nueva  $T_w$  de la ec. 4.8. Al igualarse los valores para la temperatura supuesta con el de la temperatura calculada queda solucionado el problema, si no, la  $T_w$  calculada se introduce como la nueva  $T_w$  supuesta y se repite el procedimiento.

Las ecuaciones que modelan el comportamiento del horno rotatorio, fueron integradas en un programa, esto con objeto de agilizar su evaluación.

Q6 = 564 835 Cal / 100 gr. de esmalte.

7) CALOR QUE SE PIERDE CON LOS GASES DE COMBUSTION.

Supongamos que la temperatura de entrada del combustible y el aire de combustión, sea 18°C con objeto de facilitar el ejemplo al suponer condiciones estándar y la temperatura de salida de los gases de combustión sea de 800°C.

$$t_e = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_s = 800 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{P.C.} = 11,100 \text{ cal / g}$$

Donde.

P.C. = Poder Calorífico.

Composición de los gases de combustión por 100g de "Diesel".

Para la combustión de 100g de "Diesel" estequiométricamente son necesarias 10.87 moles de O<sub>2</sub> pero como es necesaria una atmósfera oxidante para evitar la reducción de PbO, se considerará que el combustible se quema con un 50% de exceso de oxígeno, en total se usará 16.31 moles de oxígeno.

TABLA 4.2

Composición de los gases en combustión

COMPONENTE	No de moles/100g de "Diesel"
CO <sub>2</sub>	7.06
H <sub>2</sub> O	7.63
N <sub>2</sub>	69.95
O <sub>2</sub>	5.44

TABLA 4.3

Capacidad molar media de los gases entre 18 y 800 °C en cal / gr.mol°C .

CO2	11.57
H2O	8.91
N2	7.36
O2	7.79

$$Q7 = (800-18) (7.06 \times 11.57 + 7.63 \times 8.91 + 69.95 \times 7.36 + 5.44 \times 7.79)$$

$$Q7 = 552\ 000 \text{ cal / 100g de "Diesel"}$$

Para una carga de 300 Kg de esmalte por corrida y corridas de 5 hr y flujo de DIESEL de 43.5 l/hr el calor que se pierde por los gases de combustión queda.

$$Q7 = 280\ 534 \text{ Cal / 100 gr. de esmalte.}$$

#### Comparación de las Perdidas de Calor.

Se observa como la cantidad de calor necesario para calentar las materias primas es notablemente menor al calor que se pierde por las paredes del horno y por los gases de combustión.

La cantidad de calor necesaria para calentamiento de la materia prima fue evaluada en lo puntos anteriores y es igual a :

$$Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 = 29\ 300 \text{ Cal / 100 gr. de esmalte.}$$

La cantidad de calor que se pierde por las paredes y por los gases de combustión equivalen a :

$$q_6 + q_7 = 563\,325 \text{ Cal / 100 gr. de esmalte.}$$

Como se observa el calentamiento de las materias primas no es significativo comparado con el calor que se pierde al ambiente durante la operación de fusión,

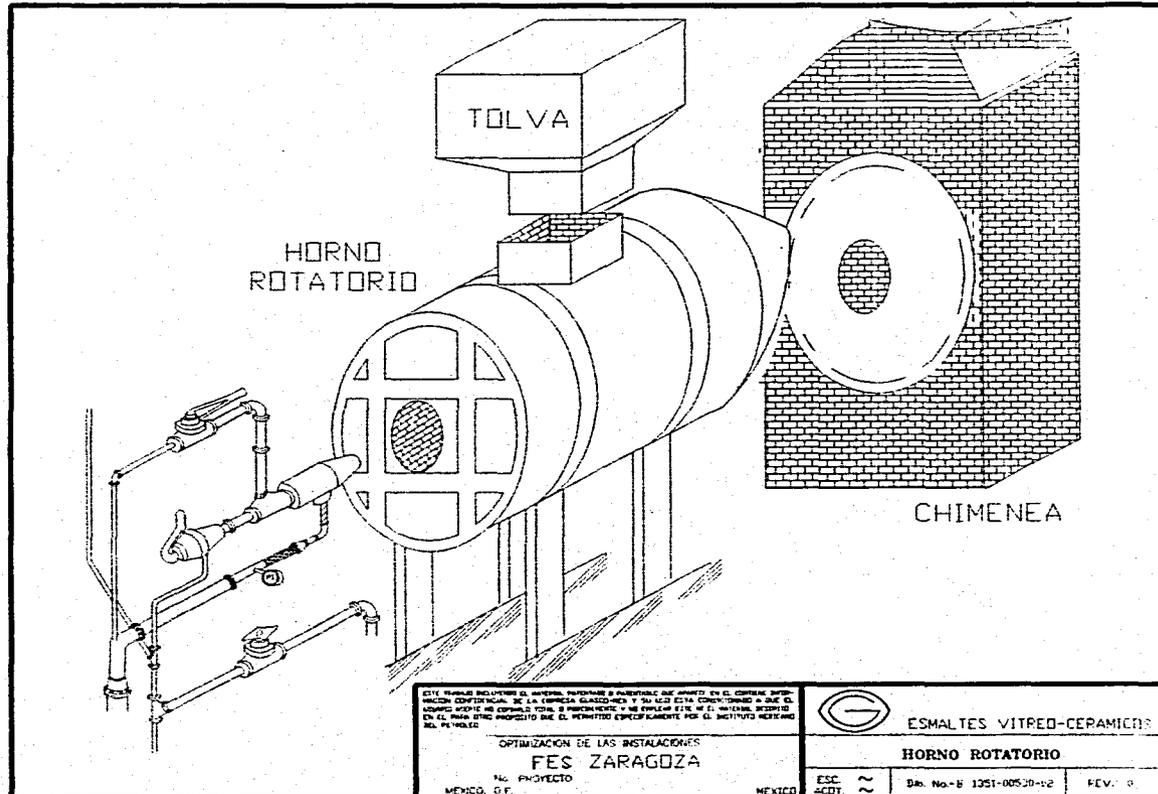
Por estas razones se hace notar que el calor necesario para el calentamiento no afectará de forma significativa a los costos de operación del horno, ya que este representa sólo un 4.9% del total; encambio, el calor que se pierde al ambiente por su magnitud es susceptible de brindar un ahorro al ser manipulado.

## **DISEÑO TIPICO.**

El diseño actual del horno esta basado en una estructura metálica de forma cilíndrica como el de la figura 4.2; en forma descriptiva podemos mencionar que el horno cuenta con tres aberturas, una destinada a la admisión del calor por medio de la flama, otra a la salida de los gases de combustión (que son dirigidos a una chimenea que desfoga al medio ambiente) y la última destinada a la alimentación de los compuestos base de la frita; cuenta con un sistema de rotación de forma manual que hace girar al horno sobre su eje longitudinal durante el proceso de fundición. Cuenta con un recubrimiento interno para reducir las perdidas de calor a través de las paredes del horno, evitar la contaminación de la frita y reducir la temperatura de pared externa del horno, ya que está fabricada de acero al carbón y su resistencia mecánica se ve disminuida con el incremento de la temperatura.

A este tipo de hornos se les conoce como hornos rotatorios discontinuos y son empleados como ya se mencionó en la fabricación de esmaltes vitreos para llevar a cabo la fusión y reacción de las materias primas de la frita. El mecanismo rotatorio se utiliza para poder mover la carga y así mejorar el intercambio de calor ya que sino rotará se formaría una costra de material fundido en la superficie y material sólido en el seno. No sólo el mecanismo de rotación es manual, también lo es el control del quemador, este es operado con dos válvulas una para la alimentación de combustible y la otra para la de aire. El aire se suministra del medio ambiente sin ningún precalentamiento.

Tomando en consideración lo anterior se planteó hacer mejoras al diseño actual, las cuales son descritas en el siguiente punto.



ESTE PROYECTO INCLUYERÁ EL DISEÑO, FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DEL APARATO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES CERÁMICAS DE LA EMPRESA GLAZO-CER Y SU ACERCA ESTÁ CONFORMADO A QUE EL DISEÑO, FABRICACIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTE APARATO SE REALICE DE ACUERDO EN EL PAÍS DE ORIGEN DEL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DEL APARATO. ESTE PROYECTO DEBE SER APROBADO POR EL INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO.

OPTIMIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES  
**FES ZARAGOZA**  
 No. PROYECTO  
 MEXICO, D.F. MEXICO

 **ESMALTES VITREO-CERÁMICOS**

**HORNO ROTATORIO**

ESC.	~	Dib. No.-E 1251-00520-02	REV. 0
ACT.	~		

## **DISEÑO PROPUESTO**

### **Factores que Intervienen en el Diseño Propuesto.**

En el siglo en que vivimos han ocurrido cambios en el modo de vivir, en la industria y en la tecnología, mas intensos de lo que han sido en la existencia de la humanidad.

Todos los aspectos de la vida han sufrido estos cambios, pero probablemente ninguno tan intenso y tan completo como en los campos de la ingeniería y la industria.

Un engranaje de la inmensa máquina que es la industria actual, lo constituye una gran variedad de instrumentos que, contribuyen a que la producción de nuestras fábricas sea de mejor calidad, con menor costo y con mínimo esfuerzo humano, en forma tal que la instrumentación y el automatismo son uno de los puntos claves para el futuro brillante de nuestra industria.

La instrumentación y el automatismo, sistema nervioso de las plantas modernas, no son, como por desgracia muchas personas piensan, causa de desempleo y desequilibrio económico, sino, por el contrario, son herramientas para que el hombre pueda dedicar su tiempo a actividades más productivas que a aquellas que pueden ser realizadas en forma más eficiente, rápida y segura por un sistema de control automático.

La economización de la energía es una necesidad de los tiempos modernos ya que estamos viviendo una crisis energética, además, la contaminación ambiental esta agudizándose día a día. Es por este motivo que adquiere importancia capital el mejorar los equipos y adaptarlos a las necesidades actuales. Las propuestas que aquí se presentan tienen por objetivo el preservar el ambiente a través de evitar el quemado innecesario de combustible.

El sistema de recuperación de energía consiste en un intercambiador de calor colocado en la entrada de la chimenea que hace interactuar a los

gases calientes de combustión con el aire atmosférico de alimentación que, está a temperatura ambiente.

La instrumentación consistirá en colocar controladores de flujo de aire y combustible controlados por un analizador de gases a la salida del horno.

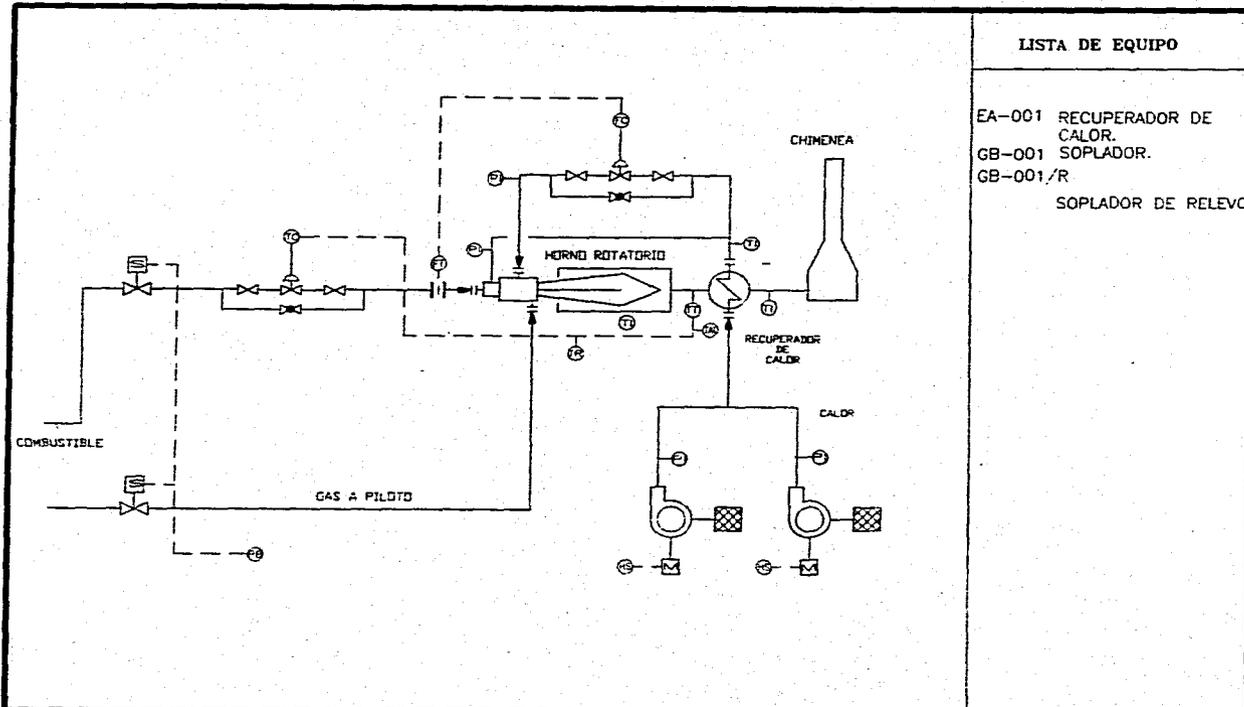
Con base en las características descritas en los dos puntos anteriores, se proponen los siguientes dispositivos de ahorro de energía:

- A) Recuperador de calor de los gases de combustión.
- B) Instrumentación del sistema de alimentación de mezcla combustible.

Los objetivos de cada dispositivo son los siguientes:

- A) Absorber parte del calor que se escapa por medio de los gases de combustión que salen a alta temperatura, esto a través de un dispositivo de intercambio de calor colocado a la salida de los gases del horno. Este dispositivo tiene como propósito precalentar el aire que va a ser utilizado para la combustión, logrando así una mayor temperatura dentro del horno, con un menor consumo de energía.
- B) Tener un control eficiente y rápido del sistema de alimentación para la combustión. Con esto se evita desperdicio innecesario de combustible por mala combustión así como una mayor seguridad del personal que labora cerca del horno.

A continuación se muestra el diagrama con las modificaciones propuestas en este documento.



**LISTA DE EQUIPO**

- EA-001 RECUPERADOR DE CALOR.
- GB-001 SOPLADOR.
- GB-001/R SOPLADOR DE RELEV

	NOTAS
	1. SEGUN LAS CONDICIONES DE PIEDRA ELEGIÓ EL TORNOSQUEL (TU) O EL INDICADOR DE TEMPERATURA (TI) 2. EL SOPLADOR DE RELEVÓ PUERE NO SER INDISPENSABLE (GA/P)
REV.	

ESTE DISEÑO RELATIVO AL MATERIAL, INSTRUMENTOS O MATERIALES QUE APARECE EN EL DISEÑO REPRESENTA CONFIDENCIAL DE LA EMPRESA GLASDEX Y SU USO ESTA CONDICIONADO A QUE EL USUARIO ACIETE NO COPIARLO TOTAL O PARCIALMENTE Y NO COPIAR ESTE NI EL MATERIAL REPRESENTADO EN EL PUNTO CUYO PROPOSITO FUE EL PERMITIRLO ESTRECHAMENTE POR LA INDUSTRIA GLASDEX

PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACION DE LAS INSTALACIONES GLASDEX

**FES ZARAGOZA**

No. PROYECTO 1

MEXICO, D.F.

**ESMALTES VITRED-CERAMICOS**

**DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION**  
**HORNO ROTATORIO A**  
**FUEGO DIRECTO**

ESC. ACOT.	~	Dd: No-B 1351-00530-02	REV. 0
------------	---	------------------------	--------

**CAPITULO V .  
EVALUACION DEL DISEÑO  
PROPUESTO.**

La industria química se encuentra en una fase de gran desarrollo y día con día se proponen nuevos procesos o modificaciones a los ya existentes. Gran parte de este desarrollo ha sido posible gracias a las técnicas de que se dispone actualmente para evaluar rápidamente las nuevas configuraciones de proceso. Una de estas técnicas recibe el nombre de simulación matemática de procesos, entendiéndose por simulación la representación de un proceso por un modelo matemático que se resuelve para obtener información acerca del comportamiento del proceso.

El modelo matemático es usualmente un programa de computadora constituido por un conjunto de ecuaciones que reproducen en forma aproximada el comportamiento de un equipo o conjunto de equipos.

En esta parte del trabajo se busca cuantificar la energía empleada en el proceso de fundición para la elaboración de esmaltes, para lograr esto se resuelven las ecuaciones que se presentan en el capítulo IV y que modelan al horno rotatorio.

## EVALUACION DE LAS PERDIDAS DE CALOR.

El algoritmo de la evaluación de las pérdidas de calor para el sistema analizado en este trabajo se puede describir de la manera siguiente:

- A) Cálculo de la temperatura de flama a través de la cantidad calor desprendido por la combustión (tomando en cuenta el exceso de oxígeno requerido para la combustión).
- B) Cálculo de la transferencia de calor a través de las paredes del horno (mediante los fenómenos conductivo, convectivo y radiactivo) empleando las ecuaciones y el algoritmo del punto 6) del capítulo anterior y considerando la diferencia de temperaturas entre el interior del horno (temperatura de flama) y la temperatura ambiente.
- C) Cálculo del flujo de combustible necesario para generar el calor por combustión que eleve la temperatura de la flama a la temperatura de operación y compense las pérdidas por la pared del horno.

El flujo de diesel necesario para realizar una operación de fundición a 1200°C es de 43.5 lt / hr., para un horno de 3.6 m. de largo y un diámetro de 1.12 m, con recubrimiento interno de caolín refractario (  $k = 0.4 \text{ BTU/lb ft }^\circ\text{F}$  )<sup>(3)</sup> de 2 ¾ plg y la mina de hierro (  $k = 21.4 \text{ BTU/lb ft }^\circ\text{F}$  )<sup>(3)</sup> de ¼ plg.

Para el mismo horno con un recuperador de calor este consumo se ve disminuido. El equipo de intercambio de calor que cuenta con  $U_b A$  min. de 40 BTU / hr  $^\circ\text{F}$  se evaluará con las ecs.

$$Q = U_b A \text{ LMTD} \quad \text{ec. (5.1)}$$

$$\text{LMTD} = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2) \quad \text{ec. (5.2)}$$

$$\Delta T_1 = T_1 - t_2$$

$$\Delta T_2 = T_2 - t_1$$

$$T_2 = \{ (1-R) T_1 + (1 - \exp(U_b A / W C_p (R-1))) R t_1 \} / \{ 1 - R \exp[U_b A / W C_p (R - 1)] \} \quad \text{ec. (5.3)}^{(3)}$$

$$t_2 = t_1 + (T_1 - T_2) / R \quad \text{ec. (5.4)}^{(3)}$$

$$R = W_C C_{pC} / W_F C_{pF}$$

ec. (5.5)<sup>(3)</sup>

Donde:

$T_1$  = temperatura de la corriente caliente.

$t_1$  = Temperatura de la corriente fría.

$$T_1 = 1832 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 64.4 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$C_{p\text{aire } 64.4^\circ\text{F}}^{(4)} = 0.28 \text{ BTU / lb }^\circ\text{F}$$

$$C_{p\text{gases de comb. } 1832^\circ\text{F}}^{(4)} = 0.33 \text{ BTU / lb }^\circ\text{F}$$

$$W_{\text{aire}} = 113 \text{ lb / hr}$$

$$W_{\text{gases de comb}} = 170 \text{ lb / hr.}$$

De las ecuaciones 5.3) a 5.5)

$$T_2 = 1206.2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 1174.1 \text{ }^\circ\text{F}$$

De la ec. 5.2)

$$\text{LMTD} = 877.8 \text{ }^\circ\text{F}$$

De la ec. 5.1)

$$Q = 35\ 110 \text{ BTU / hr}$$

Este calor, que es el calor recuperado, representa una cantidad de Diesel no quemado; el Diesel tiene un poder calorífico de 11100 cal/g<sub>DIESEL</sub> por lo tanto el Diesel ahorrado es 797.6 gr Diesel / hr ó 1.139 Lt Diesel/hr. Este ahorro representa un 3.8% de combustible no quemado. Si el horno presenta un factor de mantenimiento de 0.62, esto es, 300 días de operación al año el ahorro anual será 8201 Lt.

## **COSTOS.**

Para los equipos de mejoramiento se realizaron solicitudes de presupuestos, la respuesta que se obtuvo fue por parte de calderas San Francisco S.A., que fabricaría el sistema de recuperación. Esta empresa es representante de *Control Techtronics™* la cual propone la instalación del sistema llamado *The Mastermind™* como sistema de instrumentación y control para el quemador el cual consiste, a grandes rasgos, de un analizador de gases colocado a la salida de los gases de combustión y un indicador de temperatura los cuales mandan señal al controlador de flujo de combustible y de aire. La cotización presentada es de N\$50 371 precio de la unidad FOB.

### **Recuperación de la Inversión.**

El beneficio económico que representa el ahorro de Diesel en el horno que se está estudiando se eleva a N\$ 12 301.20 por año, para recuperar la inversión del equipo que se propone serán necesarios 4 años. Para los inversionistas 4 años no es un plazo atractivo de recuperación; es por esto que, ya que existe una demanda creciente la cual no es satisfecha en su totalidad, se sugiere de una ampliación de las instalaciones.

El horno rotatorio puede ser ampliado en su longitud a un costo menor que instalar uno nuevo. Este horno ampliado tendrá mayor capacidad de producción, sin embargo, el costo del sistema de control y economización será el mismo. Para este horno el tiempo de recuperación será menor ya que la cantidad de Diesel que se ahorra es mayor, y al mismo tiempo cubre las necesidades de mayor producción, como se mencionó en el capítulo IV.

Para un horno de 7.2 m el consumo de combustible será de 87 L/HR y el ahorro de N\$ 24 600.00 anual, dando un tiempo de retorno de 2 años. Esta opción es mucho más atractiva para los empresarios mexicanos presionados por la creciente inflación y que requieren de cumplir con los

reglamentos de SEDESOL y además competir con productos extranjeros de bajo costo.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## **CONCLUSIONES**

La fabricación de los esmaltes vitreos no a cambiado significativamente en el ultimo siglo. Los cambios han sido sutiles y encaminados a modernizar los equipos asi como a aumentar su capacidad.

Las propuestas presentadas en este documento para mejorar el equipo de horneado fueron generadas, desde un punto de vista ecológico, con objeto de aminorar las emisiones de gases de combustión contaminantes hacia la atmósfera. Estas emisiones, sin embargo, representan un gasto de operación, y por lo tanto el disminuirlas representa disminuir los gastos de operación, reflejándose en un ahorro para el fabricante. Es recomendable, si se desea continuar este tema de forma académica o se considera para una aplicación practica, se determine que tan adecuada es la colocación del dispositivo de recuperación de calor desde un punto de vista económico, y será necesario realizar un análisis a detalle que relacione a los costos de operación con los costos del equipo que se va a adquirir aplicados al caso en particular que se esté manejando.

Se evaluó la propuesta de modificación al horno rotatorio. Que consistió en instrumentar el equipo y reciclar parte del calor que llevan los gases de combustión al precalentar el aire de alimentación al quemador.

El instrumentar el equipo hace mas eficiente la combustión al aprovechar mejor el combustible y liberar menos combustible mal quemado. Dando como resultado, una disminución de las emisiones contaminantes a la atmósfera. Esto hace que la instrumentación cumpla con el objetivo propuesto. El colocar un equipo de intercambio de calor a la salida de los gases de combustión del horno rotatorio, evita el quemado innecesario de combustible ya que los gases que se emiten a la atmósfera llegan con una menor temperatura y el calor que ceden es transferido al aire de alimentación a la combustión. Dando como resultado una cantidad de combustible necesaria para llegar a la temperatura de operación menor en un 3.8%. Trayendo como consecuencia un ahorro de N\$ 24 000.00 anuales, que pagan el equipo nuevo en 2 años, además de que , el equipo

cubre necesidades insatisfechas de demanda por tener mayor capacidad que el original.

En lo que se refiere a las proyecciones surgidas del análisis de mercado, tal como se observa en la gráfica 3.5, se espera que la demanda sobrepase a la oferta en el siguiente lustro. Para el año 2000 la demanda sobrepasará a la oferta en aproximadamente 1 630 toneladas anuales.

Con lo anterior, el mercado del esmalte vítreo adquirirá mayor importancia en los próximos años, y se requerirán instalaciones nuevas y de mayor eficiencia que se apeguen a los requerimientos del momento: ecológicos, económicos y de calidad.

## **ANEXO 1**

## APLICACIONES

Según Vogel, los recipientes de fundición para contener ácido nítrico fueron los primeros que empezaron a ser esmaltados, siguiendo a ellos los utensilios de cocina y los hornos o cocinas. Los utensilios de cocina, de chapa y de fundición, constituyen una gran parte de la producción de objetos esmaltados. De la misma forma han alcanzado gran difusión los hornos esmaltados con mayólica.

Desde hace años también se vienen utilizando hornos esmaltados para cocinas de carbón, gas y eléctricas. Por otra parte, pertenecen a los campos de aplicación antiguos toda una serie de objetos de fundición esmaltada con fines sanitarios, a los que pertenecen bañeras, jarras, palanganas, inodoros, etc. También se esmaltaron consolas para lavaderos, perchas para vestidos, etc. Los anuncios y reclamos esmaltados se caracterizan por su gran duración y se fabrican en parte utilizando sulfuro de cinc radiactivo de modo que los letreros sean visibles de noche. Los letreros luminosos más baratos tienen la desventaja de que lo escrito únicamente aparece luminoso después de su iluminación durante unos 20 minutos. Por ello estos anuncios no tienen mucho valor práctico. Se esmaltan también los aparatos para la industria eléctrica (autoclaves, etc.) y grandes depósitos de chapas para calderas para las fábricas de cerveza e industria de la fermentación. De forma análoga se esmaltaron los depósitos para cerveza, leche, vino y mostos; en el último caso es frecuente que los esmaltes tengan que soportar presiones de hasta 10 atm de sobrepresión.

De fecha más reciente es el empleo de piezas esmaltadas para las neveras y cámaras frigoríficas. A causa de su mayor limpieza el esmalte ha reemplazado casi totalmente a la chapa de cinc que se venía utilizando para estos fines. También la industria de la construcción ha realizado ensayos con esmaltes. Así han sido fabricadas, y utilizadas, placas esmaltadas para tejados sin que en Alemania hayan encontrado tanta difusión como en América. Las chapas esmaltadas para tejados soportan la acción de la lluvia, el granizo, de la intemperie y las heladas.

Ya en 1890 se empezó a proteger las fachadas de las casas mediante chapas esmaltadas. La villa Bergmann de Gaggenau fue recubierta en esta época por placas esmaltadas que aún se encuentran en buen estado en la actualidad. Bergmann expuso en la Exposición Universal de América, en la misma época, fachadas esmaltadas pero sólo en los últimos años se ha empezado a hacer mayor uso de esta posibilidad en América; así, hace poco tiempo fue inaugurado el nuevo instituto de la investigación de la *American Rolling Mill Co.* que se recubrió por completo mediante las chapas esmaltadas. En América y actualmente en Francia también se recubren casas enteras con chapas esmaltadas, particularmente edificios comerciales. Este material ofrece a los arquitectos posibilidades de utilización muy amplias.

Algunos vagones de ferrocarril ingleses, se han recubierto mediante chapas esmaltadas. En la India existen trenes con vagones esmaltados en blanco que son particularmente recomendables en las épocas calurosas.

También han sido utilizados con éxito en la industria de la construcción canalones esmaltados, tubos de desagüe, marcos para ventanas, picaportes para puertas y ventanas, y azulejos esmaltados.

Cuando se esmaltan los tubos de conducción de agua y de gas es posible lograr buenos resultados con tubos de dimensiones menores, no sólo por su mayor resistencia a la corrosión, sino por la menor consecuencia de la resistencia al rozamiento. Esta menor resistencia a la fricción actúa también favorablemente en los vertederos para carbón.

El esmalte es particularmente adecuado para el recubrimiento de depósitos, para cuyo fin se utilizan preferentemente colores brillantes, como rojo y amarillo. Los colores rojo encendido son resistentes a la acción de la luz.

Para la preparación de pinturas resistentes o fijas a la luz se utiliza el mismo preparado que para la preparación de esmaltes.

Si las instalaciones de las tiendas del ramo de la alimentación se esmaltaran se conseguiría mejorar al mismo tiempo la limpieza y el

aspecto. Las balanzas, refrigeradores y otros equipos de dichos establecimientos se suelen esmaltar.

Se a comprobado la buena resistencia de la cubierta y superestructura de una lancha a motor frente a la acción de la lluvia y las tormentas en el mar. Existen patentes antiguas en que se propone el esmaltado de los cascos de barcos. Sin embargo esta propuesta no resultará aceptable hasta que se consiga un producto que mantenga alejados a los moluscos.

También se esmaltan los calentadores de gas para baño, los dispositivos de agua caliente, calderas, lavadoras, paredes posteriores para termómetro, planchas, tubos de automóviles, manivelas para conmutadores y válvulas, reflectores, superficies de las mesas, contrapesos para lámparas, cangilones para norias, etc.

Citaremos brevemente unas aplicaciones que surgieron sobre todo de América que son muy útiles tales como floreros, soportes para cactus, cajas para cigarrillos y puros, leyendas en envases de refresco, balas para oxígeno etc., cabinas telefónicas, cajas para conmutadores, láminas para calendarios de pared, placas para puerta, armaduras de todas clases, postes para lámparas, etc.

Un recubrimiento vítreo sobre hierro reúne las buenas propiedades del vidrio y la solidez del hierro, habiéndose eliminado además, casi por completo la gran fragilidad del vidrio. El esmaltado permite alcanzar los mismos fines que se logran mediante el niquelado, cincado o estañado. Un buen ejemplo a cerca del éxito con que se han seguido esto procesos es el de los calentadores de gas para baño. En un principio las cubiertas de estos hornos se fabricaban casi exclusivamente mediante chapas de cobre. Ahora bien, estas cubiertas a menos que se estuvieran limpiando constantemente, pronto tomaban un aspecto sucio y con ello la sustitución del cobre por cubiertas de chapa de hierro esmaltado, no solo permitió realizar el consiguiente ahorro de cobre sino además ahorra trabajo al ama de casa permitiendo que dichos aparatos presenten permanentemente buen aspecto casi sin cuidarlos.

No puede precisarse en qué momento fue propuesta la sustitución de los objetos de hierro, estaño, cobre o con otro metal, por el esmaltado con el fin de protegerlos contra la corrosión dándoles al mismo tiempo un buen aspecto. Como demuestra el ejemplo que acabamos de exponer, es posible incluso sustituir con ventaja el uso de objetos de metal por hierro esmaltado.

Sin embargo la composición adecuada de un esmalte puede imponer ciertas limitaciones, de modo que no es posible que se cumplan simultáneamente todos los deseos y así por ejemplo, si se desea disponer de un esmalte que sea resistente a los golpes se tendrá que dicho esmalte sea de tonos oscuros y al mismo tiempo habrá que aceptar que la chapa utilizada posea un espesor mínimo. Debemos conceder que el esmaltado es algo más caro que el recubrimiento mediante zinc, pero en compensación tenemos que los esmaltados son más duraderos y, además conservan su buen aspecto durante más tiempo. Por ello, no es necesario reponer tan rápidamente un objeto esmaltado que el mismo objeto pero galvanizado y con ello a la larga el objeto esmaltado resulta más barato. Por todo ello no solo se ahorra dinero sino consumo de metal, lo que tiene importancia en la economía de los pueblos.

En todos los ensayos para aplicar los esmaltes se pueden alcanzar los fines propuestos cuando el constructor y el técnico de esmaltes trabajan en colaboración, es decir, cuando el constructor proyecta de acuerdo con las posibilidades de las operaciones de esmaltado, y el fabricante de esmaltes prepara éstos de forma que sean adecuados al fin para que se quiere utilizarlos. No deben omitirse algunos ensayos que pongan de relieve las posibles debilidades de la construcción y del esmalte con el fin de eliminarlas.

Las formas y tipos de los objetos de uso diario están sometidos a cambios permanentes. Son muchas las clases de utensilios de cocina que se usaron en tiempos pasados y hoy han desaparecido del comercio. La aparición de nuevas materias primas es la causa de que determinados objetos esmaltados carezcan ya de demanda. El aluminio a sustituido en gran parte a los objetos esmaltados de uso doméstico y también los plásticos han vanido a ser usados en la fabricación de muchos de ellos.

Pero, en compensación, la industria del esmaltado va a abrirse nuevos caminos. Y así, en lugar de la fabricación de baterías de cocina, campo en que los esmaltados han sido reemplazados por los objetos de aluminio, se ha establecido la fabricación de esmaltado de hornillas para carbón y para gas, y en años más recientes la de las neveras y frigoríficos. También apunta hoy en día como campo importante para el esmaltado el uso de chapa esmaltada en el uso de la construcción en lugar de las mampostería y enlucidos, en las viviendas, y sobre todo, en los locales de los negocios. En los Estados Unidos este campo de aplicación a adquirido ya gran auge que se a incrementado aún más en el esmaltado del aluminio. También en Europa pueden encontrarse edificios comerciales que se han provisto de fachadas formadas por chapas esmaltadas por completo. Si se da crédito a las palabras de W. N. Harrison, portador de oficina de normas americanas en la sesión internacional de 1956 en Leamington, "en el transcurso de un decenio se emplearon solo en la industria de la construcción cantidades de esmaltados muy superiores a la totalidad que diez años después para la fabricación de uso doméstico".

### **Preparación de las Partes Metálicas**

El éxito del esmaltado depende de la naturaleza y uniformidad de la base metálica en la que se aplica el esmalte, y de la obtención de un paralelismo entre los coeficientes de expansión del esmalte y el metal.

En la industria del esmaltado del hierro fundido, los vaciados se hacen con frecuencia en la misma fábrica en la que se esmaltan. Los esmaltadores de láminas metálicas, por lo general compran láminas que cumplen con una especificación definida. Antes de aplicar el esmalte líquido ( suspensión en agua ) al metal, la superficie debe estar perfectamente limpia, libre de toda materia extraña, de modo que el recubrimiento de esmalte se adhiera bien al metal sin que el mismo se vea afectado. La lámina metálica se limpia por lavado ácido en ácido clorhídrico o sulfúrico diluido a 60°C, después de que el hierro ha sido templado.

La aplicación de polvo a traído consigo la preparación del metal sin lavado ácido. Sólo se necesita limpiar el metal base para que el recubrimiento con polvo sea satisfactorio. También se están haciendo esfuerzos para perfeccionar un proceso húmedo sin lavado ácido. La disposición del ácido de desecho se ha vuelto muy costosa debido a las modernas preocupaciones y reglamentaciones ambientales. El desarrollo de procesos sin lavado ácido para la preparación del metal beneficiará tanto al productor como al público.

### **Aplicación del Esmalte**

Los recubrimientos de las láminas de hierro generalmente se aplican por inmersión o por aspersión ya que el objeto se recubre por lo común por todos lados. La aspersión difiere del escurrido en que la capa de esmalte es más gruesa. Un tercer método es el rociado. El tratamiento del hierro fundido es muy semejante al del hierro en láminas. El esmalte se seca por aire, y los colores se le pintan con brocha. Por lo general, en los productos de primera calidad se aplican dos capas de esmalte.

En el proceso del polvo, el acero se recubre por rociado electrostático. Este proceso esta evolucionando hacia un sistema de dos capas y una cocción, consistente en una capa fina de polvo como base y una capa de polvo como cubierta. Ambas capas se curan de inmediato en un solo fuego. Esto da un producto de calidad a un costo mucho menor que el del proceso convencional.

### **Horneado**

Todos los esmaltes deben de hornearse sobre el artículo para fundirlos hasta dar una capa tersa, continua y vítrea. Los requisitos para el horneado de un buen esmalte son:

- 1) Temperatura adecuada, entre 750 y 800 °C
- 2) Tiempo de 1 a 15 minutos
- 3) Soporte adecuado del artículo
- 4) Calentamiento y enfriamiento del artículo, uniformes
- 5) Una atmósfera libre de polvo

Los recubrimientos actuales de esmalte son, en promedio, de unos 0.165 mm, comparados con los de hace unos cuantos años, de 0.66 mm. Hay un número creciente de productos que se están fabricando con una sola capa, menos sujetos al despostillado, debido al uso de mejores opacificadores. El equipo especial revestido de esmalte o de vidrio, que tanto se usa en las plantas químicas, se prueba por medio de probadores eléctricos de alta frecuencia para excluir defectos que sólo son detectables por este método, pero eso, durante el uso, ofrecería un camino para la penetración corrosiva.

### **Hornos**

La vitrificación de los productos cerámicos y su deshidratación previa por conversiones químicas, su oxidación y calcinación, se llevan a cabo en hornos que pueden ser operados en forma periódica o continua. Todas las instalaciones más nuevas tienen hornos continuos de túnel, que presentan muchas ventajas sobre los hornos intermitentes, como menores costos laborales, mayor eficiencia de combustible, ciclos de tiempo de procesamiento más cortos y mejor control de la operación. Los combustibles más económicos son el gas, el carbón, y el petróleo, por lo que son los más usados para la cocción; en algunos casos se usa la electricidad.

### **HORNOS CONTINUOS.**

Los hornos más importantes son los hornos de túnel de carro continuo, usados para la cocción de ladrillos, tejas, porcelana, vajillas de mesa y artículos refractarios. Existen dos tipos generales de estos hornos: los de fuego directo, en los que los gases de combustión pasan

directamente entre los artículos, y los de tipo indirecto ( de mufla ), en los que no permite que los productos de combustión entren en contacto con los artículos. Estos se cargan directamente sobre unos carros abiertos o se encierran en gacetas para mantenerlos limpios. Los carros pasan a través del túnel a contracorriente con los gases de combustión provenientes de la zona de fuego alto. Los artículos pueden cargarse sobre los rodillos en un horno de hogar con rodillos, en vez de ponerlos en carros que se desplacen a través del horno. El sistema transportador consiste en una banda continua de rodillos de carburo de silicio. Este tipo de horno es particularmente adecuado para la producción de partes electrónicas que deben cumplir con especificaciones exactas. Los hornos continuos de cámara consisten en una serie de cámaras conectadas. El calor de una cámara pasa a la otra, a contracorriente de los artículos. Debido a que las cámaras son encendidas en sucesión, la operación es continua. Siempre hay una cámara enfriándose, otra cociendo y otra calentándose por el calor desecho de las otras dos cámaras. Este tipo de horno se usa para cocer ladrillos y tejas.

#### HORNOS PERIÓDICOS.

Estos no son tan eficientes, en cuanto a combustibles, como los hornos continuos, pero son más flexibles.

Los hornos de tiro descendente, que son de forma redonda o de forma rectangular, se usan para cocer ladrillos de fachada, tubos de albañal, loza de gres, tejas y ladrillos comunes. En éstos, el calor se eleva desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de acabado para cada operación de cocción. El horno es "preparado" ( llenado con los artículos con los que se va a cocer ), se comienza el calentamiento y la temperatura se eleva a una velocidad definida hasta alcanzar la temperatura de cocción. El horno de tipo descendente se llama así porque los productos de combustión van bajando al pasar sobre los artículos colocados en el horno. El horno de tiro ascendente se ha usado más para cocer productos de alfarería, pero está siendo reemplazado rápidamente por los hornos de túnel. Los ladrillos comunes se cuecen en hornos de retención de calor por enlucido de barro, que en realidad son variaciones

del horno de tiro ascendente. El horno mismo se construye con ladrillos sin secar, y las paredes exteriores son embadurnadas o "embarradas", con arcilla.

### **Control del Proceso de Fabricación**

Se denominan controles de fabricación todas las investigaciones sistemáticas que se realicen con el fin de lograr que los procesos de fabricación se desarrollen siempre según la misma norma y libres de perturbaciones.

Los controles abarcan el estudio de las:

**Materias primas para los esmaltes.**

**Masas de esmalte (grado de molienda, viscosidad del líquido, espesor de las capas aplicadas).**

**Controles del grosor de las capas de esmalte.**

**Temperaturas de los hornos.**

**Control de los baños de decapado.**

#### **Materias Primas para Esmaltes.**

Son pocas las fábricas en que se realizan análisis completos. La mayoría de las veces solamente se investiga la presencia de determinadas impurezas. Para que dichas investigaciones tengan valor es necesario que la fábrica posea un pequeño laboratorio químico y personal adecuado.

#### **Masas de Esmalte .**

**Grado de Molienda** El control permanente de las masas de esmaltes es absolutamente indispensable. Las masas de esmalte deben presentar siempre un grado de molienda adecuado para el esmalte de que se trate y cada una de las cargas que se sacan de los molinos se ha de someter a investigación para determinar si efectivamente posee el grado de finura preestablecido. Para la investigación del grado de molienda se utilizan los ensayos con tamices. Se ha extendido mucho el ensayo de *Pemco*, para

el cual se emplean dos tamices, de los que el superior solamente retiene las partículas más grandes. Fundamentalmente se trata de establecer la proporción que queda retenida en un tamiz de 3600 mallas.

Para este fin se toman 50 cm<sup>3</sup> de la masa de esmalte y se lavan mediante una corriente de agua que pasa a través de los dos tamices situados el uno dentro del otro. Se deseca el residuo que queda sobre el tamiz más fino y se determina mediante una probeta el volumen que ocupa en centímetros cúbicos. A pesar de su falta de precisión el método es completamente suficiente para el control de la fabricación. Se expresa el grado de molienda simplemente en centímetros cúbicos de residuo o bien se expresa el doble de los centímetros cúbicos que hayan quedado en tanto por ciento. Todos los esmaltes poseen un grado de molienda óptimo.

*Viscosidad del Líquido.* La masa debe tener una determinada viscosidad, que se determina mediante diferentes tipos de viscosímetros. Una de las formas más sencillas está constituida por un tubo de latón que tiene en la parte inferior una boquilla con una abertura determinada. Está provisto de un rebosadero que permite llenarlo siempre con la misma cantidad de esmalte. Se deja fluir la masa hasta que el chorro deja de ser continuo, determinando el intervalo de tiempo con precisión.

Otro tipo de viscosímetro está formado por un cilindro, en el que pueden deslizarse placas perforadas sujetas a un vástago. Este vástago puede someterse a la acción de un peso, pudiendo utilizarse también placas con diferentes perforaciones.

También en este caso la determinación consiste en medir el tiempo en que se hunde la placa perforada hasta llegar al fondo del cilindro.

Es extraordinariamente sencilla la determinación de la viscosidad y del peso específico mediante un areómetro para esmalte. Se determina para cada tipo de esmalte el valor que se obtiene al sumergir éste y se conserva en las preparaciones sucesivas.

*Peso Específico.* La determinación del peso específico persigue una finalidad análoga. Depende de la proporción en que se encuentran las

partículas de esmalte y el agua en las masas, pues el peso específico del esmalte no se altera durante su dispersión. Por lo tanto, mediante la determinación del peso específico es posible controlar la masa de esmalte para decidir si la adición de agua se realizó homogénea y correctamente y con ello puede ajustarse el contenido en agua antes de la aplicación, mediante la adición de masa más espesa o de agua. El peso específico del esmalte es de  $2.5 \text{ g/cm}^3$  y el del agua  $1.0 \text{ g/cm}^3$ , de modo que la mayor parte de las veces se obtienen para las masas pesos específicos comprendidos entre  $1.6$  y  $1.9 \text{ g/cm}^3$ . Si un esmalte tiene siempre el mismo contenido en agua, no pueden presentarse diferencias en la coloración o en la turbidez, como consecuencia de la aplicación de capas demasiado finas o demasiado gruesas.

*Espesor de las Capas Aplicadas.* El espesor de las capas aplicadas debe ser siempre el mismo, con el fin de que se encuentre siempre idéntica cantidad de esmalte sobre el objeto y que la acción ejercida sea siempre igual. Para realizar el control, se aplica el esmalte por inmersión o con pistola sobre una placa pesada de  $4 \text{ dm}^2$  y se pesa la cantidad de esmalte húmedo retenida. En lugar de una placa puede utilizarse también un cilindro.

#### Control del Espesor de las Capas de Esmalte.

El control permanente del espesor de las capas de esmalte ha resultado ser de la mayor importancia desde el punto de vista de la industria del esmaltado, ya que el espesor de la capa es de importancia decisiva para la resistencia frente a los choques y golpes, a los procesos de calefacción, etc., pero al mismo tiempo tiene también la misma importancia para la economía de las instalaciones de aplicación, aparte de una determinación mediante aparatos sencillos que se encuentran en el comercio. Uno de los tipos se basa en la variación de la adherencia de las piezas a un imán, que es causada por el aumento de la distancia entre la masa de hierro y el imán al interponerse la capa del esmalte. Otro tipo de aparato se basa en la variación de la intensidad de la corriente que circula a través de una bobina cuando se encuentra a distintas distancias de la superficie de hierro. Dichos aparatos trabajan o con una pequeña pila seca

o mediante una corriente eléctrica. La lectura en una escala de que van provistos da directamente el espesor de la capa en décimas de milímetro.

#### Temperaturas de los Hornos.

No es necesario someter a control la temperatura de los hornos de fusión; pero, por el contrario, en las instalaciones de esmaltado es necesario llevar un control riguroso de los hornos de cocción. La mayoría de las veces se utilizan aparatos registradores, y es frecuente que se usen simultáneamente con instrumentos dotados de esferas indicadoras. Cuando se introduce una carga en un horno empieza por descender la temperatura; tan pronto como vuelve a alcanzarse la temperatura inicial se ha terminado el proceso de cocción. Esta temperatura debe establecerse, naturalmente, a base de experiencias prácticas. De esta forma puede regularse bien la duración del proceso de cocción, incluso cuando se introducen en el horno cargas de diferentes magnitudes cuya duración de cocción no pueda establecerse a priori.

Para determinar la temperatura se utilizan tanto termoelementos como pirómetros ópticos, que se instalan ordinariamente en la pared posterior de las muflas. En estos controles de temperatura importa menos el que la temperatura que marca el pirómetro sea exacta, que el mantener siempre la misma temperatura durante la cocción. A pesar de todo, es recomendable revisar el instrumento de vez en cuando, ya que con el tiempo la sensibilidad decae.

## **DEFECTOS EN LOS ESMALTADOS.**

Los defectos pueden tener origen en el material y también en el esmalte o en la superficie aplicada, pero pueden proceder, de la elaboración. Es importante en la práctica conocer las fuentes de estos defectos, si bien no siempre es posible alcanzar totalmente esta cuestión, puesto que frecuentemente pueden actuar dos o más causas para provocarlos.

### **Formación de Burbujas en los Esmaltes.**

La causa de la aparición de las burbujas puede hallarse en la superficie aplicada, en el esmalte, en la forma de las piezas a esmaltar o en las condiciones de trabajo. Según la forma de presentarse puede establecerse la mayor parte de las veces la causa. Las burbujas se forman a veces por los huecos que quedan en la superficie a esmaltar (dobletes). Estas burbujas son en su mayor parte grandes o se presentan en forma de perlas a ambos lados de la superficie. Rompiendo estas burbujas pueden apreciarse que se presentan en piezas esmaltadas por una sola cara, pueden eliminarse perforándolas por la parte posterior, igualando y mejorando los lugares defectuosos mediante adición de esmalte.

También en los esmaltes sobre fundición se presenta burbujas procedentes de hierro; en este caso se trata la mayoría de las veces de gases producidos por la descomposición del carburo de hierro. Las burbujas suelen ser muy pequeñas y numerosas.

El esmalte mismo puede dar origen a la formación de burbujas cuando contiene impurezas orgánicas, y en el caso del esmalte de fondo cuando se cuece rápidamente y el esmalte de la cubierta puede reaccionar con el hierro a consecuencia de la disolución de la capa de fondo.

También pueden formarse burbujas si las formas de las piezas huecas no son adecuadas y el aire que queda encerrado en ellas no puede desprenderse con facilidad. Entonces atraviesa la pared del esmalte y da

origen a la formación de numerosas burbujas. Los defectos son aún mayores y más visibles cuando se trata de vapor de agua. Las piezas huecas completamente cerradas siempre presentan burbujas.

#### **Formación de Esquirlas en los Esmaltes.**

En algunas ocasiones saltan esquirlas de las piezas una vez esmaltadas. la mayoría de las veces en los bordes y ángulos. En la mayor parte de los casos el esmalte no se adapta bien a las curvaturas que presentan las piezas como consecuencia de poseer una dilatación térmica demasiado pequeña (bordes de los utensilios de cocina, de las bañeras, etc.). También pueden saltar esquirlas en aquellos lugares en que los esmaltes presenten demasiado espesor.

#### **Inclusiones de Oxidos de Hierro.**

Algunas veces, como consecuencia de la presencia de inclusiones de óxido de hierro que se ha de esmaltar, se produce la aparición de lugares en que el esmalte queda quemado. Estas inclusiones de óxido de hierro pueden proceder del proceso de moldeado durante el que queda comprimido en los poros o bien de la formación de sales de hierro durante el decapado. Cuando se utiliza el ácido sulfúrico como agente de decapado se manifiestan en forma de puntos rojizos, que son de óxido férrico, mientras que si el decapado se realiza con ácido clorhídrico, estos puntos aparecen negros. Con frecuencia es posible recubrirlos mediante una segunda capa de esmalte, pero los puntos oscuros siguen siendo visibles. estos defectos no se presentan más que en los esmaltados sobre chapa.

#### **Grietas Capilares.**

Se denominan grietas capilares las líneas de fractura de la continuidad de la capa de esmalte que aparecen después del enfriamiento

del esmalte cocido. En el caso de esmalte sobre fundición este agrietamiento suele deberse a que el coeficiente de dilatación del esmalte es demasiado grande. En el caso de esmaltados sobre chapas las grietas pueden resultar de que se haya procedido a enderezar las piezas deformadas estando demasiado frías.

#### **Líneas Capilares.**

Al contrario que las grietas capilares, las líneas capilares no son grietas abiertas, sino elevaciones o depresiones en la superficie del esmalte de dimensiones capilares. Se forman porque muchas veces la capa de esmalte se ha agrietado durante el proceso de cocción, pero la grieta ha desaparecido en gran parte después, por un ulterior proceso de fusión, cuando se crecen las piezas para aislar su superficie. Las causas que motivan la aparición de estos defectos son: la aplicación de una capa demasiado gruesa, una caída en las piezas de chapa durante la cocción o bien la proximidad de grandes masas de material más frías. En todos los casos se trata de una calefacción local de una pieza.

#### **Descamaciones.**

Se producen estas descamaciones en forma de esquirlas de forma de media luna, como consecuencia de la acción de la presión de los gases sobre la capa de esmalte. El gas que acusa su aparición es el hidrógeno que, según las últimas investigaciones, se produce a partir del agua de hidratación de la arcilla que se añade a los esmaltes. El material que forma la chapa debe tener una cierta tendencia a aceptar hidrógeno. La desaparición de estos defectos puede conseguirse mediante la elección de un esmalte adecuado, pero no siempre puede lograrse el evitarlos. En caso de necesidad se intentará aumentar el intervalo de fusión, hacer bajar la temperatura de cocción o bien aumentar la proporción de cuarzo durante la molienda del esmalte. En los esmaltes para fundición no suele presentarse este defecto.

### **Adherencia Defectuosa.**

En aquellos casos en que el esmalte salta con facilidad por acciones mecánicas, dejando al descubierto una chapa completamente brillante, puede deducirse la conclusión de que la unión entre la superficie y el esmalte era insuficiente. No llegó a formarse la capa adherente. El esmalte de fondo se fundió demasiado de prisa, sin que se verificasen las reacciones necesarias del mismo con el hierro. Muchas clases de chapa son más difíciles de oxidar que otras y en este caso puede prolongarse el tiempo de cocción y el esmalte debe poseer un intervalo de cocción suficientemente grande.

### **Puntos Negros en el Esmalte de Cubierta.**

Los puntos negros que aparecen en el esmalte pueden proceder de muy diversas causas. Es posible que el esmalte se ensucie durante su preparación; que el molino no se encuentre en orden; por ejemplo, que se desgaste su recubrimiento, de modo que el esmalte llegue a ponerse en contacto con la superficie e incluso que se produzca un desgaste de la pared de hierro. Otra causa posible es que las bolas o piedras que se utilizan en los molinos se astillen.

### **Esmaltes Mates.**

El esmaltado presenta un aspecto mate cuando se calentó demasiado durante la molienda, cuando el grado o finura de la molienda no es suficientemente grande, cuando las adiciones que se hacen al mismo durante la molienda son demasiado grandes, cuando el esmalte no se cuece a la temperatura adecuada, es decir, cuando permanecen en el horno demasiado tiempo a una temperatura demasiado baja o bien, a la inversa, cuando la mufla contiene gases de combustión y, por tanto, hay falta de oxígeno. En el caso de los esmaltes que se aplican en polvo,

pueden producirse superficies mates por estar el polvo húmedo o bien por haber utilizado bolas de porcelana defectuosas.

#### **Poros.**

Los agujeros en la capa de esmalte en forma de poros se presenta tan sólo raras veces en los esmaltes para chapas, pero en los esmaltes sobre fundición se encuentran muy frecuentemente.

#### **Ojos de Pez.**

Son defectos que se observan en los esmaltes para mayólica. Se trata de depresiones del tamaño de chícharos que presentan una tonalidad más clara.

Existen otros defectos como ebullición del esmalte, enrollamiento del esmalte, distorsión de las piezas y superficies ondeadas, en los que no abundaremos.

## **ANEXO 2**

## **ESTUDIO DE MERCADO**

### **Definiciones.**

El objetivo del estudio del mercado en un proyecto consiste en estimar la cuantía de los bienes o servicios provenientes de una nueva unidad de producción que la comunidad estaría dispuesta a adquirir a determinados precios. Esta cuantía representa la demanda desde el punto de vista del proyecto y se especifica para un período convencional (un mes, un año u otro). Dado que la magnitud de la demanda variará en general con los precios y tener presente la necesidad de que el empresario pueda cubrir los costos de producción con un margen razonable de utilidad.

Este planteamiento escueto del problema comprende algunos conceptos y limitaciones que conviene explicar previamente para facilitar la exposición que sigue. Los conceptos básicos se refieren a lo que se entiende por "demanda" para un estudio de proyecto, a la definición convencional del término "mercado" y a la distinción entre "estudio del mercado" y "estudio de comercialización". Las limitaciones se refieren esencialmente al hecho de que no todos los bienes y servicios son materia de mercado.

El mercado ha sido definido como "el área en la cual convergen las fuerzas de la demanda y la oferta para establecer un precio único". A los propósitos de este trabajo esa definición debe ser interpretada en el sentido amplio de la existencia de un conjunto de individuos cuyas solicitudes ponen de manifiesto la situación de oferta y demanda que conduce a establecer el precio, y de ahí se deriva la necesidad de precisar a que conjunto de individuos abarcará el estudio de que se trata.

En general, estos conjuntos se delimitan geográficamente, y los estudios de mercado se refieren a determinadas porciones del territorio, a todo el territorio nacional o a otra región cualquiera del mundo.

El conocimiento de como se distribuyen los consumidores en un área geográfica dada influirá tanto en la cuantía de la demanda como en la localización de la empresa. Una buena localización de esta puede contribuir a su vez a bajar los precios y ampliar la demanda.

Es preciso también distinguir claramente entre los estudios de mercado y estudios de comercialización. En este trabajo se entenderá por comercialización lo relativo al movimiento de bienes entre los productores y usuarios, que se considerará como un aspecto parcial del estudio del mercado. Este último comprenderá además el análisis y las proyecciones de la demanda.

### **La Demanda en el Estudio del Proyecto.**

Para precisar el concepto de demanda en relación con un proyecto, conviene distinguir en primer lugar entre el volumen total de transacciones de determinados bienes o servicios a un precio determinado, y la demanda que existiría para la producción del proyecto en estudio. Aquel volumen de bienes o servicios procedentes de una nueva unidad productora que podría absorber el mercado. Si la demanda total existente no está debidamente satisfecha, la producción a que corresponde el proyecto se sumará a la oferta de los demás proveedores, y sólo se incrementará el volumen actual de transacciones del mercado, orientándose entonces el estudio a cuantificar esta demanda insatisfecha. La posibilidad de que haya una demanda insatisfecha se podría reconocer mediante dos tipos generales de indicadores, representados el uno por los precios y el otro por la existencia de intervenciones de algún tipo. Si hay demanda insatisfecha de cierto bien o servicio y no hay controles de precio, este último alcanzará niveles muy elevados en relación con los costos de producción, es decir, los proveedores de dichos bienes o servicios obtendrán utilidades anormalmente altas. Por otra parte la necesidad de establecer controles de precio, racionamientos o medidas similares, implica que a dichos precios hay una evidente demanda insatisfecha, y el objeto de dichas intervenciones es corregir esa situación.

También puede ocurrir que la producción nueva no amplíe el volumen del mercado existente, sino que desplace a otros proveedores de dicho mercado, logrando una demanda por sustitución. Tal sería el caso, por ejemplo, de una producción de bienes o servicios de mejor calidad que los ofrecidos en el mercado, con la cual fuera posible desplazar a los actuales proveedores. Podría tratarse de un proyecto que al introducir innovaciones técnicas, redujera los costos y desalojará así a otros productos del mercado por el menor precio; en este caso podría haber no sólo redistribución del mercado entre los proveedores, sino además una posible demanda adicional, en virtud de esos menores precios.

Si los proveedores desplazados fueran los importadores, se trataría de un proyecto de sustitución de importaciones. Los proyectos para incrementar las exportaciones pueden basarse tanto en el abastecimiento de una demanda insatisfecha como en el desplazamiento de otros proveedores del mercado internacional.

La cuantía de cualquier de estas posibles formas de demanda en relación con el proyecto puede dar posibilidades para instalar uno o más centros productores, y las decisiones al respecto dependerán en gran medida de los límites geográficos del mercado, es decir, de la localización de la demanda. De aquí una de las relaciones básicas entre el estudio del mercado, el tamaño y el de la localización del proyecto.

Se entiende por demanda la cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado.

El principal propósito que se persigue con el análisis de la demanda es determinar y medir cuales son las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado con respecto a un bien o servicio, así como determinar la posibilidad de participación del producto del proyecto en la satisfacción de dicha demanda. La demanda al igual que la oferta es una función de una serie de factores, como son la necesidad real que se tiene del bien o servicio.

Se entiende por demanda al llamado Consumo Aparente (CAN), que es la cantidad de determinado bien o servicio que el mercado requiere, y se puede expresar como:

$CNA = \text{producción nacional} + \text{importaciones} - \text{exportaciones}$  Para efectos de análisis, existen varios tipos de demanda, que pueden clasificarse como:

- a) Demanda insatisfecha. es aquella en la que lo producido u ofrecido no alcanza a cubrir los requerimientos del mercado.
- b) Demanda Satisfecha, es aquella en la que lo que se ofrece al mercado es exactamente lo que este requiere. Se pueden reconocer dos tipos de demanda satisfecha.
  - b.1. La satisfecha saturada; que es aquella que ya no puede soportar una mayor cantidad del bien o servicio en el mercado, pues se está usando plenamente.
  - b.2. La satisfecha no saturada: es aquella que se encuentra aparentemente satisfecha pero que se puede hacer crecer mediante el uso adecuado de herramientas mercadotécnicas, como las ofertas y la publicidad.

#### **Los Servicios Gratuitos.**

Al referirse a las "unidades productoras" se incluye dentro de este término la instalación de escuelas y hospitales, carreteras y otras unidades que no siempre son materia de mercado. El hecho de que los servicios que se obtengan del funcionamiento de una escuela o la utilización de una carretera no tengan en la mayoría de los casos un precio en el mercado, debido a que son suministrados "gratuitamente" por el estado o por los municipios, no debe interpretarse en el sentido de que esos servicios carezcan de demanda.

Hay que advertir que se habla de servicios "gratuitos" sólo en forma convencional. El aire es gratuito porque al utilizarlo no se sacrifica la producción de otro bien que requiere aire. En cambio, un hospital o una escuela representan un costo social, pues con los recursos que se

dedican a construir y mantener el hospital se podría atender otra necesidad no relacionada con la salud. Así pues, los llamados servicios "gratuitos" sólo lo son formalmente y la colectividad paga por ellos en términos reales, al sacrificar la producción de otros bienes, y en términos financieros, aunque sea indirectamente, a través de la tributación u otras formas.

### **Etapas de un Estudio de Mercado.**

Al igual que otros estudios, el de mercado comprende dos etapas:

- a) La recopilación de antecedentes y el establecimiento de bases empíricas para el análisis.
- b) La elaboración y el análisis de esos antecedentes.

La etapa de análisis y elaboración de los datos deberá responder a las preguntas básicas que motivan el estudio:

- Cuanto se podrá vender?
- A que precio?
- Que problemas plantea?
- Como se propone abordar la comercialización del producto?

Estas respuestas se deberán referir a la demanda actual y a la futura en el periodo de vida útil del proyecto y serán satisfactorias o deficientes según sea la calidad de los datos disponibles y la eficacia de los instrumentos teóricos con que se cuenta para el análisis de la demanda. Hay serias limitaciones para proyectar la cuantía de la demanda y precios, y al respecto se expondrán algunas ideas a título de orientación general, reconociendo la insuficiencia de los instrumentos de trabajo de que se dispone para obtener una proyección de confianza absoluta.

En este sentido es útil recordar que un proyecto de inversión supone en realidad un riesgo calculado.

Los problemas relativos al análisis de la demanda han recibido gran atención de parte de los economistas, y se ha llegado a planteamientos

económicos muy complejos que quedan fuera de los límites de este trabajo. No se pretende ofrecer aquí un tratamiento completo de la técnica del estudio del mercado, sino sólo indicar métodos que pueden ser útiles para resolver casos sencillos.

### **Esquema del Planteamiento.**

Las observaciones anteriores permiten hacer el siguiente planteamiento esquemático del problema:

- a) Como el objetivo del proyecto es proporcionar a la comunidad determinados bienes o servicios, será necesario estimar la cuantía de los nuevos bienes o servicios que se van a producir y que la comunidad estaría dispuesta a adquirir a determinados precios.
- b) La nueva producción se sumará en algunos casos al actual volumen de transacciones; en otros, sólo reemplazará a una parte o la totalidad de los bienes o servicios procedentes de otros orígenes y que pueden ser nacionales o extranjeros.
- c) La determinación cuantitativa de la demanda sólo tiene sentido en relación con determinados precios de venta, los cuales influirían sobre el monto de los ingresos estimados en el presupuesto de ingresos y gastos del proyecto.
- d) Se deduce de lo anterior que, en esencia, el estudio de el mercado deberá proporcionar criterios útiles para determinar la capacidad que ha de instalarse en la nueva unidad productora y estimar los probables ingresos durante la vida útil de la realización del proyecto. En un buen número de casos el cumplimiento del primer objetivo no exigirá un análisis muy elaborado de la demanda, pero de todas maneras será indispensable estimarla, por lo menos aproximadamente. En cuanto a los precios, aunque su proyección suponga serias dificultades teóricas y prácticas, será inevitable llevarla a cabo tanto en relación con los

insumos como en relación con los bienes o servicios que han de producirse.

- e) La recopilación de antecedentes - comprendidos los relativos a la comercialización y a la influencia de la política económica - sentará las bases empíricas del estudio, pues permitirá reconocer en cada caso las variables más importantes que afectan la cuantía de la demanda y los precios. Si hay racionamientos, subsidios, aranceles protectores u otros elementos o circunstancias que incidan en el mercado del bien estudiado, el análisis de la demanda requiere adoptar una hipótesis en cuanto a su vigencia en el futuro, lo que supone convertirlos de variables en parámetros.
- f) Con los antecedentes obtenidos y las hipótesis de trabajo adoptadas, se podrán establecer algunas premisas teóricas con objeto de cualificar la demanda actual y futura para el proyecto en estudio. Estas premisas se refiere esencialmente a la "función demanda".

## LA RECOPIACION DE ANTECEDENTES.

### Objetivos de esta Etapa del Estudio.

Los antecedentes que es necesario recopilar para el estudio del mercado se refieren, tanto a la información estadística pertinente, como a las características del mercado en cuanto a comercialización, normas legales, tipificación, racionamiento, controles de precios u otros elementos de incidencia significativa sobre la cuenta sobre la demanda y los precios del bien o servicio en estudio. Esta diferenciación entre antecedentes estadísticos y no estadísticos es por cierto convencional, y se adopta sólo para facilitar la exposición.

Los datos de tipo estadístico permitirán computar algunos coeficientes empleados en el análisis de la demanda, la elasticidad de la demanda al ingreso y a los precios. Los demás antecedentes ayudarán a calificar estas estimaciones y a establecer hipótesis razonables sobre las condiciones de comercialización, racionamiento, controles de precios y similares, que podrían servir en el futuro.

En la mayoría de los casos será preferible que una parte importante de las informaciones cubra un período relativamente largo. En general, 10 o 15 años pueden bastar para que las líneas de regresión o de tendencias sean utilizables en el análisis, pese a los posibles trastornos económicos que puedan haber ocurrido durante el período; lo que se persigue es eliminar estimaciones influidas por situaciones anormales que afecten a períodos relativamente cortos y que respondan sólo a una coyuntura determinada.

Por último, cabe destacar la conveniencia de considerar la situación del mercado internacional con relación al bien en estudio y analizar tanto las repercusiones del proyecto sobre ese mercado como la incidencia de este en el mercado nacional. En conexión con este mismo punto puede ser necesario confrontar el proyecto con las exigencias de convenios o

tratados vigentes o de una política de complementación económica internacional.

### **Los Antecedentes.**

Los principales antecedentes a que se ha hecho referencia son los que se describen a continuación.

#### **a) Series Estadísticas.**

Todo estudio de mercado tendrá que comenzar por recopilar series estadísticas de producción, comercio exterior y consumo del bien o servicio. Los datos sobre producción, importación, exportación y cambios en las existencias, hacen relativamente sencillo determinar si son correctas o incorrectas las cifras sobre consumo; por falta de información se suele aceptar como cuantía del consumo el llamado "consumo aparente", que resulta de sumar a la producción el saldo entre la exportación y la importación. En los casos en que los cambios de existencias sean muy importantes y en la mayoría de los estudios referentes a bienes agrícolas de fácil conservación, el uso de cifras de consumo aparente, en lugar de cifras de consumo efectivo, pueden llevar a serios errores; pero hay muchas ocasiones en que dichas cifras pueden reemplazar satisfactoriamente a las de consumo efectivo como sería el caso, por ejemplo, de los bienes perecederos de consumo cuando sólo se basan en cifras de producción, exportación e importación.

Para los bienes manufacturados el precio de origen es la cotización FOB fábrica, y para los productos agrícolas es FIB finca. Los productos importados suelen cotizarse FOB puerto de embarque, CIF puerto de destino.

Cuando la investigación histórica es importante, habrá que contar con series de índices de precios adecuados para determinar los precios relativos del bien o servicio en estudio.

Las fuentes de información más usadas son las estadísticas oficiales, los censos, los estudios especiales de institutos de investigación económica u otras entidades nacionales e internacionales, las informaciones asequibles de empresas particulares, las cifras de exportación e importación que generalmente publican los gobiernos, las cifras de tránsito por ferrocarril o por carreteras y otras. Cuando estas fuentes sean insuficientes o deficientes, será necesario realizar investigaciones de campo, cuya magnitud dependerá de la naturaleza del proyecto, de los recursos que sea razonable destinar a este objeto y de la precisión de las cifras con que se va a trabajar en el estudio.

b) Usos y especificaciones del bien o servicio que se quiere producir.

Este aspecto de la investigación tiene por objeto precisar las especificaciones o características que definen o individualizan con exactitud los bienes y servicios que se estudian y conocer los fines precisos a que se destinan. También se deberá averiguar quienes lo usarán y como lo usan. Si, por ejemplo, se trata de producir acero, puede no bastar establecer que hay una demanda global de tantos cientos de miles de toneladas al año, y será necesario conocer cuales son las calidades, los perfiles o tamaños que deben producirse a fin de decidir la selección de los equipos para la fabricación.

El proceso de industrialización trae consigo el establecimiento de normas técnicas de calidad y tipificación de los bienes, las cuales deben considerarse en el estudio. Cuando se trata de productos destinados a la exportación habrá que tener presente que las normas o tipos aceptados por el mercado pueden variar de un país a otro; el problema se vinculará entonces estrechamente a la localización geográfica de la demanda. El cumplimiento de una norma de calidad o de tipificación puede ser una exigencia legal, o simplemente del mercado, que rechaza los productos que no se atienen a ella. Desde el punto de vista práctico esto puede resultar indiferente, pues aunque la obligación no sea de orden legal, si el mercado tiene sus preferencias, no atenderlas implicaría un precio de venta tan castigado que haría prácticamente imposible el proyecto.

En otros casos, las exigencias legales se refieren más bien a normas que se deben observar durante la fabricación del producto (por ejemplo, condiciones higiénicas de producción, control sanitario de materias primas como leche, etc.) y se relacionan por lo tanto con el estudio técnico del proyecto.

#### C) Precios y Costos Actuales.

El conocimiento del precio actual a que se vende a los mayoristas y a los consumidores finales permite realizar estimaciones sobre los costos de distribución. Conocer los márgenes de utilidad de los importadores es de interés, pues si son grandes, pueden en cierto sentido "financiar" un descuento interno de los precios y hacer fracasar una nueva empresa que pretenda sustituir las importaciones de que se trate. Será también muy útil contar con buenas informaciones respecto a los costos de producción de los demás productores y de los principales componentes de esos costos. Con esos datos se podrá tener una idea sobre el margen real de utilidades y la situación en que se encontraría la empresa o proyecto nuevo para competir en el mercado. Por último, convendrá conocer los precios de los productos que compiten con el que se estudia porque pueden sustituirlo en sus habituales.

#### d) Tipo e Idiosincrasia de los Consumidores o Usuarios.

El conocimiento de la cantidad de bienes y servicios que en un momento dado es capaz de absorber un mercado debe complementarse con informaciones relativas a las características de los consumidores o usuarios. En primer término es importante distinguir si se trata de consumidores de bienes de consumo final, de bienes intermedios o de bienes de capital empleados para ayudar a producir otros bienes.

Todas estas características podrán tener una influencia notable en la estabilidad de la industria que se quiere establecer y habrá que tenerlas presentes en el estudio.

**e) Fuentes de Abastecimiento.**

Será también indispensable conocer cuales son las actuales fuentes proveedoras del bien o servicio y si este procede del extranjero o se produce en el país. En este último caso convendrá averiguar la capacidad de producción existente, en que medida se está utilizando, donde está localizada y que características tienen las unidades productoras típicas. Estas pueden ser, por ejemplo, del tipo artesanal o empresas pequeñas que trabajan a muy bajo rendimiento, reemplazables por una fabrica de tamaño adecuado que emplee técnicas modernas.

**f) Mecanismos de Distribución.**

Como se ha dicho, por comercialización se entiende el conjunto de actividades relacionada con la circulación de los bienes y servicios desde los sitios desde donde se producen hasta llegar al consumidor final. El estudio de la comercialización contribuye a precisar las especificaciones de los bienes que necesita la comunidad y a conocer las preferencias de los consumidores.

**g) Bienes o servicios competitivos.**

Un bien puede sustituir a otro por efecto de cambios en los precios relativos, cambios en la calidad, variación de los gustos de los consumidores, facilidades de obtención y otras causas.

Las innovaciones técnicas son causa importante de sustitución y pueden actuar principalmente en dos sentidos:

- Mejorando los métodos de producción para fabricar el mismo producto a menor precio.
- Introduciendo nuevos productos que sustituyen a los actuales.

## **BIBLIOGRAFIA.**

**1.- CERÁMICA FINA**

**F.H. NORTON.**

TECNOLOGÍA Y APLICACIONES.

EDICIONES OMEGA, S.A.

BARCELONA 1983.

**2.- ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA  
FABRICACIÓN DE UN ESMALTE VÍTREO APLICABLE A  
ENVASES DE VIDRIO.**

**REBECA MARIANA SANDOVAL MARQUEZ.**

U.N.A.M. 1960

**3.- PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.**

**DONALD Q. KERN.**

EDITORIAL CONTINENTAL S.A. DE C.V.

MÉXICO D.F. 1990.

**4.- MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO.**

**ROBERT H. PERRY & CECIL H. CHILTON.**

Mc.GRAW-HILL.

QUINTA EDICIÓN.

MÉXICO DF 1973.

**5.- PHASE EQUILIBRIA IN CHEMICAL ENGINEERING.**

**STANLEY W. WALAS.**

PUBLICACIONES BUTTERWORTH

E.U. 1984.

**6.- FENÓMENOS DE TRANSPORTE.**

**R.B. BIRD, W. E. STEWART & E. N. LIGHTFOOT.**

EDICIONES REPLA.

MÉXICO DF 1987

7.- ENAMELS

ANDREW I. ANDREWS.  
THE GARRERD PRESS. PUBLISHER  
ILLINOIS USA 1949.

8.- *TRATADO DE ESMALTES Y COLORES SOBRE VIDRIO.  
PORCELANA Y METALES.*

JOSÉ LOENZ ARTEAGAS  
EDITORIAL GUSTAVO GILI S.A.  
BARCELONA, ESPAÑA. 1975

9.- *LOS FUNDAMENTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LA CERÁMICA.*

H. SALMAG.  
ED. REVERTE.  
BARCELONA, ESPAÑA. 1954.

10.- *PROPERTIES OF GLASS.*

GEORGIE W. MOREY.  
EDITORIAL REINHOLD.  
EU 1957.

11.- *CERAMIC DATA BOOK.*

EDITORIAL INDUSTRIAL.  
CHICAGO ILL. EU. 1958.

12.- *CERAMIC PRODUCTS ENCYCLOPEDIA.*

EDITORIAL INDUSTRIAL.  
CHICAGO ILL. EU. 1930.

13.- *CHEMICAL ENGINEERING PLANT DESIGN.*

FRANK C. VILLABRANDT.  
EDITORIAL Mc GRAW-HILL.  
NEW YORK USA. 1949.

- 14.- **MATERIALES CERÁMICOS.**  
**INDUSTRIA DE LA CERÁMICA.**  
**MÉXICO DF 1960.**
- 15.- **INGENIERÍA INDUSTRIAL.**  
**NIEVEL BENJAMIN W.**  
**REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERÍA.**  
**MÉXICO, DF. 1980.**
- 16.- **SEGURIDAD INDUSTRIAL.**  
**ING. JESUS TAVERA BARQUÍN.**  
**ASOCIACIÓN MEXICANA DE HIGIENE Y SEGURIDAD**  
**A.M.H.S.A.C.**  
**MÉXICO, DF. 1974.**
- 17.- **ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**  
**BOLTEN, STEVEN.**  
**ED. LIMUSA**  
**MÉXICO 1980**
- 18.- **GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS**  
**INSTITUTO LATINOAMERICANO PARA ESTUDIOS**  
**SECTORIALES.**  
**ED. SIGLO XXI**  
**MÉXICO 1983**
- 19.- **FUNDAMENTOS DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE**  
**PROYECTOS.**  
**NASSIR Y SAPAG.**  
**ED. Mc GRAW-HILL.**  
**MÉXICO 1985.**