

359

BIBLIOTECA DE CIENCIAS QUIMICAS

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



NUEVO PROCESO CONTINUO PARA  
LA FABRICACION DE ALCOHOL  
POLIVINILICO.

T E S I S  
Que para obtener el título de:  
INGENIERO QUIMICO  
p r e s e n t a :

JEAN CRISTOFORO SCHWARZ VALENCIA  
MEXICO, D. F.

1963

10724



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

• NUEVO PROCESO CONTINUO PARA  
LA FABRICACION DE ALCOHOL  
POLIVINILICO.

T E S I S

Que para obtener el título de:  
INGENIERO QUIMICO

o r e s e n t a :

JUAN CRISOSTOMO SCHWARZ VALENCIA

---

MEXICO, D. F.

1963

Ad Maiorem Dei Gloriam

1675

A mis queridos padres:

Sr. Ing. Juan C. Schwarz Lagrange

Sra. Estela Valencia De Schwarz

Incontables han sido las personas que a lo largo de mi vida han contribuido a mi formación de profesionalista y de hombre; para ellas mi sincero agradecimiento.

Los ideales son como las estrellas: no pueden tocarse con la mano.

Pero como los hombres de mar hacen en la inmensidad del oceano, tu los tomas como guías, y siguiéndolos alcanzas tu destino.

## C O N T E N I D O

	.....	INTRODUCCION
II	.....	GENERALIDADES
III	.....	EL PROCESO CLASICO
IV	.....	EL NUEVO PROCESO
V	.....	EXPERIMENTACION
VI	.....	SELECCION DE EQUIPO
VII	.....	CONSIDERACIONES ECONOMICAS
VIII	.....	CONCLUSIONES

CAPITULO I  
INTRODUCCION

Teniendo en mente la idea de que la actividad fundamental de la Ingeniería Química consiste en diseñar y proyectar nuevos procesos de fabricación, que eleven la calidad de los productos, que simplifiquen su elaboración, y que los hagan más económicos, fue hecha la presente tesis.

Su objeto es proponer el proyecto de un nuevo proceso continuo para la fabricación de Alcohol Polivinílico, que a su vez incluye un nuevo proceso continuo de deionización, ideados por el autor con la doble intención de mejorar tanto el proceso actual como el producto mismo.

La conclusión fundamental a la que se llega es que el Nuevo Proceso no solo es factible de llevarse a cabo, sino que supera al Proceso Actual en todos aspectos.

Para poder desarrollar el tema de este trabajo se tuvieron que resolver numerosos problemas, consistentes principalmente en una casi total carencia de datos bibliográficos sobre el proceso ya conocido, por lo que fue necesario producir desde la materia prima y determinar experimentalmente las condiciones de operación, así como ajustar a éstas una determinada tecnología. Una vez ya conocido a fondo el Proceso Actual, se desarrolló el Nuevo Proceso; paso a paso se van comparando a lo largo de esta tesis ambos procesos, hasta llegar a conclusiones definitivas.

Este trabajo ha sido redactado en los términos más sencillos posibles, y se ha omitido citar todos aquellos experimentos, datos, y conceptos que no estén estrictamente relacionados con el fin primario que se persigue.

CAPITULO II  
GENERALIDADES

El tema de esta tesis ha sido orientado hacia el Alcohol Polivinílico por considerar que este polímero tiene ciertas propiedades específicas que lo sitúan actualmente en un plano de múltiples aplicaciones; entre otras se pueden citar: (2)

Emulsificantes  
Adhesivos  
Plásticos  
Acabados Textiles  
Recubrimientos para Papel  
Películas  
Cerámica  
Litografía  
Tratamiento de Metales  
Intermediario Químico

Se puede tener una idea de la importancia del Alcohol Polivinílico al considerar que se fabrica en Alemania, Francia, Estados Unidos y Japón, bajo los siguientes nombres: (3)

ALVYLOL

(Société Nobel Française)

DAREX

(Dow and Almy Chem. Co.)

ELVANOL	(Du-Pont Chem. Co.)
GELVATOL	(Shawinigan Chemicals Ltd.)
GHOSENOL	(Nagase and Co. Ltd.)
LEMOL	(Bordon Co.)
POLYVIOL	(Wacker-Chemie G M B H)
RESISTOFLEX	(Resistoflex Corp.)
RHODOVIOL	(Société Des Usines Chimiques Rhone Poulenc)
SOLVA	(Shawinigan Resins Corp.)
ALVYL	(Société Nobel Française)
VINAVIOL	(Rhodiaton S.P.A.)
VINOL	(Colton Chem Co.)

Toda la literatura de que se ha podido disponer está de acuerdo en que todo el Alcohol Polivinílico que se fabrica actualmente por diferentes compañías, tiene un principio común; sin embargo, la obscuridad con que la literatura aborda el tema es señal de que cada una de ellas posee modificaciones propias que no da a conocer.

La fabricación de Alcohol Polivinílico está perfectamente unida a la del Acetato de Polivinilo granular, puesto que la mayor parte de este último se destina a la obtención del primero. (11)

Las características más importantes del Alcohol Polivinílico son los grados de Polimerización e Hidrólisis, lo que se puede lograr variando la marcha de las operaciones, obteniendo así numerosas clases de Alcoholes Polivinílicos con diferencias esenciales en sus propiedades. (11)

El peso molecular de los Alcoholes Polivinílicos es función del grado de Polimerización del Acetato del Polivinilo de donde proviene, y para llegar a conocerlo se toma como medida la viscosidad. Dentro de una misma viscosidad caben varios grados de Hidrólisis. (11)

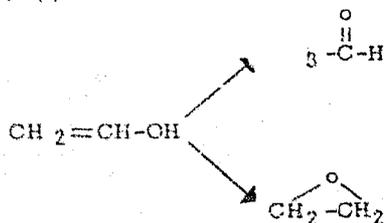
La viscosidad es independiente del grado de Hidrólisis, que es el % de sustitución de los radicales Acetilo insertados en el Polímero por radicales Hidroxilo, sin embargo, el grado de Hidrólisis ejerce una influencia decisiva en otras propiedades del Alcohol, tales como su solubilidad y resistencia a determinados reactivos.

Las principales características del Alcohol Polivinílico (sin plastificar) son las siguientes: (8)

FORMA EN QUE SE SUMINISTRA:	Polvo
COLOR:	Blanco amarillento
GRAVEDAD ESPECIFICA:	1.21-1.31
INDICE DE REFRACCION $N_D^{25}$	1.51
ESFUERZO TENSIL Kg./cm <sup>2</sup>	Sobre 1,500
ESTABILIDAD TERMICA:	Se oscurece sobre 100° C Se descompone sobre 200° C
COEFICIENTE TERMICO DE EXPANSION LINEAL 0-45° C:	$7-12 \times 10^{-5}$
VELOCIDAD DE COMBUSTION:	Lenta
EFEECTO DE LA LUE:	Ninguno

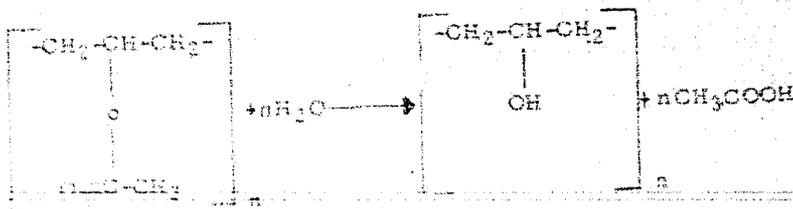
CAPITULO III  
EL PROCESO CLASICO

El Alcohol Polivinílico se prepara a partir de la Hidrólisis de Esteres Polivinílicos ya que su monómero es imposible de obtenerse como tal, pues todas las reacciones destinadas a producirlo obtienen como producto final Oxido de Etileno o Acetaldehido (Isómeros) debido al rápido intercambio de un átomo de Hidrógeno. (4)



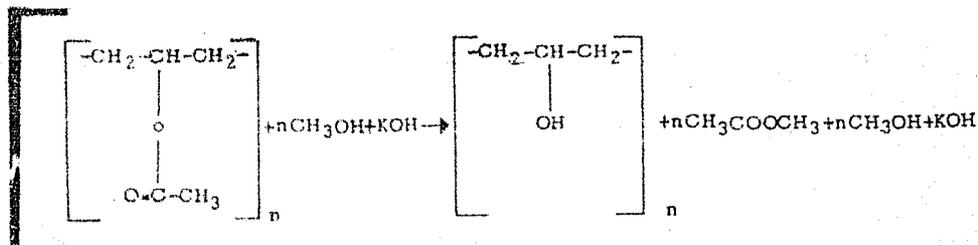
El Ester Polivinílico más usado es el Acetato de Polivinilo; el Alcohol así obtenido tiene muy buena estabilidad. (10)

La reacción inicial de Hidrólisis se podría escribir:



Sin embargo, en la práctica esta reacción es difícil de llevarse a cabo.

Herrman y Haehnel en 1924 modificaron esta reacción de Hidrólisis (7) en una Alcohólisis ya que precipitan el Alcohol Polivinílico de una solución de Acetato de Polivinilo en Metanol, usando una solución de Hidróxido de Potasio en Metanol como catalizador:



La temperatura y la concentración del catalizador influyen mucho en la velocidad de reacción. (8)

Posteriormente se descubrió que utilizando en lugar del Hidróxido de Potasio un catalizador ácido fuerte la reacción también se llevaba a cabo, aunque en forma más lenta; actualmente se cree que la mayoría de los Alcoholes Polivinílicos producidos usan catalizadores básicos. (9)

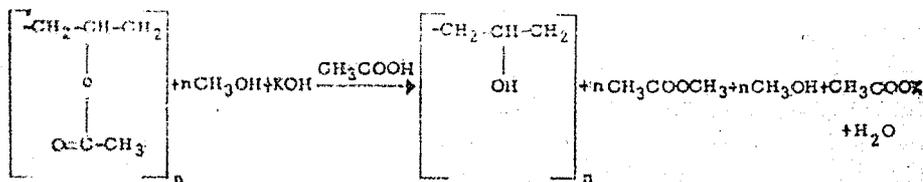
Este proceso es el mejor que se conoce en la actualidad, e indudablemente es el fundamental para la producción industrial de Alcohol Polivinílico; por eso se le ha llamado "Clásico".

Sin embargo, este proceso tiene los siguientes inconvenientes:

#### IMPUREZA POR SALES

Si se quiere obtener Alcoholes de diferentes grados de Hidrólisis, para poder detenerla en un momento determinado, hay que neutralizar el catalizador,

resultando de esto la formación de una sal que va a impurificar el Alcohol, y que es imposible de remover; por lo general, los Alcoholes Polivinílicos obtenidos por Alcoholisis Alcalina tienen según la literatura al respecto un contenido de cenizas relativamente alto (1.5%) (8)



Los Alcoholes Polivinílicos de diferentes grados de Hidrólisis así obtenidos salen a la venta contaminados. Se han hecho algunos intentos para obtener Alcoholes Polivinílicos más puros (9) pero hasta ahora sin resultados prácticos satisfactorios.

#### FLOCULACION LENTA

Con el fin de impurificar menos al Alcohol por la formación de sales, se usa la mínima cantidad de catalizador, que retarda considerablemente la reacción.

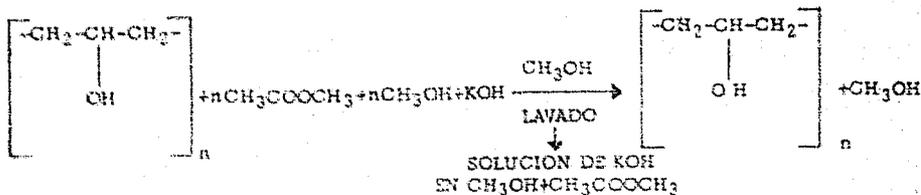
La literatura (4) indica que se usa 0.5% o menos de catalizador sobre el peso del Acetato de Polivinilo disuelto; sin embargo, experimentalmente se demostró que con esta cantidad de catalizador el Alcohol no se forma. La mínima cantidad usada es de 1.5%, y así la reacción tarda en efectuarse 15 min. (En las mejores condiciones)

### FORMACION DE UNA PASTA

Con el fin de romper la floculación del Alcohol para poder manejarlo más fácilmente, y para apresurar la reacción, se usa temperatura y agitación (experimentalmente se vió que la floculación solo puede romperse cuando se trabaja con soluciones de Acetato de Polivinilo en Metanol que tengan 20% de sólidos o menos). Usando la mínima cantidad de catalizador (1.5%) sí se evita la floculación, pero se forma una pasta que de todas formas es difícil de manejar. (Sobre todo industrialmente)

### LAVADO CON METANOL

Hay ocasiones en que es absolutamente indispensable obtener un Alcohol Polivinílico puro (sin sales); en estos casos lo que se hace es No neutralizar el catalizador, sino lavar la pasta de Alcohol Polivinílico con Metanol (4) con el fin de que lo disuelva, y así poder separarlo.



En estas condiciones es muy difícil poder graduar la Hidrólisis.

SOLUCION DE  
ACETATO DE  
POLIVINILO  
EN METANOL

PASTA DE  
ALCOHOL  
POLIVINILICO

HIDROXIDO  
DE POTASIO

ACIDO  
ACETICO

PASTA + SALES

CENTRIFUGACION

OLVENTES (A RECTIFICACION)  
15 %

SECADO

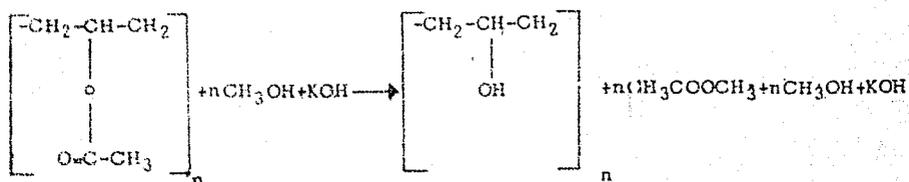
VAPORES DE SOLVENTES  
(A RECTIFICACION)  
85 %

ALCOHOL POLIVINILICO + SALES  
(POLVO)

PROCESO CLASICO

CAPITULO IV  
EL NUEVO PROCESO

La reacción fundamental de obtención del Nuevo Proceso es la misma que la del Proceso Clásico, o sea la precipitación del Alcohol Polivinílico de soluciones de Acetato de Polivinilo en Metanol usando como catalizador Hidróxido de Potasio.



La primera diferencia entre los dos procesos consiste en que en el Nuevo Proceso se usa 5% DE CATALIZADOR con respecto al peso de polímero disuelto (teóricamente diez veces más catalizador que en el Proceso Clásico). Este exceso de catalizador produce los siguientes efectos:

FLOCULACION RAPIDA

Tarda 1.5 minutos como máximo.

FORMACION DE UNA SUSPENSION

Se produce no una pasta, sino una suspensión muy fluida y fácilmente manejable.

La segunda diferencia estriba en que en el Nuevo Proceso No se neutraliza el catalizador para obtener determinado grado de Hidrólisis, ni se la-

va con Metanol para obtener un producto puro, sino que ambas cosas se lo-  
gran mediante el uso de RESINAS DE INTERCAMBIO CATIONICO que en cual-  
quier momento pueden liberar a la suspensión de Alcohol Polivinílico de la  
totalidad del catalizador; con esto se consiguen las siguientes ventajas:

PRODUCTO MUY PURO

El producto queda libre de sales.

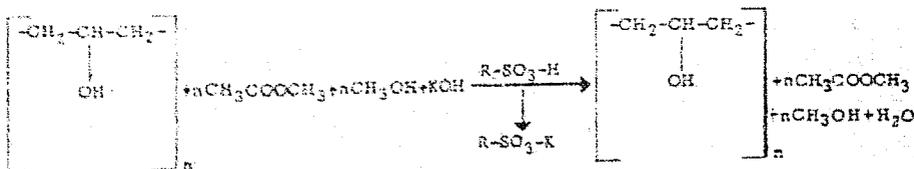
NO HAY QUE LAVAR

El producto queda libre de catalizador.

FACIL CONTROL SOBRE EL GRADO DE HIDROLISIS

Cuando se quieran obtener diferentes grados de Hidrólisis, basta con  
vaciar "antes de tiempo" la suspensión de Alcohol Polivinílico contaminada  
con catalizador sobre las Resinas de Intercambio Cationico, las cuales in-  
mediatamente anulan al catalizador frenando así la reacción en cualquier  
punto predeterminado, teniendo la ventaja de no producir sales.

Las Resinas de Intercambio Cationico actúan de la siguiente manera:



Las Resinas tienen desde luego, un punto de saturación, o sea un  
punto en el que ya no detienen; entonces se hace necesaria una regenera-  
ción con una solución de Sodio Cloruro al 10% lavando con agua antes

y después.



Como puede verse, el Potasio absorbido por la resina es reemplazado nuevamente por Hidrógeno, produciendo Cloruro de Potasio en solución. De esta forma queda la Resina lista para volver a usarse.

SOLUCION DE  
ACETATO DE  
POLIVINILO  
EN METANOL

HIDROXIDO  
DE  
POTASIO

SUSPENSION  
DE ALCOHOL  
POLIVINILICO

SUSPENSION + CATALIZADOR

RESINAS DE  
INTERCAMBIO  
CATIONICO

CENTRIFUGACION

SECADO

CATALIZADOR

SOLVENTES (A RECTIFICACION)  
50 %

ALCOHOL POLIVINILICO  
(POLVO PURO)

VAPORES DE SOLVENTES  
(A RECTIFICACION)  
50 %

NUEVO PROCESO

CAPITULO V  
EXPERIMENTACION

Como se hizo constar al principio de esta Tesis, se ha omitido mencionar todos aquellos experimentos datos y conceptos que no estén estrictamente ligados al fin principal que se persigue, para no entorpecer la comprensión del tema fundamental.

Es por esto que en este capítulo no se consigna muchas experiencias que fueron las precursoras de la que aparecen, tales como las relacionadas con otros métodos de obtención de Alcohol Polivinílico, polimerización del Acetato de Vinilo, catálisis directa con Resinas de Intercambio, etc.

Las experiencias que contiene este capítulo son todas aquellas que proporcionan datos básicos para más adelante poder determinar y seleccionar el equipo necesario para la fabricación de Alcohol Polivinílico en escala industrial. (En los dos procesos)

EXPERIENCIA # 1

FLOCULACION DEL ALCOHOL

Temperatura: Ambiente (20° C)

Agitación: Ninguna

Solución de Ac. de Poliv. en Metanol: Al 20%

<u>MUESTRA No.</u>	<u>CONCENTRACION CATALIZADOR. %</u>	<u>TIEMPO FLOCULACION MINUTOS</u>
1	0.5	No flocula
2	1	No flocula
3	1.5	125

<u>MUESTRA No.</u>	<u>CONCENTRACION CATALIZADOR. %</u>	<u>TIEMPO FLOCULACION MINUTOS</u>
4	2	47
5	2.5	30
6	3	22
7	3.5	17
8	4	15
9	4.5	12
10	5	10

EXPERIENCIA No. 2

FLOCULACION DEL ALCOHOL

Temperatura: 55-58° C (Reflujo)

Agitación: Enérgica

<u>SOLUCION No.</u>	<u>% DE SOLIDOS DE POLIMERO</u>	<u>5% CAT.</u>	<u>1.5% CAT.</u>
1	60	flocula	flocula
2	50	flocula	flocula
3	40	flocula	flocula
4	30	flocula	flocula
5	20	suspensión	pasta

EXPERIENCIA No. 3

FLOCULACION DEL ALCOHOL

Temperatura: 55-58° C (Reflujo)

Agitación: Enérgica

Solución de Ac. de Poliv. en Metanol: Al 20%

<u>MUESTRA No.</u>	<u>CONC. CAT. %</u>	<u>TIEMPO DE FLO- CULACION (MIN.)</u>	<u>TIPO DE FLO- CULACION.</u>
1	0.5	No flocula	- - -
2	1.5	15	pasta
3	2.5	9	pasta
4	4	2.5	pasta
5	5	1.5	suspensión

EXPERIENCIA No. 4      DEIONIZACION DE LA SUSPENSION DE ALCOHOL

Como fue imposible conseguir por el momento la resina en forma de láminas flexibles, esta experiencia se hizo con resina en forma de perlas contenida en un pequeño saco de tela de Nylon que se mezcló con la suspensión. A pesar de que por este medio la deionización es bastante deficiente, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

<u>CAT</u> <u>%</u>	<u>VOLUMEN</u> <u>SUSPENSION</u> <u>LTS.</u>	<u>VOLUMEN</u> <u>RESINA</u> <u>LTS.</u>	<u>TIEMPO</u> <u>MIN.</u>	<u>P.H.</u> <u>POTENCIOMETRO</u>
5	3	0.020	3	7.0
5	6	0.040	3.2	7.0

CARACTERISTICAS DE LA SUSPENSION DE ALCOHOL POLIVINILICO (5% CAT.)

% de sólidos	10
Tamaño de Partícula	Grandes conglomerados formados por partículas de 1 a 2 micras.
Viscosidad Pipeta 25 cc (10 cc)	1.5 seg.

Penetración en la cama de resina de intercambio en forma de perlas	2 mm. ( Pres. Atm.)
% de solvente eliminado por centrifugación a 4,000 R.P.M.	50
Densidad	0.850 Kgs./lt.

CARACTERISTICAS DE LA PASTA DE ALCOHOL POLIVINILICO (1.5% CAT.)

% de sólidos	10
Tamaño de Partícula	1 a 2 micras (totalmente aglomerado)
% de solvente eliminado por centrifugación a 4,000 R.P.M.	15
Densidad	0.850 Kgs./lt.

RESINAS DE INTERCAMBIO CATIONICO (S)

Tipo usado	Resina fuertemente ácida
Nombre	Dowex 50 W
Grupo Activo	Sulfónico
Forma	Perlas malla 20-50
Composición	Divinilbenceno
Forma Iónica	H <sup>+</sup>
Humedad	53%
Densidad	0.5 Kgs./lt.
Estabilidad solventes	Muy buena
Estabilidad térmica	Buena hasta 150° C
Capacidad de Detoxificación	1.45 Kgs. de KCH/Lt. de Resina

Regeneración	10 lts. Sol. HCL 10%/Lt. Resina
Tiempo de regeneración	5 minutos
Agua de lavado	10 lts. H <sub>2</sub> O/lit. Resina
Tiempo de lavado	5 minutos
Suspensión de Alcohol Polivinílico tratada entre cada regeneración: (5% KOH)	159.2 Lts./Lt. Resina
Tiempo de Detonización	3-5 minutos

NOTA: La relación de Detonización entre la resina en forma de perlas y en forma de láminas aún no ha podido determinarse debido a la carencia de materias primas apropiadas.

## CAPITULO VI

### SELECCION DE EQUIPO

En este capítulo se determinará aproximadamente el tipo y las capacidades del equipo necesario en los dos procesos para una determinada producción; el hecho de hacer este estudio sobre los dos procesos obedece a que posteriormente se hará una comparación de costos estimativos sobre el equipo usado en cada uno de ellos.

Queriendo darle a este estudio un valor práctico, se trató de determinar el consumo anual nacional de Alcohol Polivinílico, para así poder tener una base en el cálculo del equipo; desgraciadamente esto fue imposible, debido a que el Follmero en cuestión se importa bajo la fracción arancelaria de "Alcoholes Polibásticos", siendo de todas formas imposible el desglose de las partidas que interesan. Debido a lo anterior, se fijó una determinada capacidad con el único fin de comparar los dos procesos.

La capacidad de producción escogida fue la de 80 Kgs/hr. de Alcohol Polivinílico en polvo, debido a que es la que en muchos casos se adapta a equipos ya construídos que manejan materiales con características similares; de esta manera la estimación se acerca mucho más a la realidad que de cualquier otra forma.

#### EQUIPO DE PROCESO CLASICO

Como ya se ha hecho constar anteriormente, debido a la ausencia de

datos bibliográficos, se ha tenido que determinar la tecnología del Proceso Clásico. La que aquí se presenta evidentemente no es la única, pero si es una deducción lógica de los datos disponibles experimentales y contenidos en la literatura al respecto.

POR LA FLOCULACION LENTA (15 minutos) se hacen necesarios 2 reactores que trabajen alternativamente; para la producción fijada cada uno deberá descargar 390 Kgs./hr. de pasta de Alcohol Polivinílico (que tiene aprox. 10% de sólidos); deberán tener estos reactores una capacidad de 600 Lts c/u, que se determinó de la siguiente manera:

Densidad de la pasta o suspensión de Alcohol Poliv. = 0.850 Kgs./lt.

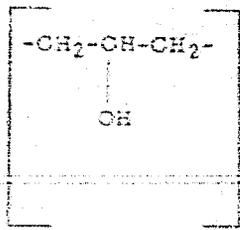
A cada reactor entran 390 Kgs./hr.

Que ocupan un volumen de: 458.8 Lts.

Los reactores por lo general se trabajan a 3/4 partes de su volumen;

Por lo tanto c/u deberá tener una capacidad de 600 Lts.

Es conveniente también aclarar que la solución de Acetato de Polivinilo en Metanol tiene 20% de sólidos. Cuando se forma el Alcohol Polivinílico, y en caso de Hidrólisis completa, queda una pasta o suspensión con 11.6% de sólidos.



C = 60	C = 36
O = 32	O = 16
H = 9	H = 6
<hr/>	
F. M. 100	P. M. 58

$$\frac{100}{58} = 1.72 \quad \text{Aprox. } 2$$

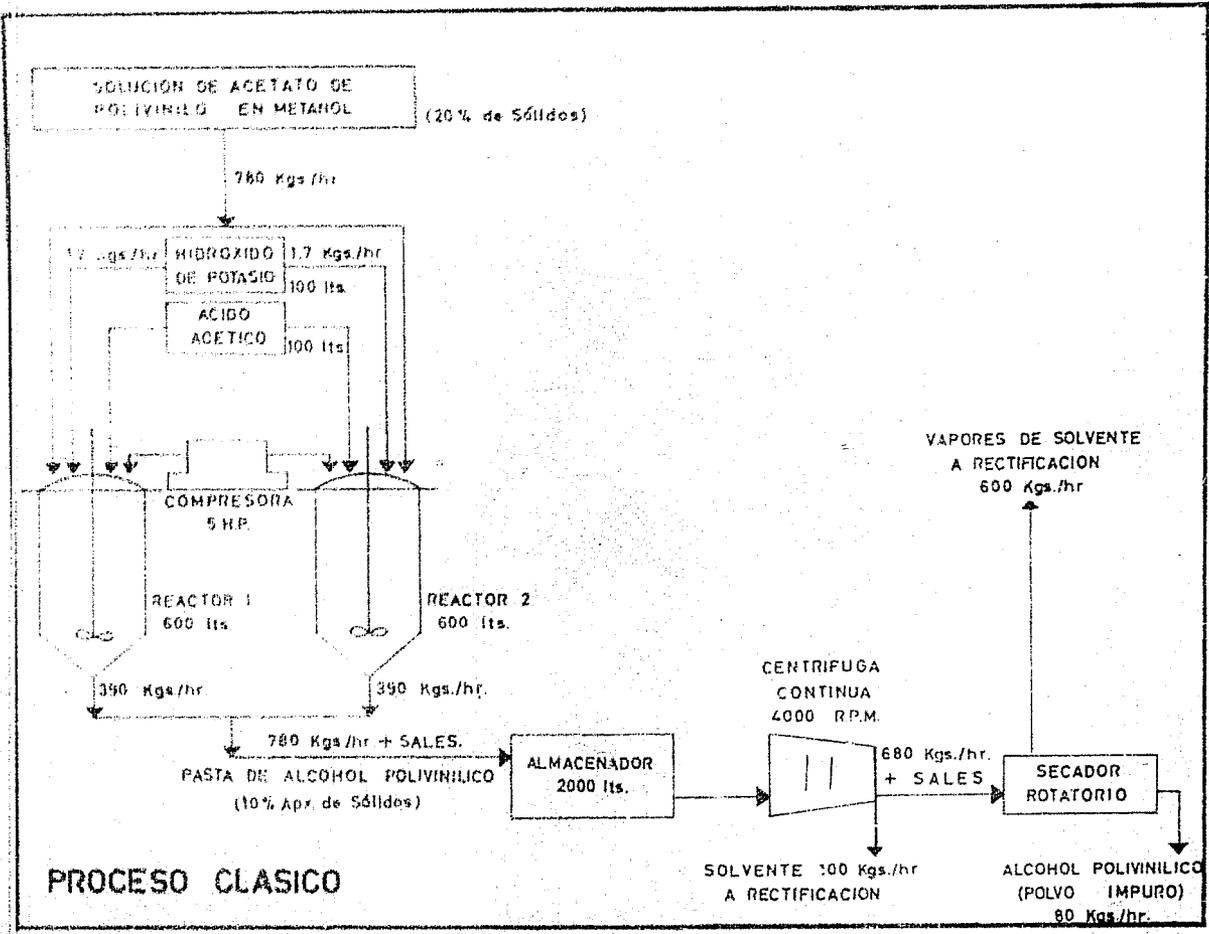
Por lo tanto:

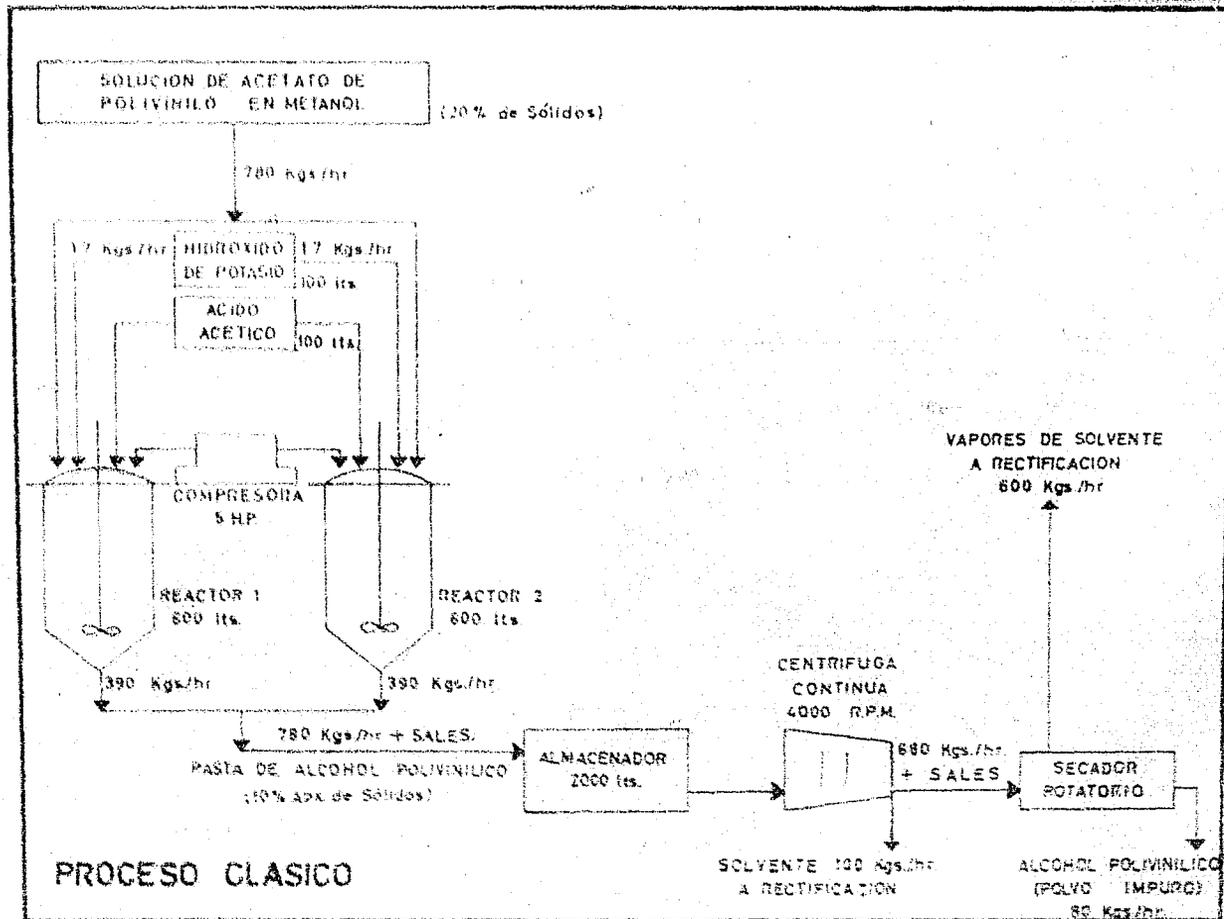
780 Kgs. de Solución de Acetato de Polivinilo en Metanol contienen 156 Kgs. de Acetato de Polivinilo, y 780 Kgs. de pasta o suspensión de Alcohol contienen 78 Kgs. de Alcohol Polivinílico.

Estos reactores deberán estar contruidos interiormente de acero inoxidable, y contar con condensador a reflujo, agitación central y chaqueta de vapor, además de todos los aditamentos necesarios para operación y control.

POS LA FORMACION DE UNA PASTA los reactores deberán descargarse con presión de aire, y por lo mismo deberán estar contruidos con lámina de acero inoxidable lo suficientemente gruesa para aguantar presiones elevadas; tambien deberán tener el fondo en forma cónica muy pronunciada y válvulas especiales para poder descargar el producto en forma de pasta.

ADITAMIENTOS DE LOS REACTORES. Los reactores cuentan con 2 tanques de reserva comunes a ambos; cada uno tiene una capacidad de 100 lts y están revestidos de dentro recubierta con resina; igualmente cuenta con una compresora común que suministra la presión de aire necesario para la descarga.





Los 2 reactores descargan a un tanque almacenador que tiene una capacidad de 2,000 lts.; éste está fabricado de acero inoxidable y en el fondo tiene un gusano sinfin movido por un motor de 5 H.P. para poder mover la pasta a la siguiente etapa.

FARA ELIMINAR PARTE DEL SOLVENTE se deberá usar una centrífuga continua que trabaje a 4,000 R.P.M. fabricada de acero inoxidable. Su capacidad aproximada será de 800 Kgs./hr. En esta etapa se elimina un 15% de solvente.

La centrífuga continua de mayor velocidad que se puede conseguir en el mercado es la de 4,000 R.P.M. Esta es la razón por lo cual se escogió esta especificación.

SECADO. Se lleva a cabo en un secador rotario, que está construido de acero inoxidable y que utiliza aire caliente de circulación central. Deberá estar equipado con todos los aditamentos necesarios para operación y control, además de tener una salida apropiada para la recuperación de los vapores de solvente; su capacidad aproximada será de 500 Kgs./hr. de agua evaporada.

#### EQUIPO DEL NUEVO PROCESO

El equipo del Nuevo Proceso que aquí se especifica, es consecuencia directa de las pruebas de laboratorio realizadas; no obstante, estará expuesto a sufrir algunas modificaciones (no fundamentales) cuando se llevará a la práctica, ya que no fue posible hacer pruebas en escala de Planta Piloto.

POR LA FLOCULACION RAPIDA (1.5 minutos) debida a la gran cantidad de catalizador, este proceso se puede llevar a cabo en forma continua sin necesidad de trabajar alternativamente. Teóricamente se podría usar un solo reactor donde estuviesen entrando a determinada velocidad y proporción los 2 reactivos continuamente (soluciones de Acetato de Polivinilo e Hidróxido de Potasio en Metanol) y de la misma forma descargando el producto. Sin embargo, se considera que es necesario adaptar al reactor principal un pequeño pre-reactor que trabaje en condiciones más energéticas de agitación y temperatura que el reactor principal para acelerar la reacción. A este pequeño pre-reactor entrarían los dos reactivos, y a la misma velocidad descargaría el producto a medio reaccionar sobre el reactor principal que a su vez completaría la reacción hasta el punto deseado. Toda esta operación se realizaría en forma continua.

El tiempo que tarda el producto en procesarse a través de los 2 reactores deberá ser de 1.5 minutos; sin embargo, este tiempo puede ser variado a voluntad con el fin de conseguir diferentes grados de Hidrólisis.

POR LA FORMACION DE UNA SUSPENSION el producto fluye libremente de un reactor a otro y la descarga se lleva a cabo sin problemas. Los reactores usados serán del tipo común hechos interiormente de acero inoxidable. Deberán contar cada uno con agitación central, chaqueta de vapor y condensador a reflujo, así como todos los demás aditamentos para operación y control. El pre-reactor deberá tener una capacidad de 200 lts. y el reactor de 500 lts.

ADITAMENTOS DE LOS REACTORES. El pre-reactor cuenta con un tanque de reactivo de 200 lts. construido de hierro recubierto con resina. El reactor cuenta con una bomba centrífuga de acero inoxidable movida por un motor de 5 H.P. que fuerza a la suspensión de Alcohol Polivinílico a pasar a través del Detonador.

LA DEIONIZACION se pensó inicialmente llevarla a cabo en columnas rellenas de resina en forma de perlas. La operación debería utilizar 2 columnas que trabajarán alternativamente con el fin de que fuera continua, o sea mientras que una deionizaba, la otra se regeneraba. Sin embargo, se tuvo que abandonar esta idea debido a que el producto por tratar no es una solución sino una suspensión, y por lo mismo la cama de resina hacía las veces de medio filtrante.

También se consideró la posibilidad de mezclar la resina en forma de perlas con la suspensión. El resultado también fue negativo debido a que la posterior separación de la resina se hacía imposible debido a que la diferencia de densidades entre la misma y la suspensión de Alcohol era sumamente pequeña.

Finalmente, se encontró que las resinas de intercambio iónico no solo se fabrican en forma de perlas, sino también en forma de fibras o láminas flexibles (6). Este es el punto de partida para desarrollar la idea del Detonador continuo que a continuación se presenta.

EL DEIONIZADOR CONTINUO consiste en una banda móvil formada de láminas flexibles de resina de intercambio catiónico que trabaja en circuito continuo.

En una mitad del circuito la banda estará "Regenerada", o sea con capacidad de defonización; es precisamente en este momento cuando se la pone en contacto con la suspensión de Alcohol Polivinílico contaminada con catalizador.

En la otra mitad del circuito la banda estará "Saturada" y por lo tanto en proceso de regeneración, el cual se logra mediante lavados con agua y ácido Clorhídrico.

El recipiente en donde se pone en contacto la banda "Regenerada" con la suspensión de Alcohol deberá ser de sección cuadrada y longitud variable; habrá de tener mamparas interiores dispuestas en forma alterna, y por en medio de ellas y apoyada en rodillos circulará la banda defonizadora. Este recipiente será de acero inoxidable con una entrada en cada cabecera para que por ellas circule la suspensión de Alcohol Polivinílico en contracorriente con respecto a la circulación de la banda; ésta entrará y saldrá del recipiente por aberturas laterales localizadas donde más convenga.

Al salir la banda del "Defonizador" irá saturada hasta cierto punto del Potasio del catalizador (esto depende de la concentración del mismo en la suspensión de Alcohol y de la velocidad de la banda). La banda en estas condiciones pasa directamente al proceso de regeneración que consiste en la inmersión de la misma en 3 diferentes baños que están fabricados de hierro recubierto con resina y que cuenta con rodillos interiores para apoyar y dirigir la banda. El primero y último de los baños deberán tener agua corriente y cepillos para remover las impurezas físicas que impedirían una buena regeneración

química. En el baño intermedio entrará en forma continua una solución de Acido Clorhídrico al 10% proveniente de un tanque de hierro recubierto con resina con una capacidad de 200 lts. A la misma velocidad que entra el Acido deberá salir del baño una solución de Cloruro de Potasio. De esta manera se elimina el Potasio, volviendo a quedar la banda en perfectas condiciones para volverse a usar en la desionización.

La banda deberá estar movida por motores de velocidad variable con objeto de poder graduar el grado de desionización, dependiendo este de las condiciones de la banda así como de la concentración de iones potasio en la suspensión de Alcohol.

Las capacidades de este conjunto de desionización que se han asentado en el Diagrama de Flujo adjunto son puramente estimativas y por lo tanto sujetas a variación. Los valores asignados son derivados de las observaciones de la experimentación.

Este proceso para desionizar en forma continua es aplicable no solo al Alcohol Polivinílico, sino a cualquier otro proceso en donde se hagan necesario el intercambio iónico.

Hasta el momento de redactar el presente trabajo la literatura especializada no designa ningún proceso parecido. Cuando cita la desionización continua hace hincapié en que aún está en fase experimental, y que se trabaja sobre el proceso llamado de "lecho Fluidizado" que opera a base de resina en lugar de resinas de los consiguientes problemas de densidades.

La suspensión de Alcohol Polivinílico una vez que ha salido del desionizador, se encuentra en una y pasa a la siguiente etapa en que elimina parte

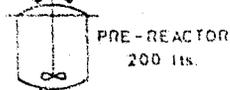
SOLUCION DE ACETATO DE POLIVINILO EN MET ANOL (20% de Sólidos)

(20% de Sólidos)

HIDROXIDO DE POTASIO 200 lts

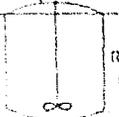
780 Kgs./hr

7.85 Kgs./hr



PRE-REACTOR 200 lts.

787.85 Kgs./hr



REACTOR 600 lts.

SUSPENSION DE ALCOHOL POLIVINILICO + KOH

787.85 Kgs./hr

BOMBA 5HP. (10% Apx de Sólidos)

DEIONIZADOR 300 lts.

MOTOR DE VELOCIDAD VARIABLE 3 H. P.

AGUA 200 lts./hr CIRCULANTE

ACIDO CLORIDRICO 10% 200 lts.

200 lts.

300 lts.

200 lts.

SOLUCION DE CLORURO DE POTASIO

780 Kgs./hr

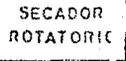
CENTRIFUGA CONTINUA 4000 R.P.M.

430 Kgs./hr

MOTOR DE VELOCIDAD VARIABLE 3 H. P.

SOLVENTE (A RECTIFICACION) ALCOHOL POLIVINILICO (POLVO PURO) 80 Kgs./hr.

VAPORES DE SOLVENTE A RECTIFICACION 350 Kgs./hr



SECADOR ROTATORIO

NUEVO PROCESO

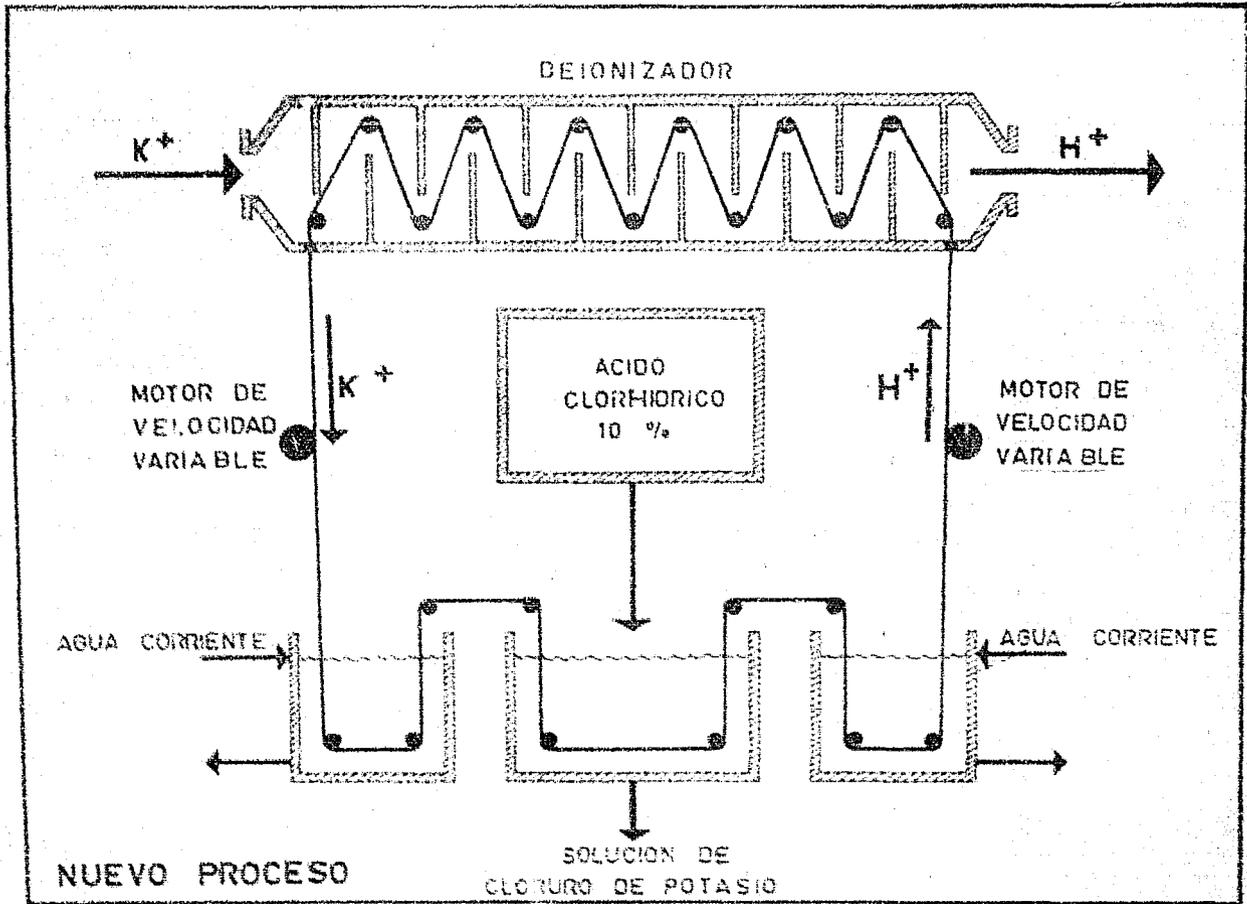
160

de solvente.

PARA ELIMINAR PARTE DEL SOLVENTE la suspensión pasa a una centrifuga continua igual a la usada en el Proceso Clásico, o sea que trabaja 4,000 R.P.M. que esté fabricada de acero inoxidable y que tenga una capacidad aproximada de 800 Kgs./hr. Aquí la suspensión elimina el 50% del solvente.

SECADO. Al igual que en el Proceso Clásico se lleva a cabo en un secador rotatorio de acero inoxidable y con aire caliente de circulación central; deberá estar equipado con salida apropiada para recuperar los vapores de solvente, así como de todos los aditamentos necesarios para su operación y control.

La capacidad de este secador será de 300 Kgs/hr. de agua evaporada (es menor que el utilizado en el Proceso Clásico debido a que el producto ha eliminado mucho mayor cantidad de solvente en la etapa de centrifugación).



## CAPITULO VII

### CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Como frecuentemente sucede en Ingeniería Química, el factor costo es el que en última instancia va a decidir sobre la aceptación o reprobación de un nuevo método o proceso de fabricación; por lo mismo, siempre que se proponga alguna innovación, deberá ir acompañada de una estimación económica.

Por esta razón, en este Tesis se incluyen algunas consideraciones de tipo económico sobre ambos procesos basadas en costos estimativos, que se obtuvieron de consultas con compañías que fabrican o importan el equipo apropiado para los procesos en cuestión. Esta comparación de costos se hace exclusivamente sobre el equipo en que difieren los dos procesos; se entiende puesto en México y en Moneda Nacional.

#### PROCESO CLASICO

2 reactores, de acero inoxidable, con capacidad de 600 lts. c/u equipados con camisa de vapor, condensador a reflujo, termógrafo, trampas de vapor, válvulas especiales de descarga, y demás accesorios de operación y control, (\$ 80,000.00 c/u) .....	160,000.00
2 Tanques de reactivos, uno para ácido acético, con capacidad de 100 lts. c/u y fabricados de hierro recubiertos con resina (\$ 1,000.00 c/u) .....	2,000.00
1 compresora de 5 H.P. ....	10,000.00
1 tanque de almacenamiento de acero inoxidable con capacidad de 2,000 lts. con gusano sinfín al fondo movido por un motor de 5 H. P. ....	20,000.00

1 secador rotatorio de acero inoxidable, que use aire caliente de circulación central, con capacidad de evaporación de 500 Kgs. de agua/hr. equipado con todos los aditamentos necesarios para operación y control .....	1,000,000.00
TOTAL .....	<u>\$1,192,000.00</u>

NUEVO PROCESO

1 reactor con agitación central, camisa de vapor, condensador a reflujo, termógrafo trampas de vapor, y demás aditamentos para operación y control fabricados de acero inoxidable, con capacidad de 200 lts. ....	20,000.00
1 reactor con agitación central, camisa de vapor condensador a reflujo, termógrafo, trampas de vapor, y demás aditamentos para operación y control de acero inoxidable, con capacidad de 600 lts. ....	55,000.00
1 bomba centrífuga de acero inoxidable. movida por un motor de 5 H.P. ....	10,000.00
1 tanque especial para Deionizar de 300 lts. de acero inoxidable, con rodillos del mismo material recubiertos con resina .....	30,000.00
4 recipientes adyacentes al Deionizador fabricados de hierro recubiertos con resina de 200 lts. c/u (1,500.00 c/u) .....	6,000.00
1 recipiente para la solución de Hidróxido de Potasio de 200 lts. de hierro recubierto con resina .....	1,500.00
1 secador rotatorio de acero inoxidable, que use aire caliente de circulación central con capacidad de evaporación de 300 Kgs. de agua/hr. ....	700,000.00
TOTAL .....	<u>\$822,500.00</u>

OTRAS CONSIDERACIONES

En la anterior estimación de costos, el Nuevo Proceso se comparó con la versión más simplificada y económica del Proceso Clásico, o sea con la que no usa lavado con Metanol; fácilmente se puede ver que el proceso que se usa lavado y recuperación del solvente aumentaría sensiblemente la diferencia entre los costos de equipo.

CAPITULO VII  
CONCLUSIONES

EL NUEVO PROCESO continuo para la fabricación de Alcohol Polivinílico que esta Tesis propone es superior al PROCESO CLASICO por lo siguiente:

ES DE POR SI UN PROCESO CONTINUO.

SE OBTIENE UN PRODUCTO MAS PURO.

EL COSTO DE EQUIPO ES MENOR.

SE TIENE MAYOR CONTROL SOBRE EL PROCESO.

EL TIEMPO DE PROCESO ES MENOR.

Asimismo se está en condiciones de afirmar que el Nuevo Proceso continuo para detoxificar con Resinas de Intercambio que en esta Tesis se presenta es el primero y único en su tipo, y que sin duda será precursor de muchos otros procesos similares, contribuyendo así a dar un paso adelante en el campo de la detoxificación continua, a base de Resinas de Intercambio Iónico.

B I B L I O G R A F I A

- (1) Arthur and Elizabeth Rose THE CONDENSED CHEMICAL DICTIONARY  
5th Edition P. 885 Reinhold New York 1956.
- (2) Du-Font de Nemours and Co. (Inc.) ELVANOL 3rd. Edition P. 7 Wil-  
mington, Delaware 1961
- (3) Raymond E. Kirk and Donald P. Othmer ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL  
TECHNOLOGY Volume 14 P. 714 the Interscience Encyclopedia, Inc.  
New York 1955
- (4) Brage Kolding Ph. D. POLYMERS AND RESINS P. 429 to 433 D. Van  
Nostrand Co. Inc. Toronto, Canada 1959
- (5) Dow Chemical Co. DOWEX: ION EXCHANGE P. 71 the Lakeside Press  
Chicago, Illinois 1959
- (6) Robert Kunitz ELEMENTS OF ION EXCHANGE P. 86 to 129 Reinhold  
New York 1960
- (7) W. O. Herrman and Hasknel U.S. 1,672,156
- (8) Calvin E. Schickenschel VINYL AND RELATED POLYMERS P. 341 to 357  
John Wiley and Sons, Inc. New York 1952

- (9) C.S. Stamatoff US 2,478,431; US 2,499,924; US 2,502,715.
- (10) Groggins PROCESOS INDUSTRIALES DE SINTESIS ORGANICA P. 920 y 921 Editorial Gustavo Gili Argentina
- (11) Ing. Rubén C. González EL ALCOHOL POLIVINILICO Revista "Ingeniería Química" Año 6 Núm. 57 P. 26 México, D.F. 1961

