



00568  
**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE  
LA FACULTAD DE QUIMICA**

3  
28

**MODERNIZACION TECNOLOGICA DE UNA PLANTA DE  
POLIMERO DE ACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCION Y ARRANQUE**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERIA QUIMICA  
(PROYECTOS)**

**P R E S E N T A:**

**OSCAR GUTIERREZ SANCHEZ**

**FALLA DE ORIGEN**



**1 9 7 5**



## **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 está 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.

## **Advertencia**

Con el objeto de proteger los intereses de Industrias Resistol S.A. en esta tesis se utilizó información aproximada; por tal razón los datos aquí presentados, no reflejan las condiciones reales de proceso ni la situación actual del mercado y sólo debe considerarse con fines didácticos.

Los datos más relevantes de las condiciones de operación fueron omitidos para proteger la integridad de la tecnología.

Dada la naturaleza de los productos involucrados, cualquier intento de reproducción de las características ó condiciones aquí mencionadas; puede derivar en serios daños físicos y/o materiales; por tal motivo el sustentante se libera de toda responsabilidad.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE QUÍMICA  
DIRECCIÓN.

LIC. ANTONIO DÍAZ GARCÍA.  
JEFE DE LA UNIDAD DE  
REGISTRO E INFORMACIÓN.  
CIUDAD UNIVERSITARIA.  
P R E S E N T E .

Me es grato informarle que el alumno, **OSCAR GUTIÉRREZ SÁNCHEZ**, presentará próximamente su Examen para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Química (Proyectos), ante el siguiente jurado:

Presidente:	Dr. Julio Landgrave Romero.
Primer Vocal:	M. I. Alejandro Anaya Durand.
Secretario:	Dr. Carlos Escobar Toledo.
Primer Suplente:	Dr. Constantino Alvarez Fuster.
Segundo Suplente:	M. en C. Guillermo Domínguez Palafox.

**A T E N T A M E N T E .**  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F., a 4 de Mayo de 1994.

DR. ANDONI GARRITZ RUIZ.  
DIRECTOR.

C.c.p. Interesado.  
C.c.p. Integrantes del Jurado.  
C.c.p. Coordinador de Área.

## **Agradecimientos**

**A Dios . . . .**

## **Dedicatoria**

**A mis Padres . . . .**

# Índice

---

	Página
<b>Resumen</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1 Introducción</b>	
1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO . . . . .	3
<b>CAPITULO 2 Producto, Mercado y Alcance</b>	
2.1 PRODUCTO . . . . .	8
2.2 APLICACIONES . . . . .	8
2.3 MERCADO . . . . .	12
2.4 ALCANCE DEL PROYECTO . . . . .	15
<b>CAPITULO 3 Bases de Diseño</b>	
3.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO . . . . .	19
3.2 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA . . . . .	22
3.3 PROCESO . . . . .	23
3.4 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN . . . . .	23
3.5 CONDICIONES AMBIENTALES . . . . .	24
3.6 SERVICIOS AUXILIARES . . . . .	25
3.7 EFLUENTES . . . . .	26
3.8 LOGÍSTICA . . . . .	27
3.9 CRITERIOS DE DISEÑO . . . . .	28
<b>CAPITULO 4 Descripción del Proceso e Instalaciones antes del Proyecto</b>	
4.1 REACCIÓN . . . . .	30
4.2 AGOTAMIENTO . . . . .	33
4.3 LAVADO . . . . .	35
4.4 SECADO . . . . .	36

**CAPITULO 5 Descripción del Proceso e Instalaciones, Balance de Materia y DFP después del Proyecto.**

5.1	REACCIÓN	38
5.2	AGOTAMIENTO	39
5.3	LAVADO	40
5.4	SECADO	40
5.5	BALANCE DE MATERIA	42
5.6	NUEVAS INSTALACIONES EN REACCIÓN	43
5.7	NUEVAS INSTALACIONES EN AGOTAMIENTO Y LAVADO	45
5.8	NUEVAS INSTALACIONES EN SECADO	48
5.9	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (Anexos)	

**CAPITULO 6 Modernización Tecnológica**

6.1	CONTROL DEL FIN DE LA REACCIÓN POR MEDIO DE LA VISCOSIDAD.	51
6.2	FILOSOFÍA DE OPERACIÓN EN DESTILADORES LAVADORES	58
6.3	SECUENCIA DE CONTROL EN DESTILADORES LAVADORES	59
6.4	SISTEMA DE SECADO	69
6.5	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.	86

**CAPITULO 7 Prevención de Riesgos en Operación (HAZOP), Construcción y Arranque**

7.1	PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA METODOLOGÍA	95
7.2	SIGNIFICADO DE LAS PALABRAS CLAVE	96
7.3	PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS	97
7.4	SECUENCIA DETALLADA PARA EL ANÁLISIS	103
7.5	MODIFICACIONES AL PROYECTO DERIVADAS DEL ANÁLISIS HAZOP	104
7.6	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA APLICACIÓN DEL HAZOP	111

**CAPITULO 8 Conclusiones** 113

**Anexos**

**Bibliografía**

## Resumen

La presente; tiene como objetivo sintetizar las actividades realizadas por el sustentante, dentro de Industrias Resistol S.A. (Planta Química Lerma) como líder de proyecto; en donde se implementaron modificaciones importantes a una planta existente de poliacetato de vinilo, con tecnología Monsanto Co. para la fabricación de este polímero.

IRSA ha sido líder en el mercado nacional y sudamericano de poliacetato de vinilo por más de 25 años; para su uso como base en goma de mascar; siendo este uno de los productos más sólidos y estables en el mercado de los dulces. Este nicho de mercado, ha sido tradicionalmente explotado y dominado tecnológicamente a tal grado; que se considera a IRSA como uno de los principales productores de esta especialidad en América.

El proyecto incrementó la capacidad de la planta de 750 ton/año a 1780 ton/año; modificó el sistema de operación por lotes para obtener el polímero en forma continua mediante la modificación de la filosofía de operación. Adicionalmente, se incluyeron los principales avances tecnológicos en la etapa de secado y enfriado del producto; que permitieron obtener este polímero con características de pureza, color y presentación similares a los líderes a nivel mundial.

La función como líder de proyecto, consistió en el desarrollo de la ingeniería básica y supervisión de la ingeniería de detalle con firma de ingeniería (UHDE); se desarrolló la evaluación financiera y la justificación del proyecto hasta su aprobación por el consejo directivo. Se coordinaron las actividades de compras y construcción a través de un departamento corporativo de proyectos; se participó en el arranque, capacitación de operadores y elaboración de manuales de operación.

---

# CAPITULO 1

## Introducción

---

MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA PLANTA DE POLIACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE

## 1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

El presente proyecto: **GOMA**, tuvo como objetivos:

1. Lograr la saturación en el área de reacción de la planta de poliacetato de vinilo (en lo sucesivo denominado **GOMA**) de Industrias Resistol S.A., mediante la modificación de la filosofía de operación y la sustitución de equipos obsoletos y en el límite de su vida útil; incrementando la capacidad de 750 ton/año a 1780 ton/año y mediante el cambio en la filosofía de operación obtener el producto terminado en forma continua.

2. Proveer de las instalaciones al área de secado y enfriamiento que permitieran manejar la capacidad de reacción tanto como para el polímero de bajo peso molecular (16,000 Mw **GOMA NORMAL**) como para el polímero de alto peso molecular **GOMA APM** (30,000 Mw **GOMA-50** Y 40,000 Mw **GOMA-80**) y cambiar la presentación del producto, permitiendo la fácil incorporación de este material a la formulación del cliente; dentro de especificaciones de acidez y color.

Las etapas que abarcó el proyecto fueron las siguientes:



Anteriormente, se tenían altos tiempos muertos; porque la secuencia de operaciones no era la adecuada para el manejo del producto y además con limitaciones de capacidad en la mayoría de los equipos de proceso.

El proceso propuesto por el sustentante y líder del proyecto, es de igual manera intermitente; pero dado el arreglo de equipo y las innovaciones tecnológicas desarrolladas, puede lograrse la obtención del producto en la etapa final (secado), en forma CONTINUA.

Esto permite aumentar la capacidad de la planta y eliminar los problemas que genera el no tener el equipo adecuado para el manejo de la GOMA tanto normal como de alto peso molecular.

La GOMA producida es un fluido con viscosidades tan altas que sólo puede hacerse fluir a temperaturas superiores a los 95 °C; pero a su vez temperaturas superiores a los 120 °C y esfuerzos mecánicos severos (bombas y cambios de dirección) originan que el producto se degrade a ácido acético y acetaldehído, situación por demás desfavorable para un producto grado alimenticio. Estas características delicadas del producto implicaron el desarrollo de una ingeniería tal que, en todas las fases del proyecto se garantizara al 100%, la funcionalidad de los equipos a condiciones tan especiales de operación.

Por otro lado; el manejo de solventes y monómeros volátiles, implicaron un estudio cuidadoso de los sistemas de seguridad que debieron integrarse a cada uno de los equipos.

En esta fase del proyecto se integró un grupo interdisciplinario que con experiencias de proyectos anteriores y con la experiencia operativa acumulada, se lograra diseñar una planta segura. Este grupo se encargó de desarrollar la metodología para la prevención de riesgos en operación: HAZOP.

El desarrollo del método Hazop duró 3 meses; pero los resultados obtenidos fueron satisfactorios y se evitaron muchos errores durante la construcción y arranque del proyecto.

La ingeniería básica y la ingeniería de detalle se elaboró tomando como base la obtención de polímero de alto peso molecular (GOMA-50), considerando una capacidad máxima de 1780 Ton/año base seca para GOMA NORMAL (203 Kg./hr promedio).

La tecnología del proceso fue desarrollada por recursos internos de IRSA por lo que no se requirió de asesoría externa, debido a que la asimilación tanto en la producción de la GOMA NORMAL como en la GOMA APM ha sido completa.

La ingeniería básica fué desarrollada por el sustentante (líder de proyecto), la ingeniería de detalle fue desarrollada por una firma de Ingeniería alemana UHDE, bajo la supervisión del líder de proyecto y personal corporativo asignado al proyecto.

La construcción se realizó por una compañía contratista supervisada por personal de planta y corporativo. El arranque, demostración y capacitación del personal operativo, lo realizó el personal de la planta asignado al proyecto coordinados por el líder de proyecto.

Así mismo, las restricciones por parte de la SEDUE en su tiempo, ahora SEDESOL, hicieron implementar sistemas que minimizaran la emisión de solventes a la atmósfera y eliminaran por completo la descarga de GOMA en los efluentes de la planta.

El desarrollo del proyecto implicó la importación temporal y posterior adquisición de equipo piloto, para evaluar su funcionalidad con el producto; una vez demostrado el equipo piloto, se diseñó con las mismas bases el equipo industrial. Estos equipos pilotos fueron los cambios tecnológicos más importantes implementados al proceso y de esta forma se garantizó el arranque y operación en forma total.

Otro aspecto importante en el desarrollo del proyecto fue la interconexión con otras plantas ya existentes dentro del mismo complejo industrial compartiendo servicios y en algunos casos materias primas.

La carencia de espacio, la adaptación y modificación de las estructuras para soportar el nuevo arreglo de equipo, así como la planeación cuidadosa de la construcción de tal forma que afectara en forma mínima la producción de las plantas vecinas del complejo, minimizando los paros de servicios o cortes de energía durante la construcción, pruebas y arranque; hicieron que el proyecto se tomara verdaderamente delicado e importante.

---

# CAPITULO 2

## Producto, Mercado y Alcance

---

MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA PLANTA DE POLIACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE

## 2.1 PRODUCTO

La resina de poliacetato de vinilo (denominada **GOMA**) es producida; entre otros métodos, por polimerización en solución del acetato de vinilo. Es un material transparente, termoplástico, sin color, sin olor y sin sabor.

Es estable a la luz y al oxígeno; es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos e insoluble en agua; sufre relativamente, poca afectación por grasas o hidrocarburos alifáticos.

La resina tiene propiedades químicas típicas de un éster estable y puede ser hidrolizado a polivinil alcohol. Exhibe excelente adhesión a una gran variedad de superficies y posee alta resistencia a la tensión. La resina es neutra y no corrosiva.

## 2.2 APLICACIONES

Las principales aplicaciones del polímero de acetato de vinilo son en los mercados de adhesivos, pinturas, papel y textiles, para cuyos mercados se fabricaron un total de 4.4x10<sup>9</sup> toneladas en 1980.

El mercado de adhesivos puede ser dividido en tres grandes grupos:

- a) "Hot-melts"
- b) Base solvente
- c) Base agua

Los "hot-melts" son materiales sólidos que a altas temperaturas; llegan a ser fluidos y suficientemente pegajoso para ser usados como adhesivos o recubrimientos.

Los "hot-melts" no requieren de un sustrato poroso o penetrable. Este tipo de adhesivos tienen una alta pegajosidad inicial y una rápida dureza cuando enfrían para dar una fuerte unión.

La resina también puede usarse como adhesivo base solvente usando solventes orgánicos. Usualmente el adhesivo es aplicado a una o ambas superficies, se deja evaporar el solvente hasta que se desarrolla la capacidad pegante; entonces, las superficies se unen y se mantienen en el mismo lugar hasta que se ha evaporado suficiente solvente adicional para desarrollar fuerza en la unión.

En este caso, al menos una de las superficies debe ser porosa para permitir la evaporación del solvente de la unión. El punto máximo de adhesión se alcanza hasta que la totalidad del solvente ha sido evaporado.

En este caso; el peso molecular del producto permite lograr formulaciones en adhesivos de altos sólidos a viscosidades razonables.

Se ha encontrado que los adhesivos que usan este tipo de resina presentan excelente adhesión a materiales como el papel, madera, piel, textiles, cerámicas y plásticos en varios tipos.

En sistemas base agua; la resina es usada como pegajosa (tackifier); primero se disuelve en un solvente como tolueno y después se adiciona como emulsión a sistemas base agua.

Otra aplicación poco conocida; es como base para goma de mascar. Por ser fácilmente acoplable con los compuestos que otorgan color, olor y sabor; además, tiene un bajo punto de reblandecimiento, se hace que el polímero de acetato de vinilo sea ideal como base para goma de mascar.

La única aplicación que se contempla para este caso por razones de posición y demanda de mercado, es su uso como base para goma de mascar; por lo que el presente trabajo se enfoca a atender este sector.

El látex coagulado obtenido de incisiones en el árbol tropical *Anchras zapota* y algunas otras especies del sur de México, Guatemala y Honduras se mezclaba con asfalto y era usado como goma de mascar por los Indios Mayas bajo el nombre de *txixtle*; de aquí que se considere a la goma de mascar como una de tantas aportaciones de los Mayas; a la cultura universal'.

Actualmente la elaboración de la goma de mascar consta básicamente de dos pasos; el primero de ellos es la elaboración de la **GOMA BASE**; en ésta intervienen 6 componentes, cuya propiedad otorgada y proporción se describen a continuación en una formulación típica:

MATERIAL	CARACTERÍSTICA OTORGADA A LA GOMA BASE	PARTES ACTIVAS ( % )
Látex ó Hule SB	Elasticidad	8 - 15
Pollacetato de vinilo	Resistencia	5 - 10
Parafina o cera	Lubricante	20
Plastificante	Suavidad	3 - 5
Brea	Aglutinante	30
Carbonato de calcio	Reducir costos	36

La elaboración de la goma base se hace en equipos de mezclado calentados con vapor; para facilitar la incorporación de cada componente.

Las cantidades de cada componente en la goma base pueden variar según la característica buscada en la misma.

Pudiera decirse que la incorporación del poliacetato de vinilo a la goma base; sólo se hace en gomas de mascar finas; cuando se intenta hacer bombas de aire al masticar el chicle, en una goma de mascar sin poliacetato de vinilo se tendría una película cristalina y fina que se rompe con facilidad y se pega a la piel; en cambio, la incorporación de este polímero le otorga mayor resistencia y firmeza a la bomba; además que ésta no se pega a la piel si se usa en su presentación de alto peso molecular.

Así mismo, una goma de mascar sin polímero de acetato de vinilo puede tener cierta suavidad al inicio de su masticación; sin embargo, al diluirse el lubricante (que es el que producto que facilita dicha masticación) en la saliva, este tipo de gomas de mascar se vuelven muy duras; situación que no sucede con una goma de mascar con poliacetato de vinilo; ya que, aún cuando se haya disuelto el lubricante en la saliva, la masticación se mantiene.

Una vez elaborada la goma base; se realiza otro proceso de mezclado ( en frío ) para fabricar la **GOMA DE MASCAR** como producto terminado; aquí una formulación típica es la siguiente:

MATERIAL	PARTES ACTIVAS ( % )
Goma base	20
Azúcar	40
Glucosa	38
Colorantes y saborizantes	2

Una vez mezclados los componentes; la goma de mascar se extruye para darle al chicle la presentación requerida en cada producto; según sus propias características de mercado.

## 2.3 MERCADO

Este proyecto surgió a raíz de la necesidad de satisfacer los requerimientos del mercado de PVA'c utilizado para elaborar goma de mascar; éste fabricado mediante una reacción de polimerización en solución.

En la actualidad IRSA, tiene una participación del 90% en el mercado nacional de goma de mascar; sin embargo, la comercialización masiva de estos productos han hecho crecer y cambiar el mercado en cuanto a los requerimientos del producto, por lo tanto las compañías chicleras de México se vieron en la necesidad de importar alrededor de 80 toneladas por año de polímeros especializados durante 1985 - 1993.

Esto ha llevado al grupo de Investigación y Desarrollo de IRSA, a trabajar en proyectos para mejorar las propiedades de los polímeros y obtener un producto que permita satisfacer los requerimientos del mercado.

Las principales características que esta industria ha solicitado son:

1. Fácil incorporación de este producto al proceso del cliente.
2. Elasticidad o facilidad para hacer "bomba" en la goma de mascar.
3. Que el producto no se adhiera a la piel después de hacer una "bomba".
4. Bajo contenido de ácido acético y máxima transparencia.

Existen dos tipos de productos desarrollados, la GOMA NORMAL y la GOMA DE ALTO PESO MOLECULAR, ambos son polímeros obtenidos por una reacción de polimerización en solución de acetato de vinilo; y le dan la misma propiedad a la goma de mascar: hacer "bomba"; pero el de alto peso molecular, como ya se mencionó, además le da particularidad a la goma de mascar de no pegarse en la piel.

El mercado básico que se pretende mantener; está constituido por 9 productores importantes de goma de mascar que utilizan polímero de acetato de vinilo en su formulación.

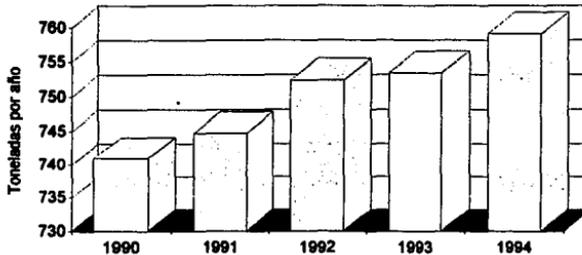
CLIENTE	UBICACIÓN
CHICLE ADAMS (W.L.)	Puebla, México
CHICLE ADAMS (W.L.)	Calli, Colombia
CHICLE CANELS	San Luis Potosí, México
PRODUCTOS INDLS. SALTILLO	Saltillo, México
WARNER LAMBERT ARGENTINA	Buenos Aires, Argentina
DAN GUMBASE	Copenague, Dinamarca
CHICLES BUBALOO (W.L.)	Carcacas, Venezuela
DIMAQUI	México D.F.
FORDATH S.A.	México D.F.

Todos ellos integran en su proceso el poliacetato de vinilo o GOMA Normal; sólo en pocos casos se usa el de APM; sin embargo, existe la inquietud de todos ellos por contar con este polímero para sus mejores productos.

El mercado que se atiende es de un promedio de 750 toneladas por año; que es la capacidad máxima de la planta antes del proyecto en condiciones forzadas de trabajo.

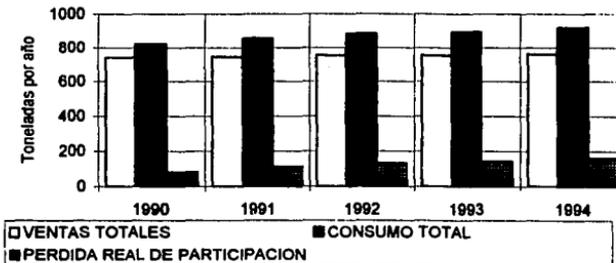
El estado de las ventas para este polímero pudieran resumirse en la gráfica No. 1, que muestra las ventas totales acumuladas en los últimos cuatro años.

**VENTAS DE POLIMERO DE ACETATO DE VINILO  
NACIONAL Y EXPORTACION**



Como puede apreciarse; las ventas se ha incrementado ligeramente (de 742 a 759 ton/año) y no pueden ser mayores por la limitada capacidad de la planta; sin embargo, los requerimientos de este polímero (sólo con clientes actuales) se han crecido a un ritmo de 13% y se ha tenido que ceder participación a Union Carbide de USA y Waker de Alemania; porque la capacidad de la planta no es suficiente para seguir abasteciendo dicho mercado.

**CONSUMO DE POLIACETATO DE VINILO POR PARTE DE  
CLIENTES ACTUALES**



## 2.4 ALCANCE DEL PROYECTO (INSTALACIONES)

El proceso actual es de tipo intermitente y consta de cuatro etapas importantes:

⇒	<b>Reacción</b>
⇒	<b>Agotamiento</b>
⇒	<b>Lavado</b>
⇒	<b>Secado</b>

Con la anterior filosofía de operación y las instalaciones con que contaba la planta al momento de conceptualizar el proyecto, no se permitía abastecer el mercado nacional en su totalidad y mucho menos satisfacer la demanda de estos productos en el extranjero.

Las principales limitaciones eran la obsolescencia tecnológica de los equipos y el mal estado de los mismos (25 años de operación continua, en promedio) y aunque se habían logrado obtener los productos deseados por el mercado (GOMA APM); con los equipos existentes, no era factible producirlos en las cantidades solicitadas y especificaciones de producto terminado, por las limitantes en capacidad y características de dichas instalaciones.

Las modificaciones mayores que se propusieron en cada área operativa fueron:

#### **2.4.1 REACCIÓN**

- a. Sustitución del condensador del reactor, por uno de mayor capacidad.
- b. Sustitución del control de temperatura del reactor.
- c. Sustitución del calentador del reactor.
- d. Instalación de dos recipientes para el manejo de mezclas de disolventes y un recipiente para el manejo de metil etil cetona recuperada.
- e. Sustitución del agitador del reactor.
- f. Instalación de una fosa para recibir los vomitados del reactor en caso de disparo.

#### **2.4.2 AGOTAMIENTO Y LAVADO**

- a. Sustitución de tanques lavadores-destiladores.
- b. Adición de un tercer tanque lavador-destilador.
- c. Reubicación del condensador actual, para agotar en tanques lavadores-destiladores.
- d. Instalación de un control automático de interfase para el tanque de tratamiento de mezclas.
- e. La reubicación del actual tanque lavador No. 1, su calentador y periféricos para recuperar metil etil cetona (MEK en lo sucesivo denominado Solvente A).
- f. La instalación de un tanque para recuperar agua y GOMA de los lavados.
- g. Instrumentación necesaria para realizar las operaciones de agotamiento y lavado en forma secuencial.

### **2.4.3 SECADO Y ENVASADO**

- a. Se instaló un evaporador de película fina descendente que maneja la capacidad total de reacción.
- b. Instalación de un sistema de enfriamiento de producto, que permite obtener la GOMA fría y en forma de escamas.

### **2.4.4 SERVICIOS**

El proyecto incluyó la instalación de un cuarto de control de motores (CCM) independiente para el área de alcoholes poli vinílicos (PVA) y uno para el área de GOMA en sustitución del actual, dado que el existente no tenía capacidad para nuevos motores y representaba una condición insegura por el estado en que se encontraba. En este CCM nuevo, se instalaron siete motores del área de materias primas en secciones separadas a las de PVA y GOMA.

Algunos de los servicios fueron proporcionados por instalaciones existentes en la planta, contemplándose la instalación de líneas y accesorios necesarios para llevarlos a los límites de batería del proyecto.

---

# CAPITULO 3

## Bases de Diseño

---

MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA PLANTA DE POLIACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE

### 3.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

#### 3.1.1 Objetivo

Aumentar la capacidad la planta de poliacetato de vinilo de 750 Ton./año a 1780 Ton./año para la GOMA NORMAL, eliminar los problemas operativos que origina el equipo obsoleto y obtener en forma continua el producto en la fase final del proceso.

#### 3.1.2 Variedad de productos

Se podrán manejar en forma alterna tanto la GOMA NORMAL como la GOMA DE ALTO PESO MOLECULAR.

#### 3.1.3 Capacidad

La capacidad de la planta será de 1780 TPA de GOMA Normal a un ritmo de producción promedio de 203 Kg./Hr.

##### Goma Normal

Capacidad	1250 Kg./Barcada Base Seca
Rendimiento	48% (Kg. Producto/Kg. de Materia Prima)
Conversión	75% (Kg. Monómero/Kg. Polímero)

##### Goma de Alto Peso Molecular

Capacidad	1552 Kg./Barcada Base seca
Rendimiento	56% (Kg. Producto/Kg. de Materia Prima)
Conversión	94% (Kg. Monómero/Kg. de Polímero)

### 3.1.4 Rendimiento

Se considera un tiempo estándar de ocupación (OST) del 90% global para la planta de GOMA.

TTD = Tiempo Total Disponible (8760 Hrs/Año)

TRD = Tiempo Real Disponible

Los tiempos muertos considerados en el proceso son:

Problemas Operativos =	2.5%	219 Horas/Año
Mantenimiento =	3.0%	263 Horas/Año
Fallas de Operación =	2.5%	219 Horas/Año
Limpieza =	2.0%	176 Horas/Año
TOTAL =	10.0%	877 Horas/Año

$$\text{TRD} = (8760 - 877) = 7883$$

$$\text{OST} = (7883/8760) * 100 = 90\%$$

### 3.1.5 Calidad de los productos

	<u>GOMA-APM</u>	<u>GOMA NORMAL</u>
Punto de reblandecimiento °C	105	81
Olor	Sin olor	Sin olor
Sabor	Sin sabor	Sin sabor
Porcentaje de acidez	0.05% máximo	0.05% máximo
Peso molecular (Mw)	30,000 - 40,000	16,000
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	1.19	1.18
Porcentaje de humedad	1.0% máximo	1.0% máximo
Viscosidad copa Ford (seg)	36.4	13.9-16.0
Contenido de volátiles (%)	1.0% máximo	1.0% máximo

### 3.1.6 Flexibilidad

Con la realización del proyecto, la planta podrá producir tanto GOMA Normal como GOMA de APM, dado que el evaporador de película fina podrá manejar indistintamente ambos productos. Adicionalmente, tanto el evaporador piloto como el secador de rodillos No. 1 podrán trabajar en paralelo, lo que permitirá secar, si es necesario, tanto GOMA Normal como GOMA de APM al mismo tiempo.

### **3.2 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA**

#### **3.2.1 Localidad**

Leona, Estado de México.

#### **3.2.2 Ubicación dentro de la Localidad**

Parque Industrial Leona.

#### **3.2.3 Relación con Instalaciones Existentes**

El proyecto no tiene relación con instalaciones de otras Compañías; pero está directamente relacionada y comparte los siguientes servicios de las diferentes plantas del Complejo:

- Agua de enfriamiento, de proceso y deionizada
- Energía eléctrica
- Aire de planta y aire de instrumentos
- Vapor

Así mismo, comparte el monómero con la planta de PVA y comparte el edificio con la planta de Resinas y PVA.

### **3.3 PROCESO**

#### **3.3.1 Posición con líderes tecnológicos**

Puede considerarse que está a la par, ya que la diferencia principal con los líderes tecnológicos será eliminada con la instalación del evaporador de película fina y se logrará una ventaja sobre ellos al obtener el producto en forma continua al final del proceso.

#### **3.3.2 Grado de asimilación alcanzado por la empresa**

Puede considerarse que los productos han sido asimilados totalmente, ya que se tiene 25 años experiencia en la producción de polímero normal y 2 años en la producción de polímero de alto peso molecular.

### **3.4 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN**

#### **3.4.1 Continuidad de la operación**

El proceso tendrá que ser operado en forma intermitente en las tres primeras etapas y en forma continua en la última etapa.

#### **3.4.2 Tipo de proceso**

Dadas las condiciones y arreglo del equipo puede considerarse CONTINUO.

### 3.4.3 Grado de automatización

Se deben eliminar todos los controles manuales en todas las etapas del proceso e integrar un Controlador Lógico Programable (PLC) que permita desarrollar las dos etapas intermedias (Agotamiento y Lavado) en forma secuencial y automática.

El evaporador piloto y el sistema de enfriamiento del producto serán adquiridos como paquetes individuales y deberán tener integrado su equipo de control.

## 3.5 CONDICIONES AMBIENTALES

### 3.5.1 Altitud y presión barométrica

Elevación sobre el nivel del mar	2634 m.
Presión barométrica	154 Pa

### 3.5.2 Temperaturas

Temperatura de bulbo húmedo	6.6 °C
Temperatura de bulbo seco	4.3 °C
Temperatura ambiente máxima	29 °C
Temperatura ambiente mínima	-6 °C

### 3.5.3 Viento

Dirección de vientos dominantes	Sureste-Norte
Dirección de vientos reinantes	Sureste-Norte
Velocidad máxima de vientos	20 m/seg

### **3.5.4 Zona sísmica**

Coefficiente sísmico	0.2
Nivel freático	0.60 m.

### **3.5.5 Lluvia**

Precipitación promedio anual	705 mm./año
Precipitación máxima mensual	230 mm.
Humedad máxima mensual	74 %
Humedad mínima mensual	45 %

### **3.5.6 Riesgos a la comunidad**

No se contemplan riesgos a la comunidad.

## **3.6 SERVICIOS AUXILIARES EXISTENTES**

### **3.6.1 Energía eléctrica**

El proyecto requiere 176.5 KVA adicionales. Se instalará un CCM nuevo que almacenará en gabinetes separados los motores de las áreas de APV y GOMA, así como siete motores del área de materias primas.

### **3.6.2 Vapor**

El vapor será suministrado por la caldera SG-160 que tiene una capacidad de 90.4 ton/min. de vapor y el proyecto requiere un total de 10 ton/min.

### **3.6.3 Agua deionizada**

No se espera un aumento en el consumo de éste servicio; por el contrario, se espera un ahorro que será determinado por el número de lavados que puedan ser realizados con agua de planta.

### **3.6.4 Agua de enfriamiento**

El consumo de agua de torre que requiere el proyecto es de 324 GPM; por lo que se instalará una torre de enfriamiento nueva, que abastecerá a las plantas de PVA y GOMA en forma independiente al resto de las plantas del Complejo. Esta torre de enfriamiento nueva será instalada por el proyecto paralelo: "TORRE-5".

### **3.6.5 Aire de planta y aire de instrumentos**

El aire de planta será suministrado por el compresor JOY, requiriendo el proyecto un total de 10.8 m<sup>3</sup>/min a 80 libras de presión.

## **3.7 EFLUENTES**

### **3.7.1 Desechos líquidos**

El proyecto contempla la instalación definitiva de un tanque horizontal existente, para la retención de la mezcla metil etil cetona y agua, proveniente del tanque de mezclas, para la posterior recuperación de metil etil cetona. Esta mezcla anteriormente se tiraba al drenaje llevando un 10% de MEK.

En la Ingeniería desarrollada, se incluye el sistema de recuperación de MEK, desarrollado por el Departamento de Investigación y Desarrollo de IRSA.

Con la recuperación de la metil etil cetona, se tendrán como desechos líquidos: ácido acético en una concentración máxima de 0.09% en volumen y trazas de monómero, solventes en solución acuosa.

### **3.7.2 Desechos gaseosos**

No se tendrán emisiones de desechos gaseosos debido a que el nuevo condensador del reactor tendrá mayor área de transferencia, por lo que se evitará la emisión de solventes por el venteo.

### **3.7.3 Desechos sólidos**

El proyecto instalará un tanque nuevo para la recuperación de la GOMA de los lavados, esto evitará que se tenga polímero en la red de efluentes del Complejo.

Esta goma recuperada podrá reincorporarse al proceso en la fase de secado.

### **3.7.4 Ruido**

El único equipo que actualmente presenta problemas de ruido es el motor del agitador del reactor, con la sustitución completa del agitador (motor, reductor, flecha e impulsores), se eliminará el ruido superior a los 90 dB permisibles en todas las áreas de la Planta.

## **3.8 LOGÍSTICA**

### **3.8.1 Tanques de almacenamiento**

Se acondicionará un tanque disponible para el almacenamiento de acetato de etilo, que será la única materia prima adicional que requiere el proyecto, ya que todas las materias necesarias ya tienen sistema de almacenamiento en planta.

### **3.9.2 Envasado de productos**

El producto se envasará en forma diferente, las cubetas de 50 Kg. que se manejaban y con producto en forma compacta, serán sustituidas por sacos de 30 Kg. con producto en forma de escamas.

## **3.9 CRITERIOS DE DISEÑO DEL PROYECTO**

### **3.9.1 Factores y Sistemas de Seguridad**

Se instalará un sistema de diluvio en los tres niveles de la planta de GOMA conectándose a la red actual. Se instalarán extinguidores en el área de reacción y se solicitarán todos los equipos e instrumentos de acuerdo a la clasificación eléctrica del área y de cada nivel. Se instalará un sistema de presión positiva en el cuarto de reacción.

Todos los recipientes sujetos a presión contarán con dispositivos de alivio y se diseñarán de acuerdo a los estándares de la Compañía.

Todos los diques de los tanques de almacenamiento de materias primas, se ajustarán a los estándares de la Compañía.

### **3.9.2 Criterios de Operación**

Con la modificación en la filosofía de operación; el producto terminado se obtendrá en forma continua, por lo que se considera que éste será un proceso CONTINUO.

### **3.9.3 Otros criterios**

Para el diseño de todos los equipos que manejen GOMA, deben considerarse las propiedades de la GOMA de APM.

---

# CAPITULO 4

## Descripción del Proceso e Instalaciones antes del Proyecto

---

MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA PLANTA DE POLIACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE

El proceso consiste en la polimerización en solución de acetato de vinilo, es de tipo intermitente y se utiliza como solvente metil etil cetona (Solvente A) en el caso de la GOMA NORMAL y una mezcla de dos solventes: metil etil cetona y acetato de etilo (Solvente B) para la GOMA de APM.

El proceso consta de cuatro etapas:

<b>REACCIÓN</b>	<b>POLIMERIZACIÓN EN SOLUCIÓN</b>
<b>AGOTAMIENTO</b>	<b>DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR</b>
<b>LAVADO</b>	<b>ELIMINACIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO</b>
<b>SECADO</b>	<b>DESHIDRATACIÓN</b>

#### 4.1 REACCIÓN

El producto, como ya se mencionó, tiene su origen en la polimerización en solución del acetato de vinilo. Este método de fabricación se emplea cuando el calor exotérmico es demasiado grande como para poderlo controlar en una polimerización en masa.

El monómero es disuelto en un solvente; provocando la polimerización por la adición del iniciador y por la aplicación de calor. Las polimerizaciones en solución son de dos tipos:

- a) **Homogénea.** Cuando el monómero y el polímero formado son solubles en el solvente; por ejemplo, ácido acrílico y ácido poliacrílico en agua y también el caso que nos ocupa.

- b) *Heterogénea.* Cuando el monómero y el polímero formado son insolubles en el solvente; llevando a una precipitación del polímero; por ejemplo, el acrilato de butilo es soluble en metanol y el poliacrilato de butilo es insoluble.

La velocidad de reacción y el peso molecular del polímero variarán dependiendo del tipo de solvente, la temperatura a la cual se afectúe la reacción y la cantidad y el tipo de iniciador agregado.

En general, los pesos moleculares de los polímeros en solución, son mucho más bajos que los pesos moleculares de los polímeros producidos por los métodos de emulsión, masa o suspensión.

Es muy importante la cuidadosa selección del solvente o combinación de solventes por usar con un monómero determinado; ya que, cada uno tendrá sus propios efectos de transferencia de cadena y subsecuente influencia en el peso molecular del polímero formado.

Las características de la transferencia en cadena de un solvente, afectan la velocidad de reacción, así como el peso molecular del polímero. En algunos casos la transferencia en cadena reduce la actividad de los radicales libres, reduciendo así la velocidad de reacción.

Las principales ventajas de estos procesos son el buen control sobre el calor de polimerización generado ( que puede ser bien aprovechado en otra fase del proceso) y la facilidad que existe para regular el peso molecular a través de la concentración del activador y el tipo de solvente.

Las desventajas de estos procesos son los bajos pesos moleculares, los bajos grados de polimerización y la dificultad que existe para la remoción completa del solvente, así como el problema que implica la recuperación, manejo y uso final de los solventes.

Las materias primas (monómero y solventes) se cargaban al reactor a través de tanques medidores, estos a su vez, eran cargados desde los tanques de almacenamiento de materia prima a granel; todas estas cargas se hacían arrancando y parando las bombas de transferencia en forma manual, con las consecuentes variaciones en las mediciones.

Después de haber cargado el monómero y los solventes se hacen cargas de agua deionizada, de bicarbonato de sodio (Sal A) y peróxido de hidrógeno.

De la segunda etapa del proceso, destilación por arrastre de vapor, se recupera una gran parte de los solventes utilizados en la misma (95%) y pueden ser reprocesados en los siguientes lotes.

Si el reactor se cargaba con mezclas recuperadas de metil etil cetona y acetato de etilo, esta operación tenía que hacerse a través de tambores de 200 lts. en donde se almacenaban dichas mezclas; este manejo de solventes en tambores era una práctica peligrosa pero necesaria ya que no se contaba con tanques medidores y/o de almacenamiento para dichas mezclas.

En el caso de utilizar mezclas recuperadas debe enviarse una muestra al laboratorio de control de calidad para que determine, la cantidad de solventes "frescos" que debe agregarse al reactor para ajustar la carga exacta.

Una vez cargado el reactor, se inicia el proceso de calentamiento del lote con agitación, hasta lograr una temperatura entre 59 °C y 60 °C, los vapores de la mezcla fluyen hacia el condensador y retornan al reactor para establecer un reflujo.

La polimerización se inicia al llegar a 60 °C, esta etapa duraba entre 4 y 5 horas; la finalización de la misma era determinada sólo por tiempo, ya que no se había encontrado ninguna otra variable que se relacionara con el grado de avance de la reacción.

Durante la reacción se mantiene el reflujo para ayudar a enfriar la mezcla y una vez que se inició la polimerización se cambia el sistema de calentamiento utilizado para alcanzar los 60 °C y se introduce agua de enfriamiento para ayudar a eliminar la gran cantidad de calor generado por la reacción. Después de este lapso de 4 o 5 horas, se incrementaba la temperatura lentamente hasta 65 °C.

En este punto, la mezcla consiste de: polímero, monómero residual, solventes, ácido acético y acetaldehído originados por la reacción (solvente A en el caso de GOMA Normal y solventes A y B en el caso de GOMA de APM) estaba lista para iniciar la siguiente etapa del proceso.

#### **4.2 AGOTAMIENTO**

En el mismo reactor se inducía vapor saturado a 2 Kg/cm<sup>2</sup> de presión para efectuar una destilación por arrastre de vapor, eliminando monómero, metil etil cetona (y acetato de etilo en el caso de la GOMA de APM), el ácido acético y el acetaldehído residuales.

Estas mezclas condensadas son enviadas a un tanque de recuperación de solventes.

Para mantener el nivel en el reactor durante la destilación por arrastre de vapor, el cual disminuye continuamente por la extracción de solventes, se agrega agua deionizada a 92 °C.

La destilación por arrastre de vapor se inicia cuando la mezcla alcanza los 92 °C; por esta temperatura debe alcanzarse lentamente en un lapso de 2 horas 45 minutos y mantenerse por espacio de una hora (3 Hrs. 45 min. en total).

Al término de la etapa de agotamiento, el lote se deja reposar por espacio de quince minutos y se pasa a la etapa de lavado.

#### **4.2.1 Recuperación de Solventes**

Para separar los solventes y el monómero recuperados de la operación de agotamiento es necesario neutralizar las mezclas, para lo que se requieren dos disoluciones que se preparaban en cubetas de 20 lts. La primera de ellas se prepara con bisulfito de sodio (Sal B) disuelta en agua deionizada a temperatura ambiente y la segunda se prepara con bicarbonato de sodio (Sal A) disuelta en agua deionizada a 60 °C, preparándose cinco porciones de ésta última.

Para neutralizar el acetaldehído, se agrega la disolución de bisulfito de sodio al tanque de tratamiento y se agita durante 15 minutos. Posteriormente para neutralizar el ácido acético, se agregan una a una, las cinco porciones de solución de bicarbonato de sodio a 60 °C y se agita durante 15 minutos cada una. Finalmente la mezcla se deja reposar durante 15 minutos para permitir la separación de fases.

La fase superior contiene monómero, metil etil cetona y acetato de etilo, mientras que la inferior contiene agua deionizada, metil etil cetona y sales disueltas, producto de las reacciones del bicarbonato de sodio con el ácido acético y del bisulfito de sodio con el acetaldehído respectivamente.

La fase inferior se tiraba hasta hace tres años; últimamente se almacenaba en tambores y se envían a otra área del Complejo Químico para realizar la recuperación de la metil etil cetona por destilación; esta operación era altamente peligrosa, ya que se manejaban tambores con solventes de un lado a otro de la planta; para poder hacer la destilación, ya que se utilizaba un equipo de otra área productiva para destilar esta mezcla.

La fase superior se transfería al único tanque medidor disponible o se almacenaba en tambores, en ambos casos se debe tomar una muestra de las mezclas recuperadas para determinar el volumen de ajuste con solventes frescos a utilizar en el siguiente lote de reacción.

#### **4.3 LAVADO**

Al terminar la etapa de agotamiento y con el fin de eliminar el ácido acético y acetaldehído generados en la reacción, los residuos de metil etil cetona, acetato de etilo y las trazas de monómero existentes en el producto, es necesario "lavar" el polímero.

Para realizar esta operación, la planta contaba con dos tanques de lavado; pero cada uno de ellos con diferentes capacidades, características de operación y de eliminación de agua (uno a presión y otro atmosférico); por lo que la operación era lenta y complicada.

La operación de lavado, consiste en pasar la mezcla de reacción a uno de los dos tanques disponibles y agregar 600 litros de agua deionizada a 92 °C, agitar durante 30 minutos, reposar la mezcla por 20 minutos y eliminar el agua de la parte superior por decantación o sifoneo según el equipo utilizado.

En uno de los tanques la eliminación de agua se hacía por medio de un tubo colocado a la altura del polímero en el tanque y que deja salir sólo el agua de la parte superior; en caso contrario, en el otro tanque lavador el agua se eliminaba por medio de sifón, presionando el tanque a 1 Kg/cm<sup>2</sup> con aire de planta. Esta diferencia en los métodos de operación generaba grandes tiempos muertos y altos riesgos de quemaduras por agua y GOMA caliente.

Este proceso eliminará en un total de 8 a 10 ciclos de lavado, los residuos de material no deseado en la GOMA.

La temperatura en el tanque lavador debe mantenerse a 92 °C para hacer fluir el producto.

Estos tanques tienen una función adicional, que consiste en ser tanque de almacenamiento de GOMA húmeda para abastecer a cualquiera de los secadores de rodillos; generando altos tiempos muertos e interferencia de operaciones antes y después del lavado, complicando al máximo la operación de la planta.

#### **4.4 SECADO**

El polímero lavado se pasaba a uno de los dos evaporadores de rodillos existentes, en donde se elimina el agua hasta alcanzar la especificación de humedad máxima de 1.0%.

El producto se envasa en cubetas de 50 Kg. a 92°C en forma de masa.

Dadas las condiciones de los equipos y la viscosidad del producto, la GOMA de APM no podía ser lavada ni secada por las instalaciones existentes antes del proyecto; por lo que cuando se producía GOMA de APM, se tenía que lavar el polímero en el reactor y envasar hasta con un 15% o 20% de contenido de humedad, con la consecuente disminución de precio de venta por no tener la especificación requerida por los clientes y el uso del reactor para operaciones auxiliares y no la propia.

El producto envasado en las cubetas de 50 Kg. al enfriarse formaba una masa compacta difícil de romper, que el cliente para integrarlo a su proceso tenía que golpearlo con un marro y hacer trozos pequeños.

---

# CAPITULO 5

## **Descripción del Proceso e Instalaciones, Balance de Materia y DFP después del Proyecto**

---

MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA PLANTA DE POLIACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE

Con el proyecto, las etapas del proceso y los mecanismos de reacción serán exactamente los mismos, sólo que con el arreglo de equipo propuesto, con la inclusión de equipos nuevos y con el desarrollo de nuevos sistemas de secado y enfriamiento del producto, se eliminaron los serios problemas operativos, se logró un proceso CONTINUO en la etapa de secado y se logró obtener GOMA seca tanto Normal como de APM.

Las principales modificaciones propuestas al proceso y filosofía de operación fueron las siguientes:

## **5.1 REACCIÓN**

Al reactor se harán cargas automáticas de monómero desde los tanques de almacenamiento a granel, a través de totalizadores de tipo electrónico. Las cargas serán exactas y se evitarán los riesgos de disparo de reacción por ajustes erróneos en la mezcla de reacción.

La mezcla de solventes recuperados se realizará a través de tanques medidores y/o de almacenamiento de mezclas evitando el manejo de tambores y el riesgo de derrames de solventes.

Las cargas tanto de peróxido de hidrógeno como del bicarbonato de sodio seguirán siendo manuales; pero a través de un embudo de doble válvula al reactor.

Las temperaturas de operación no cambian; pero el tiempo de reacción será controlado a través de un sistema de medición continua de viscosidad (6.1), ya que se ha encontrado que la viscosidad del polímero es función directa de la conversión, con lo que se logró reducir hasta en 30 minutos cada ciclo de reacción.

## **5.2 AGOTAMIENTO**

En esta etapa del proceso es en donde se introduce el primero de los tres cambios operativos más importantes que propone el proyecto (6.2) ya que, en lugar de hacer la destilación por arrastre de vapor en el reactor, el proyecto instaló tres tanques (en lugar de dos), diseñados a presión y que tienen una doble función "AGOTAR Y LAVAR" el polímero.

De tal forma que permiten utilizar el reactor para una sola operación: "REACCIÓN" quedando la secuencia de agotamiento; lavado y alimentación a secado a tres tanques destinados para este fin, de tal forma que la secuencia de los tanques agotadores-lavadores queda de la siguiente forma:

<b>CICLO</b>	<b>TANQUE 1</b>	<b>TANQUE 2</b>	<b>TANQUE 3</b>
Primero	Agotamiento		
Segundo	Lavado	Agotamiento	
Tercero	Alimentar al secador	Lavado	Agotamiento

Con la secuencia anterior, se logra que inmediatamente después de tres lotes producidos después del arranque de la planta, la alimentación al secador sea en forma continua.

Para garantizar que el proceso no se defase, en cada una de las etapas y mantener la calidad del producto; se instaló un sistema automático de control para cada tanque y uno más que los entrelaza, mediante un Controlador Lógico Programable (PLC) se permitirá tener una secuencia totalmente automática y exactamente igual para cada uno de los tres tanques.

Por otro lado se cambió el sistema de eliminación de agua de lavados teniendo en los tres tanques sistemas atmosféricos de desagüe.

En la etapa de tratamiento y recuperación de mezclas, se habilitaron tanques especiales para cada una de las soluciones a preparar de Sales con calentamiento en uno de ellos. El proyecto habilitó uno de los tanques lavadores disponibles (No. 1) como destilador de la mezcla recuperada agua y metil etil cetona; con esto se evitó el manejo de tambores y el envío de los mismos a destilar a otra parte del Complejo, teniendo integrados todas las etapas del proceso en una sola área acondicionada para el manejo de solventes y no "transportar riesgos" a diferentes partes del Complejo.

### **5.3 LAVADO**

Como ya se mencionó, la operación de lavado se integra con la de agotamiento en un mismo tanque. Ahora las cantidades de agua dosificada, los tiempos de agitación y reposo, el control de temperatura en el lote y el conteo de ciclos de lavado son realizados en forma secuencial y automática a través de un enlace de cada uno de los tres tanques con un sistema central de control (6.3). La descarga del agua de lavado se hace en forma también automática y los tubos de descarga serán colocados a diferentes alturas accionándose la válvula correspondiente para el nivel de agua con GOMA de APM o GOMA Normal.

### **5.4 SECADO**

En el sistema de secado se introduce el segundo cambio importante en la filosofía de operación (6.4), ya que se sustituyeron los secadores de rodillos No. 1 y No. 2 por un equipo de capacidad superior y tecnología de punta.

Este equipo de secado es de película fina descendente; en este equipo se pueden manejar indistintamente GOMA Normal y GOMA de APM, dadas sus condiciones de diseño el equipo ocupa la mitad de espacio que ocupan actualmente los secadores de rodillos.

Para demostrar la funcionalidad de dicho sistema de secado, fué necesario comprar e instalar un equipo a nivel piloto, en el cual se desarrollaron todas las pruebas necesarias para el diseño del equipo a nivel industrial. Este equipo dio tan buenos resultados a nivel piloto, que se tomó la decisión de integrarlo a la planta productiva en operación normal.

Por lo que se dejaron las facilidades para mantener en operación en forma paralela al secador industrial uno de los secadores de rodillos y el secador de película fina "piloto".

Este cambio tecnológico es de aplicación única para fluidos viscosos por lo que requirió de una interacción estrecha con el proveedor del equipo.

En el sistema de envasado del producto se introduce la última de las tres modificaciones importantes al proceso propuestas y desarrolladas por el proyecto.

Este cambio consiste en la instalación de un sistema de enfriamiento de GOMA que permitirá obtener el producto en forma de escamas (6.5). Con la instalación de este sistema de enfriamiento se obtiene en lugar de cubetas de 50 Kg. con producto en su interior a 120-100 °C; sacos de 30 Kg. con producto en escamas formadas por tiras de 2 cm. de ancho por 1-2 mm. de espesor a temperaturas de 20-30 °C.

Esto también evita la degradación de producto por esfuerzo térmico y facilita la incorporación de la GOMA al proceso de nuestros clientes.

## 5.5 BALANCE DE MATERIA

El balance de materia calculado según los rendimientos reales a nivel industrial; para la GOMA de APM se puede resumir como sigue:

PRODUCTO	ALIMENTACIÓN KG.	REACCIÓN KG.	AGOTAMIENTO KG.	LAVADO KG.	SECADO KG.
GOMA	0.0	1585.0	1585.0	1585.0	1585.0
VAM	1851.0	50.3	0.5	0.2	0.0
MEK	225.7	225.7	2.2	1.1	0.0005
ADE	677.2	677.2	6.7	3.3	0.0005
AGUA DI	82.9	93.8	1188.5	342.8	15.85
PERÓXIDO	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0
BICARBONATO	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AC. ACÉTICO	0.0	11.5	3.7	1.1	0.18
ACETALDEHIDO	0.0	2.6	0.8	0.2	0.05
TOTAL	2646.1	2646.1	2646.1	1933.7	1601.0

Ver en el anexo I el Diagrama de Flujo de Proceso (DFP).

Para entender mejor los cambios y mejoras propuestas por el proyecto se describirán las instalaciones y el "porqué" de cada modificación en forma modular, según las etapas del proceso y se pueden identificar cada equipo en el diagrama de flujo de proceso correspondiente.

## **5.6 NUEVAS INSTALACIONES EN REACCIÓN**

### **5.6.1 Agitador del reactor (1-024)**

Este equipo presenta actualmente problemas de operación en la parte del sello, estos problemas fueron originados por la operación continua del reactor con GOMA de APM, ya que este agitador no fué diseñado originalmente para el manejo de dicho producto y la diferencia tan alta de viscosidad entre el polímero Normal y el de APM, originó que la flecha se torciera por el alto esfuerzo mecánico al que fué sometida, ocasionando:

- Ruido excesivo y superior a 120 dB en el área de reacción.
- Fuga de solventes por el sello.
- Movimiento excéntrico de la flecha y mal patrón de agitación.

Al ser este equipo el único que podía realizar la función de lavado de la GOMA de APM, se hacía cada vez menos posible la producción de esta especialidad y se comenzaba a observar una tendencia a la baja en la participación de mercado de este producto.

### **5.6.2 Condensador del reactor (1-002)**

El fabricar polímero de APM implicaba hacer cargas del 50% en el reactor para evitar los disparos de reacción, ya que el anterior condensador no podía remover el calor generado por la reacción de polimerización a plena carga.

Se instaló un equipo con mayor área de transferencia de calor, evitando con esto: que cuando se fabrique GOMA de APM no se tengan disparos de reacción, no se tengan que cargar lotes del 50% de la capacidad del reactor para asegurar el adecuado control de la misma y que cuando se fabrique GOMA Normal se pueda cargar el reactor en un 10% más de su capacidad actual de carga, con el consecuente incremento de capacidad en la planta (Ver anexos hoja de datos).

### **5.6.3 *Extractor de aire del cuarto de reacción***

Por recomendación del grupo HAZOP integrado para el proyecto y de la SEDESOL se instaló un sistema de extracción de solventes en el área de reacción, con esta acción, los niveles de exposición a vapores tóxicos y los niveles de explosividad se redujeron.

### **5.6.4 *Intercambiador de calor del reactor (1-028)***

Se instaló un equipo nuevo de características similares.

### **5.6.5 *Medidor continuo de viscosidad del reactor***

Este sistema continuo de viscosidad en el reactor permite monitorear el avance de la reacción a través de la viscosidad, éste ha demostrado ser un sistema más confiable para determinar el final de la reacción. Este sistema fué desarrollado a nivel piloto por el grupo de Investigación y Desarrollo y Proyectos de la Compañía; por lo que no se tuvo ningún problema durante su arranque a nivel industrial.

### **5.6.6 *Tanques medidores (1-039, 1-040 y 1-041)***

Se instalaron dos tanques medidores adicionales que evitaron el manejo de excesivo de tambores con solventes, disminuyendo los riesgos de derrames y cargas inexactas al reactor. Estos tanques hacen la función de almacenar y medir dichas mezclas recuperadas y de acuerdo al arreglo de equipo, se podrán manejar mezclas con monómero y metil etil cetona (para la GOMA Normal) o mezclas con monómero, metil etil cetona y acetato de etilo (para la GOMA de APM).

### **5.6.7 Fosa de vomitados (1-070)**

Se construyó una fosa de vomitados conectada a los discos de ruptura del reactor evitando que cuando haya disparo de reacción, la GOMA y solventes salgan violentamente y se extiendan en un radio de 100 m. al rededor del reactor. Con esto se evitarán riesgos de explosiones y quemaduras en el Complejo.

## **5.7 NUEVAS INSTALACIONES EN AGOTAMIENTO Y LAVADO**

### **5.7.1 Tanques lavadores-destiladoras (1-003, 1-004 y 1-005)**

Con la nueva filosofía de operación, estos tanques realizan una función triple; primero, la destilación por arrastre de vapor de la mezcla de reacción; segundo, los ciclos de lavado de la GOMA y por último sirven como tanque de almacenamiento previo a la alimentación del secador de película delgada.

Estos tanques están diseñados a presión y cuentan con un sistema de inyección de vapor directo al lote para la destilación por arrastre de vapor y un sistema de calentamiento por chaqueta, para mantener caliente la mezcla de GOMA y agua durante los lavados y la GOMA antes de entrar al secador de película fina.

El sistema de lavados es en forma atmosférica, colocando dos tubos de desagüe paralelos a diferentes alturas; esto permite eliminar el volumen de agua remanente de cada lavado, en función del tipo de producto que se esté procesando sin tirar GOMA en exceso.

Los tanques lavadores-destiladores, cuenta con un Controlador Lógico Programable (PLC) que coordina las tres funciones y ajusta los tiempos y cantidades de materiales y servicios que requiere cada lote en forma automática. A su vez, cada PLC de estos tanques está conectado a un PLC general, que controla y coordina las tres etapas de cada uno de ellos en forma secuencial y automática (Ver en anexos hoja de datos).

### **5.7.2 *Agitadores de los tanques lavadores-destiladores (1-025, 1-026 y 1-027)***

El sistema de agitación en estos tanques será diseñado para el manejo de GOMA Normal como de APM, la potencia del motor así como las características de la flecha y los impulsores, evitarán que se tengan los problemas similares a los del Reactor.

### **5.7.3 *Condensador de sistema de agotamiento (1-031)***

El anterior condensador del reactor es el equipo que hace esta función, bajo estas circunstancias el uso del equipo no es crítico como en reacción y puede realizar perfectamente la función de condensar las mezclas sin ningún problema. Este equipo dará servicio a los tres tanques lavadores-destiladores sin que se interrumpa la secuencia de operación.

### **5.7.4 *Calentadores de placas (1-030 y 1-074)***

Se instalaron dos calentadores de placas que dan servicio al reactor, a los tres tanques lavadores-destiladores y a los tanques de preparación de mezclas. En operación normal sólo funciona uno de los dos calentadores y el otro es de repuesto ya que la secuencia se torna crítica si llega a fallar este servicio.

### **5.7.5 *Tanque de recuperación de GOMA (1-023)***

La GOMA que anteriormente se tiraba después de cada lavado y que en algunas ocasiones llegaba a ser hasta de 30 Kg. por lavado, es recuperada en este tanque de acero inoxidable encaquetado y después reprocesada. El objetivo del tanque es doble, primero recuperar la gran cantidad de GOMA que se desperdiciaba por lavados y segundo eliminar la única fuente de desechos sólidos que tenía la planta.

#### **5.7.6 Tanques de preparación de sales (1-036 y 1-037)**

Estos tanques de preparación de sales están contruidos en acero inoxidable, cuentan con un agitador independiente cada uno, el tanque de preparación del bicarbonato de sodio cuenta con un serpentín como sistema de calentamiento para mantener la mezcla a los 60°C que requiere el proceso. Estos tanques fueron colocados a 2 m. del nivel de piso de reacción para que la alimentación al reactor sea por gravedad.

#### **5.7.7 Destilador de metil etil cetona (1-045)**

El anterior tanque lavador No. 1 reunía las características necesarias para realizar dicha función, este tanque por contar con un diseño a presión y sistema de calentamiento no necesitó mayor adaptación que su relocalización. Con este equipo también fueron relocalizados sus líneas periféricas, condensador y sistema de calentamiento. Aunque el equipo está en perfecto estado, realizaron pruebas hidrostáticas y de ultrasonido para medición de espesores y se dio aviso a las Secretaría del Trabajo del cambio de servicio del equipo.

Con la habilitación de este equipo, la integración de la planta en una sola área de trabajo quedó completa y se eliminó el manejo de tambores de mezcla para destilar.

### **5.7.8 Tanque de almacenamiento de mezcla agua y metil etil cetona (1-043)**

Después de haber realizado el tratamiento de la mezcla recuperada en el agotamiento, es necesario almacenar la fase pesada que es agua y metil etil cetona para su posterior destilación. Esta mezcla contiene un 10% de solvente, que aunque no puede recuperarse totalmente en planta por ser esta una mezcla azeotrópica, pueden alcanzarse a recuperar hasta 7 u 8% del contenido del solvente y reducir a un mínimo las condiciones de descarga de agua contaminada con MEK, que anteriormente era práctica común dentro de la planta.

## **6.8 NUEVAS INSTALACIONES EN SECADO**

### **5.8.1 Evaporador de película fina descendente (1-007)**

Este equipo constituye uno de los cambios más importantes que propone el proyecto y que como principales beneficios se pueden citar los siguientes:

- a) Aumento de capacidad.
- b) Flexibilidad en la operación, ya que puede manejar indistintamente GOMA Normal y GOMA de APM.
- c) Mejora la presentación del producto.
- d) Reduce el consumo de servicios (vapor y energía eléctrica).

Este equipo fué diseñado directamente por el fabricante en todas sus partes y periféricos con los datos fisicoquímicos proporcionados por la planta. Por ser estos equipos de fabricación especial, el Lay-Out del equipo fué de acuerdo a la disponibilidad de espacio en la planta. Este secador cuenta con un sistema automático de control que mantiene condiciones óptimas de alimentación de GOMA y servicios durante todo el proceso.

Para el diseño del equipo se tomaron todos los datos experimentales obtenidos a través de la operación continua del equipo piloto.

### **5.8.2 Banda de enfriamiento (1-081)**

Este equipo es otro de los cambios generados por el proyecto, el uso o aplicación de este sistema fué desarrollada, totalmente por recursos internos de IRSA. Esta banda de enfriamiento logró eliminar los problemas de degradación térmica del producto, manejo complicado de cubetas de 50 Kg. y nos colocó en una posición ventajosa ante la competencia ; ya que el cliente incorporará más fácil nuestro producto a su proceso.

---

# CAPITULO 6

## Modernización Tecnológica

---

MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA PLANTA DE POLIACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE

MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS

FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

## 6.1. CONTROL DEL FIN DE LA REACCIÓN POR MEDIO DE LA VISCOSIDAD

El final de la reacción estuvo determinado por más de 25 años por cierta cantidad de tiempo después de haber logrado la temperatura de activación, dejando transcurrir de 4 a 5 horas la supuesta polimerización del producto, antes de que se continuara con la siguiente operación.

Los trabajos del grupo de Investigación y Desarrollo de IRSA plantearon como posibles parámetros determinantes en el avance de la reacción: el contenido de sólidos y la viscosidad.

El primero de ellos fué descartado después de analizar las alternativas y dificultades para obtener una muestra de la mezcla de reacción (en pleno proceso) y determinar en ella el contenido de sólidos. Ya que se tiene una mezcla de solventes volátiles y explosivos y no puede abrirse el reactor y aunque se pudiera obtener por alguna válvula de muestreo el tiempo de la determinación hacían inoperante el determinar con exactitud el tiempo de finalización de la reacción.

Por otro lado, se analizó la posibilidad de instalar un sistema de monitoreo continuo de viscosidad, para lo cual se evaluó un equipo existente en el mercado con las características que a continuación se mencionan.

### **6.1.1. Generales**

El sistema de viscosidad está diseñado para la medición y/o control continuo de la viscosidad de un proceso. Este tipo de detectores de viscosidad pueden ser instalados directamente en tanque o en líneas de proceso, sin necesidad de tomar una muestra para su análisis en laboratorio. La respuesta es inmediata y continua.

El rango de medición puede ser muy amplio en función de los requerimientos del proceso y puede manejar fluidos Newtonianos y No Newtonianos.

### **6.1.2. Detector**

El detector puede insertarse directamente en el recipiente o equipo de proceso o en líneas, estando siempre en contacto con fluido de interés. El elemento motriz del instrumento se excita a una frecuencia de 120 ciclos por segundo (estator), esto produce un campo de pulsación magnético provocando en el elemento sensor una vibración a una frecuencia de 120 ciclos por segundo.

La vibración mecánica es transmitida por un alambre soldado de punto de referencia a un detector.

Por lo tanto la varilla utilizada como elemento sensor (inmersa en el fluido) está sincronizada a la misma frecuencia de vibración que el elemento motriz. La amplitud de la vibración de la varilla depende pues, de la viscosidad del medio de proceso.

Si la viscosidad del proceso se incrementa, la resistencia al movimiento de vibración también se incrementa y la amplitud de la vibración disminuye. Y en caso contrario, si el proceso disminuye de viscosidad, la amplitud de la vibración en la varilla de muestra se incrementa.

La vibración mecánica de la prueba es transmitida a través de un segundo alambre soldado del elemento de prueba al mismo detector.

La recepción de esta señal en un campo magnético permanente induce un voltaje de 120 cps AC el cual es proporcional en magnitud de la amplitud de la vibración. Por lo tanto el voltaje generado en elemento receptor es una medida directa de la viscosidad del medio de proceso.

### **6.2.3. Convertidor**

La señal de salida del detector es alimentada en un convertidor, que hace la función de enviar señal de salida de 4-20 mA compatible con registradores y controladores eléctricos.

El convertidor de señal contiene en su interior una fuente de poder regulada para el detector.

El panel de control permite al usuario fijar el punto de referencia en viscosidad.

### **6.1.4. Compensación por temperatura**

Este equipo también puede realizar compensación en la variación de la viscosidad por cambios en la temperatura del proceso. Esta compensación por temperatura se realiza a través de un elemento de temperatura (bulbo de resistencia) conectado directamente al convertidor, esta conexión elimina el efecto de la temperatura en la viscosidad y la resultante es una medición de viscosidad la cual ha sido corregida por variaciones de la temperatura en el proceso.

**6.1.5. Especificaciones**

**DETECTOR**

A prueba de explosión :	Clase 1, Grupo D, División 1
Rango de presión :	1,000 PSIG @ 100°F
Rango de temperatura :	300°F
Conexión a proceso :	3/4" NPT
Conexión eléctrica :	3/4" NPT

**CONVERTIDOR**

Suministro de energía :	118 V, 60 Hz, 25 VA
Protección :	Propósitos generales en cuarto de control
A prueba de explosión :	Clase 1, Grupo D, División 2
Salida :	4-20 mA.

El trabajo desarrollado por el grupo de Procesos, Proyectos e Investigación y Desarrollo consistió en probar dicho equipo a nivel piloto antes de implementarlo a nivel industrial. Estas pruebas facilitaron el arranque de la planta con este sistema.

El impacto económico de esta innovación representa para la Compañía un ahorro de tiempo de 30 minutos por ciclo de reacción y tomando como base un promedio de 3 ciclos diarios, la mejora al año representa aproximadamente 60 barcadas adicionales; o sea 97 Toneladas por año adicionales.

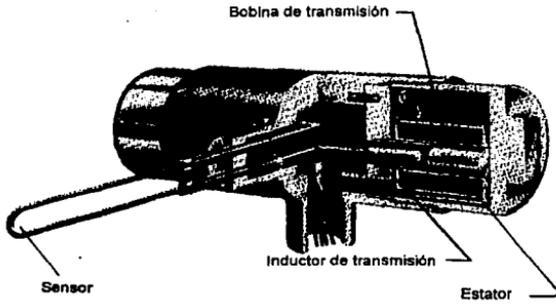


Fig. 6.1.1 Detector de viscosidad (elemento primario).

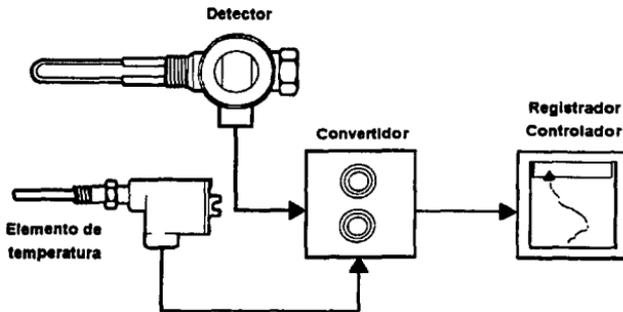


Fig. 6.1.2 Arreglo típico para control de viscosidad.

## 6.2. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN EN LAVADORES-DESTILADORES

El sistema con que contaba la planta de GOMA hasta antes del proyecto era de forma tal, (secuencia de operación, equipos de diferentes capacidades y sistemas de operación distintos) que los tiempos de proceso de cantidades iguales de GOMA en cada uno de ellos llegaba a variar entre una y dos horas.

Además de que el reactor limitaba la capacidad de la planta, ya que además de ocuparse para reaccionar tenía que hacer la destilación por arrastre de vapor.

El sistema de trabajo de la planta en el reactor y en los dos lavadores disponibles hasta antes del proyecto puede resumirse como sigue:

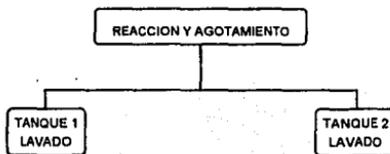


Fig. 6.2.1 Arreglo para reacción, agotamiento y lavado antes del proyecto.

Bajo este esquema era imposible obtener un incremento de capacidad de la planta que permitiera abastecer el mercado Nacional y mucho menos dar la facilidad para la fabricación de especialidades y atacar nuevos mercados.

Después de analizar los tiempos de proceso requeridos para las etapas de destilación por arrastre de vapor y lavado (incluyendo los 8 o 10 ciclos) se llegó a un esquema óptimo de trabajo que permitiera utilizar el reactor únicamente para "reaccionar" el polímero y dejar los ciclos de destilación por arrastre de vapor, lavado y alimentación a secado para tres equipos idénticos que hicieran en forma secuencial las mismas operaciones.

El arreglo propuesto por el proyecto permite tener un sistema de operación como el siguiente:

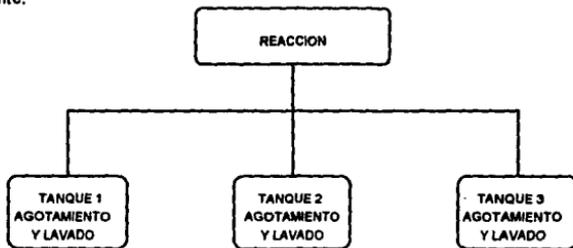


Fig. 6.2.1 Arreglo para reacción, agotamiento y lavado después del proyecto.

Bajo el esquema anterior cada lote de reacción se enviará al terminar la misma, a uno de los tres tanques lavadores-destiladores disponibles, de tal forma que al inicio de las operaciones de la planta el Tanque 1 recibirá el LOTE 1 de la mezcla de reacción para destilarla por arrastre de vapor, mientras que en el reactor se procesa el LOTE 2 y al terminarlo se envía al Tanque 2, en este momento el Tanque 1 inicia la secuencia de lavados, el Tanque 2 la destilación por arrastre de vapor y el reactor inicia el proceso del LOTE 3.

Así al llegar al terminar el tercer lote de reacción cada uno de los equipos se encuentra haciendo cada una de las operaciones del proceso, tal y como puede apreciarse en el diagrama siguiente:

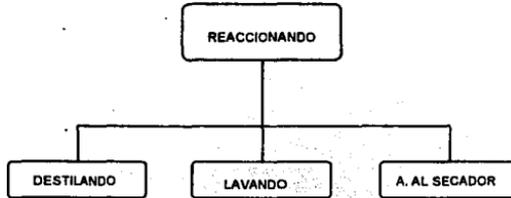


Fig. 6.2.3 Secuencia final de operación después del proyecto

De tal forma que al producir las primeras tres barcadas después de cualquier arranque de planta, la operación general, la alimentación a secado y por lo tanto el producto terminado, se obtiene en forma: **CONTINUA**.

### **6.3. SECUENCIA DE CONTROL EN DESTILADORES - LAVADORES**

Anteriormente el contar con dos tanques de lavado, no permitía a los operadores realizar la operación de lavado en forma sencilla, ya que el mismo operador encargado del área de reacción se encargaba de hacer el agotamiento.

El sistema de lavado en estos equipos se realizaba de la siguiente manera:

#### **6.3.1 LAVADOR 1 (A presión)**

Se recibía la mezcla de reacción ya agotada y se agregaban de 700 lts. a 800 lts. de agua (viendo el nivel en una marca), se agitaba por espacio de 20 minutos, se dejaba reposar 15 minutos; todas estas operaciones con la entrada-hombre del tanque abierta. Se cerraba la entrada-hombre y se presionaba el tanque a 1 Kg/cm<sup>2</sup> con aire de planta, a esta presión se abría una válvula colocada en la parte superior del tanque y se eliminaba el agua por efecto de sifón. Para realizar el siguiente ciclo de lavado el operador tenía que abrir nuevamente la entrada-hombre del tanque para poder ver el nivel de agua del siguiente lavado. Cabe mencionar que los tiempos tanto de agitación como de reposo de la GOMA nunca eran los mismo y el operador podía acortarlos o alargarlos según su criterio y grado de concentración en el proceso.

#### **6.3.2 LAVADOR 2 (Atmosférico)**

En este equipo no cabía la totalidad de la mezcla de reacción (sólo cabía el 85% o 90%), por lo que tenía que bajarse el resto del material a tambores y procesarlo en el siguiente ciclo, esta era la primera variación importante entre un equipo y otro.

La adición de agua, los tiempos de agitación y de reposo se hacían de la misma manera que en el Tanque 1. La diferencia principal era que en el Tanque 2 la descarga del agua de lavados se realizaba por la parte inferior quitándole un tapón a la línea de descarga.

Para determinar si el producto ya se encontraba dentro de la acidez requerida, se mandaba muestra al Laboratorio de Control de Calidad (LCC) para su análisis y durante el tiempo que duraba la determinación en el laboratorio (1 Hr. aproximadamente) se le hacía un lavado adicional al producto, independientemente del resultado que pudiera enviar Control de Calidad.

Todas estas variaciones podían llevar hasta un proceso de 7 a 12 ciclos, con consumos de agua desde 500 lts. hasta 900 lts. por lavado y contenidos de acidez desde 0.01% hasta 0.05%.

Además de las fuertes variaciones en los tiempos de producción obvias como resultado de las ineficiencias anteriores y que mantenían siempre muy estrecho el margen para entrega del producto con el cliente.

Un diagrama sencillo del estado anterior de los tanques lavadores podría ser el siguiente:

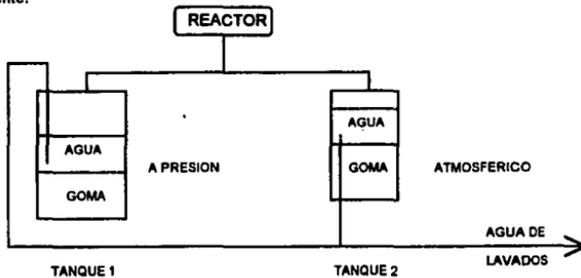


Fig. 6.3.1 Diagrama de operación en lavadores antes del proyecto.

#### 6.3.4 NUEVA SECUENCIA DE DESTILACIÓN Y LAVADO

Para garantizar el éxito de tener un proceso **CONTINUO** en la etapa de secado era indispensable que tanto la destilación por arrastre de vapor o agotamiento y el lavado del polímero fueran "exactamente" iguales en tiempos y flujos. Sólo con etapas iguales, se eliminaría el riesgo de que en algún momento de la secuencia, el proceso se interrumpiera con la consecuente afectación al flujo continuo pretendido en la descarga del secador.

La complejidad de las operaciones de agotamiento y lavado, así como la implementación de un tercer tanque lavadores, condujeron al diseño de un sistema de control que permitiera desarrollar todas estas operaciones en forma automática, siendo las tres únicas decisiones del operador en la secuencia:

1. **Determinar si el producto que se va a procesar es GOMA Normal ó GOMA de Alto Peso Molecular.**
2. **El momento de abrir la válvula de fondo del reactor.**
3. **El momento de inicio del ciclo de agotamiento, lavado y alimentación al secador.**

Este sistema de control se conceptualizó mediante tres Controladores Lógicos Programables (PLC's) que llevan la secuencia de cada tanque y a su vez están sincronizados con un PLC central que coordina las funciones de los tres equipos.

Las variables que se definieron como críticas para la implementación de un sistema semi-automático de control fueron:

⇒	<b>Tiempo</b>
⇒	<b>Flujo</b>
⇒	<b>Temperatura</b>
⇒	

El sistema de automatización de las operaciones de agotamiento y lavado tiene como objetivos principales:

**A. Reducir variaciones en tiempos de proceso.** Ya que un "contador de tiempo" registrará cada sub-operación y no habrá diferencias entre un lote y otro en cuanto a esto se refiere.

Este sistema aplicará para:

- a) **Tiempos de Agotamiento.**
- b) **Tiempos de Agitación.**
- c) **Tiempos de Reposo.**
- d) **Tiempos de Descarga.**
- e) **Número de Lavado.**

**B. Reducir las variaciones en cantidades cargadas.** Los sistemas de control y totalizadores permitirán reducir a su mínima expresión, los errores e inexactitudes, que implica cargar dos equipos en forma simultánea. Estos sistemas de cuantificación aplica para:

- a) Flujos de vapor.
- b) Cantidades de agua de reposición en agotamiento.
- c) Cantidades de agua en cada lavado.

**C. Lograr las temperaturas necesarias para cada sub-operación.**

Con esta tercera variable de control, cada lote es procesado bajo condiciones idénticas; eliminando variaciones en la temperatura de proceso y garantizando la fluidización total del producto. Este sistema aplica para:

- a) Temperaturas de agotamiento.
- b) Temperatura de agua de reposición.
- c) Temperatura de agua en los lavados.
- d) Temperatura de la GOMA antes de llegar al secador.

Las anteriores fueron las tres variables que se definieron como "críticas" o principales dentro de esta fase y al mantenerlas bajo control; el producto y/o operaciones que se obtienen cuentan con las siguientes características:

1. Recuperación máxima de solventes.
2. Eliminación del ácido acético y acetaldehído de la GOMA dentro 8 ciclos lavado.
3. Homogeneidad en color de la GOMA.
4. Estandarización y optimización de los tiempos de proceso.

5. Homogeneidad en especificaciones del producto.
6. Cumplimiento con programas de producción y entrega a clientes en tiempo y calidad.

A continuación se describe la secuencia de operaciones que se realizan en forma automática (a excepción de que se indique lo contrario),

### 6.3.5 DESTILACIÓN

- a. El operador selecciona el número de tanque disponible; recordando que existen tres equipos iguales y que sólo a uno de ellos se podrá direccionar la mezcla de reacción; consistente de polímero, agua y residuos de monómero y solventes.
- b. El operador indica al PLC el tipo de GOMA que se ha reaccionado (Normal ó APM). Esto básicamente se ha instrumentado como procedimiento de seguridad, ya que, el volumen de polímero generado en cada reacción es diferente; menor en el caso de GOMA Normal y mayor en de GOMA de APM
- c. El operador mediante el simple accionar de una estación de botones en tablero de control arranca el ciclo para el tanque seleccionado y según el tipo de polímero procesado.

En este momento se desencadena una secuencia ordenada y controlada de pasos para las tres etapas coordinadas del proceso:

1. Se alinea la válvula de paso **SV-003-20** que dirigirá el flujo de la mezcla de reacción desde el reactor hacia el tanque agotamiento seleccionado.

**NOTA :** El número indicado con negritas dentro de la clave de los equipos e instrumentos usada en los diagramas de tuberías e instrumentos; indica que puede variar según el tanque lavador-destilador seleccionado; ya que existen tres equipos idénticos **1-003, 1-004 y 1-005**. Para efectos didácticos sólo se hará referencia al los instrumentos asociados al **1-003**. Esto quiere decir que el ejemplo del primer punto; existen tres válvulas que hacen exactamente la misma función en equipos diferentes: **SV-003-20, SV-004-20 y SV-005-20**.

Si no se marca una clave con negritas indicará que estos son equipos o instrumentos únicos; que dan servicio a toda la planta de GOMA.

2. Se abre la válvula **SV-001-07** del fondo de reactor. Esta válvula es de tres posiciones (pistón neumático); la primera de ellas es mantener cerrado el reactor exactamente al mismo nivel de las paredes del tanque durante la etapa de carga de materias primas y durante la reacción; la segunda posición consiste en desarrollar 6" de carrera hacia el interior del reactor y romper la película de polímero que por gravedad tiende a sedimentarse al fondo del reactor y obstruir la boquilla de descarga del mismo; la tercera posición es de retraer 6" sobre el nivel de las paredes del reactor el pistón; con el objeto de permitir que una vez rota la película de polímero sedimentada; este fluya por gravedad a los destiladores.

3. Se abre la válvula SV-003-02 que direccionará el flujo de vapores de monómero y solventes desde el tanque seleccionado hasta el condensador 1-031.
4. Se inicia la inyección de vapor de arrastre directo al lote mediante la apertura de la válvula de vapor SV-003-14.
5. Mediante un controlador de temperatura TRC-003-11 se inicia una rampa de calentamiento de 2:45 hrs. hasta lograr 92 °C requeridos por el proceso. Al llegar la temperatura del lote a 92 °C; será indicativo de que la mayor proporción de componentes en el destilador es agua, siendo 92 °C el punto de ebullición del agua para la Cd. de Lerma.
6. Durante estas 2:45 hrs. se adiciona agua deionizada de reposición en forma constante a través de un controlador de nivel LS-003-21, para compensar el nivel de líquido por los solventes extraídos durante la destilación y permitir que el material se pueda agitar fácilmente en el interior de los destiladores.
7. Una vez alcanzados los 92 °C contador de tiempo deja transcurrir la inyección de vapor de arrastre por espacio de una hora y al finalizar se cierra la válvula de alimentación de vapor directo al lote SV-003-14 y se mantiene la temperatura del lote en 92 °C mediante el uso de la chaqueta.
8. Se deja reposar el lote por espacio de 15 minutos.
9. Se cierra la válvula de salida de vapores SV-003-02.

10. Se elimina el agua de la fase superior mediante la apertura de la válvula SV-003-03 si se trata de GOMA Normal o de la válvula SV-003-15 si se trata de GOMA APM.

#### 6.3.6 LAVADO

El inicio de esta etapa no requiere ninguna instrucción de arranque; ya que, está sincronizada de tal forma que al acabar la operación de destilación por arrastre de vapor se inicia en automático los ciclos de lavado; consistentes en:

1. Mediante un totalizador de flujo másico FQ-030-14 se adicionan 800 Kg. de agua a 92 °C; permitiendo el paso según el equipo usado la válvula SV-003-01.
2. Se agita el lote por espacio de 15 minutos que se contabilizan en un contador de tiempo integrado al PLC.
3. Este mismo contador controlador que se encuentra conectado al agitador y deja reposar el lote 20 minutos para permitir la separación del polímero en el fondo de los lavadores y en la parte superior el agua de lavados conteniendo trazas de monómero y solventes.
4. Se descarga el agua de la fase superior mediante la apertura de la válvula SV-003-03 si se trata de GOMA Normal o de la válvula SV-003-15 si se trata de GOMA de APM.

5. Se contabilizan 8 ciclos de lavado idénticos, que también se contabilizan en el PLC y al término de éstos, el proceso se alarma avisando al operador de secado que ya tiene otro lote disponible para alimentar al evaporador de película fina descendente.

#### 6.4. SISTEMA DE SECADO

El secado del producto dentro de la planta de GOMA siempre ha sido una de las operaciones más críticas y delicadas; principalmente porque:

1. El alto esfuerzo mecánico degrada el producto generando ácido acético.
2. El alto esfuerzo térmico degrada el producto, también generando ácido acético.
3. Se necesitan temperaturas entre 95 °C y 120 °C para mantener fluido al producto.
4. Las altas viscosidades del producto retardan los flujos en los equipos.

Con todas estas limitantes no se había desarrollado en los 25 años de operación de la planta de GOMA un sistema que permitiera secar el producto a velocidades mayores de 30 Kg/hr. sin dañarlo.

Por otra parte; la viscosidad de la GOMA de APM no permitía secar en los secadores de rodillos existentes éste producto.

El estudio de equipos de secado existentes en el mercado, indicaron que una alternativa interesante para este producto podría ser un *Evaporador de Película Fina Descendente*, aunque no existía en el mercado internacional una aplicación similar en este tipo de productos.

Se realizaron contactos con las dos compañías más grandes a nivel mundial en el desarrollo y fabricación de estos equipos:

**LUWA**

**CHERRY-BURREL (VOTATOR)**

Ambos proveedores estuvieron muy interesados en el proyecto y ofrecieron rentar equipo piloto y brindar asesoría técnica para probar en México sus sistemas de secado.

Primero fué evaluado el **Luwa Evaporator** y en segundo lugar el **Votator Turba-Film-Processor**.

El principio de operación de ambos equipos es idéntico: se forma una película delgada en el cuerpo del equipo, consistente en un tubo vertical de acero inoxidable enchaquetado, se alimenta el material a secar por la parte superior y la descarga es por la parte inferior. Un sistema de aspas helicoidales a lo largo del tubo, forma una película finísima sobre las paredes del evaporador y al mismo tiempo empuja el material hacia abajo en forma de película delgada. La temperatura del equipo permite que por la parte central del cuerpo se eliminen los vapores de agua ayudándolos a salir con una bomba de vacío.

Estos equipos son mecánicamente agitados, los evaporadores de película fina hacen posible que el proceso sea continuo y se puedan procesar materiales sensibles al calor o altamente viscosos bajo condiciones controladas y sin degradación en el producto.

Por la agitación mecánica, el producto cae por las paredes térmicas formando una película delgada. Con estos equipos se pueden alcanzar altos coeficientes de masa y de calor aún con materiales muy viscosos. Esto hace aún más ventajosa la operación de evaporación por película fina descendente. Estos equipos son utilizados industrialmente en áreas en donde otro tipo de evaporadores no puede ofrecer resultados satisfactorios o consistentes.

El proceso es muy rápido y en un paso; con mínimas cantidades de producto por unidad de tiempo.

El corto tiempo de proceso o de residencia es probablemente la razón más importante de uso de estos equipos con materiales altamente sensibles al calor.

En la actualidad la principal aplicación de estos equipos se encuentra en la industria farmacéutica y alimenticia\*.

Estas experiencias han contribuido a mejorar y expandir las ventajas de los evaporadores de película delgada.

#### **6.4.1 OPERACIÓN**

El material a ser procesado entra a través de una boquilla superior en la parte más alta de la sección térmica y es distribuido en una película fina y uniforme por la acción centrífuga de un rotor con aspas. La turbulencia es impartida a la película delgada en forma de espiral descendente, induciendo altos coeficientes de transferencia de calor en el interior de la película de líquido con la consecuente formación de vapor.

El material concentrado sale a través de una descarga inferior, mientras los vapores suben a través del centro del cuerpo del equipo.

La acción de las aspas mantienen a la película delgada en continua turbulencia, previniendo el sobrecalentamiento localizado.

No existe incremento del punto de ebullición del material por cabeza hidrostática, ya que no existe acumulación de líquido en la unidad.

Sólo se procesan pequeñas cantidades de material a la vez, esto permite a los evaporadores de película fina realizar funciones en procesos críticos con sustancias sensibles a exposiciones largas de temperatura, así como productos altamente viscosos o con tendencia a formar espuma.

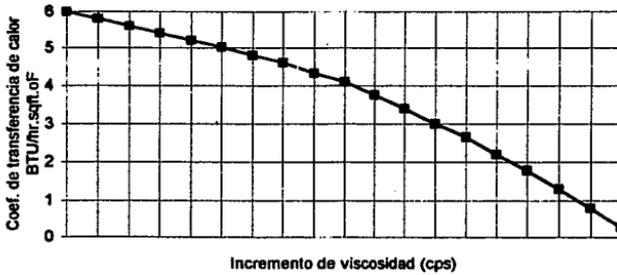
El diseño del evaporador considera muchas variables tales como temperatura, velocidad del rotor, claro entre las aspas y la pared, espesor de la pared, materiales de construcción y las propiedades físicas del material a procesar. Estas variables estas interrelacionadas y afectan en conjunto el desempeño del equipo en el proceso.

Algunas de las variables más importantes y su efecto esquemático en el equipo son:

#### **6.4.1.1 Viscosidad**

Los evaporadores de película fina generalmente operan en la región de flujo turbulento, con lo cual se explican los altos coeficientes de transferencia de calor obtenidos en estos equipos.

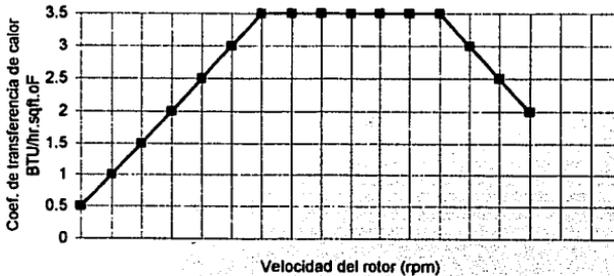
**TRANSFERENCIA DE CALOR vs. VISCOSIDAD**



**6.4.1.2 Velocidad del rotor**

Las aspas de este tipo de equipos operan entre los 30 y 50 ft/seg. logrando mayores coeficientes de transferencia de calor a velocidades menores.

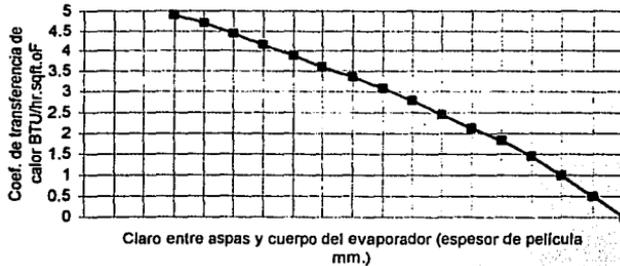
**TRANSFERENCIA DE CALOR vs. VELOCIDAD DEL ROTOR**



### 6.4.1.3 *Espacio entre aspas y pared*

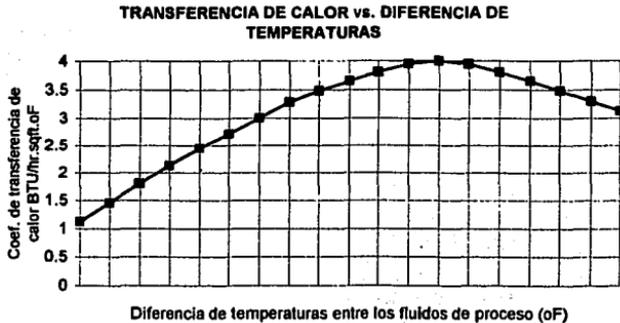
El incremento en el espacio entre las aspas y la pared del equipo disminuyen los coeficientes de transferencia de calor. Para casos especiales como el de la GOMA fué necesario realizar un diseño especial del tipo de aspas y de la separación necesaria con el cuerpo del equipo; este diseño fué realizado por el proveedor.

**TRANSFERENCIA DE CALOR vs. CLARO ENTRE ASPAS Y CUERPO**



### 6.4.1.4 *Diferencial de temperatura*

A diferencia de otros tipos de evaporadores, en los de película fina se pueden mantener en el proceso temperaturas considerablemente más altas, debido al corto tiempo de residencia y a la turbulencia constante.



#### 6.4.2 PERIFÉRICOS

##### a. Motor

El motor del rotor es acoplado por medio de bandas al eje principal, de tal forma que se le da al equipo el torque y velocidad necesaria a las aspas del sistema.

La selección de la potencia del motor y la velocidad de las aspas están basados en las necesidades del proceso.

##### b. Rodamientos y sellos superiores

El sistema de rodamientos superior del equipo es un ensamble dual. Un rodamiento de seguridad y de trabajo pesado soportan el peso total del equipo, mientras que un rodamiento de separación horizontal mantiene la alineación con el motor y la alineación de las aspas en el interior del equipo.

**c. Separador**

La sección de vapor de este tipo de equipos tiene secciones de separación las cuales mediante una combinación de principios de acción centrífuga, expansión repentina y cambios múltiples de dirección proveen al equipo de una separación eficiente de zonas de calentamiento con mínimas caídas de presión.

**d. Rotor**

El motor es de constitución muy robusta y está diseñado para trabajo pesado.

Después del maquinado final bajo las condiciones y diámetro de acuerdo a las dimensiones requeridas, el rotor se balancea dinámicamente a velocidades superiores e inferiores de los niveles de operación normal.

El rotor ya ensamblado es sometido a una prueba de presión para garantizar que no exista fuga de lubricantes y garantizar un sello hermético. Las superficies del rotor se pulen de acuerdo a las especificaciones acordadas con el cliente.

**e. Secciones térmicas**

Las secciones térmicas de los evaporadores de película delgada son fabricadas de placa sólida. Las unidades estándar son de 14" de diámetro. Todas las secciones térmicas del equipo son construidas, probadas y estampadas de acuerdo a la última revisión del ASME Sección VIII División 1.

Cuando se utilizan líquidos térmicos en lugar de vapor para el calentamiento de los evaporadores, el proveedor coloca las entradas a la chaqueta en forma tangencial y una serie de baffles internos en espiral que permiten mantener en los fluidos de calentamiento velocidades de 4 a 8 ft/seg. promoviendo la transferencia eficiente de calor y eliminando puntos o áreas inactivas.

**f. Boquilla de salida**

El diseño especial de la boquilla de descarga le imparte al producto una acción de bombeo continua hacia la parte inferior. El producto concentrado es impulsado por la fuerza centrífuga que existe en el interior del equipo y se simula una acción de bombeo hacia la boquilla de descarga.

**g. Rodamientos y sellos inferiores**

El sistema de sellos de la parte inferior es muy similar al colocado en la parte superior. Un sello doble rotatorio permite el sello de la flecha, la autoalineación y el trabajo pesado; mientras un rodamiento fija la parte inferior de la flecha. El diseño especial de la boquilla de descarga permite colocar a estas piezas externamente al proceso, por lo cual; la inspección, el mantenimiento o el remplazo de los rodamientos inferiores, se puede realizar sin desensamblar la unidad, sin remover el rotor y sin quitar líneas de proceso.

### 6.4.3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Se fabrican como estándar, en acero inoxidable 304 ó 316 todas aquellas piezas que estén en contacto con el fluido de proceso. Sin embargo, para servicios especializados pueden ser construidas en Hastelloy, Inconel, Monel u otros materiales.

Los empaques "O", son fabricados a base de goma de silicón para la mayoría de las aplicaciones.

#### 6.4.4 SISTEMA DE ASPAS

Las características del producto y del proceso han dictado la necesidad de más de un tipo de sistema de aspas y en el mercado se encuentran comercialmente dos tipos:

- a) Sistema de aspas con separación fija
- b) Sistema de aspas de Hidro-película.

##### **a. Sistema de aspas con separación fija**

Este sistema utiliza aspas fijas con una distancia predeterminada entre las paredes dando a la película una acción de fricción a la película del líquido. Se forma una banda de producto al final de la hoja del rotor, el tamaño de esta banda depende de las propiedades físicas del material. La acción de turbulencia y el mezclado impartido a la película y a su vez el cambio de la película fina a través de diferentes secciones de calentamiento, resultan en altos coeficientes de intercambio de calor. La película del líquido sobre las paredes cae en forma continua y espiral por la acción impartida por las hojas del rotor.

##### **b. Sistema de aspas de Hidro-película**

Este sistema resulta de la aplicación de dos tipos de hojas utilizados ya sean en combinación o separados según el tipo de aplicación. Las hojas de tipo plano le proporcionan al líquido un deslizamiento sobre las paredes térmicas del equipo haciendo una acción limpiadora. Una ligera ondulación o levantamiento construida en la parte terminal de cada hoja (muy similar al sistema de limpiadores de los autos) en donde la cantidad de material u onda de material levantado es independiente del espesor de la película sobre las paredes del equipo.

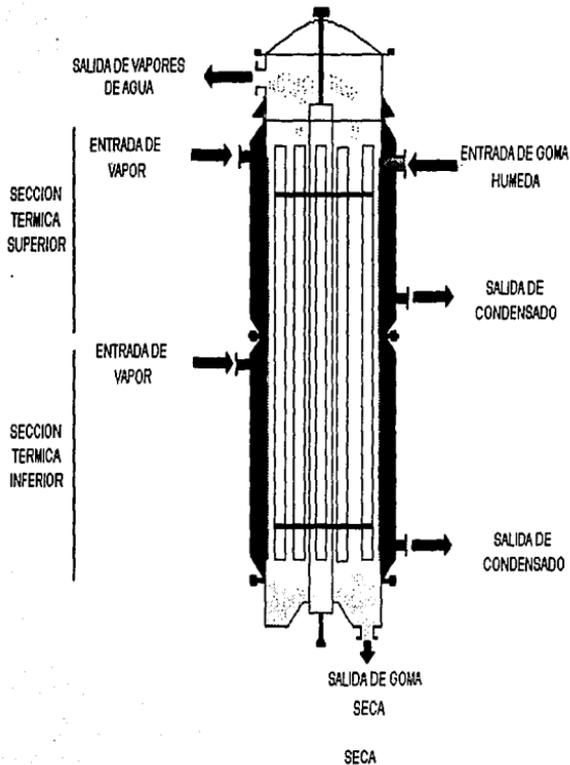


Fig. 6.4.1 Evaporador de película fina descendente.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

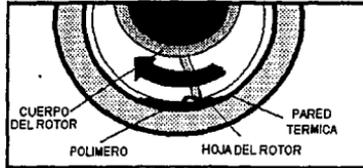


Fig.6.4.2 Formación de película al interior del evaporador.

#### 6.4.5 LUWA EVAPORATOR

Este equipo se trajo a México con un juego completo de accesorios, que incluía sus bombas de alimentación y de descarga, el rotor y el cuerpo principal. Este era un equipo vertical de 4" de diámetro interior y 1.0 m. de largo construido en SS-316. El cuerpo principal estaba enchaquetado, así como las bombas y líneas periféricas.

El evaporador llegó a México en muy mal estado ya que era un equipo que se había dado de baja de una planta en Estados Unidos y hubo necesidad de hacer un buen trabajo de mantenimiento para poder hacerlo funcionar en forma adecuada.

Durante el arranque, la gran cantidad de indicadores de temperatura que se encontraban distribuidos a lo largo del cuerpo del evaporador y de las líneas permitieron establecer un control manual excelente.

La prueba en general fué buena; pero el costo de renta del equipo y el costo de adquisición aceleraron la decisión de devolverlo sin haber probado en él la GOMA de APM.

#### 6.4.6 VOTATOR TURBA-FILM-PROCESSOR

Este equipo a diferencia del LUWA llegó a planta prácticamente nuevo y el proveedor modificó el diseño de sus aspas helicoidales de tal forma que hicieran más fácil el descenso del producto a lo largo del cuerpo del equipo.

Este equipo no contaba con bombas de alimentación y de descarga; pero la experiencia anterior con el Luwa, permitieron diseñar bombas de engranes a la entrada y a la salida del material.

Las dimensiones de este equipo son de 3" de diámetro interior y 0.75 m. de largo; igualmente enchaquetado.

Para poder probar este equipo se hicieron algunos arreglos provisionales para no interferir con la producción normal de GOMA.

Después de 5 semanas de arreglos y pruebas se logró obtener en forma continua GOMA Normal a un flujo de 38 Kg/hr. (que era el mismo de los secadores de rodillos existentes) con producto dentro de especificación en humedad.

Con este equipo ya se tenían 3 secadores operando en forma regular y fué aquí cuando se decidió comprar este equipo piloto para integrarlo a producción normal y realizar las pruebas necesarias que permitieran el diseño del equipo industrial y el secado de GOMA de APM.

El estudio del equipo y de sus componentes nos llevaron a un arreglo como el de la Fig. 6.4.1. que con un trabajo conjunto desarrollado con el Ingeniero de procesos del área se logró incrementar la producción hasta 55 Kg/Hr.

El siguiente paso sería lograr obtener con este equipo GOMA de APM seca, las principales limitantes eran que la viscosidad de la GOMA de APM hacían fluir muy lentamente el producto a lo largo del cuerpo del evaporador y al salir del mismo, la GOMA estaba quemada.

El no tener sistemas de variación de velocidad en el rotor principal y controles de temperatura en cada sección del secador dificultaron las pruebas.

Sin embargo, se plantearon pruebas con poleas incrementando y disminuyendo la velocidad en el rotor principal y seccionando el calentamiento en cada tramo de tubería, estas modificaciones permitieron obtener, después de 1 mes de modificaciones y pruebas, GOMA de APM seca a un flujo de 27.5 Kg./hr. situación que nunca se había dado en la historia de la planta.

Con todas estas experiencias, incluidas en la Ingeniería Básica y en la de Detalle, se pidieron al proveedor las siguientes mejoras al equipo industrial:

1. **Variador de velocidad en el rotor del evaporador.** Con esto, se pueden regular los flujos y el tiempo de residencia dentro del equipo en función del tipo de GOMA que se esté procesando.

2. **Variador de velocidad en bombas de alimentación y descarga.** Se puede aumentar y disminuir el flujo de GOMA al evaporador en función de la GOMA por secar.

Estas bombas en coordinación con la velocidad del rotor fijan el tiempo de residencia del producto en interior del evaporador.

**3. Bombas Enchaquetadas.** Con esto se evita que se dañen los engranes en los arranques de planta, ya que si se dejan enfriar se solidifica el producto en su interior y después es prácticamente imposible hacerlas girar.

**4. Líneas enchaquetadas con control independiente de temperatura.** Con este control más fino de temperatura se tiene un patrón adecuado a lo largo de todo el proceso de secado, evitando que el producto se quemé o degrade por alto esfuerzo térmico.

**5. Mirilla en la parte superior e inferior del equipo.** Estas mirillas permiten a los operadores sensibilizarse del estado de saturación que tiene el equipo, ya que puede estar trabajando en seco o sobresaturado. Estas mirillas son sólo de referencia, ya que el equipo cuenta con un sistema de control automático de flujo.

**7. Sistema de lubricación de sello del rotor lubricado con glicerina.** Este sistema permite lubricar y enfriar el sello del rotor, en el equipo piloto el sello se hacía con agua de planta; pero el alto contenido de sales provocó una incrustación rápida de la parte superior del evaporador.

**8. Bomba de vacío.** La succión de esta bomba está colocada en la parte superior del evaporador y facilitará o inducirá la extracción de vapores de agua sacandolas del interior del secador más rápido que por inducción propia.

**9. Equipo principal y accesorios montados en una estructura .** Dada la disposición de espacio ; el equipo deberá venir montado en una estructura metálica especialmente diseñada para la disponibilidad de espacio de la planta.

**10. Sistema de control.** El proveedor del equipo; Cherry-Burrel, fué el responsable de diseñar y garantizar un sistema de control tal que permitiera obtener seca y dentro de especificación de acidez y color la GOMA normal y la GOMA de APM.

Por experiencia, al proveedor se le solicitó la **Garantización de un Servicio de secado polímero de acetato de vinilo (GOMA) Normal y de APM** y no la **Garantización de Equipos**. Esta situación implicó un trabajo estrecho con los ingenieros de diseño de Volator.

## 6.6. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Este sistema de enfriamiento surgió como una necesidad de facilitar al cliente la incorporación de la GOMA a su proceso, ya que anteriormente el cliente recibía cubetas de 50 Kg. de producto, que después de enfriarse formaba una pasta muy dura que tenía que incorporar a su proceso rompiéndola con marro y después integrándola en trozos más pequeños a su proceso.

La única forma de lograr esta incorporación de manera sencilla para el cliente era enfriar la GOMA en pequeños trozos antes de empacarlo.

Aunado a los problemas de dificultad en la incorporación del producto en el proceso del cliente hubo algunas reclamaciones por no cumplir la especificación de acidez en el producto, situación que extrañó de sobremana al personal de planta, ya que, en teoría no se liberaba ningún lote hasta que se alcanza la especificación de 0.05% de acidez, después de cierta cantidad de lavados.

De analizar muestras de producto, se encontró que a los 3 días de enfriamiento, la GOMA en el interior de las cubetas todavía se encontraba a 28°C en promedio y con un color amarillo muy notorio.

La explicación de este fenómeno es que el producto se degradaba en el interior de las cubetas por esfuerzo térmico y para demostrarlo se diseñó una evaluación a continuación descrita y que sirvió como justificación ante los niveles directivos de la compañía de que era factible obtener un producto de acuerdo a las necesidades del cliente.

### 6.5.1 PRUEBA DE ENFRIAMIENTO

#### a. Antecedentes

Dado que la GOMA a la salida de los secadores, ya sean de película fina o de rodillos, tarda más de 48 horas en enfriarse en el interior de las cubetas de 50 Kg. y siendo esta la posible causa de incremento de acidez y amarillamiento en el producto se propone enfriar la GOMA a la salida de los secadores.

#### b. Desarrollo

Se utilizó un cilindro giratorio horizontal, construido en acero inoxidable de 11" de diámetro y con agua a 12 °C en su interior.

1. Se enfriaron tiras de GOMA de 1.8 cm de ancho, 5 a 12 cm. de largo y 2.0 mm. de espesor. El enfriamiento fué logrado haciendo pasar la película de GOMA sobre la superficie del rodillo frío. La cantidad obtenida fué de 20 Kg. por ser un equipo manual.
2. Se tomaron muestras de GOMA de la parte interior de 6 cubetas listas para entrega a cliente; envasadas con el proceso normal; sin enfriar.
3. Se analizó el contenido de acidez y comparó el color obtenido en cada una de las cubetas de embarque contra sin enfriar contra seis muestras de GOMA fría.

c. **Resultados**

CONTENIDO DE ACIDEZ (%)		
	GOMA FRÍA	GOMA CALIENTE
MUESTRA 1	0.013	0.028
MUESTRA 2	0.015	0.032
MUESTRA 3	0.018	0.040
MUESTRA 4	0.012	0.026
MUESTRA 5	0.014	0.030
MUESTRA 6	0.016	0.031
PROMEDIO	0.014	0.031

COLOR EN GOMA FRÍA : Totalmente transparente sin color.

COLOR EN GOMA CALIENTE : Translúcido amarillo intenso.

d. **Conclusiones**

1. Se tiene un incremento del 50% en términos generales del nivel de acidez en las muestras analizadas del interior de las cubetas sin enfriar; el ácido encontrado es ácido acético originado por descomposición térmica del polímero.
2. Es posible mantener el nivel de acidez obtenida después de los lavados si el producto se enfría. De no ser así, aún cuando el producto analizado por Control de Calidad cumpla con la especificación de acidez, el material tenderá a incrementar este valor.
3. El color amarillo en el producto es provocado por la degradación térmica en el interior de las cubetas.

4. Debe incluirse en el proyecto un sistema de enfriamiento de GOMA.

Una vez que se conoció la causa del incremento de acidez, se decidió estudiar todas las alternativas factibles para eliminarla.

Por lo que el enfriar la GOMA antes de envasarla se convirtió en una necesidad no contemplada desde hace 25 años,

Con estas determinaciones y pruebas a nivel piloto se logró:

1. Facilitar la incorporación de la GOMA al proceso del cliente, entregando el producto en forma de hojuelas o pastillas.
2. Eliminar los problemas de acidez y amarillamiento en el producto.
3. Colocar el producto en primer lugar a nivel mundial en apariencia.

Este sistema rústico diseñado en el taller de mantenimiento, permitió comprobar la teoría de que el producto se degrada por esfuerzo térmico y obtener las primeras muestra de GOMA en escamas para evaluación a nivel laboratorio con el cliente.

Después del éxito de este sistema enfriamiento, se contactó a una compañía especializada en fabricar sistemas o bandas de enfriamiento: **SANDVIK**.

Ésta compañía, Sandvik, realizó un trabajo similar al de Votator y se logró que el producto después de salir del secador entrara a la misma velocidad a una mesa de enfriamiento al final de la cual el producto estaba listo para envasarse frío y en forma de hojuelas.

## 6.5.2 BANDA DE ENFRIAMIENTO

Las características principales del sistema de enfriamiento que propuso SANDVIK en conjunto con el Departamento de Proyectos; para el enfriamiento del poliacetato de vinilo son las siguientes:

### 6.5.2.1 Especificaciones generales del equipo

Ancho de la banda	:	48	plg.
Velocidad de la banda	:	16	ft/min.
Longitud total	:	27	ft
Sección efectiva de enfriamiento	:	16	ft
Altura de la banda	:	4	ft
Operación	:	24	hr/día (premisa)
Consumo de energía eléctrica	:	460	Volts, 3 Fases, 60 Hz.
Agente de enfriamiento	:	Agua;	42 GPM; a 20 psig.
Materiales	:	Acero Sandvik	SS-316

### 6.5.2.2 Especificaciones del producto

Producto	:	Poliacetato de vinilo
Capacidad	:	600 lb/hr
Grosor del producto	:	0.080 plg.
Temperatura de alimentación PVA °c	:	125 °C
Temperatura de descarga PVA °c	:	30 °C

A continuación se muestra un diagrama del equipo utilizado para enfriar la GOMA.



Fig. 6.5.1 Sistema de enfriamiento de GOMA.

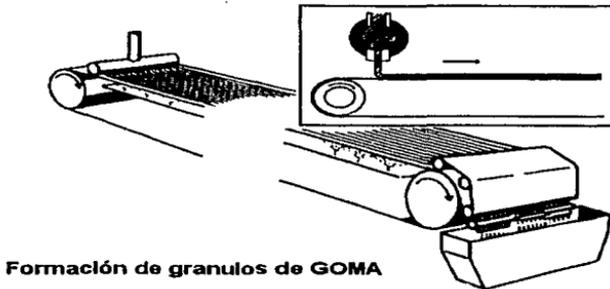


Fig. 6.5.2 Formación de granulos de GOMA sobre la banda de enfriamiento.

---

# CAPITULO 7

## **Prevención de Riesgos en Operación (HAZOP), Construcción y Arranque**

---

MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA PLANTA DE POLIACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE

Generalmente, después de un accidente y cuando se detecta un problema mayor de operación, se investigan sus causas y se establecen acciones para evitar su repetición.

Frecuentemente, una vez que la investigación finaliza, se detectan fallas en el diseño o en los métodos de operación, lo cual ocurre a pesar del cuidado que se tenga en el diseño de una planta. En gran parte, aprendemos de las experiencias, pero esto puede resultar muy costoso en término de vidas humanas e inversiones.

HAZOP es una metodología que nos permite conocer los riesgos de una planta en forma sistemática, antes de que se generen consecuencias innecesarias.

Durante la fase de diseño de la planta se integró un grupo interdisciplinario que conjuntó experiencias operativas y de construcción en proyectos anteriores para realizar al proceso el método HAZOP.

Este grupo estuvo conformado por personal de las siguientes áreas y/o departamentos:

- *Seguridad Planta y Seguridad Corporativo.*
- *Procesos Planta y Procesos Corporativo.*
- *Mantenimiento.*
- *Producción.*
- *Administración de Proyectos Corporativo.*
- *Personal Operativo.*
- *Proyectos Planta.*

El desarrollo de este método tomó un total de tres meses con sesiones de 3 horas de trabajo y 3 días a la semana.

Por limitaciones de tiempo y metodología se realizó una selección conjunta de las etapas que en se consideraron más importantes en el proceso y sobre ellas se desarrolló dicho trabajo. Estas etapas fueron las siguientes:

- **Reacción**
- **Agotamiento**
- **Secado**

De las sesiones de trabajo surgieron 159 recomendaciones que implementó el proyecto para su etapa de construcción y arranque.

## 7.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA METODOLOGÍA

Esta metodología funciona a través de utilizar la imaginación de los miembros de un grupo interdisciplinario, para visualizar las rutas en que una planta puede operar en forma indeseable. Es suficientemente flexible para aplicarse en todo tipo de plantas, procesos y equipos.

La metodología puede ser aplicada en el diseño final de una planta o en algunos diseños intermedios, al realizar trabajos de mantenimiento mayor o reparaciones complejas y en condiciones de paro o arranque.

Debido a que el proceso de aplicación del método es complejo y altamente estructurado, es recomendable su aplicación en forma selectiva.

Esencialmente el procedimiento de análisis consiste en la revisión completa de los procesos, cuestionando sistemáticamente cada una de sus partes, para descubrir como las desviaciones de la intención del diseño pueden ocurrir e identificar cuales de estas pueden dar por resultado un riesgo. Cada parte del diseño se somete a una serie de preguntas formuladas en base a "**palabras clave**", las cuales son utilizadas para garantizar, que todos los caminos posibles, para que ocurra una desviación de la intención del diseño, son explorados. Esto genera normalmente, una serie de desviaciones teóricas y cada desviación es considerada para identificar sus causas, posibles consecuencias y las acciones a seguir para su eliminación o reducción.

Habiendo examinado una parte del diseño y registrado todos los riesgos reales y potenciales asociados con él, se procede con la siguiente parte y así sucesivamente hasta completar toda la planta.

El éxito de la metodología depende de:

1. La exactitud de los diagramas y datos utilizados como base del estudio.
2. La habilidad técnica y perspicacia del grupo.
3. La habilidad del grupo en el uso de la metodología como una ayuda a su imaginación en la visualización de desviaciones, sus causas y sus consecuencias.
4. La habilidad del grupo para mantener el sentido de proporción, no minimizando o severizando la magnitud de las consecuencias de los riesgos identificados.

## **7.2 SIGNIFICADO DE LAS PALABRAS CLAVE**

Las palabras clave, son palabras simples, las cuales se utilizan para analizar la intención o propósito del diseño de un equipo, línea, etc. y estimular la imaginación del grupo de trabajo para visualizar las desviaciones con respecto a la intención del diseño.

### **7.2.1 NO, NADA**

Es la completa negación de la intención, ninguna parte de la intención ocurre.

### **7.2.2 MAS, MAYOR, MENOS, MENOR**

Incremento o decremento cuantitativo, esto se refiere a cantidades y propiedades (flujo, temperatura, presión) así como a actividades (calentamiento, reacción, enfriamiento).

**7.2.3 ADEMÁS DE ...**

Incremento cualitativo, todas las intenciones del diseño se llevan a cabo junto con alguna actividad adicional.

**7.2.4 PARTE DE ...**

Decremento cualitativo, sólo algunas de las intenciones del diseño se llevan a cabo.

**7.2.5 INVERSO**

Lo opuesto a la lógica de la intención, aplicable a actividades.

**7.2.6 EN VEZ DE**

Sustitución completa de la intención, nada de la intención original ocurre.

**7.3 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS**

Los principios descritos son puestos en práctica a través de un procedimiento que consiste en las siguientes etapas:

1. Definición de objetivos y alcance
2. Selección del grupo de trabajo
3. Preparación previa para el análisis
4. Ejecución del análisis
5. Seguimiento
6. Registro de resultados

### **7.3.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE**

Los objetivos y alcance de un análisis deben ser explícitos tanto como sea posible, es necesario definir el tipo de riesgos que se pretende identificar.

Los límites físicos de la planta a ser analizada deben definirse y cuando existen interacciones con los vecinos, todos deberán incluirse en el análisis. Deben ser contempladas las condiciones económicas que prevalecen por los posibles efectos en la toma de decisiones.

Los objetivos generales para un análisis son normalmente fijados por la persona responsable del proyecto o la planta.

### **7.3.2 SELECCIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO**

Los estudios del riesgo y operación son normalmente ejecutados por grupos interdisciplinarios, dentro de estos dos grupos existen dos tipos de participantes: los que realizan la contribución técnica y los que establecen las reglas y asesoran el funcionamiento del grupo.

El análisis requiere de la participación de personas con conocimientos y experiencia en ciertas áreas, algunas de ellas relacionadas con el diseño y otras con la operación de la planta.

El método genera una gran cantidad de preguntas que requieren la participación de personal con un alto grado de conocimientos y experiencia para dar las respuestas adecuadas.

Los miembros del grupo deben tener la suficiente autoridad para realizar las modificaciones necesarias al diseño y operación. La mezcla de disciplinas puede variar dependiendo del tipo de proyecto o planta.

El número no debe ser muy grande siendo la cantidad ideal de 4 a 6 personas.

Debido a que las sesiones de análisis son altamente estructuradas y sistemáticas, es necesario tener alguien que modere las discusiones (líder del grupo).

El líder del grupo no debe tener la responsabilidad de proporcionar el soporte técnico principal y no deberá ser una persona directamente asociada con el tema principal del análisis debido a que puede fallar en el uso de la metodología o dar por hecho algunas situaciones que podrían ser fundamentales en la identificación de riesgos.

### **7.3.3 PREPARACIÓN PREVIA AL ANÁLISIS**

El trabajo de preparación dependerá del tamaño de la planta y consiste en cuatro etapas:

a) *Recopilación de la información.* Esta normalmente consta del diagrama de flujo, balance de materia y energía, diagramas de tubería e instrumentación, diagramas de distribución de la planta, cinética química de las reacciones involucradas, descripción detallada del proceso, manual de procedimientos de operación, especificaciones y características fisicoquímicas de los materiales utilizados, hojas de especificación de equipos y programas de mantenimiento.

b) *Estructuración de la información.* Toda la información recopilada debe organizarse de acuerdo a las etapas del proceso y a su ubicación dentro la planta siguiendo una secuencia lógica.

c) *Planeación del análisis.* Se deben estimar las horas-hombre que requerirá, algunas reglas sencillas para estimar el tiempo del análisis según la experiencia en el proyecto son: 20 minutos por cada línea estudiada y considerar el número total de líneas en los diagramas de tubería e instrumentos.

En condiciones normales, no se deben planear más de dos sesiones por semana permitiendo un día de descanso entre sesión y sesión.

#### 7.3.4 EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS

Las sesiones de análisis son altamente estructuradas, con el líder del grupo controlando la discusión para dar seguimiento a su plan predeterminado.

Generalmente la discusión se basa en los diagramas de tubería e instrumentación, el líder del grupo selecciona el primer recipiente y pide a los integrantes que describan su función. Selecciona una línea o cualquier otro elemento del diseño y solicita al grupo la intención de la parte seleccionada.

El líder del grupo aplica la palabra clave y la discusión del grupo se inicia.

El grupo no sólo deberá proporcionar las respuestas técnicas sino que también debe orientarse hacia la creatividad y pensar en todas las posibles desviaciones y riesgos.

Una vez que los riesgos son identificados el líder debe asegurarse que sean claramente comprendidos por el grupo. Todos los problemas detectados durante el análisis deben ser resueltos.

El líder del grupo debe intentar que se concluyan todas las discusiones antes de pasar a la siguiente palabra clave, por lo que el líder debe tratar de que en todos los puntos a discusión se llegue a un acuerdo.

Es recomendable marcar la línea o el equipo en el diagrama una vez que ha finalizado su discusión.

### **7.3.5 SEGUIMIENTO**

Normalmente existirán acciones pendientes por evaluar, puntos en desacuerdo por concluir o información que recopilar. Se deberá elaborar una lista de ello indicando los responsables de ejecución y fechas de cumplimiento. Transcurrido el tiempo necesario, se llevará a cabo una sesión de "Evaluación de las Recomendaciones a Seguir", en la cual se revisarán los puntos pendientes y las acciones que se tomarán para eliminar o minimizar los riesgos identificados.

Las acciones propuestas son generalmente de cuatro tipos:

- a) Cambios en el proceso (recipientes, materiales, etc.)
- b) Cambios en las condiciones de proceso (temperatura, presión, etc.)
- c) Modificaciones en el diseño físico
- d) Cambios en los procedimientos de operación.

Cuando las acciones han sido definidas, es muy útil separarlas en dos grupos:

- a) Las que eliminan las causas de riesgo.
- b) Las que reducen sus consecuencias.

### 7.3.6 REGISTRO DE RESULTADOS

Una actividad importante del grupo de trabajo es registrar los resultados del análisis.

Una forma útil es la generación del "Expediente HAZOP", que contiene:

- a) Una copia de los diagramas de tubería e instrumentación utilizada para el análisis.
- b) Una copia de todas las hojas de trabajo, preguntas, recomendaciones, rediseños, etc. generadas durante las sesiones de trabajo:

La hoja de trabajo utilizada es como la siguiente:

H A Z O P				
INTENCION:			PLANTA:	
FECHA:		LINEA O EQUIPO:	PROYECTO:	
PALABRA CLAVE	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	ACCION REQUERIDA

Fig. 7.1.1 Formato de registro para la metodología HAZOP.

#### 7.4 SECUENCIA DETALLADA PARA EL ANÁLISIS

1. Seleccionar el equipo.
2. Explicar la intención general del equipo y sus líneas.
3. Seleccionar una línea.
4. Explicar la intención de la línea.
5. Aplicar la primera palabra clave
6. Proponer una desviación factible.
7. Examinar sus posibles causas.
8. Examinar sus posibles consecuencias.
9. Detectar los riesgos.
10. Definir las acciones requeridas.
11. Registrar la información recabada.
12. Repetir de 6 a 11 para todas las desviaciones factibles.
13. Repetir de 5 a 12 para todas las palabras clave.
14. Marcar la línea analizada.
15. Repetir de 3 a 14 para cada línea.
16. Explicar la intención del recipiente.
17. Repetir del 5 al 13.
18. Marcar el recipiente analizado.
19. Repetir de 1 a 18 para todos los recipientes del diagrama de flujo.
20. Marcar el diagrama de flujo analizado.
21. Repetir del 1 al 20 para todos los diagramas de flujo.
22. Sintetizar la información recabada.
23. Establecer un plan de cumplimiento de las recomendaciones propuestas.
24. Dar seguimiento para asegurar la cobertura del plan.

El método se desarrolló tomando línea por línea del equipo en cuestión y al final el equipo mismo. Las "palabras clave" utilizadas fueron:

- **NO... , NADA...**
- **MAS... , MAYOR...**
- **MENOS... , MEÑOR...**
- **APARTE DE... , ADEMÁS...**
- **PARTE DE... , SOLO PARTE DE...**
- **CONTRARIO A...**
- **EN VEZ DE... , ANTES DE... , DESPUÉS DE...**

Por citar sólo algunos ejemplos del impacto de las recomendaciones que arrojó este trabajo se mencionarán las que se aplicaron a la etapa de reacción; el resumen aquí presentado muestra lo que puede lograrse mediante la aplicación de esta metodología, cuyo desarrollo de una variables se presenta en el anexo IV:

1. El totalizador o medidor de flujo másico para el monómero de acetato de vinilo, al alimentar al reactor debe tener una exactitud de +/- 5 %.
2. Debe haber una válvula o línea para purgar el monómero en el plato de seguridad del reactor y en el caso de algún derrame pueda recuperarse totalmente el monómero y/o solventes.
3. Se debe instalar una alarma por cantidad excesiva de ajuste de monómero o un "password" al medidor de flujo másico para que sólo el operador tenga acceso a modificar la cantidad de monómero a adicionar al reactor.  
Esto evitará algún cambio no deseado en la configuración de estos instrumentos.

4. Se debe dejar la facilidad para descargar el producto del reactor a tambores.
5. El totalizador de monómero debe tener una memoria de último valor aún a falla de energía eléctrica. Lo anterior se logrará mediante baterías de 3V de litio.
6. Debe haber una línea de muestreo de monómero antes del totalizador. Esto permitirá hacer determinaciones de la pureza con que se alimenta el acetato de vinilo al reactor, sin afectar el proceso.
7. Se debe instalar un filtro para el monómero antes del totalizador, por seguridad al equipo de medición y posible contaminación del monómero.
8. Deben usarse empaque metálicos en las líneas de llegada de monómero al reactor. Son más seguros para el manejo de materiales delicados.
9. Se debe colocar un sardinel a las bombas de monómeros y solventes.
10. Se debe usar válvulas de resorte en las líneas de purga; con esto se evitará que por algún descuido al dejar en mala posición una válvula se tengan fugas de materiales inflamables.
11. Se debe colocar un tubo "buzo" en la descarga de monómero al reactor evitando la generación de energía estática.

12. Se deben instalar válvulas de corte actuadas en los tanques medidores; con la finalidad de que la velocidad de respuesta sea ágil.
13. Se debe instalar un foco piloto en el tablero de control para la bomba de mezclas, para que el operador tenga la opción de identificar la operación de dicho equipo.
14. Debe habilitarse entrada hombre a los tanques medidores existentes y solicitarse en los tanques nuevos. Facilitará limpieza y mantenimiento.
15. Se debe conectar la bomba de alimentación de inhibidores al reactor a la planta de emergencia. Con esto se garantizará que cuando se tenga un disparo de reacción y a la vez una falla general de energía eléctrica; se tenga la flexibilidad de interrumpir el proceso mediante la dosificación de inhibidores.
16. Se debe revisar la especificación y aumentar la capacidad del tanque 1-036 en 20 litros para la preparación de la solución de bicarbonato de sodio.
17. Se debe marcar y ubicar el tanque de iniciador; para no dejar la opción de errores en la cantidad de iniciador.

18. Se debe realizar una lista de verificación para reacción que complemente el instructivo de producción existente y minimice los riesgos en la carga y preparación de cada lote.
19. Se debe colocar un cuello de ganso y una mirilla a la descarga del condensador del reactor para verificar el retorno de condensados el mismo.
20. Se debe usar una fosa de vomitados para desfogar el reactor en caso de disparo de reacción, así no se dispersará la GOMA caliente en una zona que alcanzaba anteriormente hasta los 30 m a la redonda provocando riesgos de quemaduras y una atmósfera altamente explosiva con monómero y solventes alrededor del reactor.
21. Se deben colocar en paralelo dos discos de ruptura al reactor; es muy normal que se tengan restos de polímero y estos obstruyan los discos de ruptura.
22. Se debe revisar con mantenimiento la especificación del disco de ruptura; para garantizar la reposición inmediata de estos dispositivos de seguridad.
23. Se debe colocar un contador de tiempo en el controlador del reactor, para que a falla del sistema de control de viscosidad se interrumpa la reacción a las 5 horas.  
Así no se tendrán problemas de sincronización de las etapas posteriores; ya que la tolerancia máxima para una reacción será de 5 hrs.

24. Se debe avalar por el proveedor el circuito de control de temperatura del reactor; de ser posible se tendrán que hacer simulaciones completas en taller o laboratorio para evitar riesgos en arranque.
  
25. Se deben comprar sellos marca "FALK"; por experiencia en el manejo, facilidad de obtener refacciones y servicio del proveedor.
  
26. Se deben comprar trampas de vapor del tipo "flotador-termostáticas" para equipos de transferencia de calor; ya que han demostrado ser las más eficientes.
  
27. Se debe colocar trampa de aire en la chaqueta del reactor para facilitar la purga de aire y no generar espacios inertes en la partes superior de la chaqueta.
  
28. Se deben colocar alarmas por bajo nivel en la torre de enfriamiento; no se puede correr el riesgo de tener una falla en la reposición de este fluido cuando la reacción se encuentre en un momento crítico. También se tendrá la flexibilidad de usar una torre de enfriamiento cercana.
  
29. Se debe revisar y estandarizar el volumen del reactor contra el de los tanques lavadores; garantizando cargas completas de reacción a las siguientes etapas del proceso.

30. Se debe programar con mantenimiento el lavado químico de los tanques de monómero y solventes; por lo menos una vez al año para garantizar que el producto siempre cumpla con especificaciones FDA.
31. Se debe revisar con firma de ingeniería, procesos, producción y mantenimiento la selección de tipo, marca y materiales de cada bomba de proceso.
32. El interruptor de densidad debe parar la bomba de descarga del tanque 1-033 y cerrar las válvulas actuadas.
33. Se debe colocar dique de contención a la pipa que se habilitará para almacenar la mezcla agua y metil etil cetona.
34. Se debe dejar 10% de pendiente para poder drenar totalmente la pipa habilitada como tanque de almacenamiento de agua y metil etil cetona.
35. Se debe colocar un tapón en la línea de purga del tanque 1-033.
36. Se debe colocar un cárcamo en el dique de la pipa para poder recuperar mezcla en caso de derrame.
37. Se debe instalar un interruptor de nivel en el destilador de metil etil cetona.
38. Se debe colocar un tubo a 45° para cargar la mezcla agua y metil etil cetona por las paredes del destilador.

39. Según análisis de flujos y del proceso se proponen 500 o 600 Kg. de capacidad en el tanque 1-048.
40. El tanque 1-042 debe tener tubo buzo y agitador.
41. Se deben cambiar las líneas de recirculación de la bomba de vacío de acero al carbón a SS-304; ya que estarán en contacto con solventes.
42. El tanque de sello de la bomba de vacío debe ser atmosférico.
43. Se debe tirar por un rebosadero el agua excedente del tanque de sello de vacío.
44. Debe existir una válvula para romper el vacío en el destilador de metil etil cetona.

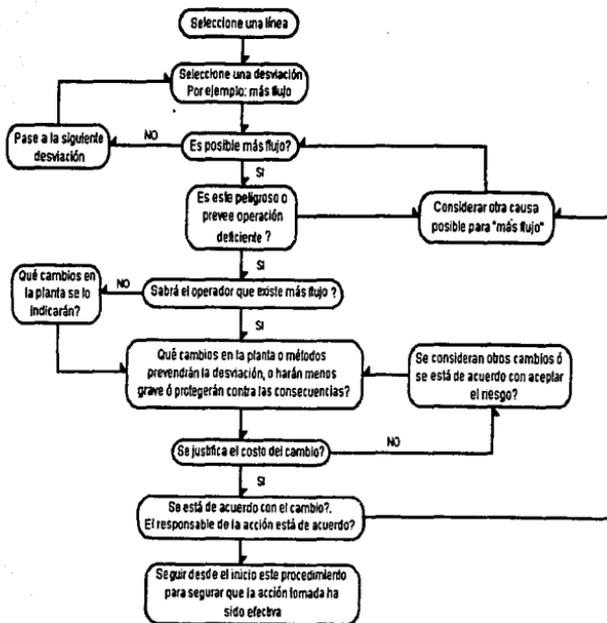


Fig. 7.1.2 Diagrama de flujo para el desarrollo del método HAZOP.

---

# CAPITULO 8

## Conclusiones

---

MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA PLANTA DE POLIACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE

Como ha podido apreciarse a través esta tesis, el polímero de acetato de vinilo es un producto sumamente atractivo desde el punto de vista de mercado; ya que aunque no se han explotado otras aplicaciones, el solo uso como base para goma de mascar; en el cuál tiene un excelente valor agregado; ha permitido mantener la posición de nuestra Compañía como uno de los principales proveedores de este producto en América Latina y como líder absoluto en México.

Los cambios generados al proyecto pudieran parecer demasiado simples; pero todos ellos en conjunto, rompen con el esquema tradicional a nivel mundial de un proceso por lotes; para cambiar la filosofía de operación a un **PROCESO CONTINUO**.

El tener un proceso de este tipo, implicó un estudio detallado tiempos de proceso en cada etapa; la manera de minimizar cada una de ellas y garantizar mediante sistemas automáticos el **flujo continuo** pretendido en la etapa de secado.

Por tal razón; la mayor parte del tiempo que se invirtió en dicho proyecto, fué en encontrar variables y equipos, con tecnología de punta, que cambiara los **"paradigmas"** de que como se había hecho tradicionalmente este proceso a nivel mundial.

Es aquí en donde la **Maestría en Ingeniería de Proyectos (Facultad de Química, UNAM)**; sirve como catalizador excelente para formar en un periodo de tiempo muy corto, ingenieros químicos con un perfil tal completo de conocimientos no sólo técnicos; sino también administrativos, financieros y humanos; que le permiten a sus egresados manejar proyectos; que de otra forma tomarían varios años de experiencia y de costosos errores.

El desarrollo de la Ingeniería Básica fué el alma del proyecto; se invirtió tiempo y recursos, tanto del grupo de Proyectos como del de Procesos e Investigación y Desarrollo.

No se tomó ningún riesgo ni en equipo, proceso o productos, se realizaron pruebas de laboratorio, planta piloto y planta industrial para cada una de las propuestas y/o teorías que se aprobaban o se desechaban.

No se podría hacer un distingo de cual fué el cambio más impactante en el proyecto; todos fueron igualmente trascendentes; sin embargo, el desarrollar el secador de película fina descendente fué uno de los retos tecnológicos más importantes de la corporación. Con este cambio, se eliminaron viejas prácticas operativas y se sustituyeron por sistemas modernos, facilitando el trabajo, incrementando la capacidad, mejorando la calidad y presentación de los productos y minimizando los riesgos que un proceso de este tipo implica.

Quando se tienen equipos o sistemas complejos (como fué el caso del sistema de secado y enfriamiento de GOMA), que pudieran generar fuerte resistencia al cambio por parte de áreas tradicionalistas (operación y mantenimiento) es muy importante su participación en el proyecto para ganar la confianza de éstas hacia una nueva tecnología; pero en la etapa de definición y diseño, no en la construcción o arranque; ya que en este momento es cuando se tienen las mayores presiones y normalmente la menor paciencia para convencerlos de las ventajas que pudiera traer una innovación.

Es de vital importancia para el Ingeniero de Proyectos, conocer y evaluar técnica y económicamente cada cambio en equipo mayor; sus oportunidades y a la vez los riesgos que ello implica.

Una práctica sencilla para dominar cada equipo nuevo (tecnológicamente) es utilizar las instalaciones piloto con que normalmente cuentan los proveedores; se puede ahorrar mucho tiempo y recursos en la fase de diseño y aprendizaje.

En la iniciativa privada, se tiene la mejor opción para conocer en un sólo proyecto, todas las fases de la Ingeniería de Proyectos: se tiene que buscar la mejor alternativa tecnológica; recopilar y analizar la información de mercado, justificar la inversión, realizar el diseño, supervisar compras y construcción, administrar el monto total autorizado para el proyecto, realizar las pruebas preliminares y el arranque, elaborar los manuales de operación, capacitar al personal, realizar el cierre contable del proyecto, dar de alta los activos fijos y entregar las instalaciones y refacciones.

Como puede verse, el realizar este tipo de proyectos es la mejor forma de adentrarse y familiarizarse en una planta de proceso, conociendo procedimientos y políticas de todas las áreas (administrativas, contables, operativas, de CASH, etc.).

La oportunidad de tratar personas de todos los niveles, desde el Director General o la Junta de Consejo; que aprueba el proyecto, hasta el personal que trabaja día a día con los equipos; pasando por áreas como investigación y desarrollo, servicios, mantenimiento, firma de ingeniería, procesos, contabilidad, etc. Sirven para desarrollar la habilidad de escuchar y aprender los puntos de vista y enfoques de cada área.

---

# Anexos

---

MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA PLANTA DE POLIACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE

MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS

FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

## **ANEXO I**

### **I. ESTIMACIÓN DE COSTO**

#### **1.1 MÉTODO EMPLEADO**

El método seguido para la estimación de costos fué detallado; es decir, cuantificando cada uno de los conceptos y costeándolos por medio de cotizaciones con proveedores, en función de la lista de partes y materiales generada en la ingeniería de detalle. Los costos indirectos fueron estimados por factores y son:

- Seguros y fianzas
- Nóminas del negocio
- Gastos de arranque

#### **1.2 PROPÓSITO**

El propósito de la estimación de inversión; fué el soportar una solicitud de inversión.

#### **1.3 PRECISIÓN**

El rango de precisión de la estimación de costos es de +/- 10% sobre el monto global de la inversión.

#### **1.4 INFORMACIÓN**

La información utilizada para la preparación de la estimación de costos fué la siguiente:

- Manual de ingeniería básica
- Cotizaciones de equipo mecánico (tanques, agitadores y cambiadores de calor)
- Cotizaciones de equipo paquete (evaporador de película fina y banda de enfriamiento)
- Cotización de instrumentos
- Cotizaciones de contratistas (obra electromecánica)
- Lista de partes y volúmenes de obra generados en ingeniería de detalle.
- Programa de fechas clave del proyecto
- Escenario de variables no controlables corporativo GIRSA editado en 09/89.

### 1.5 FECHA BASE

La fecha base para la estimación de costos del proyecto fué enero de 1990.

### 1.6 CONTINGENCIAS

En base a la información que se tiene se asignaron contingencias variables de 7% a 15% resultando en promedio del 10% para el total del proyecto.

## II. PREMISAS DE ENTORNO

### 2.1 INFLACIÓN

El factor inflacionario fué aplicado de acuerdo al pronóstico de escalación siguiente; basado en un escenario corporativo generado por IRSA; excepto para en INPC de enero y febrero de 1990; en donde se usó el proporcionado por el Banco de México:

<u>CONCEPTO</u>	<u>INCREMENTO PARA 1990</u>	<u>INCREMENTO PARA 1991</u>
INPC	20.3 %	12.0 %
Equipo nacional	22.3 %	13.2 %
Equipo importado	13.8 %	12.1 %
Materiales	22.3 %	13.2 %
Mano de obra	13.4 %	13.4 %
Indirectos	17.5 %	12.7 %

### 2.2 DIVISAS

El proyecto requiere de 317,790 USD para la adquisición del equipo mayor importado (Votator y Sandvik) por lo que se consideró una paridad de 2948 \$/USD correspondientes al mes de enero de 1991; además la mayoría de los instrumentos requeridos están colizados en dólares americanos y se pagarán en pesos al valor vigente en el momento de su adquisición.

Paridad a fecha base (enero 1990)	2660 \$/USD
Paridad promedio del proyecto	3012 \$/USD

### 2.3 PREMISAS DE ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

Para el cálculo de factores inflacionarios se consideró el siguiente programa de fechas clave del proyecto:

	INICIO	TERMINACIÓN
Ingeniería de detalle	Enero '90	Mayo '90
Aprobación de la solicitud de inversión	Mayo '90	Agosto '90
Compras	Agosto '90	Abril '91
Obra civil	Agosto '90	Octubre '90
Obra electromecánica	Agosto '90	Abril '91
Pruebas y arranque	Mayo '91	Julio '91

### 2.4 PREMISAS DE ALCANCE

- El alcance del proyecto es el que está considerado en el manual de ingeniería básica (enero 1990) y aprobado por los responsables de cada área en el proyecto.
- Los servicios auxiliares de la planta Lerma; son suficientes para la realización del proyecto; por lo tanto se considera sólo se considera la interconexión a los servicios existentes, con excepción del equipo de bombeo de agua de enfriamiento.
- De acuerdo con la ingeniería básica, se consideran 100 m<sup>2</sup> de rociadores como sistema contra incendio para cubrir las áreas de reacción y lavado, conectados a la red general existente, sin ningún otro cambio al sistema actual.
- Existe espacio suficiente para tuberías en racks; por lo que sólo se considera soportería menor.
- No se prevé ningún requerimiento de urbanización como drenajes externos, pavimentos, alumbrado exterior, etc.
- Se requieren CCM's nuevos para las áreas de APV y GOMA.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO				MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS				
FACULTAD DE QUÍMICA				CAPACIDAD : 1780 TPA				
PLANTA : POLIACETATO DE VINILO				ESTIMACION DE COSTOS 1 DE 2				
LOCALIDAD : LERMA, ESTADO DE MEXICO								
CONCEPTO	MONTO BASE	CONTINGENCIAS %	MONTO TOTAL	FACTOR INFLACION	MONTO BASE ESCALADO M\$	MONTO EQUIVALENTE MUSD	%E	
I. CAPITAL	M\$	MONTO M\$	M\$					
<b>1.1 EQUIPO DE PROCESO</b>								
RECIPIENTES	350000	8	28000		378000			
EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE CALOR	94100	10	9410	20	124212.00	150.60		
EQUIPO MECÁNICO	500600	8	40048	20	540648	41.24		
EQUIPO ELÉCTRICO Y DE CONTROL	185500	8	14800	20	200300.00	215.40		
UNIDAD DE SECADO PAQUETE (VOTATOR)	451800	7	31626	10	531768.60	79.60		
UNIDAD DE ENFRIAMIENTO (SANVIK)	361440	7	25300.8	10	425414.88	176.55		
UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO	10000	10	1000	10	13200.00	141.24		
BANDA TRANSPORTADORA Y BÁSCULA	8400	10	840	20	11088.00	4.38		
FLETES DE EQUIPO	32273	10	3227.3	20	42600.36	3.68		
<b>TOTAL DE EQUIPO</b>	<b>1993613</b>		<b>154262.1</b>		<b>2147865.1</b>	<b>7490421.44</b>	<b>826.83</b>	<b>E</b>
<b>1.2 MATERIAL ELECTROMECAÁNICO</b>								
TUBERÍAS Y VÁLVULAS	355000	15	53250	25	510312.50	169.43	20%	
MATERIALES ELÉCTRICOS	217420	15	32613	25	312541.25	103.77	13%	
INSTRUMENTOS IMPORTADOS	708770	10	70877	13	881001.11	292.50	35%	
INSTRUMENTOS NACIONALES	67230	10	6723	25	92441.25	30.69	4%	
MOBILIARIO DE OFICINA	3000	15	450	25	4312.50	1.43	0.17%	
<b>TOTAL DE MATERIAL ELECTROMECAÁNICO</b>	<b>1351420</b>		<b>163913</b>		<b>1515333</b>	<b>1800608.61</b>	<b>597.81</b>	<b>72%</b>
<b>1.3 OBRA ELECTROMECAÁNICA</b>	<b>66820</b>							
INSTALACIÓN DE EQUIPO	301251	10	30125.1	17	367710.04	128.72	16%	
INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y VÁLVULAS	256663	10	25666.3	17	330325.28	109.67	13%	
MANO DE OBRA DE ELECTRICIDAD	113846	15	17076.9	17	130922.9	50.86	6%	
MANO DE OBRA DE INSTRUMENTACIÓN	65150	15	9772.5	17	87659.33	29.10	4%	
RENTA DE EQUIPO	65150	15	9772.5	17	87659.33	29.10	4%	
PRUEBA DE SISTEMAS	35532	15	5329.8	17	47808.31	15.87	2%	
<b>TOTAL DE OBRA ELECTROMECAÁNICA</b>	<b>837692</b>		<b>97743.1</b>		<b>835335.1</b>	<b>1094342.07</b>	<b>363.33</b>	<b>44%</b>

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO					MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS CAPACIDAD : 1780 TPA ESTIMACION DE COSTOS 2 DE 2			
FACULTAD DE QUÍMICA PLANTA : POLIACETATO DE VINILO LOCALIDAD : LERMA, ESTADO DE MEXICO								
CONCEPTO	MONTO	CONTINGENCIAS		MONTO	FACTOR	MONTO BASE	MONTO	
	BASE	%	MONTO	TOTAL		ESCALADO	EQUIVALENTE	
	M\$		M\$	M\$	INFLACION	M\$	MUSD	%E
OBRA CIVIL DE PROCESO	163081	15	24462.15	187543.15	12	210048.33	69.74	8%
AISLAMIENTO Y RECUBRIMIENTO	60100	15	9015	69115	24	85702.60	28.45	3%
PINTURA	72060	15	10809	82869	24	102757.58	34.12	4%
SISTEMAS DE SEGURIDAD	53480	15	8022	61502	24	76262.48	25.32	3%
<b>TOTAL OBRA A PRECIO ALZADO</b>	<b>348721</b>		<b>52308.15</b>	<b>401029.15</b>		<b>474770.97</b>	<b>157.63</b>	<b>19%</b>
INGENIERÍA	182000	15	27300	209300	0	209300.00	69.49	8%
ASESORÍAS	10000	10	1000	11000	11	12210.00	4.05	
INSTALACIONES TEMPORALES	34374	10	3437.4	37811.4	11	41970.65	13.93	2%
SEGUROS Y FIANZAS	18830	10	1883	20713	11	22991.43	7.63	1%
PERMISOS Y LICENCIAS	5000	10	500	5500	11	6105.00	2.03	0.25%
FLETES DE MATERIALES	47300	10	4730	52030	20	62436.00	20.73	3%
<b>TOTAL DE CAPITAL</b>	<b>4480188</b>		<b>454815.6</b>	<b>4934944.6</b>		<b>6215156.17</b>	<b>2083.48</b>	<b>7 250%</b>
<b>II. GASTOS</b>								
<b>2.1 GASTOS CAPITALIZABLES</b>								
NOMINA DESARROLLO DE PROYECTOS	102911	10	10291.1	113202.1	21	136974.54	45.48	2%
NOMINA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	117167	10	11716.7	128883.7	21	155949.28	51.78	3%
INGENIERÍA	63140	10	6314	69454	21	84039.34	27.90	1%
COMPRA	101024	10	10102.4	111126.4	21	134462.94	44.64	2%
GERENCIA DE PROYECTOS	27060	10	2706	29766	21	36016.86	11.96	1%
CONTABILIDAD	30000	10	3000	33000	21	39930.00	13.26	1%
CONSUMOS Y VIÁTICOS	55000	10	5500	60500	21	73205.00	24.30	1%
NOMINA Y GASTOS PERSONAL DE NEGOCIO	252600	10	25260	277860	21	336210.60	111.62	5%
<b>2.2 GASTOS NO CAPITALIZABLES</b>								
RELOCALIZACIONES Y REPARACIONES	248311	15	37246.65	285557.65	17	334102.45	110.92	5%
REFACCIONES	112867	10	11286.7	124153.7	18	146501.37	48.64	2%
GASTOS DE ARRANQUE	63140	10	6314	69454	25	86817.50	28.82	1%
<b>TOTAL DE GASTOS</b>	<b>1173220</b>		<b>129737.55</b>	<b>1302957.55</b>		<b>1584209.88</b>	<b>619.33</b>	<b>25%</b>
<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>5653406</b>		<b>684563.15</b>	<b>6237969.15</b>		<b>7779386.05</b>	<b>2682.79</b>	

## ANEXO II

### I. EVALUACIÓN FINANCIERA

#### 1.1 MÉTODO EMPLEADO

El método empleado para la evaluación financiera fue detallado; es decir, se elaboraron los presupuestos de cada uno de los factores involucrados en la obtención del flujo neto de efectivo.

Se utilizó la Tasa Interna de Retorno como Instrumento de decisión siendo, 35% el valor mínimo aceptado.

#### 1.2 PROPÓSITO

El propósito de esta evaluación financiera es el de soportar una solicitud de inversión para el proyecto GOMA.

#### 1.3 PRECISIÓN

En función de la información utilizada y de los datos de mercado obtenidos; se considera una precisión de +/- 5%.

#### 1.4 INFORMACIÓN

La información utilizada para la evaluación financiera fue la siguiente:

- Manual de ingeniería básica y de detalle
- Estimación de costos
- Estudio de mercado y cartas de intención con clientes-proveedores
- Cotizaciones de materias primas y costos de servicios
- Programa de fechas clave del proyecto
- Escenario de variables no controlables corporativo de GIRSA editado en 09/89
- Estimación de precios de venta por el grupo comercial
- Consumos de servicios y balances de materia para rendimientos existentes
- Requerimientos de mano de obra y gastos existentes

## **1.5 FECHA BASE Y PROYECCIÓN**

Se considera enero de 1990 como la fecha base del inicio del proyecto y para efectos de evaluación diciembre de 1991 como la fecha de arranque.

Por lo que 1992 será el primer año de operación de la planta, con una "vida útil de evaluación" de 10 años.

Se considera que la fase de construcción se concentra en un sólo año: 1991.

## **II. PREMISAS DE ENTORNO**

### **2.1 CAPITAL**

El capital invertido en el proyecto será 100% aportado por los accionistas por lo que no se considera el uso de apalancamiento financiero.

### **2.1 DIVISAS**

Se considera la paridad promedio durante el proyecto, es decir 3012 \$/USD.

### **2.3 PREMISAS DE LA EVALUACIÓN**

- Se considera que los precios de venta y de compra de producto terminado y materia prima respectivamente, se mantienen constantes en el tiempo.
- Para efectos de evaluación se considera que la inflación se mantiene constante durante el periodo de la evaluación.
- No se prevén cambios en el alcance.
- Se proyectan 3 años para alcanzar el 100% de producción y ventas; según las cartas de intención firmadas con clientes y proveedores.
- Se tomaron como base los niveles de servicios auxiliares, rendimientos y costos de mano de obra directa e indirecta; que se tienen con la planta actual.
- Se considera un es de inventario de materia prima y de producto terminado.
- Se considera que las ventas se efectúan con 30 días de crédito y a su vez se obtienen 30 días de crédito de los proveedores.
- Se considera en caja un mes de los sueldos y salarios del personal sindicalizado y de confianza.

- Se considera depreciación lineal a 10 años, 10 % anual.
- No se considera pérdida de participación en los mercados existentes.
- El mantenimiento será en proporción directa al que se tiene actualmente.
- Los seguros se pagarán en proporción directa a los actuales.
- Los gastos de venta y distribución son proporcionales al nivel de ventas; tomando como referencia los que genera la planta actual.
- No se consideran pagos de regalías.

#### **2.4 HERRAMIENTA DE CALCULO**

Se utilizó Excel 2.5 de Microsoft con todas sus funciones financieras y matemáticas para sintetizar el procedimiento de cálculo.







## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA  
 PLANTA : POLIACETATO DE VINILO  
 LOCALIDAD : LERMA, EDO. DE MEXICO

MAESTRIA EN ING. DE PROYECTOS  
 CAPACIDAD : 1780 TONELADAS/AÑO  
 EVALUACION FINANCIERA 4 DE 7

## IV. PRESUPUESTO DE COSTOS DE PRODUCCION

	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>COSTOS DIRECTOS</b>												
MATERIA PRIMA	0	5687381.59	5430715.95	5675763.23	5675764.23	5675765.23	5675766.23	5675767.23	5675768.23	5675769.23	5675770.23	
SERVICIOS AUXILIARES	0	918480.00	1033290.00	1148100.00	1148100.00	1148100.00	1148100.00	1148100.00	1148100.00	1148100.00	1148100.00	1148100.00
MANO DE OBRA	0	306160.00	344430.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00
SUPERVISION	0	244928.00	275544.00	306160.00	306160.00	306160.00	306160.00	306160.00	306160.00	306160.00	306160.00	306160.00
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>	0	7156949.59	7083979.95	7512723.23	7512724.23	7512725.23	7512726.23	7512727.23	7512728.23	7512729.23	7512730.23	
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>												
MANO DE OBRA	0	183696.00	206658.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00
DEPRECIACION	0	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60
SEGUROS	0	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66
MANTENIMIENTO	0	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66	77793.66
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>	0	1117219.92	1140181.92	1163143.92	1163143.92	1163143.92	1163143.92	1163143.92	1163143.92	1163143.92	1163143.92	1163143.92
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCION</b>	0	8274169.51	8224161.87	8675867.15	8675868.15	8675869.15	8675870.15	8675871.15	8675872.15	8675873.15	8675874.15	

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA  
PLANTA : POLIACETATO DE VINILO  
LOCALIDAD : LERMA, EDO. DE MEXICO

MAESTRIA EN ING. DE PROYECTOS  
CAPACIDAD : 1780 TONELADAS/AÑO  
EVALUACION FINANCIERA 6 DE 7

## V. PRESUPUESTO DE GASTOS DE OPERACION

	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GASTOS DE ADMINISTRACION	0	122464.00	137772.00	153080.00	153080.00	153080.00	153080.00	153080.00	153080.00	153080.00	153080.00	153080.00
GASTOS DE VENTAS Y DISTRIBUCION	0	183696.00	206658.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00	229620.00
<b>TOTAL GASTOS DE OPERACION</b>	<b>0</b>	<b>306160.00</b>	<b>344430.00</b>	<b>382700.00</b>								

## VI. PRESUPUESTO DE INGRESOS Y EGRESOS

	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS TOTALES	0	1224640.00	1377720.00	1530800.00	1530800.00	1530800.00	1530800.00	1530800.00	1530800.00	1530800.00	1530800.00	1530800.00
-COSTOS DE PRODUCCION	0	8274169.51	8224161.87	8675967.15	8675968.15	8675869.15	8675870.15	8675871.15	8675872.15	8675873.15	8675874.15	
UTILIDAD BRUTA	0	3972230.49	5553038.13	6632132.85	6632131.85	6632130.85	6632129.85	6632128.85	6632127.85	6632126.85	6632125.85	
-GASTOS DE OPERACION	0	306160.00	344430.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00	382700.00
UTILIDAD DE OPERACION	0	3666070.49	5208608.13	6249432.85	6249431.85	6249430.85	6249429.85	6249428.85	6249427.85	6249426.85	6249425.85	
-IMPUESTOS SOBRE LA RENTA	0	1283124.67	1823012.85	2187301.50	2187301.15	2187300.80	2187300.45	2187300.10	2187299.75	2187299.40	2187299.05	
-REPARTO DE UTILIDADES	0	366607.05	520860.81	624943.29	624943.19	624943.09	624942.99	624942.89	624942.79	624942.69	624942.59	
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>0</b>	<b>2016338.77</b>	<b>2864734.47</b>	<b>3437188.07</b>	<b>3437187.52</b>	<b>3437186.97</b>	<b>3437186.42</b>	<b>3437185.87</b>	<b>3437185.32</b>	<b>3437184.77</b>	<b>3437184.22</b>	



## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA  
 PLANTA : POLIACETATO DE VINILO  
 LOCALIDAD : LERMA, EDO. DE MEXICO

MAESTRIA EN ING. DE PROYECTOS  
 CAPACIDAD : 1780 TONELADAS/AÑO  
 EVALUACION FINANCIERA 7 DE 7

## VII. PRESUPUESTO DE FLUJO NETO DE EFECTIVO

	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS</b>												
UTILIDAD NETA	0	2016338.77	2864734.47	3437188.07	3437187.52	3437186.97	3437186.42	3437185.87	3437185.32	3437184.77	3437184.22	
DEPRECIACION	0	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60	777936.60
<b>TOTAL DE ENTRADAS</b>	0	2794275.37	3642671.07	4215124.67	4215124.12	4215123.57	4215123.02	4215122.47	4215121.92	4215121.37	4215120.82	
<b>SALIDAS</b>												
INVERSION FIJA	7779366	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
INV. EN CAPITAL DE TRABAJO	0	1770570.95	131000.94	172793.63	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
<b>TOTAL DE SALIDAS</b>	7779366	1770570.95	131000.94	172793.628	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	-7779366	1023704.42	3511670.13	4042331.04	4215124.03	4215123.48	4215122.93	4215122.38	4215121.83	4215121.28	4215120.73	

Tasa Interna de Retorno

39%

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA  
 PLANTA : POLIACETATO DE VINILO  
 LOCALIDAD : LERMA, ESTADO DE MEXICO

MAESTRIA EN ING. DE PROYECTOS  
 CAPACIDAD: 1780 TPA  
 CATALOGO DE CUENTAS 1 DE 2

CONCEPTO	MONTO TOTAL AUTORIZADO M\$	MONTO EQUIVALENTE AUTORIZADO MUSD	MAXIMA VARIACION PERMITIDA (10%) M\$	CUENTA	SUBCUENTA	LOCALIDAD	CENTRO CONTABLE
<b>I. CAPITAL</b>							
<b>1.1 EQUIPO DE PROCESO</b>							
RECIPIENTES	453600.00	150.60	498960.00	00-04	110	2500	54000
EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE CALOR	124212.00	41.24	136633.20	00-04	120	2500	54000
EQUIPO MECÁNICO	648777.60	215.40	713655.36	00-04	130	2500	54000
EQUIPO ELÉCTRICO Y DE CONTROL	238760.00	79.60	263736.00	00-04	140	2500	54000
UNIDAD DE SECADO PAQUETE (VOTATOR)	531768.60	175.55	584945.46	00-04	160	2500	54000
UNIDAD DE ENFRIAMIENTO (SANVIK)	425414.68	141.24	467956.37	00-04	160	2500	54000
UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO	13200.00	4.38	14520.00	00-04	160	2500	54000
BANDA TRANSPORTADORA Y BÁSCULA	11088.00	3.68	12196.80	00-04	170	2500	54000
FLETES DE EQUIPO	42600.36	14.14	46860.40	00-04	190	2500	54000
<b>TOTAL DE EQUIPO</b>	<b>2496421.44</b>	<b>826.83</b>	<b>2739461.58</b>				
<b>1.2 MATERIAL ELECTROMECÁNICO</b>							
TUBERÍAS Y VÁLVULAS	510312.50	169.43	561343.75	00-05	230	2500	54000
MATERIALES ELÉCTRICOS	312541.25	103.77	343795.38	00-05	240	2500	54000
INSTRUMENTOS IMPORTADOS	881001.11	292.50	969101.22	00-05	260	2500	54000
INSTRUMENTOS NACIONALES	92441.25	30.69	101685.38	00-05	260	2500	54000
MOBILIARIO DE OFICINA	4312.50	1.43	4743.75	00-05	260	2500	54000
<b>TOTAL DE MATERIAL ELECTROMECÁNICO</b>	<b>1800608.61</b>	<b>597.81</b>	<b>1980688.471</b>				
<b>1.3 OBRA ELECTROMECÁNICA</b>							
INSTALACIÓN DE EQUIPO	387710.04	128.72	426481.04	00-01	300	2500	54000
INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y VÁLVULAS	330325.28	109.67	363357.81	00-01	430	2500	54000
MANO DE OBRA DE ELECTRICIDAD	153179.79	50.86	168497.77	00-01	460	2500	54000
MANO DE OBRA DE INSTRUMENTACIÓN	87659.33	29.10	96425.26	00-01	460	2500	54000
RENTA DE EQUIPO	87659.33	29.10	96425.26	00-01	490	2500	54000
PRUEBA DE SISTEMAS	47808.31	15.87	52589.14	00-01	420	2500	54000
<b>TOTAL DE OBRA ELECTROMECÁNICA</b>	<b>1084342.07</b>	<b>363.33</b>	<b>1203776.274</b>				

FACULTAD DE QUÍMICA			MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS				
PLANTA : POLIACETATO DE VINILO			CAPACIDAD: 1789 TPA				
LOCALIDAD : LERMA, ESTADO DE MEXICO			CATALOGO DE CUENTAS 2 DE 2				
CONCEPTO	MONTO TOTAL AUTORIZADO	MONTO EQUIVALENTE AUTORIZADO	MAXIMA VARIACION PERMITIDA	CUENTA	SUBCUENTA	LOCALIDAD	CENTRO CONTABLE
	M\$	MUSD	(10%) M\$				
OBRA CIVIL DE PROCESO	210048.33	69.74	231053.16	00-01	630	2500	54000
AISLAMIENTO Y RECUBRIMIENTO	85702.60	28.45	94272.86	00-01	640	2500	54000
PINTURA	102757.56	34.12	113033.32	00-01	640	2500	54000
SISTEMAS DE SEGURIDAD	76262.48	25.32	83888.73	00-03	660	2500	54000
<b>TOTAL OBRA A PRECIO ALZADO</b>	<b>474770.97</b>	<b>157.63</b>	<b>622248.08</b>				
INGENIERÍA	209300.00	69.49	230230.00	00-02	620	2500	54000
ASESORÍAS	12210.00	4.05	13431.00	00-02	650	2500	54000
INSTALACIONES TEMPORALES	41970.65	13.93	46167.72	00-01	830	2500	54000
SEGUROS Y FIANZAS	22591.43	7.63	25290.57	00-07	840	2500	54000
PERMISOS Y LICENCIAS	6105.00	2.03	6715.50	00-08	840	2500	54000
FLETES DE MATERIALES	62436.00	20.73	68679.60	00-05	850	2500	54000
<b>TOTAL DE CAPITAL</b>	<b>6216168.17</b>	<b>2063.48</b>	<b>6314480.72</b>				
<b>II. GASTOS</b>							
<b>2.1 GASTOS CAPITALIZABLES</b>							
NOMINA DESARROLLO DE PROYECTOS	136974.54	45.48	150672.00	00-30	710	3000	54000
NOMINA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	155949.28	51.78	171544.20	00-30	710	3000	54000
INGENIERÍA	84039.34	27.90	92443.27	00-30	720	2500	54000
COMPRAS	134462.94	44.64	147909.24	00-30	730	2500	54000
GERENCIA DE PROYECTOS	36016.86	11.96	39618.55	00-30	740	2500	54000
CONTABILIDAD	39930.00	13.26	43923.00	00-30	750	2500	54000
CONSUMOS Y VIÁTICOS	73205.00	24.30	80525.50	00-30	760	2500	54000
NOMINA Y GASTOS PERSONAL DE NEGOCIO	336210.60	111.62	369831.66	00-30	910	2500	54000
<b>2.2 GASTOS NO CAPITALIZABLES</b>							
RELOCALIZACIONES Y REPARACIONES	334102.45	110.92	367512.70	00-40	680	2500	54000
REFACCIONES	148501.37	48.64	161151.50	00-40	680	2500	54000
GASTOS DE ARRANQUE	86817.50	28.82	95499.25	00-40	960	2500	54000
<b>TOTAL DE GASTOS</b>	<b>1564209.88</b>	<b>519.33</b>	<b>1720630.87</b>				
<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>7779368.05</b>	<b>2582.79</b>	<b>8035111.59</b>				

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
FACULTAD DE QUÍMICA			MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS		
NO. DE ÍTEM: 1-003,4,5	PREPARO: OGS	APROBÓ: HDH/JLRC	FECHA: ENERO 1990	REV: 0	
LOCALIZACIÓN: PLANTA LERMA	DIVISIÓN: SISTEMAS TÉCNICOS		PLANTA: GOMA		
NOMBRE: TANQUE LAVADOR-DESTILADOR (1, 2 Y 3)					
FUNCIÓN: DESTILAR LA MEZCLA DE REACCIÓN, LAVAR EL POLÍMERO Y ALIMENTAR A SECADO.					
OPERACIÓN: CONTINUA					
MATERIALES					
	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDADES		
PROCESO	POLÍMERO DE ACETATO DE VINILO	1331.9	lts.		
	ACETATO DE VINILO	54.4	lts.		
	METIL-ETIL-CETONA	280.4	lts.		
	ACETATO DE ETILO	760.9	lts.		
	AGUA DEIONIZADA	1788.5	lts.		
SERVICIOS	AC. ACÉTICO Y ACETALDEHIDO	14.2	lts.		
INFORMACIÓN DE DISEÑO					
		UNIDADES	OCUPACIÓN NORMAL	BASES DE DISEÑO	
CAPACIDAD	VOLUMEN DE TRABAJO	lts.	4230.3	6000	
	VOLUMEN LIBRE	lts.	1769.7	0	
	VOLUMEN TOTAL	lts.	6000	6000	
CÍCLICO	SI		RETENCIÓN	NO	
CHAQUETA	SI VAPOR DIRECTO		SERPENTÍN	NO	
CALENTAMIENTO O	FLUJO	Kg./hr.	370	450	
	PRESIÓN	Kg/cm <sup>2</sup>	2.5	3.5	
ENFRIAMIENTO	TEMPERATURA	°C	124	145	
INFORMACIÓN DEL EQUIPO					
TIPO:	CILÍNDRICO	VERTICAL:	SI	HORIZONTAL:	NO
DIMENSIONES		DIÁMETRO:	1.72 m.	LONG. T-T :	2.58 m.
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	SS-316			TOL. CORROSIÓN:	1/16"
				TOL. CORROSIÓN:	
SERPENTIN INTERIOR:		SERPENTIN EXTERIOR:		CHAQUETA	SI
AGITADOR:	SI, VER ESPECIFICACIÓN				
CONEXIONES DE INSTRUMENTOS: VER DETALLE EN HOJA 2					
AISLAMIENTO: 2" SRA (CONSERVACIÓN DE CALOR)					
VENTEO: VER DETALLE EN HOJA 2					
OTROS: 4 BAFLAS A 90° Y VAPOR DIRECTO AL LOTE CON DIFUSOR TAPAS TORIÉSFERICAS					

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA** **MAESTRIA EN ING. DE PROYECTOS**

NO. DE ITEM: I-003.4.5 | PREPARO: OGS | APROBO: HDH/JLR | FECHA: ENERO '90 | REV: 0

LOCALIZACION: PLANTA LERMA | DIVISION: SISTEMAS TÉCNICOS | PLANTA: GOMA

NOMBRE: TANQUE LAVADOR DESTILADOR (1, 2 Y 3)

FUNCION: DESTALAR LA MEZCLA DE REACCION, LAVAR EL POLIMERO Y ALIMENTAR A SECADO.

OPERACION: CONTINUA

VERTICAL: SI | HORIZONTAL: | LIQUIDO: MEZCLAS DE REACCION

CAPACIDAD: 1585.2 Gal. | CANTIDAD:

DIAMETRO: 1.72 m. | PESO DEL TANQUE VACIO: Ver plano I.D.

LONG. T-T: 2.58 m. | PESO DEL TANQUE LLENO: Ver plano I.D.

		RECIPIENTE	CHAQUETA-SERPENTIN
MTRL TANQUE :	SS-316	TOL CORROSION	1/16" 1/16"
MTRL SERPENTIN :	NO	CODIGO DE DISEÑO	ASME ASME
MTRL CHAQUETA :	A.C.	PLACAS	SI SI
		PRESION DE DISEÑO	52.5 PSIG @ 223°F 56.0 PSIG @ 289°F
		EFIC. SOLDADURA	90% 85%

TANQUE O RECIPIENTE CILINDRICO VERTICAL

ESPEC. MATERIAL SS-316

MIRILLAS VER DIBUJO

BOQUILLAS PIAGITADOR SI

TOLERANCIAS DIMENSION +/- 1%

ESPECS. DE FABRICACION N.A.

TRATAMIENTO TÉRMICO N.A.

PLACA DE IDENTIFICACION SI

PREPARACION DE SUPERFICIE SI

SOPORTES CARTABONES

PASAMANOS NO

FIJACIONES DE AISLAMIENTO SI

DEFLECTORES SI 4 @ 90° C/U

TUBO DE INMERSION SI

TERMOPOZO SI (RTD)

INSTRUMENTOS DE NIVEL NO

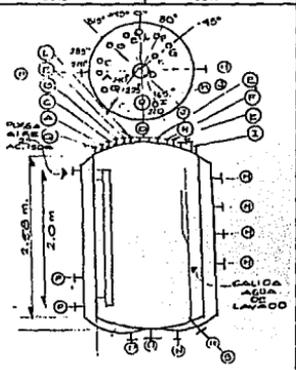
ESCALERA NO

PRESION DE PRUEBA RECIPIENTE 51 PSIG @ 198°F

PRESION DE TRABAJO RECIPIENTE 28.5 PSIG @ 198°F

PRESION DE PRUEBA CHAQUETA

PRESION DE TRABAJO CHAQUETA



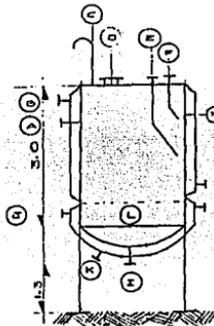
**CUADRO DE BOQUILLAS**

MARCA	TAMAÑO *	TIPO DE BRIDA	CAPACIDAD	FUNCION O SERVICIO
A	6	L.J.	150#	ENTRADA DE MEZCLA DE REACC.
B	6	L.J.	150#	SALIDA DE VAPORES
C	2	L.J.	150#	ENTRADA DE AGUA DEIONIZADA
D	16	N.A.	150#	AGITADOR
E	2	L.J.	150#	ENTRADA VAPOR DE ARRASTRE
F	2	L.J.	150#	ENTRADA PISTON 1
G	2	L.J.	150#	ENTRADA PISTON 2
H	24	N.A.	150#	REGISTRO HOMBRE
I	6	N.A.	150#	LAMPARA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO				
FACULTAD DE QUÍMICA		MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS		
NO. DE ÍTEM: 1-023	PREPARO: OGS	APROBÓ: HDH/JRC	FECHA: ENERO 1990	REV: 0
LOCALIZACIÓN: PLANTA LERMA		DIVISIÓN: SISTEMAS TÉCNICOS		PLANTA: GOMA
NOMBRE: TANQUE RECUPERADOR DE AGUA-GOMA				
FUNCIÓN: RECUPERAR AGUA Y GOMA DE LOS LAVADOR DE POLIMERO				
OPERACIÓN: CONTINUA				
MATERIALES				
	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDADES	
PROCESO	AGUA DE LAVADO	4800	lts.	
	GOMA (NORMAL Y DE APM)	400	lts.	
SERVICIOS	VAPOR	Recirculación		
	AGUA DE ENFRIAMIENTO	Recirculación		
INFORMACIÓN DE DISEÑO				
		UNIDADES	OCUPACIÓN NORMAL	BASES DE DISEÑO
CAPACIDAD	VOLUMEN DE TRABAJO	lts.	5200	5980
	VOLUMEN LIBRE	lts.	780	780
	VOLUMEN TOTAL	lts.	5980	6760
CÍCLICO	SI		RETENCIÓN	NO
CHAQUETA	SI	VAPOR-AGUA	SERPENTÍN	NO
CALENTAMIENTO O ENFRIAMIENTO	FLUJO		N.D.	
	PRESIÓN	Kg/cm <sup>2</sup>	2.5	3.5
	TEMPERATURA		°C	120
	120			150
INFORMACIÓN DEL EQUIPO				
TIPO:	CILÍNDRICO	VERTICAL:	SI	HORIZONTAL: NO
DIMENSIONES		DIÁMETRO:	1.70 m.	LONG. T-T : 3.00 m.
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	CUERPO ACERO INOXIDABLE A-240		TOL. CORROSIÓN: 1/16"	
	CHAQUETA ACERO AL CARBON		TOL. CORROSIÓN: 1/8"	
SERPENTÍN INTERIOR:		SERPENTÍN EXTERIOR:	CHAQUETA SI	
AGITADOR:	SI, VER ESPECIFICACIÓN			
CONEXIONES DE INSTRUMENTOS: INTERRUPTOR DE NIVEL Y MIRILLA A TRAVES DE LA CHAQUETA				
AISLAMIENTO:	1" SRA (CONSERVACIÓN DE CALOR)			
VENTEO:	SI 2": VER DETALLE EN HOJA 2			
OTROS:				

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA			MAESTRIA EN ING. DE PROYECTOS		
NO. DE ITEM: 1-023	PREPARO: OGS	APROBO: HDH/JLRC	FECHA: ENERO '90	REV: 0	
LOCALIZACION: PLANTA LERMA	DIVISION: SISTEMAS TÉCNICOS	PLANTA: GOMA			
NOMBRE: TANQUE RECUPERADOR DE AGUA-GOMA					
FUNCION: RECUPERAR AGUA Y GOMA DE LOS LAVADOS DE POLIMERO					
OPERACION: CONTINUA					
VERTICAL: SI	HORIZONTAL:	LIQUIDO: AGUA-POLIMERO			
CAPACIDAD: 1800 Gal	CANTIDAD:				
DIAMETRO: 1.7 m.	PESO DEL TANQUE VACIO:	Ver plano I.D.			
LONG. T-T: 3 m.	PESO DEL TANQUE LLENO:	Ver plano I.D.			
		RECIPiente	CHAQUETA-SERPENTIN		
MTRL TANQUE: SS-316	TOL. CORROSION	1/16"	1/16"		
MTRL SERPENTIN: NO	CODIGO DE DISEÑO	ASME	ASME		
MTRL CHAQUETA: A.C.	PLACAS	NO	NO		
	PRESSION DE DISEÑO	3.75 Kg/cm2	3.75 Kg/cm2		
	EFIC. SOLDADURA	80%	80%		
TANQUE O RECIPiente	CILINDRICO VERTICAL				
ESPEC. MATERIAL	SS-316				
MIRILLAS	VER DIBUJO				
BOQUILLAS P/AGITADOR	NO				
TOLERANCIAS DIMENSION	+/- 1%				
ESPECs. DE FABRICACION	ASME				
TRATAMIENTO TERMICO	NO				
PLACA DE IDENTIFICACION	SI				
PREPARACION DE SUPERFICIE	N.A.				
SOPORTES	4 PÁTAS @ 90° C/U				
PASAMANOS	NO				
FIJACIONES DE AISLAMIENTO	SI				
DEFLECTORES	NO				
TUBO DE INMERSION	SI				
TERMOPOZO	NO				
INSTRUMENTOS DE NIVEL	SI				
ESCALERA	NO				
PRESSION DE PRUEBA RECIPiente	Ver plano en I.D.				
PRESSION DE TRABAJO RECIPiente	Ver plano en I.D.				
PRESSION DE PRUEBA CHAQUETA	Ver plano en I.D.				
PRESSION DE TRABAJO CHAQUETA	Ver plano en I.D.				
<b>CUADRO DE BOQUILLAS</b>					
MARCA	TAMAÑO "	TIPO DE BRIDA	CAPACIDAD	FUNCION O SERVICIO	
A	2	L.J.	150#	SALIDA DE AGUA RECUPERADA	
B	1 1/2	SORF	150#	SALIDA DE AGUA DE ENFTO.	
C	2	L.J.	150#	VENTEO	
D	24	HECHIZA	N.A.	REGISTRO HOMBRE	
E	1 1/2	L.J.	150#	ENTRADA DE 1-045	
F	2	L.J.	150#	ENTRADA DE AGUA DE LAVADOS	
G	1 1/2	SORF	150#	ENTRADA DE AGUA DE ENFTO.	
H	1	SORF	150#	ENTRADA DE VAPOR	
I	3	L.J.	150#	GOMA A TAMBORES	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO				
FACULTAD DE QUÍMICA			MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS	
NO. DE ÍTEM: 1-001	PREPARO: OGS	APROBÓ: HDH/JLRC	FECHA: ENERO 1990	REV: 0
LOCALIZACIÓN: PLANTA LERMA		DIVISIÓN: SISTEMAS TÉCNICOS		PLANTA: GOMA
NOMBRE: REACTOR DE GOMA (PVA 'c)				
FUNCIÓN: REACCIONAR GOMA NORMAL Y DE ALTO PESO MOLECULAR				
OPERACIÓN: CONTINUA				
MATERIALES				
	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDADES	
PROCESO	ACETATO DE VINILO	1780.5	lts.	
	METIL ETIL CETONA	760	lts.	
	ACETATO DE ETILO	280	lts.	
	PERÓXIDO DE HIDROGENO	10	lts.	
	AGUA DEIONIZADA	76	lts.	
SERVICIOS	AGUA DE CALENTAMIENTO	Recirculación		
INFORMACIÓN DE DISEÑO				
		UNIDADES	OCUPACIÓN NORMAL	BASES DE DISEÑO
CAPACIDAD	VOLUMEN DE TRABAJO	lts.	2913	3471
	VOLUMEN LIBRE	lts.	587	695
	VOLUMEN TOTAL	lts.	3500	4166
CÍCLICO	SI		RETENCIÓN	NO
CHAQUETA	SI AGUA DE CALENTAR.		SERPENTÍN	NO
CALENTAMIENTO O	FLUJO	Kg./hr.	N.D.	N.D.
	PRESIÓN	Kg/cm <sup>2</sup>	2.5	3.5
ENFRIAMIENTO	TEMPERATURA	°C	92	150
INFORMACIÓN DEL EQUIPO				
TIPO:	CILÍNDRICO	VERTICAL:	SI	HORIZONTAL: NO
DIMENSIONES		DIÁMETRO:	1.48 m.	LONG. T-T: 2.13 m.
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	ACERO INOXIDABLE A-240			TOL. CORROSIÓN: 1/8"
	ACERO INOXIDABLE TAPAS			TOL. CORROSIÓN: 1/8"
SERPENTÍN INTERIOR:		SERPENTÍN EXTERIOR:		CHAQUETA SI
AGITADOR:	SI, VER ESPECIFICACIÓN			
CONEXIONES DE INSTRUMENTOS: TERMOPOZO, VER HOJA 2				
AISLAMIENTO:	2" SRA (CONSERVACIÓN DE CALOR)			
VENTEO:	VER DETALLE EN HOJA 2			
OTROS:	4 BAFLES A 90° TAPAS TORIÉSFERICAS			

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			
FACULTAD DE QUÍMICA		MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS	
EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE CALOR			
NO. DE ÍTEM: 1-002	PREPARO: OGS	APROBÓ: HDHJLRC	FECHA: ENE '90 REV: 0
LOCALIZACIÓN: PLANTA LERMA		DIVISIÓN: SISTEMAS TÉCNICOS	PLANTA: GOMA
NOMBRE: CONDENSADOR DEL REACTOR DE GOMA			
FUNCIÓN: CONDENSAR LAS MEZCLAS DE REACCIÓN (VAM-MEK-ADE)			
OPERACIÓN: CONTINUA			
CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD		ENVOLVENTE	TUBOS
FLUIDO QUE CIRCUCLA		AGUA	MEZCLA DE VAPORES
TOTAL DE FLUIDO ENTRANDO	98312.4 Lb/hr.		3658.4 Lb/hr.
VAPOR	0 Lb/hr.		3658.4 Lb/hr.
LIQUIDO	39366.4 Lb/hr.		0 Lb/hr.
NO. DE PASOS	1		1
TEMPERATURA DE ENTRADA	78.8 °F		140 °F
TEMPERATURA DE SALIDA	96.8 °F		86 °F
PRESIÓN DE OPERACIÓN	Ver I.D. Psig		Ver I.D. Psig
PESO MOLECULAR	18 Kg/Kg/mol		75.5 Kg/Kg/mol
VELOCIDAD	7 FV/seg.		60 - 2.6 FV/seg.
DENSIDAD	62.4 Lb/ft <sup>3</sup>	0.0624 - 57.43	Lb/ft <sup>3</sup>
VISCOSIDAD	1 Cp		Ver I.D. Cp
CALOR ESPECÍFICO LIQUIDO	1 BTU/Lb.		Ver I.D. BTU/Lb.
CALOR LATENTE VAPORES	Ver I.D. BTU/Lb.		Ver I.D. BTU/Lb.
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	°F		°F
CAÍDA DE PRESIÓN RECOMENDADA	10 Psig		2 Psig
PRESIÓN DE DISEÑO	77 Lb/plg <sup>2</sup>		52 Lb/plg <sup>2</sup>
TEMPERATURA DE DISEÑO	140 °F		212 °F
TOLERANCIA DE CORROSIÓN	1/16"		1/8"
MATERIAL	ACERO AL CARBÓN		SS-316
ESPEJOS-TAPAS	SS-316		SS-316
CALOR TOTAL INTERCAMBIADO:	708595 BTU/hr.	LMTD : 16.1 °F	ÁREA DE TRANSFERENCIA: 597 ft <sup>2</sup>
HORIZONTAL:	SI	DIÁMETRO DE LA ENVOLVENTE:	17 1/4" CÓDIGOS REQUERIDOS
VERTICAL :	NO	ARREGLO DE TUBOS:	TRIANGULAR ASME VIII Y TEMA
NO. TUBOS	147 D.E.: 1"	LONG. TUBOS:	16 ft. BWG: 14 PASO: 1 1/4"
NOTAS:			
OBSERVACIONES:			

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			
FACULTAD DE QUÍMICA		MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS	
EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE CALOR			
NO. DE ÍTEM: 1-028	PREPARO: OGS	APROBÓ: HDH/JLRC	FECHA: ENE '90 REV: 0
LOCALIZACIÓN: PLANTA LERMA	DIVISIÓN: SISTEMAS TÉCNICOS	PLANTA: GOMA	
NOMBRE: CALENTADOR DEL REACTOR DE GOMA			
FUNCIÓN: CALENTAR AGUA PARA RECIRCULACION A LA CHAQUETA DEL REACTOR			
OPERACIÓN: CONTINUA			
CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD	ENVOLVENTE	TUBOS	
FLUIDO QUE CIRCULA	VAPOR DE MEDIA	AGUA DE TORRE	
TOTAL DE FLUIDO ENTRANDO	176 Lb/hr.	34973 Lb/hr.	
VAPOR	176 Lb/hr.	0 Lb/hr.	
LIQUIDO	0 Lb/hr.	34973 Lb/hr.	
NO. DE PASOS	1	1	
TEMPERATURA DE ENTRADA	302 °F	65 °F	
TEMPERATURA DE SALIDA	264 °F	198 °F	
PRESIÓN DE OPERACIÓN	130 Psig	42 Psig	
PESO MOLECULAR	18 Kg/Kgmol	18 Kg/Kgmol	
VELOCIDAD	7 F/seg.	60 - 2.6 F/seg.	
DENSIDAD	0.014 - 0.28 Lb/ft3	1 Lb/ft3	
VISCOSIDAD	0.001 - 0.95 Cp	1 Cp	
CALOR ESPECIFICO LIQUIDO	Ver I.D. BTU/Lb.	1 BTU/Lb.	
CALOR LATENTE VAPORES	Ver I.D. BTU/Lb.	Ver I.D. BTU/Lb.	
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	°F	°F	
CAÍDA DE PRESIÓN RECOMENDADA	5 Psig	5 Psig	
PRESIÓN DE DISEÑO	42 Lb/plg2	130 Lb/plg2	
TEMPERATURA DE DISEÑO	138 °F	225 °F	
TOLERANCIA DE CORROSIÓN	1/8"	1/8"	
MATERIAL	ACERO AL CARBÓN	ACERO AL CARBÓN	
ESPEJOS-TAPAS	ACERO AL CARBÓN	ACERO AL CARBÓN	
CALOR TOTAL INTERCAMBIADO:	160000 BTU/hr.	LMTD: 117.6°F	AREA DE TRANSFERENCIA: 43 ft2
HORIZONTAL:	SI	DIÁMETRO DE LA ENVOLVENTE: 8"	CÓDIGOS REQUERIDOS
VERTICAL:	NO	ARREGLO DE TUBOS: TRIANGULAR	ASME VIII Y TEMA
NO. TUBOS	36 D.E.: 3/4"	LONG. TUBOS: 6 ft.	BWG: 14 PASO: 15/16"
NOTAS:			
OBSERVACIONES:			

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

<b>FACULTAD DE QUÍMICA</b>		<b>MAESTRÍA EN ING. DE PROYECTOS</b>			
<b>EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE CALOR</b>					
NO. DE ÍTEM: 1-047	PREPARO: OGS	APROBÓ: HDH/JLRC	FECHA: ENE '90	REV: 0	
LOCALIZACIÓN: PLANTA LERMA	DIVISIÓN: SISTEMAS TÉCNICOS		PLANTA: GOMA		
NOMBRE: CONDENSADOR DE METIL-ETIL-CETONA					
FUNCIÓN: CONDENSAR MEK DEL SISTEMA DE RECUPERACION DE SOLVENTES					
OPERACIÓN: INTERMITENTE					
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD</b>	<b>ENVOLVENTE</b>	<b>TUBOS</b>			
FLUIDO QUE CIRCULA	AGUA DE TORRE	VAPORES MEK			
TOTAL DE FLUIDO ENTRANDO	13.75 GPM	440.5 GPM			
VAPOR	0 Lb/hr	220.26 Lb/hr			
LIQUIDO	5531 Lb/hr	220.26 Lb/hr			
NO. DE PASOS	1	1			
TEMPERATURA DE ENTRADA	85 °F	149 °F			
TEMPERATURA DE SALIDA	73 °F	77 °F			
PRESIÓN DE OPERACIÓN	21.5 Psig	7.5 Psig			
PESO MOLECULAR	18 Kg/Kgmol	Ver I.D. Kg/Kgmol			
VELOCIDAD	7 Ft/seg.	60 - 2.6 Ft/seg.			
DENSIDAD	7 Lb/ft3	Ver I.D. Lb/ft3			
VISCOSIDAD	1 Cp	Ver I.D. Cp			
CALOR ESPECIFICO LIQUIDO	1 BTU/Lb.	Ver I.D. BTU/Lb.			
CALOR LATENTE VAPORES	Ver I.D. BTU/Lb.	Ver I.D. BTU/Lb.			
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	°F	°F			
CAÍDA DE PRESIÓN RECOMENDADA	10 Psig	2 Psig			
PRESIÓN DE DISEÑO	37 Lb/plg2	10.5 Lb/plg2			
TEMPERATURA DE DISEÑO	88 °F	164 °F			
TOLERANCIA DE CORROSIÓN	1/8"	1/16"			
MATERIAL	ACERO AL CARBÓN	SS-316			
ESPEJOS-TAPAS	SS-316	SS-316			
CALOR TOTAL INTERCAMBIADO:	49785 BTU/hr.	UMTD: 35.2°F	AREA DE TRANSFERENCIA: 29 ft2		
HORIZONTAL: SI	DIÁMETRO DE LA ENVOLVENTE: 8"		CÓDIGOS REQUERIDOS		
VERTICAL: NO	ARREGLO DE TUBOS: TRIANGULAR	ASME VIII Y TEMA			
NO. TUBOS 36	D.E.: 3/4"	LONG. TUBOS: 4 ft.	BWG: 14	PASO: 15/16"	
NOTAS:					
OBSERVACIONES:					

## H A Z O P

LINEA O EQUIPO 1- 001 - 04

VARIABLE Flujo

PROYECTO GOMA

INTENCIÓN Transferir VAM de 1-056 a 1-001

PLANTA GOMA

HOJA: 1

DE: 2

PALABRA CLAVE	DESVIACIÓN	CAUSAS PROBABLES	CONSECUENCIAS	ACCIÓN REQUERIDA
NO, NADA	No hay flujo de monómero al reactor	No hay monómero en tanques de alimto No es adecuada la alineación en tanques No funciona la bomba de monómero	Páro de planta Incumplimiento de pedidos Calentamiento de bombas Tiempos muertos Tiempos muertos	Colocar L's en tanques de monómero Conectar L's a sistema MRP-II Usar válvulas automáticas desde C control  Necesaria bomba de "apara" en monómero Alarma de operación en bombas c/flujo piloto
MÁS, MAYOR	Más flujo de monómero al reactor	Mal configurado ó mal alimentado el punto de ajuste en el totalizador de monómero	Disparo de reacción por desproporción de mezclas   Derrame de monómero	Lograr +/- 0.5% de exactitud en el totalizador de monómero al reactor. Incluir alarma por exceso de monómero solicitado al totalizador El totalizador de flujo de monómero debe de incluir memoria ó baterías de litio para mantener la configuración aun a falla de emergencia Instalar línea de purga en plato de seguridad del reactor. Equipos en zona de reacción a prueba de explosión y sistema de rotaciones.
MENOS, MENOR	Menor flujo de monómero al reactor	Fuga en líneas de monómero Filtro de monómero tapado Válvulas de purga y muestreo abiertas	Bajo rendimiento de lote y/o inhibición.  Bajo rendimiento de lote y/o inhibición  Bajo rendimiento de lote y/o inhibición	Líneas de SS-304 con espesor de 1D Empaques metálicos en líneas monómero Localizar filtro antes del totalizador de monómero Válvulas de purga y muestreo con resorte
APARTE DE..	Aparte de acetato de vinilo se hagan cargas de otras M.P.'s	Mezcla en tanque de almacenamiento en la descarga de papas	Posibilidad de disparo de reacción por cargas mezcladas o alteradas	Dirigirse desde MRP-II tanque de descarga de cada papa y certificar por el operador-receptorista
EN VEZ DE ..	En vez de monómero se alimenta al reactor otra M.P.	Carga de otra M.P. al tanque de almacenamiento a tanque vacío	Posibilidad de disparo de reacción por cargas mezcladas o alteradas	Dirigirse desde MRP-II tanque de descarga de cada papa y certificar por el operador-receptorista

## HAZOP

LÍNEA O EQUIPO : 1-001

Reaccional VAM a poliacetato de vinilo

VARIABLE : Temperatura

PLANTA : GOMA

PROYECTO: GOMA

HOJA : 2 DE : 2

PALABRA CLAVE	DESVIACIÓN	CAUSAS PROBABLES	CONSECUENCIAS	ACCIÓN REQUERIDA
NO, NADA	No hay temperatura en el reactor	Abierta circulación a lote de erlen Cerrada entrada de vapor al calentador	No hay inicio de reacción Tiempo muerto, baja productividad No hay inicio de reacción Tiempo muerto, baja productividad	Válvula de retorno automática y en cascada con la válvula de vapor. Válvula de entrada de vapor automática y en cascada con la de retorno de agua
MÁS, MAYOR	Mayor temperatura en el lote de reacción	Error en el punto de ajuste	Disparo de reacción Explosión-Incendio	Conectar los discos de ruptura a una fosa de volcados para recibir solventes Colocar tanque de agua helada en el nivel superior del reactor Revisar el diseño del condensador en I.D Colocar sistema de flucadores en los niveles 2 y 3 Independizar drenajes de nivel 2 y 3 para ahorrarlos a fosa de volcados. Equipo a prueba de explosión en niveles 2 y 3 Escalera de emergencia en cuarto de control del 3er. nivel Presión positiva en el cuarto de control de reacción
MEÑOS, MENOR	Menor temperatura en el reactor	Error en el punto de ajuste No hay suficiente vapor en el calentador Sembraberto el circuito de calentamiento	No inicia la reacción Baja productividad	Alarma por temperatura excesiva en rampa de calentamiento conectada al PLC central. Alarma por baja presión en el sistema de vapor de alimentación a la planta de GOMA Conectar en cascada las válvulas de agua y vapor del circuito de calentamiento
ADemás DE	Además de mayor temperatura mayor carga de monómero y/o solventes	Error en el punto de ajuste y en el totalizador de monómeros/solvente	Disparo de reacción Explosión-Incendio	Suma de acciones analizadas en la variable flujo-temperatura

FACULTAD DE QUIMICA  
 PROYECTO : GOMA  
 LOCALIDAD : LERMA, EDO. MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 PROGRAMA DE MAESTRO DE FECHAS CLAVE

MAESTRIA EN ING. PROYECTOS  
 CAPACIDAD : 1780 TON / AÑO

HOJA 1 DE 4

		1989			1990			1991					
		JA	S-O	N-D	E-F	M-A	M-J	JA	S-O	N-D	E-F	M-A	M-J
<b>1. INGENIERIA BASICA</b>													
1.1 Definición con grupo comercial capacidad-mercado	P	■											
	R	■											
1.2 Definición sistema de secado	P		■	■									
	R		■	■									
1.3 Definición sistema de enfriamiento	P		■	■									
	R		■	■									
1.4 Sistema de control y finalización de reacción	P	■											
	R	■											
1.5 Secuencia de operación	P	■											
	R	■											
1.6 Servicios auxiliares capacidad y disponibilidad	P	■											
	R	■											
1.7 Almacenamiento materias primas y producto terminado	P	■											
	R	■											
<b>2. INGENIERIA DE DETALLE</b>													
2.1 Invitación a concurso a firmas de ingeniería	P				■								
	R				■								
2.2 Evaluación de alcance y contenido de cotizaciones para selección	P				■								
	R				■								
2.3 Contrato de ingeniería de detalle	P				■								
	R				■								
2.4 Ejecución y revisión de ingeniería de detalle	P					■	■						
	R					■	■						
2.5 Concurso de materiales, equipo, obra a precio alzado	P						■						
	R						■						
2.6 Estimación de costo para aprobación de S.I.	P							■					
	R							■					





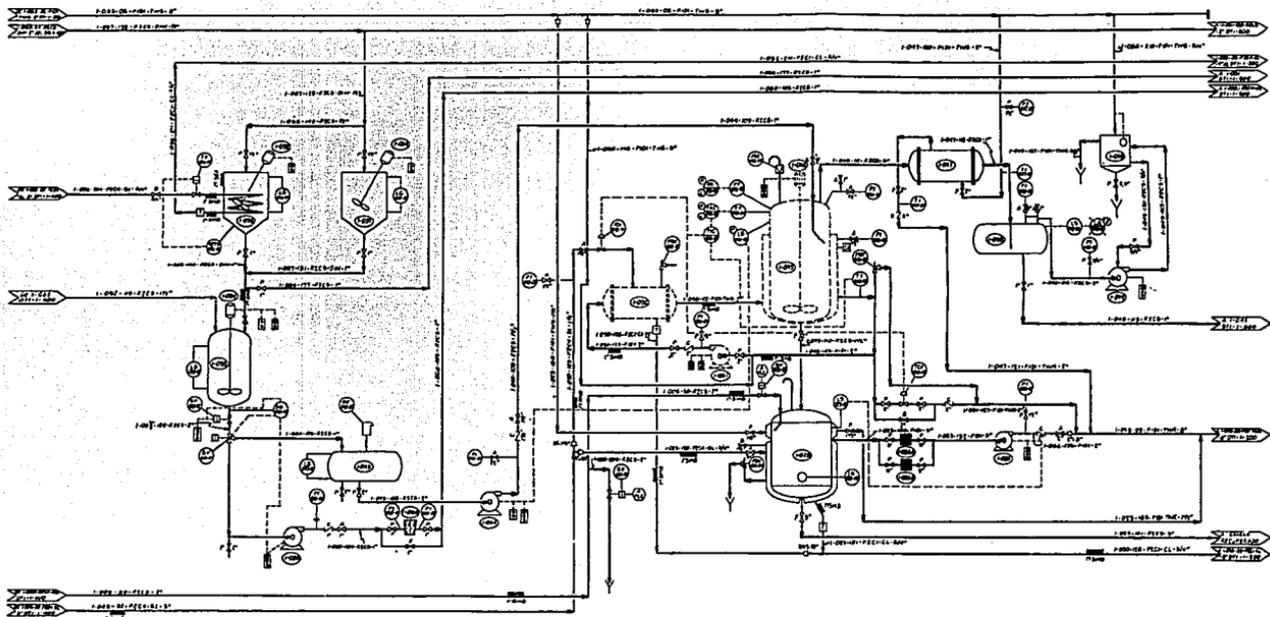












**NOTAS**

1-30 --- LINEA EXISTENTE.  
 31-35 --- LINEA DE PROYECTO.

- |   |  |  |   |   |   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|
| <b>1</b><br>BOMBA DE RECUPERACION DE SOLVENTE | <b>2</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE | <b>3</b><br>AGUARIUM DE TAMBOR PARA RECUPERACION DE SOLVENTE | <b>4</b><br>BOMBA DE CARGA DE CUBIERTA            | <b>5</b><br>TANQUE DE PREPARACION DE SOLVENTE | <b>6</b><br>TANQUE DE PREPARACION DE SOLVENTE     | <b>7</b><br>ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE           | <b>8</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE | <b>9</b><br>BOMBA CARGA DE ALMACENAMIENTO         | <b>10</b><br>BOMBA CARGA DE ALMACENAMIENTO        |
| <b>11</b><br>RECIPIENTE DE SOLVENTE           | <b>12</b><br>ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE          | <b>13</b><br>ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE                      | <b>14</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE | <b>15</b><br>BOMBA DE CARGA DE SOLVENTE       | <b>16</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE | <b>17</b><br>BOMBA DE RECUPERACION DEL DESTILADO | <b>18</b><br>TANQUE DE SOLVENTE                  | <b>19</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE | <b>20</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE |
| <b>21</b><br>ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE       | <b>22</b><br>ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE          | <b>23</b><br>BOMBA DE RECUPERACION DE SOLVENTE               | <b>24</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE | <b>25</b><br>BOMBA DE CARGA DE SOLVENTE       | <b>26</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE | <b>27</b><br>BOMBA DE RECUPERACION DEL DESTILADO | <b>28</b><br>TANQUE DE SOLVENTE                  | <b>29</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE | <b>30</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTE |

SERIES DE REFERENCIA	
N.	DESCRIPCION



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE QUÍMICA  
 DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
 MAESTRIA EN INGENIERIA QUÍMICA, PROYECTOS  
 GENERACION 88-90 MEXICO DE 1992



DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION DEL AREA DE DESTILACION DE SOLVENTE

FECHA	ESCALA	SIN	MODELO

---

# Bibliografía

---

MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA DE UNA PLANTA DE POLIACETATO DE VINILO:  
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE

1. **Product Catalog Gelva V-4**  
Monsanto Co.  
1980
2. **Plant Engineering Handbook**  
Stanlar William (Editor-in-chief)  
Staff of Specialists  
MacGraw-Hill Book Company  
2nd. Edition  
1959
3. **Encyclopedia of Chemical Technology**  
Kirk-Othmer  
John Wiley & Sons  
3rd. Edition  
1978
4. **Materials Handbook**  
Brady S. George/Clauser R. Henry  
MacGraw-Hill Inc.  
13th Edition  
1991
5. **Manual de Aplicación: PVA<sup>c</sup>**  
Industrias Resistol S.A.  
Emulsiones  
1990
6. **Compendio de Mercado**  
Industrias Resistol S.A.  
Emulsiones  
1990
7. **Principios de Sistemas de Polímeros**  
Rodríguez Ferdinand  
"El Manual Moderno"  
2ª Edición  
1984

- 8a. **User's Guide Votator Evaporator**  
Turba Film Processor  
Cherry Burrell Co.  
1988
  
- 8b. **Instalation & Operation Handbook Votator Evaporator**  
Turba Film Processor  
Cherry Burrell Co.  
1988
  
9. **SANVICK Co.**  
Instalation Handbook  
1990
  
10. **Operaciones de Transferencia de Masa**  
Treybal Robert E.  
McGraw-Hill  
2ª Edición.  
1982
  
11. **Handbook of Adhesives**  
Skeist Irving, Ph.D.  
Van Nostrand Reinhold Editors  
3rd Edition  
1990
  
12. **Polymer Handbook**  
Brandrup J./Immergut E.H.  
John Wiley & Sons  
3rd Edition  
1989
  
13. **Hanbook of Product Design for Manufacturing**  
(A practical guide to low-cost production)  
Bralla James G. (Editor-in-chief)  
Schneberger Gerald L.  
McGraw-Hill Book Company  
3rd Edition  
1978

14. **Project Planning, Scheduling & Control**  
Lewis J.P.  
Prentice Hall  
1992
15. **Manual del Ingeniero Químico**  
Perry/Chilton  
McGraw-Hill  
Quinta Edición
16. **Instrument Catalog Series MOD-30**  
Taylor Co.  
1990
17. **HAZOP Manual de Aplicación**  
CASH Corporativo  
Industrias Resistol S.A.  
1988
18. **Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso**  
Rase H.F./Barrow M.H.  
CECSA
19. **Eliminatio Potencial Process Hazards**  
Kletz Trevor A.  
Chemical Engineering  
Abril 1985
20. **Dynatrol Viscosity Control User & Instalation Handbook**  
CL-10RV Series  
Automation Products Inc.  
1988
21. **Manual de Procesos Químicos en la Industria**  
Austin George T. Tomo III  
McGraw-Hill  
5ª Edición  
1989