



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**MODIFICACIONES INTRODUCIDAS EN UNA PLANTA DE  
CLORAL AL CAMBIAR UNA DE SUS MATERIAS PRIMAS**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTA:

**FUENTE CHÁVEZ, ADALBERTO DE LA**

ASESOR: ANDRADE CRUZ, ROBERTO EDUARDO

Ciudad Universitaria, México, D.F

1974



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



FORMA C

Universidad Nacional  
Autónoma de  
México

(AUTORIZACION PARA ESCRIBIR DEFINITIVAMENTE EL TEMA REVISADO)

C. Director Gral. de Servicios Escolares  
Universidad Nacional Autónoma de México,  
P r e s e n t e .

Me permito comunicar a usted, que el tema de INFORME

Titulado: "MODIFICACIONES INTRODUCIDAS EN UNA PLANTA DE CIORAL  
AL CAMBIAR UNA DE SUS MATERIAS PRIMAS".

que presenta: EL SR. ADALBERTO DE LA FUENTE CHAVEZ

Pasante de la Carrera de: INGENIERO QUIMICO

Fué aceptado por el Jurado nombrado para dicho examen, el cual quedó inte-  
grado en la siguiente forma:

Presidente Prof.: ANTONIO LOPEZ TORRES

V o c a l " : ROBERTO ANDRADE CRUZ

Secretario " : MAYO MARTINEZ KAHN

1er. Suplente " : GERARDO RAZAN NAVARREDE

2o. Suplente " : JORGE MARTINEZ MONTES.

108

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU "  
Cd. Universitaria D.F., a lo de FEBRERO de 1974

EL JEFE DEL DEPTO. DE PASANTES  
Y EXAMENES PROFESIONALES.

QUIM. JULIO TERAN Z.

CLAS: Tesis  
ABO: 1977  
FECHA: 1977  
REC: 1401-107



QUIMBO

INDICE.

- I INTRODUCCION
- II GENERALIDADES
- III ESTUDIO DE MERCALO.
- IV DIAGRAMA DE FLUJO Y DESCRIPCION DEL PROCESO.
- V SELECCION DEL EQUIPO Y TUBERIAS
- VI EVALUACION DEL PROYECTO
- VII CONCLUSIONES
- VIII BIBLIOGRAFIA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

Presidente: Prof. Arturo López Torrez  
Vocal: Prof. Roberto Andrade Cruz  
Secretario: Prof. Mayo Martínez Kahn  
1er. Suplente: Prof. Gerardo Bazán Navarrete  
2do. Suplente: Prof. Jorge Martínez Montes

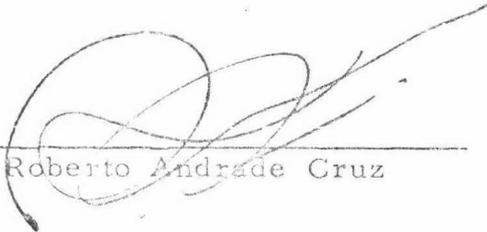
Sitio donde se desarrollo el Tema:

"GUANOS Y FERTILIZANTES DE MEXICO, S. A."

El sustentante:

  
\_\_\_\_\_  
Adalberto de 4a Fuente Chávez

Asesor del Tema:

  
\_\_\_\_\_  
I.C. Roberto Andrade Cruz

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FAÇULTAD DE QUIMICA

MODIFICACIONES INTRODUCIDAS EN UNA PLANTA  
DE CLORAL AL CAMBIAR UNA DE SUS MATERIAS  
PRIMAS.

ADALBERTO DE LA FUENTE CHAVEZ

INGENIERIA QUIMICA.

## I. - INTRODUCCION.

El objeto de esta tesis es presentar un informe de los trabajos efectuados en una planta de cloral para cambiar una de las materias primas empleadas: alcohol etílico, por acetaldehído.

Debido a las nuevas condiciones de operación - - que éste cambio significó, fueron adicionados - - nuevos equipos, sustituidos algunos y adicionada - la tubería y el equipo eléctrico necesario.

Además de los problemas de ingeniería básicos - encontrados en el proceso y de acuerdo con el -- enfoque actual de la industria se trató de resol - ver los problemas relacionados con la emisión de gases a la atmósfera y con la recuperación de - todos los sub-productos.

Como el cloral es materia prima para la fabri - cación del DDT es de imaginarse que los proble - mas que este producto ahora enfrenta, se refle - jen en aquel. Entretanto, mientras no se encuen -

tre un sustituto igualmente barato y eficaz, es de suponerse que el DDT continúe siendo utilizado en el control de algunos males que todavía constituyen un peligro latente para la humanidad como es el caso de la malaria.

La idea de este proyecto se desarrolló alrededor del año de 1967 y no se había llevado a cabo debido a que constituían en esa época uno de los mayores consumidores de alcohol etílico; y en caso que cambiaran la materia prima, disminuiría sensiblemente el mercado de este alcohol creando un problema en ese campo.

Al pasar esta compañía a manos del gobierno, el problema se simplificó, y una de las primeras medidas que se tomaron fué la de permitir el empleo del acetaldehído como materia prima.

Al cambiar el proceso para la obtención del cloral se expeditó la operación ya que el proceso actual es continuo y el anterior era por medio de cargas.

El proyecto se ejecutó siguiendo un desarrollo lógico de acuerdo con un programa de -- trabajo definido cuyas principales etapas se -- enumerán enseguida:

- 1.- Estudio económico.
- 2.- Obtención de créditos.
- 3.- Compra de la tecnología e ingeniería -- básica.
- 4.- Localizar y consultar a proveedores de -- equipo.
- 5.- Checar tiempos de entrega de equipos.
- 6.- Programar los pedidos de materiales y -- equipos.
- 7.- Emitir los requisiciones de equipo según el programa desarrollado.
- 8.- Definir la localización de equipo.
- 9.- Definir las rutas de tubería.
- 10.- Hacer los planos correspondientes para -- la localización de los equipos.
- 11.- Así como de sus cimentaciones y estruc -- turas.

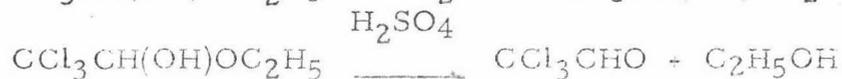
- 12.- Hacer los planos correspondientes para la localización de tubería.
- 13.- Hacer los dibujos isométricos de la tubería.
- 14.- Hacer la requisición por el material eléctrico necesario.
- 15.- Contabilizar la tubería, conexiones y - - válvulas necesarias.
- 16.- Emitir las requisiciones de tubería según el conteo efectuado.
- 17.- Emitir las requisiciones por la materia prima necesaria para el arranque de la - planta.
- 18.- Contratar la compañía constructora.
- 19.- Construir las cimentaciones y estructuras necesarias.
- 20.- Recibir los equipos encargados e instalarlos en su respectivo lugar.
- 21.- Recibir la tubería e instalarla siguiendo - las rutas definidas en los planos.
- 22.- Hacer la instalación eléctrica necesaria.

- 23.- Conectar la tubería a los equipos y a los respectivos cabezales de la planta.
- 24.- Instalar y calibrar los instrumentos.
- 25.- Colocar el aislamiento necesario.
- 26.- Recibir la materia prima, en este caso, el acetaldehído y el cloro.
- 27.- Comprobar el suministro de los servicios: agua, vapor y electricidad.
- 28.- Probar los equipos y la tubería, individualmente.
- 29.- Probar los sistemas de instrumentación.
- 30.- Comprobar el funcionamiento de la planta.
- 31.- Colocar la planta en operación.

## II. - GENERALIDADES.

## - REACCIONES -

El cloral se obtiene en la industria, actualmente, a partir de la cloración de alcohol etílico:



ó de acetaldehído:



En ambos casos se obtiene como subproducto, una cierta cantidad de gases de HCl. Estos gases arrastran algo del Cl<sub>2</sub> original, el cual hay que separar, con el objeto de obtener posteriormente un ácido muriático. Esto se logra burbujeando la mezcla de gases en benceno seco, formándose monoclorobenceno y HCl utilizado en la producción de DDT y HCl gaseoso:



Todo el HCl gaseoso que se produce junto con el que venía previamente con Cl<sub>2</sub>, arrastra algo de benceno.

El HCl gas se absorbe en agua para formar ácido - -  
 muriático, que se vende. El benceno se recupera por  
 condensación y un secado posterior, y el monocloro -  
 benceno se almacenará y se complementará poster - -  
 riormente con el monoclorobenceno formado en una -  
 planta adjunta, para la fabricación de DDT.



Además de usarse en la fabricación de DDT y de - -  
 otros insecticidas como el metoxicloro y el DDVP - -  
 (2.2-dicloro vinil-dimetil fosfato) el cloral, como - -  
 clorhidrato de cloral se utiliza en productos farma - -  
 céuticos.

- PROPIEDADES FISICAS -

Materias primas:

ALCOHOL ETILICO:

Densidad relativa	0.82
Calor específico (23°C)	0.618 cal/gr.
Concentración.	91 %
Indice de refracción (n 20/D)	1.3651
Punto de ebullición	78°C
Punto de fusión	-117.3°C
Presión de vapor (20°C)	43 mm. Hg.

Punto "Flash" 14°C.

ACETALDEHIDO

Líquido volátil, e incoloro:

Densidad relativa	0.785
Temperatura de auto ignición	185°C
Punto de ebullición(760 mm Hg)	20.8°C
Límites de explosividad (% vol. aire)	Inf. 21.0 Sup. 57.0
Punto "Flash"	- 50°C
Punto de congelación	- 123.5°C
Calor de combustión	-279.0 Kcal/g mol
Indice de refracción (n <sub>20/D</sub> )	1.3316
Viscosidad (20°C)	0.2307 poise

CLORO:

Gas color verde.

Punto de ebullición	- 34.5°C
Densidad gas (0°C, 76 OmmHg)	3.22 g/l
Líquido (0°C)	1.47 g/l
Punto de congelación	- 100.98°C
Calor de fusión	22.9 cal/g.
Calor de vaporización	68.8 cal/g

## BENCENO.

Líquido claro, incoloro, inflamable, de olor característico, ligeramente soluble en agua.

Punto de ebullición.	80.1°C
Punto de fusión	5.5°C
Densidad relativa (20/4°C)	0.879
Índice de refracción (n 20/D)	1.5011
Punto "Flash"	-11°C
Límites de explosividad (% vol. en aire)	Inf. 1.5 Sup. 8.0

## -SUB-PRODUCTO.

## ACIDO CLORHIDRICO.

HCl en solución acuosa, color amarillento, olor - - irritante, muy corrosivo.

## - PRODUCTOS -

## CLORAL

Líquido incoloro y aceitoso, con olor penetrante, soluble en alcohol, éter y cloroformo, se combina con agua para formar su hidrato.

Densidad relativa	1.5121
Punto de fusión	- 57.5°C
Punto de ebullición	97.7°C

Presión de vapor (20°C)	35 mmHg
Índice de refracción (n 20/D)	1.4557
Punto "Flash"	75°C
Calor latente de vaporización	97.1 BTU/lb.

#### MONOCLOROBENCENO

Líquido claro, incoloro, insoluble en agua.

Punto de ebullición	131.6°C
Punto de fusión	-45.6
Punto "Flash"	29.5°C
Densidad relativa (25°C/25°C)	1.105
Índice de refracción (n <sub>20</sub> /D)	1.5216
Límites de explosividad (%vol - aire)	Inf. 1.8 Sup. 9.6

### III Estudio de mercado

Con el objeto de justificar la inversión, en un producto que tanto ha sido combatido últimamente, se hizo una investigación para obtener los datos necesarios sobre el mercado del DDT y sobre la producción de éste último, así como su importación en los últimos años. Con ese fin se consultaron a la Secretaría de Industria y Comercio, y a la Asociación Nacional de la Industria Química, -- obteniéndose los datos que se exponen a continuación.

Como se puede ver, lejos de disminuir el consumo permanece estable, lo que se justifica teniéndose en cuenta a uno de los principales compradores: la Secretaría de Salubridad y Asistencia, que lo utiliza en el combate a los insectos transmisores de la malaria y el paludismo y cuya participación es esencial, ya que estos insectos hasta el presente no han dado muestras de haber generado resistencia a este insecticida.

Importaciones de DDT.

Año.	Kg.	\$	M. N.
1962	1,312,296		6, 761.294
1963	2,503.312		11,716.144
1964	2,495.175		11,736.973
1965	2,000,373		8,742.587
1966	1,564,740		8,740,790
1967	1,844,904		9,667.020
1968	965.118		5,087,688
1969	1,223,936		6,641.251
1970	90,000		596,152
1971	83,073		595,577

Desarrollo de las inversiones para la producción de -

DDT.		Capacidad	Inversión millones de pesos.
Año.	Empresa		
1958	Montrose Mexicana, S.A.	5,000	53
1960	Diamond Chemical	1,700	47
1965	Montrose Mexicana	- - -	10
1969	Guanos y Fertilizantes, S. A.	- - -	5

## Producción de DDT por GUANOMEX.

Año.	Ton.
1964	4,189.5
1965	3,568.5
1966	4,595.1
1967	3,937.7
1968	3,161.0
1969	2,703.3
1970	2,934.0
1971	5,301.0

## Producción de Cloral por GUANOMEX.

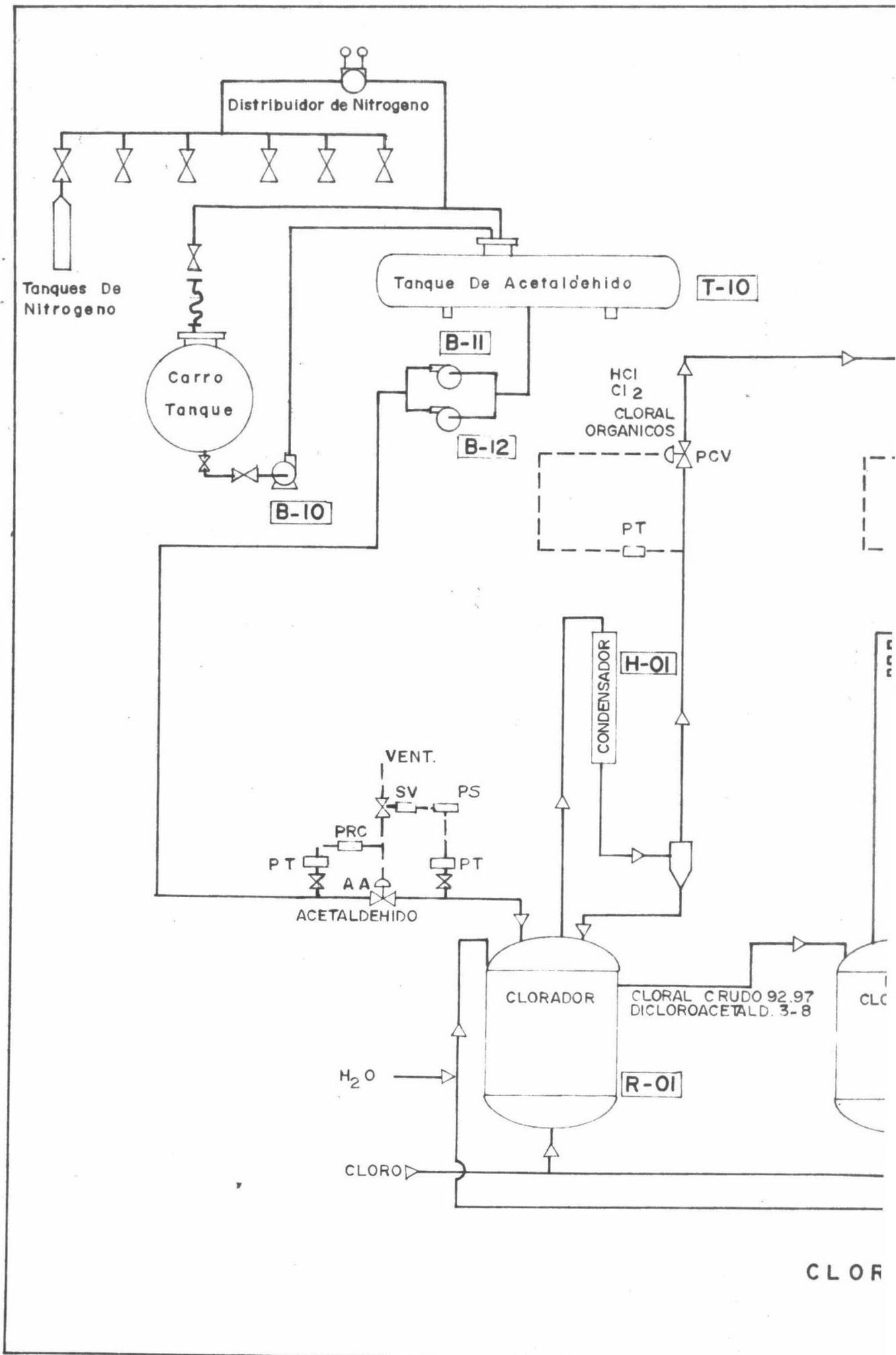
1964	2,052.9
1965	1,748.6
1966	2,251.6
1967	1,929.5
1968	1,545.9
1969	1,324.7
1970	1,437.7
1971	2,597.5

#### IV. - DIAGRAMA DE FLUJO Y DESCRIPCION DEL PROCESO.

##### CLORADORES:

Cloro y acetaldehído se alimentan continuamente a través de sus respectivos distribuidores, a una solución de cloral crudo, burbujeando. Se alimentan al mismo tiempo, agua pura y una mezcla de HCl/Cloral con el objeto de mantener la cantidad deseada de agua en el líquido contenido en el reactor. Es esencial mantener el nivel del líquido en el clorador, ya que si este llegare a bajar lo suficiente como para permitir que cloral y acetaldehído entren en contacto directo, podría dar lugar a una reacción extremadamente rápida. El calor desarrollado podría dañar el equipo y posiblemente herir a algún operador.

La cloración del Acetaldehído se produce instantáneamente, convirtiéndose casi enteramente en cloral. La proporción Acetaldehído/cloro se ajusta de tal manera que se forma también Dicloro-acetaldehído. Al irse formando el cloral crudo, el conte



nido líquido del reactor se derrama a través de la tubería la cual está provista de una Te de vidrio, como mirilla, al Post-clorador.

El nivel del líquido en el clorador se mantiene en su valor correcto por medio de las válvulas de descarga.

La presión en el clorador se mantiene constante -- controlando el flujo del gas producido en la unidad. El gas desprendido contendrá aproximadamente 92 % HCl y 8 % cloro, con trazas de cloral y otros vapores orgánicos, y fluye a través del cabezal al Lavador de Gases de Venteo.

El cloral crudo que fluye al Post-clorador contiene de 3 a 8 % de Dicloroacetaldehído, lo que es perjudicial en la producción de DDT. El objeto del Post-clorador es el de reducir el porcentaje de dicloroacetaldehído a un nivel más aceptable. Esto se consigue manteniendo el Post-clorador a la presión y temperaturas adecuadas, agregando continuamente pequeñas cantidades de cloro. El cloral crudo abandona el Post-clorador con menos de 0.5 % de dicloroacetaldehído.

El gas desprendido en el Post-clorador consiste principalmente de HCl, con pequeñas cantidades de cloro, se reúne al gas desprendido en el - - Clorador para ir a dar al Lavador de Gases de - Venteo.

El cloral crudo fluye del Post-clorador al tanque de Almacenamiento de Cloral crudo donde se - - almacena hasta su procesamiento en el Hervidor de Cloral. Como la presión del cloral almacenado se mantiene a 15 ó 20 psig, el cloral desprende gases disueltos antes que se le bombee al hervidor, estos gases también van a dar al Lavador de Gases de Venteo.

#### LAVADOR DE GASES Y SISTEMA DE RECUPERACION DE CLORAL.

Los gases provenientes del clorador de acetaldehído, - Post-Clorador y almacenamiento de cloral, se reúnen en un cabezal común, se componen de un 90 % de - - HCl, un 9% de cloro y un 1 % de una mezcla de cloral y vapor de agua.

Esta corriente gaseosa entra a la sección en donde el

líquido lavador es enfriado por agua. La finalidad de esta sección es remover casi totalmente todo el cloral presente. La mezcla de gases entra a la columna de lavado por su parte inferior y la abandona por su parte superior, a contra-corriente con el líquido lavador, compuesto este de un 40 % de HCl, que entra por la parte superior de la columna y fluye hacia abajo a través de la torre almacenándose en el tanque de recuperación de cloral. La mayor parte del cloral es separado de la corriente gaseosa por la acción lavadora del líquido. La temperatura del gas que abandona esta sección, está entre 25 y 30°C.

La bomba de circulación toma en su succión el líquido del tanque de recuperación de cloral, y lo circula a través de un enfriador por agua, donde se le baja la temperatura y otra vez se le vuelve a introducir a la columna. Una corriente secundaria del líquido se separa en la descarga de la bomba y se la envía al Clorador de Acetaldehído, como solución de repuesto. La bomba estaría equipada con un control de contra-presión, para mantener una presión constante a la descarga y que no varíe el flujo al clorador.

El gas que abandona la sección enfriada por agua pasa a la sección enfriada por salmuera. La finalidad de esta sección es secar la corriente gaseosa, enfriándola a una temperatura menor, preparándolo para emplearlo en el "benzolador".

De la misma forma que en la sección enfriada por agua, el gas fluye hacia arriba a través de la columna lavadora en contra corriente al líquido lavador, compuesto de un 50 % de HCl. El líquido lavador en este caso, es mucho más frío, la temperatura del gas a la salida de la columna está entre 0 y 5°C.

La corriente gaseosa después de dejar la sección enfriada por salmuera, pasa a través de un desnebulizador en donde cualquier partícula líquida, por pequeña que esta sea, es removida del gas. El gas fluye entonces hacia el "benzolador de cloro residual".

#### BENZOLADOR DE CLORO RESIDUAL

Los gases de venteo provenientes del Sistema Clorador de acetaldehído después de ser lavados en el sistema de Lavado de Gases de Venteo todavía contienen de un 8 a un 10 % de cloro. Este cloro de

berá ser removido antes que el HCl en el gas pueda ser absorbido para producir ácido muriático. Los gases, tanto de cloro como de HCl, se burbujean en el Benzolador de cloro residual que contiene a su vez un crudo clorado, con aproximadamente un 50 % de benceno.

El cloro reacciona con el benceno, produciendo Monoclorobenceno y más gas HCl. El HCl gaseoso, saturado con vapor de Benceno y algo de vapor de agua se enfría. El benceno y el agua se condensan pero debido al contenido de agua, ya no se recircula al benzolador, siendo llevado, junto con la corriente gaseosa al Sistema Unificado de Acido Muriático. Debido a que este flujo no se recircula al Benzolador, su contenido se seca continuamente. Para una buena operación y reducir la corrosión, el líquido en el Benzolador no deberá contener más de 100 ppm de agua, esto se logra a pesar de que el gas entrante trae una cierta cantidad de vapor de agua, mediante la operación arriba descrita.

Benceno seco se alimenta continuamente al Benzolador

por un extremo, mientras que por el otro fluye continuamente un crudo clorado. Este crudo, va a dar a un Asentador de Cloruro Férrico, donde se decantará todo el cloruro férrico que contenga. El crudo "limpio" sobrenada y fluye de la parte superior del Asentador al Tanque de Almacenamiento de MCB, crudo. La solución de Cloruro Férrico se drena periódicamente del fondo del asentador al tanque de muestreo. El MCB crudo es periódicamente muestreado y se chequea su gravedad específica, lo que determina la alimentación de benceno.

#### SISTEMA UNIFICADO DE ACIDO MURIATICO.

Las corrientes gaseosas provenientes del Sistema de Cloración de Acetaldehído y del Benzolador Principal (proveniente de una planta adyacente) se unen en un solo cabezal y se envían al Sistema de Acido Muriático.

Esta corriente gaseosa, contiene HCl gaseoso, vapor de benceno y benceno líquido húmedo. El benceno líquido se separa en una "Te" separadora, colocada en el cabezal.

El benceno, que también contiene una pequeña cantidad de cloruro férrico, se drena al "Lavador de Benceno", mientras que los gases, después de la separación, pasan a través de un desnebulizador, en donde se separan las posibles trazas de benceno líquido y de cloruro férrico, que hubieren sido arrastradas por los gases. El líquido removido por el desnebulizador también se drena al "Lavador de Benceno".

La corriente de HCl gaseoso, que todavía contiene vapor de benceno, fluye a un Absorbedor de Película entrando por su parte superior, por ahí también se alimenta una corriente de ácido clorhídrico débil, (8-12% HCl). El HCl gaseoso y el ácido débil pasan a través de los tubos del Absorbedor, saliendo por su parte inferior.

Como líquido enfriador, se utiliza agua fría en el exterior de los tubos. El ácido débil absorbe el HCl gaseoso mientras fluyen hacia abajo en los tubos. El ácido diluido se va concentrando, y al llegar al fondo del Absorbedor ya aumentó su concentración a - - -

33-35 % de HCl. El vapor de benceno a su vez se -  
condensa en su paso a través del absorbedor. De - -  
éste modo tendremos, en el drene del Absorbedor de  
Película, un ácido concentrado (34-36% HCl) saturado  
con benceno, así como una corriente de benceno líqui-  
do. Al ácido concentrado llamaremos ácido crudo.

La concentración del ácido crudo se controla en parte  
por la temperatura, y se determina en el gasto de agua  
de enfriamiento que fluye en la coraza del absorbedor.  
La temperatura del ácido crudo es, por lo tanto, con-  
trolada por un sistema que detecta la temperatura del  
ácido crudo y modifica el flujo de agua a través de la  
coraza. En su paso a través del absorbedor, no toda  
la corriente gas es absorbida, únicamente un 90-95 %  
de él.

Támpoco todo el benceno se condensa de este modo,  
también abandona el absorbedor por su parte inferior  
una corriente de HCl/Benceno gaseosa que fluye al --  
Absorbedor Secundario, este flujo será dis cutido más  
tarde. A pesar de todo, el ácido crudo que se drena-

del Absorbedor de Película fluye a través de un sello líquido, al decantador de ácido crudo. En el decantador, el benceno y el ácido se separan siendo que el benceno sobrenada continuamente al lavador de benceno. El ácido fluye de la parte inferior del Decantador al Recibidor de Acido Crudo.

Después de decantar, el ácido crudo todavía contiene aproximadamente 1,000 ppm. de benceno disuelto, que deben ser removidas antes que el ácido pueda ser empleado ó vendido.

El benceno se elimina del ácido en el Agotador de Benceno. El ácido crudo se alimenta por la parte superior de la columna y el calor aplicado al rehervidor hace que el ácido en el fondo de la columna hierva. El HCl gaseoso que se desprende del ácido, sube a través de la columna agotando el benceno del ácido que baja a contra corriente en la columna, de tal manera que el ácido que llega al fondo de la columna del Agotador está libre de benceno (menos que el 0.03%) y contiene 31.0 a 32.0 % de HCl. El HCl gaseoso y los vapores de benceno agotado que salen por la parte su-

perior del agotador pasan al absorbedor secundario.

El producto ácido fluye del agotador por gravedad -- pasando por el enfriador del producto ácido se acu - mula en los tanques recibidores de ácido. Después - de checada su calidad, el ácido se bombea a los tanques de almacenamiento de ácido.

La corriente gaseosa de HCl/Benceno que sale del - absorbedor de película entra por la parte inferior -- del Absorbedor Secundario, mientras que por la parte superior del Absorbedor, se recircula ácido débil, así como agua de repuesto. El HCl restante es absorbido por el líquido y el benceno se condensa. El lí - quido que se drena por el fondo del Absorbedor es - - una corriente de ácido débil y benceno líquido que fluye a través de un enfriador, al decantador de ácido débil. En el decantador se separan el benceno y el -- ácido, el benceno sobrenadando continuamente del decantador al "lavador de benceno". El ácido fluye por la parte inferior del decantador al recibidor de ácido diluído. El ácido de ahí se bombea, dividiéndose en - dos líneas, una de ellas se alimenta al Absorbedor -

de Película, para hacer ácido crudo.

La otra se circula al Absorbedor Secundario y de ahí otra vez al Recibidor de Acido Diluido.

Como se dijo antes, se agrega agua en la parte superior del Absorbedor Secundario. Esta adición se hace de acuerdo con lo que sea necesario para mantener el nivel del Recibidor de Acido Débil, para reponer el ácido que se alimenta al Absorbedor de Película.

Pequeñas cantidades de HCl gaseoso y vapores de benceno y agua así como algunos inertes se ventean, por arriba del Absorbedor Secundario. Este flujo se condensa en un enfriador enfriado por salmuera, colocado en la parte superior del absorbedor. Los líquidos condensados recirculan al Absorbedor mientras que los inertes se ventean a la atmósfera.

La concentración del ácido diluido depende de la cantidad de HCl gaseoso que no se absorbe en el Absorbedor de Película y entra al Absorbedor Secundario para absorberse en la corriente de ácido diluido.

## RECUPERACION DE BENCENO.

Todas las corrientes de benceno se reúnen en un -  
cabezal común. Estas corrientes son:

- 1) Benceno del desnebulizador y drene del cabezal -  
de gases.
- 2) Benceno de los tanques decantadores en el siste-  
ma ácido unificado.
- 3) Benceno del hervidor de MCB.

Fluyen a la sección de lavado de benceno, entrando  
a la bomba de lavado. El benceno y el agua se mez-  
clan completamente en dicha bomba, por la acción -  
de las propelas. Al producirse un contacto completo,  
con el agua, el HCl líquido y el cloruro férrico

presentes en el benceno se lavan y se disuelven en el agua. La mezcla benceno/agua se descarga en un pequeño tanque lavador, que le sirve también de colchón a la bomba, de donde también succiona y recircula continuamente su contenido, en esta forma, cada volumen de benceno entra en contacto muchas veces con volúmenes de agua antes de fluir del lavador.

La mezcla benceno/agua fluye del lavador al decantador de benceno. En este tanque se separa el agua del benceno. El agua fluye continuamente al drenaje y el benceno sobrenada al Recibidor de Benceno húmedo.

El benceno húmedo se alimenta al secador azetrópico de benceno, donde se seca. El benceno se alimenta por la parte superior de la columna secadora, mientras que en su parte inferior, se aplica vapor al tanque hervidor. Al hervir el benceno, los vapores que se desprenden suben por la columna, entrando en contacto con el benceno húmedo que baja, el cual al llegar al tanque hervidor, está seco.

Los vapores que salen por la parte superior de la columna (benceno y agua) se condensan y fluyen -- otra vez al Decantador de Benceno. El benceno seco que sobrenada en el tanque hervidor, se enfría y se bombea al tanque de almacenamiento.

## V. - SELECCION DEL EQUIPO Y TUBERIAS.

### - MATERIALES DE CONSTRUCCION -

La selección del material más conveniente para la construcción de sistemas y equipos de proceso es uno de los principales deberes del ingeniero químico a cargo de un proyecto.

Como las operaciones químicas usualmente involucran el uso de sustancias ácidas, alcalinas u otras altamente corrosivas, una planta química se destruiría rápidamente a menos que se construyera con materiales resistentes a las sustancias que se van a manejar. De la misma forma, ciertas operaciones químicas, se llevan a cabo a altas temperaturas en donde la corrosión se incrementa, así como otras operaciones se hacen bajo rangos de presión que pueden variar, desde unos pocos kilos a varias toneladas por  $\text{cm}^2$ , lo que implica un gran esfuerzo a la tensión y mayor tendencia a corroerse.

Las condiciones más severas en un proceso involucran el uso de sustancias químicas muy corrosivas a al-

tas presiones y temperaturas. Una falla en la planta bajo esas condiciones podría provocar no solamente pérdidas de material, sino accidentes ó posibles pérdidas de vidas humanas.

La corrosión no solamente limita la vida de las plantas, sino que también puede contaminar el producto. En muchos casos una determinada operación no puede ser efectuada debido a que no se consiguen materiales de construcción adecuados en este último aspecto.

El desarrollo de un proceso, muchas veces se transforma en un problema de selección del material de construcción de la planta en donde se llevará a cabo. Una ilustración de esto es el desarrollo de la cerámica químicamente resistente, lo cual permitió la producción del ácido clorhídrico químicamente puro.

Se puede ver entonces que, en la aplicación de los materiales de construcción a plantas químicas, no se deberán únicamente tomar en cuenta sus propie -

dades mecánicas y las influencias comunes del medio ambiente y de la oxidación, sino que también - los efectos producidos por grandes rangos de variación en las condiciones físicas así como la acción - corrosiva de los materiales en el proceso.

Análisis del comportamiento de los materiales, no debe limitarse al laboratorio químico ó al de ingeniería. Tales conocimientos deben formar parte - vital también del ingeniero químico que es el que - debe estar enterado de las tres fases del trabajo -- en una planta: diseño, construcción y operación. - - Además, es deseable que el ingeniero químico co -- nozca las limitaciones de los constructores y contratistas con respecto a los varios materiales que se van a emplear. Por ejemplo, a veces sucede que tanques especificados en cerámica, son demasiados grandes ó de diseño y forma de difícil fabricación, significando un riesgo considerable de estropear el material. También a veces se especifican tanques en - - hierro-silicón, material imposible de fabricar a un precio razonable debido a su dificultad de trabajar.

El uso de equipo y materiales "standard" tiene su bien merecido mérito en el campo de la ingeniería química. La experiencia en otros materiales más especializados, también tiene su valor y se deberá usar tanto como sea posible. La mayoría de la información para resolver problemas de fabricación y corrosión es accesible a través de los proveedores, que ven en este intercambio de información la posibilidad de colocar algún pedido.

Finalmente y probablemente lo más importante en un equipo "standard" es generalmente, su precio más barato al adquirirse, así como en sus costos de reparación, debido a las grandes existencias de refacciones ó repuestos.

A pesar del axioma de seleccionar equipo "standard" (de línea), a veces sucede que el ingeniero se encuentra con situaciones que únicamente podrán resolverse con diseños especiales y muy probablemente con el uso de materiales también especiales.

Con el objeto de diseñar adecuadamente una planta

química ó un equipo, es de vital importancia tener un conocimiento pleno de las propiedades químicas y físicas de los materiales que toman parte en el proceso, así como los que resultan al final del proceso. No únicamente es necesario conocer sus características al principio y al final de la reacción, sino que a todo lo largo del proceso.

El ingeniero químico deberá entonces cooperar con el químico y acompañar en el laboratorio al desarrollo de todo el proceso, con el objeto de determinar los materiales de construcción de la planta piloto.

Al acompañar a través de la operación en el laboratorio (que se haría en los clásicos recipientes de porcelana y vidrio) se lleva a cabo un estudio de las propiedades físicas y químicas de los materiales usados.

En seguida, se efectúa una nueva corrida, introduciendo en cada uno de los equipos, una muestra del material seleccionado para usarse en la construcción del equipo final.

Después de terminada la corrida, se deberán examinar las muestras para cuantificar las pérdidas por corrosión, así como el producto deberá ser examinado detalladamente para ver si los materiales de construcción propuestos lo afectaron.

Resumiendo, el material de construcción perfecto para una planta donde se manejan productos químicos, deberá :

- a) Ser inatacable por los reactivos químicos empleados.
- b) No influir en el proceso químico.
- c) Ser mecánicamente factible y fácil de fabricar.
- d) Ser esencialmente económico en su costo.

En la práctica, entretanto es muy raro encontrar todos estos factores reunidos en un sólo material y, asimismo, en algunos casos, el ingeniero se tiene que conformar con una relativa aproximación a estos factores ya que la tecnología actual no ha desarrollado el material adecuado.

En el caso presente, el empleo de ácido clorhídrico

en diferentes concentraciones y mezclado con distintas sustancias, tornó crítica la selección de los materiales de construcción para los equipos y tuberías. Aunque ya se tenía una cierta experiencia en el manejo de estos líquidos, al aumentar la presión y variar los rangos de temperatura de operación, hubo necesidad de desechar muchos materiales que anteriormente se habían utilizado con éxito.

### REACTORES

Para la construcción de los reactores, se escogió acero al carbón, vidriado interiormente, con el objeto de darle alta resistencia a la corrosión y como alta resistencia térmica características estas del vidrio sumadas a una alta resistencia mecánica del acero.

El vidriado es del tipo "borosilicato" con algo más de óxidos alcalinos y alúmina. La aplicación de este material se hace en varias capas, siendo la primera rica en óxido de cobalto para facilitar la adherencia entre el metal y el vidrio. Una vez recubier-

to se lleva el tanque ó reactor a hornos especiales en donde se calienta a altas temperaturas con el objeto que se funda el vidrio y se adhiera al metal. El vidrio empleado tiene un coeficiente de expansión térmica de aproximadamente  $100 \times 10^{-7}$  cm/cm°C, - éste valor se escogió deliberadamente menor que el del acero de tal manera que en el artículo final el vidrio se encuentra en un estado de compresión, -- con el objeto de mejorar sus resistencias térmica y mecánica. Generalmente se hacen varias aplicaciones de vidrio con el objeto de tener un recubrimiento adecuado.

Si el vidriado ha sido bien formulado, el equipo podrá resistir esfuerzos hasta el límite elástico del acero sin que rompa el recubrimiento, las pruebas indican que hay una adherencia del orden de 5 a  $10 \times 10^3$  psi entre la capa de vidrio y el metal.

La resistencia al "shock" térmico depende de la temperatura de operación. A medida que esta aumenta, los esfuerzos de compresión en el vidrio disminuyen.

nuyen. Se recomienda, como es el caso, para una temperatura de 120°C, un "shock" térmico máximo de 93°C.

CORROSION DE ACERO VIDRIADO EN MEDIO ACIDO Y EN AGUA DESTILADA A LA EBULLICION -- (PULG. POR AÑO).

SOLUCION	FASE LIQUIDA	FASE VAPORES
H <sub>2</sub> O destilada	< 0.001	0.0095
- HCl		
50 ppm	< 0.001	0.0064
500 ppm	< 0.001	0.0013
1.0 %	< 0.001	< 0.001
10.0 %	0.0016	0.0014
14.0 %	0.0012	0.0031
18.0 %	< 0.001	0.0052
- H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
50 ppm	< 0.001	0.0058
500 ppm	< 0.001	0.0017
1.0 %	0.001	< 0.001
10.0 %	0.0017	< 0.001
20.0 %	0.0013	< 0.001

Para empaques y burbujeadores, se utilizó teflón que

es prácticamente inerte.

El alimentador de acetaldehído, un pequeño tubo que introduce el acetaldehído en el líquido ácido inicial, debe ser resistente a la corrosión y no doblarse ó cerrarse cuando el líquido esté en movimiento, se escogió un tubo de tantalio.

El comportamiento químico del tantalio es similar al vidrio. Es resistente a la mayoría de los ácidos, pero se corroe fácilmente por soluciones calientes de álcalis concentrados.

También se usa el tantalio, para reparar el vidrio de los reactores cuando aparecen pequeñas perforaciones ó cuarteaduras.

CAMBIADORES DE CALOR, BOMBAS DE PROCESO Y TORRES DE ABSORCION DE GRAFICO SINTETICO.

Aprovechando el equipo instalado previamente, se utilizaron los mismos enfriadores de cascada, para enfriar los gases y condensar los vapores que se generan en los reactores.

Tanto los enfriadores de cascada, como las bombas de proceso, son de grafito sintético impermeabilizado. Se escogió este material, debido a sus propiedades, así como su accesibilidad en el precio.

El grafito sintético se produce a partir de antracita, carbón de retorta, coques de petróleo, carbón de leña, negro de humo, grafito natural y grafito sintético, mezclados con alquitrán, brea, ó resinas sintéticas, esta mezcla se introduce a un horno, en donde en el primer ciclo de calentamiento el material volátil se evapora y las partículas de carbono se sintetizan, al carbonizarse el pegamento. En esta forma el material ni es cristalino completamente ni es amorfo; se le llama mesomorfo. Tratamientos térmicos posteriores, a temperaturas más altas desarrollarán el tamaño de los cristales de grafito, hasta formar el grafito sintético como tal con las siguientes propiedades:

Densidad	lb/ft <sup>3</sup>	100 a 110
Dureza	(° Shore)	30 a 60
Porosidad	%	10 a 30

Esfuerzo máximo	(PSI) :	
Tensión	medio	500 a 1,200
	máximo	3,000
Cortante	medio	1,000 a 2,000
	máximo	3,000
Compresión	medio	4,000 a 6,000
	máximo	12,000
Transversal	medio	1,000 a 2,000
	máximo	4,000
Módulo de Young (Psi)		0.4 a 3.0 x 10 <sup>6</sup>
Coef. expansión ( °C)		1 a 5 x 10 <sup>-6</sup>
Calor específico (0° a 100°C)		0.17 a 0.18
Resistividad (ohm. in.)		0.001 a 0.0003
Conductividad térmica (BTU/hrft <sup>2</sup> F)		20 a 100

En general, las propiedades físicas del grafito sintético no se alterarán por temperaturas hasta 3.000°C, teniendo el cuidado de proteger el material contra la oxidación.

Durante la fabricación del grafito sintético, hay un -- desprendimiento de material volátil en los diferentes - ciclos de calentamiento, lo que provoca que el producto final sea poroso. En el caso que esta porosidad sea inconveniente, como sucede con los cambiadores de - -

calor, bombas y torres de absorción es necesario -  
impregnar el material con alguna substancia, en - -  
éste caso se usaron resinas sintéticas con una re --  
sistencia química similar a la del grafito, conservan  
do así las propiedades del material inicial.

Para manejar el ácido muriático contaminado, así -  
como las líneas de venteo, se prefirió la tubería de  
vidrio y de Haveg, ambas más baratas y con la re-  
sistencia suficiente para resistir el ataque de dichas  
substancias.

La resina Haveg empleada consiste en una mezcla de  
resina fenol formaldehído, con asbesto extractado en  
ácido, recomendada especialmente para ácidos mine-  
rales e hidrocarburos clorados y con las siguientes -  
propiedades:

Temp. °F	esfuerzo máx a la tensión (psi)	ésf. máx. a la com- presión (psi)	esf. máx. cortante (psi)	modulo tensión (psi)	modulo compresión (psi)
----------	--	--	--------------------------------	----------------------------	-------------------------------

78	3,800	14,800	9,500	$8.7 \times 10^5$	$5.3 \times 10^5$
300	2,100	10,800	7,600	$3.6 \times 10^5$	$4.5 \times 10^5$

	Modulo cortante (psi)	Dureza (Barcoal) # 934)	Conditermio BTU/ft <sup>2</sup> /OF/ hora/in/in.	Coef. exp. térnico in/in°F	Densidad lb/in <sup>2</sup>
--	-----------------------------	-------------------------------	--	----------------------------------	--------------------------------

78	$0.8 \times 10^5$	49	2.48	$1.3 \times 10^5$	0.061
300	$1.7 \times 10^5$	34	2.48	$4.3 \times 10^5$	0.061

2.- LISTA DE EQUIPO.

Bombas:

- B-01            Recirculación de solución clorada (1a. etapa).
- B-02            Recirculación de solución clorada (2a. etapa).
- B-03            Purga de cloruro férrico
- B-10            Descarga de carros tanque.
- B-11,12        Alimentación de acetaldehído al clorador

Desnebulizadores:

- D-01            Gases hacia benzolador.
- D-02            Gases a recuperación.

Torres de absorción:

- E-01            Recuperación de cloral (1a. etapa)
- E-02            Recuperación de cloral (2a. etapa)

Intercambiadores de calor:

- H-01            Condensador del clorador.
- H-02            Condensador del postclorador
- H-03            Condensador del tanque almacén de cloral
- H-04            Recuperador de cloral (1a. etapa.)

H-05 Recuperador de cloral (2a. etapa)

H-06 Condensador del benzolador.

Reactores:

R-01 Clorador

R-02 Postclorador

F-03 Cloral crudo

Tanques:

T-01 Recuperador de cloral

T-02 Recuperador de cloral

T-03 Benzolador

T-04 Decantador de cloruro férrico

T-10 Tanque de acetaldehído

3.- DESCRIPCION DE EQUIPO.

B-01 Recirculación de solución clorada (1a. - etapa).

Además de recircular la solución clorada en la primera etapa de recuperación de cloral, esta bomba envía parte de esta solución clorada al reactor R-01. Ya se encontraba instalada anteriormente. Características:

Marca:	Karbato
Modelo:	CA
Tipo:	Centrífuga horizontal.
Fluido manejador:	Solución clorada.
Capacidad:	150 GPM
Carga dinámica total:	50 ft
Material de construcción:	Grafito sintético impermeabilizado
Diámetro en la succión:	3" (76 mm)
Diámetro en la descarga:	2" (50 mm)
Motor:	5 HP
Sello:	Mecánico

B-02

Recirculación de solución clorada (2a. -  
etapa).

Adquirida para esta segunda etapa de re-  
cuperación de cloral.

Marca: Karbate

Modelo: 31FBF

Tipo Centrífuga horizontal

Fluido manejado: Solución clorada

Capacidad 60 GPM

Carga dinámica total 28 ft.

Material de construcción: grafito sintético

impermeabilizado

Diámetro en la succión 2" (50 mm)

Diámetro en la descarga 1.1/2" (38 mm)

Motor. 5 H.P.

Sello. Mecánico

B-03

Purga de cloruro férrico

Con el objeto de enviar la solución de clo-  
ruro férrico a la recuperación de benceno,  
se adquirió esta bomba con las siguientes  
características:

Marca: Worthington

Modelo: 1CNFE-62  
 Tipo: Centrífuga horizontal  
 Fluído manejado: Solución de cloruro férrico  
 Capacidad: 30 GPM  
 Carga dinámica total: 115 ft. (35 m.)  
 Material de construcción: Fierro  
 Diámetro en la succión: 1.1/2" (38 mm)  
 Diámetro en la descarga: 1" (25 mm)  
 Motor: 5 HP  
 Empaque: Aleación

B-10 Descarga de carros tanques

Se adquirió esta bomba, teniéndose en - -  
 cuenta un tiempo mínimo de descarga de --  
 los carros tanques para minimizar la pro-  
 babilidad de un accidente.

Especificaciones de equipo.

Bomba transferencia de acetaldehído.

Cantidad: Una unidad

Material manejado: Acetaldehído

Capacidad: 350 GPM

Tipo centrífuga horizontal, impulsor cerrado.

Carga dinámica total; 82 feet (25m.)

Material de construcción: fo.fo. y acero al carbón.

Diám. succión 4"  $\emptyset$  (100 mm)

Diám. descarga 3"  $\emptyset$  (76 mm.)

Estructura acero estructural.

Motor 10 HP, 440 V/60 H/3  $\emptyset$

Sello mecánico.

B-11 Bomba de alimentación de acetaldehído:

Se adquirieron dos unidades:

Cantidad: 2 unidades.

Material manejado acetaldehído

Capacidad: 20 GPM

Tipo: Motor-bomba, centrífuga, horizontal

Carga dinámica total 205 ft. (62.5 m.)

Material de construcción: acero al carbón, fo.fo.

Diám. succión. 1" 150 # F.F. (25.4 mm)

Diám. descarga 3/4" 150 #FF (19.0 mm)

Base. Acero estructural.

Motor 3 HP, 440 V/60 Hz/3F.

D-01, y

02. Desnebulizadores.

Se adquirieron las dos unidades necesarias; -

con filtros interiores de polipropileno:

Diámetro interno: 30 cm.

Altura: 84 cm.

Espesor del filtro: 45 cm.

E-01,  
02. Torres de recuperación de cloral (1a. y 2a etapa).

Ya estando una de ellas, E-01, instalada - anteriormente, se procedió a adquirir la siguiente idéntica, y con las siguientes características:

Altura empacada: 3.05 m.

Diámetro interno: 40.6 cm.

Material de la Torre: resina de fenol formaldehído extractado en ácido.

Empaque: Silletas de porcelana.

H-01 Condensador.

El sistema de enfriamiento de los gases y recuperación de cloral que se empleaba en el proceso anterior fué insuficiente en este nuevo proceso. Con el objeto de obtener la

capacidad requerida y de acuerdo con las indicaciones de la ingeniería suministrada, se instaló el intercambiador de calor de teflon siguiente:

Marca	Dupont.
Modelo	3100-C-3
No. de tubos/material	3100/teflon.
Diámetro de la coraza	22 cm.
Diámetro de los tubos	0.25 cm.
Longitud	2.63 mt.
Area de transferencia	5 m <sup>2</sup>

H-2 Condensador.

Para enfriar los gases del post-clorador se utilizó parte del intercambiador de calor utilizado anteriormente:

Marca	Karbate.
Tipo	Cascada.
No. de tubos.	8
Diám. ext. de los tubos	76 cm.
Longitud de los tubos	3.05 m.
Area total de transf.	9 m <sup>2</sup>

H-03            Condensador.

Para enfriar los gases que se desprenden en el reactor T-03, se utilizó la parte restante del intercambiador de calor utilizado en el proceso anterior, ó sea.

Marca:            Karbate.

Tipo:             Cascada.

No. de tubos: 6

Diám. ext. de los tubos.    76 cm.

Long. de los tubos.        3.05

Area de transferencia.    5.26 m<sup>2</sup>

H-04            Recuperador de cloral ( 1a. etapa)

Para enfriar la solución empleada para lavar los gases en esta primera etapa de recuperación de cloral, se utilizó un intercambiador de calor que ya se encontraba instalado. Este intercambiador tiene las características siguientes:

Marca:                            Karbate

Modelo:                            S-7200

No. de tubos:                    19

No. de pasos:                    1-1

Diám. de la coraza:            tubo de 8" (20 cm)

Diám. de los tubos 7/8" (22 mm) DI x  
1.1/4" (32 mm) DE

Longitud 318 cm.

Material grafito sintético im-  
permeabilizado.

Area de transferencia: 55.9 ft<sup>2</sup>.

H-05 Recuperador de cloral (2a. etapa).

Para la segunda etapa de recuperación de  
cloral, se adquirió un intercambiador con  
las siguientes características:

Marca Karbate.

Modelo S-7000

No. de tubos 31

No. de pasos 1-1

Diám. de la coraza tubo de 10" (25.4 cm)

Diám. de los tubos 7/8" (22 mm) DI x 1.1/4"  
(32 mm) D.E.

Longitud 410 cm.

Material grafito sintético impermeabilizado.

Area de transferencia 122 ft<sup>2</sup>

H-06 Condensador de vapores orgánicos clorados.

Adquirido con las siguientes características:

Marca: Crane.

Tipo: Cascada  
Material: Fierro fundido.  
Diám.int. de los tubos: 81 mm.  
Longitud de los tubos: 3.12 m.  
Espesor de pared: 12.7 mm.  
Superficie total de transferencia: 24 m<sup>2</sup>

R-01, Reactores.

R-02 y

R-03 Se aprovecharon los mismos reactores empleados para obtener el cloral a partir de alcohol etílico. Estos reactores son iguales entre sí y tienen las siguientes características:

No. requerido. 3

Tipo : Serie XXL de Pfaudler, vidriado interiormente y enchaquetado.

Capacidad nominal: 5680 lt.

Sup. de calentamiento: 15 m<sup>2</sup>

Dimensiones: Diámetro ext. 2.14 m. altura total 2.80 m.

Material de construcción: acero recubierto interiormente de vidrio resistente a ácidos.

Conexiones en el reactor: Paso de hombre de 51 cm. diám.

3 boquillas bridadas de 101 mm. diám. en la tapa y una en la parte inferior para descarga.

Conexiones en la chaqueta: dos boquillas de 38 mm. de diámetro dos de 50 mm. y un dren de 38 mm.

Soportería: 4 tubos de 102 mm. diám. soportando el reactor a 51 cm. del piso.

Difusor de cloro: tubo de silicio de 2.54 cm. de diámetro y 25 orificios de 0.63 mm.

Alimentador de acetaldehído: tubo de tántalo de 9.5 mm. de diámetro exterior por 1,854 mm. de longitud.

T-01 y Recuperadores de cloral.

T-02. Ya se encontraba instalado uno de los tanques, recuperadores de cloral el T-01, se procedió entonces a comprar el T-02, exactamente igual y con la siguientes características:

Altura: 1.37 m.

Diám. 0.94 m.

Capacidad: 1.41 lt.

Material: Resina de fenol-formaldehído  
extractado en ácido.

Boquillas:

T-03 Benzolador.

Con el objeto de recuperar el cloro disuelto en los gases de HCl, como monocloro - benceno, se instaló el tanque T-06 siguiente:

Diámetro: 2.11 m.

Longitud: 2.31 m.

Espesor de pared: 12.7 mm.

Boquillas : 1 paso de hombre de 50 cm. de diámetro, 1 alimentación de benceno de 51 mm. diámetro, 2 alimentación de gases de 76 mm. diámetro, todas las boquillas bridadas de 10.2 kg/cm<sup>2</sup> ANSI.

Material: Acero al carbón.

T-04 Decantador de cloruro férrico.

Al reaccionar los gases con el benceno, éstos reaccionan también con limadura de-

fierro presente en el tanque, formando cloruro férrico, que sale del benzolador hacia el tanque T-07, donde se decanta, obteniéndose en la parte superior el MCB que sobrenada, y purgándose esporádicamente el cloruro de fierro con algo de benceno por la parte inferior del tanque. Este tanque tiene las siguientes características:

Altura:	3.05 m.
Diámetro:	0.40 m.
Material:	Resina de fenol formaldehído extractada en ácido.
Boquillas:	1 paso de mano de 20 cm. de diámetro, 3 boquillas de 51 mm. de diámetro, una en la parte superior para la salida del MCB, otra en el cuerpo, para alimentación y otra en la parte inferior para purgar el cloruro férrico.

T-10 Tanque de almacenamiento de acetaldehído.

Cantidad: Una unidad.

Tipo: Horizontal, soldado  
totalmente.

Cap. nominal: 20,000 gal.

Dimensiones: 3.03 x 11.4 m.

Construcción: De acuerdo al Código  
ASME U 68 para tanques  
presurizados con tapas -  
abombadas, espesor de  
pared 5/8".

Boquillas:

- 3 paso de hombre 20"  $\phi$
- 1 recirculación 1"  $\phi$
- 2 indicador de nivel 1"  $\phi$
- 1 igualadora de presión  
2"  $\phi$ .
- 1 carga 2"  $\phi$ .
- 1 Válvula de alivio 3"  $\phi$
- 1 Disco de ruptura 8"  $\phi$
- 1 extra 2"  $\phi$ .

Material de construcción: Acero al carbón.

VI Estimación del Proyecto.

Con el objeto de obtener el costo real del producto y las utilidades según el nuevo proceso, se procedió a efectuar esta estimación, la cual nos dió como resultado lo siguiente:

Equipo:	Precio.
B-2	10,127.24
B-3	12,510.00
B-4	12,510.00
B-10	15,712.00
B-11 A	10,937.50
B-11 B	10,937.50
D-1	14,850.00
D-2	14,850.00
E-2	61,762.50
G-1	16,850.00
G-2	16,850.00
H-1	56,812.50
H-5	22,250.00
H-6	15,950.00

T-1	19,012.50	
T-3	59,900.00	
T-4	50,450.00	
T-5	76,500.00	
Total equipo.		498,771.74
Tubería, conexiones y válvulas.		
Tubería resina fenol-formaldehído extractado en ácido.	85,247.50	
Tubería recubierta interiormente de teflón.	851,880.27	
Tubería de Pyrex	89,521.38	
Tubería acero al carbón.	168,913.44	
Total tubería y conexiones.		1,195,567.59
Instrumentación.		258,630.55
Equipo Eléctrico.		41,478.05
Aislamiento térmico.		13,000.00
Obra civil.		60,000.00

Este proyecto se hizo por administración. El contratista proporcionó la -- mano de obra adecuada; albañiles, técnicos en tubería y en electricidad, -- mientras que nosotros supervisábamos

el trabajo efectuado, así como la asistencia de los obreros.

El total de mano de obra fué por: 718,708.54

La compra de la tecnología fué por: 1,900,000.00

Costo total de la planta: 4,686,150.47

Comparación de los procesos alcohol-acetaldehído:

Costo alcohol etílico:

Precio 5.10  $\frac{\$}{\text{lt.}}$

Fletes 0.10  $\frac{\$}{\text{lt.}}$

Total:  $5.20 \frac{\$}{\text{lt.}} \times 1.23 \frac{\text{lt}}{\text{Kg}} = 6.36 \frac{\$}{\text{Kg}}$  LAB Salamanca

Costo acetaldehído:

Precio 2.45  $\frac{\$}{\text{Kg}}$

Flete 0.55  $\frac{\$}{\text{Kg}}$

Total 3.00  $\frac{\$}{\text{Kg}}$  LAB Salamanca

Costo de cloro:

1.32  $\frac{\$}{\text{Kg.}}$

Costo comparativo por Kg. de cloral:

I) Proceso alcohol etílico:

Cloro:  $2 \text{ Kg} \times 1.32 \frac{\$}{\text{Kg}} = 2.64 \$$

Alcohol: 0.6 kg x 6.36  $\frac{\$}{\text{Kg}}$  = 3.82 \$

Total: 6.46 \$ por kg. de cloral

II) Proceso Acetaldehído:

Cloro: 1.49 kg x 1.32  $\frac{\$}{\text{Kg}}$  = 1.97 \$

Acetaldehído: 0.31 kg x 3.00  $\frac{\$}{\text{Kg}}$  = 0.93 \$

Total: 2.90 \$ por kg. de cloral.

Ahorro en costo de materias primas.

6.46 - 2.90 = 3.56 \$ / kg. de cloral.

Producción de DDT 3,600,000 Kg.

Ahorro anual 3,600,000 kg DDT x 0.5  $\frac{\text{kg cloral}}{\text{kg DDT}}$  = 1,800,000 kg. de cloral.

1,800,000 kg x 2.90  $\frac{\$}{\text{Kg}}$  = 5,210,000.00 \$ *VENTAS,*

Depreciación de :  
\$ 4,686,150.47 = 468,615.05

Ahorro efectivo: 4,741,384.95 \$ anual.

## VII CONCLUSIONES

De acuerdo con el costo del proyecto, y el costo de operación de la planta, según se vió en el capítulo VI, se puede concluir que este proyecto es económicamente conveniente ya que ofrece un margen muy amplio de utilidad.

También, bajo el punto de vista de operación, el proceso resulta más sencillo y con menos problemas de mantenimiento y operación, ya que el actual es continuo.

Los principales obstáculos que impidieron el desarrollo del proyecto en el tiempo estimado, fueron los siguientes, en orden de importancia:

- 1.- Incumplimiento de los tiempos de entrega, ya fuera debido al mismo proveedor, ó debido a problemas en el transporte del equipo a la planta, problemas burocráticos legales, aduanales, etc.

2. - La impreparación del contratista; como era la primera vez que trabajaba con materiales tales como tubería de vidrio, de resina fenol-formaldehído, de acero al carbón recubierta interiormente de teflón; hubo la necesidad de entrenarlo y capacitarlo para la instalación de ese equipo.

Apesar de los problemas arriba referidos, el proyecto se terminó con un retraso mínimo (dos meses) el arranque fué rápido (una semana) y la planta trabaja actualmente a plena capacidad, con un rendimiento de 15 % arriba de lo especificado sin forzar ninguno de los equipos.

## VIII - BIBLIOGRAFIA.

- Project Engineering of Process Plants.  
Howard F. Rase y M. H. Barrow, segunda impresión. 1968, JOHN WILEY & SONS, INC., -- New York.
- Chemical Engineering Plant Design. Frank C. Vilbrandt, Ph. D. y Charles E. Dryden, Ph. D. cuarta edición, 1959, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York..
- Manual for Process Engineering Calculations.  
- Loyal Clarke y Robert L. Davidson, segunda edición, 1962, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plants/volumen No. 1, Ernest E. Ludwig, primera edición, 1964, Gulf Publishing Company, Houston Texas.
- "Process Piping Drafting", Rip Weaver, primera edición, 1970, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- "Flow of Fluids through valves, Fittings, and pipe" Crane technical paper No. 410, séptima impresión, Crane Industrial Products Group., Chicago, Illinois.
- "Chemical Engineers" Hand books", John H. Perry tercera edición, 1950, McGraw-Hill Book Company Inc. New York.
- "Materials of Construction for Chemical Plant", I.L. Hepner, 1962, Leonard Hill Book Limited London.
- "Encyclopedia of Chemical Technology" Kirk-Othmer, segunda edición, 1966, Interscience Publishers of - John Willey & Sons, Inc. New York.
- "Handbook of Chemistry & Physics" 51a. edición -- 1970/71, The Chemical Rubber Co. Cleveland, - - OHIO.

- "Chemical Engineering Catalog" 55o. edición, -  
1971, Reinhold Publishing Company, Stanford, -  
Connecticut.
- "Hydrocarbon Processing Catalog, 38<sup>o</sup> edición,  
1971, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- "Process Engineering Economics" Herbert E. - -  
Shwoeyer, 1955, Mc Graw-Hill Book Company, Inc.  
New York.
- "Plant Design and Economics for Chemical Engi -  
neers" Max S. Peters Y Klaus D Timerhaus, se -  
gunda edición, 1968, Mc Graw-Hill Book Company  
Inc., New York.