

300618

13<sup>o</sup>



UNIVERSIDAD LA SALLE, A. C.

ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**EMULSIONES ACRILICAS,  
PRODUCCION Y VIABILIDAD**

TESIS PROFESIONAL  
Que para obtener el Título de:  
INGENIERO QUIMICO  
P r e s e n t a:  
**Guadalupe del Socorro Magallanes González**

Director de Tesis,            /  
M. C. JOSE LUIS GONZALEZ DIAZ

México, D. F.

1988

**FALLA DE ORIGEN**



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.

# I N D I C E

	INTRODUCCION	.....	4
CAPITULO I	GENERALIDADES		
	1.1 Emulsiones Acrílicas.	.....	8
	1.2 Tipos de Emulsiones Acrílicas.	.....	33
	1.3 Aplicaciones.	.....	35
CAPITULO II	ANALISIS DEL MERCADO		
	2.1 Oferta y Demanda.	.....	42
	2.2 Sucesos.	.....	54
	2.3 Premisas del Proyecto.	.....	55
CAPITULO III	PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE EMULSIONES ACRILICAS		
	3.1 Etapas de Proceso.	.....	61
	3.2 Diferentes Procesos.	.....	67
	3.3 Selección del Proceso.	.....	74
CAPITULO IV	EQUIPO DE PROCESO DE EMULSIONES ACRILICAS		
	4.1 Reactores.	.....	76
	4.2 Equipo Preemulsificador.	.....	79
	4.3 Equipo de Ajuste.	.....	82
	4.4 Consideraciones para el buen funcionamiento del equipo.	.....	83
	4.5 Almacenamiento y Transferencia de las Emulsiones Acrílicas.	.....	87

CAPITULO V	EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO	
	5.1 Estimación preeliminar del costo de la Planta.	..... 94
	5.2 Estimación Financiera	.....102
CAPITULO VI	CONCLUSIONES	.....121
APENDICE I	PROPIEDADES DE MONOMEROS ACRILICOS, ACETATO DE <u>VI</u> NILO Y ESTIRENO.	.....124
APENDICE II	HOMOPOLIMEROS Y COPOLIME <u>R</u> OS ACRILICOS.	.....130
APENDICE III	CINETICA DE POLIMERIZA-- CION.	.....137
APENDICE IV	CALCULOS EN LA ESTIMACION PRELIMINAR DEL COSTO DE - LA PLANTA.	.....150
BIBLIOGRAFIA		.....157

## INTRODUCCION

El inicio del estudio de la polimerización en emulsión se remonta al año de 1909, teniendo su origen en la necesidad de producir el caucho o látex, sintéticamente. A partir de entonces se abrió un nuevo campo de investigación que permitió el desarrollo de diferentes tipos de emulsiones, siendo las primeras, las emulsiones estireno-butadieno (SBR), y posteriormente, vinílicas y acrílicas.

Las emulsiones SBR y vinílicas han tenido gran auge comercial, pues fueron destinadas a industrias tan importantes como la hule-ra, papelería, textil y pinturas; mientras que la comercialización de las acrílicas tomó mayor tiempo debido a que sus aplicaciones iniciales eran reducidas y a un alto costo, aunque compensándose este último, con una buena calidad del producto en su aplicación.

En el período de 1925-1930, las emulsiones de polímeros acrílicos tuvieron aceptación comercial, introduciéndose como base para recubrimiento de pieles. Desde entonces, y con la disponibilidad de mayor variedad de monómeros acrílicos, han sido empleadas en recubrimientos, acabados y enlazantes para piel, textiles y papel; para recubrimientos interiores y exteriores domésticos e industriales, como son pinturas. También son usadas en adhesivos, elastómeros y ceras para piso, así como en otros campos de aplicación.

Al igual que en otros países las emulsiones acrílicas han encontrado en México un mercado importante, pues las industrias consumidoras producen artículos que se han hecho indispensables en la vida diaria como lo son algunos artículos desechables, además de pinturas, telas, etc.

Para tomar la decisión de ampliar las instalaciones actuales es de suma importancia contar con una evaluación económica del proyecto, que de como resultado el conocimiento de la inversión inicial y la predicción del estado proforma de pérdidas y ganancias para los años que comprende el estudio, con lo cual se verá si es atractivo crecer en el mercado de emulsiones acrílicas.

En este trabajo se cubren aspectos tan importantes, como son el químico, el cual se presenta en el Capítulo I, en donde se presentan los componentes de la emulsión y la función de cada una de ellas, su clasificación y aplicación.

La posibilidad de aumentar la participación en el mercado de emulsiones acrílicas, tiene como base un estudio de mercado, con el cual se conoce la oferta y demanda históricas y que al proyectarlas nos dá la demanda potencial en los próximos años. Esta información se encuentra en el Capítulo II, que vista en conjunto con aspectos económicos y políticos, dan una idea clara de las oportunidades que existen en el mercado de emulsiones acrílicas.

Otro aspecto importante, es el relacionado con los procesos de obtención de las emulsiones acrílicas, los cuales se encuentran contenidos en el Capítulo III y cuya descripción servirá para determinar el método más apropiado de producción, determinándose también las capacidades del equipo. En el Capítulo IV se presentan las características del equipo de producción.

Para finalizar, el aspecto económico se presenta en el Capítulo V, en el cual se hace una evaluación económica del proyecto, que llevará a decidir si es atractivo para realizar la inversión.

En resumen, en este trabajo se pretende, además de dar a conocer la importancia de las emulsiones acrílicas por su versatilidad en la aplicación y fácil manejo, presentar los requerimientos de equipo y capital necesarios para aumentar la participación en el mercado, justificándolo mediante un estudio de mercado y una evaluación económica.

## CAPITULO I

# GENERALIDADES

## GENERALIDADES

### 1.1 - EMULSIONES ACRILICAS -

Una emulsión es un sistema de dos o más líquidos inmiscibles o parcialmente miscibles contenidos en dispersión por pequeños porcentajes de sustancias llamadas emulsificantes, encontrándose una fase dispersa en otra en forma de glóbulos. La fase dispersa, discontinua o interna, es el líquido desintegrado en glóbulos, y el líquido circundante es la fase continua.

Se les conoce como acrílicos, a los compuestos que contienen ácido acrílico ( $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$ ) o acrilato, que son compuestos derivados del ácido acrílico -- ( $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOR}$ ), pero en general a ambos compuestos se les conoce como acrílicos. Existe otro tipo de compuestos que tienen el prefijo "acril", que no se incluyen dentro de los acrílicos, que son los compuestos que contienen acrilonitrilo ( $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CN}$ ) y acrilamida -- ( $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CONH}_2$ ).

De acuerdo a lo anterior podríamos definir las emulsiones acrílicas como compuestos macromoleculares -- que contienen dentro de su molécula gigante compuestos -- acrílicos, a los cuales denominaremos monómeros. Los -- polímeros acrílicos pueden ser del mismo tipo de monóme-

ro (homopolímero), de diferentes monómeros, ya sean --  
acrílicos o acrílicos con otro tipo diferente de monóme  
ro (copolímero). Además estos polímeros deben haberse  
polimerizado en emulsión.

La teoría fundamental de la polimerización en  
emulsión se debe a Harkins (1), quien muy concretamente  
nos dice:

"el monómero se distribuye por todo el siste-  
ma de la emulsión,

1) en forma de gotículas de la emulsión esta-  
bilizada;

2) disuelto en pequeña proporción en la fase  
acuosa en donde tiene lugar la iniciación;

3) emulsificados en las moléculas de jabón".

AGUA.

Es el medio dispersor o fase continua en la -  
emulsión y solvente de iniciadores y surfactantes. Tam-  
bién es el medio en el cual se transfiere el calor du--  
rante la polimerización.

Es importante la calidad del agua usada en la polimerización en emulsión. En la mayoría de las aguas naturales existen iones metálicos polivalentes que pueden tener un efecto inhibitor en la polimerización y -- pueden flocular el polímero en emulsión o el producto -- elaborado con ellos. Una cantidad excesiva de iones -- pueden influir en la formación de micelas y en la adsor sión del surfactante sobre el polímero. Por estas razo nes debe usarse agua deionizada o suavizada, preferente mente, debido a que el contenido de sales es muy bajo, permitiendo un control de los componentes de la emul- sión.

- EMULSIFICANTES -

Los polímeros en emulsión son preparados en -- presencia de una cantidad relativamente pequeña de surfactante (1 - 5%) para formar micelas. Las micelas son agregados organizados de emulsificante, tienen una parte hidrofílica que se encuentra en contacto con el medio acuoso y otra hidrofóbica que se orienta hacia el interior de la micela. La concentración por encima de la cual empieza a apreciarse la existencia de micelas se -- llama concentración micelar crítica ( c. m. c. ).

Las micelas son las responsables de la habili

dad de solubilizar los monómeros en el medio acuoso. Esta solubilización se efectúa en forma espontánea, en donde las moléculas de soluto insolubles pasan a ser solubles en la solución acuosa de jabón, siendo termodinámicamente estables.

Se ha propuesto para las micelas una forma esférica, como gotitas con los grupos cargados hacia afuera (fig. 1.1.a.). La mayor parte de los experimentos -- apoyan este modelo, debido a:

1) Las concentraciones micelares críticas dependen por completo de la naturaleza liofílica del surfactante.

2) Las micelas tienen un tamaño fijo, que depende casi, únicamente de la naturaleza de la parte liofílica de las moléculas.

3) Las disoluciones de surfactante por encima de la c. m. c. pueden solubilizar otras sustancias orgánicas insolubles incorporándolas dentro de las micelas.

También existe la hipótesis de una estructura micelar laminar (fig. 1.1.b.) y la forma cilíndrica, apoyada por los resultados obtenidos por rayos X.

Esta teoría tiene el inconveniente de que no proporciona un mecanismo por el cual el tamaño de micelas pueda ser limitado, y se ha visto que los resultados de rayos X son ambiguos. Los resultados de birrefringencia parecen apoyar esta hipótesis.

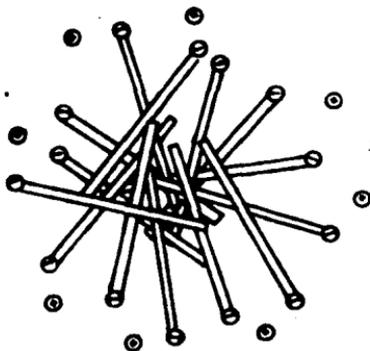
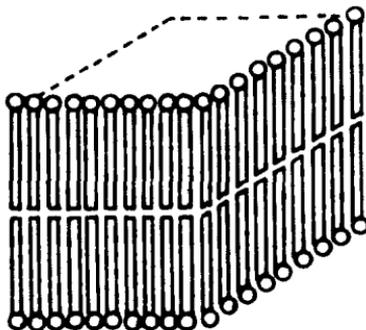


Fig. 1.1.a Micela esférica

Fig.1.1.b Micela laminar



Las micelas o agregados formados por el emulsificante solubilizan al monómero y provee de sitios donde ocurre rápidamente la polimerización.

Un buen emulsificante deberá formar un gran número de micelas y no reaccionar con los demás compuestos de la formulación, ni tampoco ejercer una acción retardadora o inhibidora. Su eficiencia depende del tamaño y estabilidad de las micelas, de una baja concentración micelar crítica y de que los residuos que permanezcan en el producto después de finalizada la polimerización no impartan propiedades adversas al producto.

El surfactante estabiliza las partículas de monómero-polímero durante la reacción y al final de la reacción el polímero emulsionado, previniendo que los aglomerados no sean estables. Frecuentemente se adiciona surfactante después de terminada la polimerización para mejorar la estabilidad durante el almacenamiento y la resistencia a condiciones violentas durante su aplicación.

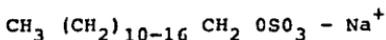
De acuerdo a la naturaleza de los grupos hidrofílicos, los emulsificantes pueden dividirse en cuatro -

clases, y cada una de estas clases subdividirse en otras de acuerdo al grupo hidrofóbico.

#### Emulsificantes aniónicos.

Son llamados comunmente jabones. Son sales alcalinas de ácidos carboxílicos orgánicos, con longitud de cadena entre  $C_{12}$  (lauratos) y  $C_{16}$  (estearatos), más allá de éste no es realmente efectivo. Se usan cuando se trabaja a pH alcalino (entre 9 y 11). Los más comunmente usados son los jabones de sodio, aunque los de potasio son más solubles, y se dejan para cuando se quiera polimerizar a baja temperatura. Los jabones de amonio y amino tienen mayor habilidad emulsificante en un rango de pH entre 8 y 9.

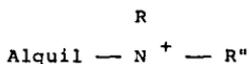
Los alquil sulfatos y alquil-alquilaril sulfatos tienen un rango muy amplio en el que son útiles, - desde el alcalino hasta cercanamente el final del ácido, debido a que su molécula no es fácilmente hidrolizable.



Sales de ácidos carboxílicos

### Emulsificantes catiónicos.

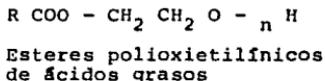
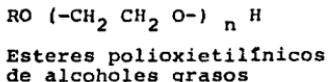
Son activos en el rango de pH ácido y muy inestables en medio alcalino. La velocidad de polimerización es baja y el polímero formado inestable. Dentro de esta clasificación se incluyen sales de aminas o diaminas, sales cuaternarias de amonio, sales de cadena larga de aminas cíclicas substituidas, piridina, morfolina, piperidina.



Sales cuaternarias de amonio

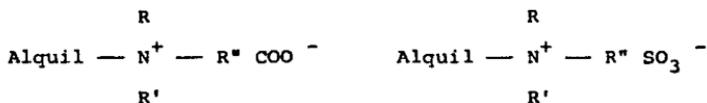
### Emulsificantes no iónicos.

Son insensibles a los cambios de pH, la polimerización es lenta, pero mejora la velocidad y estabilidad cuando se combina con emulsificantes aniónicos. Este grupo comprende ésteres de polialcoholes y condensados de alquil y alquilaril-poli(óxido de etileno).



## Emulsificantes anfotéricos.

Los emulsificantes anfotéricos no han sido estudiados ampliamente en la polimerización en emulsión. - Contienen grupos hidrofílicos ácidos y básicos. Actúan como emulsificantes catiónicos en medio ácido y como --- aniónicos en medio básico.



Sales cuaternarias de amonio, con un grupo -- aniónico  $\text{COO}^-$  ó  $\text{SO}_3^-$

Los emulsificantes usados en la polimerización en emulsión de acrílicos son aniónicos o una combinación de aniónicos con no iónicos. Los emulsificantes catiónicos se usan con menos frecuencia, debido a que en su uso se requiere una alta estabilidad al cambio de pH.

En la figura 1.2 se muestran las etapas de una polimerización en emulsión ideal. -O, representa una molécula de emulsificante; M, una molécula de monómero; P, una molécula de polímero y R·, un radical libre.

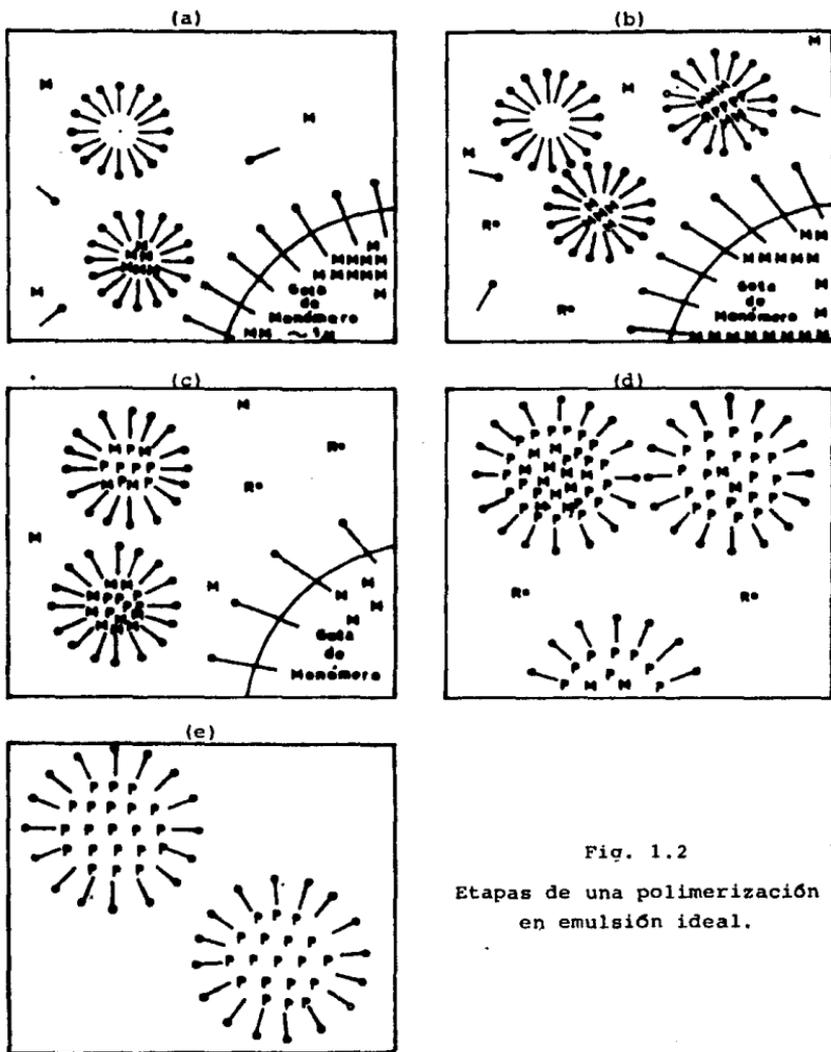


Fig. 1.2  
Etapas de una polimerización  
en emulsión ideal.

- a) Inicio de la emulsificación.
- b) Polimerización poco tiempo después de haberse iniciado (Etapa 1).
- c) Polimerización cuando todas las moléculas - de emulsificante están en forma de micelas (Etapa 2).
- d) Polimerización cuando las gotas de monómeros desaparecen (Etapa 3).
- e) Final de la polimerización.

#### MONOMEROS.

Los monómeros acrílicos, alquil acrilatos y -- metacrilatos, y ácidos acrílico y metacrílico, tienen - una doble funcionalidad, como compuesto vinílico y como éster.

La polimerización se efectúa en el enlace viní lico iniciado por radicales libres.

Algunas propiedades significativas por el uso de ésteres acrílicos en copolímeros sintéticos son:

- 1) Plastificación interna en forma permanente.
- 2) Estabilidad al color.

- 3) Resistencia al envejecimiento y calor.
- 4) Flexibilidad a baja temperatura.
- 5) Mejora adhesión.
- 6) Resistencia al agua.
- 7) Solubilidad en solventes polares y aromáticos.

Los monómeros acrílicos más usados son:

Metil acrilato

Etil acrilato

Butil acrilato

Isobutil acrilato

2 - Etil hexil acrilato

Metil metacrilato

Etil metacrilato

En la Tabla 1, Apéndice I, se muestran en forma comparativa algunas de las propiedades de los ésteres acrílicos que imparten como polímeros y copolímeros.

En la Tabla 2, Apéndice I, se presentan propiedades importantes de monómeros acrílicos, útiles en los cálculos de los procesos de polimerización.

El uso de monómeros acrílicos ofrece ventajas técnicas y económicas, pues sus ciclos de proceso son -- cortos, hay mayor reproducibilidad en las polimerizaciones, existen muy altas conversiones y un color superior.

#### COLOIDES PROTECTORES.

La acción protectora es muy importante en la emulsión. Los agentes protectores más eficaces son frecuentemente polímeros de cadena larga. Los substituyentes polares son adsorbidos en la superficie del coloide, con la parte no polar alejada en la solución, es por esto que se mantienen separadas. Su efectividad depende de qué tanto se repelan las moléculas de polímeros en la solución y de qué tanto envuelva a la molécula adsorbida. Sin embargo, conviene que los agentes protectores macromoleculares no se adsorban demasiado y se unan a la partícula por muchos puntos de la cadena polimérica, porque esto produce películas relativamente delgadas y menos -- eficaces como estabilizadores.

Los compuestos más utilizados como coloides -- protectores son alcoholes polivinílicos, metilcelulosa y carboximetilcelulosa.

Las figuras 1.3, muestran la acción de los coloides protectores. (a) y (b) muestran la situación de - baja concentración, que permite a las cadenas de polímeros formar puentes entre ellos. (c) y (d) muestran alta concentración y cubren completamente las partículas.

#### REGULADORES DE pH (ELECTROLITOS)

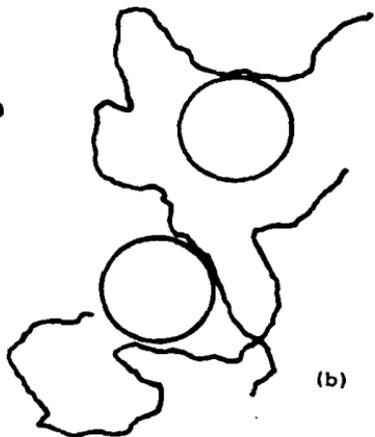
El pH de la emulsión es de importancia considerable, por la estabilidad física en su aplicación. Las emulsiones con base de jabones por lo general tienen un pH de 8 o más.

La descomposición del persulfato de potasio -- (iniciador) forma iones sulfato primeramente y por tanto el pH baja durante la polimerización en sistemas no amortiguados. Algunos emulsificantes pueden actuar como reguladores. (Ácidos grasos, jabones de resina ácida). -- Cuando el pH es mayor a 9 no se utilizan emulsificantes tipo éster porque saponificarían, ocasionando una excesiva formación de espuma que limitaría su aplicación como producto final.

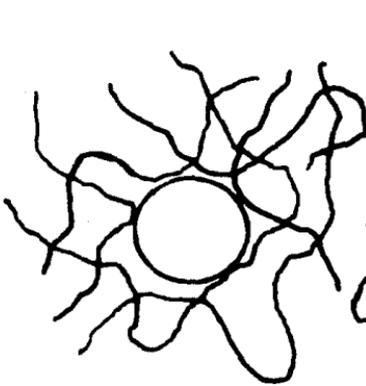
La presencia de electrolitos puede disminuir la c. m. c.. La adición de electrolitos también puede --



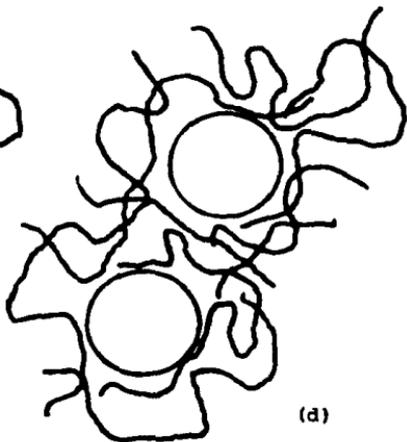
(a)



(b)



(c)



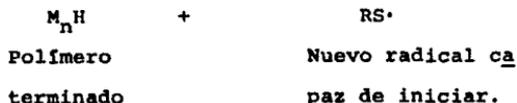
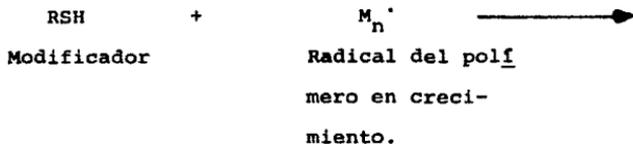
(d)

Fig. 1.3

incrementar la estabilidad y tamaño de partícula, así como aumentar su fluidez.

#### MODIFICADORES DE CADENA.

Generalmente los polímeros que se desean obtener tienen un rango de peso molecular definido, es por esto que es necesario introducir agentes modificadores de cadena que regulen la cadena del polímero sin interferir en la velocidad de reacción. Para este fin se utilizan compuestos orgánicos que contienen sulfuros o halógenos, y los más usados son los mercaptanos. El crecimiento de la cadena del polímero es terminado por un hidrógeno activo del modificador y el fragmento RS es un radical libre capaz de iniciar otra cadena. El resultado es un polímero con el peso molecular deseado.



Algunos compuestos que actúan como modificadores de cadena son: mercaptanos o compuestos halogenados.

Los agentes modificadores de cadena no afectan la velocidad de polimerización.

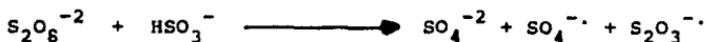
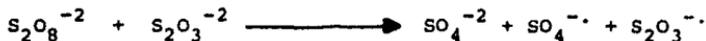
Los polímeros acrílicos en emulsión tienen normalmente un peso molecular de  $1 \times 10^6$  o mayor, sin la adición de modificadores de cadena.

Los inconvenientes de usar modificadores de cadena son: problemas de olor, debido a los mercaptanos o sus derivados y decoloración producida por los compuestos halogenados.

#### INICIADORES

Todos los sistemas de polimerización en emulsión están basados en la liberación de un radical libre activo, y esto puede suceder por la descomposición térmica de un compuesto en radicales libres o por la interacción de otros compuestos para producir radicales libres.

Al primer tipo de iniciación le llamaremos des



Los persulfatos de amonio y potasio son muy --  
eficientes como promotores de la iniciación y se incre--  
menta su eficiencia al combinarse con un ion-activado.



Frecuentemente se adiciona un catalizador se--  
cundario para asegurarse de conversión completa, como hi  
droperóxido de t-butilo.

Algunas veces se adicionan agentes complejos -  
como sales del ácido etilendiaminotetracético para solu-  
bilizar las sales de fierro, esto cuando se trabaja a pH  
mayor de 8.

#### INICIACION



Existen otros tipos de iniciación considerados  
como especiales, la polimerización en emulsión por radia

composición homolítica, los compuestos utilizados para esta descomposición son los que contienen enlaces del tipo -O-O- orgánicos o inorgánicos, y son llamados peróxidos considerados como derivados del peróxido de hidrógeno y cuando son orgánicos reemplazan un hidrógeno por un grupo orgánico. Dentro de los inorgánicos se utilizan persales, ya sea perboratos, percarbonatos o persulfatos principalmente, de sodio, potasio o amonio.



Otro tipo de iniciación también importante es el llamado sistema redox. Aquí existe un compuesto oxidante en una fase y un reductor en otra. Este tipo de iniciación permite alcanzar altas velocidades de formación de radicales libres a bajas temperaturas en la polimerización en emulsión.

Un iniciador ampliamente usado es el ion persulfato con un agente reductor, que puede ser un ion tiocsulfato o un ion bisulfito.

ción inducida, en la cual el radical libre se produce -- por la radiación de un rayo gamma, y la polimerización - en emulsión estereoespecífica, en la que se utiliza un ti po específico de emulsificante (alquilarensulfato y - lauril sulfato de sodio con cadena  $C_{12}$ ) y con un catalizador del tipo Ziegler, que son compuestos complejos de halogenuro de metales de transición con compuestos organometálicos, el compuesto típico es el trietilaluminio-- tricloruro de titanio.

#### PROPAGACION Y TERMINACION

La propagación de la polimerización se debe a:

- a).- La desaparición de las gotículas de monómero.
- b).- La desaparición de las micelas con monómero.
- c).- Por el efecto de los modificadores de cadena sobre el peso molecular. En varios casos la polimeriza-- ción se lleva al 100%.

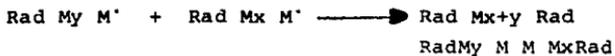
Las cadenas inician su crecimiento por la adición de más moléculas de monómero a los radicales en la fase acuosa. El polímero en radical pronto entra a las micelas donde la propagación de la cadena se continua -- por el ataque sobre el monómero solubilizado. El creci-

miento de las cadenas de polímero contenidas en las micelas es muy rápido, como resultado las micelas se expanden tremendamente llegando a tener un diámetro entre 0.1 - 1.0

#### PROPAGACION

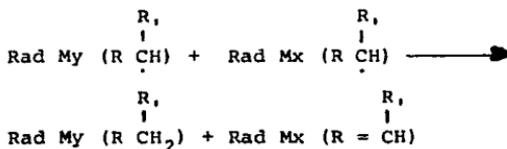


#### TERMINACION (por combinación)



Aunque la reacción de terminación está dada por la combinación de radicales libres de cadenas de polímero terminal, pero algunas veces puede terminar por desproporción.

#### TERMINACION (por desproporción)



La terminación ocurre cuando un radical libre - prefiere reaccionar con otro radical libre terminal. La terminación varía de acuerdo a las características químicas de cada monómero. En un instante determinado se interrump<sup>e</sup> la cadena debido a etapas que consumen pero no generan radicales libres.

Algunos compuestos actúan disminuyendo la velocidad de propagación de las reacciones (retardadores) o - parando completamente la reacción (inhibidores). Ciertos tipos de emulsificantes pueden producir estos efectos como mercaptano o compuestos orgánicos nitro. Los inhibidores pueden reaccionar con un radical libre en crecimiento para generar otro radical libre que no es suficientemente reactivo para adicionarse al monómero, en cambio pueden - combinarse entre sí o desproporcionarse, o bien unirse a otro radical libre en desarrollo, que detiene la reacción.

#### EFFECTO DE LAS VARIABLES DE REACCION.

##### 1).- TEMPERATURA.

Cada proceso de polimerización en emulsión tiene un coeficiente de temperatura definido. En general cuando la temperatura es baja se tiene como limitantes la viscosidad, la difusión y el calor transfe

rido, cosa que no sucede cuando la temperatura es alta.

Con el incremento de la temperatura, se incrementa la velocidad de polimerización, por lo cual - el peso molecular y el tamaño de partícula disminuye, así como la concentración micelar crítica del emulsificante.

Existe gran tendencia a alternar monómeros en una copolimerización cuando la temperatura es baja.

## 2).- EFECTO DEL pH.

El pH tiene influencia en la polimerización en emulsión de monómeros acrílicos, y el más importante concierne a la preparación de copolímeros con -- ácido acrílico o metacrílico, su polimerizabilidad se agudiza con persulfatos o  $H_2O_2$  a pH de 5 o más. El principal efecto colateral es la posibilidad de hidrólisis del grupo éster de los monómeros. Bajo condiciones alcalinas saponifican rápidamente.

## 3).- AGITACION Y CALOR TRANSFERIDO.

Se requiere algún tipo de agitación para rom-

per el monómero en gotas estables, y facilitar la difusión del monómero a los sitios de polimerización en las micelas y mejorar la transferencia de calor.

La agitación determina la distribución original de los monómeros entre las gotículas y las micelas, manteniéndolas lo más alejado posible y manteniendo un forme la temperatura deseada.

La reacción de polimerización en emulsión es exotérmica, y el calor de polimerización depende de los monómeros. Este calor es transferido a la fase acuosa y disipado del reactor en la chaqueta.

En algunos casos la agitación excesiva puede retardar la polimerización por el choque de pequeñas - cantidades de oxígeno libre. Tiene un efecto importante en la transferencia de masa y la dispersión de todos los ingredientes. Pero lo más importante es la influen 2 cia que tiene sobre los agentes modificadores de cadena.

La agitación en planta requiere evitar el sal

picar la carga sobre las paredes donde pueden formarse gomas. La geometría y localización del agitador y su elección a adecuadas velocidades es un arte empírico - que se ajustan para tener un mínimo de grumo y altas conversiones.

### COPOLIMEROS

Cuando se hace la polimerización de dos monómeros diferentes obtenemos un copolímero, de igual forma cuando son tres monómeros diferentes tendremos ter polímeros. Se pueden formar polímeros de cuatro o más monómeros diferentes, pero es poco usual.

Por copolimerización se pueden obtener materiales con propiedades que difieren de sus respectivos homopolímeros. Existen varios factores que determinan cuál de los monómeros reacciona preferentemente. En una polimerización en emulsión, las diferencias en solubilidades de los monómeros en la fase acuosa, diferencias del efecto solubilizante del emulsificante sobre los monómeros en la partícula del polímero, afectan el curso de la reacción y por ende los resultados. Pero existen otros factores que podrían tener un mayor

efecto en el polímero final; la concentración de un monómero determinado, cuanto mayor sea la concentración - de un monómero determinado, mayor será la probabilidad de que se incorpore a la cadena y también más grande la probabilidad de abundancia de sus unidades en el producto final. Luego tenemos las reactividades relativas de los monómeros frente a la adición de radicales libres, en general, será mayor la probabilidad de incorporación en el polímero cuanto mayor sea la reactividad del monómero. La tendencia a alternar monómeros depende de la naturaleza del radical en desarrollo que termina con - una unidad que tiende a adicionarse al monómero opuesto.

M1M2M1M2M1M2M1M2	Copolímero alternante
M1M1M2M1M2M2M1M1	Copolímero desordenado

## 1.2 - TIPO DE EMULSIONES ACRILICAS -

Para el efecto de una clasificación, llamaremos emulsiones acrílicas a aquellas emulsiones que contengan homopolímeros o copolímeros del tipo acrílico. - Para los copolímeros que contengan además de monómeros acrílicos otro diferente, se le clasificará según sea - este último monómero, siendo las más importantes las --

emulsiones estiren-acríflicas y las vinil acrílicas.

Los monómeros acrílicos más comunes son los -  
siguientes:

Etil acrilato  
2 etilhexil acrilato  
Metil acrilato  
n butil acrilato  
n propil acrilato  
Metacrilatos  
Acido acrílico  
Acido metacrílico

Para obtener una lista más completa de homopó-  
límeros y copolímeros de emulsiones acrílicas, ver el -  
apéndice II.

### 1.3 - APLICACIONES -

Los polímeros acrílicos emulsionados tuvieron su primera aplicación como base de recubrimiento para cuero y piel, más tarde se amplió su uso a otras industrias como la papelería, textil, pinturas, recubrimientos, etc. Su principal característica es su poder enlazante.

#### - PIELES Y CUEROS -

En el campo de las pieles y cueros, los polímeros acrílicos emulsionados se usan como recubrimiento base de subsecuentes recubrimientos, su función es retardar la caída de la última capa plastificada y proteger contra una posible absorción de esta última capa en la piel, conservando así su flexibilidad. Estas pieles recubiertas se usan en zapatos, vestidos, tapizados de muebles.

#### - TEXTILES -

En la rama textil tienen un uso muy importante, pues proporcionan el acabado deseado en cada tela según el copolímero aplicado. Este acabado se manifiesta en suavidad al tacto, mayor fuerza de tensión, resistencia -

al enrollamiento y desgarramiento. La capa de recubrimiento no se separa fácilmente aún con el lavado o lavado en seco, debido a su poder enlazante, por lo que se obtiene un acabado permanente, aún cuando la tela sea tejida. Las telas en las que más se aplican son algodón y rayón.

También se fabrican telas impermeables para cortinas y gabardinas con dichos polímeros acrílicos.

- PAPEL -

En la industria del papel las dispersiones acrílicas se usan como aglutinantes para revestimientos claros o pigmentados, proporcionan un poder enlazante que se traduce en brillo, buena impresión, libertad de color, resistencia a la luz ultravioleta, solventes y aceites, flexibilidad.

El papel recubierto con estas emulsiones acrílicas se utilizan en papel encerado, envoltura de pan y alimentos congelados, papel tapiz, papel para oficina, papel offset y para rotograbado, cinta sensitiva a la presión, etc.

- ADHESIVOS -

Los adhesivos selladores al calor, proporcio--

nan las propiedades deseadas una vez que se haya formulado según su flexibilidad y temperatura requerida.

- PINTURAS -

En donde tienen una mayor aplicación las emulsiones acrílicas es en pinturas. Las pinturas de dispersiones acrílicas pueden aplicarse casi en cualquier superficie y expuesta a diferentes condiciones.

Estas pinturas tienen como propiedad inherente de las emulsiones acrílicas, flexibilidad y dureza, por lo que no necesitan de plastificantes. Resisten al ataque de álcalis, por lo que pueden aplicarse en mampostería fresca, secan en segundos pudiéndose aplicar otra capa en aproximadamente una hora. Tienen una propiedad valiosa que es la de "respirar", por esto no queda atrapada el agua evitándose la formación de ampollas o grietas, al mismo tiempo que tiene resistencia al agua.

Cuando son copolímeros se mejoran las propiedades, los otros monómeros pueden ser acetato de vinilo, cloruro de vinilo o estireno. No tienen un olor carac-

terfístico que evite su uso, además de gran adherencia y retención del color.

Se usan tanto en interiores como en exteriores. En interiores se aplican en techos blancos o colorados, paredes de mortero, cemento, bloque de ceniza, fibra prensada. También se aplica sobre madera. En exteriores se aplica en estuco, concreto, asbesto, bloque de ceniza, masonite y aún en superficies tratadas con asbesto mediante una experiencia previa.

Una ventaja muy importante es que las pinturas acrílicas no modifican sus propiedades después de almacenarlas, debido a su estabilidad y soporte al congelamiento.

- NO TEJIDOS -

Las emulsiones acrílicas en este campo se usan para unir pequeñas fibras que al final forman telas de diferentes espesores.

La industria de los no tejidos está en pleno crecimiento, y se fabrican pañales desechables y toa-

llas sanitarias, productos que se han hecho indispensables. También se fabrican telas para limpieza, filtros y alfombras.

- CERAS -

Debido a que las emulsiones acrílicas pueden formar películas delgadas y continuas, además de ser resistentes al agua y tener brillo, se usan en la fabricación de ceras para pisos y automóviles.

- RECUBRIMIENTOS -

Las emulsiones acrílicas se pueden formular - para dar el espesor de película adecuado según la superficie que se vaya a recubrir, pueden ser pisos, alfombras, telas, etc., como ya hemos mencionado. La capa - se adhiere a la superficie recubierta debido a su poder enlazante, manteniendo su apariencia original.

En la Fig. 1.4 se muestra la aplicación específica de las emulsiones hechas con algunos monómeros - acrílicos.

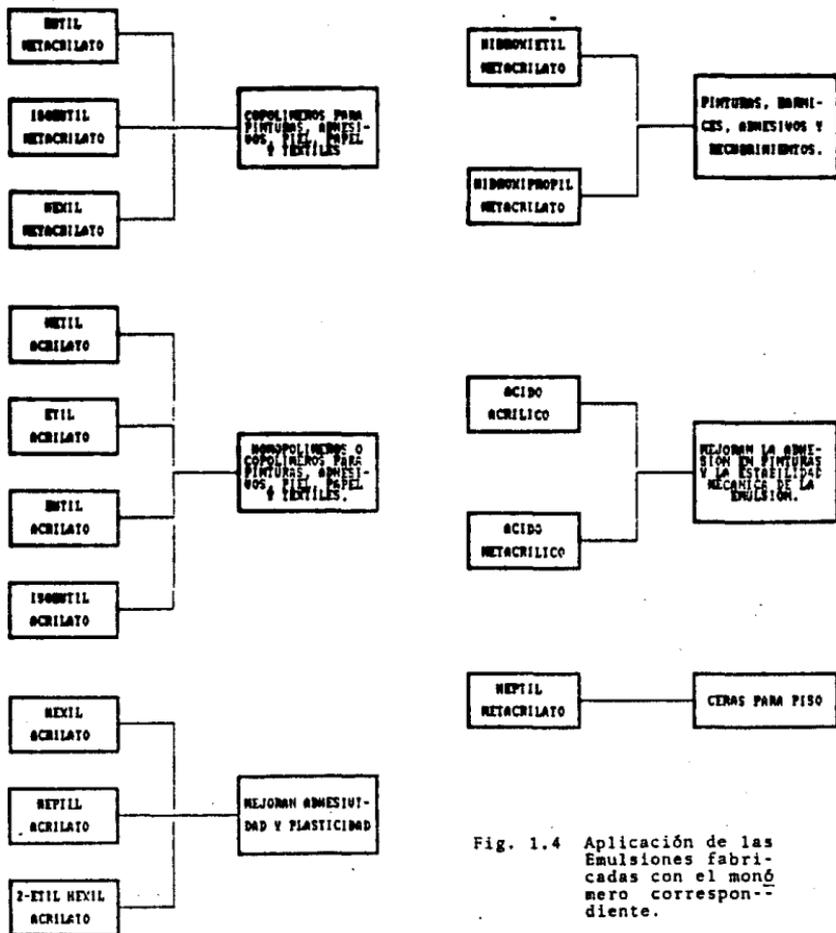


Fig. 1.4 Aplicación de las Emulsiones fabricadas con el monómero correspondiente.

## CAPITULO II

### ANALISIS DEL MERCADO

## ANALISIS DEL MERCADO

### 2.1 OFERTA Y DEMANDA

Existe una gama muy amplia de emulsiones acrílicas. Sin embargo, en el presente trabajo, nos obligamos a estudiar únicamente aquellas emulsiones fabricadas en México, dentro de las vinil-acrílicas, estiren-acrílicas y acrílicas, destacando primordialmente el uso de los monómeros acrílicos etil-acrilato, metil metacrilato, 2-etil-hexil-acrilato, n-butyl-acrilato, n-propil-acrilato y ácidos acrílico y metacrílico, como materias primas.

Conforme investigaciones realizadas (2), se sabe el nombre de las compañías fabricantes de emulsiones acrílicas, la tabla 21 nos presenta la capacidad instalada de cada compañía. Las emulsiones elaboradas por dichas compañías se destinan a varias industrias, en la tabla 22 se aprecian los mercados a los cuales están dirigidas las emulsiones producidas.

(2) ANIQ

TABLA 2.1 CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICANTES DE EMULSIONES NACIONALES

	(TON./AÑOS)	(BASE SECA)
NAMEX	10,000	
ROHM & HASS	6,000	
QUIMICA HOECHST	4,500	
BASF	4,500	
REBESA	5,000	
IRSA	<u>9,600</u>	
	39,600	

De esta capacidad corresponde aproximadamente el 50% para emulsiones de PYA (poliacetato de vinilo) y el otro 50% para diferentes emulsiones acrílicas.

TABLA 2.2 MERCADOS POTENCIALES A LOS QUE SE DESTINAN LAS EMULSIONES  
ACRILICAS, AÑO 1986

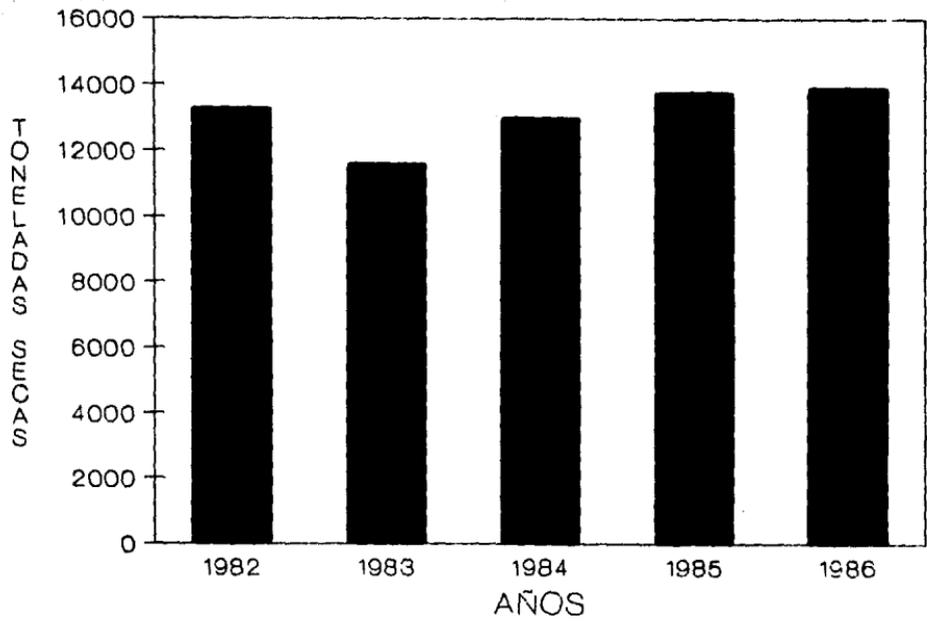
	VINIL-ACRILICAS (Toneladas) Base seca	ESTIREN-ACRILICAS (Toneladas) Base seca	ACRILICAS (Toneladas) Base seca
PINTURAS Y CONSTRUCCION	4870	1218	
TEXTILES	826	2014	294
NO TEJIDOS	709	628	784
PAPEL	416	749	256
ADHESIVOS			308
PIEL	<u>270</u>	<u>259</u>	<u>300</u>
	7091	4868	1942

Fuente.- Estudios realizados en Industrias Resistol, S.A.  
Año 1986.

La figura 2.1 muestra la tendencia de producción durante los últimos años. Sin embargo, es necesario aclarar que algunos mercados suelen dispararse o disminuir bruscamente. Ello se debe principalmente, a fenómenos económicos y políticos. En la actualidad, los perfiles de producción en México se encuentran muy abatidos debido a los fenómenos devaluatorios de la moneda, altas tasas de interés que desalientan al inversionista, recesión en Estados Unidos y todo el mundo, lo cual coadyuva a desanimar al inversionista y a cerrar las fuentes de trabajo. Los altos intereses en préstamos bancarios, así como la vinculación con la espiral inflacionaria, conlleva a reducir las inversiones y a restringir el circulante.

El mercado histórico de los últimos cinco años (Tabla 2.3) muestra una recuperación en su demanda por lo cual cabe esperar que dicha recuperación continúe a un ritmo ligeramente mayor.

En la Tabla 2.4 se muestra el mercado estimado de emulsiones acrílicas para los próximos cinco años.



**Fig. 2.1 Producción de emulsiones acrílicas.**

TABLA 2.3  
MERCADO HISTORICO 1982-1986

	1982	1983	1984	1985	1986	Incremento promedio anual %
PINTURAS Y CONSTRUCCION	6,159	4,843	5,767	5,996	6,088	(0.29)
NO TEJIDOS	1,970	1,905	1,988	2,133	2,121	1.86
PAPEL	1,213	1,151	1,193	1,400	1,421	2.64
TEXTIL	2,879	2,649	2,927	3,083	3,134	2.16
PIEL	711	746	794	830	829	3.94
ADHESIVOS	<u>339</u>	<u>297</u>	<u>304</u>	<u>311</u>	<u>308</u>	(2.29)
TOTAL	13,271	11,591	12,973	13,753	13,901	

Fuente: estudios realizados en IRSA. Año 1986.

TABLA 2.4  
MERCADO ESTIMADO 1987-1991

	1987	1988	1989	1990	1991	Incremento promedio anual %
PINTURAS Y CONSTRUCCION	6,088	6,326	6,484	6,484	6,614	2.1
NO TEJIDOS	2,122	2,204	2,260	2,260	2,317	2.2
PAPEL	1,458	1,528	1,529	1,583	1,630	2.8
TEXTIL	3,084	3,140	3,327	3,328	3,428	2.7
PIEL	838	870	870	885	894	1.6
ADHESIVOS	<u>309</u>	<u>316</u>	<u>316</u>	<u>321</u>	<u>327</u>	1.4
TOTAL	13,899	14,384	14,786	14,861	15,210	

Fuente: estudios realizados en IRSA.

### 2.1.1 ANALISIS DEL DESTINO DE LAS EMULSIONES ACRILICAS

Debe hacerse notar que del año 1982 a 1983 hubo una disminución en todos los mercados debido a la agudización de la crisis por todos conocida, pero en los años siguientes se tuvo una recuperación igualando o superando en algunos casos el volumen que se tenía en 1982.

A continuación se hace un análisis de cada uno de los mercados para el período 1982-1986.

#### - Pinturas y Construcción

Este segmento del mercado ha tenido un estancamiento en la demanda debido a la baja que tuvo la industria de la construcción causada por la suspensión de las obras del sector público, elevado costo financiero de la banca y la fuerte contracción en la economía.

A partir del año 1984 se ha ido recuperando y se estima que en los próximos cinco años se tenga un ligero aumento (2.1 % anual).

- No Tejidos

En los últimos cinco años se tuvo un incremento promedio del 2% anual.

Las compañías que trabajan con no tejidos tienen una gran diversificación de productos que se han convertido de primera necesidad como son pañales desechables, toallas sanitarias, etc.

Por lo anterior, no se espera que disminuya la demanda estimándose un aumento en su consumo del 2.2% en promedio anual.

- Piel

El mercado de emulsiones acrílicas destinadas a piel se había mantenido en aumento constante hasta 1985. Para 1986 hubo una depresión debido a que sus insumos se han disparado. Hay materias primas que han aumentado hasta 1000% en los últimos tres años.

Por lo anterior, se espera un aumento conservador en su consumo en los próximos cinco años (1.6% en promedio anual).

#### - Adhesivos

Los adhesivos tienen la menor participación en el mercado de las emulsiones acrílicas. No se ha logrado recuperar el mercado que se tenía en 1982 debido a que se utilizan como especialidades dentro de los adhesivos y compiten con emulsiones vínicas que son de menor precio.

Sin embargo se espera aumente 1.4% en promedio anual en los próximos cinco años.

- Papel

La industria papelera se ha caracterizado por ser una industria deficitaria en su balanza comercial. Este déficit se debe principalmente a las elevadas importaciones de celulosa que se realizan, debido a que la celulosa nacional es de menor calidad y mayor costo.

En 1984 y principalmente 1985 se tuvo una gran recuperación, obteniéndose en este último un aumento de 17.4% con respecto al anterior.

La recuperación lograda se atribuye, al igual que en el mercado de no tejidos, a la diversificación de productos que se han hecho indispensables.

Las expectativas de aumento en el consumo de emulsiones acrílicas para el mercado de papel son del 2.8% en promedio anual.

- Textil

Una de las industrias más tradicionales en el país es la textil, ya que se encuentra prácticamente estancada desde 1982. Los principales problemas a los que se enfrenta son: maquinaria vieja y utilización de insumos de importación.

En los años de 1984 a 1986 se tuvo una recuperación en el mercado, siendo menor en los dos últimos debido a que las fibras nacionales han ido perdiendo competitividad en el mercado internacional provocando una baja en las exportaciones.

Para los próximos cinco años se espera que compañías como AKRA Y CELMEX aumenten sus exportaciones de fibras nylon y poliéster con lo cual la demanda de emulsiones acrílicas para textiles aumente 2.6% en promedio anual.

## 2.2 SUCEDANEQS

Como se mencionó en el Capítulo I, en las aplicaciones de las emulsiones acrílicas, éstas dan un mejor acabado y en ocasiones, características únicas que no las da otro producto sustituto. Por ejemplo, en piel: flexibilidad; en telas: acabado permanente o impermeabilidad; en papel: resistencia a la luz ultravioleta; en pinturas: resistencia al agua; en adhesivos: flexibilidad a temperatura; en ceras: brillo; en construcción: poder enlazante.

Los principales competidores de las emulsiones acrílicas, son las emulsiones de acetato de vinilo (homopolímeros y copolímeros no acrílicos) y las emulsiones estireno-butadieno (látex). Estos productos pueden usarse como sustitutos de las emulsiones acrílicas, pero no se iguala la calidad en varios casos.

La ventaja por el uso de los sucedáneos en un menor precio, y por consiguiente, la decisión de usar uno u otro producto, dependerá de si se desea contar con un producto de mejor acabado, de mejor presentación y aspecto cualitativos ponderables o productos más baratos.

## 2.3 PREMISAS DEL PROYECTO

La captación del mercado que se pretende obtener es del 10%. Esto es posible para una compañía que cuente con prestigio en la producción de emulsiones, no siendo el caso para una compañía que inicia, ya que la mayoría de los competidores cuentan con respaldo tecnológico, ya sea propio o licenciado para elaborar productos de calidad, además de proporcionar buen servicio al cliente, mientras que una compañía nueva empieza a darse a conocer en un mercado bien establecido.

Para conocer la demanda real de emulsiones acrílicas se efectuó el estudio de mercado en el cual se investigó la capacidad instalada, así como el mercado histórico y estimado para cinco años.

El estudio tiene como objetivo además de lo mencionado anteriormente, determinar el volumen que sería necesario producir de emulsiones acrílicas para captar el incremento que se tendrá en la demanda en los próximos cinco años (2.3% en promedio anual). Hay que hacer notar que la participación del 10% en el mercado también es posible si se deseara desplazar la competencia existente.

La captación del mercado antes mencionado la realizaría una compañía cuya capacidad esté saturada y desee crecer, lo cual justificaría el estudio de factibilidad de instalación de un nuevo reactor.

### 2.3.1 CAPACIDAD PROPUESTA

En base al estudio de mercado y al volumen que se desea captar, se calculó la capacidad del reactor que deberá instalarse para cumplir con el objetivo de crecimiento.

A continuación se muestra la secuencia de cálculo, así como los puntos considerados.

Demanda anual promedio	14,000 Ton. secas
10% de mercado a absorber	$14,000 (0.1) = 1,400$ Tons secas

\* Tiempo estimado por lote

<u>Actividad</u>	<u>Tiempo Hrs.</u>
Carga inicial al reactor	2
Preparación de catalizador y mezcla de monómeros	1
Calentamiento a temperatura de reacción	1
Dosificación	4
Agotamiento	1
Verificación de monómero residual	1.5
Enfriamiento	1
Transferencia a tanque de almacenamiento y ajuste	2
Limpieza de líneas y reactor	<u>2</u>
	15.5    1.5 lotes/día
Días laborables al año	300
Toneladas húmedas	
a 50% S	1,400 Ton. secas = 2,800 Ton. húmedas
45% S	1,400 Ton. secas = 3,111 Ton. húmedas
	3,000 Ton. promedio

\* Tiempos tomados de datos industriales

Densidad promedio

= 0.937 Kg/l

Capacidad del reactor

$$3000000 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{300 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{1.5 \text{ barc.}} \times \frac{\text{lt.}}{0.937 \text{ Kg.}} = 7115 \text{ lt.}$$

a 90% de capacidad

Reactor de 7905 lt = 2089 gal  $\approx$  2000 gal (tamaño std.)

En el apéndice III se hace el estudio cinético de una polimerización en emulsión con una formulación típica, en el cual se muestra que un reactor de 2000 gal std. es adecuado para realizar la reacción ya que el área de transferencia del reactor es suficiente para disipar el calor generado.

## C A P I T U L O   I I I

### PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE LAS EMULSIONES ACRILICAS

## PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE LAS EMULSIONES ACRILICAS

### ETAPAS DE PROCESO

La generalidad de las emulsiones acrílicas se preparan por sistemas muy parecidos, no diferenciando substancialmente y reduciéndose a únicamente dos de los métodos de fabricación.

Dichos métodos son conocidos convencionalmente como Método de Reflujo y Método REDOX.

Existen modificaciones hechas a los procedimientos, dando resultados novedosos.

Para llevar a cabo la polimerización, ya sea por el Método Redox o el Método de Reflujo, es necesario realizar los siguientes pasos:

- a) Pre-polimerización.
- b) Reacción de polimerización.
- c) Ajuste o terminación.

Para efectuar los pasos anteriores, es necesario contar con un tanque pre-emulsificador, un reactor y un tanque de ajuste o terminación, los detalles del equipo se verán posteriormente. Lo anterior, no implica que

se trate de un sistema continuo, porque en todos los casos se trabaja por sistema de lotes.

### 3.1.1 - PRE-POLIMERIZACION -

#### 3.- Carga de materiales.

En esta etapa se va a crear el medio adecuado para llevar a cabo la polimerización en emulsión, y adicionar los aditivos necesarios para obtener el polímero con las características que se requieren.

Los materiales que se cargan en esta etapa son:

a) Agua.- Es el vehículo de dispersión. - Permite la transferencia de calor para alcanzar la temperatura de reacción. El agua utilizada para la reacción debe ser deionizada preferentemente, debido a que los --iones pueden tener un efecto inhibitor.

b) Emulsificante.- Es importante porque - dispersa el monómero inicial. Con el emulsificante puede ajustarse el tamaño de partícula y regular la velocidad de la reacción, además de que al final se obtiene - buena estabilidad mecánica. Para las emulsiones acrílicas, los emulsificantes utilizados son aniónicos, o una

combinación de aniónicos con no iónicos, ésta mezcla da muy buenos resultados.

c) Electrolitos.- Se agregan cuando es necesario ajustar el pH, para que se efectúe la polimerización. Entre los electrolitos más empleados se encuentran el bicarbonato de potasio, el bicarbonato de sodio, fosfato de sodio (dibásico, tribásico, etc.).

La omisión en el control del pH da -- por resultados una saponificación del emulsificante -- cuando éste es del tipo éster, o bien una hidrólisis de los monómeros acrílicos, resultando como producto final acrilatos (sales).

d) Modificadores de cadena.- Tienen como objeto, controlar el tamaño de la cadena del polímero a producirse, obteniéndose propiedades específicas del mismo.

e) Coloides protectores.- Su adición -- permite regular la viscosidad del producto final y mejorar su estabilidad mecánica. Para el caso de emulsiones acrílicas son poco usados, siendo los más comunes los alcoholes polivinílicos.

El tipo de catalizador empleado estará en función del método de polimerización a utilizar:

a).- Oxido-reductor.- Son peróxidos combinados con sales, como son peróxido de hidrógeno/sales ferrosas, persulfatos/sulfóxidos, bisulfito y/o tiosulfato y/o hidrosulfato/sales metálicas.

b).- Oxidante.- Son persulfatos de sodio, potasio o amonio.

La presencia de sales de fierro o cromo, en cualquiera de los dos métodos, aumentan la velocidad de reacción, pero un exceso resulta inhibidor.

La temperatura a la cual se inicia la reacción está entre 50 y 55°C, generalmente, y para el Método de Reflujo, a partir del punto de ebullición del monómero. Para este método se emplean monómeros de bajo punto de ebullición.

#### Dosificación.

Aquí se polimeriza la parte restante de pre-emulsión. Esta etapa tiene una duración de 2 a 3½ horas, generalmente, tiempo en el cual se va agregando en forma continua la pre-emulsión, al igual que el catalizador.

La función y tipo de cada uno de los materiales mencionados anteriormente, están desarrollados en el Capítulo I.

#### Incorporación del monómero.

En esta etapa se adiciona el monómero o monómeros a la mezcla hecha en el paso 1, para formar -- así una pre-emulsión. Esta adición se efectúa a una -- temperatura entre 40 y 50°C en forma lenta, y no en forma precipitada, de lo contrario el monómero corre el -- riesgo de no incorporarse. Mucho tiene que ver también el emulsificante en dicha incorporación del monómero.

La pre-emulsión contiene ya los elementos necesarios para llevar a cabo la polimerización, -- solo faltan las condiciones de proceso como son la temperatura y la adición del catalizador.

#### 3.1.2 - POLIMERIZACION

##### Iniciación.

La polimerización se inicia cuando se -- hace reaccionar una parte de la pre-emulsión (15%), en presencia de una parte proporcional de catalizador. --

Debido a que las reacciones de polimerización son exotérmicas una vez iniciadas, se hace necesario tener un control de temperatura cuando se está trabajando con el Método Redox, porque un cambio brusco de temperatura afecta sensiblemente al polímero. - Cuando se trabaja a reflujo, se deja que la temperatura aumente gradualmente, hasta que termine el reflujo.

#### Agotamiento.

Para asegurarse de conversión completa del monómero, se da un tiempo adicional de reacción para que se convierta a polímero dicho monómero. El tiempo de agotamiento se calcula haciendo muestreos periódicos hasta llegar a la cantidad de sólidos prevista en la formulación, esto cuando se utiliza el Método Redox. Para el Método de Reflujo no es necesario hacer muestreos, el agotamiento termina cuando el reflujo ha cesado.

En ocasiones es necesario usar catalizadores secundarios para asegurarse de conversión completa, como hidroperóxido de cumeno o de butilo terciario, en cualquiera de los métodos de polimerización empleados.

### 3.1.3 - TERMINACION O AJUSTE.

Una vez que terminó la polimerización en el reactor, se enfría el producto y se transfiere a un tanque llamado de ajuste, en el cual se va a alistar el polímero para su consumo.

El ajuste consiste en llevar el producto al pH y viscosidad requeridos, si es necesario, o añadir otros aditivos como fungicidas. Finalmente, antes de envasarlo se filtra para eliminar el grumo.

La secuencia a seguir desde el inicio del proceso hasta su finalización para cada uno de los métodos mencionados, se describe a continuación.

### 3.2 - DIFERENTES PROCESOS.

#### 3.2.1 - METODO REDOX.

Los pasos a seguir para polimerizar por el Método Redox, son los siguientes:

Carga en el tanque pre-emulsificador.

Se adiciona a dicho tanque lo siguiente:

a) Agua.

- b) Emulsificante.
- c) Electrolito (si se requiere)
- d) Modificadores de cadena (si se requieren)
- e) Coloides protectores (si se requieren)

Cada una de estas adiciones se hacen por separado y con agitación, una vez mezcladas todas las materias primas necesarias, mencionadas anteriormente, - se eleva la temperatura para su completa disolución, - alrededor de los 70°C, y se mantiene así entre 15 y 30 minutos.

Una vez solubilizados los materiales se dis-minuye la temperatura para adicionar el monómero entre 40 y 45°C, para formar la pre-emulsión. Cuando ya se ha incorporado el monómero, se transfiere una parte al reactor (aproximadamente un 15%) para iniciar la poli-merización.

Debido a que el oxígeno produce efectos inhi-bidores aún a bajas concentraciones, el proceso de poli-merización debe efectuarse en presencia de un gas - inerte, ya sea CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>. Antes de iniciar la reacción debe purgarse con el gas durante 15 minutos con agita-ción.

Para iniciar la reacción se eleva la temperara

tura de la pre-emulsión, sin llegar a ebullición, generalmente a 50°C, y se añade una parte proporcional de catalizador (óxido-reductor). Permanece así, el tiempo calculado para que polimerice esta parte.

Luego de reaccionar la parte inicial de pre-emulsión, se inicia la dosificación de la parte restante al igual que del catalizador. El tiempo de dosificación varía entre 2 y 3½ horas, generalmente, teniendo control de la temperatura.

Después de dosificada la pre-emulsión y para alcanzar conversión completa del monómero, se agrega una cantidad adicional de catalizador u otro tipo de catalizador secundario en forma dosificada, o únicamente se eleva la temperatura. En algunos casos es necesario efectuar los dos pasos.

Después de agotar el monómero, el producto se enfría hasta 40°C aproximadamente, y se transfiere al tanque de ajuste para regular el pH y la viscosidad. También se agregan otros aditivos si son necesarios y se filtra antes de envasarlo.

### 3.2.2 - METODO DE REFLUJO.

Los pasos a seguir para polimerizar por el -  
Método de Reflujo, son los siguientes:

Se adiciona al tanque pre-emulsificador:

- a) Agua
- b) Emulsificante
- c) Electrolito (si se requiere)
- d) Modificadores de cadena (si se requieren)
- e) Coloides protectores (si se requieren)

Cada una de las adiciones se hacen por separado y con agitación, una vez mezclados los materiales se eleva la temperatura para su completa disolución, - alrededor de los 70°C, manteniéndose esta temperatura entre 15 y 30 minutos.

Cuando ya se han solubilizado los materiales, se disminuye la temperatura para adicionar el monómero, entre 40 y 45°C, para formar la pre-emulsión. Cuando el monómero ya ha sido incorporado, se transfiere una parte al reactor (aproximadamente 15%) para iniciar la polimerización.

En este proceso no es imprescindible tener una atmósfera inerte, debido a que la reacción se lleva a cabo a la temperatura de ebullición de los monómeros o mayor, llenándose la atmósfera de vapores de monómero.

La reacción se inicia elevando la temperatura en el reactor al punto de ebullición del monómero, y se agrega una parte proporcional de catalizador del tipo peroxídico.

Cuando ya se ha polimerizado la parte de pre-emulsión adicionada al reactor, que se comprueba al haber una disminución en el reflujo, se continúa con la dosificación de la parte restante de la emulsión, al igual que el catalizador, en un tiempo de 2 a 3½ horas, generalmente. Debido a que la reacción de polimerización es exotérmica la temperatura va aumentando gradualmente, permitiendo que llegue a la temperatura óptima que generalmente se encuentra alrededor de los 80°C. En todo este tiempo se observa reflujo.

Para tener certeza de conversión completa del monómero, se prolonga la dosificación del catali-

zador o se agrega un catalizador secundario, si no es necesario lo anterior, únicamente se aumenta la temperatura en 5 y 10°C más.

Cuando el agotamiento termina, que se com--- prueba por la ausencia de reflujo, el producto se enfría hasta 40 - 45°C y se transfiere al tanque de ajuste. Aquí se regula el pH y la viscosidad del producto si es necesario, y se agregan aditivos como fungicidas. El producto se filtra finalmente y se envasa según la cantidad de consumo.

Existen modificaciones a los procesos anteriores, en los que se obtienen polímeros de diferentes características. Entre las variaciones que pueden existir tenemos:

- 1) Preparar en el tanque pre-emulsificador únicamente la mezcla de emulsificante, agua, electrolitos, modificadores de cadena y coloides protectores si son necesarios, y pasar dicha mezcla al reactor. La polimerización se llevará a cabo dosificando únicamente el monómero y catalizador.

Las demás etapas se efectuarán de acuerdo al método de polimerización empleado.

2) Preparar normalmente la pre-emulsión y transferirla toda al reactor e iniciar la polimerización llevando la temperatura a la del proceso y adicionando el catalizador.

En esta variación se evita el paso de dosificación, y el agotamiento termina cuando haya cesado el reflujo, para el método del mismo nombre, o -- cuando se haya llegado a la cantidad de sólidos pre-vista para el Método Redox.

El inconveniente de esta modificación, - es una posible presencia de espuma y un mal control - de la temperatura, esto debido a la exotermia que presenta.

3) Utilizar un catalizador del tipo óxido-reductor cuando se trabaje con el Método de Reflujo.

### 3.3 - SELECCION DE PROCESO.

Como se puede ver, los diferentes procesos - de elaboración de emulsiones acrílicas no difieren -- substancialmente, es por esto que se puede tener un so lo equipo en el cual pueda efectuarse cualquier proceso.

Al tener un equipo único, y pudiéndose elabo rar emulsiones acrílicas en dicho equipo por cualquier proceso, la elección de éste estará basada en definir qué tipo de polímero se desea obtener, de acuerdo al - uso que vaya a dársele.

La diferencia principal entre dos procesos - consiste en que por el Método Redox existe un mayor -- control del peso molecular y por consecuencia de la - viscosidad. En el caso del Método de Reflujo, son en ocasiones, reacciones rápidas con un alto grado de polidispersidad.

## C A P I T U L O I V

### EQUIPO DE PROCESO DE EMULSIONES ACRILICAS

## EQUIPO DE OBTENCION DE EMULSIONES ACRILICAS

El equipo en el que se elaboran las emulsiones acrílicas puede ser adaptado tanto al proceso --- REDOX como al proceso de REFLUJO. A continuación se describen las instalaciones y especificaciones del -- equipo, para que la planta pueda dar un buen servicio.

### 4.1 - REACTORES.

Las polimerizaciones industriales de emulsiones acrílicas son llevadas a cabo generalmente en procesos por lotes, en reactores enchaquetados que pueden ser de acero inoxidable o vidriados, sin embargo, se prefiere el equipo vidriado por ser más fácil de limpiar.

En la parte superior del reactor están instaladas las boquillas por donde se adiciona el agua deionizada, las soluciones de iniciador y activador y la adición de otros ingredientes. La línea de alimentación de la pre-emulsión debe ser también instalada en la parte superior del reactor, y debe descargar en la pared del mismo sobre el nivel del líquido, así el ma-

terial fluirá en la mezcla de reacción como una película, esto evitará la tendencia a formar espuma o coágulos. Debe evitarse que las tuberías estén sumergidas en la mezcla de reacción, porque se forman fácilmente gomas de polímero, acumulando dentro de las paredes, - siendo difícil su remoción al endurecerse.

Los agitadores son construídos del mismo material del reactor. Un agitador adecuado ejecutará - una velocidad periférica de 0.8 - 3.0 m/seg. La versatilidad de operación del agitador la producirá un motor variador. El tamaño del motor está determinado por la capacidad del reactor; su potencia puede ser estimada aproximadamente por 1 HP por cada 760 lts. de capacidad. El uso de baffles en el reactor mejora el mezclado de la emulsión.

La temperatura de los reactantes es controlada por la circulación de vapor o agua fría por la chaqueta. El agua de enfriamiento entra mejor a la chaqueta si en la boquilla hay turbulencia.

El gas inerte se adiciona mejor por burbujeo, por medio de una conexión en la base del reactor. La

presión interna que debe soportar el reactor es de ---  
3.5 kg./cm<sup>2</sup>.

#### 4.1.1 - ACCESORIOS Y EQUIPO PARA EL PROCESO REDOX.

##### - REGISTRADOR DE TEMPERATURA.

Se prefiere un registrador electrónico por su rápida respuesta a los cambios de temperatura, que se deberá tomar cerca de la base del reactor para tener una medida de la temperatura a un nivel bajo. Debe limpiarse frecuentemente los depósitos de polímero, para evitar tomar lecturas falsas.

##### - MONOMETRO.

##### ENTRADA HOMBRE Y MIRILLA.

##### TANQUE DE EMERGENCIA.

Se usa cuando la presión del reactor aumenta más de la que puede soportar. El tanque se encuentra en un lugar seguro y la tubería de descarga está adaptada al disco de ruptura del reactor. Si se requiere

de vacfo, el disco debe tener un soporte de vacfo.

Se requiere una tuberfa de venteo provista - de un arresta flamas. Los arresta flamas producidos - comercialmente, no siempre son adecuados porque son fa cilmente ensuciados por los vapores de monómero y even tualmente taponeados por el polfmero.

#### 4.1.2 - ACCESORIOS Y EQUIPO PARA EL PROCESO DE REFLUJO

Además del equipo usado en el proceso Redox, se le adapta también un condensador, que debe tener un área de enfriamiento expresada en pulgadas cuadradas - de un quinto de la capacidad del reactor expresada en galones. El condensado puede ser descargado al reac-- tor o a un pequeño receptor; si es regresado, la lf-- nea debe descargar en la pared del reactor.

Para evitar que el condensador se bloquee -- por la acumulación de polfmero, los vapores deben ser condensados en tubos horizontales. El reflujo puede - ser observado por una mirilla.

#### 4.2 - EQUIPO PRE-EMULSIFICADOR.

Las pre-emulsiones pueden ser preparadas en el reactor o en un equipo por separado. Aunque la - emulsificación en el reactor es simple, las técnicas de pre-emulsificación en tanque son más eficientes, - pues se puede preparar pre-emulsión para un segundo - lote, mientras la emulsión del primero se está enfriando. El tanque pre-emulsificador es conveniente para procesos continuos, tanto Redox como de Reflujo.

Si no existe tanque pre-emulsificador, el - monómero y el agua son cargados desde los tanques pesadores de acero inoxidable, provistos de un artefacto adecuado para medir la cantidad de material; es - aceptable un tanque con medidas lineales. Se debe -- usar un rotámetro para medir el flujo de monómero que entrará al reactor.

Los tanques pre-emulsificadores son de acero inoxidable, su capacidad es comparable a la del - reactor. Estos tanques están provistos generalmente, de un agitador de turbina, un manómetro indicador de nivel, chaqueta y si no se requiere enfriamiento, un serpentín es adecuado, registrador de temperatura, -- disco de ruptura, arreta flamas y boquillas para --

cargar los ingredientes.

El agua deionizada y los monómeros son cargados por gravedad o bombeados a través de líneas de acero inoxidable pasando por filtros del mismo material. Si se va a usar ácido metacrílico o ácido acrílico glacial, la tubería de descarga deberá ser de acero inoxidable; si se utilizan acrilatos y metacrilatos, la tubería puede ser de acero dulce.

Las soluciones de iniciador y activador deben ser mezcladas en agua por separado en tanques que, se adicionarán directamente al reactor por líneas de acero inoxidable, provistos con escala indicadora de nivel, rotámetros y válvulas de boquillas de acero inoxidable. Los surfactantes son pesados y cargados directamente en el reactor o en el tanque pre-emulsificador.

La alimentación de los ingredientes y de la pre-emulsión al reactor se hace por gravedad o por medio de bombas centrífugas de acero inoxidable.

#### 4.3 - EQUIPO DE AJUSTE.

Se utiliza un tanque simple de acero inoxidable para recibir el polímero emulsionado y contenerlo hasta que sea almacenado o envasado. Este tanque se utiliza para ajustar los sólidos y el pH, para adicionar conservadores, estabilizadores y materiales que ajusten la viscosidad, o mezclar lotes diferentes.

Para el mezclado de la emulsión se utiliza un agitador de baja velocidad (alrededor de 20 RPM) para ajustar o enfriar, algunas veces se instalan bafles para un mejor mezclado.

El tanque de ajuste se puede proveer de un pequeño tanque mezclador para la adición de aditivos. Una chaqueta de enfriamiento en el tanque permite descargar la emulsión terminada en caliente proveniente del reactor, aumentando la capacidad de producción de éste.

Para minimizar la cantidad de espuma, se puede descargar al tanque de ajuste haciendo una 'manga' de polietileno que descargará abajo del nivel de emul-

sión que existe en el tanque. En la descarga se utiliza una malla para remover el grumo que se haya formado.

#### 4.4 - CONSIDERACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.

##### AGUA DE SUMINISTRO.

El agua de suministro para las mezclas de --- reacción, el agua de enfriamiento en la chaqueta y el agua para el serpentín y el condensador, debe ser deionizada.

Se debe controlar el agua de enfriamiento para tener un control en la reacción, ya que puede enfriarse el reactor antes de que la reacción haya sido completada.

##### ESCALACION A PLANTA.

En general, las condiciones de proceso llevadas a cabo en el laboratorio, son fácilmente adaptadas a planta industrial, aunque en ocasiones es necesario hacer ajustes en la carga y calentamiento, métodos de alimentación de reactantes y agitación, para establecer

procesos eficientes y obtener productos con reproducibilidad, estabilidad y desarrollo satisfactorios. Los cambios en la formulación deben ser probados primeramente en el laboratorio. Las condiciones del proceso deben permitir la alta exotermia de polimerización. - El calor liberado se disipa por la absorción del mismo en la fase acuosa y por condensación de vapor y circulación de agua de enfriamiento en la chaqueta. Cuando los monómeros son adicionados durante el período de polimerización activa, la alimentación debe ser mantenida abajo de la capacidad de absorción del calor. Se debe tener limpieza en el equipo, especialmente en los detectores de temperatura, tubos condensadores y donde pasen las corrientes de enfriamiento y calentamiento.

#### REMOCION DEL MONOMERO RESIDUAL.

En algunas ocasiones es necesario remover pequeñas cantidades de monómero residual y trazas de -- otros materiales no deseados. La evaporación parcial de la fase acuosa incrementa el contenido de sólidos - y destruye vestigios de iniciadores.

La desabsorción y evaporación son llevadas -

a cabo después del calentamiento del lote a temperatura y presión consistente para regular la tendencia del espumado y la estabilidad de la emulsión. El exceso de espumado se controla con el vacfo y en una emergencia adicionando agua directamente al reactor. Los agentes antiespumantes pueden ser útiles en última instancia, aunque pueden afectar las propiedades de la emulsión.

#### LIMPIEZA DEL EQUIPO.

El reactor, tanques de mezclado y tanques de almacenamiento, deben ser enjuagados después de cada uso para no dar lugar a que el polímero se seque. Los depósitos de polímero deben ser eventualmente removidos, esto puede ser con agua en ebullición y para las capas más adheridas con solución de amoniaco al 1 - 3% y si el reactor es de acero inoxidable con solución cáustica. Los depósitos formados en los tanques de almacenamiento deben ser removidos manualmente. Las líneas y bombas no requieren limpieza si son drenadas adecuadamente.

En la Fig. 4.1 se muestra el campo empleado a nivel industrial, para la elaboración de emulsiones

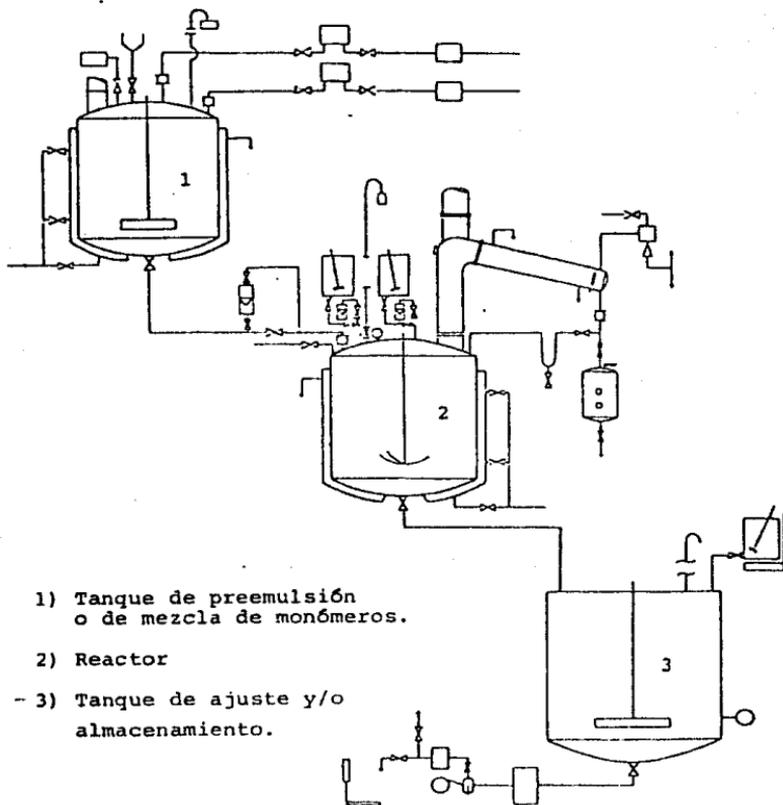


Fig. 4.1 Equipo de proceso de emulsiones acrílicas.

acrílicas.

#### 4.5 - ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE LAS EMULSIONES ACRILICAS.

Como todos los sistemas coloidales, las emulsiones están sujetas a manifestaciones de inestabili--dad, por esta razón deben ser controladas durante su -almacenamiento.

Los cambios no deseados pueden ser provoca--dos por el tiempo, cambios en el pH, evaporación, alta temperatura o congelamiento, burbujas de aire o espu--ma, manifestándose como natas, separación de la emul--sión o formación de grumo. No es común encontrar de--gradación oxidativa, pero sí llega a haber ataque bac--teriano, evitándose teniendo control en el pH, adición de fungicidas y un almacenamiento adecuado.

Las emulsiones deben ser usadas en un tiempo relativamente corto y estar protegidas de las condiciones externas en el ambiente. El equipo de almacena---miento y transferencia debe limpiarse regularmente pa--ra evitar focos bacterianos o contaminación con otro -

tipo de emulsión.

Las emulsiones son transportadas en tambores, pipas o carros tanques, éstos últimos son construidos de acero inoxidable preferentemente, aunque también son útiles de acero recubierto con resina. Los tambores son de polietileno o de acero recubierto con polietileno.

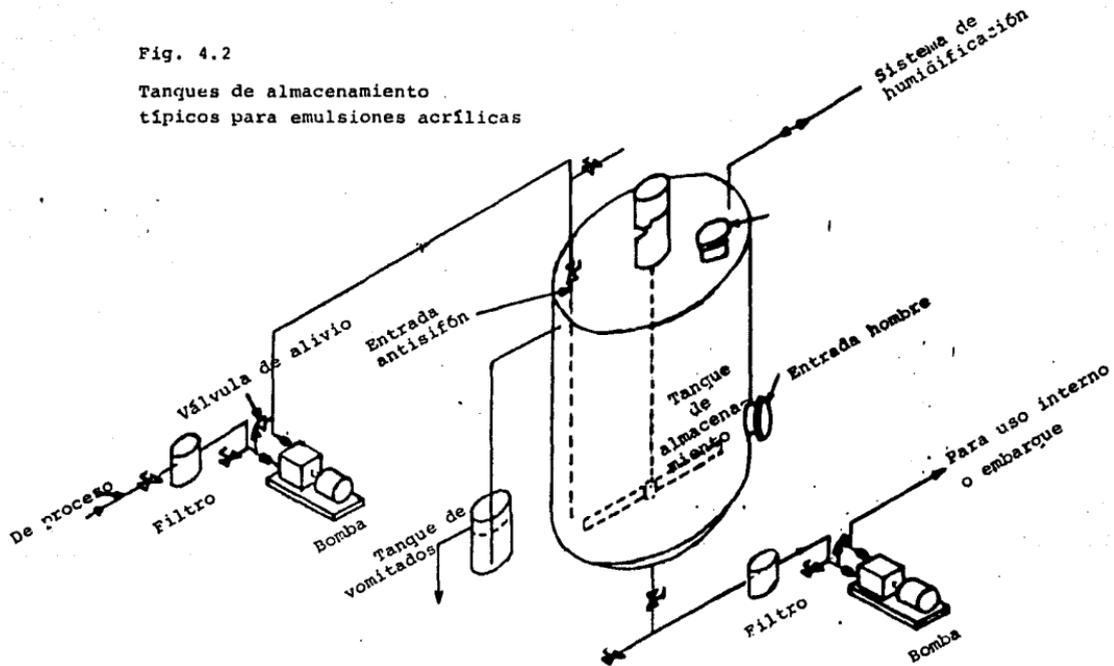
El equipo esencial e instalación para el almacenaje de emulsiones acrílicas se muestra en la figura 4.2. Los tanques de almacenamiento se prefieren de acero inoxidable porque son durables, fácil de limpiar e inofensivos a las emulsiones, aunque también son útiles tanques de aluminio, de acero recubierto con políéster reforzado, resina o vidriado.

En localidades donde se tengan temperaturas bajas, la emulsión puede congelarse, evitándose si se instala un serpentín para circular agua caliente. Se prefiere la instalación de una chaqueta, pero ésta es más costosa.

Los accesorios que se requieren para el tan--

Fig. 4.2

Tanques de almacenamiento  
típicos para emulsiones acrílicas



que de almacenamiento, son los siguientes:

Agitador.- Aunque la mayoría de las emulsiones acrílicas no requieren agitación bajo condiciones normales de almacenamiento, se instalan agitadores para asegurar su homogeneidad. Para este fin se utiliza un agitador de paletas largas, manejado a una velocidad periférica no mayor de 1.01 m/seg. Si no se cuenta con agitador puede usarse una bomba centrífuga que recircule a baja velocidad, aunque es menos deseable. En ambos casos debe evitarse la entrada de aire.

Entrada-hombre con recubierta removible.- Se hace necesario con el fin de facilitar la limpieza, ya que debe hacerse periódicamente con agua caliente o vapor a baja presión, evitándose dañar el recubrimiento de resina, si lo tiene. La emulsión adherida se retira manualmente.

Tuberfa de descarga.- Esta tuberfa se instala en la base del tanque con un agujero cerca de la tapa para evitar sifoneo.

Tuberfa.- Se prefieren las tuberfas de ace-

ro inoxidable, aunque pueden utilizarse tuberías de -  
acero recubiertas con polipropileno o polietileno de  
alta densidad, aluminio o plástico reforzado. Las tu  
berías de acero galvanizado o PVC no son recomendadas.  
Todas las tuberías deben ser instaladas de modo de te  
ner buen drenado y fácil limpieza y estar provistas -  
de válvulas para admitir agua después de su uso.

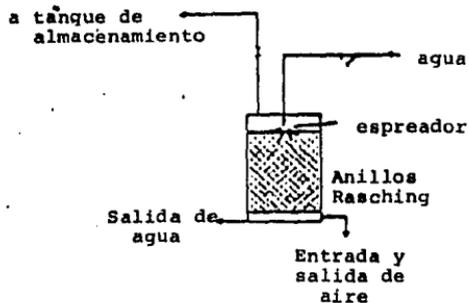
Sellos.- Los sellos de las boquillas de --  
las tuberías deben ser de teflón, polipropileno o ace  
ro recubierto 'Saran'. Las válvulas son de teflón, -  
neopreno u otro elastómero sintético.

Filtros.- Se utilizan como filtros mallas  
colocadas a la entrada y salida del tanque para remo  
ver el grumo u otras partículas sólidas.

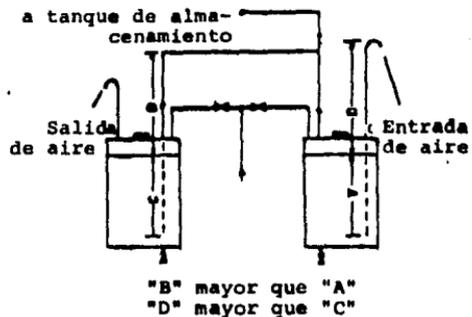
Respirador.- Se utiliza para permitir la -  
entrada de aire durante la transferencia, y son opera  
dos en forma manual o automática.

En la Fig. 4.3, se muestran los sistemas de  
respiración húmeda para tanques de almacenamiento de  
emulsiones acrílicas.

Empleando agua espreada en una columna empacada



Empleando dos tanques llenados con agua.



Usando un sistema de humidificación con vapor

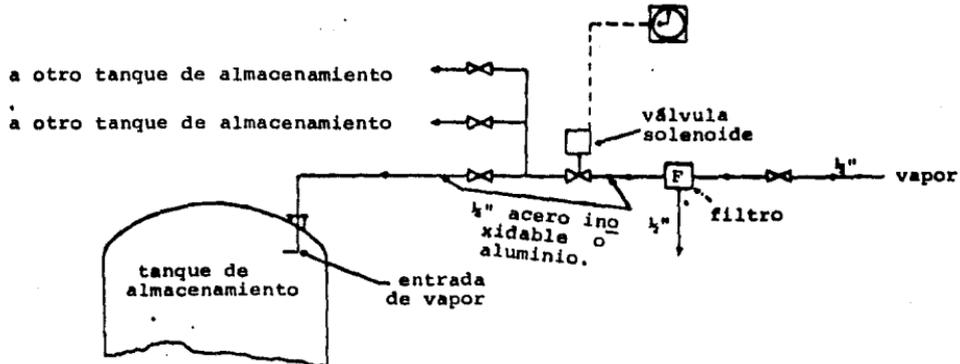


Fig. 4.3

CAPITULO V

EVALUACION ECONOMICA DEL

PROYECTO

## EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

En todo proyecto de establecimiento o ampliación de una empresa, se hace necesario realizar una evaluación, en la cual se basarán los juicios para tomar decisiones futuras.

La evaluación económica hecha en este trabajo puede dividirse en dos partes:

5.1 Estimación preliminar del costo de la planta

5.2 Estimación financiera

### 5.1 ESTIMACION PRELIMINAR DEL COSTO DE LA PLANTA

El procedimiento apropiado para estimar los costos finales de una planta, se hace mediante una estimación detallada de costos, empero, la determinación inicial de costo se realizada antes de disponer de gran cantidad de información referente al equipo, en cuanto a dimensiones exactas, lugar de instalación, requerimientos de servicios, etc.

Para la estimación preliminar de costos se cuenta con métodos que facilitan el cálculo del costo de la planta, con diferentes grados de aproximación, entre los que se encuentra el Método de Nicholls (5), Método de Chilton (5), Método de Lang (5).

Para la estimación de costo de la planta se eligió el Método de Chilton porque ofrece una estimación detallada y a la vez permite la variación de partes importantes del costo de la planta de acuerdo al criterio del estimador y su conocimiento de la situación en particular; la estimación mediante el Método de Lang es un método rápido que ofrece una idea aproximada del monto de la inversión.

Los costos de los equipos principales, en los que se basa la estimación del costo total de la planta, fueron proporcionados por diferentes proveedores, entre los meses de enero a abril de 1987.

Para la estimación de la inversión total del equipo, únicamente se consideró la planta de proceso, pues se ha partido de la hipótesis de la existencia de servicios instalados y se tomará en cuenta la instalación de estos servicios a la

(5) H.F. Rase & M.H. Barrow.- "Ingeniería de Proyectos para plantas de proceso".- Ed. CECOSA, México, 1981.

planta, además de destinar cierta cantidad, dentro de gastos de proyecto, en caso de requerirse algún servicio auxiliar.

La figura 5.1 muestra la forma de estimar el costo del equipo de proceso.

En el caso de la planta de emulsiones acrílicas, se tienen tres equipos principales de proceso:

- a) Tanque preemulsificador con agitador.
- b) Reactor con agitador.
- c) Tanque de ajuste.

cada uno de ellos, con diferente complejidad de instrumentación.

En el apéndice IV se muestra la secuencia de cálculo y las consideraciones hechas para determinar el costo de la planta. A continuación se presenta un resumen de la secuencia de dichos cálculos.

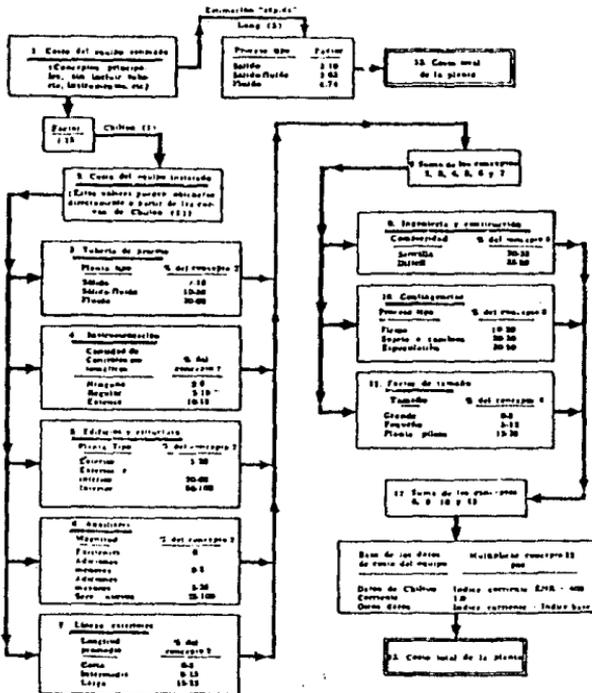


Fig. 5.1

Métodos de Lang y Chilton para estimaciones de costo de plantas.

5.1.1 RESUMEN DE LA ESTIMACION DEL COSTO DE LA PLANTA

1. COSTO DEL EQUIPO ESTIMADO

1.a) \$46,000,000

1.b) \$60,000,000

1.c) \$9,500,000

Factor 1.15

2. COSTO DEL EQUIPO INSTALADO

2.a) \$ 52,900,000

2.b) \$ 69,000,000

2.c) \$ 10,925,000

\$ 132,825,000

3. TUBERIA DE PROCESO

3.a) \$31,740,000

3.b) \$41,400,000

3.c) \$ 6,555,000

\$ 79,695,000

8. SUMA DE LOS CONCEPTOS ANTERIORES

\$ 132,825,000

\$ 79,695,000

\$ 14,863,750

\$ 79,695,000

\$ 20,168,063

\$ 13,023,750

\$ 340,270,563

9. INGENIERIA Y CONSTRUCCION

\$ 68,054,113.0

10. CONTINGENCIAS

\$ 51,040,583

11. FACTOR DE TAMARO

\$ 8,506,767

12. COSTO TOTAL DE LA PLANTA

\$ 340,270,563

\$ 68,054,113

\$ 51,040,583

\$ 8,506,767

\$ 467,872.026

4. INSTRUMENTACION

4.a) \$ 3,967,500.0

4.b) \$10,350,000.0

4.c) \$ 546,250.0

\$ 14,863,750.0

5. EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS

5.a) \$31,740,000.0

5.b) \$41,400,000.0

5.c) \$ 6,555,000.0

\$79,695,000.0

6. AUXILIARES

6.a) \$ 2,645,000.0

6.b) \$17,250,000.0

6.c) \$ 273,063.0

\$20,168,063.0

7. LINEAS EXTERIORES

7.a) \$7,935,000.0

7.b) \$3,450,000.0

7.c) \$1,638,750.0

\$ 13,023,750.0

ESTIMACION RAPIDA DEL COSTO DE LA PLANTA

COSTO DEL EQUIPO ESTIMADO

a) \$ 46,000.000

b) \$ 60,000.000

\$ 9,500.000

\$ 115,500.000

COSTO TOTAL DE LA PLANTA

\$ 547,450.000

## 5.2.- ESTIMACION FINANCIERA.

Una parte fundamental en el establecimiento o ampliación de una empresa, lo constituyen los ingresos que se esperan obtener, así como las erogaciones que se hagan. Estos datos se obtienen mediante una estimación financiera, la cual decidirá la eliminación ó continuación del proyecto.

Los cálculos se hicieron mediante un programa de computadora de evaluación de proyectos, el cual toma en cuenta los elementos suficientes para aproximarlo lo mejor posible a la realidad.

### 5.2.1.- BASE DE DATOS

Para poder tener conocimiento del costo de manufactura, gastos y deducciones dentro de la integración del costo de la ventas, es necesario contar con cifras que hayan sido proyectadas, teniendo como base datos reales presentes para tener la mayor confiabilidad en la evaluación del proyecto.

Se ha considerado la elaboración de seis emulsiones diferentes (dos estiren-acrílicas, dos vinil acrílicas y dos acrílicas), cada una de ellas con seis materias primas importantes y otras que varían en pequeñas cantidades en cada tipo de emulsión. La proyección de precios de materias primas se basó en los precios actuales y en el incremento que ha tenido en los últimos años.

Se definió un servicio de planta global en el que se incluyen el costo de todos los servicios necesarios, como son vapor, electricidad, agua de enfriamiento y aire.

En las tablas 5.1 a 5.4 se presentan precios y consumos de materia prima y servicios.

El tamaño del mercado total que se absorberá se dividió por igual para cada uno de los seis productos.

Dado que dichos productos son del mismo tipo (emulsión), se consideró que los gastos por envase, almacenaje, fletes y días de inventario son iguales para cada uno de ellos, variándose únicamente el precio de venta por tener diferente formulación. Lo anterior está detallado como datos variables por producto en las tablas 5.5 a 5.10.

Dentro de datos variables generales se consideran aquellos que dependen del tipo de producto, (Tabla 5.11) y dentro de datos constantes aquellos que son independientes del tipo de producto (Tabla 5.12).

#### 5.2.2.- EVALUACION DEL PROYECTO

Con todos los anteriores datos se corrió el programa obteniéndose la información necesaria para decidir la ejecución del proyecto, obteniéndose:

## **Costo de Manufactura**

Se proyectó a cinco años después del año de arranque. Dentro del costo de manufactura se incluye el costo inventariable, costo de almacenaje y gastos indirectos (Tabla 5.13).

## **Costo de Ventas**

En la tabla 5.14 se muestra la integración del costo de las ventas, la cual se obtiene a partir del costo inventariable, inventarios inicial y final, costo de almacenaje y gastos de arranque para el primer año. De esto se obtiene el volumen de producción y el % de capacidad ocupado.

## **Estado Proforma de Perdidas y Ganancias**

El cálculo toma como base el volumen de ventas esperado de acuerdo al estudio de mercado (capítulo II), obteniéndose las utilidades bruta, de operación, antes de impuestos, del negocio y neta. (Tabla 5.15).

## **Análisis del Flujo de Efectivo**

En dicho análisis, se cuantifican las entradas y salidas de dinero, considerando cobros y pagos independientemente de las utilidades, todo esto sirve para conocer las necesidades futuras de efectivo y las

condiciones en que podrán ser satisfechas, y principalmente el tiempo en que recupera la inversión inicial - (proyecto) y el tiempo en que se podrá reinvertir el capital.

Lo anterior se presenta en la tabla 5.16.

#### **Renglones Selectos e Indices**

La evaluación del proyecto como tal se presenta en la tabla 5.17, en la que se muestran los índices de rentabilidad que finalmente decidirán la ejecución del proyecto.

#### **Sensibilidad**

Se suponen variaciones en algunos de los renglones más importantes, como son precios, Volumen de -- ta, mano de obra, etc., y variación en el costo del capital (tablas 5.18 y 5.19).

PROYECTO: EXPLORACION

REPORTE BASE DE DATOS

NOMBRE DEL PRODUCTO	UNIDAD	NO. MP'S	NO. SERV	NOMBRE DEL PRODUCTO	UNIDAD	NO. MP'S	NO. SERV
1.- EACR11	KG	6	1	2.- EACR12	KG	6	1
3.- ACRI1	KG	6	1	4.- ACRI2	KG	6	1
9.- UNCR1	KG	6	1	6.- UNCR2	KG	7	1

-PRECIOS DE MATERIAS PRIMAS

NO	NOMBRE	UNIDAD	(PESOS/UNIDAD)						
			1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1	P-ACETENO	KG	1291.18	2291.90	4953.94	7294.42	11674.27	18670.85	
2	L-ETIL METAC.	KG	1860.00	2970.00	4261.68	7618.54	13645.99	14932.59	
3	L-METIL ACRILATO	KG	2129.00	3919.00	7642.00	11279.20	18948.32	20844.52	
4	L-ACETATO DE VINILO	KG	899.48	1794.48	3233.52	4790.20	7276.42	12919.15	
9	L-ACRIDO METACRILICO	KG	2480.00	4620.00	7914.00	12722.00	21215.46	36916.28	
6	L-ETIL ACRILATO	KG	1964.00	3971.20	6428.16	9295.85	16456.89	26321.75	
7	L-METIL SULF. DE Na	KG	2930.20	3751.00	3649.00	4918.75	6643.82	8948.87	
8	L-SULFATO DE S	KG	2340.00	1921.00	6787.17	11918.10	17614.91	33165.70	
9	L-ACRIL OI	KG	2.18	2.04	3.83	6.17	6.98	9.42	
10	L-OTR1	KG	810.00	1440.00	2522.00	3349.49	4780.49	5674.62	
11	L-OTR2	KG	790.00	1012.50	1366.00	1845.20	2491.17	3263.83	

-PRECIOS DE SERVICIOS

NO	NOMBRE	UNIDAD	(PESOS/UNIDAD)						
			1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1	SERVICIO	KG	36.00	40.00	20.60	122.00	194.41	314.97	

Tabla 5.1 Precios de materias primas

Tabla 5.2 Precios de servicios

PROYECTO: EVALUACION

REPORTE BASE DE DATOS

CONSUMO UNITARIO MATERIA PRIMA

		1987	1988	1989	1990	1991	1992
PRODUCTO: EACR11							
NO	INT-PRIMA						
1	P-ESTIPEMO	-14300	-14300	-14300	-14300	-14300	-14300
2	L-NITIL METAC.	-31939	-31939	-31939	-31939	-31939	-31939
3	L-LAURIL SULF. DE Na	-86939	-86939	-86939	-86939	-86939	-86939
8	I-PERSULFATO DE K	-88284	-88284	-88284	-88284	-88284	-88284
9	L-AGUA OI	-89538	-89538	-89538	-89538	-89538	-89538
19	L-OTRO1	-81800	-81800	-81800	-81800	-81800	-81800
PRODUCTO: EACR12							
NO	INT-PRIMA						
1	P-ESTIPEMO	-14300	-14300	-14300	-14300	-14300	-14300
2	L-NITIL METALATO	-31939	-31939	-31939	-31939	-31939	-31939
3	L-LAURIL SULF. DE Na	-86939	-86939	-86939	-86939	-86939	-86939
8	I-PERSULFATO DE K	-88284	-88284	-88284	-88284	-88284	-88284
9	L-AGUA OI	-89538	-89538	-89538	-89538	-89538	-89538
12	L-OTRO1	-81800	-81800	-81800	-81800	-81800	-81800
PRODUCTO: ACRI							
NO	INT-PRIMA						
2	L-NITIL METAC.	-14300	-14300	-14300	-14300	-14300	-14300
3	L-NITIL METALATO	-31939	-31939	-31939	-31939	-31939	-31939
3	L-LAURIL SULF. DE Na	-86939	-86939	-86939	-86939	-86939	-86939
8	I-PERSULFATO DE K	-88284	-88284	-88284	-88284	-88284	-88284
9	L-AGUA OI	-89538	-89538	-89538	-89538	-89538	-89538
11	L-OTRO1	-81800	-81800	-81800	-81800	-81800	-81800
PRODUCTO: ACRI2							
NO	INT-PRIMA						
2	L-NITIL METAC.	-14300	-14300	-14300	-14300	-14300	-14300
3	L-NITIL METALATO	-31939	-31939	-31939	-31939	-31939	-31939
3	L-LAURIL SULF. DE Na	-86939	-86939	-86939	-86939	-86939	-86939
8	I-PERSULFATO DE K	-88284	-88284	-88284	-88284	-88284	-88284
9	L-AGUA OI	-89538	-89538	-89538	-89538	-89538	-89538
10	L-OTRO1	-81800	-81800	-81800	-81800	-81800	-81800

Tabla 5.3 Consumo unitario de materias primas.

SUBSECTO: EXTRACTOS

RESUMEN BASE DE DATOS

-CONSUMO UNITARIO MATERIAS PRIMAS-

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<b>PRODUCTO: UNIC2</b>						
<b>NO PRODUCTO</b>						
4	L-ACETATO DE VINILO	.34700	.34700	.34700	.34700	.34700
5	L-AMIL ACILATO	.11902	.11902	.11902	.11902	.11902
7	L-AMIL SULF. DE Na	.06779	.06779	.06779	.06779	.06779
8	L-PERDIFATO DE K	.00204	.00204	.00204	.00204	.00204
9	L-AMIL DI	.09530	.09530	.09530	.09530	.09530
10	L-AMIL	.01000	.01000	.01000	.01000	.01000

PRODUCTO: UNIC2

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<b>NO PRODUCTO</b>						
4	L-ACETATO DE VINILO	.25436	.25436	.25436	.25436	.25436
5	L-AMIL PETAC.	.18569	.18569	.18569	.18569	.18569
9	L-AMIL PETACILICO	.02721	.02721	.02721	.02721	.02721
7	L-AMIL SULF. DE Na	.06779	.06779	.06779	.06779	.06779
8	L-PERDIFATO DE K	.00204	.00204	.00204	.00204	.00204
9	L-AMIL DI	.09531	.09531	.09531	.09531	.09531
11	L-AMIL	.01000	.01000	.01000	.01000	.01000

-CONSUMO UNITARIO SERVICIOS-

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<b>PRODUCTO: EXCH11</b>						
<b>NO SERVICIOS</b>						
1	SERVICIO	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<b>PRODUCTO: EXCH12</b>						
<b>NO SERVICIOS</b>						
1	SERVICIO	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<b>PRODUCTO: ACB1</b>						
<b>NO SERVICIOS</b>						
1	SERVICIO	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<b>PRODUCTO: ACB2</b>						
<b>NO SERVICIOS</b>						
1	SERVICIO	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000

Continuación Tabla 5.3 Consumo unitario de  
de materias primas.

Tabla 5.4 Consumo unitario de  
servicios.

PRODUCTO: EXALSIDES

REPORTE BASE DE DATOS

CONSUMO UNITARIO SERVICIOS

PRODUCTO: UNO1		1987	1988	1989	1990	1991	1992
NO	SERVICIOS						
1	SERVICIO	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000

PRODUCTO: UNO2

PRODUCTO: UNO2		1987	1988	1989	1990	1991	1992
NO	SERVICIOS						
1	SERVICIO	1.00000	1.20000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000

DATOS VARIABLES POR PRODUCTO

PRODUCTO: EXO11

CONCEPTO	UNIDAD						
..TAMBO MERCADO	MLU	13.31	14.40	14.00	14.93	15.20	15.44
..PARTICIP. MERCADO	%	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
..CAPACIDAD PRODUCCION	MLU	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
..PRECIO DE VENTA	\$/U	1500.00	2700.00	5100.00	9432.29	12753.29	33393.95
..GASTOS Y/O EXCHANGE	\$/U	100.00	100.00	250.00	400.00	495.30	1040.50
..PLETES	\$/U	25.00	40.00	64.00	102.40	163.04	262.14
..COST. EXPORTACION	\$/UMF	.00	.00	.00	.00	.00	.00
..COT. ALMACEN	\$/U	0.00	16.00	32.00	64.00	120.00	256.00
..INVENT. PROD. TERM. DIA-VTA		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00

PRODUCTO: EXO12

CONCEPTO	UNIDAD						
..TAMBO MERCADO	MLU	13.90	14.43	14.00	14.90	15.20	15.40
..PARTICIP. MERCADO	%	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
..CAPACIDAD PRODUCCION	MLU	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
..PRECIO DE VENTA	\$/U	1700.00	3610.00	6050.00	13032.10	24761.00	47945.90
..GASTOS Y/O EXCHANGE	\$/U	100.00	150.00	225.00	317.50	506.25	750.30
..PLETES	\$/U	25.00	37.50	56.25	84.30	120.54	180.84
..COT. ALMACEN	\$/U	10.00	20.00	40.00	80.00	160.00	320.00
..INVENT. PROD. TERM. DIA-VTA		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00

Continuación Tabla 5.4 Consumo unitario de servicios

Tabla 5.5 Datos variables por producto

Tabla 5.6 I D E M

PROYECTO: EMISIONES

REPORTE BASE DE DATOS

DATOS VARIABLES POR PRODUCTO

		1987	1988	1989	1990	1991	1992
PROYECTO: ACB1							
CONCEPTO	UNIDAD						
-TANNO MERCADO	PPU	13.90	14.40	14.80	14.90	15.20	15.40
-PARTICIP. MERCADO	%	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
-CONDICION PASAJE	PPU	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
-PRECIO DE VENTA	\$/U	1990.00	2945.00	9999.50	10631.45	20194.70	58379.54
-DIFERENCIAL Y/O DIFERENCIAL	\$/U	100.00	150.00	225.00	337.50	506.25	759.38
-FLETES	\$/U	25.00	37.50	56.25	84.38	126.56	189.84
-CTO. ALMACEN	\$/U	10.00	20.00	40.00	80.00	160.00	320.00
-INVENT. PROD. TER. DIA-UTA		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00

PROYECTO: ACD2

CONCEPTO	UNIDAD						
-TANNO MERCADO	PPU	13.90	14.40	14.80	14.90	15.20	15.40
-PARTICIP. MERCADO	%	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
-CONDICION PASAJE	PPU	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
-PRECIO DE VENTA	\$/U	2800.00	4944.00	9306.00	17033.40	33003.47	64370.59
-DIFERENCIAL Y/O DIFERENCIAL	\$/U	100.00	150.00	225.00	337.50	506.25	759.38
-FLETES	\$/U	25.00	37.50	56.25	84.38	126.56	189.84
-CTO. ALMACEN	\$/U	10.00	20.00	40.00	80.00	160.00	320.00
-INVENT. PROD. TER. DIA-UTA		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
-INVENT. INIC. PROD. TER	PPU						
-INVENT. INIC. PROD. TER	PPU						

Tabla 5.7 Datos variables por producto

Tabla 5.8 I D E M

PROYECTO: EMISIONES

REPORTE BASE DE DATOS

DATOS VARIABLES POR PRODUCTO

-----  
 1987 1988 1989 1990 1991 1992  
 -----

PRODUCTO: UNCF1

CONCEPTO	UNIDAD						
..TAMANO MERCADO	MMU	13.98	14.48	14.88	14.98	15.28	15.48
..PARTICIP. MERCADO	%	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18
..CAPACIDAD PRODUCTIVA	MMU	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88
..PRECIO DE VENTA	\$/U	1788.88	2288.88	4332.88	8238.88	15438.52	29783.18
..DEPRECIAC. Y/O DAÑARSE	\$/U	182.88	198.88	225.88	337.98	586.25	789.38
..PLETES	\$/U	25.88	37.98	56.25	84.38	126.56	189.84
..GASTOS EXPORTAC.	\$/U						
..CTO. ALMACEN	\$/U	8.88	16.88	32.88	64.88	128.88	256.88
..INVENT. PROD. TERM. DIA-VIA		15.88	15.88	15.88	15.88	15.88	15.88

PRODUCTO: UNCF2

CONCEPTO	UNIDAD						
..TAMANO MERCADO	MMU	13.98	14.48	14.88	14.98	15.28	15.48
..PARTICIP. MERCADO	%	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18
..CAPACIDAD PRODUCTIVA	MMU	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88
..PRECIO DE VENTA	\$/U	1638.88	2848.88	4776.88	10974.48	20851.56	39432.58
..DEPRECIAC. Y/O DAÑARSE	\$/U	188.88	198.88	225.88	337.98	586.25	789.38
..PLETES	\$/U	25.88	37.98	56.25	84.38	126.56	189.84
..CTO. ALMACEN	\$/U	8.88	16.88	32.88	64.88	128.88	256.88
..INVENT. PROD. TERM. DIA-VIA		15.88	15.88	15.88	15.88	15.88	15.88

Tabla 5.9 Datos variables por producto

Tabla 5.10 I D E M

PROYECTO: EMISIONES

REPORTE BIEN DE DATOS

		DATOS VARIABLES GENERALES					
		1987	1988	1989	1990	1991	1992
CONCEPTO	UNIDAD						
..REPERTIZACION	PIA	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
..PAGO DE OBRA DIRECTA	PIA	14.00	29.00	50.40	90.72	167.29	220.00
..LAB. Y CONTROL CALIDAD	PIA	25.00	52.50	54.25	84.30	124.54	139.54
..SERVICIOS TECNICOS	PIA	20.00	30.00	45.00	67.50	101.25	151.00
..SUPERVISION	PIA	20.00	32.00	51.20	81.92	121.07	209.72
..MTO. Y REPARACION	PIA	10.00	15.00	22.50	34.75	52.72	79.99
..GROS. DE PROYECTO	PIA	40.00	.00	.00	.00	.00	.00

		DATOS VARIABLES GENERALES					
CONCEPTO	UNIDAD						
..ESTR. FLOJE DE VTA.	PIA	10.00	5.00	0.00	2.00	0.00	9.00
..GROS. MAN. VENTA	W/IMP	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
..GROS. ADMIN. STRUC.	PIA	35.00	40.00	65.00	80.00	116.00	167.00
..OTRAS REDUCCIONES	W/IMP	.00	.00	.00	.00	.00	.00
..FACTOR ISB + RI	0	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
..CTO. ALMACENALZ	PIA	.00	.00	.00	.00	.00	.00
..ATA. LOC. CREDITO	W/IMP	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
..CTAS. COMPA. LOC.	DIAS	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
..CTAS. PAGAR LOCAL	DIAS	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
..CTAS. PAGAR IMP.	DIAS	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
..IMP. IMP. + LOCALES	DIAS	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
..IMP. IMP. + EXPORT.	DIAS	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
..INVENT. REPARACIONES	W/IMP	2.50	2.00	3.31	3.00	4.37	6.03

Tabla 5.11 Datos variables generales

PROYECTO: EMISIONES

REPORTE BASE DE DATOS

DATOS VARIABLES GENERALES

CONCEPTO	UNIDAD	AÑOS					
		1987	1988	1989	1990	1991	1992
- INGRESO LTA. BATERIA	MM\$	495.00	.00	.00	.00	.00	.00
- INGRESO SERVICIOS	MM\$	96.00	.00	.00	.00	.00	.00
- INGRESO EDIFIS/OFIS/ITES	MM\$	100.00	.00	.00	.00	.00	.00
- ALIMENTO REVAL. ACTS.	MM\$	.00	54.98	117.00	234.00	468.00	700.00
- PAGADO A DICIEMBRE A-DIV		2000.00	3000.00	4500.00	6750.00	10125.00	15187.50

DATOS CONSTANTES

- VALOR DE RESERVA	MM\$	700.00					
- COSTO PREOPERATIVOS	MM\$	30.00					
- PERDIDA DE ESPERA	ANIOS	1.00					
- REVENO TRASP. FICM L.T.	%	95.00					
- REVENO TRASP. FICM S.	%	90.00					
- R. DEUDA A CAPITAL	%	60.00					
- COSTO DE ARMAZON	MM\$	50.00					
- SHUTING, EMPELIZADO	ANIOS	2.00					
- TIEMPO OPER. ANIO 1	ANIOS	.00					
- COSTO DEL CAPITAL	%	100.00					
- CTO. DE LA DEUDA	%	100.00					
- CAP. TRASP. OPER. INIC.	MM\$	100.00					

Continuación Tabla 5.11 Datos variables generales

Tabla 5.12 Datos constantes

PROYECTO: EPASIONES	PROYECCION DEL COSTO DE MANUFACTURA					
	(MILL)					
	1987	1990	1989	1992	1991	1992
<b>COSTO DE MATERIAS PRIMAS:</b>						
-LABORACION	48.9	66.6	119.9	309.8	359.8	612.6
-LOCALES	2467.1	4889.8	7886.8	11119.7	12739.2	26399.7
-RENTA	121.9	168.4	978.3	1832.7	1666.4	2233.8
ESPORTE Y/O CHANGE	200.7	424.4	661.9	1811.3	1948.9	2412.8
VALOR DE SERVICIOS	14.8	30.8	96.4	96.7	163.3	228.8
<b>COSTO DE SERVICIOS</b>	<b>64.2</b>	<b>134.3</b>	<b>228.8</b>	<b>399.3</b>	<b>508.2</b>	<b>948.3</b>
<b>COSTO INMOVILIZABLE</b>	<b>3688.9</b>	<b>5993.6</b>	<b>8711.3</b>	<b>17818.7</b>	<b>21493.8</b>	<b>37262.6</b>
<b>COSTO DE ALMACENAJE</b>	<b>29.3</b>	<b>56.5</b>	<b>183.7</b>	<b>286.7</b>	<b>429.9</b>	<b>662.9</b>
<b>REPARACION</b>	<b>19.6</b>	<b>49.1</b>	<b>69.1</b>	<b>69.1</b>	<b>69.1</b>	<b>69.1</b>
<b>MANUTENCION Y REPARACION</b>	<b>18.8</b>	<b>15.8</b>	<b>22.9</b>	<b>24.7</b>	<b>27.2</b>	<b>29.9</b>
<b>REPARACION Y OTROS GASTOS</b>	<b>28.8</b>	<b>32.8</b>	<b>91.2</b>	<b>61.9</b>	<b>131.1</b>	<b>286.7</b>
<b>LUBRIFIC. Y S. TECNICOS</b>	<b>49.8</b>	<b>67.9</b>	<b>181.3</b>	<b>151.9</b>	<b>227.8</b>	<b>361.7</b>
<b>GASTOS INDIRECTOS</b>	<b>96.6</b>	<b>163.6</b>	<b>224.8</b>	<b>382.6</b>	<b>439.2</b>	<b>618.8</b>
<b>COSTO DE MANUFACTURA</b>	<b>3168.6</b>	<b>5267.6</b>	<b>8839.1</b>	<b>16322.8</b>	<b>22359.8</b>	<b>36799.9</b>
<b>COSTO (M/MUNICI)</b>	<b>1128.6</b>	<b>1882.9</b>	<b>3166.7</b>	<b>4956.8</b>	<b>7974.9</b>	<b>11622.2</b>
<b>GASTOS Y DEDUCCIONES SOBRE VENTAS</b>						
<b>PLACES</b>	<b>67.4</b>	<b>109.9</b>	<b>169.3</b>	<b>292.8</b>	<b>391.9</b>	<b>683.9</b>
<b>OTRAS DEDUCCIONES</b>	<b>.8</b>	<b>.8</b>	<b>.8</b>	<b>.8</b>	<b>.8</b>	<b>.8</b>
<b>TOTAL GASTOS Y DEDUCCIONES</b>	<b>67.4</b>	<b>109.9</b>	<b>169.3</b>	<b>292.8</b>	<b>391.9</b>	<b>683.9</b>
<b>UNIDADES EMPLEADAS</b>	<b>82</b>					

Tabla 5.13 Proyección del costo de manufactura  
Gastos y deducciones sobre ventas

PROYECTO: EXPLORACIONES	INTEGRACION DEL COSTO DE VENTAS					
	(M\$)					
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
COSTO INVENTARIABLE	3048.9	9057.6	8711.3	13410.7	21493.8	33262.6
INVENTARIO INICIAL	.0	128.3	287.4	357.6	567.4	887.6
CTO. DISPONIBLE PARA VENTAS	3048.9	9175.9	8998.7	14168.3	22061.2	34150.2
INVENTARIO FINAL	128.3	287.4	357.6	567.4	887.6	1366.2
COSTO DE ALMACENAJE	25.7	96.5	183.2	288.7	425.9	662.9
GASTOS DE ARMADAJE	96.0	.0	.0	.0	.0	.0
<b>COSTO DE VENTAS</b>	<b>3083.5</b>	<b>9417.8</b>	<b>9464.9</b>	<b>15099.9</b>	<b>23000.6</b>	<b>35661.8</b>
OPCIONADO - PLANTA (M\$-UNIDAD)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
SEL. PROB. (M\$-UNIDAD)	2.0	2.0	2.9	2.9	3.0	3.0
EL COMISIONO EXPLORA	95.6	93.3	99.0	96.4	98.4	99.6
UNIDADES EXPLORADAS	NS					

Tabla 5.14 Integración del costo de ventas.

PROYECTO: EXALCIONES	ESTADO PROFORMA DE PÉRDIDAS O GANANCIAS					
	(MIL)					
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
MIL. VTA. LOCAL (MIL UNIDAD)	2.7	2.8	2.9	2.9	2.9	2.8
PRECIO DE VTA. (M UNIDAD)	1281.2	3288.8	4213.1	11749.5	22796.4	42341.8
<b>VTA. META PROYECTADA</b>	<b>4669.7</b>	<b>9163.1</b>	<b>17039.8</b>	<b>34021.6</b>	<b>65762.7</b>	<b>126199.3</b>
<b>GASTOS Y REDUCCIONES</b>	<b>47.4</b>	<b>109.9</b>	<b>169.3</b>	<b>292.8</b>	<b>391.9</b>	<b>483.9</b>
<b>VENTA META</b>	<b>4622.3</b>	<b>9053.1</b>	<b>17473.7</b>	<b>33768.2</b>	<b>65370.8</b>	<b>125715.4</b>
<b>COSTO DE MERCAS</b>	<b>3883.9</b>	<b>9817.2</b>	<b>8666.8</b>	<b>13889.9</b>	<b>21626.6</b>	<b>37641.8</b>
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>1598.8</b>	<b>4846.2</b>	<b>9218.8</b>	<b>19952.9</b>	<b>43744.2</b>	<b>91963.9</b>
<b>UTILIDAD BRUTA AJUSTADA</b>	<b>1598.8</b>	<b>4846.2</b>	<b>9218.8</b>	<b>19958.7</b>	<b>43751.2</b>	<b>91953.9</b>
<b>GASTOS FINANCIEROS</b>	<b>96.8</b>	<b>163.8</b>	<b>224.8</b>	<b>387.6</b>	<b>479.2</b>	<b>628.9</b>
<b>OTROS VTA. Y SERVIC.</b>	<b>278.9</b>	<b>911.2</b>	<b>962.9</b>	<b>1794.8</b>	<b>2411.4</b>	<b>4082.8</b>
<b>GASTOS DE PROYECTOS</b>	<b>48.8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>OTROS GASTOS (INGRESOS)</b>	<b>49.8</b>	<b>49.8</b>	<b>49.8</b>	<b>49.8</b>	<b>49.8</b>	<b>49.8</b>
<b>UTILIDAD DE OPERACION</b>	<b>1132.2</b>	<b>3328.4</b>	<b>7776.9</b>	<b>17812.8</b>	<b>39819.6</b>	<b>84796.1</b>
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>1132.2</b>	<b>3328.4</b>	<b>7776.9</b>	<b>17812.8</b>	<b>39819.6</b>	<b>84796.1</b>
<b>ISR + IR</b>	<b>968.3</b>	<b>1668.2</b>	<b>3888.4</b>	<b>8966.8</b>	<b>19929.8</b>	<b>42198.8</b>
<b>UTILIDAD DEL NEGOCIO</b>	<b>968.3</b>	<b>1668.2</b>	<b>3888.4</b>	<b>8966.8</b>	<b>19929.8</b>	<b>42798.1</b>
<b>GASTOS FINANCIEROS (NETOS)</b>	<b>179.9</b>	<b>279.3</b>	<b>272.8</b>	<b>588.9</b>	<b>1626.7</b>	<b>2878.2</b>
<b>PÉRDIDA EN CAMBIO (NETA)</b>	<b>0</b>	<b>44.9</b>	<b>73.2</b>	<b>129.8</b>	<b>227.2</b>	<b>486.1</b>
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>488.9</b>	<b>1439.9</b>	<b>3543.2</b>	<b>8278.5</b>	<b>18679.9</b>	<b>39914.3</b>

Tabla 5.15 Estado Proforma de Pérdidas y Ganancias.

PROYECTO: EVALUACIONES	ANALISIS DEL FLUJO DE EFECTIVO						
	PERIODO	1987	1988	1989	1990	1991	1992
INVERSION FIJA	501.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
CAPITO CAP. DE TRABAJO	.0	449.1	496.4	942.8	1789.2	3203.0	-675.6
OTROS EGRESOS	15.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
EGRESOS TOTALES	686.0	449.1	496.4	942.8	1789.2	3203.0	-675.6
VALOR DE RESCATE	.0	.0	.0	.0	.0	.0	288.0
UTILIDAD NETA	.0	450.9	1439.9	3943.2	8272.5	18679.9	39914.3
DEPREC./AMORTIZAC.	.0	64.6	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1
INGRESOS TOTALES	.0	489.5	1534.0	3637.3	8366.6	18774.0	40218.4
FLUJO DE EFECTIVO	-686.0	50.5	1037.6	2695.3	4677.5	15491.0	47644.1
FLUJO DE EFECT. ACUM.	-686.0	-149.5	488.1	3183.4	1848.8	25331.8	73817.9
F.E.S./CAMBIO FINAN.	-686.0	185.9	1257.9	3540.5	2298.9	16748.9	50167.8
F.E.S./C.F. DESCENT. AL COSTO DE CAPITAL	-418.0	78.5	230.3	288.0	349.3	396.5	994.1
F.E. DES. AL C.C. ACUM.	-418.0	-348.4	-118.1	128.0	923.3	919.8	1913.9
COSTO DE CAPITAL		188.0					
MIL. PRESIDENTE PRIV.		1913.9					
RENT. INT. Y RECIBOS		288.0					
PROYECT. (GASTOS)		1.0					
PROYECT. REINC. (GASTOS)		2.0					
PROG. RETRA. (GASTOS)		.5					
NET. FIJO BAJO RIESGO		22.0					

Tabla 5.16 Analisis del flujo de efectivo.

PROYECTO: EVALUACION	RERONONES SELECTOS E INDICES					
	(MILL)					
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<b>DEL ESTADO DE RESULTADOS</b>						
VEN META FACTURADA	4669.7	9163.1	12879.8	56211.8	67267.7	116199.3
MENOR META	4482.3	9857.1	12672.7	37768.2	65355.8	125599.4
UTILIDAD BRUTA AJUSTADA	1998.8	4848.2	988.8	19958.7	43751.2	91993.5
UTILIDAD DEL NEGOCIO	966.3	1846.2	3898.4	8936.8	19979.8	42798.1
UTILIDAD META	438.9	1439.9	3943.2	8271.5	18679.9	39916.3
<b>DEL BALANCE :</b>						
CUENTAS POR COBRAR	447.8	878.7	1215.6	3252.3	6384.6	12181.3
INVENTARIOS TOTALES	356.8	598.8	1877.8	1677.8	2554.7	3836.6
CUENTAS POR PAGAR	298.8	435.8	264.1	1198.4	1863.7	2888.5
CAPITAL TRABAJO OPERATIVO	548.1	1841.5	1935.5	3692.7	6729.6	13148.6
ACTIVO FIJO BRUTO	985.8	643.5	218.5	994.5	1394.5	2994.5
REVALUACION DE ACTIVOS	.8	98.5	178.5	489.5	889.5	1589.5
INVERSION TOTAL	1138.1	1489.8	2766.8	4887.2	8728.1	15243.7
ACTIVO NETO TOTAL	1324.2	1991.3	3245.3	9938.9	19921.8	39927.3
<b>INDICES :</b>						
RENT. S/VAL. TOT. S (1987)	38.1	89.8	179.1	178.5	223.2	261.9
RENTEN BRUTO S/VAL. META S	34.7	66.6	51.8	99.1	66.9	73.2
RENT. S/VAL. S (1987)	9.4	15.9	28.8	34.5	28.6	31.8
RENT. S/VAL. NETO S (1987)	32.9	27.9	189.2	149.6	198.8	228.8
RENT. NEGOC. S/VAL. NETO S (1978)	42.8	84.7	119.8	168.8	287.9	348.9
RENTA/VAL. TOTAL	4.1	9.4	6.4	7.2	7.8	8.9
S 881 PROP. TER. LIBRE	179.861					
S 881 PROP. PROYECTO	215.474					

Tabla 5.17 Rerlonos seleetos e indices.

PROYECTO : EDALISIONES

UPM ORIGINAL (PWA) : 1133.07  
 RENT. INT. DEFROJ ORIGINAL (N) : 151.51  
 COSTO DE CAPITAL ORIGINAL (N) : 106.08

DECREC CAPICIDO = 77777

SENSIBILIDAD POR CONCEPTO

CONCEPTO	-10%	-10%	-9%	0%	10%	10%
<b>INVERSION</b>						
UPM (PWA)	1193.3	1175.2	1157.2	1113.0	1092.9	1072.0
% VAR. UPM	6.3	5.5	3.0	-1.0	-3.5	-6.3
RENT. INT. DEFROJ (N)	157.6	159.5	157.4	169.7	167.9	166.2
<b>VAL. VENTA</b>						
UPM (PWA)	895.4	924.6	1007.9	7777.0	7777.0	7777.0
% VAR. UPM	-21.0	-14.0	-7.0	7777.0	7777.0	7777.0
RENT. INT. DEFROJ (N)	146.9	147.2	149.4	7777.0	7777.0	7777.0
<b>PRECIO VENTA</b>						
UPM (PWA)	410.0	704.9	910.0	1747.2	1541.2	1779.3
% VAR. UPM	-56.7	-77.0	-10.9	10.9	37.0	56.7
RENT. INT. DEFROJ (N)	172.6	172.1	141.0	161.3	171.2	181.2
<b>COSTO MP'S</b>						
UPM (PWA)	1474.0	1320.4	1231.7	1075.4	977.0	866.1
% VAR. UPM	25.9	17.2	8.6	-6.6	-12.2	-25.9
RENT. INT. DEFROJ (N)	167.1	161.0	156.6	146.5	141.7	136.9
<b>COSTO SERVICIOS</b>						
UPM (PWA)	1142.0	1139.0	1136.0	1130.1	1127.1	1124.1
% VAR. UPM	0	0	-3	-3	-3	-3
RENT. INT. DEFROJ (N)	152.0	151.0	151.2	151.7	151.2	151.6
<b>COSTO M. OBRA</b>						
UPM (PWA)	1139.0	1136.4	1137.7	1137.4	1131.0	1131.1
% VAR. UPM	.2	-.1	.1	-.1	-.1	-.2
RENT. INT. DEFROJ (N)	151.6	151.6	151.5	151.5	151.4	151.4

SENSIBILIDAD A LA VIDA DEL PROYECTO

ANOS	6	9	4	3
UPM (PWA)	1133.1	694.9	296.6	-36.3
% VAR. UPM	0	-38.2	-74.0	-101.2
RENT. INT. DEFROJ (N)	151.5	146.4	122.0	96.1

Tabla 5.18 Sensibilidad por concepto.

PROYECTO : OLAJONES

UPM ORIGINAL (PPV) : 1133.07  
 REINT. INT. (COSTO) ORIGINAL (C) : 151.51  
 COSTO DE CAPITAL ORIGINAL (C) : 103.00

EXCEDE CAPACIDAD = 77777

CONCEPTO	SENSIBILIDAD POR CONCEPTO					
	-1%	-10%	-20	0%	10%	1%
COSTO DE CAPITAL (C) : 110.00						
INMERSION						
UPM (PPV)	817.3	797.7	778.1	778.7	719.1	699.4
% UMR. UPM	-27.9	-29.4	-31.7	-34.8	-34.9	-38.3
UCL. UENTA						
UPM (PPV)	979.2	670.7	690.4	77777.1	77777.1	77777.8
% UMR. UPM	-48.9	-43.4	-38.3	77777.1	77777.4	77777.8
PRECIO UENTA						
UPM (PPV)	226.5	483.8	781.1	936.7	1115.8	1278.3
% UMR. UPM	-88.8	-64.4	-48.7	-17.4	-1.8	13.9
COSTO MP'S						
UPM (PPV)	1867.9	924.7	841.5	675.2	592.4	588.9
% UMR. UPM	-11.1	-18.4	-29.7	-48.4	-47.7	-49.1
COSTO SERVICIO						
UPM (PPV)	766.8	763.4	788.9	799.8	793.3	796.7
% UMR. UPM	-32.4	-32.6	-38.8	-33.3	-33.5	-33.7
COSTO R. OBRA						
UPM (PPV)	768.8	759.5	780.9	787.8	787.3	794.7
% UMR. UPM	-32.9	-33.8	-33.8	-33.1	-33.2	-33.2

SENSIBILIDAD A LA VIDA DEL PROYECTO

AÑOS	SENSIBILIDAD A LA VIDA DEL PROYECTO			
	4	5	4	3
UPM (PPV)	768.4	663.7	142.4	-113.9
% UMR. UPM	-33.1	-68.8	-87.3	-118.1

Tabla 5.19 Sensibilidad por concepto (Variando costo del capital).

## CAPITULO VI

## CONCLUSIONES

- 1.- El proceso de polimerización en emulsión de monómeros acrílicos es bien conocido, por lo que se cuenta con tecnología definida.
- 2.- Las condiciones de proceso y tipos de monómeros a emplear, son función de la aplicación del producto.
- 3.- El mercado al cual se dirigen las emulsiones acrílicas, se ha venido haciendo indispensables, y dado que en la industria la producción de vinílicas es lo más conocido, se ve oportuno el fabricar emulsiones acrílicas y evitar su importación.
- 4.- El equipo de polimerización en emulsión es específico para este proceso, ya que propiedades tales como tamaño promedio de partícula y su distribución, estabilidad, viscosidad, principalmente; se ven afectadas por el tipo y velocidad de agitación, así como la geometría del reactor.
- 5.- Con la inversión de 585 M \$, se obtienen utilidades que permiten su recuperación en 2.8 años, período considerado corto, ya que se considera bueno hasta 5 años.
- 6.- A partir del segundo año de operaciones se tiene un flujo de efectivo positivo, lo cual indica que a partir de ese año se tiene capital disponible para reinvertir.
- 7.- El activo fijo bajo riesgo es 22% de la inversión, valor bajo comparado con las utilidades que se espe

ran 261.9% para el quinto año de operación.

Se considera que una rentabilidad sobre ventas (RSV) mayor al 10% es indicativo de un buen negocio. Para el proyecto se tiene un RSV esperado del 15.9% inicial llegando a 31.8% al quinto año de operación que lo hace atractivo para invertir.

- 8.- Lo anterior se ve reforzado por los demás índices, - rentabilidad sobre activo neto (RAN), utilidad del negocio sobre activo neto (RANN), rentabilidad sobre inversión total (RSI), que alcanzan 227%, 24% y 262% respectivamente para el quinto año de operación.
- 9.- Es necesario no tener disminuciones en el volumen y precio de venta para mantener la rentabilidad y utilidad estimadas, ya que esos puntos son los más sensibles del proyecto. Esto aplica y se agudiza, - cuando se considera que el costo del capital se incrementa de 100% a 110%.
- 10.- Dirigiendo las emulsiones acrílicas a mercados sólidos, los pronósticos de venta son alcanzables si al mismo tiempo se vigilan los puntos más sensibles ya mencionados.

Con lo anterior se obtienen las utilidades y rentabilidad esperadas, convirtiéndose el proyecto en un negocio atractivo para invertir.

## A P E N D I C E S

## APENDICE I

APENDICE I

TABLA I - PROPIEDADES COMPARATIVAS DE ALGUNOS ESTERES ACRILICOS

VALORES	DUREZA	EFICIENCIA COMO PLAS- TIFICANTE.	RESISTENCIA AL DESGARRE.	RESISTEN CIA AL - AGUA. -	ELASTICI DAD.	RESISTENCIA A SOLVENTES ORGANICOS	RESISTEN CIA A AL CALIS.
Valor Max.	MA	2EHA	MA	2EHA	2EHA	MA	2EHA
	IBA	BA	IBA	BA	BA	EA	BA
	EA	IBA	EA	IBA	IBA	IBA	IBA
	BA	EA	BA	EA	EA	BA	EA
Valor Min.	2EHA	MA	2EHA	MA	MA	2EHA	MA

2 EHA - 2 Etilhexil acrilato

EA - Etil acrilato

BA - Butil acrilato

IBA - Isobutil acrilato

MA - Metil metacrilato

APENDICE I

TABLA 2. PROPIEDADES FISICAS DE MONOMEROS ACRILICOS.

Propiedades Físicas Monómero	Punto de Ebullición °C (1 atm.)	Punto de Congelación °C	SOLUBILIDADES		Presión de vapor en mmHg a 20°C	Punto de ignición °C
			Agua en Monómero	Monómero en agua.		
Metil Metacrilato	100.8	-48.2	0.15	1.59	29	10
Butil Metacrilato	163.0	-75.0	0.34	0.053	2	60.5
Isobutil Metacrilato	155.0	-32 a -28	< 0.08	< 0.018	—	49
Hexil Metacrilato	206.	-59 a -55	1.67	0.035	0.26	79
Heptil Metacrilato	114 (20 mmHg)	-61	~ 0.05	< 0.017	0.03	88
Lauril Metacrilato	230 a 350	-12 a 0	0.23	0.028	1 (~121°C)	127
Estearil Metacrilato	206 a 370	20 a 22	< 0.06	< 0.016	1 (~180°C)	> 149
Hidroxietil Metacrilato	95 (10 mmHg)	-12	completa		1 (68°C)	108
Dimetilaminoetil Metacrilato	68.5 (10 mmHg)	-30	muy soluble		12 (70°C)	74

Continuación TABLA 2.

Propiedades Físicas Monómero	Punto de Ebullición °C (1 atm.)	Punto de Congelación °C	SOLUBILIDADES		Presión de vapor en mmHg a 20°C	Punto de ignición °C
			Agua en Monómero	Monómero en agua		
Hidroxipropil Metacrilato	96 (10 mmHg)	-70	Parcial		-	121
Etilen Dimetacrilato	97 (4 mmHg)	-20	Insoluble		1 (72°C)	66
Metil Acrilato	80	< -75	2.39	5.93	72	-3
Etil Acrilato	99.5	-72	1.56	1.83	29.3	9
Butil Acrilato	148.8	-64	0.7	0.2	3.6	48.9
Isobutil Acrilato	137.8	-61	0.6	0.2	10.7	30
Hexil Acrilato	180	-45 a -49	1.27	0.016	0.22	77
Heptil Acrilato	106 (25 mmHg)	-48	0.25	< 0.017	0.05	76

Continuación TABLA 2.

Propiedades Físicas Monómero	Punto de Ebullición °C (1 atm.)	Punto de Congelación °C	SOLUBILIDADES		Presión de vapor en mmHg a 20°C	Punto de ignición °C
			Agua en Monómero	Monómero en agua.		
2 etil hexil Acrilato	~ 218 (polimerización)	-90	0.14	0.018	< 1	90.5
Acido Metacrílico	159 a 163	15.2	completa		0.70	76.6
Acido Acrílico	141.3	13.2	completa		3	68.3
Estireno	145	-31	insoluble		18.8	31.1
Acetato de vinilo	72	< -60	2.0		90.1	- 1.1

## APENDICE II

## APENDICE II

### HOMOPOLIMEROS Y COPOLIMEROS ACRILICOS

#### HOMOPOLIMEROS

n - amil acrilato  
n - butil acrilato  
capril acrilato  
dihidroperfluoroalquil acrilato  
etil acrilato  
2 etilhexil acrilato  
metil acrilato  
n - octil acrilato  
n - propil acrilato  
isopropil acrilato  
tetrahidrofurfuril acrilato  
metacrilatos

#### COPOLIMEROS

En general los acrilatos pueden copolimerizarse con:

acrilonitrilo  
derivados de acrilatos de éster  
ácido acrílico  
2 cloro alil alcohol

alil carbonato  
dietilenglicol - bis  
cloruro alfilico  
alil etil glucoside  
lactato alfilico  
maleato alfilico  
pelargonato alfilico  
ftalato alfilico  
almidón alfilico  
benzal - 2- acetotienon  
éter dialfilico  
dialil glicol  
divinil benceno  
dimetalil éter  
alil maleato  
n - butil cloro maleato  
cloroetil maleato  
di - n - butil maleato  
di - 2 - cloroetil maleato  
dimetil cloro maleato  
cloro anhidro maleico  
metacrilato  
metilmetacrilato  
mirceno  
propeno  
1 - cloro propeno  
2 - cloro propeno  
2,3 - dicloro propeno  
estireno  
α - cloro estireno  
vinil isobutil éter  
cloruro de vinilo  
vinil éter  
2 - cloroetil vinil éter

$\alpha$  - cloro acrilato  
dehidroperfluoroalquil acrilato  
etil acrilato

$\beta$  - 2 - tienil etil acrilato  
etil hexil acrilato

$\beta$  - 2 - tienil ácido acrílico

1,3 pentadieno con:

isoamil acrilato  
isobutil acrilato  
etil acrilato  
etilhexil acrilato

acrilonitrilo con :

$\beta$  - 2 - tienil acrilato

asobutileno con :

metil metacrilato

etileno con:

metil metacrilato

estireno con :

etil- $\beta$ -2 - tienil acrilato  
 $\alpha$  - ciano -  $\beta$  - fenil acrilato  
ácido acrílico

acetato de vinilo con:

metil acrilato

vinil metil cetona con :

$\alpha$  - ciano -  $\beta$ -feniletíl acrilato

ésteres vinílicos  
cloruro vinílico  
metil metacrilato con :  
estireno  
vinil acetato  
cloruro de vinilo  
compuestos vinílicos  
cloruro de vinildieno

metacrilato con :

etil -  $\beta$  - 2 tienil acrilato  
 $\beta$  - 2 - tienil ácido acrílico  
benzal - 2 - acetotienona  
cinnamaldehído  
cinamanitrilo  
estireno  
ésteres vinil alquílicos  
cloruro de vinilo  
vinil furano  
cloruro de vinildieno  
N - vinil N - fenil - isourea

Otros copolímeros más específicos son:

1,3 - butadieno con:

$\beta$  - furil alil acrilato

isoamil acrilato

isobutil acrilato

$\alpha$  - cloro acrilato

2 - etoxietil acrilato

dihidroperfluoroalquil acrilato

etil acrilato

cianoalquil acrilato

$\alpha$  ciano -  $\beta$  - feniletil acrilato

$\beta$  -  $\alpha$  - furiletil acrilato

$\beta$  - 2 tieniletil acrilato

metil acrilato

$\alpha$  - ciano -  $\beta$  - fenilmetil acrilato

- furilmetil acrilato

tetrahidrofurfuril

$\alpha$  - ciano -  $\beta$  - fenil ácido acrilato

$\beta$  - ( $\alpha$  - furil) ácido acrílico

$\beta$  - 2 - tienil ácido acrílico

2- clorobutadieno con:

$\alpha$  - cloro acrilato

etil acrilato

2,3 dimetil - 1,3 butadieno con:

$\alpha$  - clor acrilato

etilacrilato

2 - metil - 1,3 butadieno (isopreno) con:

isoamil acrilato

asobutil acrilato

**TERPOLIMEROS.**

**etil acrilato con:**

metil acrilato y 2 - metil butadieno  
n hexil maleato y 2 cloroetil vinil éter  
cloruro de vinilo e isobutileno  
cloruro de vinildieno e isobutileno  
cloruro de vinildieno y butadieno

**metil acrilato con:**

2 - etilhexil acrilato y maleato alílico  
butadieno y 1,3 pentadieno  
cloruro de vinildieno e isobutileno

**metacrilatos con:**

cloruro de vinilo e isobutileno  
cloruro de vinildieno e isobutileno  
acetato de vinilo y 2 - clorobutadieno

**ácido acrílico con:**

acrilonitrilo y butadieno

### APENDICE III

### APENDICE III

En el Capítulo II se justificó la capacidad del reactor recomendado en base al estudio de mercado. Este apéndice tiene como objetivo el mostrar, en base a un estudio cinético, que la capacidad del reactor es la adecuada para efectuar una polimerización en emulsión en forma controlada.

Las condiciones de proceso que se tomarán en cuenta para el desarrollo cinético, son las siguientes:

- Polimerización semicontinua, es decir, se dosifican los monómeros.
- Inicialmente se cargan al reactor el emulsificante y el agua
- Los monómeros se dosifican en mezcla.
- El tiempo de dosificación de los monómeros es de 4 Hrs. Este es un valor típico para el proceso considerado.
- Al final de la dosificación de los monómeros, se tiene un tiempo de agotamiento de 0.5 Hrs.

## FORMULACION TIPICA

<u>MATERIAL</u>	<u>CANTIDAD (g)</u>	<u>P.M. (g/mol)</u>	<u>MOLES</u>
Agua deionizada	456.0	18	
Emulsificante (LSS) al 50% de actividad	68.0	288	0.118
Iniciador (P.P.)	2.0	21.4	$7.5758 \times 10^{-3}$
Monómero 1: Estireno	141.0	104.0	1.3533
Monómero 2: Metil Meta- crilato	<u>313.0</u> 980.0	100.0	3.132

### I. CINETICA DE LA REACCION

La velocidad de adición de los monómeros está dada por la relación.

$$R_{a_x} = \frac{M_x}{\Delta t} \quad (1)$$

donde

$M_x$  = cantidad total en moles del monómero x.

$\Delta t$  = tiempo de adición de los monómeros en minutos.

La concentración inicial de monómero dentro del reactor está dada por:

$$[M_x]_i = \frac{R_{ax} \cdot \Delta t}{V} \quad (2)$$

donde

$R_{ax}$  se obtiene de la ecuación (1)

$\Delta t$  intervalo del tiempo de reacción (min.)

$V$  volumen final en el reactor (lts)

Para el cálculo de la concentración de cada monómero se consideró el volumen final para fines prácticos, aunque estrictamente se debe considerar el incremento que se tiene en el volumen conforme se adicionan los monómeros.

La velocidad de polimerización para cada monómero está dada por:

$$R_p = \frac{M_1}{t} = K' \left[ r_1 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) + 1 \right] M_1 \quad (3)$$

$$R_{p2} = \frac{M_2}{t} = K' \left[ \left( \frac{M_1}{M_2} \right) + r_2 \right] M_2 \quad (4)$$

$$K' = \frac{\bar{n}_2 N_p k_{21}}{N_a} \quad (5)$$

donde

$R_{p1}$ ,  $R_{p2}$  son las velocidades de polimerización  
 $M_1$ ,  $M_2$  concentraciones de cada monómero  
 $r_1$ ,  $r_2$  reactividades de cada monómero  
 $r_1 = 0.15$        $r_2 = 0.76$  (Ref. )  
 $\bar{n}_2$  número promedio de radicales por micela  
 $N_p$  Número de partículas de polímero formadas  
en la reacción.  
 $k_{21}$  Constante de polimerización del monómero 2  
con respecto al 1.  
 $N_A$  - Número de avogadro

Así

$\bar{n}_2 = 0.5$  (aplicable a la mayoría de las polimeriza-  
ciones en emulsión) (Ref. 3)  
 $N_p$   $10^{16}$  -  $10^{18}$  partículas/lit (Ref.3)

En el cálculo de  $K'$  se consideró  $N_p = 2.295 \times 10^{17}$  part/lit para obtener un tiempo de reacción de 4 Hrs. y 0.5 Hrs. de agotamiento.

$$K_{21} = 2245 \text{ lt/mol seg. (Ref. 2)}$$

$$N_A = 6.023 \times 10^{23} \text{ part/mol}$$

por lo tanto

$$K = 4.2772 \times 10^{-4} \text{ seg}^{-1}$$

#### CALCULO DE LA VELOCIDAD DE POLIMERIZACION

De la Ecuación 1

$$Ra_1 = 9.398 \times 10^{-5} \text{ mol/seg.}$$

$$Ra_2 = 2.175 \times 10^{-4} \text{ mol/seg.}$$

Tomando incrementos de tiempo de 1800 seg. y un volumen final de 0.980 lt. se tiene de la ec. 2

$$[M_1]_t = 1.7262 \times 10^{-1} \text{ mol/lit}$$

$$[M_2]_t = 3.9949 \times 10^{-1} \text{ mol/lit}$$

De donde sustituyendo en las ecuaciones 3 y 4 se tiene que:

$$R_{p1} = 7.8619 \times 10^{-5} \text{ mol/ml seg}$$

$$R_{p2} = 2.0371 \times 10^{-4} \text{ mol/l seg}$$

Así,

$$M_1 = 1.415 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$$

$$M_2 = 3.667 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$$

La concentración de monómero residual está dada por:

$$[M_x]_r = [M_x]_i - M_x \quad (6)$$

Entonces,

$$[M_1]_r = 3.111 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$[M_2]_r = 3.288 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$$

Para los siguientes incrementos de tiempo la concentración de monómero dentro del reactor estará dada por:

$$[M_x] = \frac{R_{ax} \Delta t}{V} + [M_x]_r$$

En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos.

TABLA 1. RESULTADOS DE LA CINETICA DE LA REACCION

T reacción (Hrs.)	$[M_1] i \times 10$ (mol/lit)	$[M_2] i \times 10^{-2}$ (mol/lit)	$Rp_1 \times 10^5$ (mol/lit seg)	$Rp_2 \times 10^4$ (mol/lit seg)	$M_1 \times 10$ (mol/lit)	$M_2 \times 10$ (mol/lit)	$[M_1] r \times 10^2$ (mol/lit)	$[M_2] r \times 10^2$ (mol/lit)
0.5	1.726	39.950	7.862	2.037	1.415	3.667	3.111	3.288
1.0	2.037	43.250	9.329	2.277	1.679	4.099	3.580	4.099
1.5	2.084	42.220	9.574	2.264	1.723	4.075	3.608	1.469
2.0	2.087	41.430	9.600	2.239	1.728	4.031	3.588	1.121
2.5	2.085	41.080	9.596	2.227	1.727	4.009	3.576	4.009
3.0	2.084	40.950	9.592	2.222	1.727	4.000	3.570	0.947
3.5	2.083	40.900	9.591	2.221	1.726	3.997	3.568	0.933
4.0	2.083	40.890	9.590	2.220	1.726	3.996	3.568	0.928
4.17	0.285	0.3798	2.585	0.0160	0.078	0.005	2.070	0.330
4.33	0.156	0.0332	0.665	0.0014	0.020	0.0004	1.356	0.028
4.5	0.118	0.0252	0.505	0.0011	0.015	0.0003	1.031	0.022

## II. BALANCE DE ENERGIA

### Cálculo del Calor de Polimerización

Para saber si el reactor de 2000 gal que se determinó en el Cap. II para polimerizar en emulsión es el adecuado, se calculó el calor de polimerización de la reacción en base a los datos cinéticos, y se comparó con el que puede transmitir el equipo a través de la pared.

$$\Delta H_{\text{pol.}} = [M_1 \Delta H_{p1} + M_2 \Delta H_{p2}] V \quad (8)$$

donde

$\Delta H_{p1}$  y  $\Delta H_{p2}$  Son los calores de polimerización de los monómeros 1 y 2 respectivamente.

$$\Delta H_{p1} = 17 \text{ Kcal/mol (Ref. 1)}$$

$$\Delta H_{p2} = 13 \text{ Kcal/mol (Ref. 1)}$$

V volumen final en el reactor

$$V = 7115 \text{ lt}$$

Haciendo el cálculo para el primer intervalo de tiempo (0.5 Hrs.).

$$\Delta H_p = (1.415 \times 10^{-1} \text{ mol/lt}) (17 \text{ Kcal/mol}) + (3.667 \text{ mol/lt}) (13 \text{ Kcal/mol}) \quad 7115 \text{ Lt}$$

$$\Delta H_p = 51033 \text{ Kcal}$$

En la tabla 2 se presentan los resultados del calor de polimerización para cada intervalo.

TABLA 2 CALOR DE POLIMERIZACION

<u>T reacción (Hrs.)</u>	<u><math>\Delta H</math> polimerización (Kcal)</u>	<u><math>\Delta H/\Delta t</math> (cal/Hr)</u>
0.5	51033	102,066
1.0	58222	111,445
1.5	58532	117,065
2.0	58186	116,371
2.5	57971	115,941
3.0	57887	115,774
3.5	57875	115,749
4.0	57847	115,695

**Nota:** No se consideró el tiempo de agotamiento ya que el calor de polimerización es mucho menor.

El calor que puede disipar el reactor es el siguiente:

$$Q_{\text{transf}} = U_D A \text{MLDT} \quad (9)$$

$$U = 40 \frac{\text{BTU}}{\text{hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}} = 10.08 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}} \quad (\text{Ref. 4})$$

$$A = 185 \text{ ft}^2$$

MLDT Temp. media log.

$$\text{MLDT} = \frac{t_2 - t_1}{\ln t_2 / t_1}$$

donde,

Fluido caliente (lote)	Fluido frfo (Chaqueta)	$t_2$	$t_1$	$t_2 - t_1$
70°C	35°C	35°C		-10°C
70°C	25°C		45°C	

entoces,

$$\text{MLDT} = 39.8^\circ\text{C} = 103.6 \text{ } ^\circ\text{F}$$

y

$$Q_T = 193268 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Al comparar el máximo calor generado durante la polimerización con el calor que puede transmitir el reactor, se puede decir que el equipo seleccionado es el adecuado para efectuar la reacción planteada, ya que la capacidad de transferencia del reactor es 65% mayor al calor máximo generado.

APENDICE IV

## APENDICE IV

### CALCULOS EN LA ESTIMACION DEL COSTO DE LA PLANTA

#### 1. Costo del equipo estimado

1.a Tanque preemulsificador + agitador

\$46,000,000

1.b Reactor + agitador

\$60,000,000

1.c Tanque de ajuste

\$9,500,000

#### 2. Costo del equipo instalado

2.a 1.15 (\$46,000,000) = \$52,900,000

2.b 1.15 (\$60,000,000) = \$69,000,000

2.c 1.15 (\$9,500,000) = \$10,925,000

\$132,825,000

#### 3. Tuberfa de proceso

Se eligió el factor 0.60 debido a que el proceso es totalmente fluido.

$$\begin{aligned}
 3.a \quad 0.60 (\$52,900,000) &= \$31,740,000 \\
 3.b \quad 0.60 (\$69,000,000) &= \$41,400,000 \\
 3.c \quad 0.60 (\$10,925,000) &= \underline{\$6,555,000} \\
 &= \$79,695,000
 \end{aligned}$$

#### 4. Instrumentación

- Para el tanque preemulsificador el factor elegido fue 0.075 porque se requiere un control medio en esta etapa del proceso.
- Debido a que se necesita un cuidadoso control de la reacción el factor es 0.15.
- En el tanque de ajuste el control es poco durante la carga de aditivos y por esto el factor es 0.05.

$$\begin{aligned}
 4.a \quad 0.075 (\$52,900,000) &= \$3,967,500 \\
 4.b \quad 0.15 (\$69,000,000) &= \$10,350,000 \\
 4.c \quad 0.05 (\$10,825,000) &= \underline{\$546,250} \\
 &= \$14,863,750
 \end{aligned}$$

## 5. Edificios y estructuras

El factor elegido fue 0.60 debido a que la planta será interior.

$$5.a \quad 0.60 (\$52,900,000) = \$31,740,000$$

$$5.b \quad 0.60 (\$69,000,000) = \$41,400,000$$

$$5.c \quad 0.60 (\$10,825,000) = \underline{\$6,555,000}$$

\$79,695,000

## 6. Auxiliares

- El tanque preemulsificador requiere de servicios normales de vapor y agua de enfriamiento. Factor 0.05.

- El reactor requiere de una capacidad de enfriamiento eficiente debido a la exotermia de la reacción. Factor 0.25.

- El tanque de ajuste requiere de servicios mínimos. Factor 0.025.

$$6.a \quad 0.05 (\$52,900,000) = \$2,645,000$$

$$6.b \quad 0.25 (\$69,000,000) = \$17,250,000$$

$$6.c \quad 0.025 (\$10,825,000) = \underline{\$273,063}$$

\$20,168,063

7. Líneas exteriores

- Las líneas del tanque preemulsificador se consideran intermedias por el suministro de agua y monómeros.

Factor

0.15.

- Las líneas del reactor son cartas debido a que los tanques preemulsificador y ajuste se encuentran cercanos.

Factor 0.05.

- Las líneas del tanque de ajuste se consideran intermedias por la transferencia del producto a tanques de almacenamiento o pipas. Factor 0.15.

7.a 0.15 (\$52,900,000) = \$7,935,000

7.b 0.05 (\$69,000,000) = \$3,450,000

7.c 0.15 (\$10,825,000) = \$1,638,750

\$13,023,750

8. Costo total del equipo instalado, tubería de proceso, instrumentación edificios y estructuras, auxiliares y líneas exteriores.

\$132,825,000

\$79,695,000

\$14,863,750

\$79,695,000

\$20,168,063

\$13,023,750

\$340,270,563

9. Ingeniería y construcción

Se considera sencilla la construcción e ingeniería de la planta.

0.20 (\$340,270,563) = \$68,054,113

10. Contingencias

El proceso se considera firme. Factor 0.15.

0.15 (\$340,270,563) = \$51,040,583

11. Factor de tamaño

La planta proyectada es de tamaño grande-medio. Factor 0.025  
. 0.025 (\$340, 270,563) = \$8,506,767

12. Costo total de la planta.

\$340,270,563

\$68,054,113

\$51,040,583

\$8,506,767

\$467,872,026

Nota: Debido a que los precios del equipo de proceso fueron cotizados en el presente año, el factor para obtener el costo total de la planta es el índice corriente (1.0).

## BIBLIOGRAFIA

- (1) D. J. Shaw, "Introducción a la Química de Superficies y Coloides", Ed. Alhambra, 1977, Madrid.
- (2) J. Brandrup & E. H. Immergut, "Polymer Handbook", Willey Interscience, New York.
- (3) Odian G., "Principles of Polymerization", 2 ed., Willey Interscience, 1981, New York.
- (4) R. H. Perry & C. H. Chilton, "Chemical Enginier's Handbook", 5th. ed., Mc Graw Hill, Cap. 10
- (5) Fred W. Billmeyer Jr., "Ciencia de Los Polímeros", Ed. Reverté, 1975, España.
- (6) K. J. Saunders, "Organic Polymer Chemistry", Ed. Chapman and Hall, 1973, Londres.
- (7) "Encyclopedia of Polymer Science and Technology", Ed. John Willey and Sons Inc., 1964, New York.
- (8) Raymond E. Kirk y Donald F. Othmer, "Enciclopedia de Tecnología Química", Ed. UTEHA, 1963, México.
- (9) Stephen L. Rosen., "Fundamental Principles of Polymeric Materials", Ed. Jphn Willey and Sons Inc., 1982, New York.

- (10) Ferdinand Rodriguez, "Principios de Sistemas de Polimeros", Ed. El Manual Moderno, 1984, México.
- (11) Blackley D. C., "Emulsion Polymerization", Applied Science Publishers LTD., 1975, London.
- (12) Max S. Peters, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", Ed. Mc Graw Hill, 1958.
- (13) H. F. Rose y M. H. Barracow, "Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso", Ed. CECSA, 1981, México.
- (14) J. G. Pritchard, "Polyvinil alcohol copolimers, Basic Properties and Uses", Ed. Gordon and Breach, 1970. New York.
- (15) W. Harmon Ray, "Polymerization Reaction Engineering", Chem. React. Eng. (Proc. Int. Chem. React. Eng. Conf.), 1984, pp 216-230
- (16) R.A. Messling, "A Study of Emulsion Polymerization Kinetics by Method of Continuous Addition", J. Macromol. Sci. Chem., A 7 (3), pp 647-676, 1973.
- (17) George . Brown & Richard Zdanowski, "45th Meeting Chemical Specialties Manufacturers Assn.", 1958, New York.
- (18) Pitman, I. "Lecture notes", University of Akron, Dept. of Polymer Science, 1985.
- (19) "Emulsion Polymerization of Acrylic Monomers", Bulletin 19105 of Rohm and Haas" Philadelphia.

- (20) Ugelstad, J., Hansen, F. K., "Emulsion Polymerization", Ed. I. Piirma, Academic Press, 1982, New York.
- (21) R. J. Jeziorski & R. A. Wenzler, "Polyvinyl and Vinyl Copolymers", 1982, MPE.
- (22) Wendell V. Smith, "The Kinetics of Styrene Emulsion Polymerization" J. Am Chem. Soc. 70, (3695-3702), 1948.