



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

39

ESTUDIO PRELIMINAR TECNICO-ECONOMICO PARA LA PRODUCCION DE RESINAS POLIAMIDAS REACTIVAS EN MEXICO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
JESUS IGNACIO BARRAGAN MUÑOZ

46

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tesis

1976

11-48



QUÍMICA

JURADO ASIGNADO:

| | |
|---------------|------------------------------------|
| Presidente: | Prof. Jesús Valdés Félix |
| Vocal: | Dr. José Luis Mateos Gómez |
| Secretario: | Prof. Santos Soberón Salgueiro |
| 1er Suplente: | Prof. Fernando Iturbe Hermann |
| 2o. Suplente: | Prof. Alfonso Franyutti Altamirano |

Sitio donde se desarrollo el Tema:

Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México

Sustentante:

Jesús Ignacio Barragán Muñoz

Asesor del Tema:

Ing. Jesús Valdés Félix

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a todos aquellos que con sus enseñanzas y ejemplo contribuyeron en el desarrollo de mi educación e hicieron posible este trabajo. En especial a mis padres y hermanos. Así como a mis familiares, maestros y amigos.

Particularmente mi reconocimiento al Ing. Juan Antonio Bargés M., por su valiosa colaboración a lo largo de este estudio.

A todos, muchas gracias.

Jesús Ignacio Barraquán Muñoz

ESTUDIO RELIMINAR TECNICO-ECONOMICO PARA LA
PRODUCCION DE RESINAS POLIAMIDAS REACTIVAS EN
MEXICO

PAG

| | | |
|------|--|----|
| I) | INTRODUCCION | |
| | a) IMPORTANCIA DE LAS RESINAS POLIAMIDAS REACTIVAS | 1 |
| | b) OBJETIVO DE LA TESIS | 2 |
| II) | DESCRIPCION Y DATOS TECNICOS DE LAS RPR | |
| | a) BREVE RESEÑA HISTORIA DE LAS POLIAMIDAS | 4 |
| | b) FORMULA | 4 |
| | c) PROPIEDADES GENERALES | 5 |
| | d) CARACTERISTICAS DE LA RESINA PSA/EPOXI | 21 |
| | e) USOS | 37 |
| III) | OBTENCION DE LAS RPR | |
| | a) DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES METODOS DE OBTENCION | 43 |
| | b) CONSIDERACIONES SOBRE LA REACCION | 44 |
| | c) PROCESO DE LA RPR EN LOS COMPUESTOS CON QUE SE COMBINA | 47 |
| | d) PROCESO DE OTROS AGENTES CURANTES | 48 |
| | e) AGENTES CURANTES Y PROPIEDADES RESULTANTES | 50 |
| | f) METODOS DE CONTROL QUIMICO | 53 |
| IV) | MERCADO DE LAS RPR | |
| | a) COMPAÑIAS PRODUCTORAS, LOCALIZACION DE LAS PLANTAS Y CAPACIDADES | 54 |
| | b) IMPORTACION, PRODUCCION Y EXPORTACION NACIONAL | 60 |
| | c) ESTRUCTURA DEL MERCADO | 62 |
| | d) TENDENCIAS DEL MERCADO | 64 |
| | e) TENDENCIAS DEL PRECIO | 65 |
| | f) DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE DISEÑO DE LA PLANTA | 67 |

| | PAG |
|---|-----|
| V) PROCESO DE FABRICACION DE LA PSA | |
| a) TECNOLOGIA DISPONIBLE | 71 |
| b) SELECCION DE TECNOLOGIA | 71 |
| c) DESCRIPCION DEL PROCESO | 72 |
| d) BALANCE DE MATERIA | 76 |
| e) BALANCE DE ENERGIA Y CALCULO DE EQUIPO | 78 |
| f) LOCALIZACION DE LA PLANTA | 107 |
| VI) EVALUACION ECONOMICA | 108 |
| a) INVERSION FIJA | 109 |
| b) COSTO DE PRODUCCION | 111 |
| c) CAPITAL DE TRABAJO | 114 |
| d) GASTOS GENERALES | 115 |
| e) MODELO DE RESULTADOS | 115 |
| VII) CONSIDERACION FINAL | |
| a) RESUMEN | 122 |
| b) CONCLUSIONES | 123 |
| c) RECOMENDACIONES | 125 |
| VIII) BIBLIOGRAFIA | 127 |

I).- INTRODUCCION

a) IMPORTANCIA DE LAS RESINAS POLIAMIDA REACTIVAS.-

Esta clase de resinas poliamida, en general, está basada en la condensación de diaminas o triaminas (etilendiamina o dietilentriamina), con ácidos dibásicos de alto peso molecular como el ácido dimérico obtenido de la polimerización térmica de ácidos grasos.

Estos productos en principio representan otra forma de las poliaminas alifáticas y son usadas especialmente como agentes curantes de los sistemas de resinas epoxi.

Las poliaminoamidas, tienen las siguientes ventajas en su uso:

- 1.- Un amplio rango de compatibilidad con las resinas epoxi.
Una larga vida de trabajo antes de la gelación.
- 2.- Buenas características de manejo sin disolventes.
- 3.- Como agente curante es no volátil y poco tóxico.
- 4.- Poca contracción en el curado y excepcional estabilidad dimensional.
- 5.- Excelente resistencia al impacto mecánico.
- 6.- Gran flexión y resistencia a la tensión y compresión.
- 7.- Excepcional resistencia al impacto térmico.
- 8.- Buena resistencia eléctrica.
- 9.- Excelente adhesión y unión a una amplia variedad de materiales.

10.- Flexibilidad en determinar las propiedades del curado por el cambio en la proporción del agente curante en la resina. Las poliamidas carecen de la resistencia del disolvente - bajo calor de deformación y no son resistentes a grandes temperaturas.

Entre los usos principales de las poliamidas estan:

- a) REVESTIMIENTOS
- b) ADHESIVOS
- c) FORMULACIONES DE MOLDEO

Además de las características y usos principales antes mencionados, las poliamidas reactivas de las cuales trataremos en esta tesis representan una categoría completamente nueva de poliamidas, debido a que permiten la formulación de sistemas epoxi a base de agua teniendo el mismo excelente funcionamiento de los sistemas poliamida/epoxi en los que se emplean disolventes.

b) OBJETIVOS DE LA TESIS

Esta clase particular de agentes curantes epoxi, presentan especial interés, debido a que no únicamente encontrarán sus usos en las aplicaciones ya conocidas, sino que al mismo tiempo abrirán un nuevo mercado.

Es por ello, que se hace necesario llevar a cabo un estudio preliminar técnico - económico, con el objeto de ver si es factible considerar como un proyecto, la idea de producirlos en México. Si resulta factible la idea, en base a este estudio,

habrá que realizar uno posterior, más profundo, con una investigación de mercado más amplia y pagar el cálculo de la ingeniería de detalle, para poder analizar de la mejor manera posible, las consideraciones técnicas- económicas en el momento de decidir si se efectúa o no el proyecto.

II),- DESCRIPCION Y DATOS TECNICOS DE LAS RPR

a) BREVE RESEÑA HISTORICA DE LAS POLIAMIDAS

La investigación sistemática en las poliamidas sintéticas de alto peso molecular con longitudes unitarias mayores de ocho, se deriva primeramente de los estudios teóricos --
de Carothers y colaboradores. ²⁰ El análisis de los resultados del programa de policondensación fundamental indicaron fuertemente que las poliamidas poseían una combinación de propiedades adecuadas para su comercialización. El trabajo inicial fué empezado con el ácido 9 - aminononanoico (ácido/ - aminopelargónico).

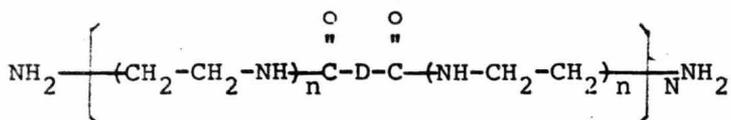
Su poliamida después del hilado y estiramiento en --- frío, dió una fibra similar a la seda en fuerza y elasticidad. Numerosas poliamidas fueron sintetizadas a continuación de las distintas combinaciones de amino ácidos, ácidos dibásicos y diaminas. (Las primeras patentes de Carothers - en 1937 cubren ampliamente los poliesteres y las poliamidas)

⇒ Posteriormente las poliamidas llegaron a ser importantes -- como películas, plásticos y resinas. 

b) FORMULA

⇒ Son resinas en las cuales los grupos amida (-CONH-) - forman una parte de la cadena del polímero. Esta definición incluye a varios tipos diferentes de resinas que esencialmente tienen solo en común a los grupos amida.

La fórmula general para las resinas poliamida reactivas es la siguiente:



La D del **ácido** **dimérico** representa un radical hidrocarburo divalente C_{34} .

c) PROPIEDADES GENERALES

Los agentes curantes de resinas epoxi capaces de ser dispersados en agua tienen muchas ventajas al poder usar el agua en lugar del tolueno, u otros disolventes típicos, -- usados en la aplicación de los sistemas de pinturas de resinas epoxi, según se puede apreciar en la tabla No. 1, -- donde se hace la comparación de las propiedades físicas de estos 2 disolventes .

Muchos intentos han sido hechos para incorporar el agua en los sistemas de resinas epoxi. Estos intentos incluyen: el uso de emulsionantes externos; el uso de sales de ácidos; el uso de disolventes hidrofílicos; el uso de técnicas de pre-emulsión; y varios métodos más. El método ideal para los sistemas de pinturas epoxi a base de agua es la adición de una solución de agentes curantes en agua a una resina epoxi pigmentada adecuadamente.

TABLA No. 1

COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL
AGUA Y EL TOLUENO ³¹

| PROPIEDAD | TOLUENO | AGUA |
|-------------------------|----------------|---------|
| Peso Molecular | 92 | 18 |
| Punto Flash | 4.5°C | Ninguno |
| Toxicidad | T.L.V. 200 ppm | Ninguna |
| P. eb. | 110.6°C | 100°C |
| Olor | Desagradable | Ninguno |
| Presión de Vapor a 30°C | 36.7 mm | 31.8 mm |

Esta solución debe ser capaz de poderse mezclar o dispersar fácilmente en la base pigmentada y no debe ocurrir ningún incremento en la viscosidad sobre aquella de los componentes individuales. El material mezclado resultante debe ser capaz de poderse aplicar con brocha o rociarse para dar un acabado de pintura aceptable que curará o gelará en la forma normal, común a los sistemas de pinturas de resinas epoxi.

Es importante notar que aunque muchas resinas poliamida pueden formar una solución y gelar en agua y a su vez -- pueden emulsionarse con una resina epoxi, estas emulsiones resultantes no necesariamente curarán satisfactoriamente.

Las resinas poliamida han sido aceptadas ampliamente -- como un medio de formar resinas epoxi ramificadas. Ellas muestran ciertas ventajas sobre las aminas puras que las -- hacen preferibles para el uso en la industria de las pin-- turas. A causa de estas ventajas, la mayor parte del trabajo desarrollado relacionado con sistemas a base de agua ha estado involucrado con estas resinas.

La producción de un agente curante soluble en agua sin contener disolvente, (PSA), fué vital para alcanzar la no -- inflamabilidad que no se podía obtener en un sistema epoxi usando resina con disolventes.

Es importante notar que la resistencia química de los sistemas epoxi basados en la PSA es superior al sistema con -- vencional poliamida/epoxi sólida/disolvente.

En la tabla No. 2 se presentan los datos analíticos de esta nueva poliamida.

TABLA No. 2

DATOS ANALITICOS PARA LA PSA. 36

| | |
|--|---------|
| Valor Amina mgm KOH/gm l* | 140-180 |
| Viscosidad Típica poise 25°C Brookfield RVT | 200-400 |
| Contenido de no volátiles % W/W | 50 |
| Volátiles | agua |
| Color (Gardner) Max. | 15 |
| Gravedad Específica 20°C | 1.05 |
| Proporción de uso Sugerida ppcr 2** | 100-120 |

El tiempo específico de gelado no se indica porque varía con la proporción de agua usada en la formulación. Para varios sistemas recomendados, el tiempo de gelado para -- (80 gm/20°C) normalmente varía entre 1 y 4 horas.

Valor Amina: Miligramos de potasa caústica equivalente a un gramo de endurecedor.

ppcr: Partes en peso de endurecedor por 100 partes de resina epoxi.

Peso del equivalente epoxi (PEE): Gramos de resina
conteniendo una equivalente gramo de epoxi.

1* Titulación alcohólica acuosa con ácido clorhídrico.

2** Usando una Resina epoxi líquida sin diluir de PEE

190 - 210

TABLA No. 3

RESISTENCIA QUIMICA DE LOS RECUBRIMIENTOS PSA/E
 CONTRA LA ACCION DE DISTINTOS REACTIVOS.³⁶

| Reactivo | Semanas | A | | B | | C | |
|-------------------|---------|--------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|
| | | "Primer" | Sin "Primer" | "Primer" | Sin "Primer" | "Primer" | Sin "Primer" |
| AGUA DE MAR | 6 | 1 L | 1 L | S | S | S | S |
| | 8 | 1 L | 1 L | S | S | 3 ML | 3 ML |
| | 10 | 1 L | 1 L | S | S | 3 ML | 3 ML |
| | 12 | 1 L | 1 L | S | S | 3 L | 3 L |
| AGUA DESTILADA | 6 | 1 ML | 1 ML 3 ML | S | S | 3 ML | 3 ML |
| | 8 | 1 ML | 3 ML 1 ML | S | S | 3 L | 3 L |
| | 10 | 1 ML | 3 ML 1 ML | S | S | 3 L | 3 L |
| | 12 | 1 SEV 3 L | 1 MED 3 L | 3 L | 3 L | 3 MED | 3 MED |

| Reactivo | Semanas | A | | B | | C | |
|---------------------------|---------|----------|--------------|-----------|--------------|----------|--------------|
| | | "Primer" | Sin "Primer" | "Primer" | Sin "Primer" | "Primer" | Sin "Primer" |
| SOSA CAUSTICA 10% | 6 | 2 ML | 2 ML | S | S | S | S |
| | 8 | 2 ML | 2 ML | S | S | S | S |
| | 10 | 2 ML | 2 ML | S | S | S | S |
| | 12 | 2 ML | 2 ML | S | S | 2 ML | 2 ML |
| ACIDO SULFURICO 10% | 6 | * | * | 3 MED | 3 L | * | * |
| | 8 | * | * | 3 SEV | 3 L | * | * |
| | 10 | * | * | 3 SEV | 3 L | * | * |
| | 12 | * | * | 3 SEV | 3 SEV | * | * |
| XILENO | 6 | 2 ML | 2 ML | S | S | 2 ML | 2 ML |
| | 8 | 2 ML | 2 ML | S | S | 2 ML | 2 ML |
| | 10 | 2 ML | 2 ML | S | S | 2 ML | 2 ML |
| | 12 | 2 ML | 2 ML | S | S | 2 ML | 2 ML |
| | | | | Excelente | | | |

| Reactivo | Semanas | "Primer" Sin "Primer" | | "Primer" Sin "Primer" | | "Primer" Sin "Primer" | |
|-------------------------|---------|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| | | | | | | | |
| ACIDO ACETICO 10% | 6 | * | * | * | * | * | * |

FORMULACIONES DE LOS SISTEMAS

| | | | | | |
|---|------|---------|-----|----------------|---|
| A | PEE | 186-192 | 100 | partes en peso | |
| | PSA | | 112 | " | " |
| | AGUA | | 188 | " | " |
| B | PEE | 182-188 | 100 | partes en peso | |
| | PSA | | 112 | " | " |
| | AGUA | | 188 | " | " |

| | | | |
|---|------------------------------------|-----|----------------|
| C | Base pigmentada (resina al 80%) | 125 | partes en peso |
| | PSA | 112 | " " |
| | AGUA | 188 | " " |

"Primer": Resina que se aplica como primer recubrimiento en las superficies para permitir la adhesión posterior - del recubrimiento de superficie requerido.

"Primer".- Epoxi convencional rico en Zinc.

Leyenda

| Tipo de Falla | Grado de Falla |
|--------------------------|---|
| 1 Descolorimiento | ML Muy Ligera |
| 2 Pérdida de brillo | L Ligera |
| 3 Formación de burbujas | MED Mediana |
| 4 Ablandamiento | SEV Severa |
| 5 Dilatación | S Satisfactorio, mues <u>tra</u> inalterada |
| 6 Pérdida de la adhesión | * Prueba suprimida,-- falla completa. |

APLICACION

- 1.- Platos de acero dúctil 6" X 4"
- 2.-"Primer", mezclado y aplicado con brocha y permitiéndole
24 horas de curado.

3.- Dos recubrimientos de los sistemas aplicados no permitiendo mas de 18 horas entre los recubrimientos.

4.- Inmersión en los reactivos después de 7 días de cura do del recubrimiento final.

TABLA No. 4

RESISTENCIA QUIMICA DE RECUBRIMIENTOS PSA/E³⁶

| Reactivo | Semanas | A | B |
|---|---------|-------|-------|
| Combustible de alto octanaje para avión | 6 | S | S |
| | 8 | S | S |
| | 10 | S | S |
| | 12 | 6 L | S |
| Aceite hidráulico | 6 | 4 MED | 4 SEV |
| | 8 | 4 MED | 4 SEV |
| | 10 | 4 SEV | 4 SEV |
| | 12 | 4 SEV | 4 SEV |
| Anticon - gelante | 6 | S | S |
| | 8 | S | S |
| | 10 | S | S |
| | 12 | S | S |

FORMULACION DE LOS SISTEMAS PSA/E

| | A | B |
|-------------|------|------|
| PSA | 37.3 | 37.3 |
| PEE 182-188 | 33.1 | |
| PEE 186-192 | | 33.1 |
| AGUA | 62.7 | 62.7 |

APLICACION

- 1.- Platos de acero dúctil 6" X 4"
- 2.- Aplicados con brocha, 2 recubrimientos, a 20°C
- 3.- 24 horas entre los recubrimientos
- 4.- Espesor aproximado de la película 100 micras
- 5.- Un curado de 7 días antes de la inmersión.

Para obtener los resultados de la tabla No. 5, se condujo una serie de pruebas basadas en la total inmersión de paneles idénticos, uno recubierto con un sistema convencional epoxi/poliamida/disolvente y uno con PSA/epoxi/agua - durante un período de tres meses.

Las longitudes de las líneas horizontales en la tabla No. 5 son equivalentes a los tiempos de resistencia de los recubrimientos a la acción de los reactivos correspondientes.

Los períodos de resistencia a la acción de los reactivos se representan como se señala a continuación:

_____ Resistencia equivalente a 1 mes.
 _____ Resistencia equivalente a 2 meses
 (Y así sucesivamente).

TABLA No. 5

COMPARACION DE LAS RESISTENCIAS QUIMICAS
 ENTRE LOS RECUBRIMIENTOS EPOXI/POLIAMIDA CONVENCIONAL
 Y EPOXI/ PSA. ³⁶

| REACTIVO | POLIAMIDA | 1 MES | 2 MESES | 3 MESES |
|-------------------|-----------------------|-------|---------|---------|
| Agua de mar | Convencional P S A | | | |
| Agua destilada | Convencional P S A | | | |
| Sosa Caústica 10% | Convencional P S A | | | |
| Anticongelante | Convencional P S A | | | |
| Xileno | Convencional P S A | | | |
| Ac.Sulfúrico 10% | Convencional P S A | | | |

| REACTIVO | POLIAMIDA | 1 MES | 2 MESES | 3 MESES |
|-------------------|--------------|--|---------|---------|
| Aceite Hidraulico | Convencional | [Barra horizontal que cubre los tres periodos de tiempo] | | |
| | P S A | [Barra horizontal que cubre los tres periodos de tiempo] | | |
| Ac. Acético 10% | Convencional | [Barra horizontal que cubre los tres periodos de tiempo] | | |
| | P S A | [Barra horizontal que cubre los tres periodos de tiempo] | | |

PSA es una solución al 50% en agua. Se requiere una mayor adición de agua ésta debe ser hecha directamente a la PSA antes de que sea mezclada con la resina.

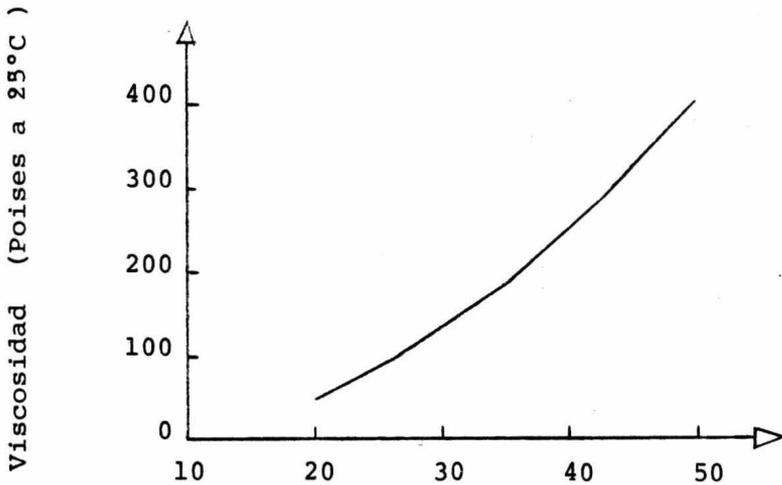


FIG. No. 1
CONTENIDO DE SOLIDOS

Debe enfatizarse que las posibilidades de formulación en los sistemas PSA/ Epoxi son interminables. La inclusión de mas o menos agua naturalmente afectará las propiedades del sistema en términos de resistencia, viscosidad etc.

SOLUBILIDAD

Las poliamidas alifáticas, son generalmente solubles a temperatura ambiente en fenoles, ácido fórmico, ácido minerales, e hidrato de cloral. Y a mayores temperaturas, en -- mezclas de alcóholes, hidrocarburos halogenados, alcoholes - insaturados, nitro alcoholes y mezclas de cloruro de calcio metanol.]

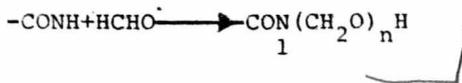
SUBSTITUCION DEL HIDROGENO AMIDA

El calentamiento de las poliamidas en un autoclave con óxido de etileno da como resultado poliamidas hidroxietiladas caracterizadas por una alta elasticidad y permeabilidad de vapor. Los productos han sido reportados como copolímeros de bloque.



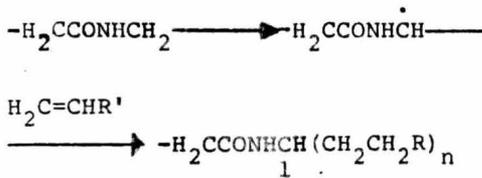
El carbonato de etileno también reacciona con las poliamidas para formar copolímeros de bloque por reacción con los grupos terminales amino y carboxilo y con el grupo NH amida.

El formaldehído reacciona con las poliamidas en el estado sólido ó en solución de ácido fórmico para dar derivados del N-metilol. Estos polímeros son termofijos y llegan a ser insolubles en caliente.



COPOLIMERIZACION POR RADIACION

La exposición de las poliamidas a radiaciones de alta intensidad (por ej: rayos , rayos x, etc) conduce a la formación de radicales libres en las cadenas del polímero, que pueden ser usados como sitios para la polimerización, por ejemplo, con monómeros de vinilo.



El radical libre predominante en la poliamida irradiada se cree que es aquél con el electrón desapareado en el carbono adyacente al nitrógeno amida.



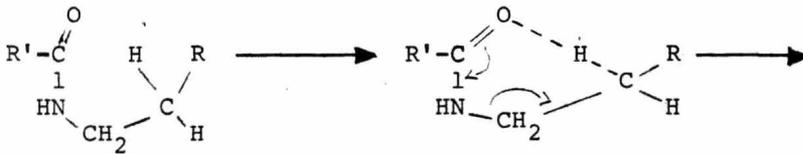
DEGRADACION TERMICA

La degradación térmica de las poliamidas ha sido el tema de muchas investigaciones. La velocidad y tipo de degradación depende de la temperatura, estructura del polímero,

y si el calentamiento es llevado a cabo en presencia o ausencia de oxígeno.

La degradación de muchas poliamidas en la ausencia de aire está probablemente mas relacionada a la rotura homolítica de la unión C - N con formación de una doble ligadura y un grupo nitrilo.

El siguiente esquema simplificado ha sido propuesto para le proceso de degradación primario.



Otros mecanismos de degradación han sido propuestos pero llegan a ser muy complejos porque tratan de explicar todos los productos de degradación, muchos de los cuales resultan de reacciones de degradación secundaria.

El calentamiento de las poliamidas en presencia de oxígeno resulta en la escisión de la cadena y en su ramificación. La degradación parece resultar de una reacción en cadena de radicales libres, probablemente iniciada en el carbono α al nitrógeno.

DEGRADACION POR RADIACIONES DE ALTA INTENSIDAD

Un gran número de investigaciones indican que aunque la poliamida se ramifica (crosslinked) por la radiación ionizante, la escisión debe también jugar un papel importante ya que el grado de ramificación se satura a un valor bajo. Las diferencias en los efectos de la radiación han sido atribuidos a la ausencia o presencia de oxígeno. Los efectos de la presión son muy notables, aparentemente porque ésta afecta la velocidad de difusión del oxígeno y la reacción subsecuente con los radicales formados por la irradiación. Es un hecho que la solubilidad del oxígeno en un polímero, generalmente no es suficientemente grande para explicar la gran degradación, y que la mayoría del daño es ocasionado por el oxígeno difundiendo en el polímero después que los radicales libres han sido formados por la irradiación.

d) CARACTERISTICAS DE LA RESINA PSA/EPOXY.

EN MEZCLAS DE CONCRETO Y CEMENTO

Usos

Los sistemas de resina epoxi son bien conocidos, por sus cualidades de adhesión y alta fuerza física, mas sus excelentes resistencias química y al agua.

Un mayor número de usos se están encontrando para los sistemas epoxi debido a la formación de morteros epoxi (solvente y epoxi libre de agua junto con mezclas de agregado

rellenador) para producir cubiertas. (toppings) de gran fuerza y rápido curado y reparar compuestos permitiendo que tales sistemas tengan espesores tan bajos como 1/16" y desarrollar el 90% de su fuerza en 48 horas, teniendo una contracción despreciable. Los adhesivos epoxi para unir mezclas de concreto humedo a superficies de concreto curado, también se han venido aceptando rapidamente en la industria de la construcción; especialmente por su extraordinaria fuerza de la unión, además de que poseen una capa de unión que actúa como una membrana a prueba de humedad y sin que ello represente un gasto adicional.

Sin embargo, a pesar de que sus cualidades son ampliamente aceptadas, el incremento general en su uso en la industria de la construcción ha sido retardado debido a su alto costo y los métodos especiales de mezclado y aplicación.

El desarrollo de los sistemas PSA/EPOXI, de ahora, posibilidades muy interesantes como son: disminuir los costos en su utilización; simplificar los sistemas de aplicación y mezclado; poder utilizarse con cemento normal; producir mezclas de arena y agregado mas agua, sin salirse de las técnicas actuales de mezclado e intalación, empleadas en el concreto.

Los sistemas PSA/EPOXI constan de dos partes: 1) una resina epoxi líquida 2) un endurecedor líquido.

Estas partes se mezclan en proporciones específicas las cuales son capaces de ser añadidas al agua (a ser usada

en la mezcla de cemento) para formar una emulsión. Esto es producido por simple agitación. La emulsión se introduce en la mezcla completa de concreto. Tal como se añadiría el agua.

La resina epoxi y el agente curante en la emulsión de agua reaccionarán para dar un polímero epoxi plástico muy resistente, con propiedades similares a aquellas que se logran normalmente con los sistemas epoxi. Esta propiedad -- única de los sistemas PSA/EPOXI de dilución variable en -- agua, da lugar a muchos usos finales posibles.

UNION

Ha sido encontrado que los sistemas PSA/EPOXI diluidos hasta con un 200% de agua dan facilidad de aplicación, buena capacidad humectante en los substratos porosos, mas una vida de uso razonable. Se ha encontrado que las cualidades de adhesión resultantes coinciden con las excelentes cualidades de las epoxi mas la ventaja añadida, antes mencionada, de las magníficas propiedades humectantes sobre una amplia variedad de superficies.

La amplia experiencia de aplicación de los sistemas de unión epoxi particularmente en unión del concreto nuevo al viejo, ha mostrado que los sistemas epoxi normales además -- de dar muy buenos resultados, da un alto costo por metro -- cubierto debido a la alta viscosidad y características del flujo de temperatura. Muchas variaciones son usadas para -- dar una mayor superficie de cobertura tales como el uso de

de distintos disolventes, mas muchos métodos de aplicación.

Los sistemas PSA/EPOXI dan un decremento sustancial en el costo por metroen materiales y métodos de aplicación; y de esta manera logran un alcance mayor en el uso general -- dentro de la industria de la construcción.

Su alta resistencia al agua y resistencia química en general, permite su posible uso como una membrana a prueba de agua. Es un sistema de unión dependiente del espesor de la película.

Los sistemas PSA/EPOXI aplicados con brocha, escoba - o rociados, debido a sus propiedades humectantes sobre los substratos de concreto, previenen la succión del agua en la interfase de unión, permitiendo una mejor hidratación del cemento.

Con cubiertas de granito la unión PSA/EPOXI da una mejor resistencia al impacto al igual que un mejor funcionamiento en relación al movimiento estructural debido a la naturaleza plástica de la capa de unión. Con la amplia variedad - de métodos disponibles hoy en día, para preparar substratos mecánicamente se favorece la colocación de cubiertas de 1/2" (a base de cemento) unidas por sistemas epoxi. La necesidad de incrementar las fuerzas de flexión tensión y compresión de cubiertas de cemento particularmente de espesores reducidos es actualmente realizado por el uso de aditivos de - polímero (PVA Acrílicos, etc,) o por el uso de sistemas Epoxi y Poliester.

Durante la adición de la resina PSA/Epoxi a la mezcla

de cemento se realiza la reacción entre los componentes de la resina PSA/E para formar un polímero Epoxi, que se lleva a cabo mientras el cemento esta hidratándose; de modo que tenemos 2 tipos distintos de reacciones efectuándose, dando esto muchas variaciones posibles en los valores de unión dependiendo del contenido de PSA/E y el diseño de la mezcla de cemento.

Comparado con los sistemas Acrílicos, el sistema PSA/E no necesita de agentes antiespumantes, el control de mezclas críticas y métodos de colocación. De hecho, las pruebas hasta la fecha muestran que las mezclas de cemento con PSA/E - pueden ser colocadas en la forma convencional, incluso en espesores muy reducidos mediante espátula. Algunas de las ventajas mas importantes de los sistemas PSA/E sobre los de PVA y Acrílicos son las siguientes:

- Mayor resistencia química y al agua de la capa de unión y los concretos curados.

- = Mayor fuerza de unión a una amplia variedad de superficies.

- Aplicación y control de mezclas no tan críticas.

PSA/E se presenta como un medio excelente para usarse en la reparación de cemento, particularmente desde el punto de vista del costo comparado con los morteros epoxi normales. Incluso PSA/E en un 5% en mezclas de cemento incrementa, la resistencias a la flexión, compresión y tensión y - además, las grandes fuerzas de unión obtenidas muestran que

PSA/E puede encontrar muchas aplicaciones como medio de reparación en carreteras y fábricas. Otra ventaja añadida es que el coeficiente de expansión es mas cercano al de las mezclas de cemento normal que el de los morteros epoxi normales.

Programas interesantes de posible desarrollo serían:

- El uso de PSA/E en pisos de terrazo que permitiría el uso de espesores reducidos, mas el desarrollo de la fuerza inicial a valores mayores.

- El uso de PSA/E en la producción de losa de concreto por los métodos normales de prensado rotatorio hidráulico. Ha sido encontrado que las superficies de losa, rica en epoxi, de 1/4" de espesor puede ser producido con mezcla de -- concreto regresando al método de prensado normal.

- El diseño de mezclas de concreto de gran fuerza para la construcción de tejados y la producción de travesaños de alta tensión.

PSA/E reúne una gran cantidad de requerimientos esperados en la industria de la construcción debido a sus características de ser un material que mejora la calidad de las mezclas de cemento y por su facilidad para mezclarse e incorporarse en las mezclas convencionales con la habilidad para incrementar fuerzas, de modo que se obtiene una reducción en el espesor junto con un decremento en los costos de trabajo.

De la figura 2 a la 4 se ilustra el efecto de la adición de PSA/E a mezclas de cemento: arena:

Nota: Los métodos usados para obtener los resultados dados abajo fueron diseñados de modo que mostraran las resistencias mecánicas del material en secciones de poco espesor (normalmente 1/4").

Note, que la resistencia a la tensión alcanza un máximo en un 5% de adición (a mayor adición la fuerza decrece).

Efecto de la adición de PSA/E a mezclas de arena y cemento en la resistencia a la fuerza de tensión.³⁶

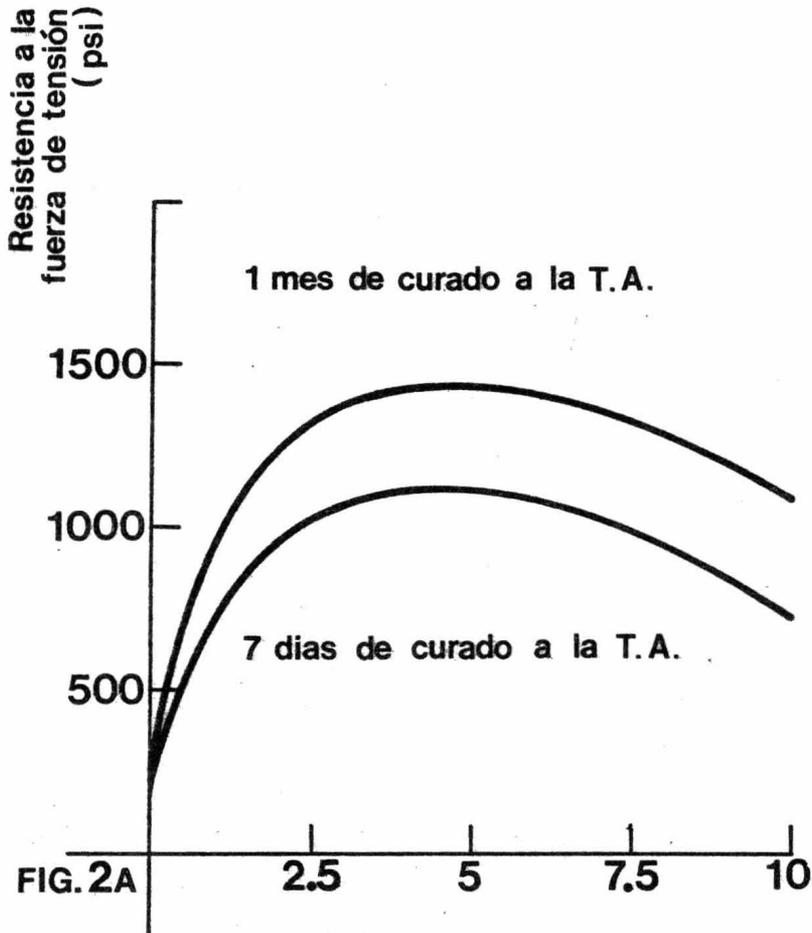


FIG. 2A

% de adición de resina endurecedor (basado en el peso de la arena-cemento)

a) Mezcla 3:1 arena:cemento

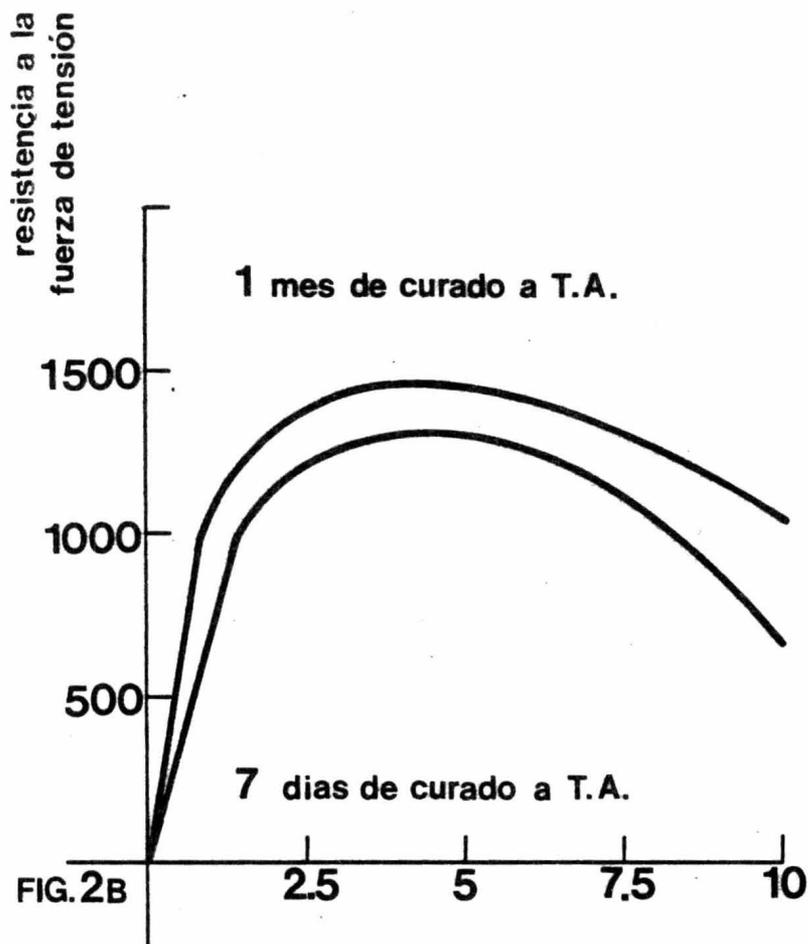
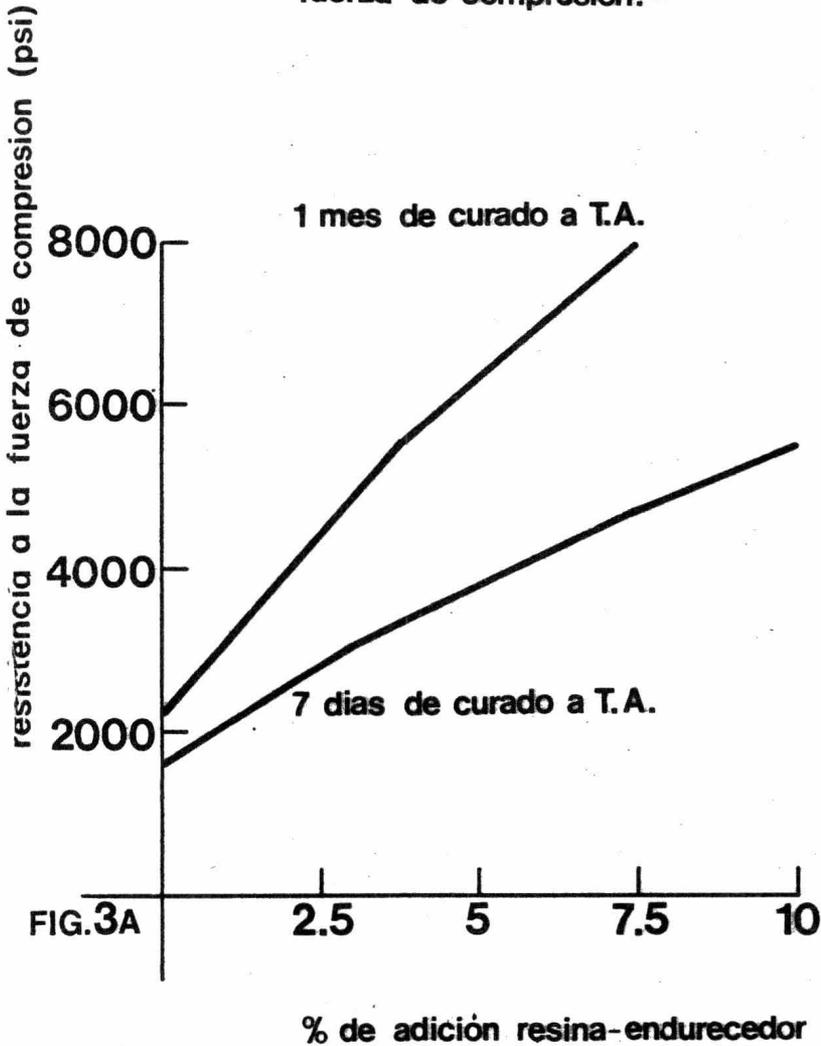


FIG. 2B

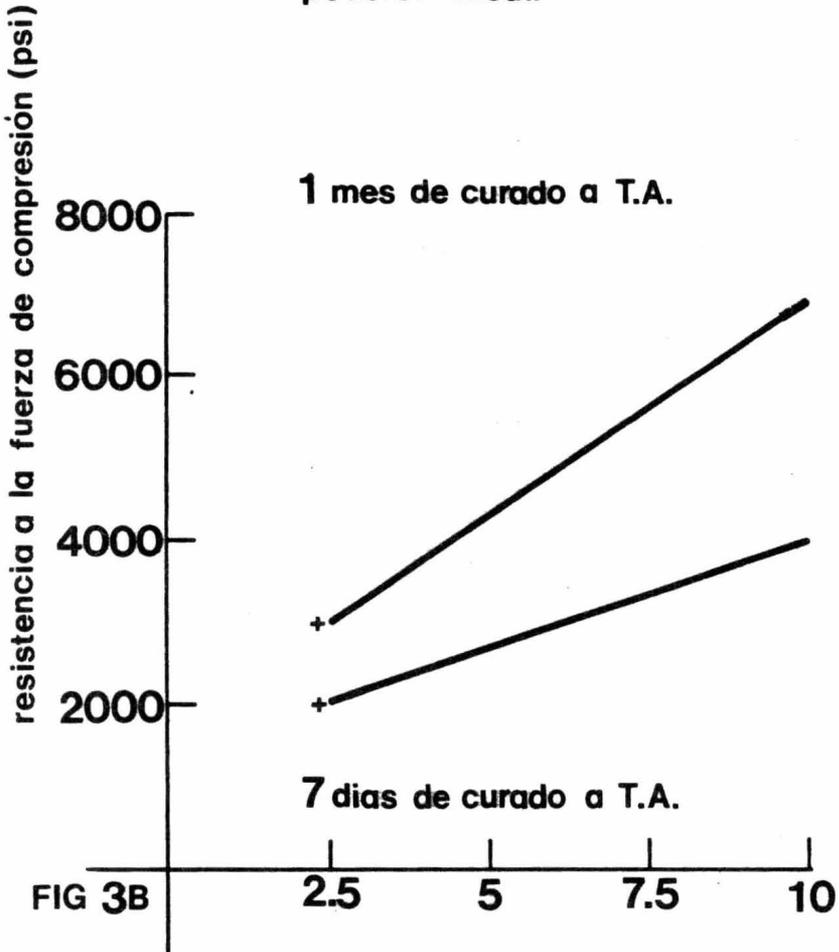
% de adición de resina endurecedor
 b) mezcla 6:1 arena:cemento

Efecto de la adición de PSA/E a mezclas de arena y cemento en la resistencia a la fuerza de compresión.³⁶



a) mezcla 3:1 arena-cemento

+muestras demasiado débiles para poderse medir



% de adición de resina endurecedor

b) mezcla 6:1 arena-cemento

Efecto de la adición de PSA/E a mezclas de arena y cemento en la resistencia a la fuerza de flexión.³⁶

resistencia a la fuerza de flexión (psi)

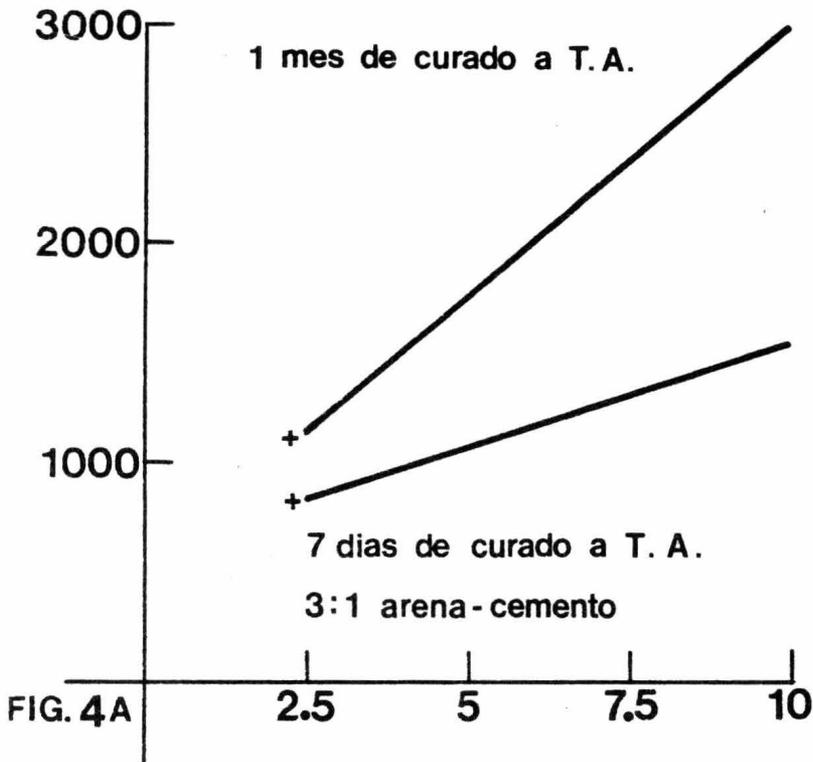


FIG. 4A

% de adición de resina-endurecedor

+muestras demasiado débiles para poderse medir

resistencia a la
fuerza de flexión
(psi)

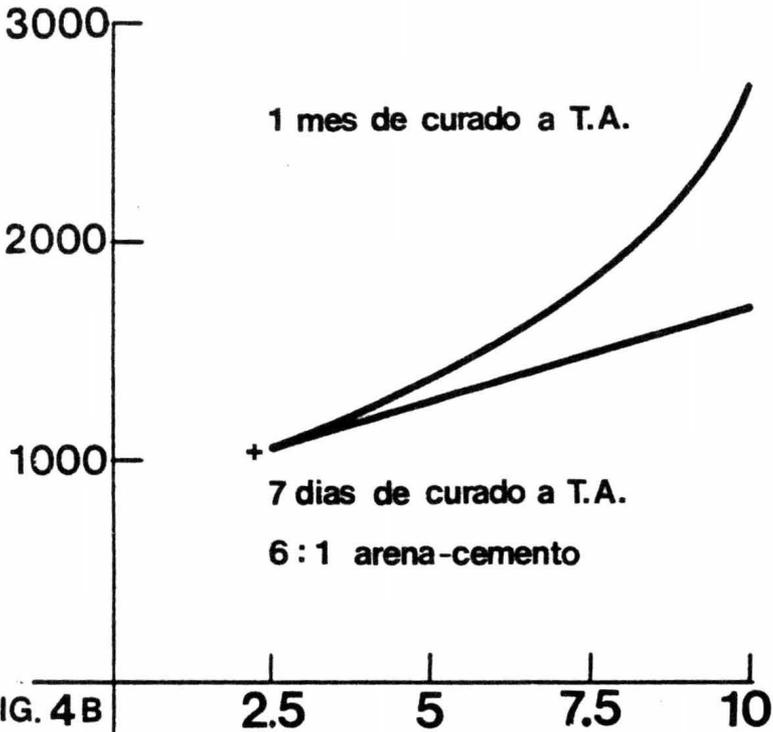


FIG. 4B

% de adición de resina-endurecedor

+ muestras demasiado débiles para
medirlas

Una mezcla de cemento y granito en polvo de 1/4" se preparó en una proporción 1 a 3 en peso. Se utilizó el sistema PSA/E usando varios agentes curantes y proporciones de sistemas curantes y se diluyó con partes iguales de agua y se añadió a la mezcla de cemento en un 10% de mezcla seca, equivalente a un 5% de PSA/E, y se anotaron las propiedades de dispersión de la mezcla y los valores de la resistencia a la compresión determinados en cubos de 4" por cara.

Todos los cubos fueron curados a la temperatura ambiente durante los días en una proporción agua/cemento de 0.35. Los resultados se muestran en la Tabla No. 6.

TABLA No. 6
 EFECTO DE LA ADICION DE DISTINTOS SISTEMAS PSA/E
 EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNA MEZ-
 CLA DE CEMENTO Y GRANITO.

| PARTES DE AGEN <u>TE</u> CURANTE | PARTES DE RESI <u>NA</u> EPOXI | PSA-E/AGUA (1:1) PROPIEDADES DE DISPERSION | RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 10 DIAS (P.S.I.) |
|--|-----------------------------------|--|---|
| A 1 60 | 100 | Coagulación-pobre | 9 100 |
| A 1 70 | 100 | " " | 8 500 |
| A 2 60 | 100 | E x c e l e n t e | 9 400 |
| A 2 70 | 100 | E x c e l e n t e | 6 350 |
| 60 | 100 | Excelente pero de estructura dura | 6 370 |
| Proporción <u>agua</u> = 0.45 <u> cemento</u> | | No se añadió PSA/E | 4 500 |

- 35 -

Es interesante notar que los sistemas epoxi con pobres propiedades de dispersión en agua son todavía capaces de dar una gran resistencia a la compresión; también que incrementando la cantidad de agente curante sobre la de resina se muestra la tendencia a decrecer la resistencia a la compresión, como es de suponerse. Esto es debido a que se piensa que los agentes curantes que dan grandes estructuras y emulsiones muy estables (en mezclas con PSA-E y agua) tienden a prevenir la liberación del agua y dar una menor resistencia a la compresión en las mezclas de cemento.

Se llevó a cabo un experimento ³⁶ para determinar si el desarrollo de la resistencia final del PSA-E variaba dependiendo en como el PSA-E era introducido en la mezcla de cemento.

Una mezcla 3 a 1 en peso de granito de 1/4" en polvo y cemento Portland se preparó con la adición de un 5% de PSA-E y una proporción final de agua/cemento de 0.35, y se determinaron las resistencias a la flexión y compresión - después de varios períodos de curado.

Serie de mezclas X: Primero se añadió toda el agua a la mezcla y en seguida el PSA-E.

Serie de mezclas Y; Primero se añadió todo el PSA-E a la mezcla y en seguida el agua.

| Tiempo Total del curado | Tipo de Mezcla | Fuerza de Compresión | Fuerza de Flexión |
|----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|
| | | P.S.I. | P.S.I. |
| 1 día | X | 1 050 | 360 |
| | Y | 1 210 | 340 |
| 2 días | X | 1 400 | 800 |
| | Y | 2 070 | 915 |
| 8 días | X | 3 570 | 1 230 |
| | Y | 3 850 | 1 350 |
| 14 días | X | 6 420 | 1 450 |
| | Y | 6 220 | 1 590 |
| 28 días | X | 7 420 | 1 840 |
| | Y | 7 025 | 1 910 |

Los resultados anteriores indican que prescindiendo de como el PSA-E es introducido en la mezcla de cemento - los resultados finales en la resistencia son similares (aunque para facilitar la dispersión del PSA-E en la mezcla de cemento, la predilución con el agua es preferible.

e) USOS

Casi todas las resinas poliamida reactivas son usadas como un componente de los sistemas termofijos epoxi o fenólicos. Cuando las poliamidas reactivas reaccionan con cualquiera de estas resinas, el producto curado ha modificado las propiedades de los dos materiales iniciales. En general, las resinas poliamida reactivas son usadas en re

cubrimientos de superficie termofijos,, adhesivos y compuestos de moldeo.

Las resinas poliamida-epoxi son resistentes al impacto, y tienen un grado excepcional de dureza y flexibilidad. De hecho, los sistemas de resinas poliamida-epoxi explican el consumo de casi todas las resinas poliamida reactivas y encuentran su uso, esencialmente en todas las aplicaciones donde los sistemas de resina epoxi son empleados. Las resinas Poliamida/fenol- formaldehido son extemadamente - resistentes a los solventes y a las temperaturas elevadas. Estas resinas fenólicas son útiles en aplicaciones de recubrimientos de superficie. Las resinas poliamida reactivas pueden también reaccionar con resinas poliester insaturadas, pero este sistema de resina no se utiliza comunmente.

También son frecuentemente usadas como un endurecedor para las pinturas epoxi adecuadas para aplicaciones de uso comercial. Estas aplicaciones incluyen a las pinturas a prueba de agua como lo son las pinturas para albercas. Las propiedades excelentes de adhesión y protección de las resinas poliamida-epoxi se mantienen cuando son usadas en las formulaciones de "primers" para metal, mampostería, y plásticos.

TABLA No. 7

APLICACIONES TIPICAS

| APLICACIONES | POLIAMIDA CONVENCIONAL EPOXI SOLIDA/ DISOLVENTE | POLIAMIDA CONVENCIONAL SIN DISOLVEN TE. | PSA |
|--------------------------------|--|--|-----|
| Aditivos de concreto | | | * |
| Recubrimiento de concreto | | * | * |
| Membranas a prueba de agua | | * | * |
| Revestimiento de tanques | * | * | * |
| "Primers" para pisos | | * | * |
| Revestimiento de sellos | | | * |
| "Primers" de metal | * | | * |
| Recubrimientos industriales | * | * | * |
| Adhesivos | * | * | * |

A causa de las características deseables de las resinas poliamida-epoxi, un número considerable de especificaciones de la pintura utilizada por el gobierno de los Estados Unidos requiere este tipo de resina. Entre estas características está su efectividad como agente espesante en

pinturas para las paredes del tipo gel o semigel.

Como su cuerpo es tixotrópico se rompe fácilmente bajo la acción mecánica de la brocha y permite su fácil aplicación. Después de que la pintura es aplicada la ligadura revierte esa pintura a una estructura Gel, cosa que previene la formación de burbujas e imparte una buena firmeza a la aplicación de la pintura (hold out). La condición de Gel o semigel reduce y previene, el goteo de la pintura en las brochas y también el asentamiento del pigmento en las latas de pintura.

En los sistemas de recubrimiento epoxi sin disolvente, las resinas poliamida reactivas y epoxi sin aplicadas por aire o mediante rociado caliente sin aire, ya que el calor es necesario para disminuir la viscosidad de la resina poliamida-epoxi a un nivel adecuado para el trabajo.

Los recubrimientos de resinas poliamida-epoxi son aplicados a pisos y carreteras usando esta técnica. En ambas aplicaciones, la arena es esparcida sobre la resina sin curar para producir una superficie libre de resbalones que sea resistente y elástica. La cantidad de resina poliamida reactiva y elástica. La cantidad de resina poliamida reactiva consumida en recubrimientos sin disolvente es una pequeña fracción de la total usada como un agente endurecedor con resinas epoxi.⁷

En contraste con los sistemas poliamida/epoxi, los sistemas poliamida/fenol-formaldehído requieren calor externo para la condensación y como resultado, tienen una vida indefinida. Sin embargo, con los sistemas de resina poliamida/fenol-formaldehído se produce agua como un subproducto de la condensación. Los sistemas poliamida/epoxi tienen una vida limitada y no producen agua como subproducto de reacción.

En contraste con los adhesivos de calentamiento y fusión de las resinas poliamida no reactivas, las resinas poliamida reactivas son usadas para producir adhesivos termofijos que con frecuencia curan a la temperatura ambiente. Las ventajas de usar un sistema de dos componentes sobre el sistema de calentamiento y fusión son básicamente las siguientes:

- 1).- El adhesivo puede ser aplicado a grandes figuras irregulares sin el calentamiento de todo el material.
- 2).- Se dispone de un período de tiempo mayor para trabajar con el adhesivo.
- 3).- Ninguna presión es requerida para formar la unión del adhesivo.
- 4).- El adhesivo puede ser usado como un rellenedor.

Una razón por la que los sistemas adhesivos resinas poliamida/epoxi son populares es porque no se produce agua como subproducto, lo que da al adhesivo propiedades de baja contracción.

Los sistemas adhesivos poliamida - epoxi pueden ser for

mulados para producir casi cualquier grado de elasticidad. De cualquier forma, en la mayoría de las aplicaciones donde estas resinas son especificadas, son usadas por la elasticidad y dureza que imparten. Aumentando la cantidad de resina poliamida reactiva sobre el 50% se obtiene una elasticidad adicional. Los sistemas adhesivos poliamida-epoxi tienen buena adhesión a metales, hules y muchos plásticos. Además, este sistema de resinas es también usado como sellador, cemento y un compuesto de reparación (es particularmente útil como soldadura de carrocería de automóvil y para empotrar equipo electrónico.)

En formulaciones para moldeo las resinas poliamida - reactivas son seleccionadas porque reducen la dureza de la resina curada epoxi, haciéndola mas flexible y resistente al impacto térmico.

III).- OBTENCION DE LA RPR

a).- DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES METODOS DE OBTENCION

Para hacer una distinción más clara entre los polímeros, en esta tesis se separa las resinas poliamida en dos clasificaciones: Plásticos nylon y resinas poliamida. Para los propósitos de la tesis, se considera que los plásticos nylon son polímeros, generalmente cristalinos y hechos de uno o dos monómeros, cada uno teniendo una longitud de cadena de 13 átomos de carbono o menos. Los artículos fabricados con estas resinas son formados por flujo termoplástico.

La clasificación de las resinas poliamida se refieren a todos los polímeros en los cuales los grupos amida forman una parte integral de la cadena del polímero que es generalmente amorfo. Los artículos acabados con ellas no son formados por flujo termoplástico.

→ Las resinas poliamida son clasificadas como reactivas y no reactivas. Cada una tiene propiedades diferentes y usos finales diferentes.

Las resinas poliamida reactivas son productos de condensación ramificados de un dímero de un ácido graso y generalmente aminas polifuncionales, aunque también son producidas utilizando un exceso de una amina difuncional. Esto resulta en un polímero lineal terminado en grupos amino primarios.

Estas resinas son consideradas poliamidas reactivas porque únicamente el ácido dimérico requerido se utiliza para obtener el peso molecular deseado, dejando la cadena del polímero terminada con sitios amino reactivos así como con algunos grupos amino secundarios reactivos. → A temperatura ambiente estas resinas son generalmente líquidas y son ^{viscoso} de menor peso molecular que las resinas no reactivas. Las aminas polifuncionales más comunes usadas para producir estas poliamidas son la dietilentriamina, trietilentetramina y la tetraetilenpentamina.

Las resinas poliamida basadas en el ácido dimérico se obtienen por la condensación de un ácido carboxílico difuncional generalmente derivado de un aceite de gran tamaño (tall oil) y una amina di-o polifuncional. También se usan los ácidos carboxílicos obtenidos de sebos y aceites vegetales (tales como el de soya y cártamo) para su producción. ←

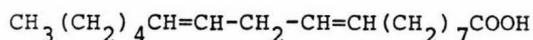
Los aceites vegetales se han utilizado ampliamente pero actualmente sus altos precios han causado alguna disminución en su uso.

El ácido dimérico utilizado como monómero es principalmente el dímero de los ácidos oleico y linoleico.

b).- CONSIDERACIONES SOBRE LA REACCION

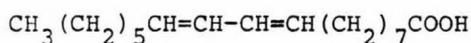
Los ácidos grasos en los que estas están basadas son una mezcla de ácidos monobásicos insaturados, la mayoría teniendo una longitud de cadena de ocho carbonos. Para

producir una molécula difuncional que pueda ser polimerizada, dos ácidos reaccionan de tal forma que se ciclo-adicionan, tal como sucede en la reacción de Diels y Alder, y forman el dímero. Este producto es una mezcla de muchos compuestos químicos que son colectivamente llamados "ácido dimérico". La siguiente reacción ilustra la formación dimérico.

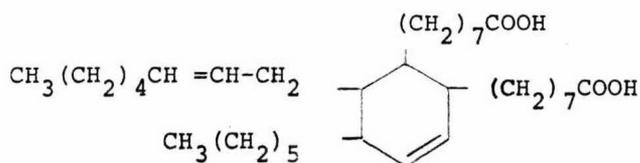
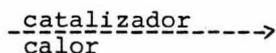


9,12 - ácido linoleico

+



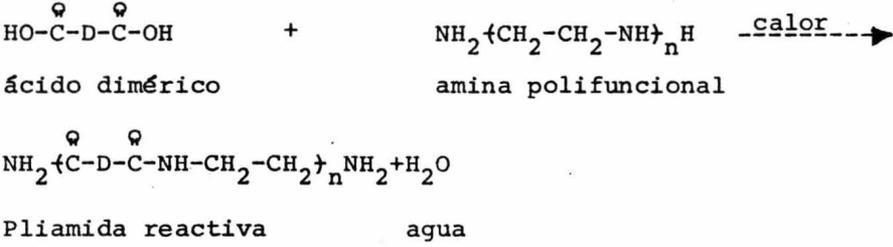
9,11 - ácido linoleico



ácido dimérico

El producto de reacción del ácido dimérico contiene grandes cantidades de monómero residual el cual debe ser removido antes de ser usado para producir resinas poliamida. Después de que el monómero ha sido removido, el ácido dimérico remanente es una mezcla de compuestos conteniendo 60 - 75 % de dímero, 5-20 % de trímero y mayores homólogos, con el monómero restante sin extraer. Esta mezcla tiene, en promedio, un grupo carboxílico por cada 18 átomos de carbón.

Para producir las resinas pliamida reactivas, el ácido dimérico se hace reaccionar con una amina polifuncional. La siguiente reacción muestra su formación. La -D- del ácido dimérico representa un radical hidrocarburo divalente C.34.



Las poliamidas reactivas son hechas íntegramente mediante la tecnología de condensación lote. El ácido dimérico y la amina son colocados en un autoclave y calentadas mientras son continuamente agitadas. Cuando la temperatura aumenta gradualmente los monómeros comienzan a reaccionar, produciendo agua la cual es destilada. La temperatura se aumenta a 150-250°C y se puede aplicar vacío cuando la reacción se completa para forzar a los reactivos a un estado de condensación avanzada. Se hace circular gas inerte para que deje de haber vacío y la resina es removida del reactor.

Las propiedades de las resinas poliamida producidas pueden ser modificadas de varias formas. La más común es añadir ácidos dibásicos o monobásicos u otras aminas a la mezcla de reacción. La viscosidad es variada básicamente controlando el peso molecular en tanto que el punto de fusión es una función de la composición química.

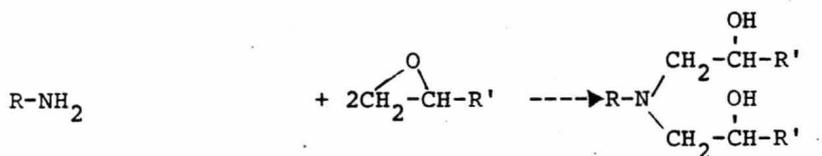
Las RPR pueden ser producidas usando un exceso de ácido dimérico pero esto es académico ya que hasta la fecha ninguna de ellas se produce comercialmente de esta manera.

Si polialquenos y poliaminas son usados, la RPR es un líquido como un resultado de su composición química; o si un exceso de una amina difuncional es usado, es un líquido como resultado de su bajo peso molecular. El uso de una amina polifuncional produce ramificaciones de la cadena del polímero lo que puede dar lugar a una gelación durante la preparación de la resina.

c).- PROCESO DE LA RPR EN LOS COMPUESTOS CON QUE SE COMBINA:

1) Reacción con Resinas Epoxi

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, las RPR se utilizan comunmente como correactivos con las resinas epoxi. Las resinas poliamida y epoxi se adicionan como se muestran en la siguiente reacción:



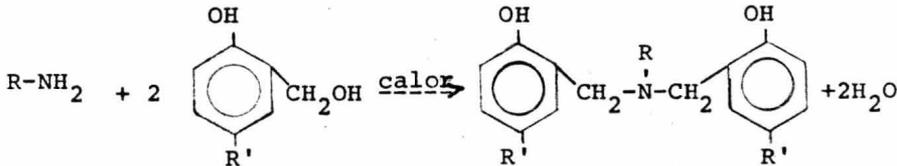
Amina primaria de Grupo epoxy de
la resina poliamida una resina epoxy Resina curada

Cambiando la composición química de las resinas y las proporciones usadas de las resinas, se pueden obtener una serie de productos curados con un amplio rango de propiedades físicas?

2) Reacción con Resinas Fenólicas.

Las RPR también reaccionan con las resinas fenólicas. Los productos de reacción son especialmente útiles como recubrimientos de superficie y adhesivos.

La siguiente reacción muestra la condensación de las resinas poliamida y fenólicas. A diferencia de la reacción con las resinas epoxi, se produce agua como un subproducto y se requiere de calor.



amina primaria
de una resina
poliamida

resina fenólica

Resina curada

agua

3) Reacciones con otros compuestos

Como las RPR contienen grupos amino reactivos, ellas pueden sufrir las mismas reacciones de moléculas amina más simples y de menor peso molecular.

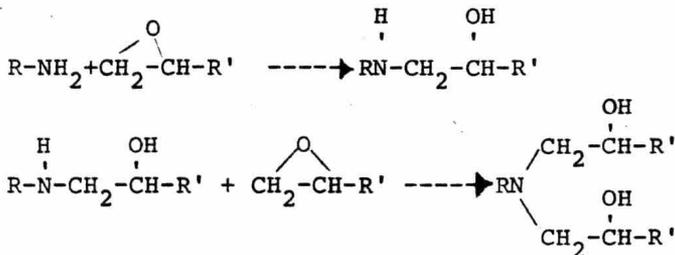
Las RPR pueden reaccionar con ácidos o ésteres insaturados α/β y aldehídos reactivos, tales como el formaldehído y el glioxal. El uso comercial actual de las RPR con estos compuestos no es común.

d).- PROCESO DE OTROS AGENTES CURANTES

Entre estos agentes curantes principalmente están:

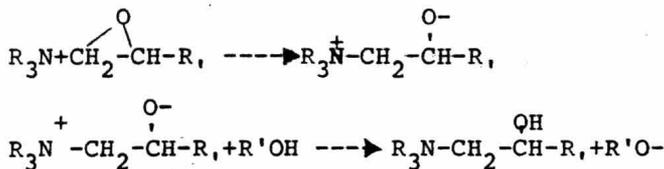
1. aminas primarias
2. aminas terciarias
3. anhídridos de poliácidos
4. ácidos de Lewis

La reacción entre las aminas primarias y las resinas epoxi se realiza entre cada átomo de hidrógeno unido al nitrógeno con el anillo epoxi; así una amina primaria es eventualmente convertida a una amina terciaria, tal como sucede en el caso de las poliamidas.

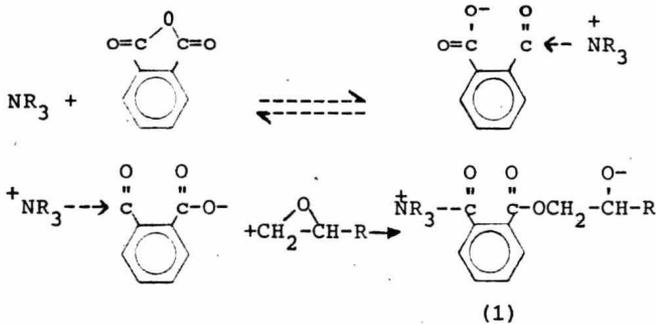


La segunda reacción es aquella entre una amina secundaria y una resina epoxi.

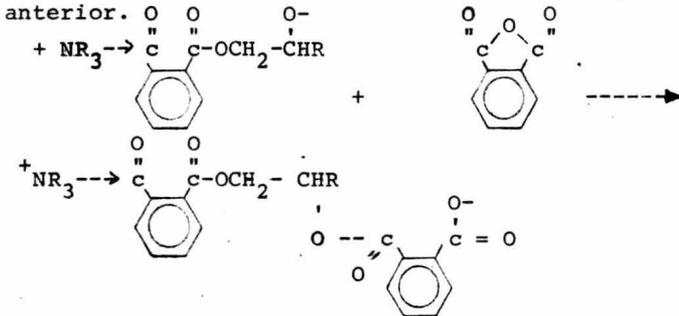
Las aminas terciarias catalizan la polimerización epoxi si algunas moléculas conteniendo grupos hidroxilo están presentes. Esto es invariablemente cierto en el caso de las resinas epoxi. Esta reacción se cree que es iónica.



El alcóxido R'O- luego ataca a una epoxi y produce otro alcóxido que a su vez forma otra ligadura y produce más alcóxido. La reacción de los anhídridos de poliácidos procede a través de la activación del anhídrido por una amina terciaria como un catalizador y el subsecuente ataque de esta sal en las moléculas epoxi.



(1) Puede reaccionar con más moléculas epoxi como en el caso



e).- AGENTES CURANTES Y PROPIEDADES RESULTANTES

En esta sección los principales agentes curantes epoxi de uso comercial serán discutidos desde el punto de vista de

las propiedades que les proporcionan a las resinas epoxi cuando son añadidas en las cantidades correctas y las resinas son curadas en la manera recomendada.

1) Poliaminas alifáticas

Pueden ser utilizadas sin modificar o haciendo reaccionar parcialmente las aminas alquil primarias con varios agentes, antes de ser usadas como endurecedores epoxi, para producir menor volatilidad, toxicidad y velocidades de reacción con menor desprendimiento de energía. Otra función importante para llevar a cabo esto es aumentar la proporción en la que son usadas con las resinas epoxi.

Las poliaminas alifáticas sin modificar mas comunes usadas como endurecedores de resina epoxi son la dietilen triamina (DETA) y la trietilen terramina (TETA). Otras dos de la misma serie que también han sido utilizadas son la etilen diamina (EDA) y la tetraetilen pentamina (TEPA). La EDA es demasiado volátil para usarse comercialmente cuando no es modificada y la TEPA se utiliza a veces en algunos recubrimientos.

La DETA y la TETA son casi intercambiables. Los sistemas curados con DETA y TETA generalmente tienen propiedades eléctricas moderadas. La resistencia al hidróxido de sodio acuoso incluso a elevadas concentraciones es excelente. La resistencia a la mayoría de los ácidos inorgánicos es buena. Los ácidos orgánicos fuertes tales como el acético, atacan

las resinas epoxi curadas con DETA y TETA así como el ácido nítrico al 40%. La resistencia a los disolventes, durante cortos períodos es excelente, sin embargo, la inmersión durante períodos mayores en cualquier disolvente alifático, no es recomendable.

Para recubrimientos estas aminas frecuentemente carecen de flexibilidad suficiente y les es difícil humedecer el pigmento en la mayoría de los casos.

Otra poliamina ampliamente usada es la dietilamino - propilamina (DEAPA). Su funcionamiento es similar al de la DETA y la TETA pero ofrece un tiempo de vida media algo mayor. La DEAPA es un agente curante preferido para la fabricación de adhesivos. Sus propiedades eléctricas son superiores a las de la DETA. Tiene mayor flexibilidad pero es menos resistente a los disolventes.

2) Anhídridos de ácidos polibásicos.

Los anhídridos de ácidos dan en general buenas propiedades a las resinas epoxi y parecen ser especialmente adecuados para las formulaciones de moldeo.

Para recubrimientos normalmente carecen de flexibilidad. Cuando reaccionan con los anillos epoxi requieren de elevadas temperaturas. Los productos más importantes de esta familia son:

Anhidrido Ftálico

Anhidrido Hexahidroftálico

Anhidrido Dodecilsuccínico

Anhidrido Tetrahidroftálico

Anhidrido Trimelitico

Los anhídridos son generalmente sólidos a la temperatura ambiente lo que dificulta el mezclado y el precalentamiento requerido acorta la vida media de la mezcla de reacción aunque sistemas eutécticos pueden ser hechos mezclando varios anhídridos.

f).- METODOS DE CONTROL QUIMICO

Debido a que las propiedades de las RPR pueden ser variadas notablemente de acuerdo con las proporciones y condiciones de reacción en que los monómeros son utilizados, se necesita tener un gran número de métodos de control químico, particularmente cuando se producen resinas especiales para usos muy específicos. Aproximadamente se utilizan treinta métodos de control ordinarios. Los más importantes son:

La determinación del nitrógeno terciario en imidazolidinas.

El método butanólico modificado para la determinación del valor amino.

La determinación del valor de saponificación.

La determinación del valor ácido.

La determinación del contenido de agua

IV.- MERCADO DE LAS RPR

a).- Compañías productoras, Localización de las plantas y capacidades.

RESINAS POLIAMIDA

| Cia. y Localización de la planta | Capacidad Anual (a) | Tipo Producido | Nombre Comercial | OBSERVACIONES |
|--|---------------------|---|---------------------|--|
| AZS CORPORATION Az Products Company, Div. Eaton Park, Florida | 5 | Reactiva | Azamide | Básicamente produce resinas para uso en recubrimiento de su superficie epoxi y adhesivos. En 1974 la Cía. comenzó a vender resinas no reactivas. |
| CELANESE CORPORATION Celanese Coatings Co., Subsidiary Louisville, Kentucky | 5 | Reactiva | Epi-cure Epi-rez | Cautivamente consume algo de su producción en su propia línea de sistemas de resina epoxy. |
| CROSBY CHEMICALS, INC. Picayune, Mississippi | 1 | No reactivas y reactivas | Cropolamid | Básicamente, es un productor de ácido dimérico basados en aceite de gran tamaño (Tall oil), teniendo el nombre comercial Crodym. |
| E.I. DU PONT DE NEMOURS & CO., INC. Parkersburg, West Virginia | 5 | Resina basada en el ácido dicarboxílico sintético de cadena larga | Elvamide | Básicamente usada en la industria textil y en adhesivos usados por la industria aeroespacial. |

| <u>Cia. y Localizacion de la planta</u> | <u>Capacidad Anual (a)</u> | <u>Tipo Producido</u> | <u>Nombre Comercial</u> | <u>O B S E R V A C I O N E S</u> |
|---|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---|
| EMERY INDUSTRIES, INC. Cincinnati, Ohio | 10 | No reactivas y reactivas | Emerez | Vende ácido dimérico bajo el nombre comercial de Empol. |
| GENERAL MILLS INC. General Mills Chemical, Inc. (subsidiary) Industrial Chemical Operations, Kankakee, Illinois | 25 | No reactiva y reactivas | Versamid Versalon Milvex | El mayor y más antiguo productor de resinas poliamida basadas en el ácido dimérico. |
| MOBIL CHEMICAL COMPANY Chemical Coatings Div. Edison, New Jersey | 3 | Reactivas | (sin nombre comercial) | Parte de la resina es consumida cautivamente y parte es revendida por Ciba-Geigy Corp Plastics and Additives Division, Ardsley, New York. |
| NAPKO CORPORATION Houston, Texas | 1 | Reactivas | (sin nombre comercial) | Cautivamente consume toda la producción en su línea de recubrimiento de superficie epoxy. |
| REICHHOLD CHEMICALS, INC. Andover, Massachusetts | 3 | Reactiva | Epotuf | También produce resinas epoxy. |
| UNION CAMP CORPORATION Chemical Division Savannah, Georgia | 6 | No reactiva y reactiva | Uni-Rez | Vende ácido dimérico bajo el nombre comercial de Unidyme. |

(a) Datos obtenidos hasta agosto de 1974 en millones de libras. En casi todos los casos para producir resinas poliámida la capacidad es intercambiable con la capacidad para producir otros materiales ya que se utilizan reactores multifuncionales.

Fuente: Investigación personal.

General Mills, Inc., el primer productor comercial de resinas poliámida, es todavía el más importante en el campo. Los productores en E. U. del ácido dimérico son: AZS Corp., Az Products Inc., Division; Crosby Chemicals, Inc.; Emery Industries, Organic Chemicals Div. General Mills, Inc., General Mills Chemicals, Inc.; Kraftco Corp., Humko Prods. División y Union Camp Corp., Harchem Division. De los productores de ácido dimérico, Crosby, Emery y Union Camp producen ácidos grasos de aceites de gran tamaño (Tall oil). En el resto del mundo las compañías productoras de resinas poliámida son las siguientes:

RESINAS POLIAMIDA

| <u>Cia. y Localizacion de la Planta</u> | <u>Tipo de Resinas</u> | <u>OBSERVACIONES</u> |
|--|----------------------------|-------------------------------------|
| <u>Norte America</u> | | |
| <u>México</u> | | |
| GENERAL MILLS DE MEXICO, S. A. (subsidiaria de General Mills Inc. U.S.A.) Cuautitlán | No reactiva y reactiva | - - |
| <u>Sur America</u> | | |
| <u>Brasil</u> | | |
| Indusquima, S.A. (subsidiaria de General Mills Inc. U.S.A.) Sao Paulo | No reactiva y reactiva | - - |
| <u>Europa Occidental</u> | | |
| <u>Alemania del Oeste</u> | | |
| Schering Ag Bergkamen | No reactiva y reactiva | Usa el proceso de General Mills. |
| <u>Italia</u> | | |
| Bewoid Italiano & Callegaro del Sud (subsidiaria de Be- woid Italiano & Callegaro, la cual es poseida en un 47% por Hercules Inc. U.S.A.) Carnello di Sora, Frosinone | - - | - - |

Cia. y Localizacion
de la Planta-----

Tipo de
resinas-----

O B S E R V A C I O N E S

Chem- Plast
Milán

No reactiva
y reactiva

Usa el proceso de General
Mills.

Países Bajos

Unilever-Emery NV
Gouda

No reactiva
y reactiva

- -

España

Traquisa-Wolf S.A. (Union
de Victor Wolf Ltd. y --
Transformaciones Químico
Industriales S.A.)

- -

- -

Reino Unido

Casa Chemicals Ltd.

reactiva

- -

Cray Valley Products Ltd.
Orpington, Kent

No reactiva
y reactiva

Usa el proceso de General
Mills.

Thomas Swan y Co. Ltd.
Crookhall, Consett

- -

- -

Victor Wolf Ltd.
Clayton

No reactiva
y reactiva

- -

| <u>Cia. y Localizacion de la Planta</u> | <u>Tipo de resinas</u> | <u>OBSERVACIONES</u> |
|---|----------------------------|---|
| <u>Asia</u> | | |
| <u>Japón</u> | | |
| Dai-ichi General Ltd. (El 50% es propiedad de General Mills Che- mical Company, Inc. U.S.A. y el 50% por Dai-ichi Kogyo Seiyaku Co.) Kakogawa | No reactiva y reactiva | También produce ácido di- mérico, y usa el proceso de General Mills, |
| Dainippon Ink & Chemicals Inc. Tokyo | Reactiva | Resina hecha utilizando la tecnología de Reichhold - Chemicals, Inc. U.S.A. |
| Mitsui Toatsu Chemicals, Inc. Chiba | Reactiva | Resina hecha utilizando la tecnología de Casa Chemi- cals Ltd. R.U. |
| <u>AUSTRALIA</u> | | |
| A.C. Hatric Chemicals Pty.Ltd. Sydney | No reactiva y reactiva | Usan el proceso de General Mills. |
| <u>Nueva Zelandia</u> | | |
| A.C. Hatric (NZ) Ltd. Auckland | No reactiva y reactiva | Usa el proceso de General Mills. |

Fuente: Investigación personal

b).- IMPORTACION PRODUCCION Y EXPORTACION NACIONAL

POLIAMIDAS DEL ACIDO DIMERICO
(TONS)

TABLA No. 8

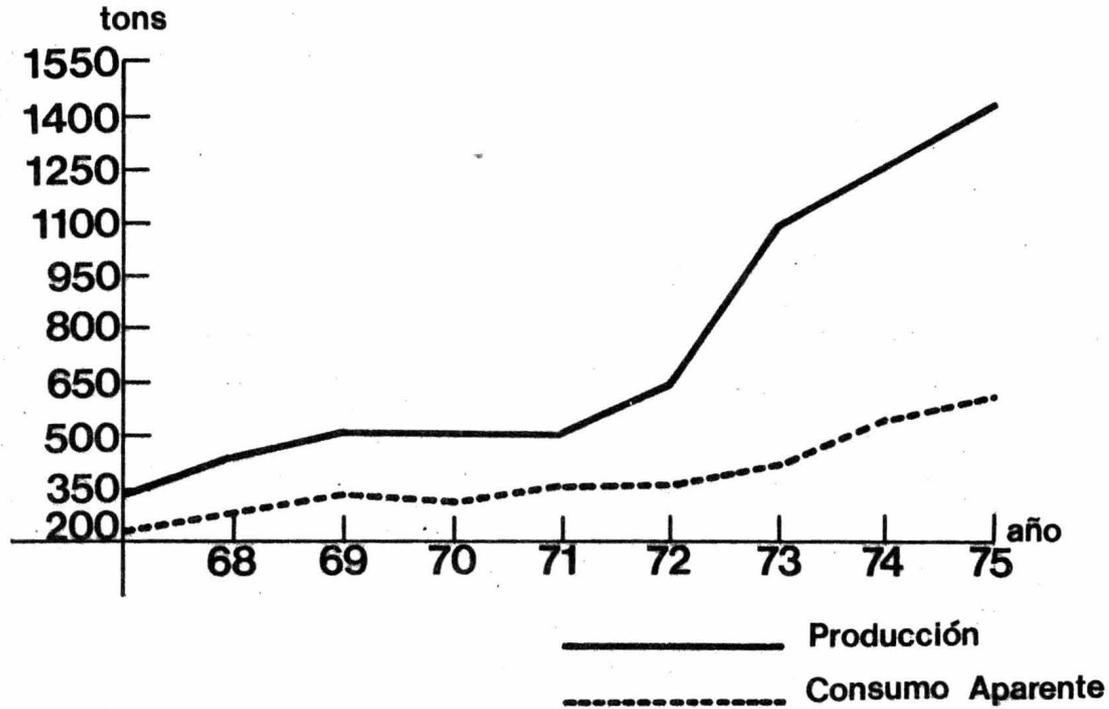
| | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 |
|-------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Producción | 347. | 426. | 454. | 490. | 492. | 620. | 1,054. | 1,250. | 1,438. |
| Importación | 11.4 | 1.1 | 2.6 | 0.7 | 2.2 | 4.4 | 28.1 | 20.9 | 17. |
| Exportación | 141. | 176. | 168. | 235. | 171. | 295. | 629. | 723. | 841.8 |
| Consumo Aparente | 217.4 | 251.1 | 288.6 | 255.7 | 323.2 | 329.4 | 453.1 | 547.9 | 613.2 |
| Crecimiento C.A.% | --- | 15.5 | 14.9 | (11.4) | 26.4 | 1.9 | 37.5 | 20.9 | 12. |

FUENTES: Investigación Directa, A.N.I.Q.
Dirección General de Estadística S.I.C.

NOTAS: (1) Productor: General Mills de México, S.A.

FIG 5

Producción y Consumo Aparente



c).- ESTRUCTURA DEL MERCADO

La siguiente tabla presenta la cantidad de resina poli-
liamida reactiva consumida por el mercado. En seguida de
la tabla se discute estos mercados.

TABLA No. 9

CONSUMO DE LAS RPR POR SU USO FINAL

| | |
|------------------------------|------|
| Recubrimientos de superficie | 64 % |
| Adhesivos | 15 % |
| Formulaciones para moldeo | 6 % |
| Otros usos (a) | 15 % |

(a) Incluye usos tales como terrazos de plástico, adhesi-
vos de concreto, recubrimientos de papel, etc.

Fuente: Investigación personal basada en la comunicación
con la industria.

1.- RECUBRIMIENTOS DE SUPERFICIE

El mayor mercado para las RPR está en los recubrimien-
tos de superficie. En este mercado, la RPR es básicamente
usada con resinas epoxi pero los sistemas de resina fenol-
formaldehído/poli-
liamida son usados para ciertas aplicaciones. Cerca del 98% de las RPR consumidas en recubrimientos de su-
perficie es usada con las resinas epoxi y el 2% restante es
usado con las resinas fenol-formaldehído.

Las RPR son usadas con las resinas epoxi ya sea con disolventes, que es lo más común, o en sistemas sin disolventes. En los sistemas con disolventes, las RPR comúnmente reaccionan con las resinas epoxi hechas de epíclorohidrina y bisfenol A.

En los sistemas de resina epoxi, las RPR compiten principalmente con los endurecedores amina y amina modificados.

2.- ADHESIVOS

Como con los recubrimientos de superficie, las RPR son comúnmente usadas con resinas epoxi aunque una pequeña cantidad es usada con resinas fenol-formaldehído. También en los recubrimientos de superficie, las RPR compiten con las aminas que son agentes curantes que reaccionan más rápido

3.- FORMULACIONES DE MOLDEO

En este mercado las RPR son usadas con resinas epoxi de bajo peso molecular.

Los agentes que compiten con las poliamidas en este submercado son los polisulfuros, poliuretanos y ácidos policarboxílicos.

4.- OTROS USOS

Los sistemas de resina poliamida-epoxi son, probablemente, el mejor material como adhesivos de cemento y para formar mezclas con arena o grava fina, las cuales son utilizadas para reparar carreteras de concreto o pisos y obtener una

superficie resistente, pero el alto costo de los materiales ha restringido su uso general.

d).- TENDENCIAS DEL MERCADO

Debido a que las resinas poliamida basadas en el ácido dimérico son usadas comunmente en formulaciones químicas con otras resinas o materiales su futuro depende del futuro de sus distintos mercados primarios.

Se espera que la cantidad de resina poliamida consumida, continúe incrementándose durante los próximos años.

| | Velocidad de crecimiento anual promedio (porcentaje) |
|-----------------------------|--|
| Resina Poliamida Reactiva | |
| Recubrimiento de superficie | 10 |
| Adhesivos | 20 |
| Formulación de moldeo | 10 |
| Otros usos | 20 |

Fuente: Investigación personal basada en la comunicación con la industria.

Las RPR se enfrentan a los problemas de la escasez de materia primaria con ambos monómeros-ácidos grasos de aceites de gran tamaño y aminas polifuncionales. Sin embargo, la escasez de monómeros para producir estas resinas no es tan aguda como si las resinas estuvieran basadas enteramente

en productos petroquímicos. El ácido graso de aceites de gran tamaño es un subproducto refinado de la industria del papel y su suministro es reducido. Sin embargo, su consumo en este mercado es muy pequeño, alrededor del 1% del total producido en E. U. Como en México se carece de él, el crecimiento del mercado de la resina basada en el ácido dimérico, no debe estar limitado.

Las aminas di- y polifuncionales están basadas en petroquímicos y su suministro también es pequeño. Sin embargo, la escasez de amina no se espera llegue a ser tan crítica como para prohibir el crecimiento del mercado total de la resina.

e).- TENDENCIAS DEL PRECIO

La lista de precios de varias resinas poliamidas es mostrada en la siguiente table. Aunque numerosos tipos y grados son disponibles, los precios señalados aquí son para aquellas comunmente usadas en los principales mercados. Los precios mostrados son aquellos del mayor productor de resina poliamida, General Mills.

TABLA No. 10

RESINAS REACTIVAS

Historia del Precio de las Resinas Poliamida

| | VERSAMIDA 100 | VERSAMIDA 115 | VERSAMIDA 125 | VERSAMIDA 140 |
|------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1963 | 28.58 | 27.34 | 35.20 | 37.28 |
| 1964 | 26.10 | 25.27 | 31.06 | 33.13 |
| 1965 | 25.27 | 24.47 | 30.23 | 32.30 |
| 1966 | 25.27 | 24.43 | 30.23 | 32.30 |
| 1967 | 25.27 | 20.43 | 30.23 | 32.30 |
| 1968 | 25.27 | 21.95 | 26.92 | 28.99 |
| 1969 | 25.27 | 21.95 | 26.92 | 28.99 |
| 1970 | 25.27 | 21.95 | 26.92 | 28.99 |
| 1971 | 27.13 | 22.99 | 27.95 | 31.06 |
| 1972 | 27.54 | 22.99 | 27.95 | 31.06 |
| 1973 | 28.37 | 24.23 | 29.19 | 32.30 |
| 1974 | 32.85 | 28.05 | 33.80 | 37.40 |

Fuente: Investigación personal basada en la comunicación con la Industria.

Los precios son para las resinas de la serie Versamida de General Mills al final de cada año, para cantidades de 20,000 libras, empacadas en bolsas de papel de 50 libras o tambores de 400 libras.

Fuentes: Comunicación con la Industria.

Esta situación ha cambiado durante los últimos dos años por el encarecimiento de los productos petroquímicos y se ha acentuado por la crisis inflacionaria que sufrió el país, además de que el encarecimiento de las materias primas en general afectó a casi todos los productos en una mayor o menor proporción. El precio de estas poliamidas actualmente está entre 45 y 50 \$/Kg.

f).- DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE DISEÑO DE LA PLANTA

Puntos base en la consideración de la capacidad de diseño:

1. Las pinturas con poliamidas sin solventes y dispersables en agua, teniendo las particulares características antes mencionadas, no se fabrican en México.
 - 2.- Se estima un crecimiento del consumo aparente del 12% durante 1976.
 - 3.- Participación del mercado que actualmente posee General Mills.
- I.- Se considera que en el campo de las pinturas los productos elaborados por la empresa nueva serán factibles de alcanzar un 15% del mercado actual.

II.- En los adhesivos se estima que un 22.5% del mercado que posee General Mills podría ser abastecido.

En este campo se observa que una parte del volúmen abastecido sería por razones comerciales y otra parte por el desplazamiento de las nuevas poliamidas solubles en agua por las no solubles fabricadas actualmente por General Mills.

III.- Referente al uso en formulaciones de moldeo y en la colocación de sistemas eléctricos, se observó que en este sector se utilizan diversas especialidades en las cuales la nueva empresa piensa enfocar gran parte de su producción. Se considera que la nueva empresa puede alcanzar un 30% del mercado.

IV.- Otros usos. Este es uno de los principales campos para los cuales se diseñó la nueva empresa. Es decir, que empresas que requieren el uso de resinas epóxicas de características especiales (que son elaboradas en algunos casos por SOMEQUISA y en otros importadas) requieren de poliamidas especiales y que por su bajo volumen de consumo no se justificaba la fabricación de ellas. Sin embargo, para el caso de la empresa propuesta se ha analizado este mercado y se considera atractivo, por lo que se estima que el 45% del mercado que existe actualmente podría ser suministrado por la nueva empresa

En la consideración del mercado hasta 1981, se toman los crecimientos anuales supuestos en la sección IV d) para cada uno de los campos de las RPR.

TABLA No. 11
CONSUMO APARENTE DE LAS RPR DURANTE 1976 (ESTIMADO)

| AÑO | RECUBRIMIENTOS | ADHESIVOS | MOLDEO | OTROS USOS | TOTAL |
|------|----------------|-----------|--------|------------|-------|
| 1976 | 440 | 103 | 41.3 | 103 | 687.3 |

La siguiente tabla muestra la estimación del mercado nacional para la PSA hasta 1981, considerando una participación conservadora (PC), otra probable (PP) y otra optimista (PO) del mercado que posee General Mills.

TABLA No. 12

Estimación del Mercado Nacional de la PSA hasta 1981

| AÑO | RECUBRIMIENTOS | | | ADHESIVOS | | | MOLDEO | | | OTROS USOS | | | TOTAL | | |
|------|----------------|------------|------------|---------------|--------------|---------------|------------|------------|------------|--------------|------------|--------------|-------|-------|-------|
| | PC 13 % | PP 15 % | PO 17 % | PC 19.25 % | PP 22.5 % | PO 25.75 % | PC 26 % | PP 30 % | PO 34 % | PC 38.5 % | PP 45 % | PO 51.5 % | PC | PP | PO |
| 1976 | 57.2 | 66 | 74.8 | 19.8 | 23.2 | 26.5 | 10.7 | 12.4 | 14.0 | 39.7 | 46.4 | 53.0 | 127.4 | 148 | 168.3 |
| 1977 | 62.9 | 72.6 | 82.3 | 23.8 | 27.8 | 31.8 | 11.8 | 13.6 | 15.4 | 47.6 | 55.6 | 63.7 | 146.1 | 169.6 | 193.2 |
| 1978 | 69.2 | 79.9 | 90.5 | 28.6 | 33.4 | 38.2 | 13.0 | 15.0 | 17.0 | 57.1 | 66.7 | 76.4 | 167.9 | 195.0 | 222.1 |
| 1979 | 76.1 | 87.8 | 99.6 | 34.3 | 40.0 | 45.8 | 14.3 | 16.5 | 18.7 | 68.5 | 80.1 | 91.7 | 193.2 | 224.4 | 255.8 |
| 1980 | 83.7 | 96.6 | 109.5 | 41.1 | 48.1 | 55.0 | 15.7 | 18.1 | 20.6 | 82.2 | 96.1 | 110.0 | 222.7 | 258.9 | 295.1 |
| 1981 | 92.1 | 106.3 | 120.5 | 49.3 | 57.7 | 66.0 | 17.3 | 20.0 | 22.6 | 98.7 | 115.3 | 132.0 | 257.4 | 299.3 | 341.1 |

De la tabla anterior se puede apreciar que la capacidad de diseño recomendable para la nueva empresa es de ... 300 Ton./año.

V.- PROCESO DE FABRICACION DE LA PSA.

a. TECNOLOGIA DISPONIBLE

Las firmas comerciales que tienen tecnología y asesoría disponible para construir y arrancar una planta, principalmente son: AZS Corporation, Celanese Corporation, Crosby Chemicals, Inc., Emery Industries, Inc., Mobil Chemical Company, Mapko Corporation, Reichold Chemicals, Inc., Union Camp. Corp. y varias empresas Europeas.

b. SELECCION DE TECNOLOGIA

En la selección de la tecnología deben analizarse y evaluarse un número de factores que en conjunto nos ayudarán a determinar el proceso y si éste se obtiene por simple copia o se modifica. Esto último principalmente está en función de la disponibilidad de la mano de obra y materia prima.

Los puntos básicos por los que se puede seleccionar un proceso y su tecnología, fundamentalmente son: sus operaciones, su seguridad, inversión, costo de producción, problemas de operación, costo de arranque y paro, capacidad, eficiencia, gastos originados por licencia, supervisión y asesoría.

En las tecnologías disponibles para la manufactura de RPR se parte de un ácido dicarboxílico y una pliamina. Varían básicamente en la materia prima con la que se obtiene

el ácido dicarboxílico. En los países en donde por sus recursos forestales tienen una fuerte industria del papel, el ácido se obtiene del "Tall oil", el cual es un subproducto de esta industria. En México se carece de él, por lo que es conveniente partir de aceites vegetales como el de soya y el de cártamo.

En las diferentes tecnologías en las que se parte de un aceite vegetal, se estima que el equipo necesario y el proceso en sí, no varían significativamente de aquellas en que el ácido se obtiene del "Tall oil"

Se utilizaron para este estudio los datos y condiciones de operación de una tecnología de un grupo Europeo, con el cual se tuvo la facilidad de obtenerlos por medio de una oferta que resultó muy favorable para ambas partes.

c. DESCRIPCION DEL PROCESO

Se carga el reactor en un tiempo aproximado de una hora y media con aceite de linaza y una pliamina directamente de los tambores al reactor por medio del sistema de vacío.

Se calienta la mezcla durante 1 1/2 horas hasta alcanzar 150°C y se dan 10 horas de reacción aproximadamente.

Terminado este tiempo de reacción, se agrega la materia prima denominada como "otros", se calienta en una hora hasta 200°C y se da a la mezcla otra hora de reacción.

Al finalizar la hora se aplica el vacío al reactor y se mantiene durante dos horas.

Al término de las dos horas se agrega el celosolve. Durante la adición, la temperatura debe ser mantenida a aproximadamente 220°C. Por esto mismo se añade el celosolve lentamente y en un período de 2.5-3.5 horas.

Ya que la adición ha finalizado se dan alrededor de 7 horas de reacción. En seguida se aplica el vacío y se mantiene durante dos horas.

A continuación se enfría la mezcla de reacción a 160°C en 2 horas aproximadamente. Una vez alcanzada esta temperatura se añade una cantidad adicional de poliamina cuidando que la temperatura se mantenga en este valor. La adición se lleva a cabo en un período de 3-4 horas y se le da a la mezcla 11 horas de reacción.

Inmediatamente después se aplica el vacío y se mantiene durante dos horas. Finalizado este período se toma una muestra y se lleva al laboratorio para determinar el contenido de sólidos. Con la aprobación del laboratorio, comienza el enfriamiento del producto hasta alcanzar 85°C aproximadamente, temperatura a la cual comienza la descarga del producto.

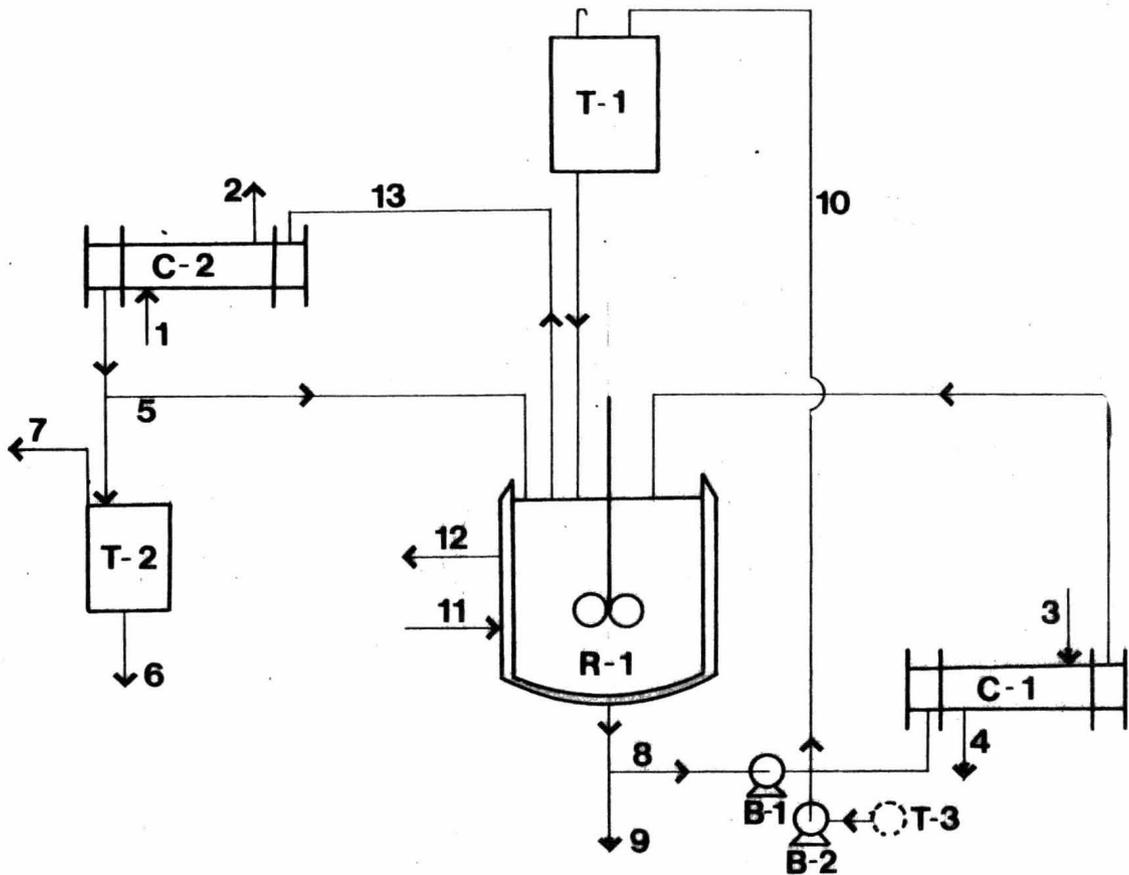
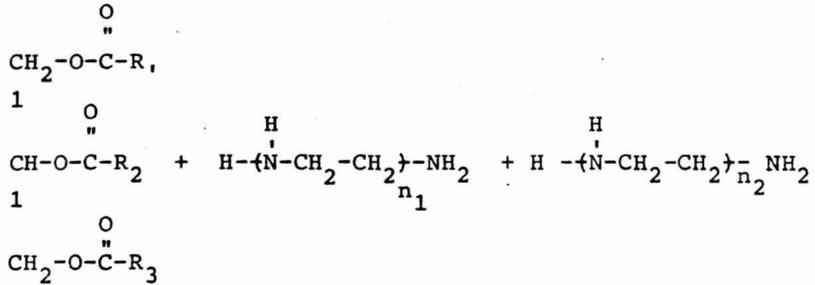


FIG.6 DIAGRAMA DE FLUJO

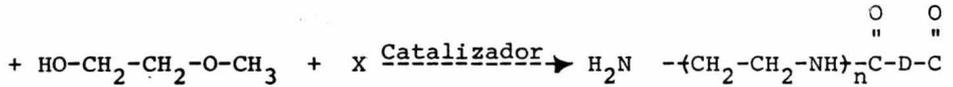
DESCRIPCION DEL EQUIPO

| | | |
|------------|---|---|
| 1, 2, 3, 4 | : | Agua de enfriamiento |
| 5 | : | Recirculación de condensados |
| 6 | : | Glicerina y agua (líquidas) |
| 7 | : | Línea de vacío |
| 8 | : | Recirculación del producto y subproductos |
| 9 | : | Producto terminado |
| 10 | : | Línea de carga de materias primas |
| 11, 12 | : | Líquido término |
| 13 | : | Vapores de agua y glicerina |
| R-1 | : | Reactor |
| C-1 | : | Enfriador |
| C-2 | : | Condensador |
| B-1 | : | Bomba de recirculación |
| B-2 | : | Bomba de carga |
| T-1 | : | Tanque Dosificador |
| T-2 | : | Tanque de condensados |
| T-3 | : | Tambores de reactivos |

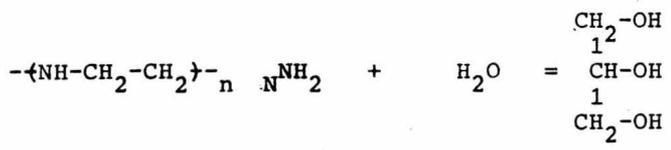
d. BALANCE DE MATERIA



| | | |
|------------------|-------------|--------------|
| Aceite de linaza | Poliamina I | Poliamina II |
| * 240.48 | 66.83 | 60.49 |



| | | |
|-----------------|-------|-------------------------------|
| METIL CELOSOLVE | OTROS | <i>poliamida</i> POLIAMIDA |
| 163.41 | 12.2 | 500.0 |



| | |
|------|-----------|
| AGUA | GLICERINA |
| 4.55 | 38.86 |

Eficiencia de la reacción: 97.6 %

*Cantidades señaladas en la tecnología.

Base: 1 Ton Poliamida

- 1) $2200 \text{ lbs. Poliamida} \times \frac{240.48 \text{ lbs. Ac. Linaza}}{500 \text{ Lbs. Poliamida}} \times \frac{100}{97.6} = 1084.6 \text{ lbs. Ac. Linaza}$
- 2) $1084.58 \text{ lbs. Ac. Linaza} \times \frac{66.83 \text{ lbs. Pol. I}}{240.48 \text{ lbs. Ac. Linaza}} = 301.4 \text{ lbs. Poliamina I}$
- 3) $1084.58 \text{ lbs. Ac. Linaza} \times \frac{60.49 \text{ lbs. Pol. II}}{240.48 \text{ lbs. Ac. Linaza}} = 272.8 \text{ lbs. Poliamina II}$
- 4) $1084.58 \text{ lbs. Ac. Linaza} \times \frac{163.41 \text{ lbs. Celosolve}}{240.48 \text{ lbs. Ac. Linaza}} = 737.0 \text{ lbs. Celosolve}$
- 5) $1084.58 \text{ lbs. Ac. Linaza} \times \frac{12.2 \text{ lbs. Otros}}{240.48 \text{ lbs. Ac. Linaza}} = 55.0 \text{ Lbs. Otros}$
- 6) $2200 \text{ lbs. Poliamida} \times \frac{4.55 \text{ lbs. Agua}}{500 \text{ lbs. Poliamida}} = 20.0 \text{ lbs. Agua}$
- 7) $2200 \text{ lbs. Poliamida} \times \frac{38.86 \text{ lbs. Glicerina}}{500 \text{ lbs. Poliamida}} = 171 \text{ lbs. Glicerina}$

De modo que el consumo de materia prima será el siguiente:

| <u>PRODUCTO</u> | <u>CONSUMO POR TON. PRODUCTO. TONS./TON.</u> | <u>CONSUMO POR LOTE PRODUCIDO. TONS.</u> | <u>CONSUMO POR TONELADA PRODUCIDA. LIBRAS.</u> |
|-----------------|--|--|--|
| Ac. Linaza | 0.493 | 1.124 | 1084.6 |
| Poliamina I | 0.137 | 0.312 | 301.4 |
| Poliamina II | 0.124 | 0.283 | 272.8 |
| Metil | | | |
| Celosolve | 0.335 | 0.764 | 737.0 |
| Otros | 0.025 | 0.057 | 55.0 |

8) CAPACIDAD DEL REACTOR

La producción anual máxima será de 300 tons. al año en 300 días hábiles. Por lo tanto la producción requerida por día será de una tonelada. Sin embargo se calcula que cada lote requerirá un tiempo total de 54.7 hrs. Si se trabajan los 3 turnos y la producción necesaria es de 1 ton./día, entonces las toneladas por

lote producidas deben ser:

$$\frac{1 \text{ ton.}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hrs.}} \times \frac{54.7 \text{ hrs.}}{\text{lote}} = 2.28 \frac{\text{tons.}}{\text{lote}}$$

Se estima que la densidad de la poliamida producida y la materia prima que no reacciona es de 0.95 ton/m^3

Suponiendo que la densidad es constante en el transcurso de la reacción, entonces el volumen del reactor, considerando como factor de seguridad un exceso del 25% será:

$$\begin{aligned} V \text{ Reactor} &= (2.28 \text{ tons.}) \left(\frac{\text{m}^3}{.95 \text{ ton}} \right) \left(\frac{1000 \text{ lts.}}{1 \text{ m}^3} \right) (1.25) \\ &= 3,000 \text{ lts.} \end{aligned}$$

El material de construcción recomendado por la tecnología es acero inoxidable 316.

e. BALANCE DE ENERGIA Y CALCULO DE EQUIPO

1. REACTOR

Base: 1 lote = 2.28 tons.

Como se explicó anteriormente el calentamiento consta de tres pasos, siendo el primero de ellos el que mayor calor requiere.

1er. Calentamiento: El aceite de linaza y la Poliamina I se calientan a una temperatura de 150°C .

Se supone que la temperatura inicial de los reactivos es de 15°C.

Se estima, de los datos proporcionados por la tecnología, un calor específico de la mezcla de 0.6 Btu/lb°F y que el calentamiento necesitará de dos horas.

$$Q = m C_p \Delta T$$

$$Q = (1.124 + .312) \text{ tons.} \times 2200 \frac{\text{lbs.}}{\text{ton.}} \times 0.6 \frac{\text{Btu}}{\text{lb.}^\circ\text{F}} (150 - 15)^\circ\text{C} \times 1.8 \frac{^\circ\text{F}}{^\circ\text{C}}$$

$$Q = 460,612 \text{ Btu}$$

$$\theta = 1.5 \text{ hrs.}$$

$$\frac{Q}{\theta} = \frac{460,612}{1.5} = 307,075 \frac{\text{Btu}}{\text{hr.}}$$



QUIMICA

Suponiendo un diámetro interno para el reactor de 5 ft. y considerando su fondo plano entonces:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 h; \quad h = \frac{4 V}{\pi D^2}$$

$$h = \frac{(4) (3000 \text{ Lts.}) (1 \text{ ft}^3 / 28.32 \text{ lt})}{(3.1416) (5 \text{ ft})^2} = 5.4 \text{ ft}$$

Se estima que las pérdidas de calor con los alrededores, por radiación y convección, son de 100 Btu/hr ft² por la parte superior del tanque y de 12 Btu/hr ft² por las paredes del mismo.

$$\begin{aligned} A \text{ paredes} &= \pi D h + \frac{\pi}{4} D^2 = (3.1416) (5 \text{ ft}) (5.4 \text{ ft}) + \frac{3.1416}{4} (5 \text{ ft})^2 \\ &= 84.82 + 19.63 = 104.46 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$q_1 = 19.63 \text{ ft}^2 \times 100 \frac{\text{Btu}}{\text{hr. ft}^2} = 1963 \frac{\text{Btu}}{\text{hr.}}$$

$$q_2 = 104.46 \text{ ft}^2 \times 12 \frac{\text{Btu}}{\text{hr. ft}^2} = 1254 \frac{\text{Btu}}{\text{hr.}}$$

$$Q_t = 307,075 + 1963 + 1254 = 310,292 \frac{\text{Btu}}{\text{hr.}}$$

2o- CALENTAMIENTO.-

$$\theta = 1 \text{ hr.}$$

$$Q_2 = (1.124 + .312 + .057) 2200 \times 0.6 \times (200-150)1.8 = 177\,368 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$q_2 = 1963 + 1254 = 3217 \text{ Btu/hr.}$$

$$Q_{t_2} = 177\,368 + 3217 = 180\,585 = \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

2.- SISTEMA DE DOWTHERM.

a) Calentador para el líquido térmico:

La primera etapa del calentamiento es la que necesita una mayor cantidad de energía.

Se toma como factor de seguridad una carga de calor adicional del 25%.

$$Q = (310,292) (1.25) = 387\,869 \frac{\text{Btu}}{\text{hr.}}$$

$$Q = 387\,869 \text{ Btu/hr.} \times .252 \frac{\text{Kcal}}{\text{Btu}} = 97743 \text{ Kcal/hr.}$$

De modo que la capacidad del calentador será de 100,000 Kcal/hr.

De acuerdo con los datos del proveedor, la temperatura de salida recomendada del líquido térmico debe ser 560°F y la diferencia de temperatura máxima proporcionada por el calentador es de 10°C por lo que el flujo será:

$$w = \frac{Q}{C_p \Delta t}$$

$$w = \frac{(100,000) (1/.252) \text{ Btu/hr.}}{\left(0.7 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}}\right) (10) (1.8^\circ\text{F})} =$$

$$w = 31,495 \text{ lb/ hr.}$$

Entonces el flujo requerido será de 31,500 lb/hr.

El combustible disponible es diesel. Su poder calorífico es de 19,610 Btu/lb.

$$\begin{aligned} \text{Flujo de Diesel} &= \frac{396,826 \text{ Btu/hr.}}{19,610 \text{ Btu/lb}} \\ &= 20.3 \text{ lb/ hr.} \end{aligned}$$

$$\Theta_{op} = 16 \text{ hr/lote. Consumo de diesel} = 20.3 \times 16 = 324.8 \text{ lb/lote}$$

b) Bomba de manejo para líquido térmico.

Las cabezas de succión y de descarga, estarán determinadas por las condiciones de diseño que imponga el local de la planta en donde se producirá la poliamida.

Sin embargo, para los requerimientos de este estudio se nece-

sita tener una idea aproximada de la capacidad de esta bomba.

Para su estimación se supone que la diferencia de presiones entre la descarga y la succión de la bomba, tomando en cuenta la caída de presión por fricción, velocidad del fluido y diferencia de alturas, es de 30 psig.

Se tienen las siguientes especificaciones:

| | |
|----------------------------------|---------------------------|
| Temperatura máxima de operación: | 560°F |
| Gasto en masa: | 31,500 lb/hr |
| Gravedad específica a 500°F: | 0,86 (dato del proveedor) |
| Diferencia de presión: | 30 psig. |

El trabajo o carga de la bomba (W) está dado por:

$$W = H_d - H_s = \frac{P_d - P_s}{\rho}$$

donde:

| | | |
|--------|---|---------------------|
| H_d | = | Cabeza de Descarga |
| H_s | = | Cabeza de succión |
| ρ | = | Densidad del fluido |
| P_d | = | Presión de descarga |
| P_s | = | Presión de succión |

Entonces:

$$W = \frac{(144 \text{ in}^2/\text{ft}^2)(3.0) \text{ lb/in}^2}{(53.66) \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 80.5 \frac{\text{lb-ft}}{\text{lbm}}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia} = Ww &= (80.5 \frac{\text{lbf-ft}}{\text{lbm}}) (31,500 \frac{\text{lbm}}{\text{hr}}) \\ &= 2.54 \times 10^6 \frac{\text{lbf-ft}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr.}}{3,600 \text{ seg.}} \times \frac{1 \text{ H}_p}{550 \frac{\text{lbf-ft}}{\text{seg.}}} \\ &= 1.28 \text{ H}_p \quad \eta = 0.6 \text{ (estimado)} \end{aligned}$$

$$P = 1.28 / 0.6 = 2.13 \text{ hp}$$

$$P \text{ diseño} = 2.13 \times 1.25 = 2.66 \text{ HP} \quad P = 2 \frac{3}{4} \text{ HP}$$

$$Q = w/p = (31,500) \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{\text{ft}^3}{53.6 \text{ lb}} \times \frac{7.481 \text{ gal}}{\text{ft}^3} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min.}}$$

$$Q = 73.3 \text{ GPM}$$

Materiales de construcción:

Carcaza: Acero al carbón

Impulsor: Hierro fundido

c.- Tanque de Expansión.-

Para este tipo de líquido térmico se tiene, como dato del proveedor que el incremento del volumen como porcentaje está dado por:

$$\% V = 0.035 \times \text{aumento de temp. } ^\circ\text{F } (\Delta t)$$

Considerando que al inicio de las operaciones de cada lote, el líquido térmico será calentado de la temperatura ambiente 60 °F, a una temperatura máxima de 560°F, de acuerdo con los requerimientos del proceso.

De modo que:

$$\% V = 0.035 \times (560-60) \text{ } ^\circ\text{F} = 17.5$$

De acuerdo con el criterio de diseño indicado por el proveedor, la capacidad del tanque será:

$$V = .175 \times \text{Vol. del sistema} \times 2$$

Donde: $V \text{ Sistema} = V \text{ Chaqueta} + V \text{ Calentador} + V \text{ Tubería}$

La longitud estimada de tubería recta es de 55 mts.

La velocidad recomendada del líquido término es de 3-4 ft/seg.

Entonces el área de flujo será:

$$A = Q/v$$

$$A = 73.3 \frac{\text{gal.}}{\text{min.}} \times \frac{1 \text{ft}^3}{7.481 \text{ gal.}} \times \frac{1 \text{ min.}}{60 \text{ min.}} \times \frac{\text{seg.}}{3 \text{ ft.}}$$

$$A = .05443 \text{ ft}^2$$

¹¹
Del Crane, se puede observar que para tubería de acero cédula 40, el área de flujo para un diámetro de 3 plgs. (.0513 ft²) es un valor muy aproximado el anterior.

$$V = \frac{0.1633 \text{ ft}^3/\text{seg}}{0.0513 \text{ ft}^2} = 3.2 \text{ ft/seg.}$$

Por lo que el diámetro de la tubería será de 3 plgs.

$$V \text{ Tubería} = \text{longitud} \times \text{area}$$

$$V \text{ Tubería} = 55 \text{ mts} \times \frac{3.281 \text{ ft}}{1 \text{ mt.}} \times 0.0513 \text{ ft}^2 \times \frac{7.481 \text{ gal.}}{1 \text{ ft}^3} = 69.25 \text{ gals.}$$

De las tablas del Pressure Vessel Handbook tenemos que el volumen de la chaqueta para el reactor es de : 35 gal.

El volumen del calentador proporcionado por el proveedor es de 98 gals.

Entonces:

$$V \text{ Sistema} = 69.25 + 35 + 98 = 202.25 \text{ gals.}$$

$$V \text{ Tanque} = 0.175 \times 202.25 \times 2 = 70.8 \text{ gals.}$$

Factor de seguridad: 25%

$$V \text{ Tanque} = 70.8 \times 1.25 = 88.5 \text{ gals.}$$

Líquido Término

$$V \text{ Total} = 1.25 V \text{ Sistema} = 252.8 \text{ gals.}$$

$$m = 252.8 \text{ gals.} \times \frac{1 \text{ft}^3}{7.481 \text{ gal.}} \times 53.66 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} = 1814 \text{ lb}$$

Las especificaciones finales son:

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| | Tanque de Expansión |
| Tipo | Cilíndrico |
| Capacidad | 50 gals. |
| Temperatura de operación máxima | 560°F |
| Presión de operación | Atmosférica |
| Material de construcción | Acero al carbón |

d. Tanque de Almacenamiento

Su dimensional para contener el volumen total del sistema más un 25% y considerando un porcentaje en el incremento del volumen por el calentamiento del 17.5%

$$V \text{ Tanque} = (202.25 (1.175) (1.25) = 297.05 \text{ gals.}$$

Las especificaciones finales son:

| | Tanque de almacenamiento |
|---------------------------------|--------------------------|
| Tipo | Cilíndrico |
| Capacidad | 300 gals. |
| Temperatura de operación máxima | 560°f |
| Presión de operación | Atmosférica |
| Material de construcción | Acero al carbón |

3).- AGITADOR

Para estimar la demanda de potencia para el agitador se usará la ecuación dimensioal de White y colaboradores.

$$hp = 1.29 \times 10^{-4} D_j^{1.1} L^{2.72} N'^{2.86} Y^{0.3} Z^{0.6} M^{0.14} P^{0.81}$$

Donde:

D_j = Diámetro interno del reactor = 5 ft

L = Longitud de la paleta del agitador = 2 ft

N' = Número de revoluciones por segundo que dá el agitador = 185 RPM/60 = 3.08 (proveedor)

Y = Ancho del agitador en pies = 0.3 ft.

Z = Altura de la porción húmeda del recipiente = 5.4 ft

M = Viscosidad = 7000 Cp x 6.72 x 10⁻⁴ = 4.71 lb/ft-seg.

P = Densidad de la mezcla = 59.28 lb/ft³

$$hp = 1.29 \times 10^{-4} (5)^{1.1} (2)^{2.72} (3.08)^{2.86} (0.3)^{0.3} (5.4)^{0.6} \\ (4.71)^{0.14} (59.28)^{0.86}$$

$$hp = 9.96 = 0.85 \text{ (estimado)}$$

$$bhp = 9.96 / 0.85 = 11.72$$

Factor de seguridad: 25 %

$$bhp = 11.72 \times 1.25 = 14.65 \quad P = 15 \text{ bhp}$$

4).- CONDENSADOR

La condensación completa se realiza en 2 horas aproximadamente y cuando es aplicado el vacío a 220°C, la mezcla glicerina-agua sale en su punto de burbuja.

Base 1 hora

| <u>Entran</u> | <u>lb/hr</u> | <u>PM</u> | <u>Mol./h.</u> |
|---------------|--------------|-----------|----------------|
| Glicerina | 194.94 | 92 | 2.12 |
| Agua | 22.8 | 18 | 1.27 |
| Aire * | <u>27.2</u> | 29 | <u>0.94</u> |
| TOTAL | 244.94 | | 4.33 |

*Estimado de la referencia

La presión de operación es de 8 mm Hg.

Las presiones de vapor de componente puro para la glicerina y el agua son:

| GLICERINA | | A G U A | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Presión (mmHg) | Temperatura °F | Presión (mmHg) | Temperatura °F |
| 0.287 | 74.14 | 5.08 | 35.0 |
| 1 | 257.9 | 5.08 | 35.0 |
| 5 | 308.9 | 7.87 | 45.5 |
| 10 | 333.0 | 10.41 | 53.2 |
| 20 | 360.0 | 21.62 | 74.14 |

El rango de condensación estará entre el punto de burbuja y el punto de rocío. Se supone una mezcla ideal.

Punto de Burbuja:

$$P_t = P_{g1}^{o} x_{g1} + P_{g2}^{o} x_{g2}$$

$$x_{g1} = \frac{2.12}{2.12+1.27} = 0.63 \quad x_{g2} = 1 - 0.63 = 0.37$$

Para 8 mm Hg:

$$8 = (0.63) P_{g1}^{o} + (0.37) P_{g2}^{o}$$

El punto de rocío será aquel en que esta ecuación se cumpla.

$$\text{A } 74.14^{\circ}\text{F} \quad P_{g1}^{o} = 0.287 \text{ mm Hg y } P_{g2}^{o} = 21.61 \text{ mmHg}$$

$$P_t = (0.287) (0.63) + (21.61) (0.37) = 3.17 \text{ mmHg}$$

El punto de burbuja puede ser considerado como 74°F

Punto de rocío:

Considerando que tenemos una mezcla de gases ideales, entonces:

$$\bar{p} = P_{ty} = P^{\circ}x$$

$$y_{gl} = \frac{2.12}{4.33} = 0.49 \quad y_{ag} = \frac{1.27}{4.33} = 0.29 \quad y_{aire} = \frac{0.94}{4.33} = 0.22$$

$$y_{gl} = \frac{P_{gl}^{\circ} X_{gl}}{8} = 0.49 \quad y_{ag} = \frac{P_{ag}^{\circ} X_{ag}}{8} = 0.29$$

A la temperatura correcta:

$$X_{gl} + X_{ag} = 1$$

$$\frac{(0.49)(8)}{P_{gl}^{\circ}} + \frac{(0.29)(8)}{P_{ag}^{\circ}} = 1$$

$$A T = 295.13 \text{ }^{\circ}\text{F}: P_{gl}^{\circ} = 3.9203 \text{ mmHg.} \quad P_{ag}^{\circ} = 3219.46 \text{ mmHg}$$

$$\frac{3.92}{3.9203} + \frac{2.32}{3219.46} = 1$$

Por lo tanto, el rango de condensación es de 295°F a 74°F

La mezcla gaseosa sale del reactor a 428°F y a esta temperatura entra el condensador en donde se condensa completamente la mezcla de agua y glicerina, la cual sale en su punto de burbuja, 74°F.

Entonces el intercambiador funcionará como un eliminador de la entalpía de sobrecalentamiento y como condensador, donde la condensación se lleva a cabo a través de un gas incondensable, aire.

Esto implica que, a medida que la condensación se realiza, el porcentaje de gas no condensable aumenta y de esta manera sus propiedades tendrán cada vez mayor influencia sobre el coeficiente total de transferencia de calor, el cual, debido a ello, variará a lo largo del condensador.

Además, durante la condensación, la temperatura media logarítmica no necesariamente debe ser considerada la diferencia verdadera de temperaturas a causa del hecho, bastante factible de que ocurra, que aún cuando la temperatura del gas decline el 50% del rango total, sea falso que el 50% de la carga total de calor haya sido cedida.

La superficie es entonces definida por la ecuación fundamental.

$$A = \int \frac{dQ}{(U \Delta t)}$$

Debido a que en este caso no se dispone de todas las propiedades de la mezcla gaseosa aire-agua-glicerina, necesarias para

este cálculo, se hizo únicamente una estimación aproximada del tamaño del intercambiador, que será suficiente para un primer estudio económico del proyecto.

Un intercambiador puede usarse para gases a presión de vacío únicamente cuando se emplee una masa velocidad muy pequeña. Esto se debe a que la caída de presión permitida es pequeña, $\Delta P \leq 1 \text{ lb/plg}^2$. Lo que resulta en regímenes de transferencia muy bajos en servicios al vacío.

El método de cálculo que se utiliza es el desarrollado por Kern, D.Q. (Ref. 19), el cual considera el condensador dividido en dos zonas en serie, una para eliminar el calor latente y la otra para eliminar la entalpía de sobrecalentamiento.

$$C_{pm} = \frac{W_{ag} C_{pag} + W_{aire} C_{paire} + W_{gl} C_{pgl}}{W_{ag} + W_{aire} + W_{gl}}$$

$$C_{pm} = \frac{(22.8) (0.44) + 27.2 (0.24) + (194.94) (0.8)}{22.8 + 27.2 + 194.94}$$

$$C_{pm} = 0.704 \quad \text{Btu/lb}^\circ\text{F}$$

$$\text{Zona de calor sensible } q_d = 245 \text{ lb/hr} \times 0.704 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \times (428-295)^\circ\text{F}$$

$$q_d = 22,940 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{Zona de condensación } \lambda_{gl/74^{\circ}\text{F}} = 105.2 \text{ Btu/lb } \lambda_{\text{ag } 74^{\circ}\text{F}} = 1052.4 \text{ Btu/lb}$$

$$q_c = 245 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 0.704 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^{\circ}\text{F}} \times (295-74)^{\circ}\text{F} + 195 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 105.2 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} + 22.8 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 1052.4 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

$$q_c = 82627 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Q = 22,940 + 82627 = 105.567 \text{ Btu/hr}$$

Agua:

$$t_1 = 65^{\circ}\text{F} \quad t_2 = 95^{\circ}\text{F}$$

$$W \text{ agua} = \frac{105,567 \text{ Btu/hr}}{1 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^{\circ}\text{F}} \times 30^{\circ}\text{F}} = 3519 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$\theta_{\text{op}} = 2 \text{ hrs.}$$

$$W' = 3519 \times 2 = 7038 \text{ lbs/lote}$$

El cambio de temperatura del agua durante la condensación suponiendo un flujo a contracorriente será:

$$\Delta t_c (\text{agua}) = \frac{82627}{3519} = 23.48^{\circ}\text{F}$$

t balanceada:

Zona de calor sensible $(\Delta t) i$

| <u>FLUIDO CALIENTE</u> | | <u>FLUIDO FRIO</u> | <u>DIFS.</u> |
|------------------------|------------------|--------------------|--------------|
| 428 | Alta temperatura | 95 | 333 |
| 295 | Baja Temperatura | 88.48 | 206.52 |
| 133 | Diferencias | 6.52 | 126.48 |

$$\Delta t_d = \text{LMTD} = 264.74$$

$$\frac{q_d}{(\Delta t)_d} = \frac{22\,940}{264.74} = 86.65$$

Zona de Condensación $(\Delta t)_c$

Se supone $(\Delta t)_c = \text{LMTD}$

| <u>FLUIDO CALIENTE</u> | | <u>FLUIDO FRIO</u> | <u>DIF.</u> |
|------------------------|------------------|--------------------|-------------|
| 295 | Alta temperatura | 88.48 | 206.52 |
| 74 | Baja temperatura | 65.00 | 9 |
| 221 | Diferencias | 23.48 | 197.52 |

$$(\Delta t)_c = 63.04$$

$$\frac{q_c}{(\Delta t)_c} = \frac{82627}{63.04} = 1310.7$$

$$\Delta t \text{ balanceada} = \frac{Q}{\sum q/\Delta t} = \frac{105,567}{86.65 + 1310.7} = 75.55$$

La tecnología recomienda utilizar un coeficiente total de diseño de desobrecalentamiento de 10 Btu/hr ft²°F para una velocidad del agua en los tubos de 3-4 ft, una masa velocidad del gas pequeña, 10,000 lb/hr ft² aproximadamente, dentro de este rango de temperaturas (450-270°F)

$$A_d = \frac{q_d}{(U_d)_D (\Delta t)_d} = \frac{22940}{(10)(264.74)} = 8.67 \text{ ft}^2$$

De los datos proporcionados por la tecnología se estima que el coeficiente total de condensación al final del intercambiador es de 2 Btu/hr ft²°F para condensadores horizontales. El promedio logarítmico del coeficiente total es 4.97

$$A_c = \frac{q_c}{(U_c)_D (\Delta t)_c} = \frac{82627}{(4.97)(63.04)} = 263.72 \text{ ft}^2$$

Se estima que el vapor tiene una alta conductividad térmica cuando condensa en la pared y que no es necesario considerar el calor de subenfriar todo el condensado a la temperatura de salida.

$$A_{\text{total}} = A_d + A_c = 8.67 + 263.72 = 272.4 \text{ ft}^2$$

$$U_D = \frac{Q}{A \Delta t} = \frac{105,567}{(272.4)(75.55)} = 5.13 \frac{\text{Btu}}{\text{hr. ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

En la consideración de los coeficientes totales le transferencia se ha incluido un factor de seguridad del 20%.

Especificaciones:

| Fluido (lb/hr) | Lado de la coraza | Lado de los tubos |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| | Aire | 27.2 Agua (1) 3519 |
| | Agua (g) | 22.8 |
| | Glicerina (g) | 195.0 |
| Total | 245.0 | 3519 |
| Temperatura Entrada (°F) | 428 | 65 |
| Temperatura salida (°F) | 74 | 95 |
| Presión (Psig) | 0.315 | 50 |
| Caída de Pres. perm (psi) | 0.001 max. | 10 max. |
| Servicio: | Condensador | |
| Superficie/unidad | 272.4 ft ² | |
| Montaje: | Horizontal | |
| Factor de incrustación total | 0.003 | |
| Coefficiente de transferencia: | Servicio | |
| 5.13 But/hr ft ² °F | Calor intercamb (But/hr): 105,567 | |

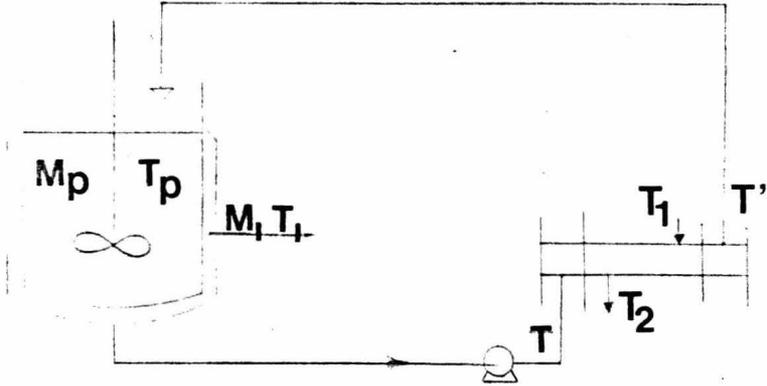
Materiales de construcción:

Tubos, coraza, tapa de coraza, cabezal, espejo, mamparas transversales y los soportes de los tubos de acero al carbón.

5).- ENFRIADOR

Se considera el arreglo de la figura que consiste de un reactor agitado y enchaquetado que contiene M_p libras de producto líquido y M_L libras de líquido término con sus respectivos calores específicos, C_p , C_L y temperaturas iniciales T_p , T_L . El medio enfriante no isotérmico, agua, tiene una

FIGURA No. 7



razón de flujo constante, w , al igual que el producto, W .
 Las temperaturas de entrada y salida para el producto y el agua, son T , T' y t_1 , t_2 respectivamente.
 Si Q' es el número total de Btu transferidos, entonces, el balance de calor diferencial queda dado por:

$$\frac{dQ}{d\theta} = M_P C_P \frac{d T_P}{d \theta} + M_L C_L \frac{dT_L}{d \theta} = W C_P (T - T') = W C (t_2 - t_1) = U A t$$

1er. Enfriamiento.-

$$T_{P2} = 428^\circ\text{F}$$

$$T_{P1} = 320^\circ\text{F}$$

$$T_{L2} = 560^\circ\text{F}$$

$$T_{L1} = 320^\circ\text{F}$$

M_p = Mat. primas-productos

$$M_p = (2.06) 2200 = 4532 \text{ lb}$$

Vchaqueta = 35 gals

$$\rho_L = 53.6 \text{ lb/ft}^3$$

$$M_L = 35 \text{ gal} \times \frac{1 \text{ ft}^3}{7.481 \text{ gal}} \times 53.6 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} = 250.8 \text{ lbs.}$$

$$C_p = 0.6 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \qquad C_L = 0.7 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$
$$\theta = 2 \text{ hrs.}$$

$$\frac{dQ'}{d\theta} = 4532 \text{ lb} \times 0.6 \frac{\text{Btu}}{\text{lb } ^\circ\text{F}} \times \frac{(428-320)^\circ\text{F}}{2 \text{ hrs}} + 250.8 \text{ Lbs} \times 0.7 \frac{\text{Btu}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$
$$\times \frac{(560-320)^\circ\text{F}}{2 \text{ hrs.}}$$

$$\frac{dQ'}{d\theta} = 167,904 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$W \text{ agua} = \frac{167,904}{30} = 5597 \text{ lb/hr} \qquad W'_{\text{ag}} = 5597 \times 2 = 11194 \text{ lb/lote}$$

2o. Enfriamiento.-

$$T_{p2} = 320 \text{ } ^\circ\text{F} \qquad M_p = 5153 \text{ lb}$$
$$T_{p1} = 194 \text{ } ^\circ\text{F} \qquad M_L = 250.8 \text{ lb}$$
$$T_{L2} = 320 \text{ } ^\circ\text{F} \qquad C_p = 0.6 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$
$$T_{L1} = 185 \text{ } ^\circ\text{F} \qquad C_L = 0.7 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$
$$\theta = 2.5 \text{ hrs.}$$

$$\frac{dQ'}{d\theta} = 5153 \times 0.6 \times \frac{(320-185)}{2.5} + 250.8 \times 0.7 \times \frac{(320-185)}{2.5}$$

$$\frac{dQ'}{d\theta} = 176,438 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

Por lo tanto se considera una carga calorífica de 180,000 Btu/hr. y las condiciones del segundo enfriamiento.

Debido a la falta de datos sobre las propiedades del producto final, se utiliza el coeficiente total de calor de diseño de 20 Btu/hr $^\circ\text{ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$ recomendado en la tecnología.

La bomba conectada al reactor se supone con una capacidad suficiente para circular 25,000 lb/hr de producto.

Se tienen los siguientes datos:

$$\begin{aligned}
 t_1 &= 65 \text{ }^\circ\text{F} & W &= 25,000 \text{ lb/hr} \\
 t_2 &= 95 \text{ }^\circ\text{F} & C_p &= 0.6 \text{ Btu/lb }^\circ\text{F} \\
 T &= 320 \text{ }^\circ\text{F} & c &= 1.0 \text{ Btu/lb }^\circ\text{F} \\
 Q &= 180,000 \text{ Btu/hr} & \theta_{ap} &= 2.5 \text{ hrs.}
 \end{aligned}$$

Gasto de Agua:

$$W = \frac{Q}{c \Delta t} = \frac{180,000}{30} = 6,000 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$W' = 6000 \times 2.5 = 15,000 \text{ lbs/lote}$$

Diferencia de temperatura de producto después de pasar por primera vez a través del enfriador.

$$\Delta t_p = \frac{Q}{C_p W} = \frac{180,000}{(0.6)(25,000)} = 12 \text{ }^\circ\text{F}$$

Para el primer ciclo tenemos:

| FLUIDO CALIENTE | | FLUIDO FRIO | DIF. |
|-----------------|------------------|-------------|------|
| 320 | Alta temperatura | 95 | 225 |
| 308 | Baja temperatura | 65 | 243 |
| 12 | Diferencias | 30 | 18 |

$$\text{LMTD} = 233.9$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{320 - 308}{95 - 65} = 0.4$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{95 - 65}{320 - 65} = 0.12$$

$$F_t = 1$$

$$\Delta t = \text{LMTD} \times F_t$$

$$\Delta t = 233.9$$

Ud recomendado en la tecnología : 20 Btu/hr ft² °F

$$A = \frac{Q}{U_d \Delta t} = \frac{180,000}{(20)(233.9)} = 38.48 \text{ ft}^2$$

Se toma un 20% adicional como factor de seguridad.

$$A_d = (38.48) (1.2) = 46.2 \text{ ft}^2$$

Especificaciones:

| | Lado de la coraza | Lado de los Tubos |
|--------------------------|----------------------|---------------------|
| Fluido (lb/hr) | Agua (l) 6,000 | Producto (l) 25,000 |
| Temp. ent. °F | 65 | 320 |
| Temp. Sal °F | 95 | 194 |
| Presión (psig) | 75 | 50 |
| Caida de pres.perm.(psi) | 10 max | 10 max |
| Servicio | enfriador | |
| Superficie/unidad | 46.2 ft ² | |

Montaje: Horizontal
Coef. de Transf.: Servicio 20 Btu/lb ft²°F
Factor de Incurst. total: 0.003
Calor intercam (But/hr): 160,533

Materiales de construcción:

Tubos, tapa de la coraza, cabezal, espejo: Acero inoxidable 316.

Coraza, mamparas transversales, soportes de tubos: Acero al carbón.

6).- BOMBA DE RECIRCULACION PARA EL ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO

Especificaciones:

Temperatura máxima de operacion: 430°F
Gasto en masa: 25,000 lb/hr
Gravedad específica: 0.95
Diferencia de presión: 25 psig.

$$W = \frac{Pd - Ps}{\rho} = \frac{144 \text{ in}^2/\text{ft}^2 \times 25 \text{ lb/in}^2}{59.28 \text{ lb/ft}^3} = 60.73 \frac{\text{lb-ft}}{\text{lbm}}$$

$$\eta = 0.7 \text{ (estimado)}$$

$$P = Ww = 60.73 \frac{\text{lb-ft}}{\text{lbm}} \times 25,000 \frac{\text{lbm}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{1 \text{ Hp}}{550 \text{ lb-ft/seg.}} \times 1$$

$$P = 1.1 \text{ bhp } P_{\text{dis.}} = 1.25 \times 1.1 = 1.38 \text{ bhp} \quad P = 1 \frac{1}{2} \text{ bhp}$$

$$Q = w/\rho = 25,000 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{\text{ft}^3}{59.28 \text{ lb}} \times \frac{1 \text{ Hr}}{60 \text{ min}} \times \frac{7.481 \text{ gal}}{1 \text{ ft}^3} = 52.6 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

Materiales de Construcción:

Carcaza e impulsor: Acero inoxidable

7).- BOMBA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.-

Especificaciones:

Temperatura máxima de operación : 110 °F
Gasto en masa : 6000 lb/hr
Densidad : 62.4 lb/ft³
Diferencias de presión : 30 lb/in²

$$W = \frac{144 \times 30}{62.4} = 70 \frac{\text{lb-ft}}{\text{lbm}}$$

$$P = Ww = 70 \times 6000 \times \frac{1}{3600} \times \frac{1}{550} \times \frac{1}{0.7} = 0.303 \text{ hp}$$

$$P_d = 1.25 \times 0.303 = 0.379 \text{ hp} \quad P_d = 1/2 \text{ hp}$$

$$Q = 6000 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{\text{ft}^3}{62.4 \text{ lb}} \times \frac{1 \text{ hr.}}{60 \text{ min}} \times 7.481 \frac{\text{gal}}{\text{ft}^3} = 12 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

Material de construcción:

Carcaza - hierro fundido

Impulsor - Bronce

8) .- TANQUE COLECTOR DE CONDENSADOS.-

Cantidad máxima de condensados:

| | | | |
|-----------|-----------|--------------------------|----------------------|
| Glicerina | 389.9 lbs | 78.62 lb/ft ³ | 4.96 ft ³ |
| Agua | 45.6 lbs | 62.4 " | 0.73 ft ³ |
| Total | 435.5 lbs | | 5.69 ft ³ |

$$\begin{aligned} V_{\text{diseño}} &= V_{\text{condensados}} + 25\% \\ &= 5.69 \text{ ft}^3 \times \frac{7.481 \text{ gal}}{1 \text{ ft}^3} \times 1.25 = 53.21 \text{ gal} \end{aligned}$$

Especificaciones:

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| Tipo | cilíndrico |
| Capacidad | 60 gals |
| Temperatura de operación (máxima) | 100 °F |
| Presión de operación | 8 mm Hg |
| Materiales de construcción: | Acero inox. 304 |

9) .- TANQUE DOSIFICADOR

Carga máxima = 880 lbs. Poliamina II

$$V = \frac{m}{\rho} = 880 \text{ lb} \times \frac{\text{ft}^3}{96.7 \text{ lb}} \times \frac{7.481 \text{ gal}}{1 \text{ ft}^3} = 68.1 \text{ gals.}$$

$$V_{\text{diseño}} = 1.25 V = 1.25 (68.1) = 85 \text{ gals.}$$

Especificaciones:

Tipo : cilíndrico
Capacidad: 800 gal
Temperatura de operación(max) 90 °F
Presión de operación : atmosférica
Material de construcción: acero al carbón.

11).- SISTEMA DE VACIO.-

Es recomendado por la tecnología utilizar para el vacío que se necesita alcanzar, un arreglo de tres eyectores en serie, con un intercondensador barométrico cuyos requerimientos de vapor y agua estimados por la misma tecnología son de 700 lb de vapor/hr a P=130 psig y 30 GPM de agua de enfriamiento para sistemas cuyo volumen no exceda de 75 ft³ y la capacidad total en la succión del eyector, que es la suma de las cantidades esperadas de flujo de condensables y no condensables, no sea mayor de 35 lb/hr.

Se estima que el sistema particular con el que estamos tratando no tendrá un volumen superior a los 65 ft³. Se considera por medio de las figs. 6-21 y 6-22 y la tabla 6-5 del Ludwig ref (21) que las fugas de aire, los no condensables y el aire liberados por el proceso más los vapores condensables saturando los no-condensables no excederán de 28 lb/hr. Si por cada lote el sistema funcionará un máximo de 10 horas, el consumo de agua y vapor por lote será:

$$W'_{\text{vap.}} = 700 \times 10 = 7000 \text{ lb/lote}$$

$$W'_{\text{ag}} = 30/7.481 \times 62.4 \times 10 = 2502.3 \text{ lb/lote}$$

12).- CALDERA

Vapor total requerido: 700 lb/hr , 130 psig

$$Q = 700 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 1 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}} (212-60)^\circ\text{F} + 700 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 970.3 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} + 700 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 46 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \\ \times (354-212)^\circ\text{F} = 831334 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Q_D = (831334) (1.15) = 956034 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \times .252 \frac{\text{Kcal}}{\text{Btu}} = 240921 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Se considera que la capacidad de la caldera no será mayor de 250,000 Kcal/hr

$$\text{Poder calorífico del diesel} = 19610 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

$$\text{Consumo de Diesel} = \frac{Q \text{ requerida}}{\text{poder calorif.}} = 50.6 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

Θ op.max = 10 hrs/lote .

$$W' = 50.6 \times 10 = 506 \text{ lb/lote}$$

13).- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL

Consumo de diesel:

$$q = w/p = 50.6 \frac{\text{ft}^3}{51.17} = 0.99 \frac{\text{ft}^3}{\text{hr}}$$

Tiempo máximo de calentamiento que se considerará: 4.3 hrs/día
10 hrs/lote

$$q = 0.99 \times 4.3 = 4.26 \text{ ft}^3/\text{día}$$

$$\text{Capacidad de operación} = 4.26 \text{ ft}^3/\text{día} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} = 127.7 \frac{\text{ft}^3}{\text{mes}}$$

F).- LOCALIZACION DE LA PLANTA

En los países altamente desarrollados, la concentración industrial es un problema que cada día adquiere mayor importancia y en México, donde su industria está en pleno crecimiento, este problema ha surgido específicamente en la zona del Valle de México.

Es por ello que se hace necesario que los empresarios piensen en una planeación en la cual la industria se asiente y crezca en nuevos polos de desarrollo económico.

Sin embargo, en el caso que nos ocupa, se piensa que es el Valle de México donde la nueva planta debe localizarse principalmente por:

1. Su poca magnitud
2. El mercado en el cual piensa desarrollarse es fundamentalmente el de pinturas y el de la construcción, los cuales básicamente se encuentran en esta región.
3. Los insumos, como el agua, hoy en día escasos en la zona no son grandes.
4. Por su naturaleza la empresa no es contaminante pues sus residuos no son considerados perjudiciales.

Es por ello que los resultados de este estudio serían afectados grandemente si la localización no es la propuesta.

Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que en el futuro, las ampliaciones de la compañía se localicen en los nuevos centros de desarrollo.

VI.- EVALUACION ECONOMICA.-

El capital de inversión fija que junto con el capital de trabajo forman el capital total de inversión, puede ser definido como el costo total de las instalaciones del proceso, edificios, servicios auxiliares e ingeniería involucrada en la creación de la nueva planta.

En la determinación de los precios del equipo básico que requiere el proyecto, se constaran las referencias 4 y 33 y a los siguientes proveedores:

MISCO, S. A.

EQUIPOS INOXIDABLES, S. DE RL.

NOTHOLT INDUSTRIAL, S. A.

RELIANCE DE MEXICO, S. A.

Los precios obtenidos a través de proveedores, son para equipo de características muy similares al necesario para este estudio. Aunque en algunos de ellos el precio no corresponde a la capacidad del equipo necesitado. Debido a esto, se aplicó una corrección al precio proporcionado por medio de la siguiente relación:

$$Eb = Ea \left(\frac{Cb}{Ca} \right)^X$$

donde: Ca = Capacidad de equipo a

Cb = Capacidad del equipo b

Ea = Costo del equipo a

Eb = Costo del equipo b

X = Exponente costo capacidad, generalmente menor de uno. Para equipo en general su valor promedio es de seis décimos.

a).- INVERSION FIJA.- (Proveedores y refs. 4 y 33)

| <u>EQUIPO</u> | <u>PRECIO</u> | <u>OBSERVACIONES</u> |
|--------------------------------|---------------|----------------------------|
| Reactor | \$165,000.00 | 3,000 lts A.I. 316 |
| Calentador | 94,000.00 | 100,000 Kcal/hr. |
| Bomba Líq. Térm. | 32,000.00 | 74 GPM 80.5 ft |
| Tanque de Expansión | 4,000.00 | 90 Gal. Fe. |
| Tanque de Almacena- miento. | 6,000.00 | 300 gal. Fe. |
| Motor agitador | 14,000.00 | 12.5 hp Prueba expl. |
| Agitador | 37,000.00 | Flecha Ac. Inox. |
| Condensador | 100,000.00 | 272.4 ft ² A.C. |
| Enfriador | 23,000.00 | 46.2 ft ² A.I. |
| Bomba recirculación | 17,000.00 | 53 GPM 61 ft |
| Bomba agua enfria-- miento | 12,000.00 | 12 GPM 70ft |
| Tanque condensados | 17,000.00 | 60 gals A.I. |
| Tanque dosificador | 5,000.00 | 85 gals. A.I. |
| Tanque Diesel I | 9,000.00 | 800 gals. Ac. C. |
| Sistema Vacío | 95,000.00 | 3 etapas e Interc. |
| Caldera | 140,000.00 | 250,000 Kcal/hr |
| Tanque diesel II | 12,000.00 | 1200 Gals Ac. C. |
| Bomba reactivos | 13,000.00 | 4.6 GPM 45 ft |
| Planta, tratamiento aguas. | 100,000.00 | |
| | | |
| Costo Total del equipo. | 895,000.00 | |

| | | |
|------------------------------------|------------------|-------------------|
| 1.-Costo del equipo | 895,000 | |
| 2.-Tubería, válvulas y accesorios. | 313,250 | 35% costo equipo |
| 3.-Instrumentación | 152,150 | 17% costo equipo |
| 4.-Equipo y material eléctrico. | 179,000 | 20% costo equipo |
| 5.-Aislamiento | 44,750 | 5% costo equipo |
| Subtotal I | 1,584,150 | |
| 6.-Instalación mecánica | 302,062 | 25% de 1 y 2 |
| 7.-Instalación eléctrica | 71,600 | 40% de 4 |
| Subtotal II | 373,662 | |
| 8.-Equipo laboratorio | 75,000 | Estimado |
| 9.-Equipo Auxiliar | 200,000 | " |
| 10.-Equipo seguridad | 30,000 | " |
| 11.-Taller de mantenimiento | 50,000 | " |
| Subtotal III | 355,000 | |
| 12.-Terreno y acondicionamiento. | 150,000 | Estimado |
| 13.-Obra Civil | <u>1,000,000</u> | " |
| Costo físico de la planta | 3,462,812 | |
| 14.-Ingeniería | 225,083 | 6.5% costo físico |
| Costo directo de Planta | 3,687,895 | |
| Contingencias | <u>405,669</u> | 11% costo directo |
| Capital Fijo | 4,093,564 | |

b).- COSTO DE PRODUCCION.-

Con el fin de poder determinar posteriormente la relación entre la capacidad de producción y la rentabilidad de la inversión, enseguida se calcula el costo de producción para la manufactura de 100, 200 y 300 tons/año.

1.- Materia Prima.-

Los precios utilizados fueron obtenidos de las cotizaciones proporcionadas por las siguientes empresas:

Aceites Polimerizados, S.A.

Union Carbide Mexicana, S.A.

Distribuidora Shell, S.A.

Casa Chemicals Limited

Petroleos Mexicanos

Celanese Mexicana, S.A.

| <u>MATERIA PRIMA</u> | <u>CONSUMO</u> <u>KG/KG POL.</u> | <u>PRECIO</u> <u>\$/KG.</u> | <u>CONSUMO</u> <u>KG/Ton POL</u> | <u>COSTO</u> <u>\$/TON.POL.</u> |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Ac. Linaza | 0.493 | 15.60 | 493 | 7,690.80 |
| Poliamina I | 0.137 | 44.47 | 137 | 6,092.39 |
| Poliamina II | 0.124 | 30.30 | 124 | 3,757.20 |
| Metil celosolve | 0.335 | 14.00 | 335 | 4,690.00 |
| Otros | 0.025 | 30.63 | 25 | <u>765.75</u> |
| | | | | \$22,996.14 |

2.- Servicios.-

| | <u>CONSUMO/TON.POL.</u> | <u>PRECIO UNITARIO</u> | <u>TOTAL</u> |
|----------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| Diesel | 202 lt/ton. | \$0.63/lt | 127.26 |
| Agua Proceso | 7.2 M ³ /ton. | 2/m ³ | 14.40 |
| Agua Doméstica | 2 m ³ /ton. | 1/m ³ | 2.00 |

| | | | |
|-----------------|---------------|------------|--------------|
| Vapor | 1.41 tons/ton | \$30/ton. | 42.30 |
| Electricidad | 360 Kw-hr/ton | 0.25/Kw-hr | 90.00 |
| Líquido térmico | 3.17 lt/ton. | 7.58/lt | <u>24.03</u> |
| | | | 299.99 |

3.- Mano de Obra Directa

Para los efectos de este estudio se consideró un salario de \$175.00/día para el operador y de \$125.00/día para el ayudante. Dentro de esta cifra está incluido el pago que la empresa realiza por concepto de Seguro Social, Impuesto sobre Ingresos, Infonavit, ayuda de comedor y transporte, etc.

Lo anterior es una estimación adecuada, si se considera que el salario mínimo en la zona 3 del Valle de México, que es la correspondiente a regiones con poco desarrollo, es actualmente de \$67.00 diarios (Diario Oficial). El cálculo se realizó en base a un año de 13 meses, considerando el pago de un mes de gratificación. Para 100 toneladas anuales, se estima que la producción necesitará de un turno de trabajo.

| <u>Personal</u> | <u>Número</u> | <u>\$/día</u> | <u>\$/año</u> |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| Operador | 1 | 175 | 69,125 |
| Ayudante | 2 | 125 | <u>98,750</u> |
| | | | 167,875 |

Para 200 toneladas se requerirán 2 turnos..

| | | | |
|----------|---|-----|----------------|
| Operador | 2 | 175 | 138,250 |
| Ayudante | 3 | 125 | <u>148,125</u> |
| | | | 286,375 |

Para 300 toneladas se necesitarán 3 turnos:

| | | | |
|----------|---|-----|----------------|
| Operador | 3 | 175 | 207,375 |
| Ayudante | 3 | 125 | <u>148,125</u> |
| | | | 355,500 |

4.- Supervisión.-

La estimación para 300 toneladas es la siguiente:
(Año = 13 meses)

| <u>Personal</u> | <u>Número</u> | <u>\$/mes</u> | <u>\$/Año</u> |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| Gerente Planta | 1 | 15,000 | 195,000 |
| Jefe Laboratorio. | 1 | 8,000 | 104,000 |
| Jefe Turno | 2 | 6,000 | 156,000 |
| Almacenista | 1 | 5,000 | 65,000 |
| Mecánico | 1 | 3,500 | 45,500 |
| Eléctrico | 1 | 3,500 | 45,500 |
| Secretaria | 1 | 4,000 | 52,000 |
| Ayudante Almacén. | 1 | 3,000 | 39,000 |
| Velador | 1 | 2,500 | <u>32,500</u> |
| | | | 734,500 |

Para una producción de 200 tons. se considera que se utilizará en supervisión el mismo personal menos un jefe de turno. Excepto el ayudante de almacén y el jefe de turno se estima que este último personal será necesario para la producción de 100 tons/año.

Los costos de producción para los 3 casos serán:

| <u>CAPACIDAD</u> | <u>100 TONS</u> | <u>200 TONS</u> | <u>300 TONS</u> |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Materias Primas | 2,300,000 | 4,600,000 | 6,900,000 |
| Servicios | 30,000 | 60,000 | 90,000 |
| Mano de Obra | 167,900 | 286,400 | 355,500 |
| Supervisión | <u>539,500</u> | <u>656,500</u> | <u>734,500</u> |
| Costo Producción | 3,037,400 | 5,602,900 | 8,080,000 |

c).- CAPITAL DE TRABAJO.-

El dinero necesario para las operaciones normales de la empresa puede ser definido como capital de trabajo. Para la determinación de la curva de sensibilidad de precio el capital de trabajo y los gastos generales son calculados para distintos precios de venta. Los cálculos que se presentan enseguida, tanto para el capital de trabajo como para los gastos generales, son realizados para el precio promedio actual de las poliamidas producidas en México, que es de \$45.00/Kg.

El resto de los cálculos son sintetizados en la sección e) de este capítulo.

| <u>CAPACIDAD</u> | <u>100</u> | <u>200</u> | <u>300</u> |
|---|------------|------------|------------|
| Inventario Materias Primas (1 mes de producción) | 191,667 | 383,334 | 575,000 |
| Producto terminado (1 mes prod.al costo de manufactura) | 253,117 | 466,908 | 673,333 |
| Cuentas por cobrar (1.5 mes de ventas) | 562,500 | 1,125,000 | 1,687,500 |
| Caja y Bancos (1.5% sobre Ventas) | 67,500 | 135,000 | 202,500 |
| Capital de Trabajo | 1,074,784 | 2,110,242 | 3,138,333 |

d).- GASTOS GENERALES

Los diversos gastos realizados por las funciones de la compañía, que no son una erogación que sea función directa de la producción, son agrupados en la clasificación denominada gastos generales.

| <u>Capacidad</u> | <u>100</u> | <u>200</u> | <u>300</u> |
|--|------------|------------|------------|
| Gastos de Distribución (1% sobre ventas) | 45,000 | 90,000 | 135,000 |
| De Ventas (3% Ventas) | 135,000 | 270,000 | 405,000 |
| De Administración (3% Ventas) | 135,000 | 270,000 | 405,000 |
| Regalías (2% Ventas) | 90,000 | 180,000 | 270,000 |
| Financiamiento (2,000,00 MN al 12% anual) | 240,000 | 240,000 | 240,000 |
| Gastos Generales | 645,000 | 1,050,000 | 1,455,000 |

e).- MODELO DE RESULTADOS

La depreciación es determinada por el método de la línea recta suponiendo el término de los años de vida útil del equipo un valor de rescate de cero.

| | <u>Valor</u> | <u>Costo anual</u> |
|----------------------------------|--------------|--------------------|
| Equipo de Proceso (a 10 años) | 2,312,812 | 231,281 |
| Edificios (a 33 años) | 1,000,00 | <u>30,000</u> |
| Depreciación | | 261,281 |
| Ingeniería (a 20 años) | 225,083 | 11,254 |
| Contingencias (a 20 años) | 405,669 | <u>20,284</u> |
| Amortización | | 31,538 |

Modelo de Resultados para un precio de venta de \$45.00/Kg.

| <u>Capacidad</u> | <u>100</u> | <u>200</u> | <u>300</u> |
|-----------------------------------|----------------|------------------|------------------|
| Inversión Fija | 4,093,564 | 4,093,564 | 4,093,564 |
| Capital de trabajo | 1,074,484 | 2,110,242 | 3,138,333 |
| Inversión Total | 5,168,348 | 6,203,806 | 7,231,897 |
| Ventas Netas Totales | 4,500,000 | 9,000,000 | 13,500,000 |
| Costo Producción | 3,037,400 | 5,602,900 | 8,080,000 |
| Gastos Generales | <u>645,000</u> | <u>1,050,000</u> | <u>1,455,000</u> |
| Utilidad Bruta | 817,600 | 2,347,100 | 3,965,000 |
| Deprec. y Amort. | <u>292,819</u> | <u>292,819</u> | <u>292,819</u> |
| Utilidad antes Imp. | 524,781 | 2,054,281 | 3,672,181 |
| Reparto utilidades e impuestos | <u>262,391</u> | <u>1,027,141</u> | <u>1,836,091</u> |
| Utilidad Neta | 262,390 | 1,027,140 | 1,836,090 |
| % R.O.I. | 5.1 | 16.6 | 25.4 |

Estado de Resultados para un precio de venta de \$40.00/Kg.

| | | | |
|------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Inversión Fija | 4,093,564 | 4,093,564 | 4,093,564 |
| Capital de trabajo | <u>1,004,784</u> | <u>1,970,242</u> | <u>2,928,333</u> |
| Inversión Total | 5,098,348 | 6,063,806 | 7,021,897 |
| Ventas Netas Totales | 4,000,000 | 8,000,000 | 12,000,000 |
| Costo Producción | 3,037,400 | 5,602,900 | 8,080,000 |
| Gastos Generales | <u>600,000</u> | <u>960,000</u> | <u>1,320,000</u> |
| Utilidad Bruta | 362,600 | 1,437,100 | 2,600,000 |
| Deprec. y Amort. | <u>292,819</u> | <u>292,819</u> | <u>292,819</u> |
| Utilidad antes Imp. | 69,781 | 1,144,281 | 2,307,181 |
| Rep. Utilidades e Imp. | <u>34,891</u> | <u>572,141</u> | <u>1,153,591</u> |
| Utilidad Neta | 34,890 | 572,140 | 1,153,590 |
| % R.O.I. | 0.7 | 9.4 | 16.4 |

Estado de Resultados para un precio de Venta de \$35.00/Kg.

| <u>Capacidad</u> | <u>100</u> | <u>200</u> | <u>300</u> |
|----------------------|----------------|----------------|------------------|
| Inversión Fija | 4,093,564 | 4,093,564 | 4,093,564 |
| Capital de Trabajo | 934,784 | 1,830,242 | 2,718,333 |
| Inversión Total | 5,028,348 | 5,923,806 | 6,811,897 |
| Ventas Netas totales | 3,500,000 | 7,000,000 | 10,500,000 |
| Costo producción | 3,037,400 | 5,602,900 | 8,080,000 |
| Gastos generales | <u>555,000</u> | <u>870,000</u> | <u>1,185,000</u> |
| Utilidad Bruta | (92,400) | 527,100 | 1,235,000 |
| Deprec. y Amort. | 292,819 | 292,819 | 292,819 |
| Utilidad antes Imp. | (385,219) | 234,281 | 942,181 |
| Reparto Util. e Imp. | <u>- -</u> | <u>117,141</u> | <u>471,091</u> |
| Utilidad Neta | (385,219) | 117,140 | 471,090 |
| % R.O.I. | (7.7) | 2.0 | 6.9 |

Sensibilidad de Precios

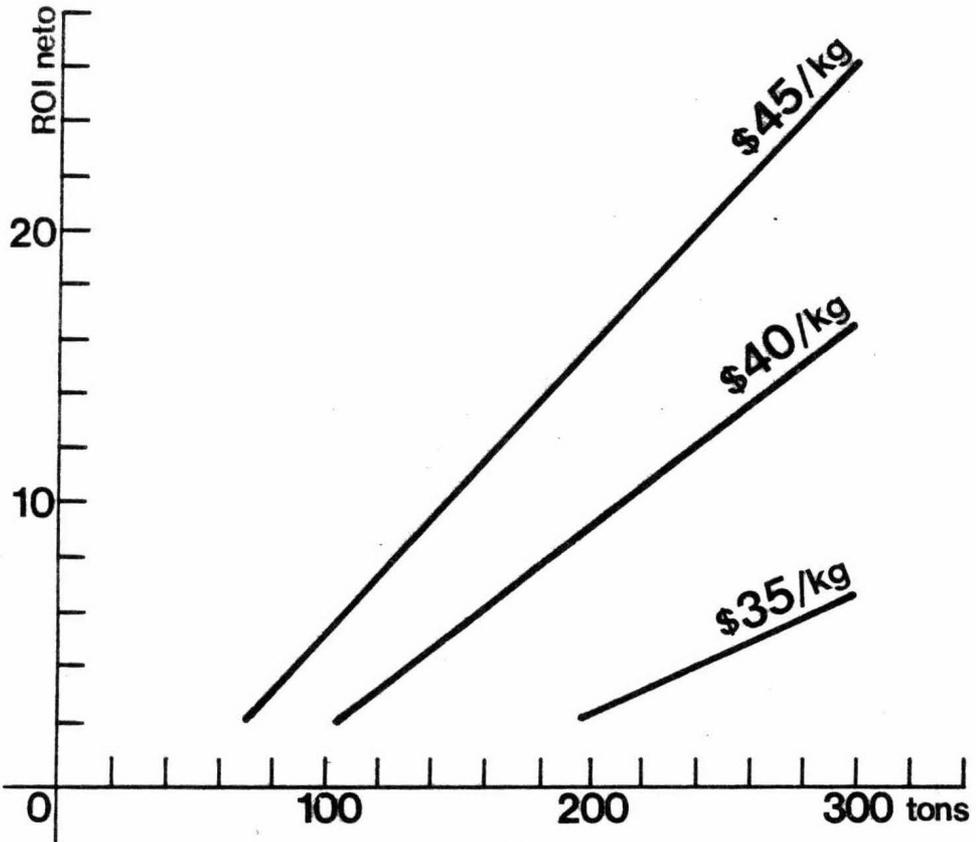


FIG 8

f).- FLUJO DE CAJA DESCONTADO¹ (DCF)

| AÑO | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | TOTAL | PROMEDIO |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|
| Capacidad | 170 | 195 | 224 | 259 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | | |
| 1.-Inversión Fija Total | 4,093 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4,093 | |
| 2.-Efectivo | 115 | 17 | 19 | 24 | 28 | - | - | - | - | - | 203 | |
| 3.-Cuentas por Cobrar | 956 | 141 | 163 | 197 | 231 | - | - | - | - | - | 1,688 | |
| 4.-Inventario | 735 | 96 | 124 | 135 | 158 | - | - | - | - | - | 1,248 | |
| 5.-Capital de Trabajo | 1,806 | 254 | 306 | 356 | 417 | - | - | - | - | - | 3,139 | |
| 6.-Inversión Total | 5,899 | 254 | 306 | 356 | 417 | - | - | - | - | - | 7,232 | 6,872 |
| 7.-Ventas | 7,650 | 8,775 | 10,080 | 11,655 | 13,500 | 13,500 | 13,500 | 13,500 | 13,500 | 13,500 | 119,160 | 11,916 |
| 8.-Costo Producción | 4,904 | 5,486 | 6,309 | 7,125 | 8,080 | 8,080 | 8,080 | 8,080 | 8,080 | 8,080 | 72,304 | 7,230 |
| 9.-Gasto Distribución | 77 | 88 | 101 | 117 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 1,193 | |
| 10.-Gastos Ventas | 229 | 263 | 302 | 350 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 3,574 | |
| 11.-Gastos Admon. | 230 | 263 | 302 | 350 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 3,575 | |
| 12.-Gasto Financiamiento | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | | | | | | 1,200 | |
| 13.-Regalías | 153 | 176 | 202 | 233 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 2,384 | |
| 14.-Costo Operación Total | 5,833 | 6,516 | 7,456 | 8,415 | 9,535 | 9,295 | 9,295 | 9,295 | 9,295 | 9,295 | 84,230 | 8,423 |
| 15.-Utilidad Bruta | 1,817 | 2,259 | 2,624 | 3,240 | 3,965 | 4,205 | 4,205 | 4,205 | 4,205 | 4,205 | 34,930 | |
| 16.-Depreciación y Amort. | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 | 293 | 2,930 | |
| 17.-Utilidad antes Imptos. | 1,524 | 1,966 | 2,331 | 2,947 | 3,672 | 3,912 | 3,912 | 3,912 | 3,912 | 3,912 | 32,000 | |
| 18.-Impuestos | 640 | 826 | 979 | 1,238 | 1,542 | 1,643 | 1,643 | 1,643 | 1,643 | 1,643 | 13,440 | |
| 19.-Reparto de Utilidades | 122 | 157 | 186 | 236 | 294 | 313 | 313 | 313 | 313 | 313 | 2,560 | |
| 20.-Utilidad después Imptos | 762 | 983 | 1,166 | 1,473 | 1,836 | 1,956 | 1,956 | 1,956 | 1,956 | 1,956 | 16,000 | 1,600 |
| 21.-Ingreso efectivo anual | 1,055 | 1,276 | 1,459 | 1,706 | 2,129 | 2,249 | 2,249 | 2,249 | 2,249 | 2,249 | 18,930 | 1,893 |
| 22.-Flujo efectivo anual | 4,844 | 1,022 | 1,153 | 1,410 | 1,712 | 2,249 | 2,249 | 2,249 | 2,249 | 2,249 | 11,637 | 1,163 |
| 23.-Factores descontado 10% | 1,000 | .909 | .826 | .751 | .683 | .621 | .564 | .513 | .467 | .424 | | |
| 24.-Valor presente anual | 4,844 | 929 | 952 | 1,059 | 1,169 | 1,397 | 1,268 | 1,154 | 1,050 | 954 | | |
| 25.-Valor presente acumulativo | (4,844) | (3,915) | (2,963) | (1,094) | (735) | 662 | 1,930 | 3,084 | 4,134 | 5,088 | | |

1).- Las cantidades están en miles de pesos.

Para determinar el valor real de la rentabilidad del proyecto hay que encontrar la tasa interés que iguale el valor presente del proyecto a cero.

La determinación se hará graficando el valor presente contra la tasa de interés.

| AÑO | FLUJO EFECTIVO ANUAL | DESCUENTO 10% | | DESCUENTO 20% | | DESCUENTO 30% | |
|-----------------|----------------------|---------------|----------|---------------|-----------|---------------|----------|
| | | FACTOR | CANTIDAD | FACTOR | CANTIDAD. | FACTOR | CANTIDAD |
| 77 | (4,844) | 1.000 | (4,844) | 1.000 | (4,844) | 1.000 | (4,844) |
| 78 | 1,022 | .909 | 929 | .833 | 851 | .769 | 786 |
| 79 | 1,153 | .826 | 952 | .694 | 800 | .592 | 683 |
| 80 | 1,410 | .751 | 1,059 | .579 | 816 | .455 | 642 |
| 81 | 1,712 | .683 | 1,169 | .482 | 825 | .350 | 599 |
| 82 | 2,249 | .621 | 1,397 | .402 | 904 | .269 | 605 |
| 83 | 2,249 | .564 | 1,268 | .335 | 753 | .207 | 466 |
| 84 | 2,249 | .513 | 1,154 | .279 | 627 | .159 | 358 |
| 85 | 2,249 | .467 | 1,050 | .233 | 524 | .123 | 277 |
| 86 | 2,249 | .424 | 954 | .194 | 436 | .094 | 211 |
| Valor Presente. | 11,698 | | 5,088 | | 1,692 | | (217) |

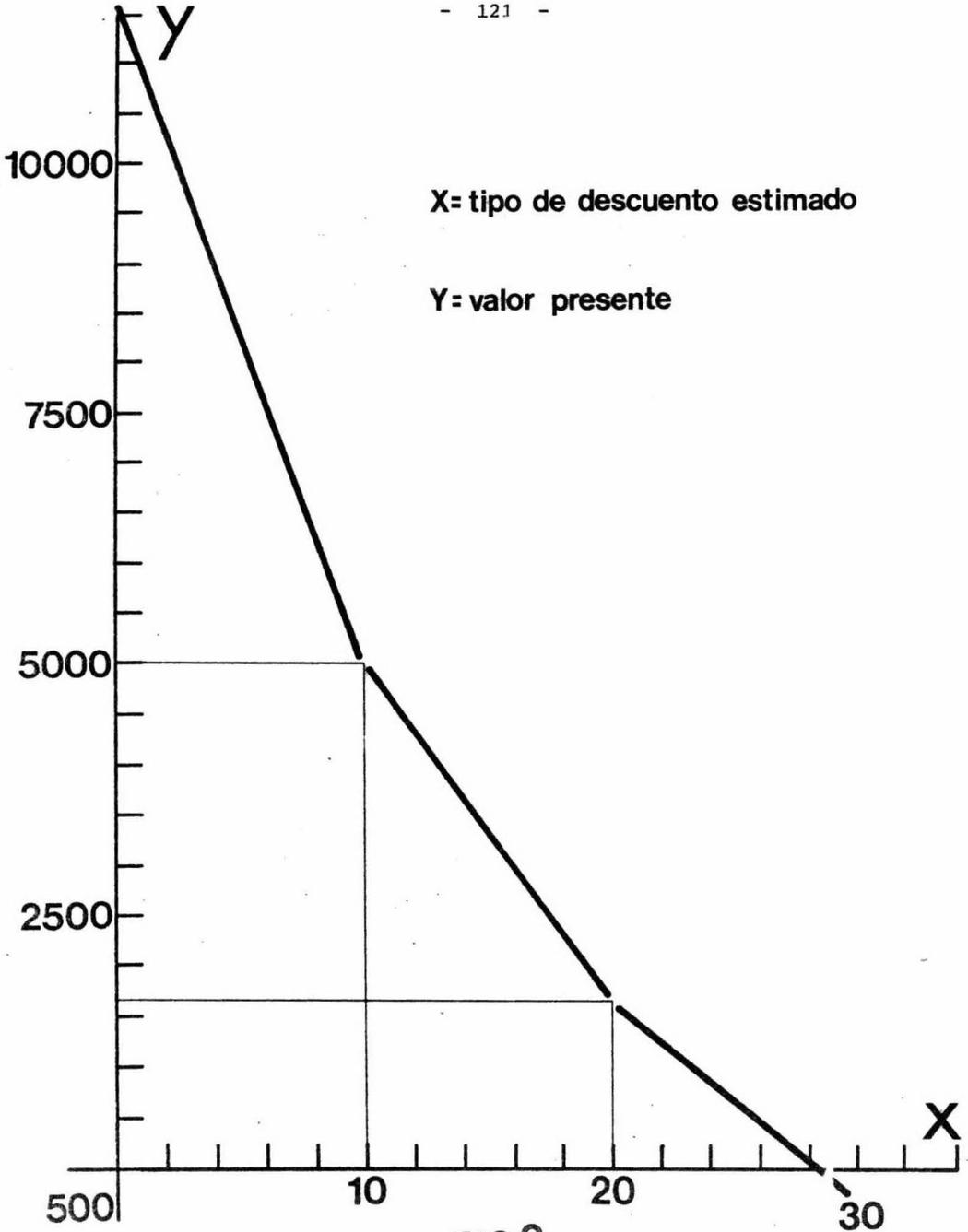


FIG 9

VII.- CONSIDERACION FINAL.-

a).- RESUMEN.-

Las resinas poliamida se pueden clasificar en Nylons, resinas poliamidas reactivas y resinas poliamida no reactivas.

Las resinas poliamida reactivas (RPR) son producidas a partir de aminas polifuncionales y del ácido dimérico, el cual es un ácido dicarboxílico de alto peso molecular obtenido a partir de aceites de cadena larga y ramificada (Tall oils) sebos y aceites vegetales.

Debido a la simplicidad del proceso de manufactura - su producción puede ser llevada a cabo en reactores multifuncionales.

Los campos de aplicación de las poliamidas reactivas son principalmente, los recubrimientos de superficie, los adhesivos y las formulaciones de moldeo.

Hasta la fecha solo existe un único productor en México de este tipo de resinas.

La variedad de las RPR es amplia y sus precios actualmente oscilan entre 45 y 50 pesos/Kgs. en el mercado doméstico.

Este estudio enfoca la producción de un tipo especial y nuevo de las RPR que no es fabricado en México, la poliamida soluble en agua (PSA).

La ventaja principal de este producto radica en que además de mantener excelentemente las propiedades de las RPR al ser formulado con las resinas epoxi y agua, el hecho de poder utilizar como disolvente al agua hace su uso notablemente económico, además de que evita el efecto tóxico que los disolventes producen.

En base al estudio de mercado realizado, se consideró una capacidad de diseño máxima para 1981 de 300 toneladas anuales.

La inversión fija estimada es de \$4,093,000 y un -- Capital de trabajo total de \$ 3,139.000

Se piensa utilizar un financiamiento de \$ 2,000,000.00 pagables en 5 años a un interés del 12% anual.

El proyecto iniciaría operaciones en 1977 con una - capacidad de producción de 170 Tons/año.

La recuperación del capital se estima en 5.5 años.

Se obtuvo la gráfica de sensibilidad del proyecto, de los cálculos a valor presente del retorno sobre la inversión, cuando es aplicado al proyecto distintas tasas de - descuento durante un período de 10 años.

Por medio de esta gráfica se estima que el proyecto tiene una máxima sensibilidad al aplicarse una tasa de descounto aproximada del 28% anual.

b).- CONCLUSIONES.-

- 1.- Debido al dinámico desarrollo industrial que el país ha venido sosteniendo, resulta necesario que se incor-

pore nuevas tecnologías que permitan el desarrollo de mejores productos que la economía nacional requiere.

Tal es el caso de las Poliamidas solubles en agua, mediante las cuales se abatirán los costos y se lograrán importantes mejoras en lo concerniente a calidad y peligros en sus manejos.

2.- De acuerdo al estudio de Mercado realizado se ha considerado que la capacidad de arranque será de 170 -- toneladas y de acuerdo a un crecimiento anual promedio del orden del 15% se observa que para el año de 1981 el Mercado se habría propiamente duplicado alcanzando la cifra de 300 toneladas que es la capacidad de diseño que para este estudio ha sido considerado.

Handwritten notes: 170, 3, 147, 2, 141, 94, 2000, 10.3%, duplicado, 125

3.- De acuerdo al estudio y al análisis de los procesos disponibles para la fabricación de estos productos, se observó que no resultan ser de elevada sofisticación y que las materias primas utilizadas se encuentran con facilidad con diversos proveedores, lo que indica que el proyecto no estará sujeto a riesgos previsibles en lo concerniente a tecnologías.

Handwritten notes: este, no, SF

4.- La inversión promedio de este proyecto es de ----- \$6,872,000.- que producirán \$11,916,000.- promedio -- anuales, dando un ingreso promedio de \$1,887,000.-

que implica que la inversión total realizada será recuperada en 5 años y medio.

Del análisis de las cifras presentadas se observa que la rentabilidad promedio del proyecto es de 23.3% considerando una vida de 10 años.

De los resultados obtenidos del análisis realizado y de acuerdo a las consideraciones que han sido previamente establecidas se concluye que este anteproyecto resulta ser de interés, dada su viabilidad económica así como su importancia que tendrá al incorporar un proceso más, dentro de la gran Industria Mexicana, la cual se verá en proporción, fortalecida con este nuevo desarrollo.

c).- RECOMENDACIONES.-

Tal y como se ha venido citando a lo largo de este estudio y del análisis de los resultados obtenidos, se observó que este proyecto deberá ser sometido a un estudio más exhaustivo y que requerirá de la aplicación de recursos económicos para profundizar en lo referente a la Ingeniería y muy en especial a la posible obsolescencia tecnológica que por desarrollarse en otros países pudieran incrementar el riesgo que toda nueva industria tiene que superar.

Lo anterior no ha sido parte del alcance de esta Tesis, sin embargo el llevar a cabo la construcción física de este proyecto deberá ser respaldada con un completo y detallado estudio.

VIII.- BIBLIOGRAFIA

1. Anuario de la Economía Mexicana
Grupo Editorial Expansión (1975)
2. Anuario de la Industria Química Mexicana
Asociación Nacional de la Industria Química (1975)
3. Anuario General de Importaciones
Secretaría de Industria y Comercio
Años: 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975
4. Aries R. S. and Newton R. D.
Chemical Engineering Cost Estimation
McGraw Hill Book Company, Inc., New York (1955)
5. "Casting Process"
Plastics World (Abril 1964)
6. "Cast Slipper"
Plastics World (Enero 1963)
7. Chemical Economics Handboo
Standford Research Institute, Menlo Park
California (1975)
8. "Cost Cutting Rollers"
Plastics World (Febrero 1965)
9. Desarrollo y Perspectivas del Sector Secundario de la
Industria Petroquímica.
Instituto Mexicano del Petroleo. Subdirección de Estudios
Económicos y Planeación Industrial (1973).
10. Encyclopedia of Science and Technology
Vol. 10 McGraw-Hill Book Co., New York (1971)
11. Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe
Crane Engineering Division.
12. Floyd, D. E.
Polyamide Resins
Secunda Edición Reinhold Publishing Corp., New York (1966)
13. Guía de la Industria Química y Manufacturas
Editorial Cosmos (1975)

14. "Helmet Protection Plus"
Plastics World (Abril 1962)
15. "High Performance Hot-Melt Adhesives"
Adhesives Age (Agosto 1972 página 39-41)
16. "Hot Market for Hot-Melts"
Chemical Engineering
(Abril 2, 1973, páginas 30-32)
17. "Hot Melt Adhesives are taking strong growth Track"
Chemical Marketing Reporter
Marzo 5, 1973 páginas 5-20)
18. "Ice-Free Roads, with Polyamides/Epoxi"
Modern Plastics (Nov. 1965)
19. Kern, D. Q.
Procesos de Transferencia de Calor
Editorial Continental, S.A., México (1973)
20. Kirk, H. J. & Othmer, K. C.
Encyclopedia of Chemical Technology
Vol. 16 Interscience Publishers, New York (1968)
21. Ludwig, E. E.
Applied Process Design for Chemical and Petrochemical
Plants. Vol. I y III
Gulf Publishing Co., Houston (1954)
22. Morrison, R. T. and Boyd, R. H.
Organic Chemistry
Allyn and Bacon, Inc., Boston (1962)
23. Patente Alemana 2329408 (Sept. 1971)
Brinkmann L., Herwig W. (Farbwerke Hoechst)
24. Patente Alemana 2131930 (Junio 1971)
Drawert M. Giesbach E.
25. Patente Alemana 2229056 (Junio 1971)
Sturwarld, R. T., Sharkey H. J. (Univlever-Emery, N.V.)
26. Patente Británica 1046208 (Julio 1964)
Crawford R. V. Toseland P. H. Stewart A. E.
(Bibby J. and Sous Ltd.)
27. Patente Británica 1308822 y 1308827 (Junio 1970)
Hammonds S. V. (Wolf, Victor, Ltd.)

28. Patente Indú 128,644 (Sept. 1970)
Ghosh P. K., Guhasarkar D.K., Dutta, B. K.
(Fertilizer Corp. of India, Ltd.)
29. Patente Japonesa Kohai 73 32 199 (Agosto 1971)
Tanaka M. Harada Y., Nose S.
(Osaka Soda Co., Ltd.)
30. Peerman D. E.
Encyclopedia of Polymer Science and Technology.
Vol. 10 Interscience Publishers, New York (1969)
31. Perry J. H. and a Staff of Specialists
Chemical Engineers Handbook
Fourth Edition. Kogakusha Co., Ltd., Tokyo (1963)
32. "Polyamides"
Machine Design (Sept. 20, 1962)
33. Popper H. A.
Modern Cost Engineering Technic
1a. Edición McGraw-Hill Book Co., Inc.
New York (1970)
34. "Resine Bushing"
Plastics World (Enero 1963)
35. Technical Bulletin
Ciba Products Co.
Division of Ciba Corporation
Summit, N. J.
36. Tecnología Adquirida
División de Investigaciones y Desarrollo de Tecnología
Grupo Industrial Europeo (1975)
37. "Usos de las Resinas Epóxicas/Poliamida en la Industria
de la Construcción"
Revista IMCYC Vol. XII, No. 72
(Enero-Febrero 1975 páginas 13-25)