



3
29'

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA
FABRICACION DE RESINAS DE
INTERCAMBIO IONICO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
MARTHA EDITH AGUIRRE PORTILLO

1989

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

INDICE

I.- INTRODUCCION	1
II.- ESTUDIO DE MERCADO	
PROPIEDADES DEL PRODUCTO	3
NORMAS Y ESPECIFICACIONES	6
HABITOS DE COMPRA	6
INDUSTRIAS CONSUMIDORAS	8
PRODUCCION	10
IMPORTACION	12
SITUACION COMPETITIVA	12
TENDENCIAS	14
ORIGEN DE LA MATERIA PRIMA	15
OTROS	15
OTROS USOS	17
III. DESCRIPCION DEL PROCESO	
FABRICACION DEL COPOLIMERO	18
FABRICACION DE LAS RESINAS CATIONICAS :	
SULFONACION	22
FABRICACION DE LAS RESINAS ANIONICAS :	
CLOROMETILACION	28
AMINACION	30

IV.- PREDIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO

ECUACIONES DE DISEÑO	33
SECCION DE COPOLIMERIZACION :	
BALANCE DE MATERIA	36
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ESTIRENO	38
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DVB	41
TANQUE DE MEZCLADO DE MONOMEROS	44
REACTOR DE COPOLIMERIZACION	47
TANQUE DE ALIMENTACION A CENTRIFUGA	50
CENTRIFUGA	53
SECADOR ROTATORIO	56
SEPARADOR CICLONICO	64
CRIBA VIBRADORA	67
TRANSPORTADOR NEUMATICO	68
ALIMENTADOR ROTATORIO	74
TANQUE DE PERLAS MAYORES	75
TANQUE DE PERLAS MENORES	79
SILO DE PERLAS DE PROCESO	83

SECCION DE CLOROMETILACION :

BALANCE DE MATERIA	86
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE METILAL	87
REACTOR DE CLOROMETILACION	89
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CLORURO DE TIONILO	91
TANQUE DE MEDICION DE CLORURO DE TIONILO	93
ALIMENTADOR DE CLORURO DE ZINC	94
ENFRIADOR DEL REACTOR	95
CALENTADOR DEL REACTOR	101
CILINDRO DE REFLUJO DE VOLATILES	107
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GLICOL	109
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE METANOL	111
RECIBIDOR DEL COMPLEJO	113
RECIPIENTE DE LAVADO	115
CILINDRO DE REFLUJO	117
RECIBIDOR DE METANOL	119
CONTENEDOR DE AGUA DE LAVADO	121

SECCION DE AMINACION :

BALANCE DE MATERIA	123
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DMEA	125
TANQUE DE DILUCION DE AMINA	127
TANQUE DE AGITACION DE PERLAS	129
REACTOR DE AMINACION	131
RECIPIENTE DE LAVADO	133
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACIDO CLORHIDRICO	135
TANQUE DE AGITACION	136
CENTRIFUGA	138
LOCALIZACION DE LA PLANTA	142

V.- ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIERO

COSTO DEL EQUIPO	143
CAPITAL FIJO	145
COSTO DE PRODUCCION	148
GASTOS GENERALES	152
ESTUDIO DE FINANCIAMIENTO	154
PROYECCIONES FINANCIERAS	155

VI.- CONCLUSIONES

VII.- BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

I N T R O D U C C I O N

Las resinas de intercambio ionico se utilizan para la desmineralizacion y suavizacion del agua, con el fin de eliminar las impurezas organicas y quimicas que esta trae consigo.

Estas resinas sinteticas han venido a sustituir varios tratamientos como el de cal-carbonato, las zeolitas y la precipitacion por formacion de complejos.

La fabricacion de estas resinas comenzo a fines de los años 30 a nivel laboratorio, siendo lanzadas al mercado en 1947.

Dichas resinas son macromoléculas insolubles en agua, con una alta concentracion de grupos polares ácidos ó básicos incorporados a la matriz de un polímero sintético. La matriz mas utilizada, es la formada por el copolímero estireno-divinilbenceno, debido a las ventajas que presenta en cuanto a sus propiedades físicas, seguida por la de base acrílica.

Con el transcurso del tiempo se ha desarrollado tecnología enfocada a optimizar sus procesos de fabricacion para lograr mayor eficacia del producto, de tal forma que se logre una pureza del agua acorde con las necesidades de los consumidores.

Actualmente la aplicacion de las resinas se ha incrementado a otras áreas como: aislamiento de antibióticos y alcaloides; procesamiento de alimentos y bebidas; recuperacion hidrometalúrgica; catálisis de reacciones organicas, etc.

Siendo México un país en vias de desarrollo y adaptacion industrial y atravesando por una crisis económica muy fuerte, se requiere minimizar las importaciones de insumos y productos terminados para evitar la salida de divisas.

Por lo mismo las autoridades gubernamentales han dado facilidades para que muchos productos de importacion, como en el caso del copolímero clorometilado para las resinas aniónicas, cuya fabricacion estaba prohibida debido a que en el proceso se utiliza un reactivo sumamente tóxico y cancerigeno, se produzca bajo condiciones de seguridad altamente controladas.

Como en cualquier proyecto, para la fabricación de resinas sintéticas de intercambio iónico debemos tener en cuenta dos aspectos muy importantes :

* Las necesidades presentes y futuras del mercado

* Un detallado conocimiento de los procesos de fabricación, así como la infraestructura necesaria para el desarrollo de los mismos.

Para lograr lo anterior, se presentan en este trabajo:

1-La descripción de los procesos de fabricación para las resinas catiónicas y aniónicas.

2- El estudio de mercado para ambos tipos de resinas, estableciéndose las tendencias de consumo aparente para un marco de 10 años.

3- El predimensionamiento de la planta para la fabricación integral de las resinas aniónicas.

4- Un estudio sobre la viabilidad económica del proyecto complementándose con proyecciones financieras a futuro.

5- Finalmente las conclusiones obtenidas a través del trabajo realizado.

ESTUDIO DE MERCADO

ESTUDIO DE MERCADO

PROPIEDADES DEL PRODUCTO

Los copolímeros de Estireno-Divinilbeceno, son polímeros de cadena larga, entrecruzados en una estructura tridimensional rígida.

La molécula formada es de forma esférica, insoluble en todos los solventes e infusible aun a temperaturas elevadas. Dicha partícula contiene cargas fijas y móviles distribuidas a lo largo de la estructura.

Sus propiedades principales están determinadas por la composición química del polímero, es decir, por el grado de entrecruzamiento.

Principalmente se utilizan partículas con entrecruzamiento de 8% de DVB, pero también hay copolímeros de 4 y 16% de DVB, este último se usa principalmente en las resinas macro-reticulares.

Hay dos tipos de presentación de las resinas de intercambio iónico, las tipo Gel y las Macro-reticulares. Las primeras no contienen una porosidad verdadera, los iones a ser intercambiados deben difundirse a través de la estructura hacia los sitios de intercambio; las resinas macro-reticulares en cambio, tienen gran porosidad y la difusividad es más efectiva.

Las resinas se dividen en cuatro categorías, de acuerdo a los grupos funcionales (iones móviles) que las conforman, y son :

CLASIFICACION

- *Catiónica fuertemente ácida
- *Catiónica débilmente ácida
- *Aniónica fuertemente básica
- *Aniónica débilmente básica

GRUPO ACTIVO

- ácido sulfónico (SO₃H)
- ác. carboxílico (COOH)
- amonio cuaternario (N⁺)
- aminas secundarias y terciarias.

La matriz polimérica y el entrecruzamiento dan la rigidez y elasticidad necesaria para el movimiento pulsátil que se lleva a cabo durante el intercambio.

La matriz Acrílica-DVB, también se utiliza para fabricar resinas de intercambio.

Las principales propiedades que deben cumplir las resinas de intercambio iónico son :

* **CAPACIDAD DE INTERCAMBIO** : Esta propiedad es la característica más importante; mediante la capacidad de intercambio podemos saber la cantidad de contaminantes que las resinas remueven del agua, resultando en una mejor calidad del efluente.

Una capacidad de intercambio alta implica un alto grado de sitios funcionales iónicos.

* **CAPACIDAD DE RETENCION** : Esto se define como el volumen ocupado por agua cuando la resina esta completamente hinchada y refleja la distancia entre las cadenas del polímero dentro de la resina. La elasticidad de la resina impone un limite para este comportamiento. Al incrementarse el entrecruzamiento, los limites de elasticidad y de retención disminuyen.

* **DENSIDAD** : La densidad se ve afectada directamente por la matriz polimérica, la funcionalidad y la forma iónica. La densidad aparente y la gravedad específica son una medida intrínseca de la masa por unidad de volumen de una resina de intercambio hidratada.

* **COMPORTAMIENTO HIDRAULICO** : La operación de intercambio se controla por la caída de presión y la expansión del lecho de resina.

Si la caída de presión es muy grande puede producir severos daños en la resina, haciendo que se fracture.

La expansión del lecho describe la fluidización de la resina bajo condiciones de retrolavado. Esta propiedad varia con el tamaño y forma de partícula, la temperatura del fluido, etc.

* **TAMAÑO DE PARTICULA** : Las resinas comerciales tienen un rango de tamaño de 16 a 50 mesh (0.3 a 1.2 mm). Las partículas con tamaño superior o inferior presentan un comportamiento desproporcionado.

* **POROSIDAD** : La porosidad es una medida de la difusividad de los iones de una partícula.

* **HINCHAMIENTO** : El hinchamiento de las perlas se ve favorecido por los solventes polares, el entrecruzamiento bajo, la capacidad de intercambio alta y la fuerza iónica baja.

Las resinas débiles, tanto catiónicas como aniónicas, se hinchan más, como una función de su forma iónica, que las resinas fuertes. Cuando la resina ya está muy gastada tiende a hincharse mucho y su acción pulsátil ya no es eficiente.

* **ESTABILIDAD** : La estabilidad de las resinas se determina por su duración de servicio, la vida de las resinas se mide en término de número de ciclos o años de servicio antes de reemplazarla.

Las pérdidas por agotamiento y la capacidad de operación a través de la degradación química determinan el tiempo de reemplazo.

Para el tratamiento de agua, las resinas catiónicas requieren menos del 5% de reemplazo al año y pueden llegar a durar hasta 10 años, las aniónicas requieren de un 10 a 15% de reemplazo anual y su duración promedio es de 4 años.

Algunos factores que producen inestabilidad son :

--Temperatura : Para las resinas catiónicas, la temperatura máxima queda establecida por la forma de las sales, variando de 120 a 150°C ; en el caso de las resinas aniónicas, la temperatura esta en un rango de 30 a 60°C . Cuando se pasa de esas temperaturas puede ocurrir una Degradación Térmica.

--Oxidación : El exponer las resinas a sustancias altamente oxidantes acorta su tiempo de vida. Uno de los oxidantes mas comunes es el ion cloro libre, pero hay otros como el peróxido de hidrogeno, el ácido nítrico, el ác. clorhídrico, el oxígeno en combinación con metales pesados y a temperaturas elevadas, etc., con ellos se produce una pérdida acelerada, particularmente en las resinas aniónicas.

--Ensuciamiento : El ensuciamiento debido a sustancias orgánicas y a precipitados en la resina produce menor eficacia en el tratamiento del efluente.

--Cheque Osmótico : La exposición alternada de las resinas con sustancias de concentraciones altas y bajas puede producir fracturas en las perlas, eventualmente puede presentarse una reducción en el tamaño de la partícula causando resistencia al flujo y subsecuentes pérdidas de resina.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES

* GRADO Y LIMITE DE IMPUREZAS :

En este punto se toma en cuenta el tamaño de la partícula. Las resinas comerciales tienen un rango de tamaño que va de 16 a 50 mesh (0.3 a 1.2 mm) y se permite hasta 1% de finos.

* EMPAQUE :

Química Trepic envasa sus resinas en tambores metálicos de 7 ft³ de capacidad que en su interior llevan bolsas de polietileno.

Aquame: los empaqa en bolsas de polietileno de 50 Kgs.

HABITOS DE COMPRA

* CONTRATOS Y BASES DE COTIZACION :

Química Trepic cotiza al Gobierno y a las compañías distribuidoras de su producto ; se concede crédito a 30, 60 y 90 días al Gobierno y de 30 días a la industria privada.

Los precios de venta proporcionados por Química Trepic son :

<u>PRODUCTO</u>	<u>GOBIERNO</u>	<u>DISTRIBUIDORES</u>
Resina Cationica	245,000	208,250
Resina Aniónica	735,000	625,000

El precio es en moneda nacional, no incluyen IVA y es por ft³.

* MÉTODOS DE VENTA Y CANALES DE DISTRIBUCION :

Los métodos de venta utilizados por ambas industrias fabricantes, son diversos, principalmente tienen vendedores técnicos que visitan las compañías distribuidoras y las industrias paraestatales en lapsos de tiempo determinados, ellos hacen el pedido y facturan.

Las compañías distribuidoras del producto son de tres tipos:

- * Compañías o Bufetes de Ingeniería
- * Compañías especializadas en el tratamiento de agua
- * Compañías de servicios

INDUSTRIAS CONSUMIDORAS

* CONSUMO TOTAL :

De acuerdo a los datos recabados sobre producción e importaciones en nuestro país, se presenta a continuación el mercado aparente para las resinas sintéticas de intercambio iónico :

<u>AÑO</u>	<u>RESINAS ANIONICAS (TONS)</u>	<u>RESINAS CATIONICAS (TONS)</u>
1978	186.655	284.895
1979	276.695	293.536
1980	296.893	340.238
1981	397.216	405.200
1982	71.632	393.150
1983	249.153	373.173
1984	217.192	438.590
1985	380.000	481.739
1986	N.D.	N.D.
1987 *	402.000	504.000

* Estimado

N.D. no disponible

* CONSUMO POR AREAS :

Las resinas de intercambio iónico se consumen a lo largo de todo el país, debido a que el tratamiento de agua se ha ido generalizando, no sólo en las plantas industriales, sino para el uso en la vida cotidiana.

Las áreas geograficas de mayor consumo son :

- Distrito Federal
- Estado de México
- Nuevo León
- Veracruz
- Jalisco
- Querétaro
- Puebla
- Aguascalientes

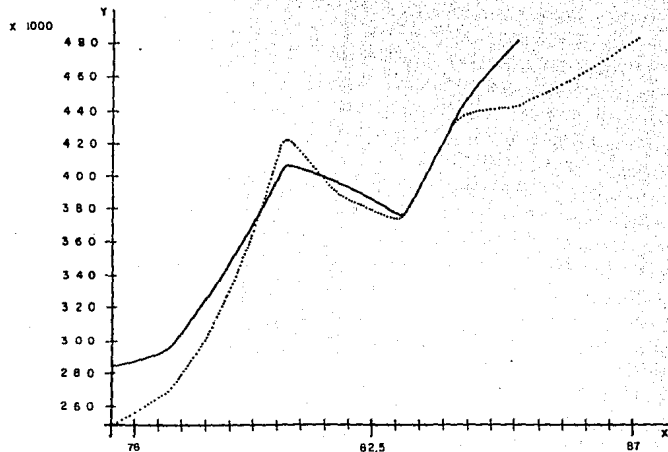
*** PRINCIPALES CONSUMIDORES :**

Los principales consumidores de resinas intercambiadoras de iones son :

PEMEX, para sus plantas y complejos petroquímicos, y la CFE, para las plantas de generación de energía eléctrica; entre los dos compran el 60% de la producción, mientras que el restante 40% lo consume el mercado industrial.

Así las principales industrias consumidoras son :

- Industria Química
- Industria Minera
- Industria del Hierro y el Acero
- Industria Papelera
- Industria Textil
- Industria Hulera
- Industria del Plástico
- Industria Alimenticia y de Bebidas, etc.



X = AÑO
 Y₁ = KGS. PRODUCCION CATIONICA (...)
 Y = KGS. MERCADO CATIONICA (-)

GRAFICA # 1

RESINAS DE INTERCAMBIO ANIONICO

<u>AÑO</u>	<u>PRODUCCION(KGS)</u>	<u>MERCADO(KGS)</u>
1978	151,191	186,655
1979	205,394	276,695
1980	213,592	296,893
1981	344,750	387,216
1982	10,410	71,632
1983	187,453	249,153
1984	173,910	217,192
1985	237,575	380,000
1986	N.D.	N.D.
1987*	270,000	

* Estimado
N.D. no disponible

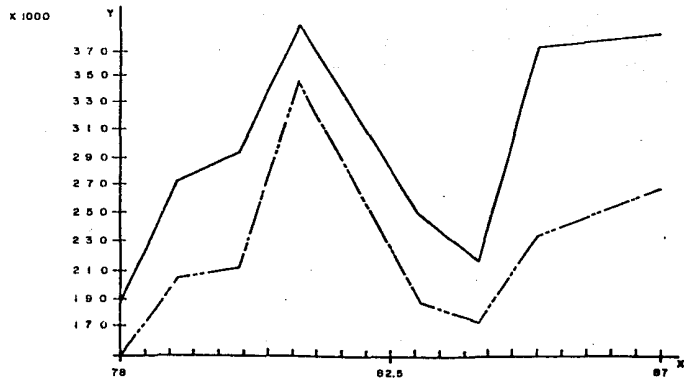
Fuente : Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos

La producción nacional tiende a incrementarse en los próximos años con objeto de disminuir la importación de resinas y abaratar la fabricación de las mismas.

* PRODUCTORES MUNDIALES :

Los principales productores a nivel mundial son :

<u>PRODUCTOR</u>	<u>PAIS</u>	<u>NOMBRE COMERCIAL</u>
Rohm & Hass Co.	E.U.A y Francia	Amberlite
Dow Chemical Co.	E.U.A.	Dowex
Diamond Alkali Co.	E.U.A.	Duolite
The Permutit Co.,LTD	Inglaterra	De-acidite y Zeo-karb
Mitsubishi Chem.Ind.	Japón	Dianion
Farbenfabriken Bayer	R.F.A.	Lewatit
Farbenfabriken Wolfen	R.D.A.	Wofatit
Montecatini	Italia	Kastel



X = AÑO
 Y1 = KGS. PRODUCCION ANIONICA [-]
 Y = KGS. MERCADO ANIONICA [...]

GRAFICA # 2

IMPORTACION

México importa una cantidad considerable de resinas intercambiadoras de iones para cubrir la demanda nacional.

Los países que le venden a México son :
Estados Unidos, Francia, Alemania Federal e Inglaterra.

Los datos de importación se presentan a continuación :

<u>AÑO</u>	<u>RES. ANIONICAS</u> (Kgs)	<u>RES. CATIONICAS</u> (Kgs)	<u>TOTAL</u> (Kgs)
1978	35,464	35,430	70,894
1979	71,301	26,524	97,825
1980	83,301	22,258	102,559
1981	42,466	-----	42,466
1982	61,222	7,775	68,997
1983	61,700	3,248	64,948
1984	43,282	2,763	46,045
1985	142,425	41,029	183,464

FUENTE: Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos.

SITUACION COMPETITIVA

PRINCIPALES COMPETIDORES, LOCALIZACION Y CAPACIDAD :

A pesar de que son solo dos las empresas dedicadas a este rubro, Química Trepic y Aquamek, el tratar de incorporar una empresa nueva se contempla difícil debido al monopolio de Química Trepic, ya que es el proveedor del Gobierno (Paraestatales), que es el mercado de mayor consumo de este producto.

Los permisos y capacidades instaladas de ambas empresas se presentan a continuación :

Química Trepic.

Localización de la planta : Apizaco, Tlaxcala.

<u>FECHA PERMISO</u>	<u>CLAVE</u>	<u>AUMENTO CAPAC.</u> (Ton/año)	<u>CAP. TOTAL</u> (Ton/año)
29-01-1968	6803	680	680
4-03-1976	7606	720	1400
13-03-1978	7813	1400	2800

Aquamex.

Localización de la planta : Monterrey, Nvo.León.

<u>FECHA PERMISO</u>	<u>CLAVE</u>	<u>AUMENTO CAP.</u> <u>(Ton/año)</u>	<u>CAP. TOTAL</u> <u>(Ton/año)</u>
15-08-1967	6721	600	600
16-01-1985	8504	---	---

FUENTE : SECOFI

Como vemos se cuenta con la capacidad instalada suficiente para abastecer la demanda nacional, sin embargo no se cuenta con la infraestructura necesaria para la fabricación de las resinas tipo aniónico, por lo que en este trabajo nos enfocaremos al predimensionamiento de una planta para la fabricación integral de las resinas aniónicas, ya que hasta la fecha sólo se hace una parte del proceso (aminación del copolímero clorometilado) en nuestro país.

PROTECCION ARANCELARIA :

Las resinas intercambiadoras de iones se importan bajo las siguientes fracciones arancelarias :

- 3901B002 para resinas aniónicas. Causa 10% de impuesto.
- 3901B027 para resinas catiónicas. Causa 33% de impuesto.
- 3902B040 para el copolímero estireno-divinilbenceno cloro-metilado. Causa 33% de impuesto.

También se debe pagar el 5% de fomento a las exportaciones y 15% de IVA.

Las tres fracciones están liberadas, es decir no requieren de permiso para importación.

Sin embargo, con la entrada de México al GATT se contempla que en un período de tiempo corto, dichas fracciones arancelarias desaparecerán.

TENDENCIAS

TENDENCIAS DE CONSUMO :

De acuerdo a los datos de mercado obtenidos para las resinas, se encontró un modelo (Mínimos Cuadrados - Gauss-Jordan), que nos representa el comportamiento y las tendencias de consumo de las resinas aniónicas y catiónicas.

Sin embargo los datos del ajuste comparados con los reales tienen ciertas divergencias, debido a que los datos reales se ven afectados por un sin número de factores, principalmente económicos, que no pueden ser representados en forma matemática mediante el procedimiento seguido.

A continuación se presentan las tendencias de consumo para los próximos años :

<u>AÑO</u>	<u>RESINAS CATIONICAS</u> (Tons)	<u>RESINAS ANIONICAS</u> (Tons)
1987	505.272	401.867
1988	522.118	431.364
1989	538.323	462.417
1990	554.237	494.533
1991	570.231	527.071
1992	586.701	559.231
1993	604.065	590.061
1994	622.766	618.466
1995	643.273	643.242
1996	666.088	663.118
1997	691.750	676.830
1998	720.840	683.196

Las ecuaciones utilizadas en el ajuste son :

Resinas Cationicas :

$$y = (-32232.926 + 1073.478x - 11.7596x^2 + 0.04337x^3) e^{0.477x}$$

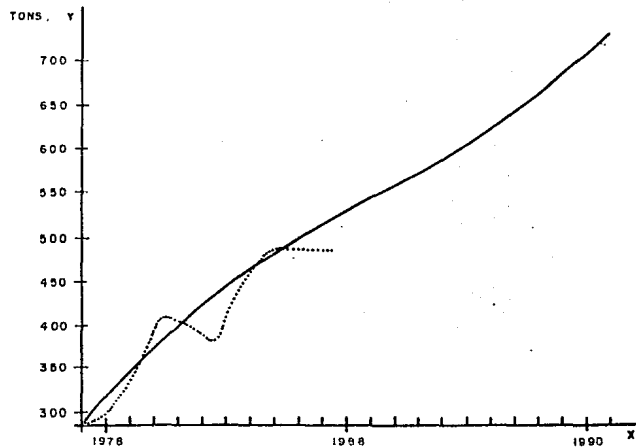
donde $x = X_{t-1,2}$

Resinas Anionicas :

$$y = (4.13818706 - 0.39921337x + 1.93600155*10^{-4} x^2 - 3.04767554*10^{-7} x^3) e^{0.477x}$$

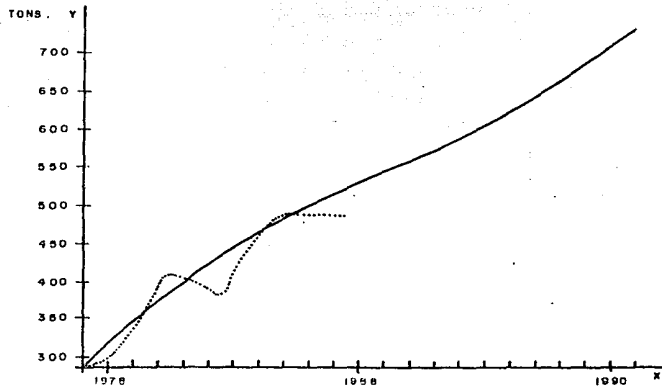
donde $x = X_{t-1,2}$

Como vemos el mercado tiende a incrementarse de 30 a 40% en los próximos 10 años.



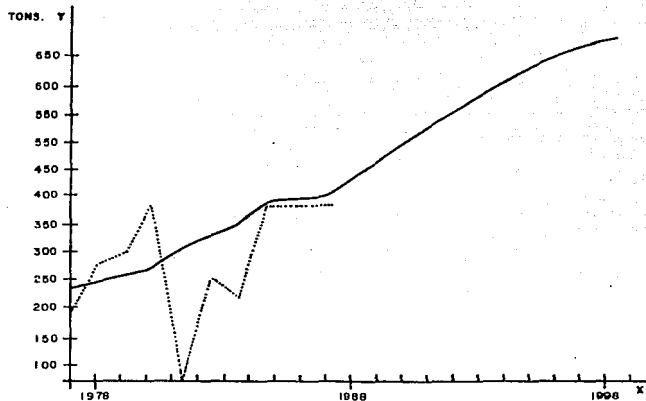
X = AÑO.
 Y1 = MERCADO REAL. (...)
 Y2 = TENDENCIA RESCATICAS (-)

GRAFICA # 3



X = AÑO.
 Y₁ = MERCADO REAL. (...)
 Y₂ = TENDENCIA RES.CATIONICAS (-)

GRAFICA # 3



X = AÑO.
 Y₁ = MERCADO REAL. (...)
 Y₂ = TENDENCIA RES. ANIONICAS. (-)

GRAFICA • 4

TENDENCIAS DE PRECIOS :

Debido a la creciente inflación y a la paridad cambiante del peso frente al dólar, los precios de las resinas tienden a incrementarse, sin embargo, si una nueva empresa se establece, puede darse una competencia de precios que favorecerá en forma definitiva a los consumidores.

ORIGEN DE LA MATERIA PRIMA

La mayoría de los insumos utilizados son nacionales, sin embargo se debe considerar que hay materia prima que se tiene que importar de E.U., lo cual influye directamente en el costo de producción.

A continuación se presenta una lista de la materia prima más importante y sus fabricantes ó distribuidores en México :

Estireno - PEMEX (f)
Divinil-benceno - Dow Química Mexicana (d)
Peróxido de benzoilo - Promotores y catalizadores orgánicos (f)
Dimetiletanolamina - Basf Mexicana (d), Helm de México (d)
Metanol - PEMEX (f), Solventes y Productos Químicos (f)
Acido clorhídrico - Cloro de Tehuantepec (f), Industria Química del Istmo (f)
Cloruro de tionilo - J.T.Baker (f)
Cloruro de zinc - Sales Industriales de México (f)
Alcohol Polivinílico - Industria Química del Istmo. (f)
Metilal - Importación

OTROS

SUBPRODUCTOS DEL PROCESO :

En el proceso de fabricación de las resinas catiónicas el principal subproducto es el ácido sulfúrico diluido. Este se puede neutralizar con amoníaco para formar sulfato de amonio y venderse como fertilizante ó se puede reconstituir a su concentración original agregándole Oleum al 40 % .

En la fabricación de resinas aniónicas no hay subproductos.

TARIFAS DE TRANSPORTE :

La transportación de las resinas intercambiadoras de iones, a través de la República Mexicana, se hace en autotransporte, y los productos terminados, intermedios y materia prima de importación se reciben en los Puertos de Manzanillo, Tampico y Veracruz, vía transporte marítimo.

Las tarifas de autotransporte se fijan de acuerdo a la cantidad de producto y a la distancia recorrida.

Las resinas de intercambio se transportan a granel y por tercera clase. Las tarifas de acuerdo a la distancia recorrida se fijan por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

$$\text{FLETE} = (\text{TONS. PRODUCTO}) * (\text{TARIFA}) * (1.35)$$

donde el 1.35 representa un factor adicional por maniobras de carga y descarga.

Las tarifas de flete marítimo están fijadas según las Conferencias Internacionales y dependen de la línea naviera en la cual se transporte la carga.

SEGURIDAD :

En la fabricación de resinas de intercambio aniónico, aparte de las medidas de seguridad que implica cualquier proceso industrial, se tienen que seguir ciertas normas en el Proceso de Clorometilación.

Como ya dijimos, en la clorometilación de la perla del copolímero se utiliza un reactivo muy tóxico, que es el clorometiléter, (en su lugar se puede utilizar el bis-clorometiléter) el uso de estos compuestos es controlado por las regulaciones de la OSHA, por sus cifras en inglés, Occupational Safety and Health Administration.

Algunos de sus requerimientos son :

- 1- Los compuestos arriba mencionados deben manipularse en un área donde las entradas y salidas estén restringidas y controladas.
- 2- Sólo los empleados asignados a esa área pueden trabajar en ella.
- 3- Los compuestos deben estar en recipientes cerrados.

4- Cuando dichos recipientes tengan que abrirse para descarga ú otros propósitos, debe hacerse bajo un escape acondicionado con ventilación continua.

5- Los empleados deben usar ropa que los proteja completamente cuando estén dentro del área restringida, y si van a manipular alguno de los compuestos mencionados, se requiere el uso de mascarilla de oxígeno.

6- Después de utilizada la ropa protectora, debe depositarse en contenedores cerrados para descontaminarse ó desecharse.

7- Los empleados asignados a dicha área deben tener un seguimiento médico especial.

La utilización del cloro metil éter puede provocar problemas de contaminación en el aire, por lo que debe ser sumamente controlada para evitar daños ecológicos.

OTROS USOS

Ademas de la desmineralización y suavización del agua, las resinas de intercambio iónico se usan para :

- Aislamiento de antibióticos, alcaloides y aminoácidos
- Proceso de producción de azúcar
- Recuperación hidrometalúrgica
- Catálisis de reacciones orgánicas
- Reactores nucleares
- Procesamiento de alimentos y bebidas
- Tratamiento de efluentes para la eliminación de compuestos específicos.

DESCRIPCION DEL
PROCESO

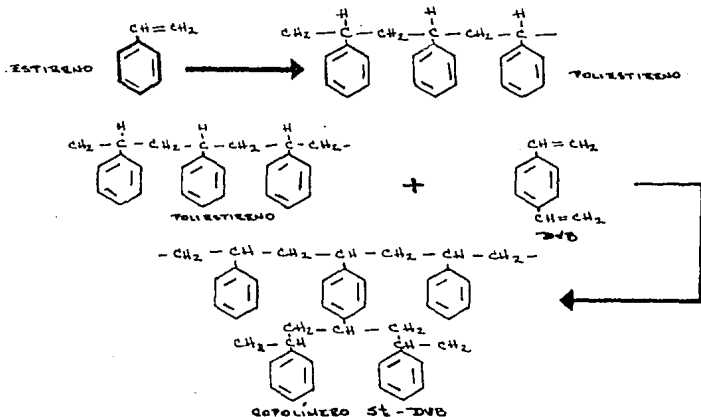
DESCRIPCION DEL PROCESO

PROCESO DE FABRICACION DEL COPOLIMERO ESTIRENO-DIVINILBENCENO

El primer paso para fabricar las resinas de intercambio iónico, es la formación del copolímero, al que se le llama también intermedio.

Como sabemos hay dos tipos de resinas, los tipo Gel y los tipo Macro-poro, los procesos para ambas son muy similares.

La reacción que se lleva a cabo es la siguiente :



* RESINAS TIPO GEL :

ref. [24]

En el tanque de mezclado V-100, se incorporan los monómeros de estireno (1), y divinilbenceno (1), provenientes de los tanques T-101 y T-102 respectivamente, junto con el peróxido de benzilo, que actúa como catalizador.

El reactor de polimerización R-101, se carga con agua, 1.5 veces el peso de los monómeros, y se agrega 0.1 % de alcohol polivinílico para estabilizar la suspensión.

El reactor contiene el catalizador, pero no en forma permanente, sino que entra en la reacción y por lo tanto debe agregarse en cada batch.

La mezcla de monómeros se manda al reactor R-101 y se comienza una agitación continua con el objeto de que los monómeros se dispersen en el agua, como pequeñas gotas en suspensión. [10]

El tamaño de las perlas depende de la intensidad de la agitación. Las fuerzas mecánicas producidas son suficientes para impedir la aglomeración y en esta etapa la estabilidad de las gotas es proporcional a la tensión interfacial entre las fases dispersantes y dispersadas. [12]

La mezcla se calienta a 70 °C para iniciar la polimerización, y se va incrementando la temperatura hasta 95°C. [10].

A medida que se lleva a cabo la reacción, las gotas se vuelven más viscosas, a una conversión de 20-30 %, la viscosidad es tal que las gotas tienden a unirse y a formar aglomerados. La agitación en este momento debe mantenerse a una velocidad adecuada; cuando la mezcla llega a una conversión de 70-80 %, las gotas tienen una individualidad definida y no tienden a unirse, siempre que el sistema sea mantenido por debajo del punto de ablandamiento del polímero. [10]

El problema fundamental es mantener el sistema sin aglomeraciones en el período crítico, para ello se utilizan estabilizadores de suspensión que forman capas delgadas sobre la superficie de las gotas. [10]

La reacción de polimerización sigue tres etapas :

Una en que la reacción es lenta, debido a la presencia de impurezas contenidas en los monómeros ; luego sigue un período de polimerización rápida, durante el cual la velocidad es exponencialmente dependiente de la temperatura ; finalmente cuando la reacción se aproxima a su fin, la velocidad disminuye nuevamente. [10]

Terminada la reacción, las perlas se bombean al tanque V-103, de donde se alimentarán a la centrifuga M-101, ahí el sólido se decanta en un gusano helicoidal, separándose la mayoría del agua de suspensión, mientras que las perlas se lavan con más agua para remover las trazas del agente de suspensión.

De la centrifuga, las perlas pasan al secador rotatorio M-102, donde se secan con aire caliente a 104.4°C durante una hora aproximadamente.

Ya que están secas las perlas, pasan al separador ciclónico M-103 y de ahí a la criba vibratoria M-104, en donde se separan según su tamaño.

Las perlas menores de 0.25mm se mandan al recipiente V-105, las de tamaño mayor a 1.1mm se mandan al recipiente V-104 mientras que las perlas de un tamaño intermedio se mandan al silo de almacenamiento V-106, mediante el alimentador rotatorio, M-106, en donde permanecen hasta que se proceda a la sulfonación ó a la clorometilación.

*** RESINAS TIPO MACROPORO :**

Se mezcla el estireno y el divinilbenceno en proporción adecuada para dar una concentración de 16 % de DVR, se agrega el catalizador y el tolueno (solvente para polimerizar), proveniente del tanque V-101, y se uniformiza la mezcla.

En el reactor R-102, se comienza el calentamiento a 70°C, y se va incrementando la temperatura hasta 85°C, a la cual el azeótropo Tolueno-Agua comienza a destilar (79.8 % tolueno).

En el condensador E-101, se condensa el azeótropo y se separa en el cilindro de reflujo V-102.

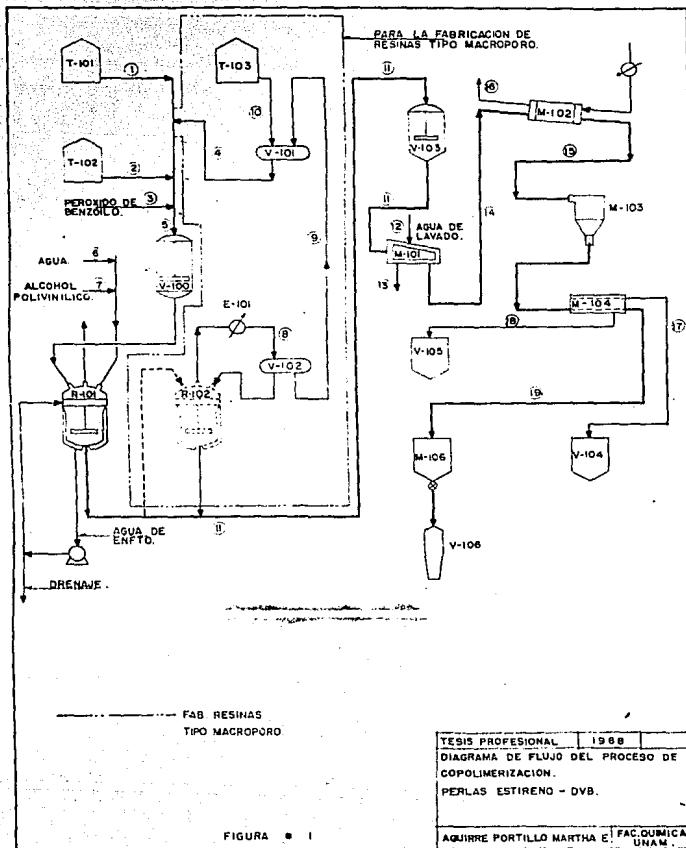
El agua de suspensión se retorna al reactor y el tolueno se bombea para reciclarlo al tanque V-101, en donde se agregan las cantidades perdidas durante el proceso.

Después que se remueve el azeótropo, la temperatura se sigue incrementando para completar la polimerización. Al terminar la reacción la continuidad del proceso es igual que para las perlas tipo gel.

*** TIEMPO DE DURACION DE LA REACCION DE POLIMERIZACION :**

RESINA TIPO GEL :

Carga de los monómeros al reactor	1.0 hr.
Calentamiento a 70°C	0.5 hr.
Polimerización (70-95°C)	3.5-6.0 hr.
Descarga del reactor	1.5 hr.
	<hr/>
	6.5-9.0 hr.



- EQUIPO -

TANQUES :

- T-101 Tanque de almacenamiento de estireno
- T-102 Tanque de almacenamiento de divinilbenceno
- T-103 Tanque de almacenamiento de tolueno

REACTORES :

- R-101 Reactor de copolimerización del copolímero gel
- R-102 Reactor de copolimerización del copolímero macroporo

RECIPIENTES A PRESION :

- V-100 Tanque de mezclado de monómeros
- V-101 Tanque de reciclaje de tolueno
- V-102 Cilindro de reflujo
- V-103 Tanque de alimentación a la centrífuga
- V-104 Tanque para almacenamiento para perlas mayores
- V-105 Tanque para almacenamiento para perlas menores
- V-106 Silo para almacenamiento de perlas de proceso

INTERCAMBIADORES :

- E-101 Condensador del reactor

OTROS :

- M-101 Centrífuga
- M-102 Secador rotatorio
- M-103 Separador ciclónico
- M-104 Criba vibradora
- M-105 Transportador neumático
- M-106 Alimentador rotatorio

FABRICACION DE RESINAS CATIONICAS A PARTIR DEL INTERMEDIO

Durante el proceso de manufactura de las resinas catiónicas, se siguen cuatro pasos :

- 1.- Hinchamiento de las perlas en el líquido orgánico (OPCIONAL).
- 2.- Sulfonación.
- 3.- Remoción del agente sulfonante e hidratación de las perlas.
- 4.- Neutralización.

Se recomienda que se lleve a cabo el hinchamiento de las perlas, ya que durante la vida útil de las resinas uno de los factores más importantes es la estabilidad física, y con éste paso se asegura mayor estabilidad. (La estabilidad física es la resistencia individual de las resinas a romperse o fracturarse en pequeños fragmentos, lo cual trae como consecuencia menor efectividad en el servicio.) [12]

Los agentes encargados del hinchamiento de las perlas deben cumplir ciertas características como [12] :

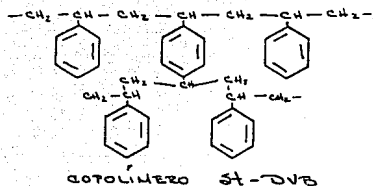
- * ser capaces de penetrar en la estructura de la resina en forma uniforme y en un tiempo corto;
- * ser inertes al ácido sulfúrico concentrado;
- * no deben quedar como remanentes;
- * no ser inflamables.

Entre los agentes más utilizados están el tetracloruro de carbono, tricloroetileno, cloruro de metileno y percloroetileno.

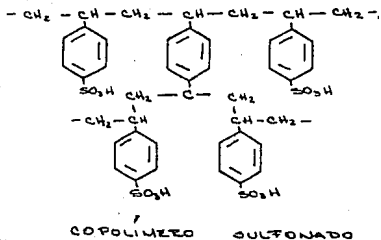
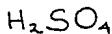
Durante la sulfonación se puede seguir en forma periódica la apariencia de las perlas del copolímero, y en las perlas que no se hinchan antes de sulfonarse se pueden observar fracturas internas que dan una resina de calidad inferior. [12]

Como agentes sulfonantes se pueden utilizar : Acido sulfúrico, ácido clorosulfónico, trióxido de sulfuro, etc. Siendo el primero el más utilizado.

A continuación se muestra la reacción que se lleva a cabo :



+



* DESCRIPCION DEL PROCESO :

ref. [24]

El reactor R-201, se carga con dicloroetileno (1) proveniente del tanque de reciclo V-202, y con la perlas del copolímero estireno-divinilbenceno que vienen de la tolva M-201.

Las perlas permanecen sumergidas en el dicloroetileno durante una hora aprox. para que se hinchen, posteriormente se drena el exceso de esté y se retorna al tanque V-202, otra parte del dicloroetileno se vaporiza en el reactor y se condensa en el intercambiador E-201, de donde pasa al tanque V-201.

Mientras tanto el agente sulfonante, en este caso ac. sulfúrico al 100%, se homogeniza en el tanque de mezclado V-201.

Cuando se termina el paso de hinchamiento (si las resinas son tipo macroporo, este no se requiere) se incorpora el ácido sulfúrico al reactor y comienza el calentamiento, la sulfonación comienza en un rango de temperatura entre 80 y 100 °C, la temperatura se sigue incrementando hasta un rango de 130-149 °C para finalizar esta etapa, la cual se completa cuando hay un grupo de ácido sulfúrico por núcleo aromático, lo que se realiza en un tiempo aproximado de 5 hrs.

En la reacción de sulfonación hay un gran desprendimiento de calor, debido a que la reacción es exotérmica, por lo que la temperatura se debe controlar mediante agua de enfriamiento en la chaqueta del reactor.

Después de terminada la sulfonación, las perlas se llevan al tanque V-203 para remover el ácido e hidratarlas.

El ácido utilizado queda a una concentración de 97 % aprox., por lo que se drena y se bombea una parte al tanque mezclador V-201, en donde se reconstituye a su concentración original, y otra parte al tanque T-201 en el que se diluye en agua para utilizarse posteriormente.

El ácido reconstituido con oleum al 40 %, se utiliza en la siguiente sulfonación.

Para remover el ácido de las perlas sin producir un choque osmótico, se hacen una serie de lavados con ácido diluido para ir decrementando gradualmente su fuerza, si las perlas fueran lavadas inmediatamente con agua, ocurriría un excesivo rompimiento de las mismas.

Los lavados se hacen con concentraciones de 85%, 65%, 40% y 10% de ácido sulfúrico para las resinas tipo gel, y de 75%, 50% y 20% para las resinas tipo macroporo. Estos lavados se hacen en el tanque V-203.

Después del último lavado con ácido, las perlas se lavan con agua y se remueve el ácido remanente; se agrega más agua y las perlas se transfieren al neutralizador R-202, en donde después de drenar el agua se neutralizan con hidróxido de sodio, NaOH, al 10%, proveniente de la dilución de sosa cáustica (T-204) y agua.

Hecha la neutralización, se drena el exceso de sosa diluida y las perlas se lavan con agua tres veces, para después bombearse al tanque de agitación V-205, y de ahí alimentarse en forma continua a la centrifuga M-202 para separar las fases y dar un último lavado a las perlas.

A la descarga de la centrifuga, las perlas se transportan por un convertidor neumático, al silo de producto V-206, para mandarse finalmente a la maquina empacadora M-203.

TIEMPO DE SULFONACION PARA LAS RESINAS TIPO GEL Y MACROPORO :

	<u>GEL</u>	<u>MACROPORO</u>
* Carga de las perlas tipo gel en dicloroetileno	0.5hrs	----
* Hinchamiento	1.0 hr	----
* Drenado del dicloroetileno	0.5hrs	----
* Carga del ácido sulfúrico	0.5hrs	0.5hrs
* Carga de las perlas tipo macroporo	----	0.5hrs
* Sulfonación (80-100C a 130-149C)	5.0hrs	5.0hrs
* Descarga del reactor	0.5hrs	0.5hrs
	<hr/>	<hr/>
	8.0hrs	6.5hrs

- EQUIPO -

TANQUES :

T-201 Tanque de almacenamiento de ácido diluido
T-202 Tanque de almacenamiento de oleum
T-203 Tanque de almacenamiento de dicloroetileno
T-204 Tanque de almacenamiento de sosa caustica

REACTORES :

R-201 Reactor de sulfonación
R-202 Neutralizador

INTERCAMBIADORES :

E-201 Condensador del reactor

RECIPIENTES A PRESION :

V-201 Tanque de ácido diluido
V-202 Tanque de reciclo de dicloroetileno
V-203 Tanque de lavado
V-204 Tanque de ácido diluido
V-205 Tanque de agitación del producto

OTROS :

M-201 Tolva de pesado de perlas
M-202 Centrifuga
M-203 Empacadora

FABRICACION DE LAS RESINAS ANIONICAS

La fabricación de las resinas aniónicas se lleva a cabo en tres pasos :

- 1.- Polimerización en suspensión para la formación del intermedio de estireno-divinilbenceno.
- 2.- Clorometilación del copolímero.
- 3.- Aminación del intermedio clorometilado.

El paso en que se lleva a cabo la formación del copolímero ya fué previamente descrito, por lo cual ahora nos enfocaremos al proceso de clorometilación y posteriormente a la aminación.

La clorometilación es una reacción de condensación Friedel-Crafts, en la cual se utilizan como catalizadores los cloruros de aluminio, zinc o estaño. El agente clorometilante es el CLOROMETIL-ETER, el cual además produce en las perlas un hinchamiento semejante al producido en las resinas catiónicas, y hace que la reacción se lleve a cabo en forma rápida y uniforme.

El clorometil-éter es una sustancia muy tóxica y que produce severos daños si se está en contacto directo con ella, por lo que una forma de evitarlos es producirla IN SITU. A continuación se enlistan algunas formas de prepararla :

- 1.- Con formaldehído, metanol y ácido clorhídrico.
- 2.- Con metilal y cloruro de tionilo.
- 3.- Con metilal y ácido clorosulfónico.
- 4.- Con metilal, cloruro de sulfurilo y ácido clorosulfónico.

En las dos últimas reacciones no se requiere de catalizadores Friedel-Crafts, sin embargo se produce un excesivo entrecruzamiento en las perlas de la resina, por lo que no son comúnmente usados. [24]

En este proceso también se pueden utilizar agentes que promuevan el hinchamiento como : diclorometileno, etileno, 1,2-dicloropropano, etc.

La reacción de clorometilación produce un entrecruzamiento adicional al producido en la formación del copolímero; esto se debe a que al incrementarse el número de grupos clorometil, comienzan a reaccionar con los anillos aromáticos vecinos formando puentes de metileno, con lo que el entrecruzamiento se incrementa en forma notable.

Con ello la funcionalidad de la perla se ve limitada a un volumen mas pequeño y las propiedades de la resina se ven afectadas. [3]

* DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CLOROMETILACIÓN : ref. [24]

El reactor R-301, se carga con metilal (1), proveniente del tanque V-306, y las perlas del intermedio seco, las cuales han sido previamente pesadas en la tolva M-301.

El reactor de clorometilación esta equipado con un condensador de reflujo, E-301, para prevenir el escape de las sustancias volátiles. El sistema de enfriamiento del reactor esta dado por una solución de glicol-agua a 4.44 °C que se encuentra dentro de la chaqueta, esta solución se enfría en el condensador E-303.

Las perlas del copolímero y el metilal se calientan a 35 °C para promover el hinchamiento, una hora después se enfría el reactor a 20 °C y se introduce el cloruro de tionilo, proveniente del tanque T-305, y se agita en forma continua.

El metilal y el cloruro de tionilo reaccionan para formar una mezcla compleja dando como producto el clorometil-éter.

El catalizador de Friedel-Crafts utilizado es el cloruro de zinc, que se va agregando en forma continua a través del alimentador M-303; cuando se termina de añadir, la temperatura se eleva a 45 °C y se espera entre 6 y 7 hrs. para que la reacción se lleve a cabo, finalizando esta, el reactor se enfría a 20 °C y se agrega metanol para interrumpir la reacción, mediante la destrucción del complejo clorometilante (el agua también se puede utilizar para interrumpir la reacción, pero provoca un hinchamiento excesivo en las perlas).

Después de una hora, el metanol y el complejo se drenan y se mandan al tanque T-303, y las perlas se bombean al recipiente de lavado V-307.

Las perlas se lavan por lo menos dos veces con agua, durante una hora cada vez, y el agua utilizada se manda al tanque T-301, mientras que las perlas se mandan a al sección de aminación.

El clorometil remanente se descompone al diluirse en metanol ó en agua; para asegurar la completa destrucción del éter drenado, la solución del tanque T-302, se diluye continuamente con agua de lavado del tanque T-301.

Las dos corrientes son medidas en proporción de sus volúmenes a través del mezclador M-302, y se bombean para someterlas a un tratamiento con cal para neutralizar los ácidos y precipitar el zinc.

El complejo metanólico del tanque T-303 puede tratarse de la misma forma.

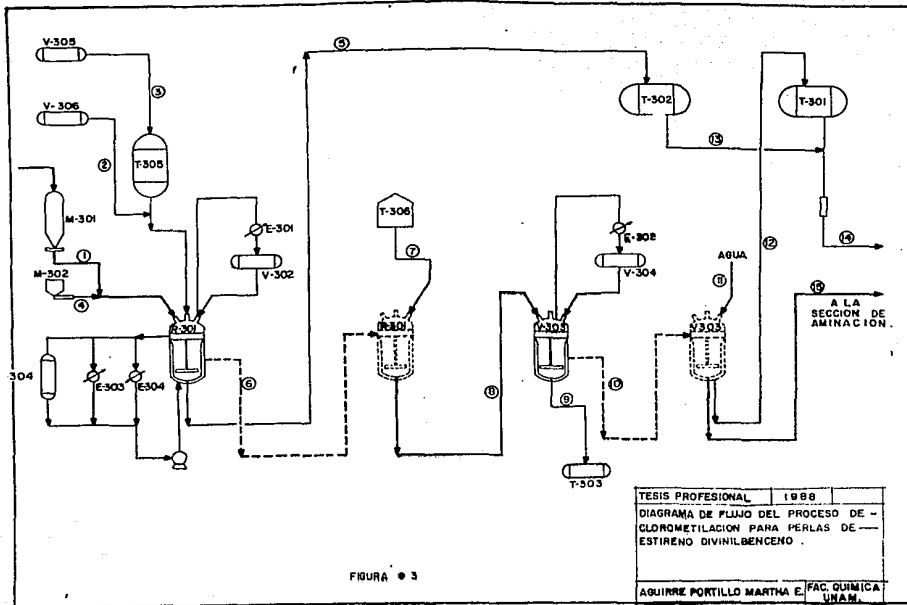


FIGURA • 3

TIEMPO DE DURACION DE LA REACCION DE CLOROMETILACION :

Carga al reactor	0.5 hrs.
Hinchamiento (35 aC)	1.0 hr.
Clorometilación (45 aC)	6.0 - 7.0 hrs.
Interrupcion de la reacción	0.5 hrs.
Descarga	0.5 hrs.

	8.5 - 9.5 hrs.

- EQUIPO -

REACTORES

R-301 Reactor de clorometilación

TANQUES

T-301 Contenedor de agua de lavado
T-302 Tanque receptor del complejo utilizado
T-303 Tanque receptor de metanol
T-304 Tanque de solución de glicol
T-305 Tanque de medición de cloruro de tionilo
T-306 Tanque de almacenamiento de metanol

RECIPIENTES A PRESION

V-302 Cilindro de reflujo
V-303 Recipiente de lavado
V-304 Recipiente para lavado del reflujo
V-305 Tanque de almacenamiento de cloruro de tionilo
V-306 Tanque de almacenamiento de metilal

INTERCAMBIADORES

E-301 Condensador de reflujo
E-302 Condensador del lavador
E-303 Enfriador del reactor
E-304 Calentador del reactor

OTROS

M-301 Unidad dosificadora
N-302 Alimentador de cloruro de zinc

P R O C E S O D E A M I N A C I O N

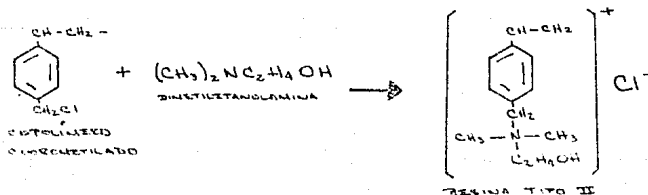
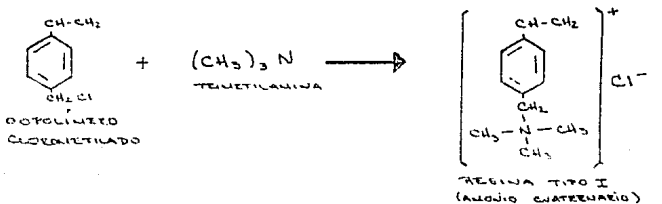
El proceso de aminación es el paso final para obtener las resinas aniónicas, ya sean fuertemente básicas ó débilmente básicas.

Para obtener aminas débilmente básicas se utilizan aminas primarias y secundarias, mientras que para obtener resinas fuertemente básicas se utilizan aminas terciarias y sales de amonio cuaternario.

La trimetilamina (g), es muy utilizada para las segundas ya que tiene gran selectividad por los iones cloruro e hidróxido; otra amina que se utiliza frecuentemente es la dimetiletanolamina (1) que es más fácil de manejar.

Para las resinas débilmente básicas se utiliza la dimetilamina (1).

A continuación se presentan las reacciones de aminación para Resinas Fuertemente Básicas :



* DESCRIPCION DEL PROCESO DE AMINACION : ref.[24]

Las perlas del intermedio clorometilado se bombean en una corriente acuosa del tanque V-401, al reactor de aminación R-401.

En el tanque de mezclado V-402, se hacen las soluciones acuosas de la amina que se utilizará, la amina se bombea de los recipientes V-405, V-406 o T-401 según sea el caso.

Después de eliminar el agua de las perlas, se agrega la solución adecuada de amina en el reactor y comienza la reacción de aminación a 40 °C y se mantiene durante 4 ó 5 horas.

Al finalizar la reacción, las perlas en solución se llevan al recipiente V-403, en donde se drena la solución de amina y se regresa al tanque de mezclado V-402, ahí se agregan las cantidades necesarias de amina fresca y agua para el siguiente batch.

Mientras tanto las perlas se lavan con una solución de ácido clorhídrico diluido, T-402, para neutralizar la amina remanente que queda en ellas.

Después de la neutralización, las perlas se lavan con agua tres veces en el recipiente V-403 y se transfieren al tanque V-404, para de ahí alimentarse en forma continua a la centrifuga M-401, en donde reciben un lavado final con agua antes que se vayan a la empacadora M-402.

En el caso de fabricación de resinas débilmente básicas, se requiere de un paso adicional, con el fin de convertir la resina en forma del ion cloruro a la forma de base libre. Así, después del lavado con ácido, la resina se trata con sosa diluida, T-403, durante una hora aprox. El exceso de sosa se elimina de las perlas mediante un lavado con agua y después se mandan a la centrifuga para continuar con el proceso normal.

Las concentraciones aproximadas de amina en las resinas según el tipo de estas últimas, son las siguientes :

Trimetilamina	18%
Dimetiletanolamina	21%
Dimetilamina	14%

Se considera que hay aproximadamente dos moles de amina por mol de estireno en las perlas.

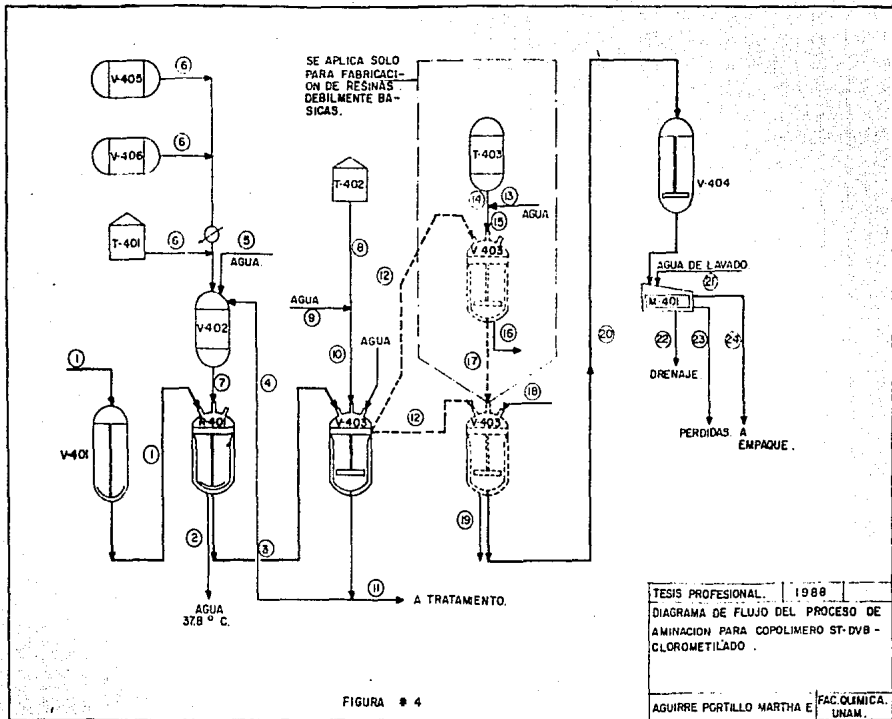


FIGURA # 4

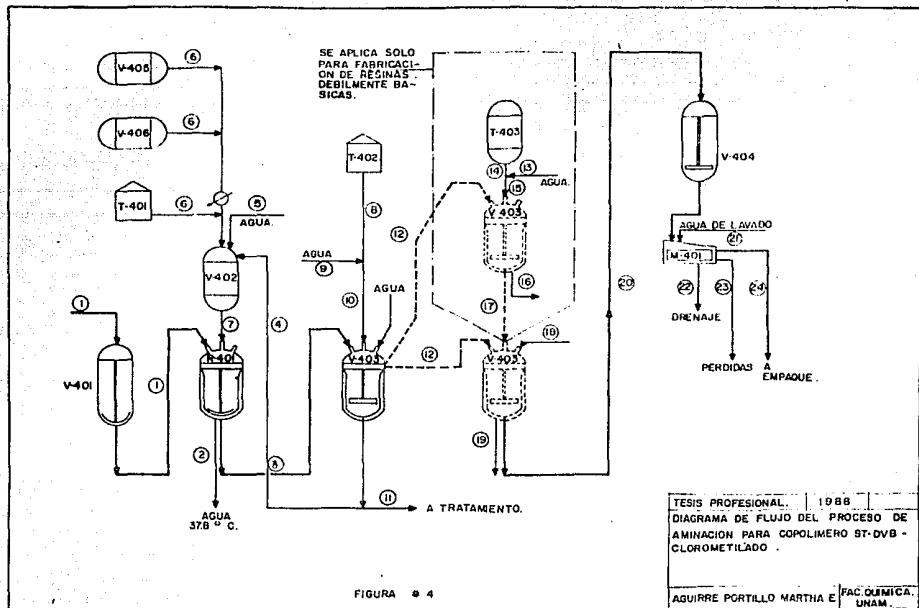


FIGURA # 4

TIEMPO DE DURACION DE LA REACCION DE AMINACION :

Carga al reactor de la corriente perlas-agua	0.5 hrs.
Eliminación del agua	0.5 hrs.
Carga de la amina y aminación	5.5 hrs.
Eliminación de la solución de amina	0.5 hrs.
Descarga del reactor	1.0 hr.
	<hr/>
	8.0 hrs.

- EQUIPO -

REACTORES

R-401 Reactor de aminación

TANQUES

T-401 Tanque de almacenamiento de dimetiletanolamina
T-402 Tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico
T-403 Tanque de almacenamiento de sosa cáustica

RECIPIENTES A PRESION

V-401 Tanque de agitación
V-402 Tanque de dilución de amina
V-403 Recipiente de lavado
V-404 Tanque de agitación
V-405 Tanque de almacenamiento de trimetilamina
V-406 Tanque de almacenamiento de dimetilamina

OTROS

M-401 Centrifuga
M-402 Empacadora de bolsas

**PREDIMENSIONAMIENTO
DEL EQUIPO**

SECCION DE COPOLIMERIZACION

PREDIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO

Tanto en la sección de copolimerización, como en las secciones de clorometilación y aminación, gran parte del equipo está conformado por tanques y recipientes a presión, por lo que a continuación presentaremos las ecuaciones para el cálculo de los espesores de la envolvente y las tapas, así como los criterios de diseño para la selección de las mismas.

- Las tapas standard se utilizan para tanques atmosféricos .
- Las tapas toriéféricas se usan para recipientes a presión dentro del rango de 15 a 100 psig.
- Las tapas elípticas se emplean en recipientes que tengan una presión de trabajo de 100 a 450 psig.
- Las tapas hemiesféricas se utilizan para presiones mayores a 450 psig.
- La eficiencia conjunta para las tapas es de 85 % y para el envolvente es de 100 % .

Ecuaciones de diseño :

a) ENVOLVENTE :

$$t = \frac{P R}{S E - 0.6 E} + C.P. \quad \dots (1.a)$$

en donde :

- t = espesor (pulgadas)
- P = presión de diseño (lb / in²)
- R = radio (pulgadas)
- S = esfuerzo permisible (lb / in²)
- E = eficiencia conjunta (adimensional)
- C.P. = corrosión permisible (pulgadas)

$$V = \pi * R^2 * L \quad \dots (2.a)$$

- V = volumen del envolvente (ft³)
- R = radio (ft)
- L = altura ó longitud (ft)

c) Tapa Toriesférica :

$$t = \frac{P L M}{2 S E - 0.2 P} + C.P. \quad \dots (3.a)$$

en donde :

- t = espesor (pulgadas)
- P = presión de diseño (lb / in²)
- L = radio de corona interna de la cabeza (pulg.)
- S = esfuerzo permisible (lb / in²)
- E = eficiencia conjunta (adimensional)
- M = 1/4 [3 + (r / icr)^{0.5}] ;
- r = radio interno de la corona
- icr = radio interno de la articulación

$$V = 0.000049 D^3 \quad \dots (4.a)$$

- V = volumen cabeza (ft³)
- D = diametro (ft)

c) Tapa Elíptica :

$$t = \frac{P D K}{2 S E - 0.2 P} + C.P. \quad \dots (5.a)$$

en donde :

- t = espesor (pulgadas)
- P = presión de diseño (lb / in²)
- D = diámetro (pulgadas)
- K = 1/6 * [2 + (D / 2h)²]
- h = D / 4 ; h = profundidad interna de la cabeza elipsoidal

$$V = \frac{\pi * D^3}{24} \quad \dots (6.a)$$

- V = volumen (ft³)
- D = diámetro de la tapa (ft)

d) Tapa Cónica :

$$t = \frac{P D}{2 \cos a (S E - 0.6 P)} + C.P. \quad \dots (7.a)$$

en donde :

- t = espesor (pulgadas)
- P = presión de diseño (lb / in²)
- D = diámetro interno del faldón (pulgadas)
- a = ángulo, máximo 30°
- S = esfuerzo permisible (lb / in²)
- E = eficiencia conjunta (adimensional)

$$V = \frac{\pi h (D^2 + D * d + d^2)}{12} \quad \dots (8.a)$$

V = volumen de la tapa cónica (ft³)
 h = altura de la tapa (ft)
 D = diámetro mayor de la tapa (ft)
 d = diámetro menor de la tapa (ft)

e) Techo Cónico :

$$\sin \alpha = \frac{D}{1000 t} * [P_o / 6]^{0.5} \quad \dots (9.a)$$

D = diámetro del tanque (pulgadas)
 t = espesor del envolvente (pulgadas)
 P_o = presión de diseño para carga viva y muerta (25-50 lb/ft²)

$$r = \frac{6 D}{\sin \theta} \quad \dots (10.a)$$

r = radio de curvatura del cono (pulgadas)
 D = diámetro del envolvente (ft)

$$\alpha = 90 - \theta \quad \dots (11.a)$$

PREDIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO

M E M O R I A D E C A L C U L O

En este capítulo se presentará el cálculo del equipo necesario para la instalación de una planta para la fabricación de Resinas de Intercambio Aniónico, debido a que la capacidad instalada actualmente para las Resinas Catiónicas es suficiente para cubrir las expectativas de demanda de los próximos 10 años, mientras que las primeras no se producen en forma completa en nuestro País.

De acuerdo al estudio de mercado realizado, se propone una capacidad de planta de 840 Ton/año, con un factor de 0.90 (330 días/año).

BALANCE DE MATERIA PARA LA COPOLIMERIZACION :

El primer paso es la fabricación del copolímero estireno-divinilbenceno.

La relación es : St / DVB = 92% / 8% para la fabricación de las perlas del copolímero.

Tomando en cuenta que el divinilbenceno tiene una composición de 55% DVB y 45% ETB, entonces :

1 mol St --- 100% St --- 92% reacción
1 mol DVB -- 55% DVB -- 8% reacción

$$\text{St / DVB} = 100 / 55 = 1.82 \dots\dots\dots (1.82) * (8\%) = 14.55\%$$

La reacción que se lleva a cabo es :

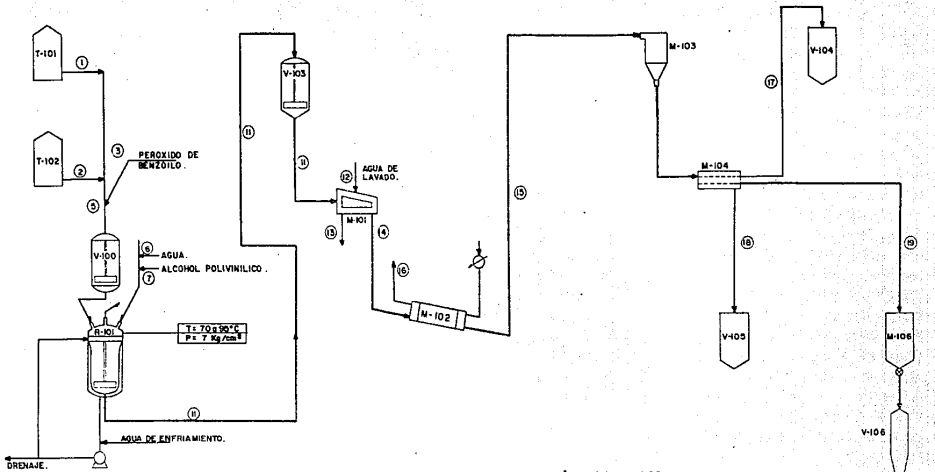
St	+	DVB	=	COPOLIMERO
85.45%	+	14.55%	=	100%

Para la fase de copolimerización se necesita producir 508.2 Ton/año, (3392 lb/día) pero si tomamos en cuenta que la reacción tiene una eficiencia de 85%, entonces debemos hacer el cálculo para la producción de 580.2 Ton/año, (3900 lb/día).

Las materias primas necesarias para la copolimerización son: Estireno, Divinilbenceno, Alcohol Polivinílico, Peróxido de Bencilo y Agua.

A continuación se presenta el Balance de Materia para el Proceso de Copolimerización :

	[3900 lb / batch]		[1 batch / día]		
	[1]	[2]	[3]	[5]	[6]
Estireno	3704	---	---	3704	---
DVB	---	630	---	630	---
Agua	---	---	---	---	6501
Alc. Poliv.	---	---	---	---	---
Perox. Benz.	---	---	44	44	---
Copolímero	---	---	---	---	---
	[7]	[11]	[12]	[13]	[14]
Estireno	---	556	---	483	---
DVB	---	---	---	---	---
Agua	---	6501	1094	7294	301
Alc. Poliv.	11	11	---	11	---
Perox. Benz.	---	---	---	---	---
Copolímero	---	3816	---	---	3816
	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]
Estireno	---	---	---	---	---
DVB	---	---	---	---	---
Agua	2	299	---	---	---
Alc. Poliv.	---	---	---	---	---
Perox. Benz.	---	---	---	---	---
Copolímero	3816	----	209	215	3392



BALANCE DE MATERIA (lb / batch.) CAPACIDAD = 580.2 TON./AÑO $\epsilon = 0.9$ $\eta = 0.85$

CORRIENTE	(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(8)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
REACTIVOS														
ESTIRENO.	3704			3704			556	483						
DIVINILBENCENO.		630		630										
AGUA					6501	11	6501	1094	7294	301	2	299		
ALCOHOL POLIVINILICO							11	11						
PEROXIDO DE BENZOILO.			44	44										
COPOLIMERO ST-DVB.							3816			3816	3816	209	215	3392

TESIS PROFESIONAL 1988
 DIAGRAMA DE FLUJO Y BALANCE DE
 MATERIA PARA EL PROCESO DE --
 COPOLIMERIZACION DE PERLAS.
 ESTIRENO - DIVINILBENCENO.

AGUIRRE PORTILLO MARTHA E. FAC. QUIMICA UNAM

Tanque de almacenamiento de Estireno [T-101]

$$V = 6887.6 \text{ gal.} = 921.85 \text{ ft}^3$$

$$D = 7.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$A = [\pi * (3.75)^2] = 44.18 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$L = [921.85 / 44.18] = 20.87 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

$$L / D = [20.87 / 7.5] = 2.80$$

Presión de operación : atmosférica

$$\text{Presión hidrostática} = [L * \rho] = \dots (4)$$

$$P.h. = 8.22 \text{ lb / in}^2$$

$$\text{Presión de diseño} = 18.22 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Utilizando la ecuación (1.a) :

$$t = [(P r) / (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (1.a)$$

$$\text{Material : acero al carbono S-285 "C"} \quad S = 13,700 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad C.P. = 0.15"$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = [(18.22) * (3.75 * 12)] / [(13,700 * 1) - (0.6 * 18.22)] + .15$$

$$t = 0.21" = 1/4 "$$

b) Tapa de fondo : Standard sin curvatura

De la tabla 5.4 , ref. [25] , tenemos :

$$\begin{aligned}D &= 7.5 \text{ ft} = 90 \text{ in.} \\t &= 1/4 \text{ " } \\sf &= 1 \ 1/2 - 2 \ 1/2 \\icr &= 3/4 \text{ "}\end{aligned}$$

c) Techo cónico :

Utilizando la ecuación (9.a) :

$$\sin \Theta = [D / (1000 t) * (P_0 / 6)^{0.5}] \dots (9.a)$$

$$\sin \Theta = [7.5 / (1000 * 0.25) * (25 / 6)^{0.5}] = 0.69$$

$$\Theta = 43.30 = 43.9$$

De la ecuación (11.a) :

$$\alpha = 90 - \Theta = \dots (11.a)$$

$$\alpha = 90 - 43.30 = 46.7 = 47.9$$

De la ecuación (10.a) :

$$r = [(6 * D) / \sin \Theta] = \dots (10.a)$$

$$r = [(6 * 7.5) / 0.69] = 65.22 \text{ in} = 5.1 \text{ ft}$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ESTIRENO T-101:

a) Envoltente :

V = 922.0 ft³
D = 7.5 ft
L = 21.0 ft
t = 0.21" = 1/4" comercial
Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapa de fondo : Standard sin curvatura

D = 7.5 ft
t = 1/4"
sf = 1 1/2" - 2 1/2"
icr = 3/4"
Material : A.C. A-283 "C"

c) Techo cónico :

D = 7.5 ft
t = 1/4"
r = 5.1 ft
 ϕ = 439
 α = 479

Tanque de Almacenamiento de Divinilbenceno [T - 102]

$$V = 2516 \text{ gal.} = 336.5 \text{ ft}^3$$

$$D = 5.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$A = [\pi * (2.75)^2] = 23.76 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$L = [336.50 / 23.76] = 15.0 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

$$L / D = [15.0 / 5.5] = 2.73$$

Presión de operación : atmosférica

$$\text{Presión hidrostática} = [L * \rho] = \dots (4)$$

$$P.h. = 5.96 \text{ lb} / \text{in}^2$$

$$\text{Presión de diseño} = 16.0 \text{ lb} / \text{in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Utilizando la ecuación (1.a) :

$$t = [(P r) / (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (1.a)$$

$$\text{Material : acero al carbón S-285 "C"} \quad S = 13,700 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad C.P. = 0.15"$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = [(16.0) * (2.75 * 12)] / [(13,700 * 1) - (0.6 * 16.0)] + 0.15$$

$$t = 0.19" = 1/4 "$$

b) Tapa de fondo : Standard sin curvatura

De la tabla S.4 . ref. [25] , tenemos :

$$\begin{aligned}D &= 5.5 \text{ ft} = 66 \text{ in.} \\t &= 1/4 \text{ " } \\sf &= 1 \ 1/2 \text{ " } - 2 \text{ " } \\icr &= 9/16 \text{ "}\end{aligned}$$

c) Techo cónico :

Utilizando la ecuación (9.a) :

$$\sin \theta = [D / (1000 t) * (P_0 / 6)^{0.5}] \quad \dots (9.a)$$

$$\sin \theta = [5.5 / (1000 * 0.25) * (35 / 6)^{0.5}] = 0.76$$

$$\theta = 39.60 = 40^\circ$$

De la ecuación (11.a) :

$$\alpha = 90 - \theta = \quad \dots (11.a)$$

$$\alpha = 90 - 39.60 = 50.4 = 50^\circ$$

De la ecuación (10.a) :

$$r = [(6 * D) / \sin \theta] = \quad \dots (10.a)$$

$$r = [(6 * 5.5) / 0.76] = 51.75 \text{ in} = 4.3 \text{ ft}$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DVB T-102 :

a) Envolvente :

V = 336.5 ft³
D = 5.5 ft
L = 15.0 ft
t = 0.19" = 1/4" comercial
Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapa de fondo : Standard sin curvatura

D = 5.5 ft
t = 1/4"
sf = 1 1/2" - 2"
scr = 9/16"
Material : A.C. A-283 "C"

c) Techo cónico :

D = 5.5 ft
t = 1/4 "
r = 4.3 ft
o = 40g
a = 50g

Tanque de Mezclado de Monómeros [V - 100]

$$V = 578.5 \text{ gal.} = 77.5 \text{ ft}^3$$

$$D = 3.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$A = [\pi * (1.50)^2] = 7.07 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$L = [77.50 / 7.07] = 12.0 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

$$L / D = [12.0 / 3.0] = 4.0$$

Presión de operación : 14.7 lb / in²

$$\text{Presión de diseño} = P.\text{op.} + 20 \text{ psig} \quad \dots (4)$$

$$\text{Presión de diseño} = 34.7 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Utilizando la ecuación (1.a) :

$$t = [(P r) / (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (1.a)$$

Material : acero al carbon S-285 "C" S = 13,700 lb/in²

E = 100.00 % C.P. = 0.15"

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = [(34.7) * (1.50 * 12)] / [(13,700 * 1) - (0.6 * 34.7)] + 0.15$$

$$t = 0.20 \text{ " } = 1/4 \text{ "}$$

b) Tapas Toriesféricas :

De la tabla 5.7 ref. [25] , tenemos :

$$D = 3.0 \text{ ft} = 36 \text{ "}; \quad r = 36 \text{ "}; \quad icr = 2 \text{ 1/4 "}$$

Utilizando la ecuacion (3.a) :

$$t = [(P r M) / (2 S E - 0.2 P)] + C.P. \quad \dots (3.a)$$

en donde : $M = 1/4 [3 + (r / icr)^{0.5}$

Material: acero al carbón A-283 "C" $S = 27,500 \text{ lb/in}^2$

$E = 85.00 \%$ $C.P. = 0.15$

$$M = 1/4 * [3 + (36 / 2 \text{ 1/4})^{0.5}] = 1.75 \text{ , sust. en (3.a)}$$

$$t = [(34.7 * 36 * 1.75) / (2 * 27500 * 0.85) - (0.2 * 34.7)]$$

$$t = 0.045 + 0.15 = 0.195 \text{ "} = 1/4 \text{ "}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (4.a) :

$$V = 0.000049 D^3 = 0.000049 * (36)^3 = 2.29 \text{ ft}^3$$

Volumen de ambas cabezas = 4.58 ft³

Volumen del envoltente corregido = $11 * R^2 * L =$

$$V = [\pi * (1.5)^2 * 12] = 84.82 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = V. \text{ env.} + V. \text{ tapas} = 84.82 + 4.58 = 89.4 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE MEZCLADO DE MONOMEROS V-100 :

a) Envolvente :

$$V = 84.82 \text{ ft}^3$$

$$D = 3.0 \text{ ft}$$

$$L = 12.0 \text{ ft}$$

$$P \text{ op.} = 14.7 \text{ lb/in}^2 \quad ; \quad P \text{ dis.} = 34.7 \text{ lb/in}^2$$

$$t = 0.19" = 1/4" \text{ comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapas de fondo y domo : Toriesféricas

$$D = 3.0 \text{ ft}$$

$$r = 36 \text{ "}$$

$$icr = 2 \text{ } 1/4 \text{ "}$$

$$t = 1/4 \text{ "}$$

Material : A.C. A-283 "C"

$$V = 2.29 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

$$\text{Vol. total} = 89.4 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel aprox. líquido} = 11.0 \text{ ft.}$$

Reactor de formación del Copolímero [R-101]

El cálculo del reactor se realizará como si fuese un recipiente a presión, tomando en cuenta un 10 % de sobrediseño en cuanto al volumen por agitación.

$$V = 1360.6 \text{ gal.} = 182 \text{ ft}^3 + \text{sobrediseño} = 200 \text{ ft}^3$$

$$D = 5.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$A = [\pi * (2.75)^2] = 23.76 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$L = [200 / 23.76] = 8.42 \text{ ft}$$

Presión de operación : 99.6 lb / in²

$$\text{Presión de diseño} = P.\text{op.} + 30 \text{ psig} \quad \dots (4)$$

$$\text{Presión de diseño} = 130 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Utilizando la ecuación (1.a) :

$$t = [(P r) / (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (1.a)$$

Material : acero al carbono S-285 "C" recubierto de vidrio

$$S = 13,700 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \%$$

$$C.P. = 0.25"$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = [(130) * (2.75 * 12)] / [(13,700 * 1) - (0.6 * 130)] + 0.25$$

$$t = 0.49 \text{ " } = 1/2 \text{ "}$$

b) Tapas Elípticas :

Utilizando la ecuación (5.a) :

$$t = [(P D K) / (2 S E - 0.2 P)] + C.P. \quad \dots (5.a)$$

en donde : $K = 1/6 * [2 + (D / 2h)^2]$

Material : acero al carbon A-283 "C" $S = 27,500 \text{ lb/in}^2$

$E = 85.00 \%$ $C.P. = 0.25$

$K = 1/6 * [2 + (66 / (2*16.5))^2] = 1.0$, sust. en (5.a):

$$t = [(130 * 66 * 1.0) / (2 * 27500 * 0.85) - (0.2 * 130)]$$

$$t = 0.15 + 0.25 = 0.40 \text{ " } = 1/2 \text{ "}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (6.a) :

$$V = (\pi * D^3) / 24 = \pi * (5.5)^3 = 21.78 \text{ ft}^3$$

Volumen del envolvente corregido = $\pi * R^2 * L =$

$$V = [\pi * (2.75)^2 * 9] = 213.8 \text{ ft}^3$$

$$V \text{ tot.} = V. \text{ env.} + V. \text{ tapas} = 213.8 + 2(21.78) = 257.38 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel de liquido} = \frac{V_{\text{real}} - V_{\text{tapa}}}{\pi * R^2} = \frac{200 - 22}{\pi * (2.75)^2} = 7.5 \text{ ft}$$

Cálculo de la chaqueta del reactor :

Diámetro de chaqueta = Diam. tanque + 6 pulgadas ref. [27]

Diam. chaq. = 66 " + 6 " = 72 " = 6 ft

Altura chaqueta = nivel del liquido ; $L_c = 7.5 \text{ ft}$

Tapa fondo de chaqueta = elíptica : 6 ft

ESPECIFICACIONES DEL REACTOR DE COPOLIMERIZACION [R-100] :

a) Envolvente :

$$V = 213.8 \text{ ft}^3$$

$$D = 5.5 \text{ ft}$$

$$L = 9.0 \text{ ft}$$

$$P \text{ op.} = 99.6 \text{ lb/in}^2 \quad ; \quad P \text{ dis.} = 130.0 \text{ lb/in}^2$$

$$t = 0.49" = 1/2" \text{ comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C" recubierto de vidrio.

b) Tapas de fondo y domo : Elípticas

$$D = 5.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/2 \text{ "}$$

Material : A.C. A-283 "C"

$$V = 21.78 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

$$\text{Vol. total} = 257.38 \text{ ft}^3$$

Nivel aprox. líquido = 7.5 ft.

c) Chaqueta :

$$D = 6.0 \text{ ft}$$

$$L_c = 7.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/2 \text{ "}$$

Tapa elíptica

Tanque de alimentación a centrifuga [V-103]

$$V = 1247.2 \text{ gal.} = 167 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$A = [\pi * (2.0)^2] = 12.57 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$L = [167 / 12.57] = 13.29 \text{ ft} \text{ ajustando a } 14 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0$$

$$L / D = 14 / 4 = 3.5$$

$$\text{Presión de operación} : 99.6 \text{ lb} / \text{in}^2$$

$$\text{Presión de diseño} = P.\text{op.} + 30 \text{ psig} \quad \dots (4)$$

$$\text{Presión de diseño} = 130 \text{ lb} / \text{in}^2$$

CALCULO DE ESPEORES

a) Envoltente :

Utilizando la ecuación (1.a) :

$$t = [(P r) / (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (1.a)$$

Material : acero al carbón S-285 "C"

$$S = 13,700 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad C.P. = 0.25"$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = [(130) * (2.0 * 12)] / [(13,700 * 1) - (0.6 * 130)] + 0.25$$

$$t = 0.48 \text{ " } \approx 1/2 \text{ " comercial}$$

b) Tapa Elíptica en el domo :

Utilizando la ecuación (5.a) :

$$t = [(P D K) / (2 S E - 0.2 P)] + C.P. \quad \dots (5.a)$$

en donde : $K = 1/6 * [2 + (D / 2h)^2]$

Material : acero al carbón A-283 "C"

$$S = (55,000 / 2) = 27,500 \text{ lb / in}^2$$

$$E = 85.00 \% \quad C.P. = 0.25$$

$$K = 1/6 * [2 + (48 / (2*12))^2] = 1.0 \quad , \text{ sust. en (5.a) :}$$

$$t = [(130 * 48 * 1.0) / (2 * 27500 * 0.85) - (0.2 * 130)]$$

$$t = 0.37 \text{ " } = 3/8 \text{ " comercial}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (6.a) :

$$V = (\pi * D^3) / 24 = 11 * (4.0)^3 = 8.38 \text{ ft}^3$$

c) Tapa cónica en el fondo :

Utilizando la ecuación (7.a) :

$$t = [(P D) / 2 \cos \alpha (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (7.a)$$

sustituyendo :

$$t = [(130 * 48) / 2 \cos 30^\circ (27500 * 0.85) - (0.6 * 130)]$$

$$t = 0.15 \text{ " } = 3/16 \text{ " comercial}$$

$$d = 1.5 \text{ ft}$$

$$h = 1.5 \text{ ft}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (8.a) :

$$V = \frac{\pi * h * [D^2 + Dd + d^2]}{12} \quad \dots (8.a)$$

sustituyendo :

$$V = \frac{\pi * 1.5 * [(2)^2 + (2 * 1.5) + (1.5)^2]}{12} = 9.52 \text{ ft}^3$$

Volumen del envoltente corregido = $\pi \times R^2 \times L =$

$$V = [\pi \times (2.0)^2 \times 14] = 175.93 \text{ ft}^3$$

$$V \text{ tot.} = V. \text{ env.} + V. \text{ tapas} = 175.93 + 8.38 + 9.52 = 193.83 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALIMENTACION A CENTRIFUGA [V-103]

a) Envoltente :

$$V = 175.93 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$L = 14.0 \text{ ft}$$

$$P \text{ op.} = 99.6 \text{ lb/in}^2 ; \quad P. \text{ dis.} = 130.0 \text{ lb/in}^2$$

$$t = 0.48" = 1/2" \text{ comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapa de domo : Elíptica

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$t = 3/8 "$$

$$sf = 2 - 3 "$$

$$V = 8.38 \text{ ft}^3$$

Material : A.C. A-283 "C"

c) Tapa de fondo : Cónica

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$d = 1.5 \text{ ft}$$

$$h = 1.5 \text{ ft}$$

$$t = 3/16 "$$

$$V = 9.52 \text{ ft}^3$$

Material : A.C. A-283 "C"

$$Vol. \text{ total} = 193.83 \text{ ft}^3$$

Centrifuga [M - 101]

(1) FASE LIQUIDA :

Temperatura.....	959C (2039F)
Viscosidad a la temperatura de operación	0.29 cp aprox.
Corrosión	moderada
Toxicidad	moderada

(2) FASE SOLIDA :

Tamaño de partícula	0.25 - 1.1 mm
Características de partícula	esférica
Degradación de tamaño	no
Concentración de sólidos en la alimentación	35.0 % aprox.
Densidad de partículas	1.17 Kg / lt 72.97 lb/ft ³
Contenido de licor madre retenido	7.0 % aprox.
Requerimientos de lavado	si

(3) CANTIDAD DE MATERIAL MANEJADO POR BATCH :

Sólidos	3816 lb
Líquidos	7068 lb

Tabla I : " Características del equipo de separación "
ref. [16]

De acuerdo a las características del proceso podemos seleccionar previamente dos tipos de centrifuga que se describen a continuación :

TIPO : Sedimentador centrífugo de descarga de sólidos.
MEC. SEPARACION DEL LIQUIDO : Sedimentación centrífuga.
MEC. ELIMINACION DEL AGUA : Compactamiento centrífugo y desague.
MEC. DESCARGA DE SOLIDOS : Descarga con gusano helicoidal.

TIPO : Sedimentador / filtro centrífugo.
MEC. SEPARACION DEL LIQUIDO : Sedimentación centrífuga.
MEC. ELIMINACION DEL AGUA : Desague centrífugo en un lecho dinámico de filtro.
MEC. DESCARGA DE SOLIDOS : Descarga con gusano helicoidal.

Tabla IJ : " Características de operación de las centrifugas "
ref. [16]

- Dependencia sobre el tamaño medio de partícula en la alimentación de sólidos :
4,5,6,7,8
- Dependencia sobre el tamaño de partícula en la alimentación :
1,2,3,7
- Límite mínimo de tamaño capaz de manejar :
Todas
- Dependencia de la forma de la partícula sólida en la alimentación :
4,5,6,7,8
- Dependencia de la densidad entre sólidos y licor en la alimentación :
Todas
- Concentración mínima de sólidos que puede manejar la centrifuga en la alimentación :
Todas
- Dependencia del funcionamiento sobre la concentración de sólidos a alimentación constante :
1,6,7,8
- Pérdida de sólidos en el filtrado :
1,7,8
- Contenido de licor en el producto sólido :
4,6,8
- Límite de pureza del producto sólido :
6,7,8
- Consumo de líquido de lavado :
6,7,8
- Rompimiento de sólidos :
6,8

Los números anteriores corresponden a los siguientes modelos de centrifugas :

- 1- Filtro centrifugo de descarga manual.
- 2- Filtro centrifugo automatico de alta velocidad.
- 3- Filtro centrifugo automatico de múltiples velocidades.
- 4- Filtro centrifugo de autodescarga.
- 5- Filtro centrifugo de descarga manual.
- 6- Filtro centrifugo de tornillo helicoidal.
- 7- Filtro centrifugo de tazon con descarga helicoidal.
- 8- Filtro / sedimentador centrifugo de descarga helicoidal.

De acuerdo a los resultados de las tablas anteriores, hay dos tipos de centrifuga que cumplen con mayor efectividad los requerimientos del proceso y son :

- 1- Filtro centrifugo de tazon con descarga helicoidal.
- 2- Filtro / sedimentador centrifugo de descarga helicoidal.

ESPECIFICACIONES DE LA CENTRIFUGA [M - 101]

Sedimentador de tazon de descarga helicoidal o
Filtro / sedimentador de descarga helicoidal.

Diámetro = 24 "

Capacidad de manejo de solidos = 1.3 ft³ / min

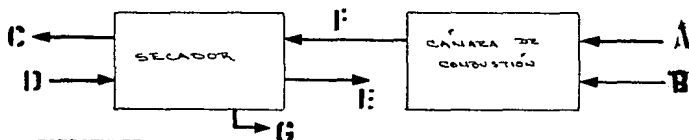
Potencia = 25 Hp

Peso = 5500 lb

Secador Rotatorio [M -102]

El secador rotatorio se utiliza para secar las perlas del copolímero estireno - divinilbenceno. El equipo de secado consta del secador propiamente dicho y una cámara de combustión como se muestra a continuación :

ref. [17]



CORRIENTES :

[A] Aire ambiente :

T = 25 °C = 77 °F
 H1 = 50 % humedad relativa
 H = 0.011 lb H₂O / lb a.s. humedad absoluta
 Csa = 0.2449 BTU / lb a.s. °F calor húmedo
 = 0.0808 lb / ft³

[B] Gas natural para calentamiento de aire :

P.C. = 1000 BTU / ft³ std poder calorífico
 = 0.0456 lb / ft³
 T = 20 °C = 68 °F
 P = 1 Kg / cm² abs.

[C] Aire saturado a condiciones de salida :

T2 = 48.34 °C = 119 °F temperatura de salida
 H2 = 0.038 lb H₂O / lb a.s. °F humedad de saturación
 Csl = 0.251 BTU / lb a.s. °F calor húmedo de salida
 G = 11,210.375 lb / hr gasto de aire

[D] Material húmedo (Perlas copolímero St-DVB) :

L = 3816 lb / hr = lb / batch
 Y2 = 7.31 % humedad en base seca
 W2 = 301 lb agua / hr = lb / batch
 t2 = 27 °C = 80.6 °F

[E] Material seco (Perlas copolímero ST-DVB) :

L = 3816 lb / hr = lb / batch
 Y1 = 0.05 % humedad base seca
 W1 = 2.0 lb agua / hr
 t1 = 40 °C = 104 °F temp. límite fijado a la descarga del secador.

[F] Entrada de aire caliente al secador :

$$T_1 = 104.4 \text{ } ^\circ\text{C} = 220 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$H_1 = 0.011 \text{ lb / lb a.s.} \quad \text{humedad de aire caliente}$$

$$T_w = 32.8 \text{ } ^\circ\text{C} = 90 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$C_s = 0.2449 \text{ BTU / lb a.s. } ^\circ\text{F}$$

[G] Agua a evaporarse :

$$W = 299 \text{ lb / hr} = \text{lb / batch}$$

$$= 941 \text{ BTU / lb agua}$$

$$\text{NTU recomendada} = 1.5$$

* Cálculo de la temperatura de aire T2 :

$$T_2 = (T_1 - T_w) * e^{-\text{NTU}} + T_w \quad \dots (1)$$

$$T_2 = (220 \text{ } ^\circ\text{F} - 90 \text{ } ^\circ\text{F}) * e^{-1.5} + 90 \text{ } ^\circ\text{F} = 119 \text{ } ^\circ\text{F} = 48.34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{ATm} = \frac{T_1 - T_2}{\ln \left(\frac{T_1 - T_w}{T_2 - T_w} \right)} \quad \dots (2)$$

$$\text{ATm} = \frac{220 - 119}{\ln \left(\frac{220 - 90}{119 - 90} \right)} = 67.32 \text{ } ^\circ\text{F} = 19.62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

* Balances de Materia y Energía :

q1 = calor requerido para elevar el producto hasta la temperatura de descarga fijada.

$$q_1 = L * C_{p(\text{a.s.})} * (t_1 - t_2) + W_1 * C_{p(\text{H}_2\text{O})} * (t_1 - t_2) \quad \dots (3)$$

$$q_1 = 3816 * 0.40 * (104 - 80.6) + 2 * 1 * (104 - 80.6) =$$

$$q_1 = 35,764.56 \text{ BTU / hr}$$

q2 = calor requerido para eliminar la humedad

$$q_2 = W * [C_{p(\text{H}_2\text{O})} * (T_w - t_2) + \lambda + 0.45 (T_2 - t_2)] \quad \dots (4)$$

$$q_2 = 299 * [1 * (90 - 80.6) + 941 + 0.45 (119 - 80.6)] =$$

$$q_2 = 289,336.32 \text{ BTU / hr}$$

$$q_t = q_1 + q_2$$

$$q_t = 35,764.56 + 289,336.32 = q_t = 325,100.88 \text{ BTU / hr}$$

b) PERIODO DE CALENTAMIENTO :

$$q_b = L * C_{p(w)} (t_1 - T_w) + W_1 * C_{p(a)} (t_1 - T_w) \dots (16)$$

$$q_b = 3816 + 0.4 * (104 - 90) + 2 * 1 * (104 - 90) =$$

$$q_b = 21,397.60 \text{ BTU / hr}$$

Temperatura del aire en esta etapa :

$$T'' = \frac{q_b}{q_t} * (T_1 - T_2) = \frac{21,397.60}{325,100.88} * (220 - 119) =$$

$$T'' = 6.65 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T''' = T_1 - T'' = 220 - 6.65 = 213.35 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$AT_{m2} = \frac{ (T_1 - t_1) - (T'' - t_2) }{ \ln [(T_1 - t_1) / (T'' - t_2)] } \dots (17)$$

$$AT_{m2} = \frac{ (220 - 104) - (213.35 - 80.6) }{ \ln [(220 - 104) / (213.35 - 80.6)] } = 124.19 \text{ } ^\circ$$

$$AT_{m2} = 124.19 \text{ } ^\circ$$

c) PERIODO DE EVAPORACION :

$$q_c = q_t - q_b - q_a \dots (18)$$

$$q_c = (325,100.88 - 21,397.60 - 17,177.56) = 286,525.72$$

$$q_c = 286,525.72 \text{ BTU / hr}$$

$$AT_{m3} = \frac{ (T''' - T_w) - (T' - T_w) }{ \ln [(T''' - T_w) / (T' - T_w)] } \dots (19)$$

$$AT_{m3} = \frac{ (213.35 - 90) - (125.26 - 90) }{ \ln [(213.35 - 90) / (125.26 - 90)] } = 70.34 \text{ } ^\circ$$

$$AT_{m3} = 70.34 \text{ } ^\circ$$

$$\text{NTU (precalentamiento)} = \frac{(T_2 - t_2) - (T' - T_w)}{ATm_1} \quad \dots (20)$$

sustituyendo :

$$\text{NTU (prec.)} = \frac{(119 - 80.6) - (125.26 - 90)}{36.81} = 0.085$$

$$\text{NTU (calentamiento)} = \frac{(T'' - T_w) - (T_1 - t_1)}{ATm_2} \quad \dots (21)$$

sustituyendo :

$$\text{NTU (calent.)} = \frac{(213.35 - 90) - (220 - 104)}{124.19} = 0.059$$

$$\text{NTU (evaporación)} = \frac{(T''' - T_w) - (T' - T_w)}{ATm_3} \quad \dots (22)$$

sustituyendo :

$$\text{NTU (evap.)} = \frac{(213.35 - 90) - (125.26 - 90)}{70.34} = 1.252$$

$$\text{NTU total} = \text{NTU (prec.)} + \text{NTU (calent.)} + \text{NTU (evap.)}$$

$$\text{NTU total} = 0.085 + 0.059 + 1.252 = 1.396$$

La NTU total calculada está dentro del rango (1.1 - 2.5)

* Cálculo del tiempo de residencia :

$$\phi = \frac{0.023 L_o}{S N^{0.9} D} + 0.6 * \frac{B L_o G_s}{F} \quad \dots (23)$$

en donde :

L_o = longitud del secador (ft)

S = pendiente del secador (ft/ft)

D_p = diámetro de partícula (micras)

N = velocidad (rpm)

ϕ = tiempo de secado (min)

B = cte. que depende del material

G_s = masa velocidad del aire (lb /hr ft²)

F = índice de alimentación al secador (lb mat.seco/ft²)

D = diámetro del secador (ft)

$$B = S * (Dp)^{0.5} \quad \dots (24)$$

sustituyendo en la ec. (24) :

$$B = 0.021 * (700)^{0.5} = 7.87 \text{ E-04}$$

$$F = 3816 \text{ lb / hr} = 237.94 \text{ lb mat.seco / hr ft}^2$$

sustituyendo en la ec. (23) :

$$O = \frac{0.023 * (33.76)}{0.021 * (2.5)^{0.9} * 4.52} + 0.6 \frac{(7.84 \text{ E-04}) * 33.76 * 700}{237.94}$$

$$O = 35.9 \text{ min.}$$

* Calor introducido en el aire :

$$Q = G * C_{sl} * (T_1 - T) \quad \dots (25)$$

$$Q = 11,210.375 * 0.2449 * (220 - 77) = 392,595.18$$

$$Q = 392,595.18 \text{ BTU / hr}$$

$$\text{Eficiencia : } \eta = [qt / Q] \quad \dots (26)$$

$$\eta = [325,100.88 / 392,595.18] = 0.828$$

$$\eta = 82.8 \%$$

* Consumo de combustible :

Combustible : Gas natural

P.C. = poder calorífico = 1000 BTU / ft³ std

$$\text{Gas natural} = \frac{Q}{P.C.} \quad \dots (27)$$

$$\text{Gas natural} = \frac{392,595.18}{1000} = 392.595 \text{ ft}^3 \text{ std / hr}$$

$$\text{Consumo de gas natural} = 392.595 \text{ ft}^3 \text{ std / hr} = \text{ft}^3 / \text{batch}$$

$$= 11.12 \text{ m}^3 / \text{batch}$$

ESPECIFICACIONES DEL SECADOR ROTATORIO [M -102]

Longitud = 33.76 ft = 10.29 m.

Diámetro = 4.52 ft

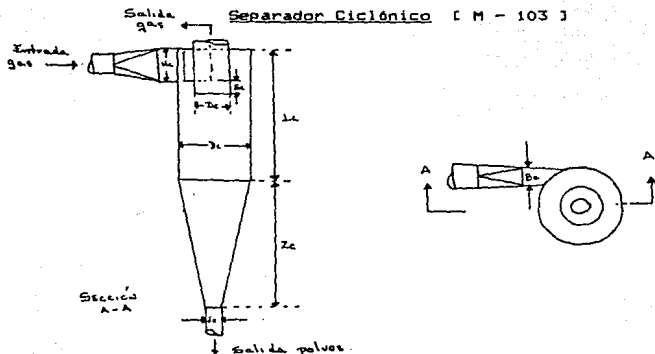
Volumen del secador = 541 ft³

Pendiente del Secador = 0.25 in / ft = 0.021 ft / ft

Velocidad del secador = 2.5 rpm

Tiempo de secado = 35.9 min.

Eficiencia = 87.8 %



CORRIENTES DE ENTRADA :

- (1) Copolímero St - DVB = 3816 lb / hr
 Agua = 2 lb / hr
- (2) Aire = 3000 ft³ / min = 50 ft³ / seg.
 T = 77 °F
 p = 0.074 lb / ft³
 m = 0.018 cp = 1.21 E-05 lb / ft seg.

Las ecuaciones para el predimensionamiento de un ciclón se presentan a continuación : ref. [15]

$$W_i = D_c / 4 \quad \dots (1)$$

$$D_e = D_c / 2 \quad \dots (2)$$

$$H_c = D_c / 2 \quad \dots (3)$$

$$L_c = 2 * D_c \quad \dots (4)$$

$$S_c = D_c / 8 \quad \dots (5)$$

$$Z_c = 2 * D_c \quad \dots (6)$$

$$J_c = D_c / 4 \quad \dots (7)$$

Suponiendo un diámetro de ciclón, $D_c = 2.5$ ft , se procede a calcular las otras proporciones :

$$W_i = D_c / 4 = 2.5 / 4 = 0.625 \text{ ft} = 0.19 \text{ m.}$$

$$D_e = D_c / 2 = 2.5 / 2 = 1.25 \text{ ft} = 0.38 \text{ m.}$$

$$H_c = D_c / 2 = 2.5 / 2 = 1.25 \text{ ft} = 0.38 \text{ m.}$$

$$L_c = 2 * D_c = 2 * 2.5 = 5.0 \text{ ft} = 1.52 \text{ m.}$$

$$S_c = D_c / 8 = 2.5 / 8 = 0.313 \text{ ft} = 0.095 \text{ m.}$$

$$Z_c = 2 * D_c = 2 * 2.5 = 5.0 \text{ ft} = 1.52 \text{ m.}$$

$$J_c = D_c / 4 = 2.5 / 4 = 0.625 \text{ ft} = 0.19 \text{ m.}$$

Diámetro mínimo de partícula que arrastrará el ciclón :

$$D_{pm} = \sqrt{\frac{9 \mu W_i}{\pi N_t V_c (\rho_s - \rho)}} * 304800 \quad \dots (8)$$

donde :

D_{pm} = diámetro mínimo de partícula , micras.

μ = viscosidad del aire . lb / ft seg.

N_t =

V_c = volumen de aire a la entrada , ft³ / seg.

ρ_s = densidad de la partícula sólida , lb / ft³

ρ = densidad del aire , lb / ft³

sustituyendo :

$$D_{pm} = \sqrt{\frac{9 * 1.21 \text{ E-}05 * 0.625}{\pi * 2 * 50 * (72.96 - 0.074)}} = 16.62 \text{ micras}$$

$$D_{pc} = \sqrt{\frac{9 W_i}{2 * \pi N_t V_c (\rho_s - \rho)}} * 304800 \quad \dots (9)$$

$D_{pc} = 11.75 \text{ micras}$

$$D_{pm} / D_{pc} = (16.62) / (11.75) = 1.414$$

con este dato leyendo en la figura 20-89 ref. [17] , encontramos :

Eficiencia teórica = 100 %

Eficiencia experimental = 68 %

* Caida de presión :

(1) A la entrada del aire :

$$h_{v1} = 0.003 \rho V_c^2 \quad \dots (10)$$

h_{v1} = pulgadas de agua

ρ = lb / ft³

V_c = ft³ / seg.

$$h_{v1} = 0.003 * 0.074 * (50)^2 = 0.555 \text{ in H}_2\text{O}$$

(2) Pérdidas por fricción a través del ciclón :

$$F_{cv} = \frac{K W_i H_c}{D_c^2} \quad \dots (11)$$

$K = 16$, sustituyendo :

$$F_{cv} = \frac{(16) * (0.625) * (1.25)}{(1.25)^2} = 8$$

$$AP_1 = 0.024 V_c^2 \quad \dots (12)$$

sustituyendo :

$$AP_1 = 0.024 * 0.074 * (50)^2 = 4.44 \text{ in H}_2\text{O}$$

AP total = 0.555 + 4.44 + 10 % aprox. por tubos = 5.5 in H₂O

La caída de presión típica de un ciclón se encuentra en el rango [0.5 - 8.0] in H₂O , por lo que esta dentro del rango.

ESPECIFICACIONES DEL SEPARADOR CICLONICO [M - 103]

Capacidad = 3000 ft³ / min de aire

Motor = 7 1/2 Hp

D_c = 2.50 ft

W_i = 0.625 ft

D_e = 1.25 ft

H_c = 1.25 ft

L_c = 5.00 ft

S_c = 0.313 ft

Z_c = 5.00 ft

J_c = 0.625 ft

AP total = 5.5 in H₂O

Criba Vibradora [M - 104]

La criba vibradora [M - 104] se utilizará para la separación de las perlas del copolímero en diferentes tamaños.

Las cribas presentan un fenómeno llamado estratificación, lo cual consiste en un lecho que desarrolla características de fluido, las partículas mas largas quedan arriba del lecho formado.

Debido a que se tienen que eliminar de las perlas los polvos y perlas de tamaño mayor, se necesita una criba vibratoria de dos tamices (mallas).

El tamaño de las perlas que se ocupan para la formación de resinas aniónicas está entre 0.25 y 1.1 mm (250 -1100 micras), lo cual hace necesario dos mallas , utilizando la designación equivalente a la tabla de Tyler :

MALLA No. 16 para eliminar las partículas mayores a 1.0 mm. y
MALLA No. 60 para eliminar las partículas menores a 0.25 mm.

ESPECIFICACIONES DE LA CRIBA VIBRATORIA [M -104]

Criba inclinada con vibración eléctrica y doble malla .
velocidad = 3000 rpm
Mallas cuadradas de alambre tejido de ac. inoxidable = 3 x 6 ft
No = 16 y No = 60 .
Motor = 3 Hp
Area = 18 ft²

Transportador Neumático [M -105]

El cálculo del transportador neumático se hizo mediante nomógramas (ref. [17]) :

Longitud horizontal : 60 ft
Longitud vertical : 33 ft
Long. equiv. accesorios : 100 ft

Longitud total : 193 ft

De la tabla 7.13 se obtiene la velocidad del aire en función de la densidad de masa de las perlas.

Densidad verdadera promedio = 47 lb / ft³
 $v = 6305 \text{ ft} / \text{min}.$

NOMOGRAMA 1 :
Suponiendo $\phi = 3.5 \text{ ''}$, ϕ = diámetro de tubo.
 $V = 430 \text{ ft}^3 / \text{min}$, V = volumen de aire.

NOMOGRAMA 2 :
Con $V = 430 \text{ ft}^3 / \text{min}$ y Capacidad = 3816 lb / hr :
r.s. = 2.2 , radio sólidos

NOMOGRAMA 3 :
Con $V = 430 \text{ ft}^3 / \text{min}$ y $\phi = 3.5 \text{ ''}$:
F.D. = 80 , factor de diseño .

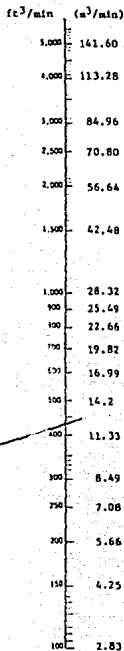
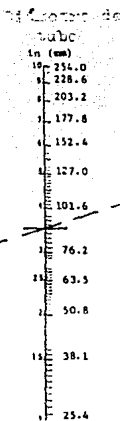
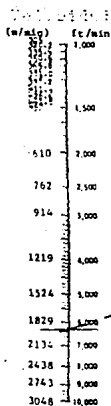
NOMOGRAMA 4 :
Con Long. eq. total = 193 ft , F.D. = 80 y r.s. = 2.2 :
Pérdidas de presión = 2.0 lb / in² .

NOMOGRAMA 5 :
Con pérdidas de fricción = 2.0 lb / in² y $V = 430 \text{ ft}^3$:
Potencia requerida = 5.3 Hp = 6 Hp .

Se anexan los nomógramas utilizados.

ESPECIFICACIONES DEL TRANSPORTADOR NEUMATICO [M - 105]

Capacidad = 3816 lb /hr
 $\phi = 3.5 \text{ ''}$
Potencia requerida = 6 Hp
Material = Acero Inoxidable



FUENTE BIBLIOGRAFICA:

Chemical Engineering Handbook, Cap.
 Robert Parry and Cecil Chilton
 McGraw Hill Co. 5a. Edición.

Fig. 20

(m²/min) 10³min

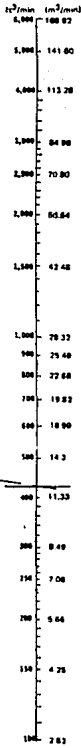
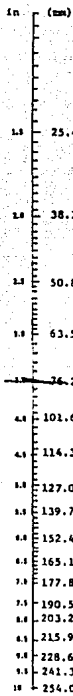
4.75 100
 5.00 200
 7.00 300
 8.45 400
 11.22 500
 14.2 600
 18.99 700
 19.92 800
 22.96 900
 25.49 1000
 28.22 1100
 42.48 11,000
 56.64 12,000
 70.80 13,000
 84.96 14,000
 112.28 14,000
 141.80 15,000
 1,000
 2,000
 3,000
 10,000

1.20
 1.1
 1.0
 0.9
 0.8
 0.7
 0.6
 0.5
 0.4
 0.3
 0.2
 0.1

100,000 45360
 90,000 40824
 80,000 36288
 70,000 31752
 60,000 27216
 50,000 22680
 40,000 18144
 30,000 13608
 20,000 9072
 10,000 4536
 1,000 453.6
 1,000 4082.4
 1,000 3628.8
 1,000 3175.2
 1,000 2721.6
 1,000 2268.0
 1,000 1814.4
 1,000 1360.8
 1,000 907.2
 1,000 453.6

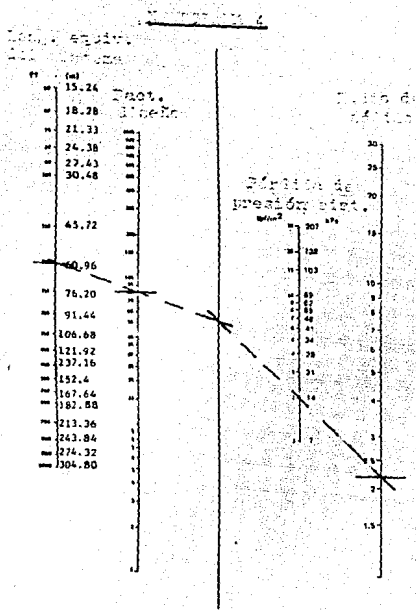
FUENTE BIBLIOGRAFICA:

Chemical Engineering Handbook, Cap.
 Robert Parry and Cecil Chilton
 McGraw Hill Co. 5a. Edición.



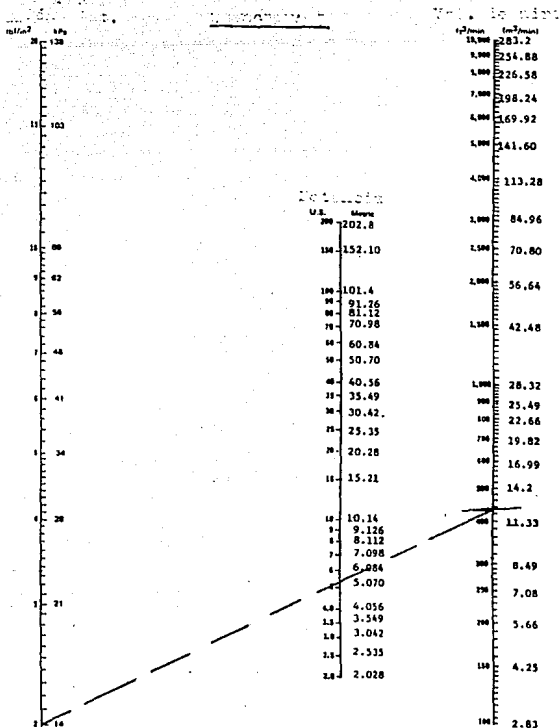
FUENTE BIBLIOGRAFICA:

Chemical Engineering Handbook, Cap
 Robert Parry and Cecil Chilton
 McGraw Hill Co. 5a. Edición.



FUENTE BIBLIOGRAFICA:

Chemical Engineering Handbook, Cap
 Robert Parry and Cecil Chilton
 McGraw Hill Co. 5a. Edición.



FUENTE BIBLIOGRAFICA:

Chemical Engineering Handbook, Cap
 Robert Parry and Cecil Chilton
 McGraw Hill Co. 5a. Edición.

Alimentador Rotatorio [M - 106]

Capacidad = 1100 lb / hr

Cantidad a alimentar = 3400 lb / batch

Tamaño = 12 pulgadas .

Motor = 1/3 Hp

Material = Acero inoxidable 304

Tanque de almacenamiento de perlas > 1.1 mm. [V-104]

$$V = 300 \text{ gal.} = 40.1 \text{ ft}^3$$

$$D = 2.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$A = [\pi * (2.5)^2] = 4.9 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$L = [40.1 / 4.9] = 9 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0$$

$$L / D = 9 / 2.5 = 3.6$$

Presión de operación : 29.4 lb / in²

Presión de diseño = P.op. + 10 psig (4)

Presión de diseño = 40 lb / in²

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Utilizando la ecuación (1.a) :

$$t = [(P r) / (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (1.a)$$

Material : acero al carbón S-285 "C"

$$S = 13,700 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad C.P. = 0.17 "$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = [(40) * (2.5 * 12)] / [(13,700 * 1) - (0.6 * 40)] + 0.17$$

$$t = 0.25 " = 1/4 " \text{ comercial}$$

b) Techo cónico :

Utilizando la ecuación (9.a) :

$$\sin \alpha = [D / (1000 t) * (P_o / 6)^{0.5}] \quad \dots\dots (9.a)$$

$$\sin \alpha = [2.5 / (1000 * 0.25) * (50 / 6)^{0.5}] = 0.35$$

$$\alpha = 20.2 = 20.2$$

De la ecuación (11.a) :

$$\alpha = 90 - \alpha = \dots\dots (11.a)$$

$$\alpha = 90 - 20.2 = 69.8 = 70.9$$

De la ecuación (10.a) :

$$r = [(6 * \pi) / \sin \alpha] = \dots\dots (10.a)$$

$$r = [(6 * 2.5) / 0.35] = 42.86 \text{ in} = 3.57 \text{ ft}$$

c) Tapa cónica en el fondo :

Utilizando la ecuación (7.a) :

$$t = [(P D) / 2 \cos a (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (7.a)$$

$$S = 55,000 / 2 \text{ lb / in}^2 \quad C.P. = 0.17 "$$

sustituyendo :

$$t = [(40 * 30) / 2 \cos 30^\circ ((27500 * 0.85) - (0.6 * 40))] + 0.17 =$$

$$t = 0.21 " = 1/4 " \text{ comercial}$$

$$d = 0.80 \text{ ft}$$

$$h = 1.2 \text{ ft}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (8.a) :

$$V = \frac{\pi * h * [D^2 + Dd + d^2]}{12} \quad \dots (8.a)$$

sustituyendo :

$$V = \frac{\pi * 1.2 * [(2.5)^2 + (2.5 * 0.80) + (0.80)^2]}{12} = 2.79 \text{ ft}^3$$

Volumen del envolvente corregido = $11 * R^2 * L =$

$$V = [\pi * (2.5)^2 * 9] = 44.18 \text{ ft}^3$$

$$V \text{ tot.} = V. \text{ env.} + V. \text{ tapa} = 44.18 + 2.79 = 46.97 = 47 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALM. DE PERLAS MAYORES [V-104]

a) Envolvente :

$$V = 44.18 \text{ ft}^3$$

$$D = 2.5 \text{ ft}$$

$$L = 9.0 \text{ ft}$$

$$P \text{ op.} = 29.4 \text{ lb/in}^2 \quad ; \quad P. \text{ dis.} = 40.0 \text{ lb/in}^2$$

$$t = 0.24" = 1/4" \text{ comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapa de fondo : Cónica

$$D = 2.5 \text{ ft}$$

$$d = 0.80 \text{ ft}$$

$$h = 1.2 \text{ ft}$$

$$t = 1/4 \text{ "}$$

$$V = 2.79 \text{ ft}^3$$

Material : A.C. A-283 "C"

c) Techo cónico :

$$D = 2.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/4 \text{ "}$$

$$r = 3.57 \text{ ft}$$

$$\theta = 20 \text{ }^\circ$$

$$\alpha = 70 \text{ }^\circ$$

$$V \text{ total} = 47 \text{ ft}^3$$

Nivel del solido = 7.7 ft aprox.

Tanque de almacenamiento de perlas < 0.25 mm. [V-105]

$$V = 361 \text{ gal.} = 48.26 \text{ ft}^3$$

$$D = 2.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$A = [\pi * (2.5)^2] = 4.9 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$L = [48.26 / 4.9] = 9.88 \text{ ft ajustando a } 10 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0$$

$$L / D = 10 / 2.5 = 4$$

$$\text{Presión de operación : } 29.4 \text{ lb / in}^2$$

$$\text{Presión de diseño} = P_{op.} + 10 \text{ psig} \quad \dots (4)$$

$$\text{Presión de diseño} = 40 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Utilizando la ecuación (1.a) :

$$t = [(P r) / (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (1.a)$$

Material : acero al carbono S-285 "C"

$$S = 13,700 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad C.P. = 0.17 "$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = [(40) * (2.5 * 12)] / [(13,700 * 1) - (0.6 * 40)] + 0.17$$

$$t = 0.25 " = 1/4 " \text{ comercial}$$

b) Techo cónico :

Utilizando la ecuación (9.a) :

$$\sin \theta = [D / (1000 t) + (P_0 / 6)^{0.5}] \dots (9.a)$$

$$\sin \theta = [2.5 / (1000 * 0.25) + (50 / 6)^{0.5}] = 0.35$$

$$\theta = 20.2 = 209$$

De la ecuación (11.a) :

$$\alpha = 90 - \theta = \dots (11.a)$$

$$\alpha = 90 - 20.2 = 69.8 = 709$$

De la ecuación (10.a) :

$$r = [(6 * D) / \sin \theta] = \dots (10.a)$$

$$r = [(6 * 2.5) / 0.35] = 42.86 \text{ in} = 3.57 \text{ ft}$$

c) Tapa cónica en el fondo :

Utilizando la ecuación (7.a) :

$$t = [(P D) / 2 \cos a (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (7.a)$$

$$S = 55,000 / 2 \text{ lb./in}^2 \quad C.P. = 0.17 "$$

sustituyendo :

$$t = [(40 * 30) / 2 \cos 30^\circ ((27500 * 0.85) - (0.6 * 40))] + 0.17 =$$

$$t = 0.21 " = 1/4 " \text{ comercial}$$

$$d = 0.80 \text{ ft}$$

$$h = 1.2 \text{ ft}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (8.a) :

$$V = \frac{\pi * h * [D^2 + Dd + d^2]}{12} \quad \dots (8.a)$$

sustituyendo :

$$V = \frac{\pi * 1.2 * [(2.5)^2 + (2.5 * 0.80) + (0.80)^2]}{12} = 2.79 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volumen del envoltente corregido} = \pi * R^2 * L =$$

$$V = [\pi * (2.5)^2 * 10] = 49.09 \text{ ft}^3$$

$$V \text{ tot.} = V. \text{ env.} + V. \text{ tapa} = 49.09 + 2.79 = 51.88 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALM. DE PERLAS

[V-105]

a) Envolvente :

$$V = 49.09 \text{ ft}^3$$

$$D = 2.5 \text{ ft}$$

$$L = 10.0 \text{ ft}$$

$$P \text{ op.} = 29.4 \text{ lb/in}^2 ; \quad P. \text{ dis.} = 40.0 \text{ lb/in}^2$$

$$t = 0.24" = 1/4" \text{ comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapa de fondo : Cónica

$$D = 2.5 \text{ ft}$$

$$d = 0.80 \text{ ft}$$

$$h = 1.2 \text{ ft}$$

$$t = 1/4 \text{ "}$$

$$V = 2.79 \text{ ft}^3$$

Material : A.C. A-283 "C"

c) Techo cónico :

$$D = 2.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/4 \text{ "}$$

$$r = 3.57 \text{ ft}$$

$$\theta = 20 \text{ }^\circ$$

$$\alpha = 70 \text{ }^\circ$$

$$V \text{ total} = 51.88 \text{ ft}^3$$

Nivel del sólido = 9.3 ft aprox.

Silo de almacenamiento de perlas para proceso [V-106]

Volumen de almacenamiento para 14 días.

$$V = 4868.7 \text{ gal.} = 651.64 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$A = [\pi * (6.5)^2] = 33.18 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$L = [651.64 / 33.18] = 19.65 \text{ ft ajustando a } 20 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0$$

$$L / D = 20 / 6.5 = 3.08$$

Presión de operación : 14.7 lb / in²

$$\text{Presión de diseño} = P_{op.} + 25 \text{ psig} \quad \dots (4)$$

$$\text{Presión de diseño} = 40 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Utilizando la ecuación (1.a) :

$$t = [(P r) / (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (1.a)$$

Material : Aluminio 5052 - H 34

$$S = 8,500 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad C.P. = 0.17 \text{ "}$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = [(40) * (3.25 * 12)] / [(8,500 * 1) - (0.6 * 40)] + 0.17$$

$$t = 0.35 \text{ " } = 3/8 \text{ " comercial}$$

b) Tapa de domo : Toriesférica

De la tabla 5.7 ref. [25] , tenemos :

$$D = 6.5 \text{ ft} ; \quad r = 78 \text{ " } ; \quad icr = 4 \text{ } 3/4 \text{ "}$$

Utilizando la ecuación (3.a) :

$$t = [(P r M) / (2 S E - 0.2 P)] + C.P. \quad \dots (3.a)$$

en donde : $M = 1/4 [3 + (r / icr)^{0.5}$

Material : Aluminio 5052 - H34 $S = 8,500 \text{ lb/in}^2$

$E = 85.00 \%$ $C.P. = 0.063$

$M = 1/4 * [3 + (78 / 4 \text{ } 3/4)^{0.5}] = 1.76$, sust. en (3.a) :

$$t = [(40 * 78 * 1.76) / (2 * 8500 * 0.85) - (0.2 * 40)]$$

$$t = 0.38 + 0.063 = 0.44 \text{ " } = 1/2 \text{ "}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (4.a) :

$$V = 0.00049 D^3 = 0.00049 * (78)^3 = 23.25 \text{ ft}^3$$

c) Tapa cónica en el fondo :

Utilizando la ecuación (7.a) :

$$t = [(P D) / 2 \cos a (S E - 0.6 P)] + C.P. \quad \dots (7.a)$$

$S = 8,500 \text{ lb /in}^2$ $C.P. = 0.17 \text{ "}$

sustituyendo :

$$t = [(40 * 78) / 2 \cos 309 ((8500 * 0.85) - (0.6 * 40))] + 0.17 =$$

$$t = 0.42 \text{ " } = 1/2 \text{ " comercial}$$

$d = 2.5 \text{ ft}$

$h = 3.5 \text{ ft}$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (8.a) :

$$V = \frac{\pi * h * [D^2 + Dd + d^2]}{12} \quad \dots (8.a)$$

sustituyendo :

$$V = \frac{\pi * 3.5 * [(6.5)^2 + (6.5 * 2.5) + (2.5)^2]}{12} = 59.33 \text{ ft}^3$$

Volumen del envoltente corregido = $\pi * R^2 * L =$

$$V = [\pi * (6.5)^2 * 20] = 663.66 \text{ ft}^3$$

$$V \text{ tot.} = V. \text{ env.} + V. \text{ tapas} =$$

$$V \text{ total} = 663.66 + 59.33 + 23.25 = 746.24 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL SILO DE ALMACENAMIENTO DE PERLAS DE PROCESO
[V-106]

a) Envoltente :

$$V = 663.66 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$L = 20.0 \text{ ft}$$

$$P \text{ op.} = 14.7 \text{ lb/in}^2 \quad ; \quad P. \text{ dis.} = 40.0 \text{ lb/in}^2$$

$$t = 0.35 \text{ " } = 3/8 \text{ " comercial}$$

Material : Aluminio 5052 - H34

b) Tapa de domo : Torresférica

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$r = 78 \text{ "}$$

$$\text{icr} = 4 \text{ } 3/4 \text{ "}$$

$$t = 1/2 \text{ "}$$

Material : Aluminio 5052 - H34

$$V = 23.25 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

c) Tapa de fondo : Cónica

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$d = 2.5 \text{ ft}$$

$$h = 3.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/2 \text{ "}$$

$$V = 59.33 \text{ ft}^3$$

Material : Aluminio 5052 - H34

$$\text{Volumen total} = 746.24 \text{ ft}^3$$

SECCION DE CLOROMETILACION

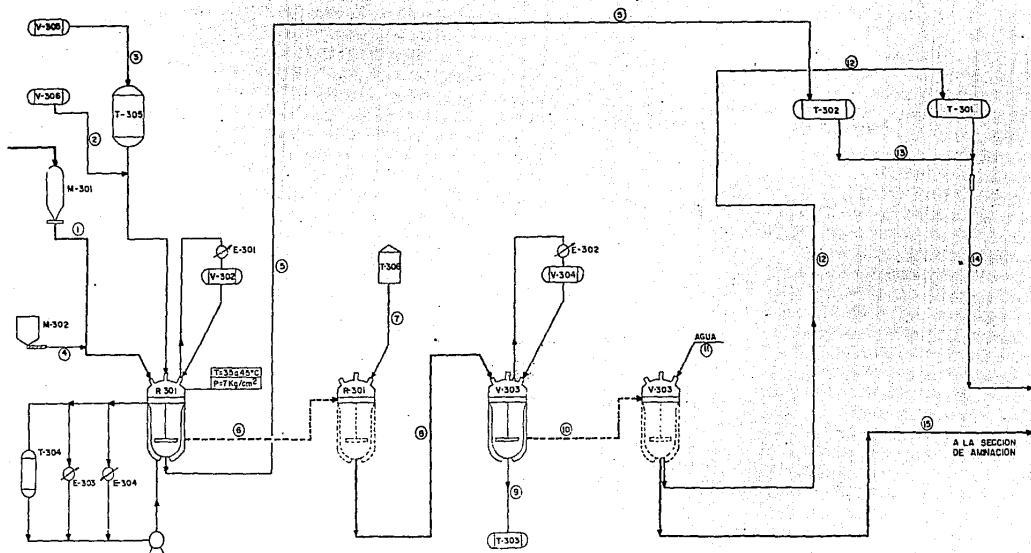
En la sección de clorometilación es necesario producir 622.20 Ton/año (4153 lb/día), sin embargo tomando en cuenta que la reacción tiene una eficiencia de 99% , entonces debemos hacer el calculo para producir 628.35 Ton/año, (4194 lb/día).

Las materias primas necesarias para la clorometilación son: Las perlas del copolímero St-DVB, Metilal, Cloruro de tionilo, Cloruro de zinc, Metanol y Agua .

A continuación se presenta el Balance de Materia para la sección de Clorometilación :

[4194 lb / batch] ; [1 batch / día]

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
Cop.St-DVB	4113	---	---	---	---
Metilal	---	6571	---	---	---
Clor.tionilo	---	---	9339	---	---
Cloruro zinc	---	---	---	1557	---
Comp.gastado	---	---	---	---	15763
Metanol	---	---	---	---	---
Agua	---	---	---	---	---
P.clorom.	---	---	---	---	---
	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
Cop.St-DVB	41	---	41	---	41
Metilal	---	---	---	---	---
Clor.tionilo	---	---	---	---	---
Cloruro zinc	---	---	---	---	---
Comp.gastado	623	---	623	555	68
Metanol	---	4941	4941	4386	555
Agua	---	---	---	---	---
P.clorom.	4153	---	4153	---	4153
	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
Cop.St-DVB	---	---	---	---	---
Metilal	---	---	---	---	---
Clor.tionilo	---	---	---	---	---
Cloruro zinc	---	---	---	---	---
Comp.gastado	---	68	15763	15831	---
Metanol	---	555	---	555	---
Agua	18678	12452	---	12452	6226
P.clorom.	---	---	---	---	4153



BALANCE DE MATERIA (lb /batch.) CAPACIDAD = 622.2 TON./AÑO $f=0.9$ $\eta = 0.99$

REACTIVOS	CORRIENTES.														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPOLIMERO ESTIRENO-DIVINILBENCENO	3113					41		41		41					
METAL.		6971													
CLORURO DE TIONILO.			9339												
CLORURO DE ZINC.				1557											
COMPLEJO BASTADO.					15763	623		623	335	68		68	13763	15351	
METANO.							4941	4941	4386	353		353		515	
AGUA.											18678	12452		12452	6226
COPOLIMERO CLOROMETILADO.						4153		4153		4153					4153

TESIS PROFESIONAL. 1988	
DIAGRAMA DE FLUJO Y BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE CLOROMETILACION.	
AGUIRRE PORTILLO MARTHA E.	FAC. QUIMICA UNAM.

Tanque de almacenamiento de Metilal [V - 306]

Volumen de almacenamiento para 14 días :

$$V = 13,000 \text{ gal.} = 1737.84 \text{ ft}^3$$

$$D = 9.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$\text{sustituyendo : } A = 63.62 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$\text{sustituyendo : } L = 27.32 \text{ ft ajustando a } 28 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

$$\text{sustituyendo : } L / D = 3.10$$

Presión de operación : 14.7 lb / in²

Presión de diseño = 45 lb / in²

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Material : acero al carbón S-285 "C" S = 13,700 lb/in²

E = 100.00 % C.P. = 0.20 "

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.37 \text{ " } = 3/8 \text{ "}$$

$$\text{Vol. corregido} = \pi * R^2 * L = 1781.28 \text{ ft}^3$$

b) Tapas Toriesféricas :

De la tabla 5.7 ref. [25] , tenemos :

D = 9.0 ft ; r = 102 " ; icr = 6 1/2 "

S = 27,500 lb / in² E = 85.00 %

M = , sustituyendo en (3.a) :

$$t = 0.17 \text{ " } = 3/16 \text{ "}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (4.a) :

$$V = 61.73 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = 1781.28 + 2 (21.73) = 1904.74 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE METILAL [V-306]

a) Envolvente :

$$V = 1781.28 \text{ ft}^3$$

$$D = 9.0 \text{ ft}$$

$$L = 28.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.37 \text{ " } = 3/8 \text{ " comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapas : Hemisféricas

$$D = 9.0 \text{ ft}$$

$$t = 3/16 \text{ "}$$

$$r = 102 \text{ "}$$

$$\text{icr} = 6 \text{ 1/2"}$$

$$V = 61.73 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

Material : A.C. A-283 "C"

$$\text{Vol. total} = 1904.74 \text{ ft}^3$$

$$\% \text{ de llenado} = 90 \%$$

Reactor de Clorometilación [R - 301]

$$V = 2,736.2 \text{ gal.} = 365.8 \text{ ft}^3 + 10 \% \text{ sobrediseño} = 402.4 \text{ ft}^3$$

$$D = 7.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

sustituyendo : $A = 44.18 \text{ ft}^2$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

sustituyendo : $L = 9.10 \text{ ft}$ ajustando a 10 ft

Diámetro aprox. = Nivel del Líquido ref.[27]

$$L / D = 1.33$$

Presión de operación : 103 lb / in²

Presión de diseño = 133 lb / in²

: CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Material : acero al carbón S-285 "C" $S = 13,700 \text{ lb/in}^2$

$E = 100.00 \%$ $C.P. = 0.35 "$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.79 " = 7/8 "$$

$$\text{Vol. corregido} = \pi * R^2 * L = 441.8 \text{ ft}^3$$

b) Tapas Elípticas :

Material : acero al carbón A-283 "C" $S = 27,500 \text{ lb/in}^2$

$E = 85.00 \%$ $C.P. = 0.35 "$

$h = 22.5$ $k = 1.0$

sustituyendo en la ecuación (5.a) :

$$t = 0.61 " = 3/4 " \text{ comercial}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (6.a) :

$$V = 55.22 \text{ ft}^3$$

$$V \text{ tot.} = V. \text{ env.} + V. \text{ tapas} = 441.8 + 2(55.22) = 552.24 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel de líquido} = \frac{V_{\text{real}} - V_{\text{tapa}}}{\pi * R^2} = \frac{365.8 - 55.22}{\pi * (3.75)^2} = 7.8 \text{ ft}$$

D. aprox. = N.L. ---- BIEN

Cálculo de la chaqueta del reactor :

Díametro de chaqueta = Díam. tanque + 6 pulgadas ref. [27]

$$\text{Díam. chaq.} = 90 \text{ " } + 6 \text{ " } = 96 \text{ " } = 8 \text{ ft}$$

Altura chaqueta = nivel del líquido ; $L_c = 7.8 \text{ ft}$

Tapa fondo de chaqueta = elíptica : 8.0 ft

ESPECIFICACIONES DEL REACTOR DE CLOROMETILACION [R-301] :

a) Envolvente :

$$V = 441.8 \text{ ft}^3$$

$$D = 7.5 \text{ ft}$$

$$L = 10.0 \text{ ft}$$

$$P_{\text{op.}} = 103 \text{ lb/in}^2 ; \quad P_{\text{dis.}} = 133.0 \text{ lb/in}^2$$

$$t = 0.61 \text{ " } = 3/4 \text{ " comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C" recubierto de vidrio.

b) Tapas de fondo y domo : Elípticas

$$D = 7.5 \text{ ft}$$

$$t = 3/4 \text{ "}$$

Material : A.C. A-283 "C"

$$V = 55.22 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

$$\text{Vol. total} = 552.24 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel aprox. líquido} = 7.8 \text{ ft.}$$

c) Chaqueta :

$$D = 8.0 \text{ ft}$$

$$L_c = 7.8 \text{ ft}$$

$$t = 3/4 \text{ " } ; \quad \text{Tapa elíptica}$$

Tanque de almacenamiento de Cloruro de Tionilo [V - 305]

Volumen de almacenamiento para 14 días :

$$V = 4795.5 \text{ gal.} = 641 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

sustituyendo : $A = 33.18 \text{ ft}^2$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

sustituyendo : $L = 19.32 \text{ ft}$ ajustando a 20 ft

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

sustituyendo : $L / D = 3.08$

Presión de operación : 14.7 lb / in²

Presión de diseño = 45 lb / in²

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Material : acero al carbón S-285 "C" recubierto de vidrio

$$S = 13,700 \text{ lb/in}^2 \quad E = 100.00 \% \quad C.P. = 0.20 "$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.37 " = 3/8 "$$

$$\text{Vol. corregido} = \pi * R^2 * L = 663.66 \text{ ft}^3$$

b) Tapas Toriesféricas :

De la tabla S.7 ref. [25] , tenemos :

$$D = 6.5 \text{ ft} ; \quad r = 78 " ; \quad icr = 4 \frac{3}{4} "$$

$$S = 27,500 \text{ lb / in}^2 \quad E = 85.00 \%$$

$$M = 1.76 \quad , \text{ sustituyendo en (3.a) :}$$

$$t = 0.245 " = 1/4 "$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (4.a) :

$$V = 23.25 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = 663.66 + 2 (23.25) = 710.16 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE
CLORURO DE TIONILO [V-305]

a) Envolvente :

$$V = 663.66 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$L = 20.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.17 \text{ " } = 3/8 \text{ " comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C" recubierta de vidrio

b) Tapas : Troncosféricas

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/4 \text{ "}$$

$$r = 78 \text{ "}$$

$$\text{icr} = 4 \text{ } 3/4 \text{ "}$$

$$V = 23.25 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

Material : A.C. A-283 "C"

$$\text{Vol. total} = 710.16 \text{ ft}^3$$

$$\% \text{ de llenado} = 90 \%$$

Tanque de Medición de Cloruro de Tionilo [T - 305]

$$V = 685 \text{ gal.} = 91.6 \text{ ft}^3$$

$$D = 3.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

sustituyendo : $A = 9.62 \text{ ft}^2$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

sustituyendo : $L = 9.52 \text{ ft}$ ajustando a 10 ft

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

sustituyendo : $L / D = 2.86$

Presión de operación : $14.7 \text{ lb} / \text{in}^2$

Presión de diseño = $25 \text{ lb} / \text{in}^2$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envolvente :

Material : acero al carbón S-285 "C"

$$S = 13,700 \text{ lb/in}^2 \quad E = 100.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.20 "$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.24 " = 1/4 "$$

$$\text{Vol. corregido} = 11 * R^2 * L = 96.2 \text{ ft}^3$$

b) Tapas Tori esféricas :

De la tabla 5.7 ref. [25] , tenemos :

$$D = 3.5 \text{ ft} ; \quad r = 40 " ; \quad \text{icr} = 2 \text{ 5/8} "$$

$$S = 27,500 \text{ lb} / \text{in}^2 \quad E = 85.00 \%$$

$$M = 1.73 \quad , \text{ sustituyendo en (3.a) :}$$

$$t = 0.24 " = 1/4 "$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (4.a) :

$$V = 3.63 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = 91.2 + 2 (3.63) = 103.5 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel del liquido} = 9.14 \text{ ft}$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE MEDICION DE
CLORURO DE TIONILO [T-305]

a) Envolvente :

$$V = 91.2 \text{ ft}^3$$

$$D = 3.5 \text{ ft}$$

$$L = 10.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.24 \text{ " } = 1/4 \text{ " comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapas : Tonicsféricas

$$D = 3.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/4 \text{ "}$$

$$r = 40 \text{ "}$$

$$\text{icr} = 2 \text{ 5/8"}$$

$$V = 3.63 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

Material : A.C. A-283 "C"

$$\text{Vol. total} = 103.5 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel del liquido aprox.} = 9.0 \text{ ft}$$

Alimentador de Cloruro de Zinc [M -302]

Capacidad = 1400 - 2000 lb / hr.

Cantidad a alimentar = 1557 lb / batch

Tamaño = 12 pulgadas

Motor = 1/3 Hp

Material = acero Inoxidable 304

Enfriador del Reactor [E - 303]

ref. [27]

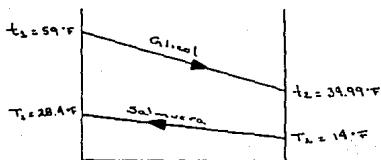
Se enfriará una solución de glicol a 4.44 °C con salmuera de Cloruro de sodio al 25 % .

GLICOL :

t ent. = 15 °C = 59 °F
t sal. = 4.44 °C = 39.99 °F

SALMUERA NaCl (25 %) :

T ent. = -10 °C = 14 °F
T sal. = -2 °C = 28.4 °F



Salmuera por tubos
Glicol por la coraza

$$LMTD = \frac{(t_1 - T_2) - (t_2 - T_1)}{\ln [(t_1 - T_2) / (t_2 - T_1)]} \quad \dots (1)$$

sustituyendo en la ecuación (1) :

$$LMTD = \frac{(59 - 28.4) - (39.99 - 14)}{\ln [(59 - 28.4) / (39.99 - 14)]} = 28.23 \text{ °F}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \quad \dots (2)$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - T_1} \quad \dots (3)$$

sustituyendo en (2) y (3) :

$$R = \frac{(14 - 28.4)}{(39.99 - 59)} = 0.76$$

$$S = \frac{(39.99 - 59)}{(14 - 59)} = 0.42$$

$$LMTD \text{ corregido} = 28.23 * 0.95 = 26.82 \text{ °F}$$

Se propone utilizar tubos de 3/4 " , 16 BWG , pitch: triangular 1 " , L = 10 ft y un arreglo (1-n).

$$Q = W * C_p * \Delta T \quad \dots (4)$$

donde :

Q = BTU / hr

C_p = BTU / lb °F

Calor a intercambiar : $Q = 500,000 \text{ BTU / hr}$

C_p (glicol) = $0.565 \text{ BTU / lb } ^\circ\text{F}$

C_p (salmuera) = $0.8 \text{ BTU / lb } ^\circ\text{F}$

* Balance del glicol :

Despejando W de la ecuación (4) y sustituyendo :

$$W = Q / (C_p * \Delta T) = 500,000 / [0.565 * (59 - 39.99)] =$$

$$W = 46,552.12 \text{ lb / hr}$$

* Balance de salmuera :

Despejando W de la ecuación (4) y sustituyendo :

$$W = Q / (C_p * \Delta T) = 500,000 / [0.8 * (28.4 - 14)] =$$

$$W = 43,402.78 \text{ lb / hr}$$

** LADO TUBOS :

$$at = 0.302 \text{ " } ; \quad di = 0.62 \text{ " } ; \quad Ud \text{ supuesta} = 55$$

$$At = \frac{Q}{Ud * LMTD \text{ corr.}} \quad \dots (5)$$

sustituyendo :

$$At = \frac{500,000}{(55) * (26.82)} = 338.96 \text{ ft}$$

$$Nt = \frac{At}{\pi * do * L} \quad \dots (6)$$

sustituyendo :

$$Nt = \frac{338.96}{\pi * (0.75/12) * 10} = 172.624 \text{ tubos}$$

tabla 9 : 178 ----> 4 pasos para tubos ; $D_s = 17 \frac{1}{4}$ "

$$At = (178) * (0.1963) * (10) = 349.414 \text{ ft}$$

$$aft = \frac{Nt * di}{144 * Np} \quad \dots (7)$$

sustituyendo en la ec. (7) :

$$aft = \frac{178 * 0.302''}{144 * 4} = 0.093$$

aft = Wt / Gt ; despejando : Gt = Wt / aft ... (8)

sust. : Gt = 43,402.78 / 0.093 = 465,064.39 lb/hr ft²

$$Re = \frac{Gt * di}{\mu} \dots (8)$$

$$\mu = 4.2 \text{ cp}$$

sustituyendo : Re = [(465,064.39) * (0.62/12)] / (4.2 * 2.42)

Re = 2364.1 ----> f = 0.0004 ft² / in² ; v² / 2gc = 0.028

$$\frac{h_{io}}{\phi_i} = 0.027 (Re)^{0.8} * (Pr)^{0.33} * (k/di) (di/do) \dots (9)$$

Cp = 0.8 BTU / lb °F

μ = 4.2 cp

k = 0.33

Pr = [(Cp *) / k] sust.: Pr = 24.64

sust. en la ecuación (9) :

$$\frac{h_{io}}{\phi_i} = 0.027 (2364.1)^{0.8} * (24.64)^{0.33} * (0.33/0.052) (0.62/0.75)$$

$$\frac{h_{io}}{\phi_i} = 207.18$$

** LADO CORAZA :

$$B = D_s / 2 \quad \dots \quad B = (17.25) / 2 = 8.625$$

$$afs = \frac{D_s * C' * B}{144 * Pt} \quad \dots \quad (10)$$

sustituyendo en la ec. anterior :

$$afs = \frac{(17.25) * (0.25) * (8.625)}{144 * 1} = 0.258 \text{ ft}^2$$

$$Gs = Ns/afs ; \quad Gs = (46,552.12)/(0.258) = 180,224.46 \text{ lb / hr ft}^2$$

$$De = 0.73 \text{ "} \quad \quad \quad = 34 \text{ cp}$$

$$Re = \frac{Gs * De}{\mu} \quad \dots \quad (11)$$

sustituyendo : $Re = [(180,224.46) * (0.73/12)] / (34 * 2.42)$

$$Re = 133.25 \quad \text{---->} \quad f = 0.0055 \text{ ft}^2 / \text{in}^2$$

$$(N + 1) = [(12 L) / B] \quad \dots \quad (12)$$

sustituyendo en la ec. anterior :

$$(N + 1) = [(12 * 10) / 8.625] = 13.913$$

$$\frac{h_o}{\phi_o} = 0.36 (Re)^{0.55} * (Pr)^{0.33} * (k/De) \quad \dots \quad (13)$$

$$C_p = 0.565 \text{ BTU / lb } \theta F$$

$$\mu = 34 \text{ cp}$$

$$k = 0.153$$

$$Pr = [(C_p * \mu) / k] \quad \text{sust.: } Pr = 303.844$$

sust. en la ecuación (13) :

$$\frac{h_o}{\phi_o} = 0.36 (133.25)^{0.55} * (303.844)^{0.33} * (0.153/0.061)$$

$$\frac{h_o}{\phi_o} = 89.57$$

$$t_w = \bar{t} + \frac{h_o/\theta_o}{h_i/\theta_i + h_o/\theta_o} * (T - t) \quad \dots (14)$$

sustituyendo :

$$t_w = 49.495 + \frac{89.57}{207.18 + 89.57} * (21.2 - 49.495)$$

$t_w = 40.95$ 9F a esta temperatura :

$$\mu_w(\text{salmuera}) = 3.2 \text{ cp} \quad \text{y} \quad \mu_w(\text{glicol}) = 41 \text{ cp}$$

$$\theta_i = [\mu / \mu_w]^{0.14} \quad \text{y} \quad \theta_o = [\mu / \mu_w]^{0.14}$$

$$\theta_i = [4.2 / 3.2]^{0.14} = 1.04$$

$$\theta_o = [34 / 41]^{0.14} = 0.974$$

$$h_i = (207.18) * (1.04) = 215.47$$

$$h_o = (89.57) * (0.974) = 87.25$$

$$U_d = \frac{1}{(1/h_i) + (1/h_o) + 0.003} \quad \dots (15)$$

sustituyendo :

$$U_d = \frac{1}{(1/215.47) + (1/87.25) + 0.003} = 52.35$$

U_d supuesta = 55

U_d calculad = 52.35 ... bien

$$AP_t = \frac{f G_t^2 L N_p}{5.22 E_{10} * d_i S_g \theta_t} + \frac{4 N_p}{S_g} * \frac{v^2}{2g_c} \quad \dots (16)$$

$S_g = 1.19$ sustituyendo en la ec (16) :

$$AP_t = 1.414 \text{ psi}$$

$$AP_s = \frac{f G_s^2 D_s (N + 1)}{5.22 E_{10} * D_e S_g \theta_s} \quad \dots (17)$$

sustituyendo en la ec. (17) :

$$AP_s = 1.11 \text{ psi}$$

ESPECIFICACIONES DEL ENFRIADOR [E - 303]

Intercambiador de haz y coraza para enfriar glicol con una solución de salmuera de NaCl al 25 % .

Area total = 349.4 ft²

Arreglo : (1 - 4)

Tubos :

178 tubos

L = 10 ft

Ø = 3/4" , 16 BWG

Pitch = triangular 1 "

di = 0.62 "

at = 0.302 "

Coraza :

B = 8.625

Ds = 17 1/4 "

Calentador del Reactor [E - 304]

ref. [27]

Calentamiento de agua mediante vapor de agua .

VAPOR DE AGUA :

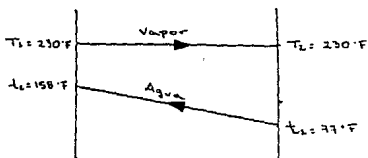
t ent. = 110 °C = 230 °F

t sal. = 70 °C = 158 °F

AGUA DE ENFRIAMIENTO :

T ent. = 25 °C = 77 °F

T sal. = 110 °C = 230 °F



Agua por tubos
Vapor de agua por la coraza

$$LMTD = \frac{(t_1 - T_2) - (t_2 - T_1)}{\ln [(t_1 - T_2) / (t_2 - T_1)]} \quad \dots (1)$$

sustituyendo en la ecuación (1) :

$$LMTD = 107.46 \text{ °F}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \quad \dots (2)$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \quad \dots (3)$$

sustituyendo en (2) y (3) :

$$R = 0$$

$$S = 2.13$$

Se propone utilizar tubos de 3/4 ", 16 BWG , pitch: cuadrado de 1 ", L = 10 ft y un arreglo (1-n).

$$Q = W * \lambda \quad \dots (4)$$

$$Q = W * C_p * \Delta T \quad \dots (5)$$

donde :

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

$$C_p = \text{BTU} / \text{lb °F}$$

$$\lambda = \text{BTU} / \text{lb}$$

Calor a intercambiar : $Q = 2,000,000 \text{ BTU / hr}$

C_p (agua) = $1.0 \text{ BTU / lb } ^\circ\text{F}$

C_p (vapor de agua) = $0.45 \text{ BTU / lb } ^\circ\text{F}$

* Balance del vapor :

Despejando W de la ecuación (4) y sustituyendo :

$W = 2,085.94 \text{ lb / hr}$

* Balance de agua de enfriamiento :

Despejando W de la ecuación (5) y sustituyendo :

$W = 25,455 \text{ lb / hr}$

** LADO TUBOS :

$a_t = 0.302 \text{ "}$; $d_i = 0.62 \text{ "}$; U_d supuesta = 200

$$A_t = \frac{Q}{U_d * LMTD} \quad \dots (6)$$

sustituyendo :

$A_t = 93.06 \text{ ft}$

$$N_t = \frac{A_t}{\pi * d_o * L} \quad \dots (7)$$

sustituyendo :

$N_t = 47.4 \text{ tubos}$

tabla 9 : 52 ----> 2 pasos para tubos ; $D_s = 10 \text{ "}$

$A_t = (52) * (0.1963) * (10) = 102.08 \text{ ft}^2$

$$a_{ft} = \frac{N_t * d_i}{144 * N_p} \quad \dots (8)$$

sustituyendo en la ec. (8) :

$a_{ft} = 0.055 \text{ ft}^2$

$a_{ft} = W_t / G_t$; despejando : $G_t = W_t / a_{ft} \dots (8)$

sust. : $G_t = 25,455 / 0.055 = 466,826.4 \text{ lb/hr ft}^2$

$$Re = \frac{Gt \cdot di}{\mu} \quad \dots (9)$$

$$\mu = 4.2 \text{ cp}$$

sustituyendo :

$$Re = 15,946.7 \quad f = 0.0004 \text{ ft}^2 / \text{in}^2 ; \quad v^2 / 2gc = 0.028$$

$$\frac{h_{io}}{\phi_i} = 0.027 (Re)^{0.8} \cdot (Pr)^{0.33} \cdot (k/di) \cdot (di/da) \quad \dots (10)$$

$$C_p = 1.0 \text{ BTU} / \text{lb} \cdot \text{°F}$$

$$\mu = 0.625 \text{ cp}$$

$$k = 0.372$$

$$Pr = (C_p \cdot \mu) / k \quad \text{sust.: } Pr = 4.07$$

sust. en la ecuacion (10) :

$$\frac{h_{io}}{\phi_i} = 0.027 (15946.7)^{0.8} \cdot (4.07)^{0.33} \cdot (0.372/0.052) \cdot (0.62/0.75)$$

$$\frac{h_{io}}{\phi_i} = 590.454$$

** LADO CORAZA :

$$B = D_s / 5 \quad \dots \quad B = (10) / 5 = 2$$

$$afs = \frac{D_s * C' * B}{144 * Pt} \quad \dots \quad (11)$$

sustituyendo en la ec. anterior :

$$afs = 0.035 \text{ ft}^2$$

$$Gs = Ws/afs ; \quad Gs = (2085.94)/(0.035) = 60.075.1 \text{ lb} / \text{hr} \text{ ft}^2$$

$$De = 0.95 \text{ "} \quad = 0.013 \text{ cp}$$

$$Re = \frac{Gs * De}{\mu} \quad \dots \quad (12)$$

sustituyendo :

$$Re = 151,174.3 \quad \text{---->} \quad f = 0.0013 \text{ ft}^2 / \text{in}^2$$

$$(N + 1) = [(12 L) / B] \quad \dots \quad (13)$$

sustituyendo en la ec. anterior :

$$(N + 1) = 60$$

$$\frac{ho}{\phi o} = 0.36 (Re)^{0.55} * (Pr)^{0.33} * (k/De) \quad \dots \quad (14)$$

$$Cp = 0.45 \text{ BTU} / \text{lb} \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\mu = 0.013 \text{ cp}$$

$$k = 0.014$$

$$Pr = [(Cp * \mu) / k] \quad \text{sust. : } Pr = 1.011$$

sust. en la ecuación (14) :

$$\frac{ho}{\phi o} = 0.36 (151,174.3)^{0.55} * (1.011)^{0.33} * (0.014/0.079)$$

$$\frac{ho}{\phi o} = 421.09$$

$$t_w = \bar{t} + \frac{h_o/\theta_o}{h_{io}/\theta_i + h_o/\theta_o} * (T - t) \quad \dots (15)$$

sustituyendo :

$$t_w = 117.5 + \frac{421.09}{590.454 + 421.09} * (230 - 117.5)$$

$t_w = 164.33$ °F , a esta temperatura :

$$\mu_w(\text{agua}) = 0.4 \text{ cp} \quad \text{y} \quad \mu_w(\text{vapor}) = 0.0115 \text{ cp}$$

$$\theta_i = [\mu / \mu_w]^{0.14} \quad \text{y} \quad \theta_o = [\mu / \mu_w]^{0.14}$$

$$\theta_i = [0.625 / 0.4]^{0.14} = 1.064$$

$$\theta_o = [0.013 / 0.0115]^{0.14} = 1.017$$

$$h_{io} = (590.454) * (1.064) = 628.243$$

$$h_o = (421.09) * (1.017) = 428.25$$

$$U_d = \frac{1}{(1/h_{io}) + (1/h_o) + 0.001} \quad \dots (16)$$

sustituyendo :

$$U_d = \frac{1}{(1/628.243) + (1/428.25) + 0.001} = 203$$

U_d supuesta = 200

U_d calculada = 203 ... bien

$$AP_t = \frac{f G_t^{0.2} L N_p}{5.22 E10 * d_i S_g \theta_t} + \frac{4 N_p}{S_g} * \frac{v^2}{2g_c} \quad \dots (17)$$

sustituyendo en la ec. (17) :

$$AP_t = 0.93 \text{ psi}$$

$$AP_s = \frac{f G_s^{0.2} D_s (N + 1)}{5.22 E10 * D_e S_g \theta_s} \quad \dots (18)$$

sustituyendo en la ec. (18) :

$$AP_s = 0.050 \text{ psi}$$

ESPECIFICACIONES DEL CALENTADOR [E - 304]

Intercambiador de haz y coraza para calentamiento de agua .

Area total = 102 ft²

Arreglo : (1 - 2)

Tubos :

52 tubos

L = 10 ft

O = 3/4" , 16 BWG

Pitch = cuadrado 1 "

di = 0.62 "

at = 0.302 " .

Coraza :

B = 5

Ds = 10 "

Cilindro de Reflujo de Volátiles [V - 302]

$$V = 25 \text{ gal.} = 3.4 \text{ ft}^3$$

$$D = 1.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$\text{sustituyendo : } A = 0.785 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$\text{sustituyendo : } L = 4.33 \text{ ft ajustando a } 4.5 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 5.0 \quad \dots (3)$$

$$\text{sustituyendo : } L / D = 4.5$$

$$\text{Presión de operación : } 103 \text{ lb / in}^2$$

$$\text{Presión de diseño = } 133 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

$$\text{Material : Monel R-404} \quad S = 61,300 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.35 "$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.36 " = 3/8 "$$

$$\text{Vol. corregido} = \pi * R^2 * L = 3.53 \text{ ft}^3$$

b) Tapas Elípticas :

Utilizando la ecuación (5.a) :

$$t = [(P D K) / (2 S E - 0.2 P)] + \text{C.P.} \quad \dots (5.a)$$

$$\text{en donde :} \quad K = 1/6 * [2 + (D / 2h)^2]$$

$$\text{Material : Monel R-404} \quad S = 61,300 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 85.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.35 "$$

$$K = 1/6 * [2 + (66 / (2*(16.5))^2] = 1.0 , \text{ sust. en (5.a)}$$

$$t = 0.37 \text{ " } = 3/8 \text{ "}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (6.a) :

$$V = (\pi * D^3) / 24 = \pi * (1.0)^3 = 0.13 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = 3.53 + 2 (0.13) = 3.79 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL CILINDRO DE REFLUJO [V - 302] :

Cilindro : horizontal.

a) Envolvente :

$$V = 3.53 \text{ ft}^3$$

$$D = 1.0 \text{ ft}$$

$$L = 4.5 \text{ ft}$$

$$t = 0.36 \text{ " } = 3/8 \text{ " comercial}$$

Material : Monel R-404

b) Tapas de fondo y domo : Elípticas

$$D = 1.0 \text{ ft}$$

$$t = 3/8 \text{ "}$$

Material : Monel R-404

$$V = 0.13 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

$$\text{Vol. total} = 3.79 \text{ ft}^3$$

$$\% \text{ de llenado} = 95 \%$$

Tanque de almacenamiento de Glicol [T-304]

$$V = 500 \text{ gal.} = 67 \text{ ft}^3$$

$$D = 3.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$\text{sustituyendo : } A = 7.07 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$\text{sustituyendo : } L = 9.48 \text{ ft} \text{ ajustando a } 10 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

$$\text{sustituyendo : } L / D = 3.33$$

$$\text{Presión de operación : } 14.7 \text{ lb / in}^2$$

$$\text{Presión de diseño = } 45 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

$$\text{Material : acero al carbon S 285 "C" } \quad S = 13,700 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.17"$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.20" = 1/4 "$$

$$V = 11 * R^2 * L = 11 * (1.5)^2 * 10 = 70.7 \text{ ft}^3$$

b) Tapas de fondo y domo : Standard

De la tabla 5.6 , ref. [25] , tenemos :

$$D = 3.0 \text{ ft} = 90 \text{ in.}$$

$$t = 1/4 "$$

$$sf = 1 \ 1/2 = 2 \ 1/2$$

$$icr = 3/4"$$

$$V = 0.05 D^3 + 1.65 t D^2 = 2.22 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol total} = 70.7 + 2 (2.22) = 75.14 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GLICOL (T-304)

a) Envolvente :

V = 70.7 ft³
D = 3.0 ft
L = 10.0 ft
t = 0.20" = 1/4" comercial
Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapas de fondo y domo : Standard

D = 3.0 ft
t = 1/4"
sf = 1 1/2" - 2 1/2"
icr = 3/4"
V = 2.22 ft³ c/u.
Material : A.C. A-283 "C"

Vol. total = 75.14 ft³

Tanque de almacenamiento de Metanol [T-306]

Volumen de almacenamiento para 14 días.

$$V = 5244 \text{ gal.} = 700 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

sustituyendo : $A = 33.18 \text{ ft}^2$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

sustituyendo : $L = 21.13 \text{ ft}$ ajustando a 22 ft

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

sustituyendo : $L / D = 3.38$

Presión de operación : atmosférica

$$\text{Presión hidrostática} = [L * \rho] = \dots (4)$$

$$\text{P.h.} = 7.55 \text{ lb} / \text{in}^2$$

$$\text{Presión de diseño} = 17.5 \text{ lb} / \text{in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envolvente :

Material : acero al carbón S 285 "C" $S = 13,700 \text{ lb/in}^2$

$E = 100.00 \%$ C.P. = 0.25 "

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.30" = 5/16 "$$

b) Tapa de fondo : Standard sin curvatura

De la tabla S.4 . ref. [25] , tenemos :

$$D = 6.5 \text{ ft} = 78 \text{ in.}$$

$$t = 5/16 "$$

$$sf = 1 \frac{1}{2} - 3$$

$$icr = 15/16 "$$

c) Techo cónico :

Sustituyendo en la ecuación (9.a) :

$$\sin \theta = 0.60$$

$$\theta = 37.07 = 37^\circ$$

De la ecuación (11.a) :

$$\Delta = 90 - 37.07 = 52.93 = 53^\circ$$

De la ecuación (10.a) :

$$r = 5.39 \text{ ft}$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE METANOL [T-306]

a) Envolvente :

$$V = 700 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$L = 22.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.30 \text{ " } = 5/16 \text{ " comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapa de fondo : Standard sin curvatura

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$t = 5/16 \text{ "}$$

$$sf = 1 \frac{1}{2} \text{ " } - 3 \text{ "}$$

$$icr = 15/16 \text{ "}$$

Material : A.C. A-283 "C"

c) Techo cónico :

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$t = 5/16 \text{ "}$$

$$r = 5.39 \text{ ft}$$

$$\theta = 37^\circ$$

$$\Delta = 53^\circ$$

Tanque receptor del complejo [T-302]

Cilindro : Horizontal

$$V = 1051 \text{ gal.} = 140.5 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

sustituyendo : $A = 12.57 \text{ ft}^2$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

sustituyendo : $L = 11.18 \text{ ft}$ ajustando a 12 ft

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

sustituyendo : $L / D = 3.0$

Presión de operación : 14.7 lb / in²

Presión de diseño = P.op. + 10 lb / in² \quad \dots (4)

Presión de diseño = 25.0 lb / in²

CALCULO DE ESPESORES

a) Envolvente :

Material : acero al carbón S-285 "C" \quad S = 13,700 lb/in²

E = 100.00 % \quad C.P. = 0.35 "

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.39 \text{ " } = 1/2 \text{ "}$$

$$\text{Vol. corr.} = \pi * R^2 * L = \pi * (2)^2 * 12 = 150.8 \text{ ft}^3$$

b) Tapa de fondo : Standard

De la tabla 5.6 , ref. [25] , tenemos :

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$t = 1/2 \text{ "}$$

$$sf = 1 \ 1/2 \text{ " } - 3 \ 1/2 \text{ "}$$

$$icr = 1 \ 1/2 \text{ "}$$

$$V = 0.05 D^3 + 1.65 t D = 7430.4 \text{ in}^3 = 4.3 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE RECIBIDOR DE COMPLEJO [T-302]

a) Envolvente :

Cilindro : horizontal

V = 150.8 ft³

D = 4.0 ft

L = 12.0 ft

t = 0.39 " = 1/2 " comercial

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapa de fondo : Standard

D = 4.0 ft

t = 1/2 "

sf = 1 1/2" - 3 1/2"

icr = 1 1/2 "

V = 4.3 ft³ c/u.

Material : A.C. A-283 "C"

Vol. total = 159.4 ft³

% de llenado : 88 %

Recipiente de Lavado [V - 303]

$$V = 1641 \text{ gal.} = 219.4 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$\text{sustituyendo : } A = 15.90 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$\text{sustituyendo : } L = 13.79 \text{ ft ajustando a } 14 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

$$\text{sustituyendo : } L / D = 3.10$$

$$\text{Presión de operación : } 14.7 \text{ lb / in}^2$$

$$\text{Presión de diseño} = 45 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESESORES

a) **Envolvente :**

Material : acero al carbón S-285 "C"

$$S = 13,700 \text{ lb/in}^2 \quad E = 100.00 \% \quad C.P. = 0.35 "$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.44 " = 1/2 "$$

$$\text{Vol. corregido} = \pi * R^2 * L = 222.66 \text{ ft}^3$$

b) **Tapas Toriesféricas :**

De la tabla 5.7 ref. [25] , tenemos :

$$D = 4.5 \text{ ft} ; \quad r = 48 " ; \quad icr = 3 \frac{1}{4} "$$

$$S = 27,500 \text{ lb / in}^2 \quad E = 85.00 \%$$

$$M = 1.71 \quad , \text{ sustituyendo en (3.a) :}$$

$$t = 0.43 " = 1/2 "$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (4.a) :

$$V = 7.72 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = 222.66 + 2 (7.72) = 238 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel del Líquido} = 13.3 \text{ ft}$$

ESPECIFICACIONES DEL RECIPIENTE DE LAVADO [V-303]

a) Envolvente :

$$V = 222.66 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.5 \text{ ft}$$

$$L = 14.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.44 \text{ " } = 1/2 \text{ " comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapas : Torresféricas

$$D = 4.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/2 \text{ "}$$

$$r = 48 \text{ "}$$

$$\text{icr} = 3 \text{ } 1/4 \text{ "}$$

$$V = 7.72 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

Material : A.C. A-283 "C"

$$\text{Vol. total} = 238 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel del líquido} = 13.3 \text{ ft}$$

Cilindro de Reflujo del Rec. de Lavado [V - 304]

Cilindro : horizontal.

$$V = 25 \text{ gal.} = 3.4 \text{ ft}^3$$

$$D = 1.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

sustituyendo : $A = 0.785 \text{ ft}^2$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

sustituyendo : $L = 4.33 \text{ ft}$ ajustando a 4.5 ft

$$2.5 < L / D < 5.0 \quad \dots (3)$$

sustituyendo : $L / D = 4.5$

Presión de operación : 103 lb / in²

Presión de diseño = 133 lb / in²

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Material : Monel R-404 S = 61,300 lb/in²

E = 100.00 % C.P. = 0.35 "

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.36 \text{ " } = 3/8 \text{ "}$$

$$\text{Vol. corregido} = \pi * R^2 * L = 3.53 \text{ ft}^3$$

b) Tapas Elípticas :

Utilizando la ecuación (5.a) :

$$t = [(P D K) / (2 S E - 0.2 P)] + C.P. \quad \dots (5.a)$$

en donde : K = 1/6 * [2 + (D / 2h)²]

Material : Monel R-404 S = 61,300 lb/in²

$$E = 85.00 \%$$

$$C.P. = 0.35 \text{ "}$$

$$K = 1/6 * [2 + (66 / (2*16.5))^2] = 1.0 \text{ , sust. en (5.a) :}$$

$$t = 0.37 \text{ " } = 3/8 \text{ "}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (6.a) :

$$V = (\pi * D^3) / 24 = 11 * (1.0)^3 = 0.13 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = 3.53 + 2 (0.13) = 3.79 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL CILINDRO DE REFLUJO [V - 304] :

Cilindro : horizontal.

a) Envolvente :

$$V = 3.53 \text{ ft}^3$$

$$D = 1.0 \text{ ft}$$

$$L = 4.5 \text{ ft}$$

$$t = 0.36 \text{ " } = 3/8 \text{ " comercial}$$

Material : Monel R-404

b) Tapas de fondo y domo : Elípticas

$$D = 1.0 \text{ ft}$$

$$t = 3/8 \text{ "}$$

Material : Monel R-404

$$V = 0.13 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

$$\text{Vol. total} = 3.79 \text{ ft}^3$$

$$\% \text{ de llenado} = 95 \%$$

Tanque receptor de Metanol [T-303]

Cilindro : Horizontal

$$V = 1257 \text{ gal.} = 168 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

sustituyendo : $A = 12.57 \text{ ft}^2$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

sustituyendo : $L = 13.38 \text{ ft}$ ajustando a 14 ft

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

sustituyendo : $L / D = 3.50$

Presión de operación : 14.7 lb / in²

$$\text{Presión de diseño} = P.\text{op.} + 10 \text{ lb / in}^2 \quad \dots (4)$$

$$\text{Presión de diseño} = 25.0 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envolvente :

Material : acero al carbono S-285 "C" $S = 13,700 \text{ lb/in}^2$

$E = 100.00 \%$ $C.P. = 0.25 "$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.29 " = 5/16 "$$

$$\text{Vol. corr.} = \pi * R^2 * L = \pi * (2)^2 * 14 = 175.93 \text{ ft}^3$$

b) Tapa de fondo : Standard

De la tabla 5.6 , ref. [25] , tenemos :

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$t = 5/16 "$$

$$sf = 1 \frac{1}{2} " - 3 "$$

$$icr = 15/16 "$$

$$V = 0.005 D^3 + 1.65 t D^2 = 6708.1 \text{ in}^3 = 3.89 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE RECIBIDOR DE METANOL [T-303]

a) Envolvente :

Cilindro : horizontal

V = 175.9 ft³

D = 4.0 ft

L = 14.0 ft

t = 0.29 " = 5/16 " comercial

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapa de fondo : Standard

D = 4.0 ft

t = 5/16 "

sf = 1 1/2" - 3"

icr = 15/16 "

V = 3.89 ft³ c/u.

Material : A.C. A-283 "C"

Vol. total = 183.7 ft³

% de llenado : 91.5 %

Tanque contenedor de Agua de Lavado [T-301]

Cilindro : Horizontal

$$V = 2329 \text{ gal.} = 311.5 \text{ ft}^3$$

$$D = 5.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

sustituyendo : $A = 19.63 \text{ ft}^2$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

sustituyendo : $L = 15.8 \text{ ft}$ ajustando a 16 ft.

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

sustituyendo : $L / D = 3.20$

Presión de operación : 14.7 lb / in²

$$\text{Presión de diseño} = P_{op.} + 10 \text{ lb / in}^2 \quad \dots (4)$$

$$\text{Presión de diseño} = 25.0 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envolvente :

$$\text{Material : acero al carbon S-285 "C"} \quad S = 13,700 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.25 "$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.30 " = 5/16 "$$

$$\text{Vol. corr.} = \pi * R^2 * L = \pi * (2.5)^2 * 16 = 314.16 \text{ ft}^3$$

b) Tapa de fondo : Standard

De la tabla 5.6 , ref. [25] , tenemos :

$$D = 5.0 \text{ ft}$$

$$t = 5/16 "$$

$$sf = 1 \frac{1}{2} " - 3 "$$

$$icr = 15/16 "$$

$$V = 0.005 D^3 + 1.45 t D^2 = 12641.4 \text{ in}^3 = 7.33 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE CONTENEDOR DE AGUA DE LAVADO [T-301]

a) Envolvente :

Cilindro : horizontal

$$V = 314.16 \text{ ft}^3$$

$$D = 5.0 \text{ ft}$$

$$L = 16.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.30 \text{ " } = 5/16 \text{ " comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapa de fondo : Standard

$$D = 5.0 \text{ ft}$$

$$t = 5/16 \text{ "}$$

$$sf = 1 \frac{1}{2} \text{ " } - 3 \text{ "}$$

$$icr = 15/16 \text{ "}$$

$$V = 7.33 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

Material : A.C. A-283 "C"

$$\text{Vol. total} = 328.8 \text{ ft}^3$$

% de llenado : 95 %

SECCION DE AMINACION

La última fase para la producción de resinas aniónicas es la aminación. En esta sección se siguen dos procesos dependiendo si se quiere resinas de base fuerte ó de base débil.

En este caso se presenta el Balance de Materia y el Predimensionamiento para la producción de Resinas Fuertemente Aniónicas (tipo 2). La capacidad de producción de esta sección es de 840 Ton/año (5607 lb/día), la eficiencia de reacción es de 100% .

Las materias primas necesarias para la aminación son:
Las perlas clorometiladas de St-DVB, Dimetiletanolamina, Metilal, Acido Clorhídrico y Agua .

A continuación se presenta el Balance de Materia para la sección de Aminación :

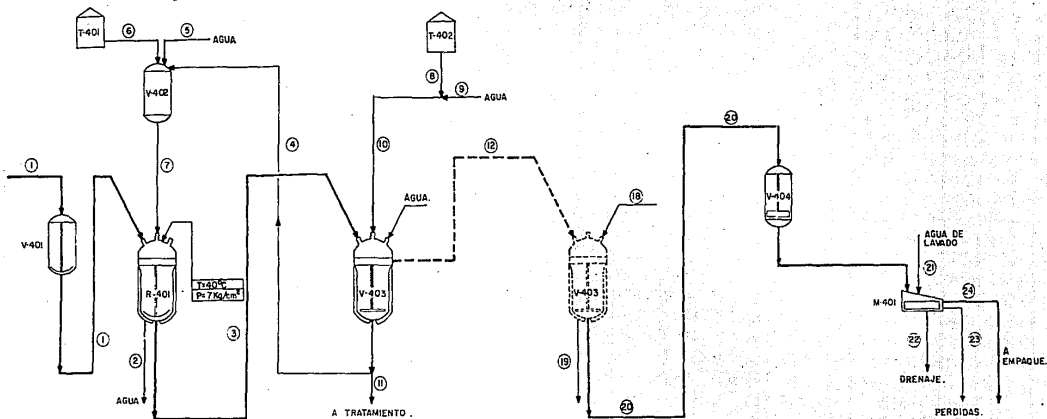
[5607 lb / batch] ; [1 batch / día]

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
P. cloromet.	4153	---	---	---	---
Agua	6165	6165	12947	6193	6754
DMEA	---	---	1541	740	---
Ac. Clorhídrico	---	---	---	---	---
Amina clorada	---	---	---	---	---
P. aminadas	---	---	6053	---	---
	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
P. cloromet.	---	---	---	---	---
Agua	---	12947	1693	14039	15732
DMEA	2701	3441	---	---	---
Ac. Clorhídrico	---	---	656	---	656
Amina clorada	---	---	---	---	---
P. aminadas	---	---	---	---	---
	[11]	[12]	[18]	[19]	[20]
P. cloromet.	---	---	---	---	---
Agua	15390	7095	81939	65551	23483
DMEA	---	---	---	---	---
Ac. Clorhídrico	224	101	---	101	---
Amina clorada	773	359	---	353	6
P. aminadas	---	---	---	---	6053

	[21]	[22]	[23]	[24]
P. cloromet.	----	----	----	----
Agua	3223	19879	477	6350
DMEA	----	----	----	----
Ac. Clorhidrico	----	----	----	----
Amina clorada	----	6	----	----
P. aminadas	----	----	446	5607

Nota :

A partir del lavado con agua (C-18) se debe tomar en cuenta que las cantidades expresadas en el balance para el agua, son las necesarias en cada batch , por lo que hay que dividir el flujo entre el número de lavados (3).



BALANCE DE MATERIA (lb / batch.) CAPACIDAD = 840 Ton/Año; $f = 0.9$; $f = 1.0$

REACTIVOS	CORRIENTES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)
COPOLIMERO CLOROMETILADO.		4153			6193	6756		12947	1693	14039	15142	15390	7095	81939	65551						23483	3223	19872	477	6350
AGUA.		6765	6165	12947	740		2701	3441																	
DIMETIL ETANOL AMINA.				1841																					
FÓSDO CLORHIDRICO.										656	656	224	101		101										
AMINA CLORADA.											773	359		353							6		6		
PERLAS AMINADAS.				6055																	6053			446	5607

TESIS PROFESIONAL | 1988

DIAGRAMA DE FLUJO Y BALANCE DE
MATERIA PARA EL PROCESO DE
AMINACION.

AGUIRRE PORTILLO MARTHA E. / FAC. QUIMICA
UNAM.

Tanque de almacenamiento de Dimetiletanolamina [T-401]

Volumen para 14 días de almacenamiento.

$$V = 5098.8 \text{ gal.} = 681.8 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

sustituyendo : $A = 33.10 \text{ ft}^2$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

sustituyendo : $L = 20.55 \text{ ft}$ ajustada a 22 ft

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

sustituyendo : $L / D = 3.38$

Presión de operación : atmosférica

$$\text{Presión hidrostática} = [L * \rho] = \dots (4)$$

$$\text{P.h.} = 8.5 \text{ lb / in}^2$$

$$\text{Presión de diseño} = 18.5 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

$$\text{Material : acero al carbón S-285 "C"} \quad S = 13,700 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.17$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.24" = 1/4 "$$

b) Tapa de fondo : Standard sin curvatura

De la tabla 5.4 , ref. [25] , tenemos :

$$D = 6.5 \text{ ft} = 78 \text{ in.}$$

$$t = 1/4 "$$

$$sf = 1 \ 1/2 - 2 \ 1/2 "$$

$$icr = 3/4 "$$

c) Techo cónico :

Sustituyendo en la ecuación (9.a) :

$$\sin \theta = 0.75$$

$$\theta = 48.9 = 49^\circ$$

De la ecuación (11.a) :

$$\alpha = 90 - 48.9 = 41.1 = 41^\circ$$

De la ecuación (10.a) :

$$r = 4.31 \text{ ft}$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DMEA [T-401]

a) Envolvente :

$$V = 730.0 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$L = 22.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.24" = 1/4" \text{ comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapa de fondo : Standard sin curvatura

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/4"$$

$$sf = 1 \ 1/2" - 2 \ 1/2"$$

$$icr = 3/4"$$

Material : A.C. A-283 "C"

c) Techo cónico :

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/4 \text{ "}$$

$$r = 4.3 \text{ ft}$$

$$\theta = 49^\circ$$

$$\alpha = 41^\circ$$

Tanque de dilución de amina [V-402]

$$V = 1175.7 \text{ gal.} = 157.2 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$\text{sustituyendo : } A = 12.57 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$\text{sustituyendo : } L = 12.5 \text{ ft ajustada a } 13 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

$$\text{sustituyendo : } L / D = 3.25$$

$$\text{Presión de operación : } 14.7 \text{ lb / in}^2$$

$$\text{Presión de diseño = } 25 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envolvente :

$$\text{Material : acero al carbón S-285 "C"} \quad S = 13,700 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.20$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.24" = 1/4 "$$

$$\text{Vol. corregido} = \pi * R^2 * L = 163.36 \text{ ft}^3$$

b) Tapas Toriesféricas :

De la tabla 5.7 ref. [25] , tenemos :

$$D = 4.0 \text{ ft} ; \quad r = 48 " ; \quad icr = 3 "$$

$$\text{Material : acero al carbón A-283 "C"} \quad S = 27,500 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 85.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.20$$

M = 1.75 , sust. en (3.a):

$$t = 0.24 " = 1/4 "$$

Calculando el Volumen de la cabeza, ec. (4.a) :

$$V = 5.42 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = 163.36 + 2 (5.42) = 174.2 \text{ ft}^3$$

Nivel del Líquido = 12 ft

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE DILUCION DE AMINA [V-402]

a) Envolvente :

$$V = 163.36 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$L = 13.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.24" = 1/4" \text{ comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C"

b) Tapas : Toriesféricas

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$r = 48 \text{ "}$$

$$icr = 3 \text{ "}$$

$$t = 1/4 \text{ "}$$

$$V = 5.42 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

Material : A.C. A-283 "C"

Tanque de agitación de perlas [V-401]

$V = 1166.5 \text{ gal.} = 156 \text{ ft}^3 + 10 \% \text{ por agitación} = 171.5 \text{ ft}^3$

$D = 4.0 \text{ ft}$

$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$

sustituyendo : $A = 12.57 \text{ ft}^2$

$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$

sustituyendo : $L = 13.65 \text{ ft}$ ajustada a 14 ft

$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$

sustituyendo : $L / D = 3.5$

Presión de operación : $14.7 \text{ lb} / \text{in}^2$

Presión de diseño = $25 \text{ lb} / \text{in}^2$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Material : acero inoxidable 304 $S = 84,000 \text{ lb/in}^2$

$E = 100.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.25''$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$t = 0.36'' = 3/8''$

Vol.corregido = $\pi * R^2 * L = 176 \text{ ft}^3$

b) Tapas Toriesféricas :

De la tabla 5.7 ref. [25] , tenemos :

$D = 4.0 \text{ ft} ; \quad r = 48'' ; \quad \text{icr} = 3''$

Material : acero inoxidable 304 $S = 84,000 \text{ lb/in}^2$

$E = 85.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.20''$

$M = 1.75$, sust. en (3.a):

$t = 0.22'' = 1/4''$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (4.a) :

$$V = 5.42 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = 176 + 2 (5.42) = 186.84 \text{ ft}^3$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE AGITACION DE PERLAS [V-401]

a) Envolvente :

$$V = 176 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$L = 14.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.36" = 3/8" \text{ comercial}$$

Material : Acero Inoxidable 304

b) Lapas : Esfericas

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$r = 48 \text{ "}$$

$$\text{icr} = 3 \text{ "}$$

$$t = 1/4 \text{ "}$$

$$V = 5.42 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

Material : Acero Inoxidable 304

$$\text{Vol. total} = 186.84 \text{ ft}^3$$

Reactor de Aminación [R - 401]

$$V = 2445.3 \text{ gal.} = 327 \text{ ft}^3 + 10 \% \text{ sobrediseño} = 360 \text{ ft}^3$$

$$D = 7.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$\text{sustituyendo : } A = 34.48 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$\text{sustituyendo : } L = 9.35 \text{ ft ajustando a } 10 \text{ ft}$$

$$\text{Diámetro aprox.} = \text{Nivel del Líquido} \quad \text{ref. [27]}$$

$$L / D = 1.43$$

$$\text{Presión de operación : } 103 \text{ lb / in}^2$$

$$\text{Presión de diseño} = 133 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envolverte :

$$\text{Material : acero inoxidable} \quad S = 84,000 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 100.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.35 "$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.42 " = 1/2 "$$

$$\text{Vol. corregido} = \pi * R^2 * L = 384.85 \text{ ft}^3$$

b) Tapas Elípticas :

$$\text{Material : acero inoxidable} \quad S = 84,000 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 85.00 \% \quad \text{C.P.} = 0.35 "$$

$$h = 22.5 \quad k = 1.0$$

sustituyendo en la ecuación (5.a) :

$$t = 0.43 " = 1/2 " \text{ comercial}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (6.a) :

$$V = 44.90 \text{ ft}^3$$

$$V \text{ tot.} = V. \text{ env.} + V. \text{ tapas} = 384.85 + 2(44.9) = 474.65 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel de líquido} = \frac{V_{\text{real}} - V \text{ tapa}}{\pi * R^2} = \frac{327 - 44.9}{\pi * (3.5)^2} = 7.5 \text{ ft}$$

D. aprox. = N.L. ---- BIEN

Cálculo de la chaqueta del reactor :

Díametro de chaqueta = Diam. tanque + 6 pulgadas ref. [27]

$$\text{Diam. chaq.} = 84 \text{ " } + 6 \text{ " } = 90 \text{ " } = 7.5 \text{ ft}$$

Altura chaqueta = nivel del líquido ; $L_c = 7.5 \text{ ft}$

Tapa fondo de chaqueta = elíptica : 7.5 ft

ESPECIFICACIONES DEL REACTOR DE AMINACION [R-401] :

a) Envolvente :

$$V = 384.8 \text{ ft}^3$$

$$D = 7.0 \text{ ft}$$

$$L = 10.0 \text{ ft}$$

$$P \text{ op.} = 103 \text{ lb/in}^2 ; \quad P \text{ dis.} = 133.0 \text{ lb/in}^2$$

$$t = 0.42 \text{ " } = 1/2 \text{ " comercial}$$

Material : Acero Inoxidable 304

b) Tapas de fondo y domo : Elípticas

$$D = 7.0 \text{ ft}$$

$$t = 1/2 \text{ "}$$

Material : Acero Inoxidable

$$V = 45 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

$$\text{Vol. total} = 474.65 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel aprox. líquido} = 7.5 \text{ ft.}$$

c) Chaqueta :

$$D = 7.5 \text{ ft}$$

$$L_c = 7.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/2 \text{ " } ; \quad \text{Tapa elíptica}$$

Recipiente de Lavado [V - 403]

$$V = 4000 \text{ gal.} = 534.72 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$\text{sustituyendo : } A = 33.18 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$\text{sustituyendo : } L = 16.12 \text{ ft ajustando a } 17 \text{ ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

$$\text{sustituyendo : } L / D = 2.62$$

$$\text{Presión de operación : } 14.7 \text{ lb / in}^2$$

$$\text{Presión de diseño = } 45 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Material : acero al carbón S-285 "C" recubierto de vidrio.

$$S = 13,700 \text{ lb/in}^2 \quad E = 100.00 \% \quad C.P. = 0.35 "$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.42 \text{ " } = 1/2 \text{ "}$$

$$\text{Vol. corregido} = \pi * R^2 * L = 564.11 \text{ ft}^3$$

b) Tapas Toriesféricas :

De la tabla 5.7 ref. [25] , tenemos :

$$D = 6.5 \text{ ft} \quad ; \quad r = 72 \text{ " } \quad ; \quad icr = 4 \text{ } 3/4 \text{ "}$$

$$S = 27,500 \text{ lb / in}^2 \quad E = 85.00 \%$$

$$M = 1.72 \quad , \text{ sustituyendo en (3.a) :}$$

$$t = 0.43 \text{ " } = 1/2 \text{ "}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (4.a) :

$$V = 23.25 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = 564.11 + 2 (23.25) = 610.62 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel del Líquido} = 15 \text{ ft}$$

ESPECIFICACIONES DEL RECIPIENTE DE LAVADO [V-403]

a) Envolvente :

$$V = 564 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$L = 17.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.42 \text{ " } = 1/2 \text{ " comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C" recubierta de vidrio.

b) Tapas : Toriesféricas

$$D = 6.5 \text{ ft}$$

$$t = 1/2 \text{ "}$$

$$r = 72 \text{ "}$$

$$\text{icr} = 4 \text{ } 3/4 \text{ "}$$

$$V = 23.25 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

Material : A.C. A-283 "C"

$$\text{Vol. total} = 610.62 \text{ ft}^3$$

$$\text{Nivel del líquido} = 15 \text{ ft}$$

Tanque de almacenamiento de Ac. Clorhídrico [T-402]

Volumen de almacenamiento para 14 días.

$$V = 1000 \text{ gal.} = 133.68 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

$$\text{sustituyendo : } A = 12.57 \text{ ft}^2$$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

$$\text{sustituyendo : } L = 10.65 \text{ ft ajustada a 11 ft}$$

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

$$\text{sustituyendo : } L / D = 2.75$$

Presión de operación : atmosférica

$$\text{Presión hidrostática} = [L * \rho] = \quad \dots (4)$$

$$P.h. = 6.15 \text{ lb / in}^2$$

$$\text{Presión de diseño} = 16.0 \text{ lb / in}^2$$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Material : acero al carbon S-285 "C" recubierto de hule

$$S = 13,700 \text{ lb/in}^2 ; \quad E = 100.00 \% ; \quad C.P. = 0.35''$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.37'' = 3/8''$$

b) Tapa de fondo : Standard sin curvatura

De la tabla S.4 , ref. [25] , tenemos :

$$D = 4.0 \text{ ft} = 48 \text{ in.}$$

$$t = 3/8''$$

$$sf = 1 1/2'' - 3''$$

$$icr = 1 1/8''$$

c) Techo cónico :

Sustituyendo en la ecuación (9.a) :

$$\sin \theta = 0.31$$

$$\theta = 17.76 = 189$$

De la ecuación (11.a) :

$$\alpha = 90 - 17.76 = 72.24 = 729$$

De la ecuación (10.a) :

$$r = 6.56 \text{ ft}$$

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HCl [T-402]

a) Evolvente :

$$V = 138.23 \text{ ft}^3$$

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$L = 11.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.37" = 3/8" \text{ comercial}$$

Material : A.C. S-285 "C" recubierto de hule

b) Tapa de fondo : Standard sin curvatura

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$t = 3/8"$$

$$sf = 1 1/2" - 3"$$

$$icr = 1 1/8"$$

Material : A.C. A-783 "C"

c) Techo cónico :

$$D = 4.0 \text{ ft}$$

$$t = 3/8 "$$

$$r = 6.56 \text{ ft}$$

$$\theta = 189$$

$$\alpha = 729$$

Tanque de Agitación [V - 404]

$$V = 3787 \text{ gal.} = 506.25 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.0 \text{ ft}$$

$$A = [\pi * R^2] = \text{ft}^2 \quad \dots (1)$$

sustituyendo : $A = 28.27 \text{ ft}^2$

$$L = [V / A] = \text{ft} \quad \dots (2)$$

sustituyendo : $L = 17.9 \text{ ft}$ ajustando a 18 ft

$$2.5 < L / D < 4.0 \quad \dots (3)$$

sustituyendo : $L / D = 3.0$

Presión de operación : $14.7 \text{ lb} / \text{in}^2$

Presión de diseño = $45 \text{ lb} / \text{in}^2$

CALCULO DE ESPESORES

a) Envoltente :

Material : acero inoxidable 304

$$S = 84,000 \text{ lb/in}^2 \quad E = 100.00 \% \quad C.P. = 0.35 "$$

Sustituyendo en la ecuación (1.a) :

$$t = 0.37 " = 3/8 "$$

$$\text{Vol. corregido} = \pi * R^2 * L = 508.94 \text{ ft}^3$$

b) Tapas Toriesféricas :

De la tabla 5.7 ref. [25] , tenemos :

$$D = 6.0 \text{ ft} \quad ; \quad r = 72 " \quad ; \quad icr = 4 \text{ } 3/8 "$$

$$S = 84,000 \text{ lb} / \text{in}^2 \quad E = 85.00 \%$$

$$M = 1.76 \quad , \text{ sustituyendo en (3.a) :}$$

$$t = 0.39 " = 1/2 " \text{ comercial}$$

Calculando el volumen de la cabeza, ec. (4.a) :

$$V = 18.29 \text{ ft}^3$$

$$\text{Vol. total} = 508.94 + 2 (18.29) = 545.52 \text{ ft}^3$$

Nivel del Líquido = 16 ft

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE AGITACION [V-404]

a) Envolvente :

$$V = 508.94 \text{ ft}^3$$

$$D = 6.0 \text{ ft}$$

$$L = 18.0 \text{ ft}$$

$$t = 0.37 \text{ " } = 3/8 \text{ " comercial}$$

Material : Acero Inoxidable 304

b) Tapas : Torisféricas

$$D = 6.0 \text{ ft}$$

$$t = 1/2 \text{ "}$$

$$r = 72 \text{ "}$$

$$\text{icr} = 4 \text{ } 3/8 \text{ "}$$

$$V = 18.29 \text{ ft}^3 \text{ c/u.}$$

Material : Acero Inoxidable 304

$$\text{Vol. total} = 545.52 \text{ ft}^3$$

Nivel del líquido = 16 ft

Centrífuga [M - 401]

(1) FASE LIQUIDA :

Temperatura.....	259C (789F)
Viscosidad a la temperatura de operación	0.89-1.0 cp.
Densidad a la temperatura de operación	0.997 g/ml.
Presión de vapor a la temperatura de operación ...	17.5-28.8 mmHg
Corrosión	baja
Toxicidad	no

(2) FASE SOLIDA :

Tamaño de partícula	0.25 - 1.1 mm
Características de partícula	esférica
Degradación de tamaño	no
Concentración de sólidos en la alimentación	20.49 % aprox.
Densidad de partículas	1.17 Kg / lt 72.97 lb/ft ³
Contenido de licor madre retenido	53 % aprox.
Requerimientos de lavado	sí

(3) CANTIDAD DE MATERIAL MANEJADO POR BATCH :

Sólidos	6053 lb
Líquidos	26661 lb

Tabla I : " Características del equipo de separación "
ref. [16]

De acuerdo a las características del proceso podemos seleccionar previamente dos tipos de centrífuga que se describen a continuación :

TIPO : Sedimentador centrífugo de descarga de sólidos.
MEC. SEPARACION DEL LIQUIDO : Sedimentación centrífuga.
MEC. ELIMINACION DEL AGUA : Compactamiento centrífugo y desague.
MEC. DESCARGA DE SOLIDOS : Descarga con gusano helicoidal.

TIPO : Sedimentador / filtro centrífugo.
MEC. SEPARACION DEL LIQUIDO : Sedimentación centrífuga.
MEC. ELIMINACION DEL AGUA : Desague centrífugo en un lecho dinámico de filtro.
MEC. DESCARGA DE SOLIDOS : Descarga con gusano helicoidal.

Tabla II: " Características de operación de las centrifugas " ref. [16]

- Dependencia sobre el tamaño medio de partícula en la alimentación de sólidos :
4,5,6,7,8
- Dependencia sobre el tamaño de partícula en la alimentación :
1,2,3,7
- Límite mínimo de tamaño capaz de manejar :
Todas
- Dependencia de la forma de la partícula sólida en la alimentación :
4,5,6,7,8
- Dependencia de la densidad entre sólidos y licor en la alimentación :
Todas
- Concentración mínima de sólidos que puede manejar la centrifuga en la alimentación :
Todas
- Dependencia del funcionamiento sobre la concentración de sólidos a alimentación constante :
1,6,7,8
- Pérdida de sólidos en el filtrado :
2,7,8
- Contenido de licor en el producto sólido :
5,7
- Límite de pureza del producto sólido :
5,6,7
- Consumo de líquido de lavado :
7,8
- Rompimiento de sólidos :
6,8

Los números anteriores corresponden a los siguientes modelos de centrifugas :

- 1- Filtro centrifugo de descarga manual.
- 2- Filtro centrifugo automático de alta velocidad.
- 3- Filtro centrifugo automático de múltiples velocidades.
- 4- Filtro centrifugo de autodescarga.
- 5- Filtro centrifugo de descarga manual.
- 6- Filtro centrifugo de tornillo helicoidal.
- 7- Filtro centrifugo de tazón con descarga helicoidal.
- 8- Filtro / sedimentador centrifugo de descarga helicoidal.

De acuerdo a los resultados de las tablas anteriores, hay dos tipos de centrifuga que cumplen con mayor efectividad los requerimientos del proceso y son :

- 1- Filtro centrifugo de tazón con descarga helicoidal.
- 2- Filtro / sedimentador centrifugo de descarga helicoidal.

ESPECIFICACIONES DE LA CENTRIFUGA [M - 101]

Sedimentador de tazón de descarga helicoidal 6
Filtro / sedimentador de descarga helicoidal.

Diámetro = 36 "

Capacidad de manejo de sólidos = $1.4 \text{ ft}^3 / \text{min}$

Potencia = 60 Hp

Peso = 12,000 lb

Máquina Empacadora [M -402]

Material : Acero al Carbon

Capacidad : 2550 Kg / día

LOCALIZACION DE LA PLANTA

Para proponer un sitio de localización de una planta industrial se deben tomar en cuenta diversos factores como :

- Abastecimiento de Materia Prima
- Mercado de Consumo
- Suministro de Servicios
- Descentralización

De acuerdo al estudio de mercado realizado podemos señalar que :

1) Las industrias productoras de la materia prima necesaria se encuentran localizadas en el Estado de México y Veracruz.

2) El mercado de consumo de las resinas aniónicas es muy amplio, ya que comprende todo tipo de industrias de transformación, de alimentos y químicas principalmente, por lo que la región a cubrir comprende gran parte del territorio nacional. Sin embargo las zonas industriales más fuertes son el Distrito Federal, el Estado de México, Nuevo León, Jalisco y Veracruz.

El proyecto contempla la exportación de resinas a los países de Centro y algunos de Sudamérica.

Se propone localizar la planta en el Parque Industrial de la cd. de Lerma, Edo. México con el propósito de tener acceso a los servicios necesarios para el buen funcionamiento de la planta, así como estar cerca del suministro de materia prima y las principales regiones de consumo del producto.

ESTUDIO

ECONOMICO Y FINANCIERO

ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIERO

El presente capítulo tiene como objeto presentar el estudio de inversión de la planta propuesta, el costo de manufactura del producto, y las proyecciones financieras del proyecto para un lapso de 10 años.

Para ello se tomarán como base los costos del equipo propuesto y el capital de trabajo necesario para la producción anual de Resinas Aniónicas.

A continuación se presentan los costos del equipo para las tres secciones del proceso. refs. [8] , [18] , [21] y [23] .

Materiales y especificaciones :

- (a) - Acero al Carbón
- (b) - Acero Inoxidable
- (c) - Recubierto de vidrio
- (d) - Presurizado
- (e) - Aluminio
- (f) - Monel
- (g) - Recubierto de hule
- (1) - Tubos
- (2) - Coraza

* El precio de los equipos se convirtió de U.S. Dls a Moneda Nacional, a un tipo de cambio de \$ 2330.00 pesos = 1 dólar.

SECCION DE COPOLIMERIZACION

CLAVE	EQUIPO	CAPACIDAD	PRECIO (M.N.)
T-101	Tanque de alm. de St. (a)	7000 gal.	37'909,100.00
T-102	Tanque de alm. de DVB (a)	2500 gal.	19'778,158.40
R-101	Reactor de copolim. (c-d)	2000 gal.	148'932,668.00
V-100	T. mezclado monómeros (a-d)	600 gal.	18'459,658.00
V-103	T. de alm. centrífuga (a-d)	1450 gal.	30'256,890.70
V-104	T. alm. perlas mayores (a)	330 gal.	6'592,735.00
V-105	T. alm. perlas menores (a)	400 gal.	7'252,008.50
V-106	Silo perlas de proceso (e)	5400 gal.	35'435,898.20
M-101	Centrífuga (b)	0=24 25Hp	148'932,668.00
M-102	Secador rotatorio (a)	1000 ft ²	486'587,460.60
M-103	Separador ciclonico (b)	3000 ft ³ /min	13'270,561.60
M-104	Criba vibradora (a)	3x6ft 3Hp	19'030,275.00
M-105	Transportador neumático (b)	5.3 Hp	28'131,721.00
M-106	Alimentador rotatorio (b)	12in 1/3Hp	28'959,127.30
TOTAL :			1029'528,930.00

SECCION DE CLOROMETILACION

CLAVE	EQUIPO	CAPACIDAD	PRECIO (M.N.)
T-301	Cont. de agua de lavado (c)	2460 gal.	43'004,017.80
T-302	T. recibidor complejo (c)	1200 gal.	23'580,998.00
T-303	T. recibidor de metanol (c)	1375 gal.	24'822,119.10
T-304	T. de solución de glicol (a-d)	550 gal.	13'269,350.00
T-305	T. med. de clor. tionilo (c)	775 gal.	18'431,348.50
T-306	T. de alm. de metanol (a)	5250 gal.	42'760,719.20
R-301	Reactor clorometilación (c-d)	4150 gal.	281'177,223.60
V-302	Cilindro de reflujo (f)	28 gal.	14'339,588.90
V-303	Recipiente de lavado (a-d)	1780 gal.	31'333,280.80
V-304	Cilindro de reflujo (f)	28 gal.	18'640,000.00
V-305	T. alm. de clor. tionilo (c)	5300 gal.	74'466,334.00
V-306	T. alm. de metilal (a)	13000 gal.	57'918,254.60
E-301	Condensador de reflujo (1f-2a)	40 ft ²	5'964,800.00
E-302	Condensador del lavador (1f-2a)	40 ft ²	5'964,800.00
E-303	Enfriador del reactor (1a-2a)	350 ft ²	35'388,179.10
E-304	Calentador del reactor (1a-2a)	100 ft ²	14'745,074.60
M-301	Unidad dosificadora		
M-302	Alimentador cloruro de zinc t=12" 1/3HP		28'959,127.30
TOTAL :			734'765,215.50

SECCION DE AMINACION

CLAVE	EQUIPO	CAPACIDAD	PRECIO (M.N.)
T-401	T. alm. de DMEA (a)	5100 gal.	29'667,191.00
T-402	T. alm. ac. clorhídrico (g)	1050 gal.	19'857,658.00
T-403	T. alm. de sosa caustica (a)	250 gal.	6'272,360.00
R-401	Reactor de aminación (b-d)	4000 gal.	250'779,694.10
V-401	Tanque de agitación (b-d)	1400 gal.	68'107,204.80
V-402	Tanque dilución de amina (a)	1300 gal.	14'745,078.80
V-403	Recipiente de lavado (c-d)	4600 gal.	148'188,000.00
V-404	Tanque de agitación (c-d)	4100 gal.	112'799,960.00
V-405	Tanque alm. de IMA (a-d)	8000 gal.	46'446,988.90
V-406	Tanque alm. de DMA (a-d)	7500 gal.	44'235,050.00
M-401	Centrifuga (b)	0=36" 60HP	252'358,106.00
M-402	Empacadora de bolsas (a)		43'792,862.60
TOTAL :			1037'250,454.00

Sección de Copolimerización : \$ 1029'528,930.00
 Sección de Clorometilación : \$ 734'765,215.50
 Sección de Aminación : \$ 1037'250,154.00

Costo Total de Equipo : \$2801'544,300.00 M.N.

Para hacer la estimación de Capital de Inversión se utilizarán las refs. [21] y [23].

De acuerdo a la ref. [21] se dividió el equipo total de la planta en dos módulos :

1- Módulo de Proceso :

- a) Tanques
- b) Reactores
- c) Recipientes a presión y
- d) Intercambiadores.

2- Módulo de Manejo de Sólidos :

- a) Centrífugas
- b) Secador rotatorio
- c) Separador ciclónico
- d) Criba vibratoria
- e) Transportador neumático
- f) Alimentadores
- g) Empacadora de bolsas.

El costo de los equipos del Módulo de Procesos asciende a :
\$ 1751'522,391.00 (M.N.)
mientras que el costo de los equipos del Módulo de Manejo de Sólidos asciende a :
\$ 1050'121,909.00 (M.N.)

ESTIMACION DEL CAPITAL FIJO

(1) MÓDULO DE PROCESOS

* COSTOS DIRECTOS :

- Equipo	\$1751'522,396.00
- Instalación del Equipo (39% *) :	\$ 683'093,734.40
- Instrumentación (13% *) :	\$ 227'697,911.50
- Tuberias y accesorios (31% *) :	\$ 542'971,942.80
- Eléctrico (10% *) :	\$ 175'152,239.60
- Edificios , incluye servicios (47% *) :	\$ 823'215,526.10
- Mantenimiento (20% *) :	\$ 350'304,479.20
- Terreno (6% *) :	\$ 105'091,343.80
- Mejoras del terreno (10% *) :	\$ 175'152,239.60
TOTAL :	\$ 4834'201,814.00

*** COSTOS INDIRECTOS :**

- Ingeniería y Supervisión (32% *) :	\$ 560'487,166.70
- Construcción (34% *) :	\$ 595'517,614.60
TOTAL :	\$ 1156'004,781.00

Costos Directos + Costos Indirectos =	\$ 5990'206,596.00
Contingencias (18% @) =	\$ 1078'237,187.00
	\$ 7068'443,783.00

Capital Fijo = C.D. + C.I. + Contingencias

Capital Fijo = \$ 7068'443,783.00

(2) MODULO DE MANEJO DE SOLIDOS

*** COSTOS DIRECTOS :**

- Equipo	\$1050'021,909.40
- Instalación del Equipo (39% *) :	\$ 409'508,544.50
- Instrumentación (9% *) :	\$ 94'501,971.80
- Tuberías y accesorios (16% *) :	\$ 168'003,505.40
- Eléctrico (10% *) :	\$ 105'002,190.90
- Edificios, incluye servicios (40% *) :	\$ 420'008,763.60
- Mantenimiento (20% *) :	\$ 210'004,381.80
- Terreno (6% *) :	\$ 63'001,190.90
- Mejoras del terreno (10% *) :	\$ 105'002,190.90
TOTAL :	\$ 2625'054,773.00

*** COSTOS INDIRECTOS :**

- Ingeniería y Supervisión (32% *) :	\$ 336'007,010.90
- Construcción (34% *) :	\$ 357'007,449.10
TOTAL :	\$ 693'014,460.00

Costos Directos + Costos Indirectos =	\$ 3318'069,233.00
Contingencias (18% @) =	\$ 597'252,461.00
	\$ 3915'321,695.00

Capital Fijo = C.D. + C.I. + Contingencias

Capital Fijo = \$ 3915'321,695.00

Notas :

* Sobre Costo del Equipo

@ Sobre C.D. + C.I.

Capital Fijo Módulo de Proceso :	\$ 7068'443,783.00
Capital Fijo Módulo de Manejo de Sólidos :	\$ 3915'321,695.00

CAPITAL FIJO TOTAL : \$ 10983'765,478.00

ESTIMACION DEL COSTO DE PRODUCCION

Costo de producción = Costos Directos de Producción
+ Cargas Fijas
+ Costos Indirectos de planta

Para una planta con una capacidad de producción de 840 Ton/año, se necesitan las siguientes cantidades de insumos anualmente :

Sección de Copolimerización :

Materia Prima	Cantidad x batch	Cantidad anual	Precio unit. (Dls)	Precio total (M.N.)
Estireno	3704 lb	1'222,320 lb	\$ 0.44 /lb	\$ 1253'122,464.00
DVB	630 lb	207,900 lb	\$ 2.75 /lb	\$ 1332'119,250.00
Alc.Poliv.	11 lb	3,630 lb	\$ 1.05 /lb	\$ 8'880,795.00
P.Benzoilo	44 lb	14,520 lb	\$ 6.98 /lb	\$ 236'144,568.00

Sección de Clorometilación (**) :

Materia Prima	Cantidad x batch	Cantidad anual	Precio unit. (Dls)	Precio total (M.N.)
Metilal	6571 lb	308,937 lb	\$ 2.55 /lb	\$ 1834'955,036.00
C.Tionilo	9339 lb	438,933 lb	\$ 0.55 /lb	\$ 562'492,639.50
Clor.Zinc	1557 lb	73,179 lb	\$ 3.94 /lb	\$ 671'797,855.80
Metanol	4941 lb	271,755 lb	\$ 0.074/lb	\$ 46'919,316.00

(**) - Las cantidades de materia prima que no reaccionan durante este paso del proceso, pueden volverse a ocupar después de regeneradas por lo que el volumen que se necesita comprar es para un equivalente a 47 batch / año .

Sección de Aminación :

Materia Prima	Cantidad x batch	Cantidad anual	Precio unit. (Dls)	Precio total (M.N.)
DMEA (*)	3441 lb	894,660 lb	\$ 1.18 /lb	\$ 2459'778,204.00
AC.Clorh.	656 lb	216,480 lb	\$ 200 /Ton	\$ 452'799,412.00

(*) - Se necesitan el equivalente a 260 batch / año , ya que hay una recuperación de 740 lb / batch .

Tipo de cambio : \$ 2330.00 / dir.

En cuanto a servicios se calcula :

Materia Prima	Cantidad anual	Precio unit. (M.N.)	Precio total (M.N.)
Agua proceso tratada	23,068 m ³	\$ 4345.00 /m ³	\$ 100'230,373.00
Agua enfriam.	24,385 m ³	\$ 145.95 /m ³	\$ 3'461,479.14
Vapor de baja (15-50 psig)	114,240 Ton	\$19,653.00 /Ton	\$ 22'451,587.20
Electricidad	14'280,000 Kw-hr	\$ 129.50 /Kw-hr	\$ 18'492,600.00
Combustible	3,670 /m ³	\$ 183.00 /m ³	\$ 671,610.00

Nota :

Las cantidades de servicios, excepto Agua de Proceso, se estimaron en base al estudio presentado a PEMEX por Rohm & Haas, para la planta de fabricación de Resinas Cationicas.

Costo de producción = Costos Directos de Producción
+ Cargas Fijas
+ Costos Indirectos de planta

(1) COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION :

* Materias Primas :

Sección de Copolimerización	\$ 2830'267,077.00
Sección de Clorometilación	\$ 3166'164,847.00
Sección de Aminación	\$ 2505'577,616.00

	\$ 8452'009,540.00 / año

Costo por Kg de producto : \$ 10,061.92
Costo pr ft³ de producto : \$ 333,307.42

* Servicios :

Agua de Proceso	\$ 100'230,371.70
Agua de enfriamiento	\$ 3'461,479.14
Vapor de baja presión	\$ 22'451,587.20
Electricidad	\$ 18'492,600.00
Combustible (gas natural)	\$ 671,610.00

	\$ 145'307,648.00 / año

Costo por Kg de producto : \$ 172.99
Costo por ft³ de producto : \$ 5730.40

Costo del Producto por materias primas y servicios =

\$ 10234.91 / Kg. = \$ 339,038.64 / ft³

* Mano de Obra (10% ^) :		
\$ 1023.49 / Kg	\$ 33,903.86 / ft ³	
* Supervision (15% #) :		
\$ 153.52 / Kg	\$ 5,085.58 / ft ³	
* Mantenimiento y reparacion (aprox 20% del costo de equipo) :		
\$ 667.03 / Kg	\$ 22,095.94	
* Laboratorio (15% #) :		
\$ 153.52 / Kg	\$ 5,085.58 / ft ³	
* Patentes (3% ^) :		
\$ 307.05 / Kg	\$ 10,171.16 / ft ³	
TOTAL :	\$ 2304.61 / Kg	\$ 76,315.12 / ft ³
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION :		
	\$ 12,539.52 / Kg	\$ 415,353.76 / ft ³

Notas :

^ Sobre Costo del Producto

Sobre Mano de Obra

(2) CARGAS FIJAS :

- Impuestos (2% sobre Capital Fijo) :		
\$ 219'675,309.60	\$ 262.52 / Kg	\$ 8663.04 / ft ³
- Seguros (0.7% sobre Capital Fijo) :		
\$ 76'886,358.85	\$ 91.53 / Kg	\$ 3032.04 / ft ³
- Depreciación (Equipo 10% , Edificios 2.5%) :		
Equipo =	\$ 280'154,430.50	
Edificios =	\$ 31'080,607.24	
	\$ 370.52 / Kg	\$ 12,273.67 / ft ³
TOTAL CARGAS FIJAS :		
\$ 723.57 / Kg	\$ 23,968.64 / ft ³	

(3) COSTOS INDIRECTOS DE PLANTA : Overhead Costs

50 % sobre : Mano de obra + Supervisión + Mantenimiento

TOTAL COSTOS INDIRECTOS DE PLANTA :
\$ 922.02 / kg \$ 30,542.69 / ft³

Costo Total de Produccion = (1) + (2) + (3)

COSTO TOTAL DE PRODUCCION :
\$ 14,185.11 / Kg \$ 469,865.09 / ft³

Debido a que para el producto dirigido al Mercado de Exportación se incrementan los Gastos de Distribución y Venta, además que se tiene que pagar el 15 % sobre el precio del producto por Aranceles, ya que a pesar de la apertura de fronteras, las Resinas de Intercambio Ionico no se encuentran aún liberadas, por lo cual el costo del producto será de :

\$ 21,508.77 / Kg

\$ 710,113.50 / ft³

Los precios de Venta de las Resinas Aniónicas, según este proyecto pueden ser de :

MERCADO INTERNO : \$ 586,620.00 / ft³
MERCADO DE EXPORTACION : \$ 781,125.00 / ft³

De acuerdo al Estudio de Mercado realizado podemos ver que los precios de venta son competitivos con los de los otros fabricantes de Resinas de Intercambio Ionico que operan actualmente en México.

*** NOTA :**

Como en el programa de las Proyecciones Financieras no se puede separar el porcentaje de Gastos de Distribución y Ventas para las resinas que van a diferente mercado (interno y de exportación), se tomara un porcentaje global de 12.1 % sobre VENTAS, que es lo equivalente al desglose presentado anteriormente.

ESTUDIO DE FINANCIAMIENTO PARA LA PLANTA DE RESINAS ANIONICAS

El Estudio Financiero de un proyecto industrial comprende dos partes básicas :

La primera parte cubre el estudio de las necesidades de recursos económicos que se requieren para la realización del proyecto y la forma en que se prevé que serán satisfechas.

La segunda se refiere al estudio de la situación económica y financiera previsible, en el supuesto de que se lleve a cabo el proyecto.

Con anterioridad se ha presentado el estudio de inversión del proyecto para la fabricación de Resinas Aniónicas, por lo que continuaremos con la parte de financiamiento del proyecto.

La planta propuesta para la producción de resinas aniónicas, requiere de una inversión de \$ 12,000 millones de pesos, de los cuales se propone que los accionistas aporten \$ 6,500 millones y se solicite un préstamo a FONFI por \$ 5,500 millones a un plazo de 5 años para capital e intereses, con una tasa anual de interés de 12 %, mediante el sistema de pagos a valor presente (ref. [26]).

Se pretende que en el primer año de operación la planta trabaje a un 47 % de su capacidad instalada, y que la producción se incremente de acuerdo al crecimiento de la demanda nacional y a los volúmenes de exportación proyectados para alcanzar un 90 % al año 10 de operación.

Las bases de proyección para el capital de trabajo son :

* Efectivo mínimo requerido :	7 días
* Inventarios :	28 días
* Cuentas por cobrar :	30 días
* Proveedores :	30 días

Los dividendos para accionistas se otorgarán a partir del año 6, ya que se cumplan con los compromisos financieros .

En las tablas T-1 a T-5 se presentan : el desglose de la inversión, el programa de producción e ingresos del proyecto y el presupuesto de egresos y en la tabla T-19 se presenta el plan de financiamiento propuesto.

Con base en ellas se presentan en las tablas T-6 a T-18 : el estado de resultados proforma, el punto de equilibrio del proyecto, la tasa de rendimiento financiero, el estado de origen y aplicación de recursos, el balance proforma y los índices financieros de la empresa.

PROYECCIONES FINANCIERAS
- PLANES FINANCIEROS

1974-1978

en Pesos

21 DESGLOSE DE LA INVERSIÓN EN EL AÑO 0 Y SU REPRECIACIÓN

Millones de pesos

CONCEPTO	MAYO	JUN/JUNIO	Años de obra											
			AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10		
Terreno	1448	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Obra Civil	177.3	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
EQUIPO	1,165.4	10.000	1309	4539	1309	1307	1209	6700	1300	6700	1300	1300	1300	1300
Instal.	11,244	7.000	971	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931	931
Otros equipos	41,313	10.000	1071	1011	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121
Mob. y equipo	0	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Eq. transporte	0	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Otros	12,577	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Ac. dif.	0	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Gastos finan. program.	1140	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Total	111,091		1550	1550	1552	1552	1552	1552	1552	1552	1552	1552	1552	1552

22 DESGLOSE DE LA INVERSIÓN EN EL AÑO 1 Y SU REPRECIACIÓN

Millones de pesos

CONCEPTO	MES AÑO	MAYO	JUN/JUNIO	Años de obra										
				AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	
Terreno	0	00	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Obra Civil	0	00	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Mob. y equipo	0	00	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Instalaciones	0	00	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Otros equipos	0	00	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Mob. y equipo	0	00	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Eq. de transporte	0	00	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Otros	0	00	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Activos diferidos	0	00	0.000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Total	00		00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

23 PROGRAMA DE PROYECCIÓN DEL PROYECTO

Mill de lbs

PROYECTO	PRECIO	Millones por/ha	Años de obra									
			AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Resinas nucleares	117.71	420.35	393.05	420.35	440.81	473.35	501.35	527.7	546.79	563.45	571.71	580.77
Resinas Espartaco	121.66	0	0	168	168	168	168	168	168	168	168	168
	15.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

43 PROGRAMA DE EMPRESAS DEL PROYECTO

Millones de pesos

PROYECTO	AGO 1	AGO 2	AGO 3	AGO 4	AGO 5	AGO 6	AGO 7	AGO 8	AGO 9	AGO 10	AGO 11	AGO 12
Técnicos Nacionales	64,741	57,444	57,934	60,383	60,880	61,283	51,473	49,413	45,053	41,553	38,053	34,553
Personas Extranjeras	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
TOTAL	114,741	107,444	107,934	110,383	110,880	111,283	102,923	98,823	94,053	90,553	86,053	82,053
IMPUESTOS TERCEROS												

51 PRESUPUESTO DE GASTOS DEL PROYECTO

Millones de pesos

1. GASTOS VARIABLES	Costo/Unidad Federada	AGO 1	AGO 2	AGO 3	AGO 4	AGO 5	AGO 6	AGO 7	AGO 8	AGO 9	AGO 10	AGO 11	AGO 12
Reservas Nacionales													
Materiales Primas y Auxiliares	100.04	13,955	14,230	14,208	14,743	15,017	15,299	15,581	15,863	16,145	16,427	16,709	16,991
Costo de Transformación	10.17	558	573	578	582	587	591	595	599	603	607	611	615
Reservas Explotación													
Materiales Primas y Auxiliares	100.04	50	51,679	51,679	51,679	51,679	51,679	51,679	51,679	51,679	51,679	51,679	51,679
Costo de Transformación	10.17	50	529	529	529	529	529	529	529	529	529	529	529
Materiales Primas y Auxiliares	10.00	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Costo de Transformación	10.00	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Materiales Primas y Auxiliares	10.00	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Costo de Transformación	10.00	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Materiales Primas y Auxiliares	10.00	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Costo de Transformación	10.00	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
SUBTOTAL		14,023	14,822	14,828	15,244	15,544	15,799	16,074	16,348	16,623	16,897	17,171	17,446
2. GASTOS FIJOS													
Dep. y suv.		1532	1532	1532	1532	1532	1532	1532	1532	1532	1532	1532	1532
Impuestos		122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
Depositos		18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
SUBTOTAL		1781	1781	1781	1781	1781	1781	1781	1781	1781	1781	1781	1781
3. GASTOS DE OPERACION	EXTERNAS												
Administración		1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431	1,431
Uso de		125,161	125,161	125,161	125,161	125,161	125,161	125,161	125,161	125,161	125,161	125,161	125,161
Gastos Financ.		8,910	8,910	8,910	8,910	8,910	8,910	8,910	8,910	8,910	8,910	8,910	8,910
Otros		9,001	9,001	9,001	9,001	9,001	9,001	9,001	9,001	9,001	9,001	9,001	9,001
SUBTOTAL		113,513	113,513	113,513	113,513	113,513	113,513	113,513	113,513	113,513	113,513	113,513	113,513
TOTAL GASTOS TERCEROS		14,136	14,443	14,446	14,724	15,074	15,374	15,674	15,974	16,274	16,574	16,874	17,174

19) FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

1	RESERVADOS CUANDO EN AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	DISTRIBUCION TOTAL (CARGO PLAZO)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
3	DISTRIBUCION TOTAL (CREDITO PLAZO)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
4	TOTAL AMORTIZACIONES (CARGO PLAZO)	90	90	1577	1706	11,648	11,509	81,731	80	90	90	90
5	TOTAL AMORTIZACIONES (CREDITO PLAZO)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
6	TOTAL DE INTERESES	90	90	1591	1697	1171	1208	80	90	90	90	90

INTERESES PREOPERATIVOS = 9440

A) CARGO PLAZO

11 TABLA DE AMORTIZACION ANUAL - SISTEMA DE PAGOS TRADICIONAL

INSTITUCION DE CREDITO :	COMI	AÑO DEL CREDITO :	0
MONTO :	90	PRINCIPIO DEL MES :	1
PLAZO TOTAL (AÑOS) :	9	PER. DE GRACIA :	0
TASA ANUAL DE INTERES :	0.001		

AÑO	SALDO	INTERES	PAGO	AMORT.
-2	90			
-1	90	90	90	90
0	90	90	90	90
1	90	90	90	90
2	90	90	90	90
3	90	90	90	90
4	90	90	90	90
5	90	90	90	90
6	90	90	90	90
7	90	90	90	90
8	90	90	90	90
9	90	90	90	90
10	90	90	90	90

21 TABLA DE AMORTIZACION ANUAL - SISTEMA DE PAGOS TRADICIONAL

INSTITUCION DE CREDITO :	COMI	AÑO DEL CREDITO :	0
MONTO :	90	PRINCIPIO DEL MES :	1
PLAZO TOTAL (AÑOS) :	0	PER. DE GRACIA :	0
TASA ANUAL DE INTERES :	0.001		

AÑO	SALDO	INTERES	PAGO	AMORT.
-2	90			
-1	90	90	90	90
0	90	90	90	90
1	90	90	90	90
2	90	90	90	90
3	90	90	90	90
4	90	90	90	90
5	90	90	90	90
6	90	90	90	90
7	90	90	90	90
8	90	90	90	90
9	90	90	90	90
10	90	90	90	90

12 TABLA DE AMORTIZACION ANUAL - SISTEMA DE PAGOS A VALOR PRESENTE

INSTITUCION DE CREDITO :	COMI	AÑO DEL CREDITO :	0
MONTO :	90	PRINCIPIO DEL MES :	1
PLAZO TOTAL (AÑOS) :	2		
TASA ANUAL DE INTERES :	0.001		

AÑO	IMP. REF.	INT. DEP.	FIN. AS.	AMORTIZAC.	SALDO
-2	90				90
-1	90				90
0	90	90	90	90	90
1	90	90	90	90	90
2	90	90	90	90	90
3	90	90	90	90	90
4	90	90	90	90	90
5	90	90	90	90	90
6	90	90	90	90	90
7	90	90	90	90	90
8	90	90	90	90	90
9	90	90	90	90	90
10	90	90	90	90	90

22 TABLA DE AMORTIZACION ANUAL - SISTEMA DE PAGOS A VALOR PRESENTE

INSTITUCION DE CREDITO :	COMI	AÑO DEL CREDITO :	0
MONTO :	90	PRINCIPIO DEL MES :	1
PLAZO TOTAL (AÑOS) :	0		
TASA ANUAL DE INTERES :	0.001		

AÑO	IMP. REF.	INT. DEP.	FIN. AS.	AMORTIZAC.	SALDO
-2	90				90
-1	90				90
0	90	90	90	90	90
1	90	90	90	90	90
2	90	90	90	90	90
3	90	90	90	90	90
4	90	90	90	90	90
5	90	90	90	90	90
6	90	90	90	90	90
7	90	90	90	90	90
8	90	90	90	90	90
9	90	90	90	90	90
10	90	90	90	90	90

ANEXOS, S.R.C. Proceso de evaluación y desarrollo de inversión.

41 ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA DEL PROYECTO

Millones de pesos

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
VENTAS	66,841	611,419	611,908	612,358	612,857	613,295	613,658	613,957	614,129	614,251
COSTO DE PRODUCCION	64,404	64,403	64,994	65,191	65,418	65,652	65,897	66,050	66,199	66,247
UTILIDAD BRUTA	62,357	64,816	65,623	65,217	65,112	65,404	65,761	65,887	65,958	66,011
GASTOS ADMINISTRATIVOS	6100	6184	6221	6277	6304	6370	6376	6390	6403	6404
GASTOS DE VENTA	6447	61,387	61,441	61,445	61,356	61,467	61,453	61,489	61,710	61,722
GASTOS FINANCIEROS	6391	6497	6271	6296	60	60	60	60	60	60
OTROS GASTOS	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
UTILIDAD DE OPERACION	6253	12,274	12,440	11,327	12,142	11,864	11,911	12,099	12,090	12,060
IDA	6311	61,810	61,864	61,184	61,289	61,337	61,349	61,359	61,417	61,432
RECIBO	687	6277	6304	6321	6348	6381	6411	6400	6425	6440
UTILIDAD NETA	6450	61,467	61,476	61,833	62,024	62,091	62,152	62,199	62,226	62,241
PERDIDA POR AMORT.	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

71 CAPITAL DE TRABAJO DEL PROYECTO

Millones de pesos

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
BALANCE DE INICIACION	61815	61815	61815	61815	61815	61815	61815	61815	61815	61815
EF. FUND. (Iniciación-Diagn./SAD)	7	677	6118	6123	6128	6134	6139	6145	6149	6150
IMPORTE (Iniciación-Diagn./SAD)	28	6113	6471	6472	6513	6525	6535	6545	6555	6565
C. FON. CORRIENTES (Iniciación/SAD)	30	6580	6952	6972	61,630	61,671	61,103	61,138	61,163	61,177
SUMA	6741	11,549	12,460	11,471	11,741	11,806	11,852	11,874	11,918	11,934
PROVISIONES (Iniciación-Diagn./SAD)	30	6338	6544	6520	6549	6574	6594	6617	6625	6641
CAPITAL DE TRABAJO	6324	61,826	61,880	61,121	61,167	61,206	61,248	61,248	61,281	61,297
INCREMENTO EN CAPITAL	6430	6399	6410	641	648	639	634	627	616	612

81 PUNTO DE EQUILIBRIO DEL PROYECTO

Millones de pesos

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
VENTAS TOTALES	66,841	611,419	611,908	612,358	612,857	613,295	613,658	613,957	614,129	614,251
TOTAL GASTOS VARIABLES	64,071	64,022	64,305	64,584	64,821	65,090	65,311	65,486	65,597	65,643
TOTAL GASTOS FIJOS (Con G.F.)	65,223	67,127	67,472	67,254	67,318	67,379	67,436	67,492	67,548	67,593
PUNTO DE EQUILIBRIO (Con G.F.)	61,851	67,452	67,131	66,967	66,641	66,472	66,311	66,191	66,121	66,075
PUNTO DE EQUILIBRIO (Con G.F.)	61,981	66,811	65,752	62,497	60,642	59,471	58,211	56,971	56,171	56,075

VI TASA INTERNA DE PLAZAMIENTO FINANCIERO DEL PROYECTO

(NO INCLUYE GASTOS FINANCIEROS)

Millones de pesos

AÑO	INGRESOS	GASTOS	ISR	IMP	IMP/MCM	IMP W	IMP W2	IMP C1	REC AF/C1	FLUJO	AOS	RESIS
0	14,941	15,544	1335	1111	1552	96	1434			854	8	0.6
1	111,418	108,148	11,111	1327	1352	80	1299			11,194	0	0.0
2	111,909	98,498	11,191	1341	1352	80	1281			17,281	0	0.0
3	112,253	10,818	11,218	1354	1367	80	1261			17,456	0	0.0
4	112,457	19,174	11,289	1368	1382	80	1244			15,237	0	0.0
4	112,295	11,479	11,332	1381	1352	80	131			12,084	5	2.1
7	112,478	19,145	11,349	1391	1352	80	131			12,679	8	0.6
8	112,617	19,259	11,399	1400	1352	80	127			12,754	0	0.0
9	114,128	112,081	11,417	1405	1352	80	116			12,742	0	0.0
10	114,238	118,171	11,438	1409	1352	80	117	14,200		10,171	0	0.0
TIR = 18.192			AOS	RESIS								
TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION:			5	2.1								

VII DIVIDA Y APLICACION DE RECURSOS CONSOLIDADO

Millones de pesos

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
D I V I D A											
Utilidad Neta	10	1430	11,487	11,472	11,833	12,074	12,193	12,152	12,189	12,224	12,211
Rep. y amort.	10	1327	1357	1352	1352	1352	1352	1352	1352	1352	1352
Total pas. interno	60	1952	12,837	12,224	12,305	12,378	12,445	12,704	12,751	12,778	12,779
Capital Social	14,500	1300	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Otros créditos CP	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Créditos LP	13,500	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Créditos CP	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Proveedores	10	1310	1117	124	122	124	121	118	114	114	114
Otros Función	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Otros pasivos CP	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Otros orígenes CP	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
TOTAL	112,000	11,117	12,705	12,740	12,404	12,402	12,444	12,722	12,745	12,784	12,905
A P L I C A C I O N											
Ad. de incl. circ.	10	1095	1327	143	150	144	155	148	158	172	117
Ad. de incl. diferido	110,422	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ad. de incl. diferido	1440	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ad. de pasivos LP	1572	1708	11,649	11,340	11,721	10	10	10	10	10	10
Rep. otros PLP	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Paga a proveedores	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Incl. de pasivos CP	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Dividendos	10	10	10	10	10	10	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Otros aplicaciones CP	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Otros Activos CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	111,425	11,484	11,574	11,423	11,798	114	12,095	12,048	12,038	12,022	12,017
Cap. al inicio	10	1445	1400	11,110	11,754	12,352	12,990	13,700	14,374	15,101	15,844
Sumavit a déficit	1345	1114	1430	1425	1418	12,338	1411	1414	1222	1244	1298
Cap. al final	1345	1400	11,110	11,754	12,352	13,090	13,790	14,374	15,101	15,844	16,142

BANCOER. S.A.S. Sistema de evaluación y desarrollo de proyectos.

143 BALANCE PROFORMA COMPLETADO

Millones de pesos

CONCEPTO	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Legs y reservas	0	845	144	11,118	11,334	12,332	15,292	15,200	15,200	16,376	17,181	17,404	17,404	18,254
Act. por cobrar	0	0	190	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
Inventarios	0	0	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total activo circulante	0	845	416	12,442	12,658	13,656	16,616	16,524	16,524	17,699	18,505	18,728	18,728	19,578
Terreno	0	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148
Ed. civil	0	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173
Maq. e equipo	0	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274
Instalaciones	0	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274
Otros bienes	0	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274	11,274
Maq. e equipo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ed. de transporte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amortizaciones y reservas	0	12,572	12,572	12,572	12,572	12,572	12,572	12,572	12,572	12,572	12,572	12,572	12,572	12,572
Imp. acumulada	0	0	155,277	151,104	151,104	151,104	151,104	151,104	151,104	151,104	151,104	151,104	151,104	151,104
Activo fijo neto	0	110,423	137,877	137,276	136,708	136,216	135,644	135,172	134,700	134,228	133,756	133,284	132,812	132,340
Activo diferido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Act. de com.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Act. diferido neto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACTIVO TOTAL	0	111,428	111,907	112,312	112,848	113,371	113,821	114,312	114,803	115,311	115,819	116,327	116,835	117,343
Proveedores	0	0	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138
Creditos DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasivos rec. DP	0	1,705	1,649	1,540	1,421	1,302	1,183	1,064	945	826	707	588	469	350
Otros pas. DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Pas. Circ.	0	1,705	1,649	1,540	1,421	1,302	1,183	1,064	945	826	707	588	469	350
Creditos LP	0	14,140	13,891	13,721	13,551	13,381	13,211	13,041	12,871	12,701	12,531	12,361	12,191	12,021
Otros creditos LP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total pasivos LP	0	14,140	13,891	13,721	13,551	13,381	13,211	13,041	12,871	12,701	12,531	12,361	12,191	12,021
PASIVO TOTAL	0	111,428	111,907	112,312	112,848	113,371	113,821	114,312	114,803	115,311	115,819	116,327	116,835	117,343
Capital Social	0	16,500	17,000	17,500	17,000	16,500	16,000	15,500	15,000	14,500	14,000	13,500	13,000	12,500
Reserva legal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fondo de reservas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maq. Eq. neto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imp. del Imp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cap. Contable	0	16,500	17,000	17,500	17,000	16,500	16,000	15,500	15,000	14,500	14,000	13,500	13,000	12,500
Partes y Capital	0	111,428	111,907	112,312	112,848	113,371	113,821	114,312	114,803	115,311	115,819	116,327	116,835	117,343
OTROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

17) PLAN FINANCIERO - Millones de pesos

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	TOTAL
RECURSOS :				
Utilidad Neta	19	1430	11,487	13,119
Depto. y Accion.	10	1532	1522	3164
Subtotal gms. iniciales	10	1782	17,037	23,029
Capital Social	11,200	1500	16	12,716
Crédito a LP	15,200	10	10	15,220
Crédito a EP	10	10	10	30
Proveedores	12	1378	1187	2677
Otros	15	10	10	35
Total	112,000	11,819	17,225	141,025
REQUERIMIENTOS :				
Inversión en AF	110,423	10	10	110,423
Inversión en AB	1660	10	10	1680
Inversión en AC	1815	11,021	11,117	23,953
Amort. Créd. LP	1572	1788	11,619	15,179
Amort. Créd. EP	10	10	10	30
Otros	10	10	10	30
Reservados	10	10	10	30
Total	112,000	11,819	17,225	141,025

18) UNIDADES FINANCIERAS DE LA EMPRESA

MILLONES DE PESOS

UT. UNID. FINANCIER.	AÑO										
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
RENTACIONES											
CAJA	100	42.4	64.0	109.9	139.2	264.2	287.8	312.4	316.1	371.9	425.0
EXPANSA POR COMAR	100	32.0	32.5	32.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
UNIDADES	100	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
PROVISIONES	100	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
REQUERIMIENTO (UT/CS)	75.817	40.262	41.328	21.321	4.432	1.172	4.092	4.171	4.211	4.201	4.172
LIBERIZ (INCP/CS)	0.44	0.99	1.36	1.51	7.45	11.19	12.29	13.21	14.12	15.18	16.27
PRIMA DEL ACIDO (AC/CP/CS)	0.14	0.26	1.11	1.30	4.22	19.24	11.46	12.27	13.19	14.25	15.32
REQUERIMIENTO (INCP/CS)	100	4.172	2.872	14.842	14.842	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742	15.742
PRODUCTO (LIBER/CS)	100	64.152	57.132	57.822	57.822	57.822	57.822	57.822	57.822	57.822	57.822
LARGA FINANCIERA (CP/CS)	100	0.202	4.152	1.112	1.082	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002

BINDER, S.A.S. División de producción y desarrollo de proyectos.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante las proyecciones financieras podemos señalar que el proyecto es viable económicamente, ya que aunque los primeros años de operación su endeudamiento es considerable, la producción y venta de resinas permite generar suficiente efectivo para cumplir los compromisos financieros adquiridos y obtener utilidades.

La liquidez de la empresa también es baja en los primeros años, lo que se debe a las amortizaciones por capital e intereses del financiamiento.

La tasa interna de rendimiento del proyecto es de 18.39 % y el tiempo de recuperación de la inversión es de 5 años 3 meses.

A partir del año 5 que se terminan los compromisos financieros, las utilidades aumentan considerablemente lo que se ve reflejado en los índices financieros de la empresa.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Con la realización de este trabajo se logró conocer los aspectos necesarios que implica la formulación, diseño y evaluación de un proyecto industrial.

Si bien el estudio realizado pretende presentar los aspectos más importantes para el desarrollo de un nuevo proyecto y profundizar en ellos, es muy cierto que los resultados obtenidos necesitan evaluarse nuevamente y con mayor profundidad, tanto en el aspecto técnico como en el económico, para que este estudio pueda presentarse a nivel industrial.

Sin embargo, puede dar una idea clara sobre las especificaciones y características de las resinas intercambiadoras de iones, los aspectos de mercado, el proceso de producción, y finalmente los factores económicos y financieros.

- De acuerdo al Estudio de Mercado realizado la demanda de Resinas de Intercambio Iónico es creciente y la producción nacional no alcanza a cubrirla.

En forma más específica, el nicho de mercado que presentan las Resinas de Tipo Aniónico es muy importante debido a que no se producen integralmente en México, ya que en el proceso de fabricación se utiliza el clorometil-éter, que es un componente sumamente tóxico.

Sin embargo las autoridades han decidido otorgar el permiso de fabricación, con el fin de sustituir importaciones, siempre y cuando la producción se realice bajo condiciones de seguridad altamente controladas.

Por ello se propone el proyecto de instalación de la planta para la fabricación integral de Resinas Aniónicas.

- Cabe destacar que la tecnología de proceso y operación que se propone en esta tesis contiene los avances más recientes que en esta materia se han realizado hasta el momento, por lo que se descarta la posibilidad que en un futuro inmediato la tecnología propuesta sea obsoleta, es decir, no es una TECNOLOGÍA VOLÁTIL, aunque es susceptible de optimizarse.

- El predimensionamiento de la planta se hizo en base a las tendencias obtenidas del mercado potencial del producto para un lapso de 10 años, siendo éstas de 685 ton/año, aproximadamente.

Sin embargo se considera que esta cifra es conservadora tomando en cuenta que la industria en nuestro país debe de seguir creciendo y el tratamiento de agua para sus diferentes procesos es indispensable.

Por ello la capacidad de producción de la planta se fijo en 700 ton/año más un 20% por sobrediseño, dando así una capacidad de producción total de 840 ton/año.

- Los equipos necesarios son comunes en las plantas industriales del país, por lo que no es factible que se presenten problemas en la adquisición, ni en la ingeniería y construcción de la planta, de llevarse está a cabo.

- El estudio económico-financiero realizado señala la viabilidad del proyecto, ya que la inversión requerida se puede recuperar en 5 años; la tasa de rendimiento financiero del proyecto es de 18.39%; el precio de venta propuesto es 6.2% más bajo que el de los competidores actuales; el punto de equilibrio promedio (incluyendo gastos financieros) es de 40.7% y las utilidades son positivas desde el primer año de producción, incrementándose acorde al cumplimiento de los gastos financieros originados por el crédito solicitado.

Es importante aclarar que el proyecto cuenta con limitaciones, siendo las más importantes los concernientes a la ecología y la insuficiencia de recursos humanos capacitados.

La primera quedará superada mediante la implementación de un sistema de seguridad que no permita la fuga del clorometil-éter tanto en el área de trabajo, como en el medio ambiente circundante.

En cuanto a la segunda limitación, se recomienda que de iniciarse la implementación del proyecto, se inicie un Programa de Capacitación con la finalidad de que los técnicos y obreros se familiaricen con el uso de la tecnología y de la maquinaria; y para que en un futuro cercano, estén en condiciones de llevar a cabo mejoras al proceso y a la operación de la planta industrial.

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

ARTICULOS

- [1] Abrams, Irving M.
" High Polystyrene Cation Exchange Resins of High Physical Stability " , Industrial and Engineering Chemistry, Vol.48, No 9, 1469 - 1472 , (1956)
- [2] Ambler, Charles M.
" Centrifugal Selection " , Chemical Engineering / Desbook Issue / , 55 - 62 , (Feb.,15,1962)
- [3] Anderson, Robert E.
" A Contour Map of Anion Exchange Resins Properties " , I & Ec. Product Research and Development , Vol.3, No 2, 85 - 89, (1964).
- [4] Corrigan, T.E. and Young, F.E.
" General Considerations in Reactor Design I " , Chemical Engineering, 203 - 206 , (Sept.,1955)
- [5] Corrigan, T.E. and Young, F.E.
" General Considerations in Reactor Design II " , Chemical Engineering, 211 - 214 , (Oct.,1955)
- [6] Frisch, Norman W. and Kunin Robert
" Long Term Operating Characteristics of Anion Exchange Resins " , Industrial & Engineering Chemistry, Vol.49, No 9, 1365 - 1372 , (1957).
- [7] Guccione, Eugene
" A look of the Synthesis of Ion Exchange Resins " , Chemical Engineering, Vol.70, 138 - 140 , (April,15,1963).
- [8] Guthrie, K.M. and Grace, W.R.
" Data and Techniques for Preliminary Capital Cost Estimation " , Modern Cost Engineering Techniques, Ed. McGraw Hill Co.
- [9] Matthews, Chris W.
" Screening " , Chemical Engineering / Desbook Issue / , 99 - 104 , (Feb.,15,1971)
- [10] Tabla de Propiedades Típicas y Aplicaciones
Amberlite Resinas de Intercambio Iónico , Química Trepic, S.A.
- [11] Virasoro, E.; Capeletti, R.; Varniackas, H.
" Copolimerización Estireno-Divinilbenceno en Suspensión " , Revista de la Facultad de Ingeniería Química , Buenos Aires, Argentina. (1962).

- [12] Wallas, Stanley M.
" Rules of Thumb " , Chem. Eng., 75 - 81, (March, 16, 1987).
- [13] Wheaton, R.M. and Harrington, D.
" Preparation of Cation Exchange Resins of High Physical Stability " , Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 44, No 8, 1796 - 1800.
- [14] Wirth, F.L. Jr., Feldt, A. and Odland, K.
" Effects of Oxidants on Ion Exchange " , Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 49, No 9, 1365 - 1372, (1957).

Libros

- [15] Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants. Vol. I
Ernest, E. Ludwig
Gulf Publishing Company (1969).
- [16] Chemical Engineering Desbook - Solid Separations.
McGraw Hill, Co. (1971).
- [17] Chemical Engineering Handbook
Chapters : 4, 6, 7, 19, 20, 21
Robert Perry and Cecil Chilton.
McGraw Hill Co. 5a. Edition.
- [18] Chemical Engineering Series - Cost Estimation.
Robert S. Arias and Robert D. Newton.
- [19] Encyclopedia of Polymer Science and Technology
Vol. 7 pags. 692 - 742
Vol. 9 pags. 341 - 381
- [20] Ion Exchange Resins
Robert Kunin
John Wiley and Son. 2nd Ed. (1955).
- [21] Modern Cost Engineering Techniques
Herbert Popper
McGraw Hill (1970).
- [22] Operaciones Básicas de Ingeniería Química
George Brown
Ed. Manuel Marin (1955).
- [23] Plant Design and Economics for Chemical Engineering
Max S Peters and Klaus D Timmerhaus
McGraw Hill 3rd. Ed. (1980).

- [24] Process Economic Program (PEP Yearbook) Report 124
Grant E. Russell
Stanford Research University (Dec., 1979)
- [25] Process Equipment Design
Lloyd E. Brownell and Edwin H. Young
John Wiley and Son (1959).
- [26] Procesos de Transferencia de Calor
Donald Q. Kern
Ed. McGraw Hill (1985)
- [27] Sistema de Pagos a Valor Presente
Federico Gutierrez Soria
Bancomer, S.N.C. (1986)
- [28] Criterios de Diseño para Plantas Industriales
BYCYQ Construcciones.