



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PRO-  
DUCTORA DE POLIESTIRENO EXPANDIBLE

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

MARIA DEL ROSARIO ESTRADA GODINA



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.

TESIS 1978.

NO.

~~M. 149~~ 143

FECHA \_\_\_\_\_

PROC. \_\_\_\_\_

8



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE POLIESTIRENO  
EXPANDIBLE

MARIA DEL ROSARIO ESTRADA GODINA

INGENIERO QUIMICO

1978.

PRESIDENTE: GUILLERMO CALDERON RAMIREZ

VOCAL: LEOPOLDO RODRIGUEZ SANCHEZ

SECRETARIO: ROBERTO ANDRADE CRUZ

1er. SUPLENTE: JOSE LUIS PADILLA DE ALBA

2do. SUPLENTE: GILDARDO ACOSTA SEGURA

BIBLIOGRAFICO:

MARIA DEL ROSARIO ESTRADA GODINA

ROBERTO ANDRADE CRUZ

D E D I C A T O R I A S

A LA MEMORIA DE MI PADRE.

A MI HIJO QUIEN LLENA DE LUZ Y  
ALEGRIA MI VIDA .

PARA MIS TIOS GLORIA Y EUSTACIO CON-  
GRATITUD Y RECONOCIMIENTO POR SU AYUDA  
Y COMPRESION.

A MI FAMILIA CON SINCERO AGRADECIMIENTO

A MIS MAESTROS.

A LA FACULTAD DE QUIMICA

A LA UNIVERSIDAD.



## I N D I C E

- I.- INTRODUCCION
- II.- GENERALIDADES
- III.- ESTUDIO DE MERCADO
- IV.- PROCESO
- V.- CALCULO DEL EQUIPO
- VI.- CONSIDERACIONES ECONOMICAS
- VII.- CONCLUSIONES
- VIII.- BIBLIOGRAFIA.

## 1.- INTRODUCCION.

El gran desenvolvimiento industrial que va alcanzando nuestro país gracias al nacimiento de nuevas fuentes de trabajo hacen que estemos más confiados en el desarrollo futuro de México para ponerse a la altura de cualquier país adelantado; es por esto que tomando interés por las nuevas industrias de capacidad insospechada como en el ramo de los plásticos: en la elaboración del poliestireno expandible a partir del monómero de estireno, propongo este anteproyecto.

Por otra parte como es sabido Pemex con sus instalaciones modernas en CD Madero produce monómero de estireno, materia prima básica para la fabricación del poliestireno expandible de esta manera podemos obtener costos más reducidos de producción y que todas las clases sociales puedan disfrutar de las ventajas de los productos fabricados con monomero de estireno, porque en la actualidad hay un sin número de productos fabricados, siendo de utilidad no solo para la industria sino para el uso diario en construcciones y arreglos de decoración, este tipo de industria merece toda la atención de parte del capital así como del apoyo del gobierno, dando facilidades para su establecimiento ya que ayudará para que las industrias que derivan de esta materia puedan consolidarse cada vez más en beneficio de los mercados y que en el futuro se pueda exportar.

## II.- GENERALIDADES.

El poliestireno expandible consiste de — — partículas de estructura celular en las que se tiene atrapado aire debido a esto, sus propiedades térmicas son excelentes, sobre todo para aplicaciones donde se requiere aislamiento. Considerando el aire encapsulado y el poco contenido por unidad de volumen, se encuentra en este material una alta absorción de choques aunada a una ligereza en el producto. Por su apariencia física es usado en toda clase de artículos decorativos y de construcción. En la tabla correspondiente se menciona las propiedades del poliestireno ya expandido proveniente de perlas expandibles que corresponden a 20, 30 y 40 mallas aproximada y — respectivamente.

PROPIEDADES	1LB/FT <sup>3</sup> (20 mallas)	3LB/FT <sup>3</sup> (30 mallas)	5LB/FT <sup>3</sup> (40 mallas)
-------------	------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

## MECANICAS

## Resistencia

a la tensión	23 psi	91 psi	159 psi
--------------	--------	--------	---------

## Resistencia

a la flexión	39 psi	145 psi	258 psi
--------------	--------	---------	---------

## Resistencia

al corte	18 psi	59 psi	-----
----------	--------	--------	-------

## Resistencia

a compresión  
(5% deformación)

13 psi	50 psi	88 psi
--------	--------	--------

Compresión  
set. a 40 %  
de deformación

14.3	24.3%	-----
------	-------	-------

## FISICAS

Peso específico

0.016	0.0481	0.0801
-------	--------	--------

Absorción  
de humedad

0.05LB agua/FT <sup>2</sup> de super.	0.04LBagua/ FT <sup>2</sup> de super.	0.03LBagua /FT <sup>2</sup> de sup.
---	--	--

## TERMICAS

Conductividad  
térmica  
a 75 F 

0.26BTU/FT<sup>2</sup> HF /in    0.2415BTU/  
FT2HF /in    0.247BTU/  
FT<sup>2</sup>HF /in

Efecto de la  
temperatura  
a 175 F 

no hay cambio    algunas bur-    muchas  
bujas    bujas    burbujas

ELECTRICAS  
a 2LB/FT3

Constante  
dielectrica

102 @ 10<sup>6</sup> HZ./sec

Resistencia  
dielectrica

49 volta./mil, in

Resistencia  
Volumétrica

3.8X10<sup>13</sup> /cm.

El poliestireno expandido se emplea en forma de placas, para cuartos de refrigeración, plafones de cocinas, hieleras etc., se mezcla el estireno con 3 o 4 partes de agua, se agrega un 8 a 10 % de éter étilico y se agita la mezcla, como el monómero no es soluble en el agua, forma pequeñas gotitas esféricas cuyo tamaño depende de la velocidad de reacción.

La polimerización se efectúa por el método de desuspensión se utiliza como iniciador peróxido de benzilo, - la temperatura de reacción, en este caso es de 80 a 90° y el tiempo de reacción es de 8 hrs. al final de la reacción se obtienen esferas de polímero tienen un diámetro de 0.1 a 1 mm y que en su interior contienen éter. Las esferas se introducen en un preexpansor en el que se calientan con vapor a 75° este hace que el éter se evapore y expanda la esferita hasta un diámetro tres o cuatro veces más, mayor que el original.

Las esferas preexpandidas se introducen en un molde para hacer la pieza final, el molde se calienta a una temperatura de 90 a 95.° para completar el proceso de expansión y para que el polímero se reblandezca hasta que las esferitas, se peguen entre sí formando la pieza final.

## III.- ESTUDIO DEL MERCADO

- 1.- PRINCIPALES INDUSTRIALES QUE CONSUMEN EL PRODUCTO.  
EL POLIESTIRENO EXPANDIDO SE EMPLEA EN LAS SIGUIENTES INDUSTRIAS:
- RAZON SOCIAL.
- ENVASES PRIMO CUEVAS, S. A.
  - PLASTICOS BOSCO, S. A.
  - U.S. SANITARY DE MEXICO, S. A.
  - ARTES GRAFICAS UNIDAS, S. A.
  - BELLAPLAST, S. A.
  - CONVERTIDORA MEXICANA DE PLASTICOS, S. A.
  - THERMO ENVASES, S. A.
  - CALEFACCION CENTRAL, S. A.
  - REFRIGERACION ANAHUAC, S. A.
  - PROVEEDORA MEXICANA DE REFRIBERACION, S. A.
  - REFRIGERACION, S. A.
  - A. S. S. A.
  - UNISEL, S. A.
  - NOVAPACK, S. A.
  - POLIPRODUCTOS DE MEXICO, S. A de C.V.
  - ESPUMADOS DE ESTIRENO, S. A.
  - POLEYPAN, S. A.
  - POLIESTIRENO EXPANDIBLE, S. A.
  - SELLO EMPAQUES, S. A.
  - TERMO EMBALAJES, S. A.
  - DISTRIBUIDORA FIBERGLASS DE MEXICO, S. A.
  - PLAFONES Y MATERIALES DE ALUMINIO, S. A.
  - RIHO, S. A.

FADITE, S. A.  
INSTALADORES DE MEXICO, S. A.  
CUCATEX, S. A.  
AMP. S. A.  
ESPUMADOS DE ESTIRENO, S. A.

## PRINCIPALES USOS Y APLICACIONES.

En la industria de los plásticos se emplea, blocks, láminas gruesas plafones para aligerar lozas, -- aislamiento de techos, cámaras frías, empaques de todo tipo, lámina delgada para plafones, envases desechables y -- láminas extruídas para termo formado.

### Localización de la planta.

La localización adecuada de una planta es -- tan importante para su éxito como lo es la selección de un proceso, por que una vez instalada la planta en un lugar, no es fácil mudarla, es más alguna falla en la localización puede repercutir en el total abandono de las operaciones.

El propósito es seleccionar un lugar tal -- que permita a una compañía reunir las siguientes características:

- a).- Suministro de materia prima.
- b).- Energía.
- c).- Agua.
- d).- Proximidad al mercado



f).- Adquisición de la mano de obra.

g).- Entregar el producto terminado a sus --  
consumidores al mínimo costo.

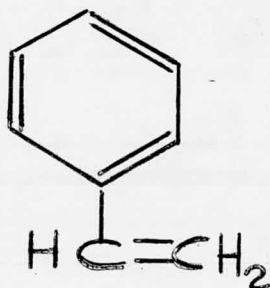
Suministro de materia prima.

El monómero de estireno, disponible en grandes cantidades, en Ciudad Madero, fabricado por Pemex. Ha adquirido gran importancia como la materia prima básica -- en la elaboración de diferentes plásticos, dada la gran -- demanda que ha experimentado estos productos en los años--recientes.

Propiedades físicas y químicas.

Nombre, vinil, benceno o estireno formula  $C_8 H_8$

El estireno es un hidrocarburo pero tiene -- una doble ligadura alifática, la cual le permite y le da -- facilidad para reacciones de polimerización, o con halóge -- nos, haluros hidrógeno etc., de los monómeros, es quizá -- uno de los de más alta ebullición lo cual facilita su tra -- bajo sin equipo de presión, Es un líquido a temperatura -- ambiente con olor característico originado por los produc -- tos de oxidación que lo impurifican. Es misible en meta -- nol, etanol, éter, etílico, disulfuro de carbono, acetona -- tetra cloruro de carbono, y en general en los líquidos mo -- deradamente no polares.



Propiedades físicas del producto industrial.  
a continuación se menciona.  
punto de ebullición a

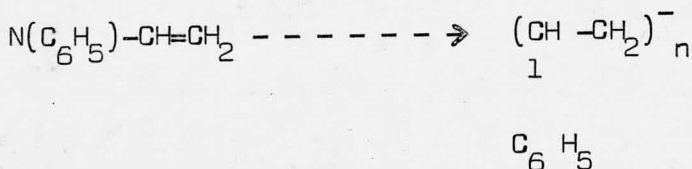
760 mm	146.5 C°
100 mm	82.0 C°
20 mm	46.0 C°
Punto de congelación	- 30.6°C
Densidad a 25 C°	0.905 gr/cc
Indice de refracción a 25 C°	1.5439
Viscosidad a 25 C°	0.73 cps
Tensión Superficial 25 C°	31.7 dinas/cm <sup>2</sup>
Temperatura crítica	373 C°
Punto de inflamación 25 C°	31 C°

Calor específico 25 C°	0.407 cal/gr.
Calor de vaporización 25 C°	-869 cal/gr.
Calor de Fusión	25.4 cal/gr.
Calor de combustión	10.04 cal/gr.

Las propiedades debidas a su estructura química (olefinas).

*AlCl<sub>3</sub> /  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /*

1.- Reacción de polimerización:

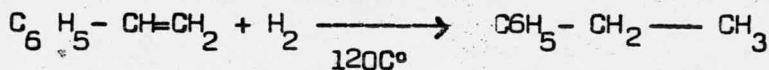


Esta reacción se lleva a cabo en presencia de compuestos que generan radicales, tales como peroxidos, catalizadores ionicos del tipo de Friedel y Crafts, ó bien por calentamiento.

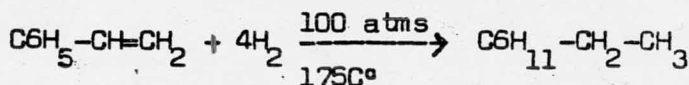
2.- Reacción de Hidrogenación:

En presencia de catalizadores

adecuados tales como platino o níquel, las siguientes — reacciones se lleva a cabo.



etil benceno



etil ciclo hexano

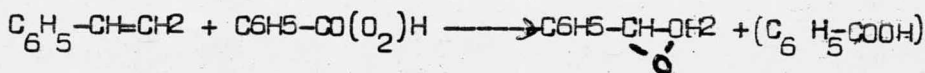
### 3.- Reacción de oxidación:

Cuando el estireno se oxida con  $\text{cro}_3$  se obtiene ácido benzoico en tanto que cuando la oxidación se hace con ácido perbenzoico, se produce el óxido de estireno.

La oxidación se puede llevar a cabo con aire y otros oxidantes dando productos diversos según las condiciones:

$$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow[\text{3}^+]{\text{cro}_3} \text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

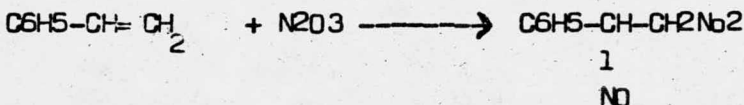
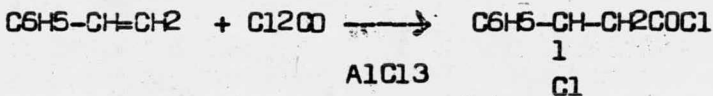
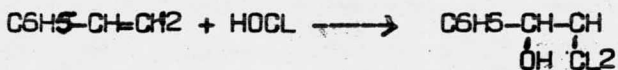
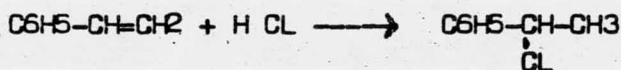
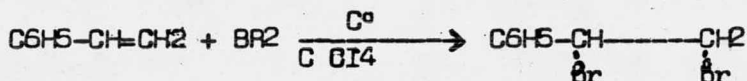
ácido benzoico



óxido de ácido  
estireno benzoico

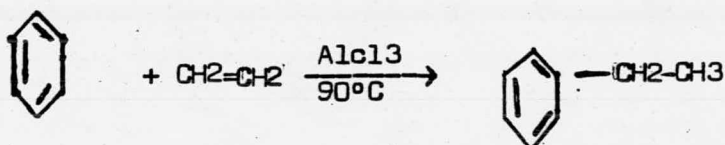
## 4.- Reacciones de adición.

En condiciones adecuadas, se pueden adicionar al estireno, los halógenos, haloxiacidos y compuestos de nitrógeno, oxígeno y azufre, así como también se adicionan olefinas por la reacción de Friedel y Crafts y - Diels-ALDER.

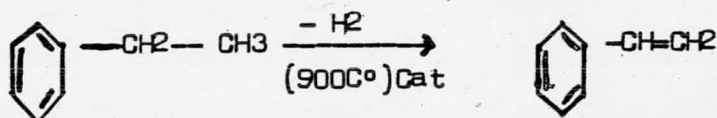


obtención del monómero de estireno.

El más conocido que utiliza benceno y etileno, con  $\text{AlCl}_3$  como catalizador o también  $\text{H}_3\text{PO}_4$



Para darnos el etil benceno correspondiente- el cual será deshidrogenado catalíticamente en un reactor:



Usos del estireno:

Estireno para plásticos:

1.- Química orgánica

a).- Agricultura

b).- Cosméticos.

c).- Productos farmacéuticos.

2.- Emulsiones estireno butadieno

a).- Textiles.

b).- Adhesivos

### 3.- Modificaciones del estireno aceites con estireno.

- a).- Pinturas de aceite barnices
- b).- Productos metálicos.
- c).- Pinturas a base de agua

### 4.- Resinas poliestéricas

- a).- Tubería
- b).- Equipo de aviación
- e).- Equipaje

### 5.- Estireno para hule sintético

- a).- Elásticos
- b).- Zapatos.
- c).- Suelas

### 2.- Resinas de intercambio ionico

- a).- Alimentos
- b).- Purificación de agua

### 3.- Emulsiones de poliestireno

a).- Adhesivos

b).- Laminación

c).- Aislamiento de calor y sonido

4.- Copolimero de estireno

a).- Compuestos para moldeo plástico

5.- Copolimeiro de estireno y acrilatos

a) Seras.



#### IV .- PROCESO

Proceso de obtención de Poliestireno, actualmente son 4 métodos.

- 1.- Polimerización en Masa;
- 2.- Polimerización en Solución.
- 3.- Polimerización en Emulsión;
- 4.- Polimerización en Suspensión;

Cada uno de estos procedimientos. tiene sus ventajas y desventajas.

Los procesos alcanzados en la técnica de la polimerización en estos últimos años y el mejor conocimiento de los fundamentos de las reacciones propias de -- los mismos permite que la industria pueda utilizarlos todas en la fabricación en gran escala.

##### 1.- Polimerización en Masa;

En este tipo de Polimerización no se utiliza ningún disolvente, sino que se polimeriza monómero puro.-- Este tiene ventajas importantes, porque el tamaño del -- equipo se reduce considerablemente y además, el proceso -- se puede hacer cóntinuo, pero por otro lado plantea un --

problema muy serio: Las reacciones de Polimerización -- son exotérmicas, es decir, en ellas se desprende calor en cantidades considerables.

Ejemplo: La polimerización del estireno para la obtención del Poliestireno.

Al polimerizar un Kilogramo de estireno se desprenden 160,000 calorías; este calor es suficiente para hacer hervir dos kilogramos de agua. En todos los procedimientos de polimerización que a continuación se describieran, solución, emulsión y suspensión, el monómero -- va disuelto o suspendido en alguna sustancia que puede absorber el calor de polimerización y la temperatura sube -- unos cuantos grados. Sin embargo, Si se polimeriza en masa, como no hay disolvente y como además el poliestireno -- es mal conductor del calor, el reactor y su contenido se calentaría demasiado y podría producirse hasta una explosión. Por esta razón el proceso se realiza en dos etapas.

Etapa a).- Prepolimerización. Esta fase se lleva a cabo generalmente en dos reactores pequeños, porque es más fácil controlar la temperatura de dos reactores chicos que la de uno de tamaño doble. Estos reactores tienen serpentines o chaquetas para circulación de -- agua fría o de agua caliente. Se disuelve una pequeña cantidad de peróxido de benzoilo en estireno puro y se calienta a 80°C para iniciar la polimerización en vista de-

que al polimerizar el estireno, se desprende calor, la temperatura comienza a subir y se pasa agua fría por el serpentín o por la chaqueta para mantener la temperatura en  $80^{\circ}\text{C}$  hasta que se polimeriza el 25 % del estireno. Luego al contenido de los dos reactores pasa el reactor tubular para completar la segunda etapa.

Etapa b).- Esta etapa se realiza en un tubo provisto de chaquetas y serpentinas para circulación de vapor o de agua fría. La temperatura se controla de manera que aumente progresivamente desde  $80^{\circ}\text{C}$  en la entrada hasta  $200^{\circ}\text{C}$  en la salida del tubo.

Esto se hace con el objeto de completar la polimerización y de que al final salga polímero puro fundido.

La masa fundida pasa a un extrusor que descarga el polímero en forma de macarrón de unos 3 mm de diámetro y pasa por una tina de agua fría y después pasa a una cortadora para formar pequeños cilindros que se emplearán para alimentar máquinas de moldeo.

En este proceso se usa monómero sólo. Ventajas:

- 1.- Simplicidad.
- 2.- Excelentes propiedades eléctricas.

### 3.- Alta claridad

#### Desventajas:

- 1.- Gran desprendimiento de calor para operación en gran escala.
- 2.- Distribución irregular del peso molecular.

#### Polimerización en Solución.

El monómero se disuelve en un solvente y la polimerización se lleva a cabo por la adición de iniciador y aplicación de calor. La polimerización en solución puede ser de dos tipos:

- 1).- Homogénea.- En donde el monómero y el polímero formado son solubles.
- 2).- Heterogéneo.- En la cuál el monómero es soluble pero su polímero es insoluble en el solvente, permitiendo la precipitación del polímero.

La velocidad de polimerización y el peso molecular del polímero variará dependiendo del tipo de solvente, la temperatura a la cuál se lleva a cabo la reacción y la cantidad y tipo de iniciador añadido. Por lo -

general, al peso molecular de los polimeros en solución— son mucho más bajos que los pesos moleculares de los polimeros producidos en emulsión, bulto o suspensión.

Es muy importante la selección cuidadosa del solvente o combinación de solventes, para ser usados con un monómero dado que de acuerdo con eso se obtendrá una — determinada transferencia de cadena e influencia sobre el peso molecular del polimero formado.

La transferencia de cadena característica — de cada solvente afecta la velocidad de reacción y el peso molecular del polimero. En algunos casos, la transferencia de cadena reduce la reactividad de los radicales — libres, disminuyendo por lo tanto, la velocidad de reac— ción; esto es de importancia secundaria, sin embargo, para obtener ciertas propiedades del polimero ya terminado, se deberá tener mucho cuidado en escoger el solvente adecuado.

La polimerización del estireno, se recomienda en aquellos casos en que se desea polimeros de bajo pe so molecular son empleados en la fabricación de lacas, — pinturas, etc.

Este método emplea estireno monómero diluido con solvente.

Ventajas.-

- 1.- Calor de polimerización controlada
- 2.- Polímero listo para su uso

Desventajas.-

- 1.- Es difícil de eliminar el último 10 % de solvente.
- 2.- El solvente reduce el peso molecular y la rapidez de polimerización.
- 3.- Dificultad para agitación de soluciones muy viscosas.

Polimerización en emulsión.

La polimerización en emulsión de los monómeros vinílicos es de una gran importancia industrial. Las emulsiones se están usando, para, pinturas, textiles recubrimientos de papel, más importante en la preparación de hule sintético (dienes).

Como resultado de esto, la literatura de tecnología de emulsiones es muy vasta y existen multitud de patentes.

Los aspectos generales de la polimerización — en emulsión se presentan enseguida.

#### Componentes de la polimerización en emulsión:

Las emulsiones son dispersiones de partículas muy finas de polímero en un medio no solvente, generalmente agua casi siempre se preparan a partir de monómeros vinílicos, agua, surfactantes, coloides, protectores, iniciadores, (catalizadores) buffers, modificadores, y antiespumantes.

A continuación se describirán 4 componentes

#### 1.- Agua (fase acuosa).

El agua no solamente provee el medio dispersante para las partículas de polímero, sino que sirve también como solvente y medio de difusión para las pequeñas cantidades de monómero; como solvente para el surfactante. El coloide protector, iniciador y activador, si se usa para especies iónicas tales como: sales y buffers. Concretando es el medio dispersante para las gotitas de monómero, al recibir de las cadenas de polímero que crecen ya sea en micelas o como partículas de polímero monómero todavía más importante en su función como un medio excelente para la transferencia de calor, permitiendo que grandes cantidades de calor de polimerización se disipen.

## 2.- Monómeros:

La cantidad de monómeros que se pueden homopolimerizar o interpolimerizar es muy grande para poder mencionar aquí. Hay tres restricciones generales en relación a los monómeros vinílicos polimerizables.

I.- Los monómeros deben ser finitos, pero completamente solubles en la solución acuosa del surfactante.

II.- Los monómeros deben ser polimerizables a la temperatura en que la solubilización ocurra.

III.- Los monómeros no deberan reaccionar ni en mínima parte con el agua surfactante nuestro reactivo.

Cuando se está efectuando la copolimerización e interpolimerización, se pueden presentar muchas dificultades si un monómero es muy soluble en agua comparando con otros.

## 3.- Surfactante.

Su principal función consiste en dispersar las partículas finas que se producen. Los surfactantes -



(emulsificantes, jabones agentes dispersantes o detergentes) deben sus propiedades a la presencia de dos grupos separados en una molécula, un grupo no polar (lipofílico ó soluble en aceite), y de un grupo polar (hidrofílico o soluble en agua).

A una determinada concentración, característicos de cada surfactante, las moléculas se agregan para formar micelas.

Estas micelas estan formadas de un número determinado de moléculas de surfactante, en las cuales las puntas solubles en aceite están dirigidas hacia el centro y las puntas solubles en agua dirigidas a la periferia cercana a la atmósfera del agua. El monómero dentro de las micelas se difunde en la mezcla en pequeñas gotitas a través de la fase acuosa. La polimerización se inicia principalmente en las micelas lo cual continua hasta la formación del polímero y el resto del monómero se difunde en ella.

Finalmente, se destruye la estructura micelar y las moléculas de surfactante permanecen absorbidas unimolecularmente sobre la partícula de polímero. El monómero continuará difundiendo dentro de estas partículas y se seguirá polimerizando hasta que se haya completado la conversión.

#### 4.- Iniciadores (catalizadores).

Las polimerizaciones en emulsión se han restringido por lo general al uso de iniciadores por radicales libres el uso de precursores de radicales libres-solubles en agua predomina sobre los solubles en aceite.

A los iniciadores se les clasifica en dos tipos:

A).- Aquellos que permiten la ruptura térmica del enlace del precursor de radicales libres.

B).- Aquellos que son generadores por mecanismo de transferencia electrónica que pertenecen a los precursores de radicales libres y a los agentes reductores (oxidación-reducción o redox). Todos los enlaces químicos se rompen si se tiene suficiente energía vibracional.

Sin embargo, solamente un rango limitado de valores de disociación dan como origen, generación de radicales libres a una velocidad práctica. Si es demasiado baja, da como resultado la descomposición en el almacenamiento, si es muy alta la descomposición es muy prolongada, una clase muy importante de compuestos, caracteriza por tener enlaces o-o y n-n dentro de la molécula exhiben

energías de disociación de enlace que caen dentro del ---  
rango 30-35 Kcal/mol.

Estos se descomponen a una temperatura conve  
niente generalmente 60-85°C y una velocidad mensurada con  
un tiempo de polimerización eficiente.

En este proceso se usa agua como vehiculo ---  
con agente emulsificante.

Ventajas.-

1.- Es rápida y no hay dificultades con ca-  
lor de polimerización.

2.- Pueden efectuarse muchas copolimerizacioo  
nes no posibles con otros métodos.

3.- Adaptable a polimerización continua.

4.- Muy adecuada para latex.

Desventajas.-

1.- Contaminación del polimero con agua y ---  
otros agentes emulsificantes.

## 2.- Secado.

### Polimerización en Suspensión.

Lo que se pretende en este caso, es obtener el polimero en forma de esferas solidas que se pueden emplear para el moldeo de piezas o para hacer aislantes como por ejemplo el poliestireno expandible.

El monómero, es dispersado como pequeñas gotitas en un medio, generalmente agua, en el cual es practicamente insoluble. Se emplea agitación y pequeñas cantidades de coloide protector para conservar el monómero - en forma de gotitas, y después se invierten en partículas pequeñas de polimero que también son insolubles y así evitar que se aglomeren.

La polimerización de las pequeñas gotitas -- del monómero que estan en suspensión se lleva a cabo por la adición de iniciadores que son solubles en solventes - orgánicos y además por la aplicación de calor.

La polimerización en suspensión es usada -- cuando se desea separar facilmente el polimero del medio de reacción.

Este método de polimerización se emplea agua como vehiculo, con agentes dispersantes para mantener el material en suspensión.

### Ventajas.

1.- El control que se puede tener sobre el peso molecular del polimero en rangos muy amplios.

2.- Se puede tener un buen control de reacción.

3.- Una gran facilidad para disipar el calor exotérmico de polimerización.

4.- El polimero resulta en forma de esferas.

### Desventajas.

1.- Contaminación con agua y el agente estabilizante.

### Descripción del Proceso.

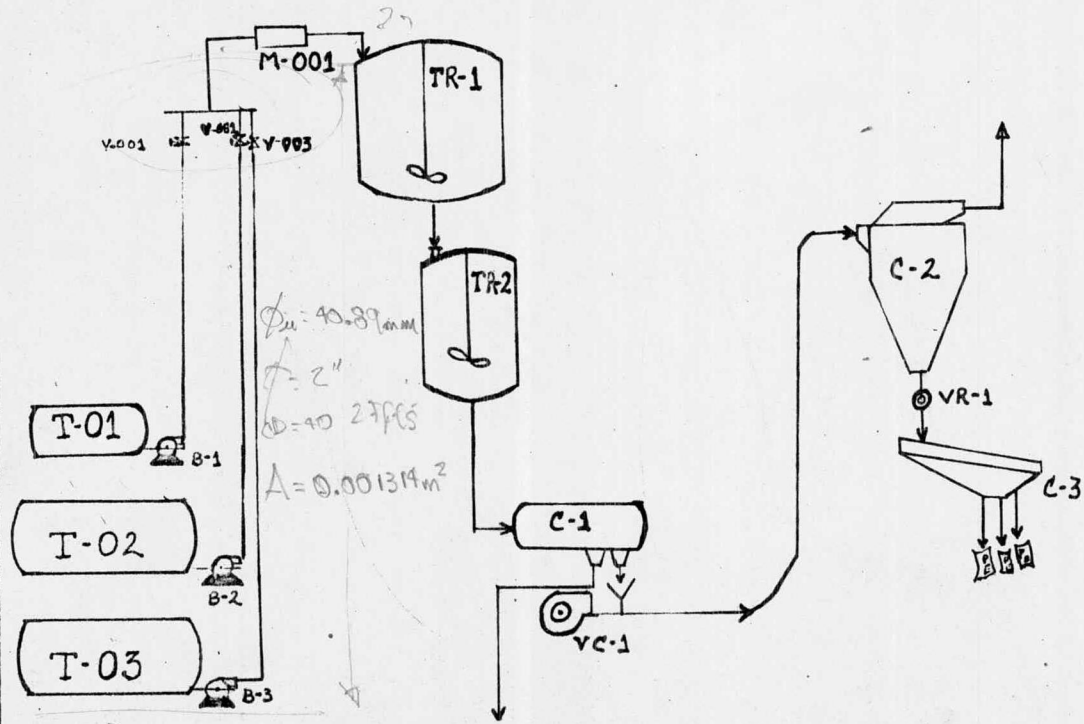
Con el objeto de hacer una descripción del método de obtención del poliestireno expandible se ha elegido el proceso de polimerización en suspensión, con el objeto de tener polimero en forma de esferitas.

La reacción se lleva a cabo en reactores intermitentes y cerrados.

Se carga 49% de estireno, 40 % de agua, 9 % de éter etílico, 0.4 % de catalizador, 1.6 % de agente de suspensión, se agita, como el monómero no es soluble en -

agua, forma pequeñas gotitas esféricas cuyo tamaño depende de la velocidad de agitación. Si se suspende la agitación, las esferas se van juntando lentamente hasta formar una capa de estireno que flota sobre el agua. Para evitar que las gotitas del monómero se junten y se aglomeren, es necesario mantener continuamente la agitación y la gelatina actúa como agente de suspensión, la gelatina forma una especie de recubrimiento al rededor de cada esferita de estireno y así ayuda a evitar la aglomeración. En el caso de la polimerización en suspensión, conviene que el iniciador sea soluble en el monómero y por esta razón generalmente se usa el peróxido de benzoilo. El agua debe ser desmineralizada, y la polimerización debe realizarse en atmósfera de Nitrogeno.

La temperatura de reacción, en este caso es de 80 a 90°C y el tiempo de reacción es de 8 horas a medida que transcurre el tiempo, las esferas se vuelven pegajosas y al final de la reacción se endurecen y se obtienen esferas de polímero que en su interior contienen éter. El polímero obtenido, pasa a un tanque lavador, -- este lavado se efectúa con agua, después pasa por una centrifuga, en donde se separa el agua y las esferas, estas esferas pasan por un secador rotatorio, la salida de las esferas es transportada por un sistema neumático, hasta el sistema de cribado en donde se selecciona el tamaño de polímero y se envasa en sacos de papel con un peso de 25 kgmos y al final se transporta al almacén de producto terminado, adjunto se presenta el diagrama de flujo para este proceso.



CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE	REVISIONES
M-001	MOTOR DE LA BOMBA	T-01	TANQUE PARA AGUA	
V-001	VALVULA DE CIERRE	T-02	TANQUE / MONITOR DE NIVEL	
V-003	VALVULA DE CIERRE	T-03	TANQUE / MONITOR DE NIVEL	
B-1	BOMBA P/AGUA	C-1	CAJON	
B-2	BOMBA P/AGUA	C-2	CAJON	
B-3	BOMBA P/AGUA	C-3	CAJON	
M-001	MOTOR DE BOMBA	VC-1	VALVULA DE CIERRE	
		VR-1	VALVULA DE CIERRE	

**U.N.A.M.**  
 DIAGRAMA DE FLUJO  
 ROSARIO ESTRADA GODINA  
 TESIS PROFESIONAL  
 PLANO 1 1978

84

## V.- CALCULO DEL EQUIPO.

En ésta planta se emplea el siguiente equipo:

- a).- Reactor
- b).- Generador de vapor
- c).- Centrifuga
- d).- Sistema neumático y
- e).- Cribadora.
- A).- Diseño del Reactor.

Dimensiones del reactor, para calcular el reactor de polimerización se tomarán en cuenta las siguientes dimensiones que afecta diversas variables, diámetro interior, altura y espacios para el control de espuma.

La forma más apropiada de estos reactores es la cilíndrica.

*632 gal*  
*143277,84 lt*

Base del calculo 37850 galnes la carga que se va a polimerizar está compuesta de las siguientes sustancias.



m.p.	c/o
estireno	49.00
agua	40.00
eter etilico	9.00
catalizador	0.40
emulsificante	1.60
total	100.00

## EQUIVALENTE EN VOLUMEN

estireno	$632 \times 0.49$	309.68	18,546.500 gal. —
agua	$632 \times 0.40$	252.8	15,140.000 " —
eter etilico		56.88	3,486.500 " —
catalizador		2.528	151.400 " —
emulsificante		10.112	605.600 " —
Total			37,850.00 gal

Para este tipo de reactores los datos de —

diseño especifican un 25 % de volumen vacío con respecto a su capacidad se tiene:

0.25

$$V_r = V_t + V_v$$

$V_t$  = volumen total monómero-agua en galones

$V_v$  = volumen vacío en galones

$V_r$  = volumen del reactor en galones

$$V_r = V_t + V_t \times .25 \qquad 37850 + 37850 \times .25$$

$$V_r = \overset{632}{37850} + \overset{632 \times 0.25}{9462.5} = 47,312.5 \text{ gal.} = 6292.5 \text{ pies}^3$$

*790 gal @ 13.68 H<sup>3</sup> = 105.60 H<sup>3</sup>*

Por experiencia la relación de la altura -- del reactor al diámetro del mismo es:

$$H = 1.5 D$$

Datos

$$H = 1.5D \text{ --- --- --- --- --- (1)}$$

$$V_r = 6292.5 \text{ pies}^3 \text{ --- --- --- --- --- (2)}$$

*105.6*

Tenemos

$$V_r = \pi r^2 H \text{ --- --- --- --- --- (3)}$$

Sust. H en función de D y sabiendo que:

$$D = 2r \text{ ----- (4)}$$

Sust. (1) en (3) se tiene

$$Vr = \pi r^2 1.5 D \text{ ----- (5)}$$

Sust. (4) en (5) se tiene

$$Vr = 3 \pi r^3 \text{ ----- (6)}$$

despejo  $r$  se tiene:

$$r = \sqrt[3]{\frac{Vr}{3 \pi}} = \sqrt[3]{\frac{106.6}{3 \times 3.1416}} = \sqrt[3]{\frac{667.653}{11.2045}} = 8.74 = 9 \text{ pies}$$

*2.245 ≈ 2 ft*

El valor de  $r$  Sust. en (4)

$$D = 2 \times 9 = 18 \text{ pies}$$

*2 \* 2 = 4 ft*

$$18 - 300$$

*- 50*

El valor  $D$  Sust. en (1)

$$H = 1.5 \times 18 = 27 \text{ pies}$$

$$H = 1.5 * 4 = 6$$

d).- Cálculo del sistema neumático.

Para satisfacer las necesidades del proceso se pensó en un sistema neumático, para el transporte del producto, de la centrífuga a la cribadora, tal como se ilustra en el diagrama de flujo y costado:

- a).- Un ventilador que impulse el aire
- b).- Un venturi de carga en donde el aire --  
arrastra el material alimentado.
- c).- Ducto de arrastre del material.
- d).- Ciclón separador.
- e).- Una valvula rotatoria que controla y --  
regula la entrada de aire a la criba.

Se calcula la velocidad crítica de la partícula, si aplica la teoría de W.G Hudson y también la velocidad del producto, pérdidas de presión en los ductos.

Velocidad crítica del material:

$$V_c = 896 \sqrt{\frac{dg}{w}}$$

$V_c$  = velocidad crítica en pies/min.

$d$  = diametro de la partícula en pulg.

$g$  = gravedad específica del solido 1.06

$w$  = densidad específica del solido l b/pies<sup>3</sup>

Datos:

$V_c = ?$

$d = 0.070$  pulg.

$$g = 1.06$$

$w = 0.0779 \text{ lb/pies}^3$   $0^\circ\text{C}$  y  $760 \text{ mm. Hg.}$  corregimos la densidad del aire a las condiciones atmosféricas de México D.F. es decir  $20^\circ\text{C}$  y  $585 \text{ mm. Hg.}$

$$P_1 = 760 \text{ mm Hg}$$

$$P_2 = 585 \text{ mm Hg}$$

$$T_1 = 273 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_2 = 293 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$W_1 = 0.0779 \text{ lb/pies}^3 \times \frac{P_1 \times P_2}{P_1 T_2} = \frac{0.0779 \times 585 \times 273}{760 \times 293}$$

$$W = 0.0598 \text{ lb/pies}^3$$

$$V_c = \sqrt{\frac{0.070 \times 1.06}{0.0598}} = 998 \text{ pies/min.}$$

\* 896

Una vez conocida la velocidad crítica de tablas (J.L. Alden) obtenemos la velocidad del aire en pies/min.

$$V_a = 4000 \text{ pies/min}$$

### La velocidad del producto

$$V_p = V_a - V_c$$

$V_p$  = Velocidad del producto pies/min.

$V_a$  = Velocidad del aire pies/min.

$V_c$  = Velocidad crítica del producto pies/min.

Como dato el diametro del ducto es de 8 — pulg. y la velocidad de aire es 4000 pies/min de tablas (J.L. Alden) obtenemos el gasto de aire es de 1520 pies<sup>3</sup>/min de aire.

$h_a$  = fricción debida al aire 2.8 pulg. de — agua/100 pies cálculo la perdida de fricción debido al — producto.

$$h_p = \frac{G}{V_p} = \left[ \frac{3H}{WD^2} + \frac{40}{D^3} (\lambda + 75N) \right] + \frac{G V_p}{32500^2}$$

$h_p$  = fricción debida al producto (pulg H<sub>2</sub>O)

$G$  = gasto del producto lb/min.

$V_p$  = velocidad del producto pies/min.

$H$  = longitud vertical del sistema en pies

W = densidad del aire corregida lb/pies<sup>3</sup>

D = diametro del ducto en pulg.

$\lambda$  = longitud horizontal del sistema en pies

N = número de codos.

Datos

$$hp = ?$$

El gasto del producto es: 2500 kg/Hr

$$\times \frac{2.21 \text{ lbxhr}}{\text{Kgr } 60 \text{ min.}}$$

1.55

$$g = 91.66 \text{ lb/min}$$

$$3000 \text{ ton} \times \frac{1 \text{ año}}{360 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hr}}$$

$$V_p = 3002 \text{ pies/min.}$$

$$H = 120 \text{ pies}$$

$$\lambda = 33 \text{ pies}$$

$$2500 - 3000$$

$$211.66 \approx 42 \frac{14}{31}$$

$$W = 0.598 \text{ lb/pies}^3$$

$$D = 8 \text{ pulg.}$$

$$N = 2$$

$$hp = \frac{91.66}{3002} \left[ \frac{3 \times 120}{0.0598 \times 8^2} + \frac{40}{8} \right] (33 + 75 \times 2) + \frac{91.66 \times 3002}{3250 \times 82}$$

hp = 4.62 pulg. de agua.

Fricción debida al aire solo.

ha = fricción debida al aire 2.8 pulg. de agua/100 pies  
longitud equivalente.

$$L E = H + \lambda + N$$

L E = longitud equivalente del sistema en pies

H = longitud vertical en pies

$\lambda$  = longitud horizontal en pies

N = número de codos

1 codo de 8 pulg.  $\approx$  21 pies.

$$L E = 120 + 33 + 2 \times 21 = 195 \text{ pies.}$$

$$h_a = \frac{2.8 \text{ pulg de agua} \times 195 \text{ pies}}{100 \text{ pies}} = 5.46 \text{ pulg. de agua.}$$

Cálculo del ciclón.

Se escogió un ciclón de 99 % de eficiencia-  
de separación recomendado por J.L. Alden.



## Especificaciones del ciclón:

Velocidad de salida aire ligeramente menor -  
que la entrada

## Cálculos

$$A = \sqrt{\frac{Q}{V_e}}$$

A = sección cuadrada entrada en pulg.

Q = gasto de aire pies<sup>3</sup>/min.

V<sub>e</sub> = velocidad de aire entrada pies/min.

## Datos

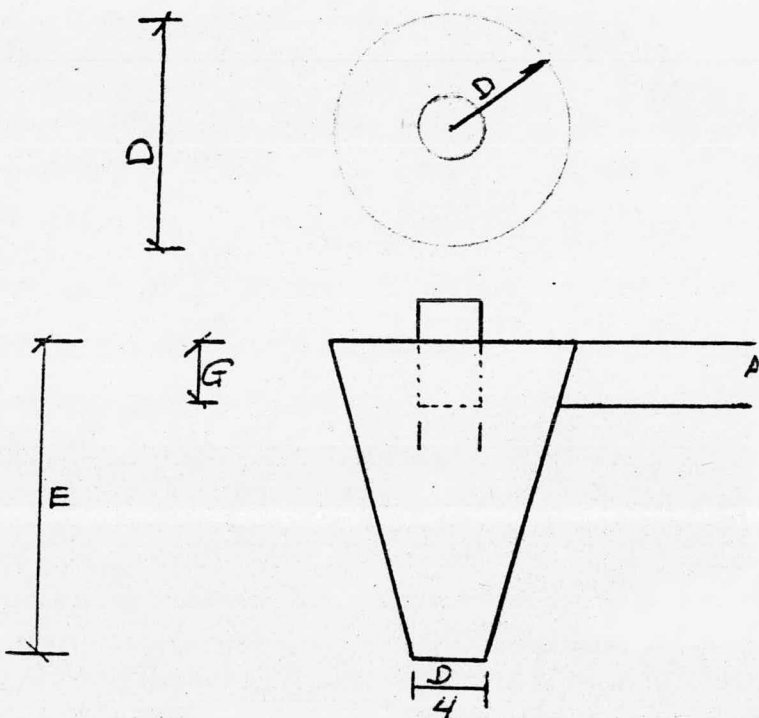
$$A = ?$$

Q = 1520 pies<sup>3</sup>/min de aire

V<sub>e</sub> = 2000 pies/min de aire

$$A = \sqrt{\frac{Q}{V_e}} = \frac{\sqrt{1520}}{2000} = \frac{0.87 \cancel{\text{pies}} \times 12 \text{ pulg}}{\text{pies}}$$

$$A = 10.46 \text{ pulg.}$$



Cálculo sección circular B

$$B = 2 A \frac{1}{\sqrt{\pi}}$$

B = Sección circular

A = Sección cuadrada

$$B = 2 \times 10.46 \times \frac{1}{\sqrt{3.1416}} = 11.80 \text{ pulg} \approx 12 \text{ pulg.}$$

B = 12 pulg sección circular

Cálculo de la velocidad de salida

$$V_s = \frac{Q}{0.785 \times B^2}$$

$V_s$  = velocidad de salida en pies/min.

Q = gasto de aire pies<sup>3</sup>/min.

B = Sección circular pulg.

$$V_s = \frac{1520}{0.785 \times 12^2} = \frac{1520 \times 144}{0.785 \times 144} = 1936 \text{ pies/min}$$

Calculo del Radio.

$$C = A + \frac{B}{2} \qquad 10.46 + \frac{12}{2} = 16.46 \text{ pulg.}$$

$$C = 16.5 \text{ pulg.}$$

Calculo Diametro:

$$D = 2 C$$

D = diametro en pulg.

C = Radio en pulg.

$$D = 2 \times C = 2 \times 16.5 = 33 \text{ pulg.}$$

Cálculo de la altura del ciclón.

E = altura del ciclón en pies

$$E = 5 \times D$$

D = diametro del ciclón en pulg.

$$E = 5 \times 33 = 165 \text{ pulg.}$$

Cálculo de la altura interior del ciclón.

G = altura interior del ciclón, salida pulg.

$$G = \frac{3A}{2} = \frac{3 \times 10.46}{2} = 15.61 \text{ pulg.}$$

Cálculo caída de presión a través del ciclón

$$F = K \left( \frac{A_e}{B^2} \right) hv$$

F = caída de presión a través del ciclón (pulg. de -  
agua)

A<sub>e</sub> = área entrada del ciclón (pulg. cuadradas = A<sup>2</sup>)

B = diametro del tubo de salida pulg.

hv = presión de velocidad de entrada lb/pies<sup>2</sup>

Entendiendose por presión de velocidad de entrada, la presión necesaria para darle al fluido un aumento de velocidad desde cero hasta la velocidad que tiene:

Cálculo de la presión de velocidad de entrada lb/pies<sup>2</sup>

$$-\frac{\Delta P}{W_1} = \frac{AV^2}{2gc} \quad \therefore \quad \Delta P = hv = P_1 - P_2$$

$$hv = W_1 \left( \frac{-AV^2}{2gc} \right) \quad \therefore \quad AV^2 = V_2^2 - V_1^2$$

hv = Presión de velocidad de entrada lb/pies<sup>2</sup>

W = densidad del aire corregida lbs/pies<sup>3</sup>

A = Diferencia de velocidad pies/min.

gc = Gravedad en  $\frac{\text{lb. pies}}{\text{lb seg.}^2}$

Datos

$$h = ?$$

$$w_1 = 0.0598 \text{ lbs/pies}^3$$

$$v_2 = 2000 \text{ pies/min.}$$

$$v_1 = 0$$

$$P_1 = 0$$

$$P_2 = hv$$

$$gc = 32.17 \frac{\text{lb-pies}}{\text{lb-seg}^2}$$

$$hv = 0.0598 \times \frac{(2000)^2}{2 \times 32.17 \times 60} = 1.47 \text{ lbs/pies}^2$$

Cálculo caída de presión a través del ciclón

Datos

$$F = ?$$

$$K = 16 \text{ constante del aire}$$

$$hv = 1.47 \text{ lbs/pies}^2$$

$$Ae = A^2 = (10.46)^2 = 109.41 \text{ pulg}^2$$

$$B^2 = (12)^2 = 144 \text{ pulg}^2$$

$$F = \frac{16 \times 109.41 \times 1.47}{144} = 17.87 \text{ lb/pies}^2$$

Transformamos en pulg de agua.

$$F = \frac{17.87 \text{ pies}^2}{5.191 \text{ lb/pies}^2 / \text{pulg. de agua}} = 3.44 \text{ pulg. de agua}$$

La suma de perdidas de presión en el sistema es:

$$h_p = 4.62 \text{ pulg. de agua}$$

$$h_a = 5.46 \text{ pulg. de agua.}$$

$$F = 3.44 \text{ pulg. de agua.}$$

$$A_p = 13.44 \text{ pulg. de agua.}$$

Se considera un 10 % de pérdida de presión - a través del venturi.

$$A_p = 13.52 \text{ pulg. de agua} + 1.352 = 14.87 \text{ pulg de agua.}$$

Cálculo del ventilador.

$$P_o = AP \times Q$$

$P_o$  = potencia requerida por el ventilador.

$Q$  = Gasto de aire pies<sup>3</sup>/min.

$AP$  = Pérdidas de presión lbs/pies<sup>2</sup>

Datos

$$P_o ?$$

$$Q = 1520 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

$$AP = 14.87 \text{ pulg. de agua} \times \frac{5.91 \text{ lbs/pies}^2}{\text{pulg. de agua}} = 77.19 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2}$$

$$P_o = 77.19 \frac{\text{lb}}{\text{pies}^2} \times 1520 \frac{\text{pies}^3}{\text{min.}} \times \frac{1 \text{ min.}}{60 \text{ seg.}} \times \frac{1}{550} = 3.55 \text{ HP}$$

Se pondrá un motor 7 HP en el ventilador con objeto de — tener un margen amplio de seguridad.

#### Venturi:

El tubo venturi tiene por objeto disminuir la presión — del fluido hasta cero para que en ese punto se alimente el material al sistema neumático en este caso ese punto — es la garganta del venturi:

Se recomienda las siguientes dimensiones para el venturi.

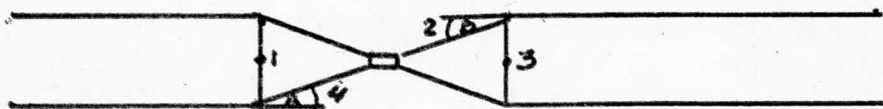
$$\text{Angulo A} = 20^\circ$$

$$\text{Angulo B} = 6^\circ$$

$$D \text{ Garganta} = 5.5 \text{ pulg.}$$



Longitud de la garganta igual diametro de la garganta.

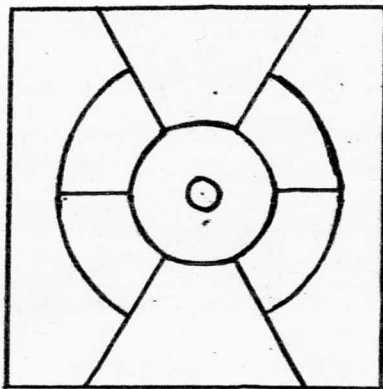


Cálculo de la válvula Rotatoria.

Capacidad = 91.66 lb/min.

Densidad aparente = 62.3 lbs/pies<sup>3</sup>

Hacemos el ancho de la válvula igual al —  
diámetro inferior del ciclón, es decir de 8.25 pulg.



Hacemos el diametro de la caja de 9 pulg y -  
del diametro del cuerpo de la válvula de 3 pulg.

El volumen libre dentro de la válvula es:

$$\text{vol. libre} = 0.785 \times 8.25 (9^2 - 3^2) = 466 \text{ pulg}^3$$

Volúmen de las aspas.

Considerando que se llenan los cangilones a la mitad, e incluyendo en este margen el volúmen de las aspas, tendremos un volúmen real de:

$$\text{vol. Real} = \frac{466}{2 \times 12^3} = \frac{466}{3456} = 0.136 \text{ pies}^3$$

$$\text{Capacidad} = \frac{5500 \text{ lbs/Hr}}{60 \text{ min} \times 62.31 \text{ lb/pies}^3} = 1.47 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

El flujo de material es de 1.47 pies<sup>3</sup>/min.

Cálculo de la velocidad del rotor de la válvula:

$$\text{Velocidad Rotor} = \frac{1.47 \text{ pies}^3}{\text{min} \times 0.136 \text{ pies}^3} \times \text{Revolución} = 10.8 \approx 11 \text{ Rpm.}$$

De tablas (link-Belt) obtenemos la potencia requerida es  
Pot = 3/4 H.P.

## VI.- Consideraciones Económicas

La estimación de la inversión requerida para la instalación y operación de una planta para producir -- 10 <sup>40000</sup> ton/diarias de poliestireno expandible a un ritmo de -- operación de 24 hrs./diarias y 300 días/año se efectúa -- con base en cotizaciones obtenidas directamente de los -- fabricantes de equipo.

## INVERSION EN EQUIPO

Cantidad	Concepto	Costo Unitario
1	Reactor	78 — 81 \$ 900,000.00
1	tanque cilindrico vertical de acero inoxidable	350,000.00
1	Centrifuga	750,000.00
1	Tanques cilindricos horizontales de fierro	240,000.00
1	Generador de vapor	800,000.00
3	bombas	75,000.00
	TOTAL	\$ 3,565,000.00

## INVERSION TOTAL

Distribución de gastos por la evaluación del costo de operación.

## 1.- Gastos fijos.

- a).- Amortización
- b).- Mantenimiento
- c).- Seguro
- d).- Mano de obra (directa o indirecta)

## 2.- Gastos variables

- a).- Materia Prima
- b).- Servicios

## GASTOS FIJOS

a).- Amortización para calcular la amortización se usará el método de la línea recta ó constante, en un lapso de 10 años de acuerdo con la ley.

$$\$3,565,000.00 \times 0.10 = \$ 356,500.00$$

## b).- Mantenimiento

Por costo de lubricación, refacciones, reparaciones y mantenimiento preventivo se considera anualmente el 6 % de la inversión.

$$\$3,565.000.00 \times 0.06 = \$213,900.00$$

c).- Seguro. Se considera el 3 % de la inversión como el largo anual por concepto de seguro.

$$\$3,565.000.00 \times 0.03 = \$106,950.00$$

## d).- Mano de Obra.

## 1).- Directa.

a) Considerando un salario por ayudante de primero de \$180,00 y de \$120.00 para el ayudante de segundo diario durante 365 días y que incluyendo septimo dia y dias festivos conforme a la ley federal del trabajo.

Tipo de trabajador	para	salario anual
12 operadores de primera	proceso	\$788,400.00
8 operadores de segunda	proceso	\$350,400.00

Por concepto de vacaciones y gratificación - anual se pagaran 30 días.

Operador de primera	\$ 64,800.00
Operador de segunda	\$ 28,800.00
TOTAL	1, 232,400.00

b).- Supervisión.- Se considera al 15 % de la mano de obra directa más mano de obra de mantenimiento.

$$\$0.15 (1,232,400.00 + 213,900) = \$216,945.00$$

c).- Laboratorio.- Se consideró el 10 % de la mano de obra directa más mano de obra de mantenimiento.

$$\$0.10 (1,232,400.00 + 213,900) = \$144,630.00$$

2).- Indirecta.

a).- Gastos Técnicos.

Ingeniero jefe de producción (mensual) \$ 25,000.00

Ingeniero jefe de control de calidad (mensual) \$ 20,000.00

total anual por los dos ingenieros \$540,000.00

b).- Gastos generales.- Comprende esté régimen diversos que se valuan por lo general en función del volumen de ventas.

- |                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| 1).- Gastos de administración | 2 a 3 % de ventas   |
| 2).- Gastos de ventas         | 3 al 12 % de ventas |
| 3).- Gastos financieros       | 3 al 12 % de ventas |
| 4).- Gastos de investigación  | 1 al 3 % de ventas  |

el precio de venta es de \$27.00/kgr.

ventas \$ 27.00 x 3,000.00 = \$81,000.000.00

Estos cálculos son anuales:

1).- Gastos administración	\$ 0.02x81,000,000.00	1,620,000.00
2).- Gastos de Ventas	\$ 0.04x81,000.000.00	3,240,000.00
3).- Gastos financieros	\$ 0.01x81,000.000.00	810,000.00
4).- Gastos de investigación	\$ 0.01x81,000,000.00	810,000.00
TOTAL	\$	6,480,000.00

## 2).- Gastos variables.

a).- Estireno.- El costo de estireno por tonelada es de \$12,000.00, para surtir nuestra necesidad — anual será:

$$\$12,000.00 \times 2940 \text{ toneladas} = \$35,280,000.00.$$

b).- eter etilico; el costo por tonelada es de \$20,000.00 para surtir nuestra necesidad anual será:

$$\$20,000.00 \times 540 \text{ toneladas} = 1,080,000.00.$$

c).- El costo del emulsificante por tonelada es \$36,000.00 x 96 toneladas = \$3,456,000.00

70.2

d).- catalizador, el costo por tonelada es de: \$70,000.00, para surtir nuestra necesidad anual será:

$$\$70,000.00 \times 24 = \$1,680,000.00$$

136.5

I.- Costos de materia prima es: \$41,496,000.00

II.- Servicios: se considerará anual de 300 días el 5 % de la inversión.

$$\$3,565,000.00 \times 0.05 = 178,250.00.$$

Costo total de gastos variables anual es: \$41,674,250.00



Para una producción anual de 3,000 toneladas de poliestireno expandible se tiene:

Gastos fijos	Costo total	Costo Unitario
a) Amortización	\$356,500.00	\$ 118.830
b) .Mantenimiento	213,900.00	71.30
c) Seguro	106,950.00	35.65
d) Mano de Obra (directa e indirecta)	\$8,073,975.00	\$ 2,917.108
TOTAL	\$8,751,325.00	\$ 2,917.108

Gastos variables	Costo total	Costo Unitario
a) Servicios	\$ 178,250.00	\$ 59.410
b) Materias primas	41,496,000.00	13,832.00
TOTAL	41,674,250.00	13,891.410

#### Costo de producción total

a).- Anual gastos fijos + gastos variables

$$\$ 8,751,325.00 + \$41,674,250.00 = \$50,425,575.00$$

b).- Mensual gastos fijos + gastos variables

$$\$729,277.08 + 3,472,854.100 = \$ 4,202,131.100$$

Costo de producción Unitario

a).- Por toneladas gastos fijos + gastos variables

$$\$ 2,917.108 + 13,832.00 = \$16,749.108$$

b).- Por kilogramos gastos fijos + gastos variables

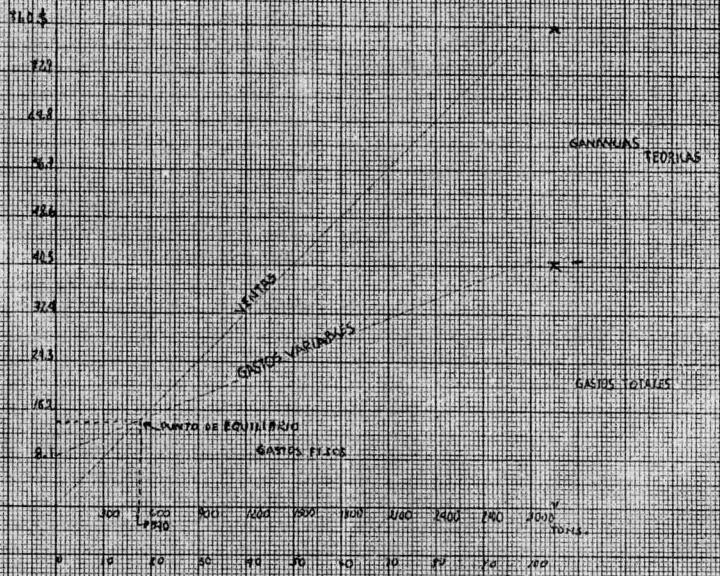
$$\$2,917 + 13,832 = \$16,749 \approx 17.00$$

#### PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio representa el volumen de producción en el cual los ingresos por venta son iguales a los costos de producción.

La gráfica del punto de equilibrio es la siguiente:

GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO



## VII.- Conclusiones.

El análisis económico de la planta productora de poliestireno expandible de acuerdo con la inversión hecha y del costo unitario de producto terminado se concluye; que la planta si es costeable; sobre todo el consumo está prácticamente asegurado.

Dado la creciente demanda de los artículos plásticos y toda la gama de productos en cuya producción intervienen.

El consumo seguirá aumentando por varios años más ya que no hay a la vista ningún producto que lo desplace.

Además en México pueden establecerse numerosas industrias más que lo consuma.

La capacidad de la planta de producción es de 3000 toneladas/año; y el costo de producción del poliestireno expandible es de \$17,00 kgs.

El equipo de proceso requerido se puede emplear para producir, poliestireno, cristal, poliestireno - alto y medio impacto de alta calidad.

## VIII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Principles of Chemical Engineering  
Mc Graw Hill Book Co. Inc.  
New York and London (1959).
- 2.- Elements of Chemical Engineering  
Mc Graw Hill Book Co Inc.  
New York and London (1960)
- 3.- Polimerization of Styrene  
Midland Mich. U.S.A.
- 4.- Schild Knecht C.E. Polymer process  
Interscience Publishers inc. 1956.
- 5.- The Dow Chemical Company Styrene Type Monomers.
- 6.- Fieser y Fieser Química Organica  
Editorial Atlante (1960)
- 7.- Química y Física de los Altos Polimeros y Materias  
Plásticas. P.Martinez de las Marías  
Editorial Alhambra (1972).

- 8.- Polimeros.  
Ernesto Ureta Barrón.  
Editorial Edicol S. A. (1975).
- 9.- Perry J.H Chemical Engineers Hand Book.  
Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York (1950)
- 10.- Chemical Engineers Hand Book  
Mc Graw Hill Book Co. Inc. (1964).
- 11.- Wilbur G. Hudson, Why Use Pneumatic Conveyors  
Chemical Engineering Magazine. Abril (1964).
- 12.- J.L. Alden. Desing of Industrial Exhaust Systems,  
The Industrial Press.
- 13.- Himball S.D. Economía Industrial.  
Fondo de la Cultura Económica, México
- 14.- Powers O.P. Synthetic Resins and Rubbers.  
John Wiley & Sons Inc. London.