

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA



ANÁLISIS DEL ARRANQUE Y PARO DE UNA
TERMINAL CRIOGENICA DE ALMACENAMIENTO
DE AMONIACO EN PAJARITOS, VER.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

ANDRES ANGEL SOTO VARGAS

MEXICO, D. F.

1979



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.

LAS TESIS 1979
ALDO M. T.
FOLIO 335
FOLIO _____
FOLIO _____



Jurado asignado originalmente según el tema

PREESIDENTE _____

V O C A L _____

SECRETARIO _____

1er SUPLENTE _____

2do SUPLENTE _____

Sitio donde se desarrolló en tema: Término Marítima y Terrestre, Pajaritos, Ver.

Nombre del Sustentante: ANDRES ANGEL SOTO VARGAS.

Nombre del Asesor : Ing. RUDI PRIMO STIVALET C.

Nombre del Supervisor Técnico : Ing. PORFIRIO BOCARDO G.

A mis Sres. Padres:

Sr. Andrés Soto Hernández
Sra. Angela Vargas de Soto

A mis Hermanos:

Sor Ma. Cecilia

Ma. Guadalupe

Ma. Elena

Graciela

Angeles (Comy)

J. Miguel

J. David

M. Alberto

Julio José

A mis Sobrinos:

Ma. Lourdes
Carlos Alberto
Miguel Angel

A todos mis familiares
y amigos.

Con Cariño y Gratitud a mi
Querida Escuela.

Al Honorable Jurado.

A Alma Berenice y todo
lo que en ella se conjuga.

Al hermoso recuerdo
de un 14 de octubre.

"Yo te bendigo, Vida
porque veo al final de mi rudo camino
que yo fui el arquitecto de mi propio destino
que si extraje las mieles o la hiel de las cosas,
fue porque en ellas puse hiel o mieles sabrosas:
cuando planté rosales, coseche siempre rosas".

Amado Nervo

(Poeta Nayarita)

INDICE GENERAL

CAPITULO I

INTRODUCCION.

EL AMONIACO

- 1.1 Historia del Amoníaco
- 1.2 Pros. Físicas y Químicas del Amoníaco
- 1.3 Procesos Industriales para la Producción de NH_3
 - a). - Proceso Haber-Bosch
 - b). - Otros Procesos
 - c). - Proceso empleado en México
 - d). - Almacenamiento y Embarque
- 1.4 Toxicidad y Seguridad
- 1.5 Análisis y Control de Calidad
 - a). - Determinación de Agua en Amoníaco Líquido
 - b). - Análisis de Grasas y Aceite en NH_3 Líquido
 - c). - Determinación de Inertes en Amoníaco Gas.
- 1.6 Usos

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL PROCESO

- 2.1 Recibo de Carga (Sistema de Llenado)
 - a). - Descripción del Equipo
 - b). - Descripción del Flujo y Principios de Operación
- 2.2 Sistema de Mantenimiento
 - a). - Descripción del Equipo
 - b). - Descripción del Flujo y Principios de Operación
- 2.3 Sistema de Carga a Barcos
- 2.4 Servicios Auxiliares
 - a). - Agua de Enfriamiento
 - b). - Aire de Instrumentos

- c). - Aire de Plantas
- d). - Agua contra Incendio
- e). - Sistema de Combustible

CAPITULO III

ACONDICIONAMIENTO DE LA UNIDAD.

- 3.1 Inspección y Limpieza de los Recipientes
- 3.2 Limpieza de Líneas de Tubería
- 3.3 Revisión y Prueba de los Instrumentos
- 3.4 Prueba Inicial de las Bombas
- 3.5 Prueba Inicial de los Compresores
- 3.6 Acondicionamiento de los Condensadores

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTOS DE ARRANQUE DE LA UNIDAD.

- 4.1 Inertización de la Unidad
- 4.2 Enfriamiento del Tanque Principal (TC-1002)

CAPITULO V

PROCEDIMIENTOS DE PARO DE LA UNIDAD.

- 5.1 Procedimientos de Paro Normal
 - 5.1.1 Paro en el Sistema de Llenado
 - a). - Acumulador Interpasos (TH-1051)
 - b). - Acumulador Final (TH-1050)
- 5.2 Paro en el Sistema de Mantenimiento
- 5.3 Procedimientos de Emergencia
 - a). - Falla de Corriente Eléctrica
 - b). - Falla de Agua de Enfriamiento
 - c). - Falla de Aire de Instrumentos.

CAPITULO VI

ESTUDIO ECONOMICO

6.1 Cálculo del Costo del Agua de Enfriamiento

6.2 Cálculo del Costo por Tonelada de Amoníaco Refrigerado

a). - Costo del Equipo

b). - Gastos Fijos Anuales

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

La necesidad de hacer producir más en el campo ha crecido paralelamente a la tendencia de crear nuevas técnicas de cultivo con ello la industria de los fertilizantes marca una nueva etapa de expansión y desarrollo, así lo señalan los grandes volúmenes de importación que tiene que hacer México (ver Apéndice I).

En lo que respecta a la industria de los fertilizantes que emplea el amoníaco como materia prima, el impacto de tal expansión se ha sentido en aquella industria que produce dicha materia prima, quienes se han visto en la necesidad de crear, para esto, nuevas plantas ó ampliar las ya existentes. Lo anterior no es el caso de un país en particular, sino del mundo entero, por lo que México no se sustrae a este fenómeno.

En la República Mexicana, es Petróleos Mexicanos, la empresa que produce y distribuye la citada materia prima que nos ocupa en este trabajo: el Amoníaco. Ahora bien, México no sólo ha cubierto la demanda interna hecha por la industria de los fertilizantes nitrogenados, sino que ya participa en cierta medida en aliviar las requisiciones de aquellos países que adolecen de los grandes recursos que para tal efecto México posee.

Así pues, para llevar a cabo la exportación de amoníaco, entre una gran variedad de otros productos petroquímicos, Petróleos Mexicanos ha creado una red de distribución estratégicamente localizada. Los centros dedicados para la exportación por medio de buques-tanques son llamados Terminales Marítimas. La más reciente y de mayor importancia es la localizada en Pajaritos, Ver., cuya importancia estriba en que:

- a). - Podrá recibir, para su posterior envío, productos elaborados y/ó semielaborados de tres complejos petroquímicos y de - - campos de explotación.
- b). - Aprovecha la corriente del Río Coatzacoalcos, por donde pueden navegar barcos de mediano calado (hasta 39 pies de calado).
- c). - Y, otro factor muy importante, es la cercanía del mar del - Golfo de México, desde donde podrán ser cargados barcos de alto calado a través de una boya.

Estos, entre otros factores, hacen de esta Terminal Marítima la - más importante en el país, desde donde se cubrirán las demandas del - - mercado Latinoamericano y parte del de Estados Unidos de Norte Améri - ca.

El presente trabajo se desarrolla en la Planta de Almacenamiento de Amoníaco de esta Terminal, recientemente iniciada su operación, es - ta planta adolece de un manual de operación, por lo que se pretende dotarla de él. Este manual se prepara con el objeto de asesorar al personal - de operación de la planta, tanto en el arranque como en la operación nor - mal. En este manual se describe el proceso que sigue el amoníaco duran - te su recepción y embarque, así como sugerir procedimientos para el pa - ro y arranque de la unidad. El manual deberá verse como una fuente de información para resolver problemas de operación.

A causa de que no es posible anticipar todas las circunstancias potenciales que pueden ocurrir durante el arranque y paro de la unidad, es -

te manual se considerará como una guía, y las condiciones aquí estipuladas no son necesariamente patrones rígidos. Las mejores técnicas de operación son producto de la experiencia en la operación de la planta y las condiciones óptimas de operación llevarán a la más económica y ventajosa utilización de la planta. Bajo ninguna circunstancia los operadores se desviarán de prácticas de seguridad seguidas en la industria.

CAPITULO I

EL AMONIACO. SU PRODUCCION, CONTROL Y MANEJO.

1. EL AMONIACO.

Este estudio no se puede realizar sin antes conocer lo que es el amoníaco, los beneficios que proporciona al hombre en los diferentes usos que tiene, así como los riesgos que implicar para aquellos que lo manejan.

1.1 HISTORIA DEL AMONIACO.

El amoníaco, cuyo peso molecular es 17.03, es un gas alcalino, más ligero que el aire y posee un olor característico muy penetrante considerado como agrio. Históricamente se dice que los egipcios conocían el cloruro de amonio obtenido del hollín al quemar estiércol de camello, a este compuesto lo llamaron sal de ammonio ó de Ammón, en honor al Dios Júpiter de Ammón, es esta la raíz de lo que ahora llamamos amoníaco. A su vez, los árabes en el siglo VIII ya empleaban el carbonato amónico, conocido en este tiempo como "sal de cuerno de ciervo" y el cual lo obtenían por destilación seca de los cuernos de venado, de donde tomaba su nombre.

La síntesis del amoníaco despertó interés hasta fines del siglo XVIII en que Priestley descubrió el amoníaco gaseoso recogido en una cuba de mercurio, en sus intentos por descubrir la composición de éste, demostró que se descompone al pasarlo sobre un alambre caliente ó por medio de la chispa eléctrica. Tocó a Scheele identificar los gases que lo componen, siendo Berthollet y Henry quienes llegaron a la conclusión de que el amoníaco está compuesto por tres volúmenes de hidrógeno y un vo-

lumen de nitrógeno (1795).¹

Una vez que el mundo científico conoció la composición del amoníaco, infinidad de investigadores se lanzaron a la tarea de sintetizarlo uniendo ambos componentes gaseosos.¹ El mérito es concedido a Le Chatelier, como el primero que sentó las bases para la síntesis, al demostrar que para producir amoníaco es necesario el empleo de grandes presiones.² Le Chatelier respaldaba su teoría en el Principio del Equilibrio, principio que lleva su nombre y el cual establece que en una reacción reversible en que hay disminución de volumen, como es el caso del amoníaco, el aumento de presión elevará la cantidad de amoníaco producido. Puesto que la reacción es exotérmica, de dicho principio se deduce que al aumentar la temperatura a la que se efectúa la reacción, reduce la cantidad en equilibrio de amoníaco producido.

Ya para 1900 se tenía por cierto que para la obtención de este compuesto, la reacción de unión de los dos componentes tenía que llevarse a cabo mediante un catalizador. Le Chatelier al continuar con sus experiencias de síntesis del amoníaco a grandes presiones en presencia de una chispa eléctrica (1901), sufre una explosión en su aparato en el que accidentalmente se había introducido aire, formando una mezcla explosiva con el oxígeno de éste, a partir de este lamentable suceso, decide abandonar sus trabajos de investigación.³ Años más tarde (1906 y 1907) toca a Nernst y Jost coronar sus trabajos⁴ en los que concluyen que es muy importante el conocer y disponer de datos acerca del equilibrio del amoníaco, basando su decisión en estudios hechos a diferentes presiones y

temperaturas en la obtención de amoníaco.

En la primera fase de sus experiencias, observan que el equilibrio es alcanzado a bajas temperaturas, sin embargo a tales condiciones (500°C) aún se desconocía un catalizador que fuera efectivo para lograr tal reacción. Continuando sus investigaciones lograron averiguar que el equilibrio se alcanzaba más rápidamente a altas temperaturas pero desfavorable a 700°C . La tarea era ahora la de descubrir un catalizador que fuera suficientemente efectivo a altas temperaturas, hasta que finalmente se descubrió un compuesto de hierro activado con óxidos metálicos que satisfacía las condiciones ya fijadas por las arduas investigaciones de un número considerable de científicos.

Es en 1913, cuando la Compañía Alemana BASF (Badische Aniline and Soda Fabrik) logra la primera síntesis a escala industrial, produciendo 750 tons. en Oppau, Alemania.

1.2 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL AMONIACO.

El amoníaco es obtenido en forma gaseosa, es un gas incoloro y más ligero que el aire, no sustenta la combustión ordinaria sin embargo al arder presenta llama amarillenta en atmósfera de aire ó de oxígeno. La temperatura a la cual, el amoníaco presenta ignición en mezclas de amoníaco-aire es de 780°C , siendo los principales productos de combustión el nitrógeno y el agua, trazas de nitrato de amonio y además no solo puede presentar combustión sino que en determinadas circunstancias las mezclas de ambos presentan explosión cuando se encienden. Se ha logra-

do determinar un rango de explosividad de amoníaco-aire, el intervalo al que se hace referencia es de aproximadamente del 16 al 25% de amoníaco y se amplía para las siguientes condiciones:

- a). - Por mezcla de otros gases combustibles tales como hidrógeno, no,
- b). - Por mezcla con oxígeno el cual sustituye al aire, y
- c). - A temperatura y presión mayores que las de condiciones ambiente.

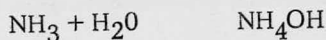
El amoníaco es soluble en agua, en la Tabla I pueden verse las variaciones de la solubilidad del amoníaco con la temperatura, de ahí se desprende que la primera es inversamente proporcional al cambio de la segunda.

T °C	0	20	40	60
% NH ₃	42.8	33.1	23.4	14.1

Tabla I. Solubilidad de NH₃ en agua

Esta solución acuosa tiene un punto de congelación de -38 a -41°C formando agujas cristalinas. Si se llega a enfriar hasta -49°C se forma una sustancia gelatinosa casi inodora. Una de las propiedades más interesantes que presenta esta solución acuosa es su naturaleza alcalina: vuelve azul el papel rojo de tornasol y pardo el papel amarillo de cúrcuma; además es alcalino también para el anaranjado de metilo y el rojo de metilo. La solución es buena conductora de la electricidad y en general

reacciona como una base. A continuación se presenta la reacción de disolución, la cual es reversible:



Dada la naturaleza del producto en el miembro derecho de la reacción, el cual es una base débil, la reversibilidad aumenta con la temperatura en sentido de derecha a izquierda, alcanzándose la total descompo - sición al punto de ebullición del agua.

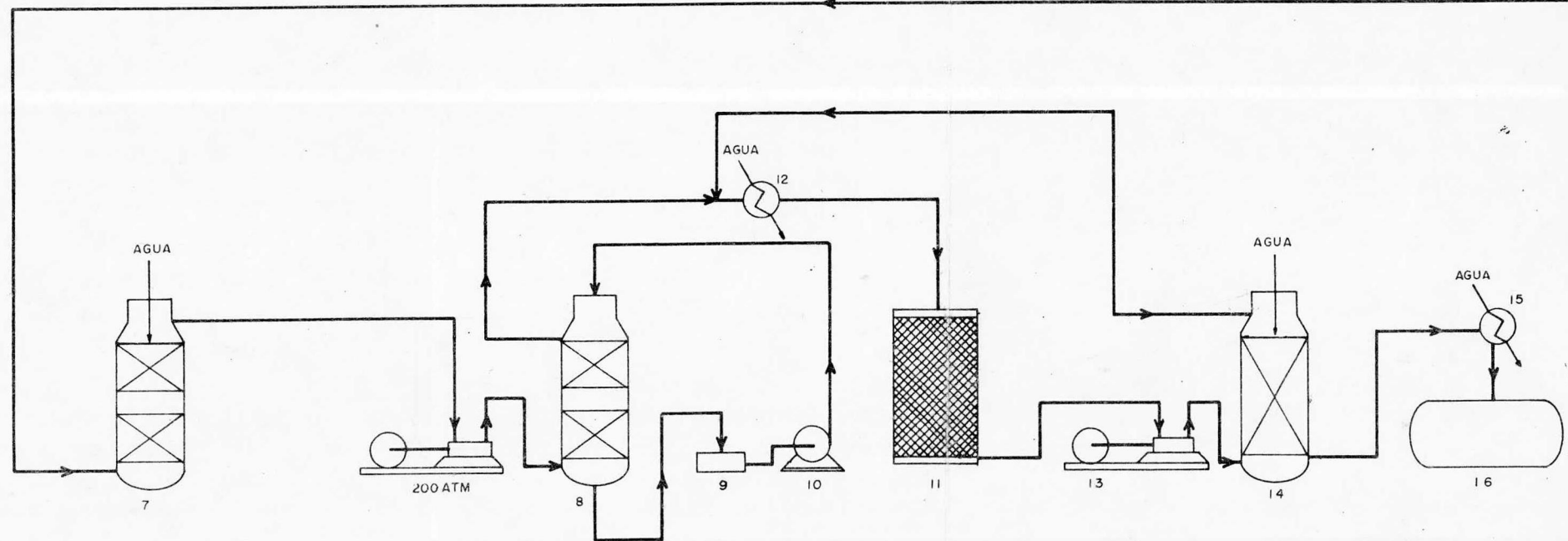
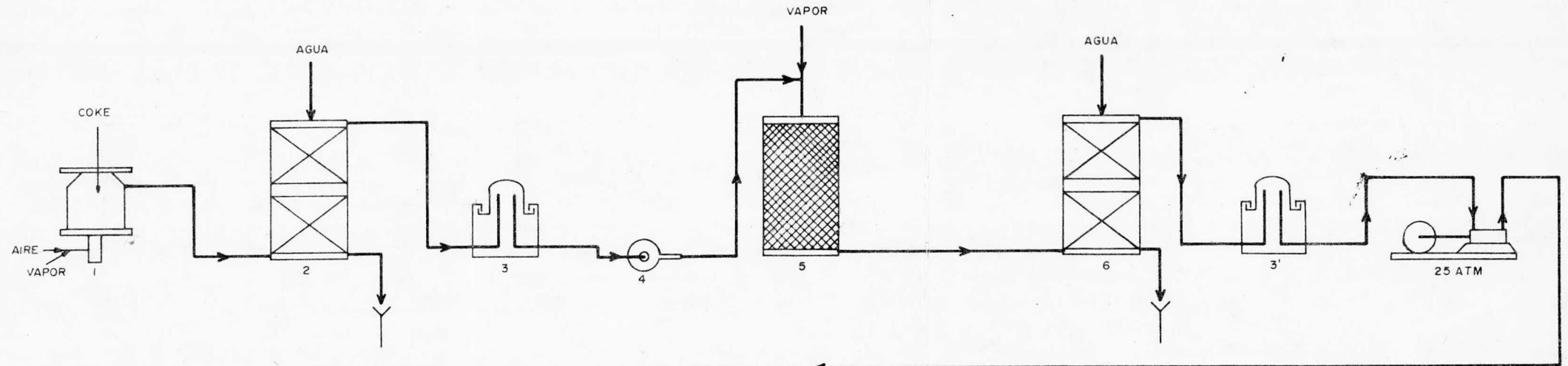
A continuación se señalan otras propiedades del amoníaco así co - mo también en el Apéndice II se encuentran enlistadas tablas y gráficas - para éste, además se hacen comparaciones con otros compuestos que - - poseen ciertas similitudes con el amoníaco.

T °C	0	100	200	T °C	0	700	1000
Q cal/g	.5009	.5317	.5029	H _f Kcal	.01033	12	12.8
(Q) calor especffico (1 atm)				(H _f) calor de fusión atm)			
Punto de Ebullición: -33.35°C				Punto de Fusión: -77.7°C			
Temperatura Crítica: 133°C				Presión Crítica: 116.5 kg/cm ²			

1.3 PROCESOS INDUSTRIALES PARA LA PRODUCCION DE AMONIACO.

1.3.1. Así como el mérito para la síntesis del amoníaco se debe a Le Chatalier al postular el Principio del Equilibrio Químico, principio que lleva su nombre, corresponde a Haber el reconocimiento de ser el -

X



SINTESIS DE AMONIACO
PROCESO HABER-BOSCH
FIG No.1

primero en elaborar un proceso para producirlo a nivel industrial. Basando sus investigaciones en tal principio, arriba mencionado, así como en los estudios hechos por Nernst y Jost sobre el equilibrio del amoníaco a diversas presiones y temperaturas, Haber sintetizó el amoníaco, primero a nivel laboratorio, y llevando más adelante sus experiencias, culminaron éstas en un proyecto para producirlo a escala industrial.

Este proceso denominado Haber-Bosch, es el principio de todos aquellos nuevos procesos que hoy día son usados, siendo estos, meras modificaciones al primero. Aún las plantas mas modernas basan sus procesos de elaboración de amoníaco en el Haber-Bosch original. }

La producción de amoníaco se reduce a generar una mezcla gaseosa de hidrógeno/nitrógeno en relación volumétrica de 3:1, la purificación de la mezcla y finalmente la síntesis del amoníaco por unión de ambos elementos a presiones elevadas y en presencia de un catalizador adecuado. En la Fig. 1 se representa el Proceso Haber-Bosch original, mismo que ha adoptado la B. A. S. F. hasta estos días.

Injectando aire al generador de gas de agua (1), se calienta al rojo coque de hulla ó de lignito y se dejan escapar a la atmósfera la mayor parte de los productos de combustión interna. Enseguida se hace pasar por el lecho de combustible, vapor de agua para obtener gas de agua, el cual contiene CO , CO_2 y H_2 .

El nitrógeno requerido se obtiene de los productos de combustión del paso anterior, el cual se añade al chorro en cantidad suficiente. La mezcla pasa por el lavador enfriador (2) en donde se eliminan por medio

de agua las partículas de polvo y vapor sin descomponer, luego se almacena el gas en un gasómetro (3). Desde aquí el gas es manejado por un inyector de gas (4) pasando hasta un convertidor de CO (5) en donde existe un catalizador, el gas es mezclado con vapor y así la mayor parte del monóxido de carbono es convertido a dióxido de carbono, mismo que se almacena en otro gasómetro.

El gas convertido en (5) y procedente del gasómetro es comprimido a 25 atm. (7), y de ahí se pasa a contracorriente de agua por un purificador que elimina el dióxido de carbono (8). La mezcla ya libre de gas carbónico se comprime a 200 atm. (9) de donde pasa a un purificador a contracorriente de una solución cuprosa amoniacal, aquí se elimina el monóxido de carbono que no logró convertirse a dióxido de carbono ni se eliminó en el purificador (8). La mezcla proveniente de este purificador de CO (10) y que se supone ya pura, consta de tres partes de hidrógeno y una de nitrógeno, la cual se inyectará a la cámara de síntesis.

El gas circulante pasa a través de un lecho de catalizador en el convertidor de alta presión (13) donde se formará el amoníaco. Al gas que sale del convertidor se le aumenta la presión en el compresor de circulación (15), para contrarrestar la pérdida de presión en la cámara de síntesis, para enseguida pasar por el absorbedor de amoníaco (16), donde por lavado con agua se extrae el amoníaco formado.

De este absorbedor de amoníaco, por el domo sale el gas no convertido para unirse a la corriente de gas circulante procedente del purificador de monóxido de carbono, ó sea se une a la corriente del gas de in-

greso, pasando después por un enfriador de agua (14), para separar por condensación el exceso de humedad, y vuelve al convertidor (13). El gas de ingreso contiene pequeñas cantidades de argón y algunas veces metano, que también actúa este último, como gas inerte, la concentración de los cuales deberá ser controlada sangrando una porción del gas circulante procedente de la cámara de síntesis. La solución de amoníaco que sale del absorbedor de amoníaco se vende como tal ó se envía a una unidad de destilación donde se separa el amoníaco en forma anhidra.

La separación del amoníaco de los gases circulantes se efectúa por enfriamiento ó por absorción en agua. Como hoy gran parte del amoníaco se vende en estado anhidro, y se obtiene algo de solución amoniacal como subproducto mediante el lavado de los gases de purga, la mayoría de las fábricas que emplean el método de condensación. En aquellos procesos en que se emplean grandes presiones para obtener el amoníaco, la condensación del mismo es mas fácil, pues se efectúa sólo por enfriamiento con agua y a temperatura atmosférica. En contraposición, en los procesos en que se emplean presiones bajas, (300 atm.), además del enfriamiento con agua se hace necesario condensar mediante refrigeración, para tal fin se hace la evaporación de amoníaco, sobre todo en plantas que operan en combinación con fábricas que consumen gas amoníaco, donde es más económica que el método de lavado con agua.

1.3.2. PROCESOS INDUSTRIALES MAS COMUNES.

De los procesos modificados que hoy día se usan, son tan diferen

tes al Haber-Bosch, que llevan otro nombre, generalmente el de quien -
hizo la modificación. Entre los más importantes podemos señalar los si -
guientes:

- A. Badische Anilin una Soda Fabrik
- B. Nitrogen Engineering Co.
- C. Proceso Claude.
- D. Proceso Casale.
- E. Proceso Fauser y
- F. Proceso Mount Cenis.

Estos procesos presentan variaciones en cuanto a la disposición y
construcción del equipo, composición de los catalizadores, las diferen- -
cias en la presión y temperatura. En la Tabla II se pueden observar las -
diferencias que existen entre cada uno de ellos. A continuación se detallan
tales procesos en donde se hace mención a las características que los ha-
ce diferentes del proceso original (Haber-Bosch) así como las ventajas - -
que ofrecen cada uno.

Designación	Presión atm.	Temp. °C	Catalizador	Recirculación	Conversión %	Sangrado de Inertes
Haber-B.	200-350	550	Hierro do blem. Act.	Si	8	Si
N.E.C.	200-300	500	Idem	Si	20-22	Si
Claude	900-1000	500-650	Hierro Act.	No	40-85	No
Casale	600	500	Hierro Act.	Si	15-18	No
Fausser	200	500	Hierro Act.	Si	12-23	Si
Mount Cen.	100	400-425	Cianuro de Hierro	Si	9-20	Si

TABLA II. Sistemas de Amoníaco Sintético.

A. - Proceso B.A.S.F. es el más parecido al método Haber-Bosch, y ya ha sido descrito en la sección anterior.

B. - Proceso de la Nitrogen Engineering Co. Este proceso guarda gran similitud con el proceso Haber-Bosch. Emplea presiones del orden de 300 atm. y la temperatura del catalizador es por lo general de 500 a 600°C.

C. - Proceso Claude. Este proceso es el que más diferencia guarda con el original de Haber. Emplea presiones hasta de 900 y ... 1000 - at., mientras que el rango de temperaturas es de 500 a 650°C. - Para alcanzar conversiones del orden del 40-85% requiere de un convertidor especial. Entre las ventajas que presenta este método se tienen:

- a). - Mayor compacidad, sencillez y facilidad de construcción del convertidor, pues con las presiones altas empleadas, los ga

ses tienen menor volumen.

- b). - Cambiadores de calor de más bajo costo que los usados en los procesos que emplean baja presión.
- c). - Mayor economía en el uso de alta presión, pues la fuerza que se consume para comprimir gases aumenta sólo en proporción logarítmica de la presión final obtenida.
- d). - Extracción de amoníaco por enfriamiento con agua, en lugar de los refrigeradores de amoníaco líquido ó las operaciones de lavado, y
- e). - Operación continua que se facilita en virtud de la rapidez y facilidad con que se cambia el catalizador en los convertidores.

Ahora bien, es menester apuntar las desventajas que presenta este proceso en contraposición a las ventajas antes señaladas:

- f). - Los convertidores presentan una menor duración, debemos observar que no es sólo uno, sino se tienen juegos de ellos.
- g). - El hecho de trabajar a grandes presiones trae consigo el riesgo de explosiones, y por último.
- h). - La merma, que alcanza a ser hasta del 20% debido a que se desperdicia gran parte de la mezcla gaseosa que no se convierte.

D. - Proceso Casale. Este proceso emplea un método de recirculación de gas en la cámara de síntesis parecido al de Haber. Usa presiones del orden de 500 a 900 atm. con lo cual se puede licuar el amoníaco -

a temperaturas ordinarias, las cuales se logran con agua de enfriamiento. La regulación del calor se obtiene dejando 2 ó 3% de amoníaco en el gas que va al convertidor, con lo cual se retarda la formación de amoníaco y se evita el excesivo calentamiento del Catalizador.

E. - Proceso Fauser. Este proceso difiere de todos los demás en la manera cómo obtiene el hidrógeno y el nitrógeno, para su síntesis. Así pues el hidrógeno es electrolítico obtenido de celdas "Fauser" mientras el nitrógeno se produce en unidades de aire líquido. Por lo que respecta al sistema de síntesis es similar al descrito para el proceso de la Nitrogen Engineering Co., a excepción de algunas variaciones de poco interés en cuanto a la disposición del equipo.

F. - Proceso Mont Ceniz. Este proceso se hizo con la idea de emplear el gas de los hornos de coque de las minas de carbón de Mont Ceniz en el Ruhr, Alemania. Al igual que en el proceso Fauser, el nitrógeno requerido es producido por licuación del aire, mientras que el hidrógeno es obtenido de los gases de los hornos de coque por licuefacción.

Las características de este proceso son: su presión de operación de 100 atm. y la temperatura en el catalizador de 400°C. La baja presión de este método hace que el amoníaco condense mediante un sistema de refrigeración además de un enfriamiento en un condensador con agua fría. La mezcla gaseosa se enfría en un cambiador de calor, pasa por un condensador que funciona a -50 ó 55°C, donde se licúa el amoníaco contenido en el gas, y luego por un separador de amoníaco, en donde se separa el amoníaco condensado.

1.3.3. PROCESO USADO EN MEXICO.

Como ya se dijo en un principio, es Petróleos Mexicanos la empresa que se dedica a la elaboración del amoníaco, aprovechando para ello el gas natural obtenido de los pozos petroleros. Para tal efecto ha adquirido cinco plantas diseñadas por la M. W. Kellog Co., de las cuales tres se encuentran ya operando y dos próximas a arrancar; todas ellas localizadas en el Complejo Petroquímico de Cosoleacaque, Ver. y con capacidad de 1,360 TM/D.

Cabe señalar que son las primeras plantas de tal capacidad en el Continente Americano y que fué aquí en donde se probaron por primera vez, de los resultados positivos que se han obtenido, se ha visto la confiabilidad en tales diseños, consecuentemente se tienen un gran número de plantas en diversas partes del mundo, en construcción, diseñadas por esta firma.

El proceso empleado por la Kellog es muy parecido al empleado por la N.E.C., el que a su vez, como ya se apuntó anteriormente, éste se diferencia sólo en ciertos detalles del método Haber original. Se puede resumir en los siguientes pasos:

1. - Preparación del Gas de Sintesis.
 - a). - Desulfuración (por absorción)
 - b). - Reformación Primaria
 - c). - Reformación Secundaria con Adición de Nitrógeno.
 - d). - Mutación del CO a CO₂

2.- Purificación del Gas de Síntesis.

e).- Eliminación del gas Bióxido de Carbono por Absorción.

f).- Conversión del CO y trazas de CO₂ por Metanación.

3.- Síntesis del Amoníaco Líquido.

a).- Compresión del Gas de Síntesis.

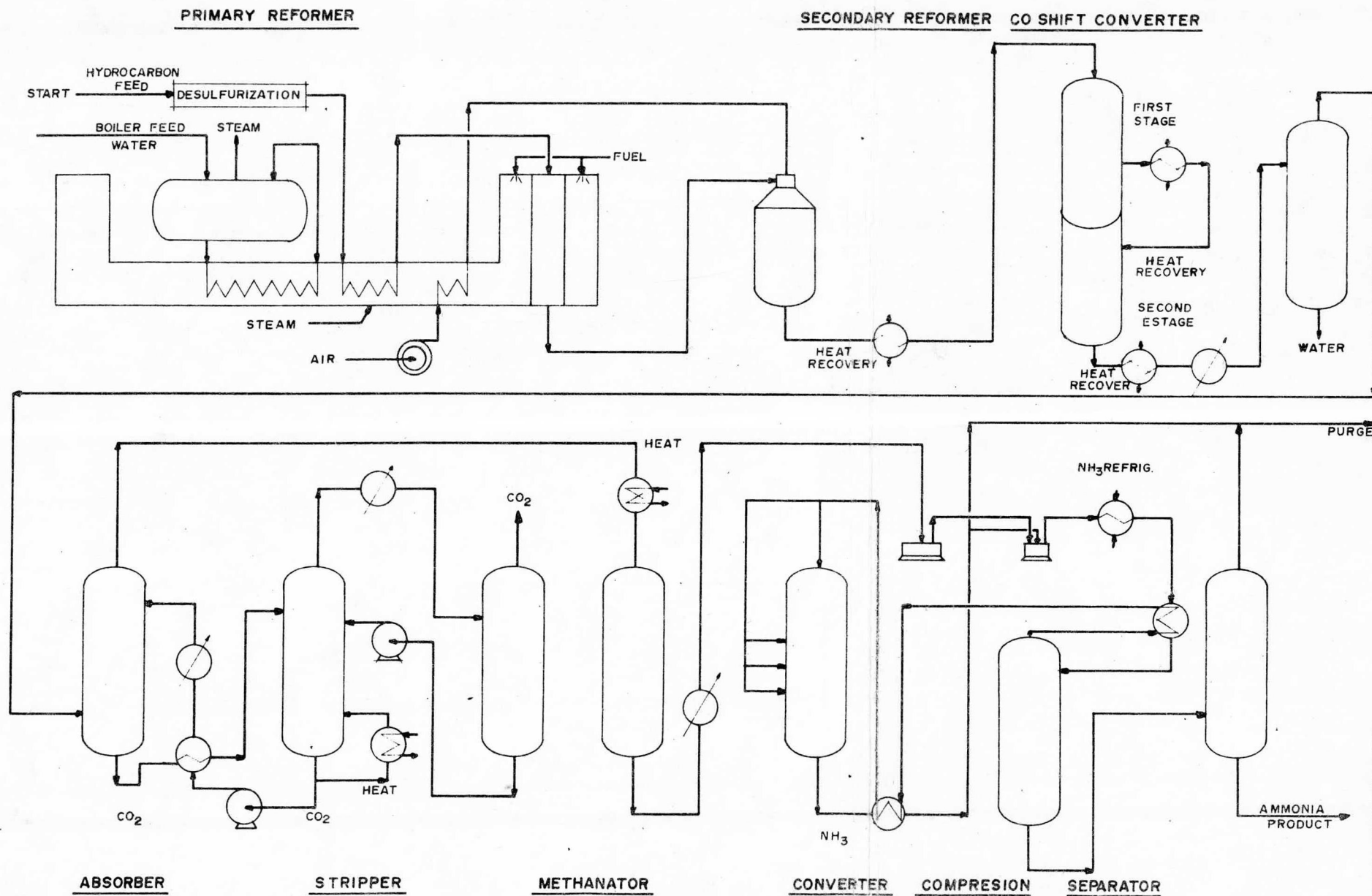
b).- Conversión del Gas de Síntesis a Amoníaco.

c).- Separación por Condensación del Amoníaco del Gas de Síntesis.

4.- Eliminación del Metano y Argón como Inertes (Incondensables).

El diagrama de flujo para este proceso se muestra en la figura -
núm. 2. Se puede observar desde la entrada del gas natural para la pre -
paración del gas de síntesis, hasta la obtención del amoníaco anhidro. -
Estas nuevas plantas para la producción de amoníaco, pueden usar como
materia prima gas natural, gas de refinería, coque y aire, así como tam -
bién hidrocarburos líquidos. En México es empleado el gas natural como
fuente de hidrógeno, obtenido de los campos de explotación.

El gas natural que llega a la planta se hace pasar por un tanque -
para la eliminación de líquido que pueda arrastrar (aceite y agua) pasan -
do enseguida al desulfurador el cual contiene una cama de carbón activa -
do en donde reacciona el azufre y es eliminado. Es importante esta opera -
ción para proteger el equipo de sólidos llamados "gomas", las que obstru -
yen la tubería además de envenenar al catalizador en pasos subsecuentes.
El gas libre de azufre sale por el fondo del desulfurador y se precalienta



OBTENCION DE AMONICO. PROCESO KELL GGG
FIG. N° 2

elevándose su temperatura hasta 398°C , nuevamente se le hace pasar por una cámara protectora, la cual contiene una cama de óxido de zinc con el objeto de eliminar trazas de azufre que no se hayan eliminado en el desulfurador.

Una vez purificado el gas, es mezclado con vapor de proceso y entra a un serpentín de precalentamiento antes de entrar al reformador primario, el cual es en sí una serie de tubos (12 filas con 42 tubos cada una) empacados con catalizador. La corriente proveniente del reformador primario continúa al reformador secundario en donde se inyecta aire de proceso, el cual suministrará el nitrógeno necesario. El calor de combustión del reformador secundario suministra la energía necesaria para reformar el gas remanente reaccionando con el oxígeno del aire.

En el reformador secundario, el gas pasa a través de una cama de catalizador para salir finalmente, y pasar a los mutadores ó convertidores de CO a CO_2 . El bióxido de carbono formado es removido del gas de síntesis mediante un sistema de absorción usando una solución de carbonato de potasio catalizada. Este método se conoce como sistema "catcarb", consistente de una solución de K_2CO_3 la cual se combina químicamente con el CO_2 . Esta solución contiene además aditivos que inhiben la corrosión y controla la espumación de la misma. El gas de proceso sale por el domo del absorbedor supuestamente libre de CO_2 y fluye hacia un tambor separador para eliminar la solución de catcarb que pudiera arrastrar. Una vez que sale de éste último separador, el gas entra al metanador, en donde el CO y trazas de CO_2 remanente serán eliminados por

reacción catalizada a base de níquel, en forma de metano y agua. El gas de síntesis, antes de ingresar al metanador, es precalentado e introducido por la parte superior de éste, en el paso siguiente.

El gas de síntesis resultante es comprimido y mezclado con una corriente de recirculación y es introducido a la última etapa del compresor. El gas al ser comprimido hasta 218 kg/cm^2 eleva su temperatura, la que es abatida mediante un enfriamiento con refrigeración por amoníaco hasta -23°C , aquí logra condensar algo de amoníaco el cual es removido de la corriente de gas de síntesis. A este nivel de temperatura son removidas cualesquier trazas de agua y óxidos de carbono.]

Esta corriente de gas, libre de agua y de amoníaco condensado producido en la etapa de compresión, se precalienta en un cambiador de calor hasta 138°C , antes de entrar al reactor, donde se tiene una temperatura de cerca de 466°C y 218°kg/cm^2 de presión. Los vapores efluentes de éste, son enfriados contra la alimentación y son recirculados al circuito de síntesis. El amoníaco formado en el reactor de síntesis es condensado y separado, para finalmente ser enviado a las esferas de almacenamiento.]

1.3.4. ALMACENAMIENTO Y EMBARQUE.

El amoníaco anhidro se almacena a presión de hasta $2.8 \text{ kg por centímetro cuadrado}$ (40 lb/in^2) de presión manométrica; a esta presión el punto de ebullición del amoníaco es de sólo -3.44°C , nivel de temperatura que ningún aislamiento térmico alcanza, por lo que en los tanques en que se le almacena, absorben calor de la atmósfera y con esto se efectúa

túa evaporación del producto almacenado, los vapores son comprimidos y condensados por un sistema de refrigeración, con lo que se logra mantener la masa almacenada a la temperatura deseada.

Para la operación de carga a barcos desde almacenes en tierra, se crea una diferencia de presión, la que deberá ser mayor en tierra, esta condición es alcanzada mediante bombas que impulsan el líquido hacia los compartimientos del buque-tanque, de ambas operaciones, almacenamiento y embarque se discutirá más ampliamente en un capítulo posterior.

1.3.5. TOXICIDAD Y SEGURIDAD.

El manejo del amoníaco anhidro acarrea en general cuatro clases de riesgos, a saber:

- a). - Riesgo de la presión, debido a la vaporización se crea un aumento de presión dentro de los recipientes donde es contenido el amoníaco.
- b). - El térmico: como ya se vió antes, aún los recipientes aislados absorben calor y con ello hay un incremento de vapores lo que redundará en un presionamiento dentro del recipiente; este punto está estrechamente ligado con el anterior.
- c). - El inherente a la naturaleza química del amoníaco; lo que se traduce en el riesgo de que pueda hacer contacto con la piel ó aspirado, produciendo serias irritaciones.
- d). - El riesgo de explosión: lo que aquí cabe señalar ya se ha dis-

cutido en un apartado anterior (1.2.) en donde se describe -
cómo el amoníaco gaseoso puede formar una mezcla explosio
va al combinarse con el oxígeno del aire.

Cuando el amoníaco anhidro líquido se pone en contacto con la piel produce quemaduras por congelación rápida e intensa, ya que es altamente higroscópico por lo que absorbe la humedad de los tejidos, produciendo acciones intensas e irritantes en alto grado. En cuanto a la forma de atacar las vías respiratorias se tiene que al inhalarlo se produce una respiración acelerada, llamada taquipnea; por otro lado se tiene que también acelera los latidos cardíacos (taquicardia).

1.5. ANALISIS Y CONTROL DE CALIDAD.

Las impurezas del amoníaco anhidro son principalmente los gases incondensables ó inerte (Ar, Ne, N₂), la humedad y pequeñas trazas de aceite, para la determinación de estas impurezas se tienen ciertas técnicas las cuales se presentan a continuación.

1.5.1. DETERMINACION DE AGUA EN AMONIACO LIQUIDO.

Método CPC/PG/13. Este método es utilizado para la determinación del porcentaje de agua (y la pureza del amoníaco líquido por diferencia) de cualquier muestra del tipo anhidro. Normalmente el contenido de agua será bajo (menos del 0.5% en peso).

A. - Usando un tubo california perfectamente limpio y seco, se colocan 100 ml dentro de éste. Permitiendo que la muestra hierva y se evapore dentro de una campana con extractor hasta observar que ya no se li

beran vapores blancos. Debido a la baja temperatura de ebullición del amoníaco, la humedad atmosférica se congela en los recipientes de muestreo, debiéndose tener cuidado que nada del hielo que se forme contamine la muestra.

Cuando la muestra cese de hervir, seque la pared exterior del tubo. Lea y anote el volumen del líquido que queda en el tubo el cual es utilizado para calcular el porcentaje en peso de agua en la muestra.

B. - CALCULOS:

$$\% \text{H}_2\text{O} = \frac{\text{ml de residuo} \times 0.89 \times 0.684 \times 0.872}{\text{ml. de muestra} \times 0.682} \times 100$$

Para 100 ml de muestra se tiene:

$$\% \text{H}_2\text{O} = \text{ml. de residuo} \times 0.778$$

En donde:

0.89 es la densidad del residuo a la temperatura ambiente.

0.684 es el equivalente decimal del contenido de agua en el residuo (el residuo contiene 31.6% de amoníaco).

0.872 es el factor de vaporización.

0.682 es la densidad del amoníaco anhidro a su punto de ebullición a presión atmosférica.

1.5.2. ANALISIS DE GRASAS Y ACEITES.

Método CPC/PG/14. Este método es usado para determinar hidrocarburos contaminantes en el amoníaco sintético. La fuente de este, es el aceite lubricante de los compresores usados para la síntesis y/o refrigeración del amoníaco. La especificación, aunque no oficial, del conte

nido de aceite, deberá ser menor de 10 ppm .

Aparatos: se usan una balanza analtica. Un baño de vapor.

Un matraz aforado de 2000 ml. Un embudo de separación de 150 ml y Cápsula de porcelana de 100 ml.

Reactivos: Tetracloruro de Carbono (CCl_4)

Procedimiento: Con el equipo de protección personal y adecuado, - se toma una muestra de dos litros de amoníaco líquido en el matraz afo - rado. Este se coloca dentro de un baño con agua corriente, preferente - mente arriba de 25°C de temperatura, ó bien simplemente dejar que una - corriente de agua bañe las paredes externas del matraz, continuando así hasta la completa evaporación del amoníaco. Póngase dentro de una cam - pana de extracción de gas.

El embudo separador no debe contener grasa en la llave ni en el - tapón. Se agregan 50 ml. de agua destilada, al aparentemente vacío ma - traz de 2000 ml. y después agitar tratando de lavar el matraz, al cabo - de lo cual el agua se pasará al embudo de separación. En seguida se agre - gan 10 ml. de tetracloruro de carbono al matraz, se repite el lavado y - se pasa al embudo de separación que contiene 50 ml. de agua. Repita es - te método de extracción tres veces más. Una vez hecho lo anterior, agi - te el separador fuertemente y esperar a que se formen dos fases. Se re - cibirá la fase dentro de la cual han quedado las grasas y aceites, esta es la del tetracloruro de carbono ó capa etérea. La fase se separa en una - cápsula de porcelana (aproximadamente 40 ml) previamente lavada y se - ca perfectamente; se separarán además las sustancias solubles en CCl_4

tales como el carbonato de amonio y los insolubles en agua y solventes - como el óxido de hierro.

Ponga la cápsula a evaporar dentro de una campana, bien ventila - da, hasta sequedad y puede, para ello, usarse el baño de vapor ó un pla - to caliente. Enseguida coloque la cápsula que contiene el residuo de la - evaporación en un desecador a temperatura ambiente. Una vez termina - do lo anterior se pesa la cápsula en una balanza analítica y se procede a - continuar con los cálculos.

Cálculos:

$$\text{Aceite ppm} = \frac{W_1 \times 100 \times F \text{ de } C}{Pe \times V_1} = 0.735 \times W_1$$

donde:

W_1 es el peso en miligramos del residuo aceitoso

Pe representa la densidad de la muestra y es 0.68 - - gr/ml

$F \text{ de } C$ es el factor de corrección por evaporación (muy - aproximadamente igual a 1.0, según gráficas)

V_1 volumen total de la muestra (2000 ml.)

Exactitud: la confiabilidad de los resultados se ve alterada por la interferencia de cualquier material no volátil, so luble en CCl_4 , puede ser considerado como aceite. - Usualmente se emplean muestras de 2000 ml $\pm$ 3ml - de amoníaco y el residuo de aceite detectable es de 1 ppm en peso con más ó menos un 20% de exactitud.

1.5.3. DETERMINACION DE INERTES EN AMONIACO GASEO - SO.

Método COP/PG/15. El método es utilizado para la determinación de los gases inertes que se encuentran presentes en las esferas de almacenamiento del amoníaco anhidro.

Aparatos: Bala de vidrio de volumen conocido con una válvula en cada extremo. Frasco nivelador de una capacidad ligeramente mayor del de la bala. Probeta de volumen - - aproximadamente igual al de la bala. Manguera Látex.

Reactivos: Acido Sulfúrico al 15%. Indicador rojo de Metilo.

Procedimiento: Debe conocerse exactamente el volumen de la bala, esto se hace de la siguiente manera: se llena totalmente de agua y se mide este volumen con la probeta.

Para hacer el análisis se procede a muestrear primeramente; la toma de muestra se purga y después se conectará a la bala, la cual debe estar seca (secada en estufa), manteniendo ambas válvulas de los extremos abiertas, con el fin de desalojar el aire que se encuentra en ella. Ya purgada la bala, se cierra la válvula por la cual sale el gas, debe tomarse en cuenta que la bala no quedará muy presionada, esto se consigue, reduciendo la presión hasta casi la atmosférica, abriendo y cerrando cualquiera de las válvulas, teniendo en cuenta que no deberá entrar aire, debido a que existirá una menor presión en la bala que la del medio ambiente.

El frasco nivelador es llenado con el ácido y unido por manguera -

1.2.3. DETERMINACION DE INERTES EN AMONIACO GASOSO

El método es utilizado para la determinación

de los gases inertes que se encuentran presentes en las cañeras de aluma

de amoníaco anhidro.

Aparatos: Bala de vidrio de volumen conocido con una válvula en

cada extremo. Frasco nivelador de una capacidad lige

tamente mayor del de la bala. Probeta de volumen

aproximadamente igual al de la bala. Manguera Lâtex.

Reactivos: Acido Sulfúrico al 15%. Indicador rojo de Metilo.

Procedimiento: Debe conocerse exactamente el volumen de la ba

la, esto se hace de la siguiente manera: se llena totalmente de agua y se

mide este volumen con la probeta.

Para hacer el análisis se procede a muestrear primeramente la

suma de muestra se purga y después se conecta a la bala, la cual debe

estar seca (secada en estufa), manteniendo ambas válvulas de los extre

mos abiertas, con el fin de desalojar el aire que se encuentra en ella. Ya

purgada la bala, se cierra la válvula por la cual sale el gas, debe tomar

se en cuenta que la bala no quedará muy presionada, esto se consigue, re

ducendo la presión hasta casi la atmosférica, abriendo y cerrando cual

quiera de las válvulas, teniendo en cuenta que no deberá entrar aire, de

bid a que exista una menor presión en la bala que la del medio ambien

to.

Después de haberse realizado el procedimiento con el ácido y mido por manguera

látex a la bala que contiene la muestra, por uno de sus extremos. Se abre la válvula de dicho extremo y se introduce el ácido en ella, el amoníaco se absorberá en él, quedando únicamente libre de ácido el volumen que ocupen los gases inertes. Se mide el ácido que se encuentra en la bala y el resto del volumen ocupado en la bala será el que ocupan los gases inertes.

$$\begin{aligned}\text{Cálculos: } V_T &= V_i + V_a \\ V_i &= V_T - V_a \\ \%V_i &= \frac{V_i}{V_T} \times 100\end{aligned}$$

donde:

V_i es el volumen de gases inertes

V_a es el volumen de ácido empleado

V_T es el volumen de la bala de vidrio.

Precaución: Es importante desalojar el aire que se encuentra en la manguera látex que se une al frasco nivelador con la bala, antes de comenzar la absorción del amoníaco con el ácido.

1.6. USOS DEL AMONIACO.

Hoy día, el uso del amoníaco cubre toda una gran gama de industrias, no sólo para la fabricación de fertilizantes como se cree, renglón el que ocupa gran preponderancia. A continuación se describe, aunque en forma detallada, cada una de las industrias que lo requieren para su trans

formación y/o como auxiliar para pasos dentro de un proceso específico.

A. - Industria de los Fertilizantes: En este renglón se tiene una gran demanda de amoníaco y sus compuestos. Los principales portadores de nitrógeno con que se preparan abonos son: amoníaco anhidro, solución de amoníaco, soluciones de nitrato de amonio y amoníaco; soluciones de urea y amoníaco; nitrato de amonio y amoníaco; nitrato amónico; sulfato amónico, urea; cianamida de calcio y nitrato de sodio.

B. - Industria de los Explosivos: Es también, como en el caso anterior, una de las de mayor consumo de amoníaco. Aunque este se despacha a las fábricas en forma anhidra ó de solución al 30%, se usa principalmente convertido en ácido nítrico para la fabricación de Dinitrotolueno (DNT), Trinitrotolueno (TNT), nitrocelulosa nitroalmidón, Tetranitrato de Pentaeritrol, Tetrilo y Nitrato de amonio.

C. - Industria Textil: Que lo emplea principalmente para la producción de fibras sintéticas como el rayón de cupramonio y el nylon. Es usado también el amoníaco para teñir y lavar telas de algodón rayón, lana y seda.

D. - Industria de las Resinas: La industria de las resinas sintéticas emplea el amoníaco como catalizador y controlador del PH durante la polimerización de resinas de fenol y formaldehído y de urea-formaldehído. En estas reacciones se añade el amoníaco en forma de hexametileno-tetramina producida por reacción de amoníaco y formaldehído.

E. - Industria Farmacéutica: Aquí se le tiene como un ingrediente importante en la fabricación de sulfanamidas y se usa también en la

fabricación de vitaminas y medicamentos antipalúdicos.

F. - La Industria Petrolera: aparte de que es la que lo produce, lo consume también empleándolo como agente de refinación de algunos aceites, se emplea como neutralizante para evitar la corrosión de condensadores de ácido, cambiadores de calor, etc. del equipo de destilación. En el cracking catalítico de lecho fluidizado se añade como aditivo para facilitar la recuperación del catalizador.

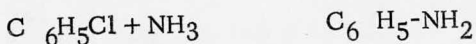
G. - Industria del Caucho: Se agrega el amoníaco al látex crudo para evitar la coagulación durante su transporte desde las plantaciones de caucho hasta la fábrica. Es aplicado también a las cámaras de vulcanización y se dejan curar los artículos en atmósfera de amoníaco.

H. - Refrigeración: Es el amoníaco el refrigerante más usual, sobre todo en grandes instalaciones industriales. Se puede usar en sistemas de compresión ó absorción para los fines siguientes: fabricación de hielo, almacenamiento de alimentos en refrigeradores y frigoríficos, unidades de congelación, etc. El amoníaco conocido como refrigerante 717, es ampliamente usado debido a su gran calor latente de vaporización, la estabilidad química y la reducida corrosión de piezas de hierro y acero; sin embargo no debe ponerse en contacto con el bronce, con el cobre y las aleaciones de zinc (latón, bronce) a los que sí toca, los corroe rápidamente. En el apéndice II se pueden observar propiedades que posee el amoníaco como refrigerante.

I. - En la Industria Química Inorgánica: aquí se emplea para producir sales de amonio, que tienen multitud de aplicaciones industriales,

por neutralización directa de los ácidos con amoníaco.

J. - Industria Química Orgánica: Emplea el amoníaco para preparar aminas, amidas, nitrilos, etc. La formación de anilina con monoclorobenceno es un ejemplo de esta clase de reacciones:



Existe una gran cantidad de reacciones de importancia comercial en el que el amoníaco participa.

K. - En la Industria Metalúrgica: Se usa el amoníaco para extraer de sus minas el cobre, el molibdeno y el níquel. Los desechos minerales de cobre se lixivian con solución de carbonato de amonio para formar solución de carbonato cúprico amoniacal.

Entre las ya numeradas, se pueden citar las siguientes industrias que emplean amoníaco: En la fabricación de la Pasta de Papel; Preparación de Telas; Industria de los Alcalis; Fabricación de Ácidos y en Purificación de Aguas Municipales.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL PROCESO

2. DESCRIPCION DEL PROCESO.

La terminal de amoníaco de Pajaritos, Ver. ha sido diseñada para recibir este producto de las plantas del Complejo Petroquímico de Cosoleacaque, Ver. a razón de 1000 a 3000 TMD y una capacidad de almacenamiento de 20,000 TM al 100% en el tanque de almacenamiento, para posteriormente ser embarcado en buques-tanque para su exportación ó distribución nacional. La función con que cumple esta planta de refrigeración de amoníaco es la de mantener en estado líquido el producto para que su transportación sea más fácil, lo que es logrado mediante un sistema de refrigeración por compresión. Las operaciones que se llevan a cabo en la unidad criogénica pueden resumirse en tres, a saber:

i) Recibo de carga; ii) Mantenimiento de la carga y iii) Carga a Barcos.

Cabe señalar que es posible tener una combinación de dos de las anteriores operaciones a un tiempo, y bajo ciertas circunstancias, hasta de las tres. Para cada una se tiene el equipo adecuado, siendo para los dos primeros casos, el mismo, sólo que de menor capacidad para el segundo. Para tener una idea más clara del proceso se ha convenido en hacer una discusión por separado de cada una de las operaciones arriba mencionadas las que se tratan a continuación.

2.1. RECIBO DE CARGA.

Esta operación llamada también de Llenado (Filling) consiste en licuar los vapores que llegan acompañando al amoníaco líquido que es en

viado desde el Complejo de Cosoleacaque por medio de un amoniaducto. -
 La terminal, en condiciones normales de operación está diseñada para -
 recibir hasta 3000 TMD a capacidad máxima. Para esta operación se tie-
 ne el siguiente equipo: (ver diagrama de flujo, fig. 2 Bis, 3 y 4).

Tanque de Interpasos (TH-1051): Este recipiente es el primero -
 en recibir el producto, su importancia estriba en que funciona como un -
 destilador "flash" dadas las condiciones que prevalecen en su interior. A
 este llegan tres corrientes: la primera es la de descarga del amoniaduc -
 to, la segunda es la de vapores calientes descargados de la primera eta -
 pa de compresión y por último, la tercera corriente, que es de amoníaco
 líquido enviado desde el tanque acumulador final de llenado (TH-1050),
 los que se esperan para ayudar a enfriar la corriente segunda, antes se -
 ñalada.

Tiene además dos salidas: La primera es la de salida de vapores,
 que saliendo por el domo son enviados a la segunda etapa de compresión;
 la otra salida es la de los líquidos que saliendo por el fondo es enviado -
 al tanque principal de almacenamiento (TC-1002) el que es común a am -
 bos sistemas (llenado y mantenimiento). Una vez llegada esta corriente -
 al tanque principal es descargada por el domo del mismo.

Este acumulador de interpasos está dotado de un sistema de pro -
 tecciones y señales para prevenir cualquier situación anómala que se pu -
 diera presentar, éstas podrán ser señaladas posteriormente.

Compresores de Llenado (BC-1005 A, ByC).

Se cuenta con tres compresores reciprocantes de dos etapas mo -

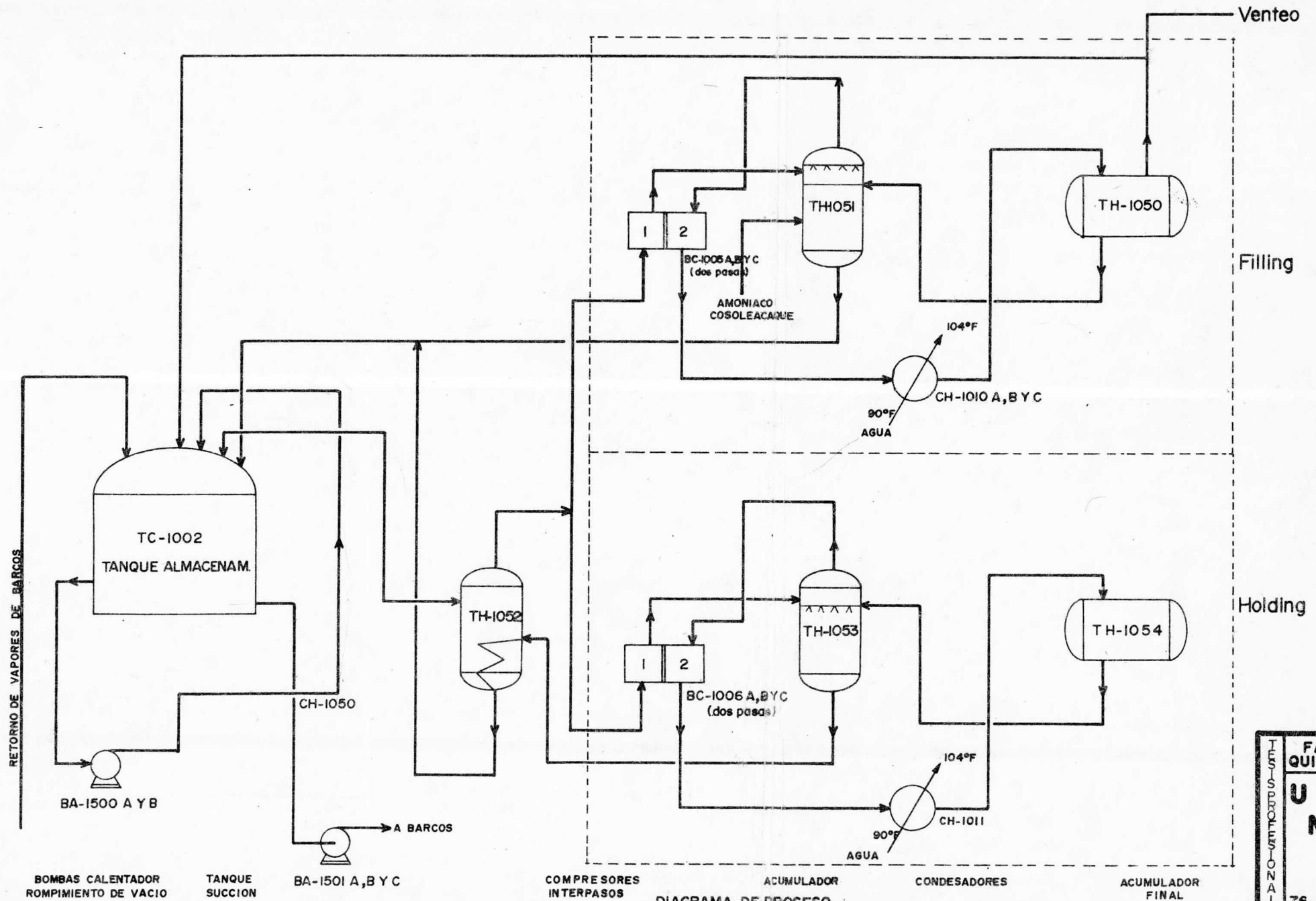


DIAGRAMA DE PROCESO
ALMACENAMIENTO DE AMONIACO REFRIGERADO
FIG. No 2 BIS

vidos con motores eléctricos sincrónicos. En la primera etapa de com -
presión se manejan los vapores succionados desde el tanque de almacena
miento a través de un tanque de succión (TH-1052) el que es también co -
mún a ambos sistemas (llenado y mantenimiento) y una vez comprimidos
son enviados al acumulador interpasos (TH-1051) en donde son enfriados
con amoníaco líquido de las dos corrientes de llegada a este recipiente. -
A su vez la segunda etapa de compresión manejará los vapores que pro -
vienen de dicho acumulador.

Asimismo, estos compresores cuentan con indicadores de tempe -
ratura y presión, además de otros dispositivos para preservarlos de - -
cualquier daño.

Condensadores y Acumulador Final de Llenado (CH-1010 A, B y C
y (TH-1050).

Los vapores comprimidos en la segunda etapa de los compresos -
res de llenado son condensados en los condensadores a contracorrientes -
con agua de enfriamiento, el amoníaco aquí condensado cae por gravedad
hacia el tanque acumulador final, el cual tiene una capacidad de 30, 800 -
lbs., de aquí el líquido fluye por el fondo hacia el acumulador interpasos
(TH-1050) en donde se esprea, completándose así el ciclo de refrigera -
ción para la operación de recibo de amoníaco.

Tanque de Succión (TH-1052).

El vapor de amoníaco generado dentro del tanque de almacenamien
to (TC-1002) sale por el domo hacia el tanque de succión y desde aquí es
te vapor es enviado a la primera etapa de compresión de los compresos -

res tanto del sistema de llenado como del de mantenimiento. Este tanque en la línea de succión de los compresores actúa como tanque de choque, cuenta con un interruptor de nivel el cual actúa una alarma, con lo que se indica que ha habido arrastre de líquido desde el tanque principal a éste.

2.1.B. DESCRIPCION DEL FLUJO Y PRINCIPIOS DE OPERACION.

El amoníaco que se almacena en la terminal es enviado desde el Complejo de Cosoleacaque por medio de un amoniaducto, antes de llegar a la planta pasa por una trampa de diablos y así llegar a límites de batería en donde el flujo se controla mediante la válvula automática dispuesta para ello y que puede ser operada desde el cuarto principal de control mediante el switch correspondiente. El producto que llega es una mezcla de líquido vapor, generado éste último, por el bombeo y la fricción en el amoniaducto además el calor absorbido de la atmósfera, esta mezcla generalmente se recibe a 21 kg/cm^2 de presión y 29°C . Después de pasar por la válvula de control (VCF-1508) se filtrará en el filtro (FS-1503) para eliminar impurezas sólidas tales como arenilla estopa y otros.

El flujo ya filtrado es medido posteriormente en un medidor de turbina (MTF-1503), cuya lectura se tiene en un totalizador en el tablero del cuarto de control, continúa hasta el acumulador interpasos pasando previamente por la válvula (VCP-1507) la que controla la presión de la línea y puede ser accionada ésta, desde el cuarto de control ó bien en campo.

En este acumulador interpasos (TH-1051) el amoníaco sufre una expansión con lo que se abate la temperatura hasta 1.1°C y coexiste una separación de dos fases. La fase líquida sale por los fondos a control de nivel, regulado mediante la válvula automática (VCN-1501) y filtrados en el filtro (TH-1550) para eliminar agua y trazas de aceite, una vez hecho esto, fluye hacia el tanque de almacenamiento, en donde llegan por el domo y son rociados mediante un anillo distribuidor con objeto de evitar -- choques térmicos.

Este tanque cuenta con una señal en campo de alto nivel la que acciona una alarma (SNA-1501) indicando la anormalidad, la que de conti -- nuar, teniendo por consiguiente una elevación más en dicho tanque, actúa el switch de dispara (SND-1500) el que parará a los compresores. En el tablero principal de control una alarma sonora indicará esta última ac -- ción mientras que simultáneamente una señal luminosa nos indicará cuál equipo se ha disparado.

La fase gaseosa sale por el domo del acumulador interpasos -- (TH-1051) hacia la segunda etapa de los compresores de llenado los que -- serán descargados a 17 kg/cm^2 de presión y 128°C para a continuación -- ser condensados en los condensadores (CH-1010 A, B, C) a contracorrien -- te con agua de enfriamiento y así el producto condensado cae hacia el tanque acumulador final de llenado (TH-1050). El acumulador final se en -- cuentra presionado por los vapores en equilibrio con el líquido ahí alma -- cenado, una elevación de ésta, que normalmente es igual al de la descarga del segundo paso de compresión, hará actuar la válvula controladora --

de presión (VCP-1500) y desfogar los vapores hacia un desfogue elevado - abierto a la atmósfera, aliviando así cualquier presionamiento originado. En situaciones que los requieran, estos vapores serán empleados para - recuperar presión dentro del tanque de almacenamiento principal - - - (TC-1002) accionando para ello la válvula automática (VCP-1505) mediante la cual se comunican vapores al domo del (TC-1002).

El líquido almacenado en el acumulador final sale por el fondo a - control de nivel, regulado mediante la válvula (VCN-1500) y enviado al - acumulador interpasos de llenado en donde, como ya se señaló antes, es espreado para enfriar los vapores calientes comprimidos en la primer - etapa, los que son descargados a .. 80°C y 3.5 kg/cm² de presión.

Los vapores manejados en la primer etapa de los compresores - son los que se generan dentro del tanque de almacenamiento y succiona - dos a través del tanque de succión (TH-1052) el cual tiene un serpentín - en el interior, por donde fluye amoníaco líquido sólo cuando opera el sistema de mantenimiento (Holding), con el propósito de que los vapores - hasta aquí succionados eliminen cualquier traza de líquido que hayan - - arrastrado y puedan dañar las partes internas de los compresores. El - líquido que haya sido arrastrado, se evaporará al ponerse en contacto - con este serpentín ya que existe un gradiente alto de temperatura que favorece dicha evaporación.

2.2. SISTEMA DE MANTENIMIENTO (HOLDING).

En ocasiones podrá no recibirse amoníaco, por lo que deberá es - tarse atendiendo a relicuar los vapores desprendidos dentro del tanque -

de almacenamiento, a esta operación se llama "de mantenimiento" (Holding) para cuyo efecto se tiene un equipo similar al usado para el recibo, con la diferencia de que éste es de menor cantidad.

2.2.A. DESCRIPCION DEL EQUIPO.

Tanque de Interpasos de Mantenimiento (TH-1053).

A este tanque convergen dos líneas: una de ellas es la de vapores de amoníaco comprimidos en la primer etapa de los compresores de mantenimiento (BC-1006 A y B) y son enfriados contra amoníaco líquido esreado, el cual proviene del acumulador final de mantenimiento (TH-1054) siendo esta la otra corriente que llega al acumulador interpasos. Por el domo del mismo, saldrán los vapores que son comprimidos en la segunda etapa de compresión y después pasar al condensador (CH-1011) en donde a contracorriente con agua de enfriamiento condensan, cayendo el líquido al acumulador final de mantenimiento (TH-1054) de donde fluyen hacia el de interpasos a control de nivel autorregulado por la válvula correspondiente (VCN-1504).

La fase líquida en el acumulador interpasos, sale por el fondo del mismo hacia el tanque de almacenamiento (TC-1002); dicho acumulador está dotado de un nivel óptico (IGN-1503) y un sistema de protección por alto nivel (SN-1505) para impedir que pueda pasar líquido a los compresores y causar daño en las partes internas.

Compresores de Mantenimiento (BC-1006 A y B).

Se tienen dos compresores reciprocantes de dos etapas; uno de

ellos es accionado por motor eléctrico síncrono y el otro por medio de un motor de combustión interna. [Cuando se tiene en el tanque de almacenamiento el nivel máximo permitido (80%) y ya no sea posible recibir mas, entonces la carga se mantendrá en buenas condiciones mediante el sistema de mantenimiento para relicular los vapores desprendidos en el tanque. Se usa preferentemente el compresor accionado mediante el motor eléctrico, quedando el otro como relevo. Más adelante se explica bajo qué otras condiciones se hace uso del sistema de mantenimiento.

Condensador de Mantenimiento (CH-1011) y Acumulador Final (TH-1054).

Los vapores de compresión de la segunda etapa serán condensados en el condensador de mantenimiento a contracorriente con agua de enfriamiento siendo recibido el condensado en el acumulador final de mantenimiento (TH-1054) mismo que posee un nivel óptico (IGN-1504) y un control para presión (VCP-1506) la cual relevará al cabezal de desfogue al presentarse cualquier elevación de presión por encima de la norma de operación.

2.2.B. DESCRIPCION DEL FLUJO Y PRINCIPIOS DE OPERACION.

Los vapores desprendidos en el tanque de almacenamiento y succionados a través del tanque de succión (TH-1052) son comprimidos en la primer etapa de los compresores de mantenimiento y descargados al tanque acumulador de interpasos de mantenimiento (TH-1053) en donde son enfriados contra el líquido que se esprea aquí dentro. Los vapores ya fríos serán succionados por la segunda etapa de los compresores y ya

comprimidos son condensados con agua contracorriente en el condensador respectivo y el líquido condensado cae al acumulador final, para desde aquí ser enviados a control de nivel por la (VCN-1504) hacia el acumulador interpasos en donde se esporean.

La corriente líquida que sale por el fondo del acumulador interpasos, abandona este recipiente a control de nivel autorregulado mediante la automática (VCN-1503) y es el que circula por el serpentín colocado dentro del tanque de succión (TH-1052), al que después de abandonar pasa por un filtro para así eliminar agua y aceite, siguiendo así hacia el cabezal de líquidos (que viene desde el de interpasos de llenado) que va al tanque de almacenamiento y descarga por la parte superior.

Una elevación de nivel dentro del acumulador interpasos de mantenimiento actuará el switch (SN-1505) el que haciendo sonar una alarma en el tablero de campo indicará la anormalidad, la que de seguir aumentando en nivel, hará actuar el switch de disparo (SN-1503) parando el compresor (BC-1006 A) al mismo tiempo que en el cuarto de control una alarma sonora y otra luminosa darán conocimiento de que el equipo ha sido puesto fuera de operación automáticamente.

Cabe señalar que el hecho de esppear el líquido en ambos acumuladores interpasos (TH-1051 y TH-1053) es con objeto de abatir la temperatura por expansión libre, con lo cual el líquido absorberá calor de los alrededores, en este caso de los vapores calientes de compresión logrando así enfriarlos, este fenómeno es conocido como Expansión ó Efecto de Joule-Thomson y es muy usado en la industria para licuar y enfriar ga-

ses.

Tanque de Almacenamiento (TC-1002).

En los dos apartados anteriores se ha referido a este tanque de una forma ú otra, más no se ha hecho mención a la gran diversidad de los efectos que se tienen en su interior y los efectos o consecuencias de éstos, así como su control mediante una adecuada red de instrumentos que son de gran importancia, y es por esto que se ha considerado dejar hasta ahora la explicación a ello.

Este tanque está soportado por una base de concreto tratado especialmente para soportar las tensiones producidas por la baja temperatura que existe en él, evitando así que el fondo del mismo pueda sufrir daños considerables. Está formado por una doble pared cuyo ánulo se ha empacado con un aislante sintético llamado "carlita", el cual se remueve periódicamente con aire seco de instrumentos para evitar compactaciones y queden así descubiertas determinadas partes, el aire se suministra por medio de una válvula (VCP-1509) la que se regula a 2" de agua de presión manométrica; en caso de un sobrepresionamiento relevará a la atmósfera la válvula de seguridad (VS-1502) dispuesta para ello y calibrada a 2.5" de agua manométrica.

Por su parte el tanque interno debe mantener una presión normal de operación de 5.5" agua (man.), el switch de presión (SP-1502) accionará una alarma sonora en el tablero del sistema de mantenimiento en campo, si la presión alcanzara el valor de 7.5" agua (man.), con lo cual se deberá poner a operar el compresor de mantenimiento (BC-1006 A).

Si el tanque continúa presionándose y alcanzara hasta 9.5" agua de presión manométrica, la señal sonora de la alarma (ALP-1504) en el cuarto de control y en tablero de compresores de llenado señalará la necesidad de poner en operación uno de éstos. Se cuenta además con una protección, en caso de que se tuviera un presionamiento que por su rapidez no fuera posible verificar las dos maniobras antes mencionadas, es ésta, la válvula de seguridad (VS-1500) relevará a la atmósfera a una presión de 13" de agua man. aliviando así la presurización dentro del tanque.,

Ahora bien, en ocasiones se tendrá una situación totalmente inversa a la anterior, ó sea que puede haber una caída anormal de presión. Así, si ésta descendiera de la de operación, la señal que envía el switch (SP-1503) a la alarma sonora (ALP-1503) tanto en el cuarto de control como en el tablero de compresores de llenado en campo, indicará poner fuera de operación uno de éstos. Un nuevo descenso de presión, hasta 3.5" de agua man., hará que actúe el switch de presión (SP-1502) parando automáticamente un compresor de mantenimiento (si éste estuviera operando) ó bien una señal sonora indicará la necesidad de sacar uno más de los compresores de llenado, manualmente.

Una medida más para evitar una caída tan grande en la presión del tanque es la de derivar los vapores del acumulador final de llenado (TH-1050) hacia aquél, los vapores son regulados automáticamente por medio de la válvula (VCP-1505) la que recibe señal de un registrador controlador de presión (RCP-1505) montado en el tanque mismo, el cual permitirá este flujo de vapores, una vez restablecida la presión cesará -

el paso automáticamente.

Como en el caso anterior, si las maniobras descritas para restablecer la presión en el tanque no se hicieran con la rapidez necesaria, se cuenta con una válvula de seguridad (VS-1501) la cual a condiciones de vacío (-1.5" agua man.) abrirá permitiendo el paso de aire atmosférico, cerrando cuando se alcanza la presión normal de operación. Las variaciones registradas por los registradores de alta presión (RCP-1504) y baja presión (RCP-1503) en el tanque de almacenamiento pueden ser leídas en gráficas en el tablero principal del cuarto de control.

Unos termopares dispuestos en la parte superior y baja del tanque registrarán la temperatura existente, la que puede ser leída en el mismo tablero principal mediante los indicadores (TP-1533) y (TP-1534) respectivamente. Cabe señalar, que entre ambos niveles de temperatura no debe existir una marcada diferencia, en cuyo caso se tendrían estratificaciones y necesidad de poner en operación las bombas anti-choque (BA-1500 a y B) las que succionan amoníaco de la parte inferior del tanque y lo envían a la parte alta del mismo, y así por recirculación, homogeneizar la masa almacenada.

Estas bombas de anti-choque tienen una succión a 0.5 m del fondo del tanque, por lo que es necesario tener un nivel mayor a éste, para poder operarlas, cuentan con una válvula automática (VCF-1500) a la succión de las mismas, la cual puede ser operada para cerrarla desde el cuarto de control accionando el dispositivo correspondiente (CM-1510) ó desde el campo por (CM-1510 B). Se tiene además un switch de protec -

ción que parará las bombas en caso de emergencia (SP-1510). Para conocer el nivel dentro del tanque, se cuenta con un medidor de cinta - - - (IN-1508) localizado en campo.

2.3. SISTEMA DE CARGA A BARCOS.

La operación de carga a barcos se lleva a cabo mediante 3 bombas verticales (BA-1501A, B y C) que pueden manejar hasta 300 TMH cada una a flujo máximo; el flujo de amoníaco sale por la parte inferior del tanque mediante una línea de 24" $\varnothing$ con una válvula de control automático (VCF-1501) la cual puede ser operada desde el cuarto de control mediante un interruptor (CM-1511 A) ó bien en el campo con (CM-1511B). A falla de aire, esta válvula cerrará inmediatamente a la vez que un switch - - (SP-1511) parará los motores de las bombas. Cualquier otra restricción en la succión de las bombas y que pueda dañarlas, será detectado por un - - switch de protección (SF-1502), colocado en un by-pass de recirculación de flujo mínimo derivado de la descarga de las bombas hacia el tanque, - por este by-pass de recirculación debe pasar el 10% del flujo total bombeado (30 TMH), el cual si se ve disminuido por algún obstáculo hará que opere el switch antes mencionado sacando de operación al equipo.

El by-pass que se ha mencionado aquí, es de gran ayuda, pues - también protege al equipo de daños ocasionados por bloqueos súbitos en la descarga de las bombas. El flujo hacia el buque-tanque pasa por un - - medidor de flujo de turbina (MTF-1502) cuya lectura se lee en el totalizador correspondiente localizado en el cuarto de control, pasa enseguida -

por un filtro (FS-1502) colocado en límite de batería y continuar hacia el muelle en donde descargará a los compartimientos del barco. En el cabezal de llegada en el muelle se tienen indicadores de presión y temperatura.

2.4. SERVICIOS AUXILIARES.

2.4.1. AGUA DE ENFRIAMIENTO.

El agua de enfriamiento es usada para la condensación de vapor de amoníaco, además de emplearse en las choquetas de los compresores y en los enfriadores de aceite de los mismos, usando en su lubricación. Esta agua llega de una presa de captación a la planta, antes de caer a la cisterna de la torre de enfriamiento, pasa por un filtro de arena para eliminar la mayor cantidad de sólidos disueltos posibles. El agua filtrada es descargada a la cisterna de la torre mayor (CT-100) y de ahí al cárcamo de succión de las bombas, las que son cuatro del tipo centrífugas verticales, (BA-1002A, B, C y D).

La torre en mención es de tiro forzado, con dos extractores, para el enfriamiento del agua que retorna de la planta después de haber pasado por el equipo que la requiere. Esta agua de enfriamiento se suministra a la planta mediante un cabezal de 24" ϕ y se distribuye al siguiente equipo:

-Sección de compresores:

BC-1005 A, B y C (compresores de llenado)

BC-1006 A y B (compresores de mantenimiento)

Usada para circular por las chaquetas y en los cambiadores de calor para enfriar el aceite de lubricación el cual entra a contraflujo.

BC-1002 A y B (aire de instrumentos)

BC-1003 (aire de plantas)

Además de usarse en las chaquetas, sirve para enfriar aire en - los cambiadores de calor (CE-1000A y B) y (CE-1001) respectivamente.

-Area de Condensación:

CH-1010 A, B y C (condensadores de llenado)

CH-1011 (condensador de mantenimiento)

En donde entra contracorriente para condensar los vapores de - - amoníaco.

El agua es tratada en el cárcamo de succión de las bombas para - lo cual se agregan ciertos aditivos quimicos, cada uno de los cuales cu--bre una función específica, a saber:

1. - Adición de cloro: se suministra desde un clorador (TH-1034) el cual consiste de dos cilindros a presión, se adiciona con el objeto de - evitar la proliferación de colonias bacteriológicas y otros gérmenes.

2. - Adición de Acido Sulfúrico: es usado para controlar el pH; se cuenta con un tanque donde se almacena el ácido concentrado, la adición- se hace en pequeñas proporciones para evitar una gran concentración que pueda dañar el equipo.

3. - Adición de Dicromato de Potasio: este compuesto actúa como un inhibidor de la corrosión, el sólido se diluye con agua en el tanque - - (TH-1031) y de ahí se dosifica al agua.

Diariamente personal de Laboratorio Químico, toma una muestra para analizar el agua que se emplea y poder llevar así un control de la misma. En la Tabla III se presenta un cuadro típico para el control del agua tratada.

VARIABLE	RANGO DE CONTROL	VALOR OPTIMO
PH	6.2 - 7.2	6.8
CrO ₄ ppm	10 - 15	12
Cl ₂ ppm	0.1 - 1.0	0.5
Sóls. Totales		
Disueltos ppm	300-500	400

TABLA III. Análisis Típico de Agua de Enfriamiento

El agua analizada reporta otras variables que también se consideran, más en la tabla arriba señalada, sólo se han enlistado aquellas más importantes:

2.4. B. AIRE DE INSTRUMENTOS.

Para dotar a todo el sistema de control e instrumentos neumáticos se cuenta con dos compresores de aire (BC-1002 A y B), uno de los cuales es accionado con motor eléctrico y otro accionado mediante un motor de combustión interna. El aire atmosférico es succionado a través de un filtro, una vez comprimido pasa al enfriador en donde se pone en contacto a contracorriente con agua de enfriamiento. Cada uno de los

compresores cuenta con un cambiador de calor y de un tambor separador en donde se eliminan agua y trazas de aceite.

El aire una vez que sale del separador, pasa al acumulador de - - aire de instrumentos (TH-1039) en donde se mantiene a la misma presión de descarga de los compresores (7.0 kg/cm^2), que es la que se suministra a los diferentes instrumentos antes de los reguladores de presión, - - mediante un cabezal de 2" $\varnothing$ / y a un flujo de $5.7 \text{ m}^3/\text{min}$. El aire requerido para este fin debe ser seco, por lo que se le elimina la humedad mediante un secador (DA-1511) el que consiste de dos torres empacadas - - con sílice, que tiene un gran poder higroscópico. De tal manera que el - - aire antes de ser distribuido, pasa por este secador.

Ambos compresores están dotados de switchs de alta y baja presión, así, si en el acumulador de aire existe una presión abajo de 4.5 kg/cm^2 , operará el switch de baja presión haciendo que el compresor entre a comprimir, hasta que se alcanza una presión de 7 kg/cm^2 en el - - acumulador, en este momento el switch de alta hará que el compresor deje de comprimir. Un presionamiento debido a una falla en éste último, - - provocará un desfogue mediante una válvula de relevo colocada en el domo del acumulador. Se cuenta además con un sistema de protección para alta temperatura (ST-1009) el cual al registrar una elevación de temperatura en el gas que sale del compresor actuará parándolo automáticamente.

2.4.C. AIRE DE PLANTAS.

Para otros usos en que no es necesario aire seco, se cuenta con -

aire llamado de plantas, el cual es suministrado por un compresor accionado con motor eléctrico (BC-1003), con capacidad de $2.83 \text{ m}^3/\text{min}$ y una presión de 7 kg/cm^2 . Trabaja a las mismas condiciones que los compresores de aire de instrumentos. A una señal recibida del tanque acumulador de aire de plantas (TH-1028) cargará ó descargará este compresor, según sea la demanda; el aire comprimido es enfriado en el cambiador de calor (CE-1002) y pasado a través del separador de agua y aceite, antes de ser almacenado en el acumulador. Se distribuye a puntos estratégicos mediante un cabezal de 2" ϕ .

2.4.D. AGUA CONTRA INCENDIO.

El agua que se requiere para este servicio, se suministra aprovechando el agua de la laguna, llega al límite de batería a través de una red general de 14" ϕ y ramales de 6" y 4" ϕ , los que abastecen a cinco hidrantes regulares y otros cinco hidrantes de torrecillas distribuidos estratégicamente, de tal manera que puedan cubrir la mayor área posible y sobre todo aquellos lugares en donde es mayor la probabilidad de un incendio. En la casa de bombas verticales para carga a barcos, se encuentra instalado un rociador automático que cubre todo éste equipo, rociándolo de agua en caso de que se generara un incendio alrededor del mismo.

2.4.E. SISTEMA DE COMBUSTIBLE.

El diesel usado como combustible de los motores de combustión interna de esta planta, es almacenado en el tanque (TH-1024) de donde se

envía con la bomba de transferencia (BA-1003) a los diferentes surtidores de los motores en cuestión.

CAPITULO III

ACONDICIONAMIENTO DE LA UNIDAD

CAPITULO III. - ACONDICIONAMIENTO DE LA UNIDAD.

En este capítulo se incluyen los trabajos de limpieza y de pruebas para preparar los equipos nuevos que van a ser puestos en operación. Los procedimientos que se describirán se efectuarán totalmente sólo una vez, al final de la construcción y antes de la operación inicial de la unidad, pero ciertas partes deberán repetirse después de algunas reparaciones, alteraciones ó reemplazamientos que se hacen al verificar paros subsecuentes.

La programación de dichos procedimientos iniciales deberán coordinarse cuidadosamente con la construcción, con el objeto de que el arranque sea lo más rápido y efectivo posible. El acondicionamiento de la unidad requiere de agua y aire, para ello deberá ser terminado cuanto antes, la fuente que suministre a cada uno de ellos.

Se efectúan pruebas hidrostáticas en equipo nuevo y en tuberías para probar la resistencia de los materiales y de las juntas. Dichas pruebas -- se harán llenando el equipo con agua presionando hasta alcanzar la presión de prueba, la cual generalmente es un 50% por encima de la de operación. Estas pruebas no deberán confundirse con otras, hechas de manera diferentes y a condiciones menos severas, las cuales se hacen a ciertas secciones ensambladas, de la planta. Revisión de los recipientes y chequeo de los interiores de los mismos, para comprobar que se encuentran instaladas las partes internas de los mismos, en caso de que las lleven. Los puntos que deben chequearse incluyen el hogar y la longitud de los termopo-

zos, detalles del lugar y fabricación de la tubería, distribuidores y el --
rango de flotación de los instrumentos de nivel y también de las conexio-
nes de flotación. ↵

3.1. INSPECCION DE LOS RECIPIENTES. SU LIMPIEZA.

↵ Antes de la soldadura final de las cubiertas ó registros, los interio-
res de los recipientes deberán ser revisados, asegurándose de que han -
quedado limpios y completos en cuanto a los equipos internos de la insta-
lación. ↵

3.2. LIMPIEZA DE LINEAS.

Cualquier equipo que maneje fluidos (particularmente tuberías) de-
berán estar completamente limpios de escombros internos e incrustacio-
nes que se acumulan durante la construcción. Las secciones de construc-
ción y mantenimiento normalmente limpian las líneas para eliminar la --
mayoría de material acumulado. El personal de operación deberá, sin --
embargo seguir con mucho cuidado el limpiado requerido para dejar la --
planta lista para su arranque.

Existen algunos sistemas, como el suministro de agua, que podrán
ser limpiados satisfactoriamente por medios de sus flujos normales, ---
otros sistemas requieren de medios ajenos y hasta improvisados, median-
te conexiones ó tuberías temporales.

Los sistemas auxiliares y de proceso que manejan fluidos, princi-
palmente son lavados con agua. Cualquier línea a la cual no sea accesible
el agua, ó a líneas que pudieran entrapar agua de forma que no se pue-

da drenar, pueden ser limpiadas soplando con aire. La mayoría de las -- líneas auxiliares y de proceso pueden ser limpiados mediante circuitos -- establecidos en los recipientes, que pueden ser llenados con agua para -- este propósito. En cualquier sistema hay que limpiar hacia abajo ú hori-- zontalmente y drenar por los puntos bajos. Las salidas por tales puntos -- son aberturas temporales usualmente hechas desconectando bridas ó ajustes; los drenes normales pueden usarse para limpiar salidas si éstas son iguales al tamaño de la línea, ó bien aproximadamente iguales.

Entre más alta sea la velocidad del medio limpiador, más fuerte -- será limpiada una línea. Cuando se tenga una cantidad limitada del medio limpiador, en caso de estar usando agua, no se deberán lavar demasia-- dos circuitos simultáneamente. Asegurarse que los recipientes que se -- están lavando, estén adecuadamente venteados para prevenir condiciones de vacío.

Evitar limpiar líneas que tengan escombros que puedan pasar a los equipos en donde queden entrampados ó acumulados. Es importante esto-- cuando se lavan recipientes, que hagan difícil un paro después de haber-- puesto en marcha la planta. Así, pues será conveniente evitar que el flujo inicial pase por tales equipos hasta que las líneas estén limpias, sien-- do hasta entonces que los equipos puedan alinearse. Es de importancia -- que los medidores de flujo y las placas de orificio no se instalen antes -- de que las líneas se encuentren limpias. Asimismo cuidar de que las co-- nexiones a bombas, compresores estén con bloqueos a las succiones -- mientras las líneas se limpian, evitando así que pase material extraño a

los equipos.

Todas las conexiones de instrumentos deberán cerrarse durante el lavado de líneas que a ellos llegan, siendo muy cuidadoso el lavado de las tuberías de aire de instrumentos, las que deberán ser soplados con aire.

Finalizando el lavado de cualquier sistema, revisar cuidadosamente para verificar que se haya restablecido la alineación normal, cuidando de que las conexiones temporales hayan sido bloqueadas ó bien retiradas; que las líneas que se hubieren desconectado temporalmente se encuentren nuevamente conectadas. Que las portezuelas ó discos de las válvulas check que se hubieran modificado, estén nuevamente en su lugar. Drenar el agua al finalizar la operación de lavado, ayudándose de un barrido neumático sin pasar por alto que los recipientes que se drenen mantengan abiertos sus venteos para evitar condiciones de vacío dentro de los mismos. Los sistemas auxiliares (aire y agua) deberán ponerse ó alinearse para trabajo normal, después de que han sido limpiados, de forma que posteriormente se puedan realizar las operaciones de inspección y limpieza.

3.3. REVISION DE LOS INSTRUMENTOS.

Todos los instrumentos deben revisarse con los datos de diseño para corregir el lugar en que se hayan montado, su conexión, su calibración y su rango de medición. Las válvulas de control deben probarse para verificar su respuesta a las indicaciones de control y para revisar su acción en caso de falla de aire. Las alarmas y switches de seguridad automáticos deberán ser probados. La mayoría de los instrumentos deberán probarse

en la prueba inicial del equipo, si es posible.]

3.4. PRUEBA INICIAL DE BOMBAS.

Las nuevas bombas que serán utilizadas en el proceso, deberán probarse inicialmente checando la dirección de rotación de la flecha antes de ser conectadas. También deberá circularse agua colocando coladeras de malla fina en las tuberías de succión así como también en las tazas de la bomba para prevenir que succionen sólidos que puedan fracturarlas. Se deben establecer circuitos de recirculación con el flujo máximo, guiándolo por los caminos normales cuando sea posible. Con objeto de aprovechar esta recirculación, cuyo provecho sería el de lavar los circuitos.

Es conveniente que el personal de operación esté familiarizado con la literatura que el fabricante acompaña con el equipo, sin pasar por alto cualquier instrucción especial que contenga, referente al manejo de las bombas y los motores de éstas. Antes de arrancar una bomba, deberá -- moverse con la mano, haciendo que rote la flecha libremente, comprobando así que no existe ningún friccionamiento, de presentarse éste, deberá desarmarse la bomba para inspeccionar si hay impurezas en la carcaza, en la caja de empaque ó que existan claros inadecuados en los rotores o en las chumaceras.

Si la bomba gira libremente, se procederán a abrir totalmente la succión venteando la carcaza hasta que se llene de líquido, abrir enseguida la válvula de descarga ligeramente, quedando así la bomba disponible para ser arrancada en el momento en que se desee, toda vez que los circuitos de succión y descarga estén abiertos y el motor en perfectas con-

diciones.

Todas las bombas deberán vigilarse muy estrechamente en las circulaciones preliminares. Continuamente deberá probarse, al tacto, si -- existe algún sobrecalentamiento en las chumaceras, en la tubería del motor ó en el sello, ó bien cualquier otro tipo de problemas, que de presentarse, la bomba deberá ser parada inmediatamente y puesta a revisión. - Durante las primeras corridas, el flujo de retorno acarreará alguna suciedad que no se haya eliminado de los circuitos, éstos quedarán en la -- malla de succión, la que reportará una caída de presión, con lo que se -- podrá saber que están sucias, procediendo a limpiarlas.

3.5. PRUEBA INICIAL DE COMPRESORES.

Al igual que las bombas, los compresores traen la información necesaria para su manejo y medidas de protección, con lo cual el personal de operación deberá estar preparado para evitar ó detectar situaciones -- que requieran poner fuera el equipo que se está probando. El arranque -- inicial y puesta en funcionamiento de la máquina estará bajo la supervisión de un representante del fabricante, con lo que se deslindan responsabilidades en caso de que el equipo acuse efectos anormales por fabricación ó por deterioro en el transporte al lugar en donde se ha de montar.

Las consolas de lubricación de sellos ya estarán totalmente limpias, cuando se ponga a funcionar un compresor, lo mismo los interruptores de disparo y las alarmas asociadas a los sistemas de aceite deberán revisarse, cerciorándose de que su calibración sea la adecuada y de que -- operan oportunamente. Antes de poner a operar el compresor deberán --

checarse la operabilidad de las bombas de aceite principal y auxiliares.- El compresor puede entonces ser acoplado al motor para trabajar sin -- carga y con aire, manteniendo la succión y la descarga abierta, un cir-- cuito de aire cerrado puede tender a ser peligroso y debe evitarse. Así-- pues el compresor trabajará en vacío, y debiendo estar bajo observación, cualquier presionamiento o calentamiento hará que el compresor se saque de operación, y en algunas ocasiones habrá necesidad, inclusive, de ba-- jar algunas partes del compresor para su revisión.

Al igual que en las bombas, en la succión de los compresores se - colocan mallas de poro fino, con objeto de impedir que pase hacia las cá-- maras de compresión cualquier suciedad que ocasione daños, las cuales-- comúnmente se manifiestan por sobrecalentamiento en las válvulas de suc-- ción y descarga de los compresores, y hasta fractura en determinadas -- partes de las mismas. El representante del fabricante está bien familia-- rizado con todas estas eventualidades y sabrá atacar oportunamente y a - su tiempo las anormalidades que se presentasen.

Una caída de presión en la succión indicará que la malla se encuen-- tra obstruída por la suciedad que se ha arrastrado a través del circuito, - por lo que se procederá a parar el compresor para verificar y efectuar - la limpieza de las coladeras.

3.6. ACONDICIONAMIENTO DE LOS CONDENSADORES.

Antes de que este equipo pueda ser alineado a las líneas de proceso y agua de enfriamiento, deberá ser limpiado perfectamente para eliminar la grasa que generalmente traen los condensadores y cambiadores de ---

calor. El fabricante cubre de grasa los extremos del banco de tubos con el objeto de preservar el equipo contra la corrosión ó bien de que se introduzca en ellos materia extraña.

Con ayuda de una bomba y un tanque portátiles, en éste último se encuentra una disolución capaz de disolver la grasa, la cual generalmente es de sosa en bajas concentraciones; se hace recircular la solución a través de los condensadores mediante una tubería provisional. La solución que abandona los condensadores se regresa al tanque de disolución para ser nuevamente enviada a éstos. Se procurará alcanzar una velocidad alta en el flujo, la mayor posible para realizar un lavado deseable.

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTOS DE ARRANQUE DE LA UNIDAD.

CAPITULO IV. - PROCEDIMIENTOS DE ARRANQUE DE LA UNIDAD.

En este capítulo se tratará lo relacionado a la secuencia programada para arrancar la unidad, la cual operará por primera vez. Ahora bien, esta secuencia ofrece la ventaja de que podrá ser usada en lo futuro para rearrancar alguna sección que hubiese sido puesta fuera de operación para realizar alguna inspección y/o mantenimiento; el hecho de que pueda aprovecharse este programa de arranque para tales casos, estriba en -- que, para tal efecto, la unidad se ha dividido en secciones ó circuitos los que al quedar listo para operar, integran el arranque total de la planta.

Se ha dividido este capítulo en dos partes: la primera la que se --- refiere a la inertización de la unidad y la segunda aquella que describe el enfriamiento del tanque principal TC-1002.

4.1. INERTIZACION DE LA UNIDAD.

Como ya se vió antes, el amoníaco en concentraciones del 16 a 25% en aire, forma mezclas explosivas, por lo que la unidad deberá acondicionarse expulsando el mayor volumen de aire, con el fin de evitar accidentes que acarree daños de consideración al equipo y personal de operación. Se considera que las líneas y recipientes, en este punto, ya han sido lavados y soplados, poniendo especial atención en aquellos por los cules circulará amoníaco. Verificar cuidadosamente que ni unos ni otros -- tengan agua entrampada.

El ambientado deberá hacerse precisamente por donde haya de fluir amoníaco, para esto se emplea nitrógeno el cual ofrece la gran ventaja -

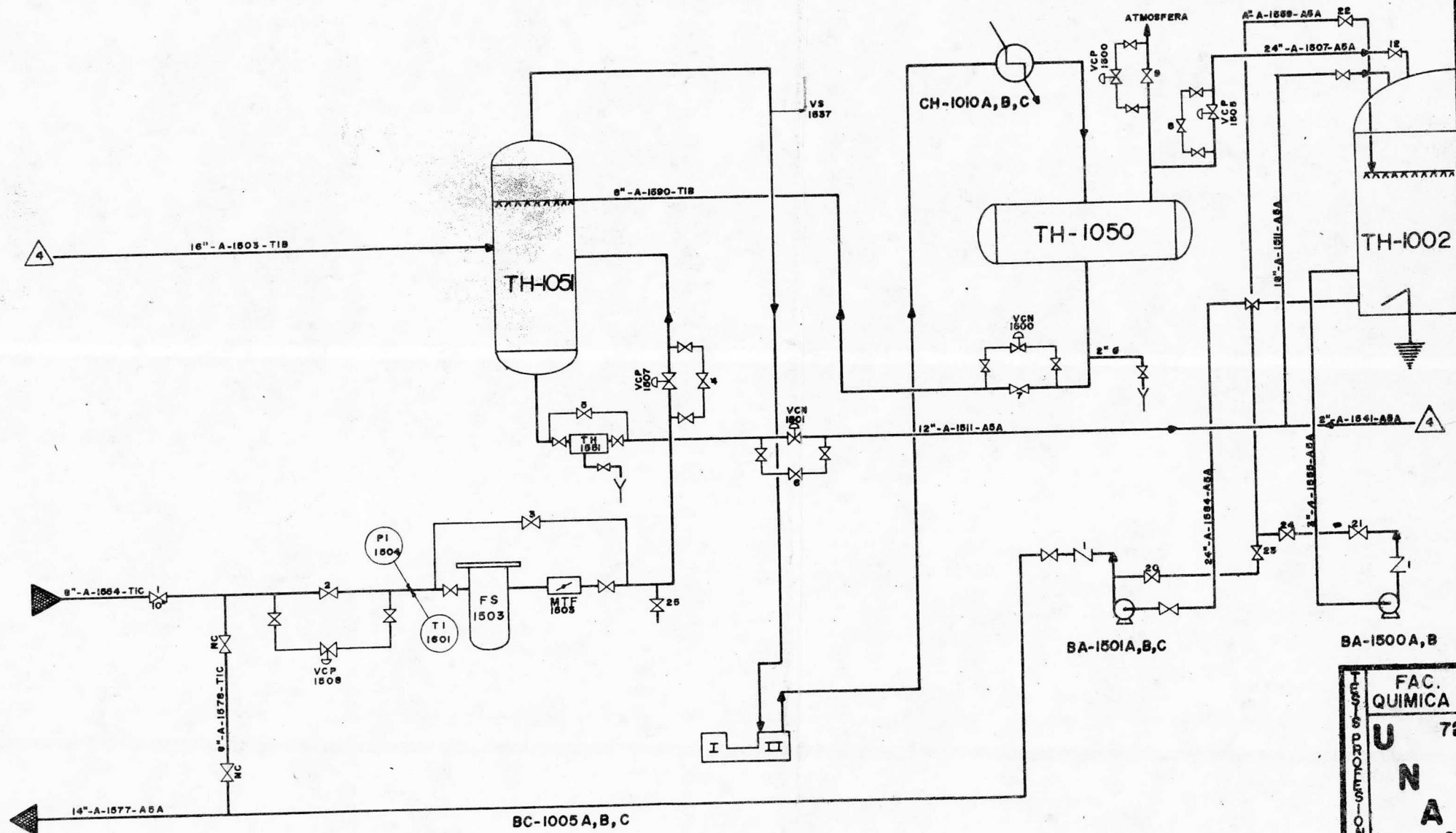
de ser un gas inerte, sin embargo se necesitaría un gran volumen de este gas, lo que implicaría un alto costo en el arranque. Se tienen, por otra parte, experiencias satisfactorias en cuanto al uso de amoníaco gaseoso para ambientar plantas en donde se maneja éste mismo, sin embargo su uso está restringido a guardar el mayor número de medidas de seguridad tales como: admitir el amoníaco en forma lenta para evitar choques, impedir cualquier flama o indicio de ella; que el equipo se encuentre perfectamente conectado a tierra para descargar la electricidad estática, etc.

Para el caso de la planta que nos ocupa, se ha decidido usar al amoníaco para efectos de ambientado y para seguir un orden, se divide la planta en nueve secciones o circuitos, los que a continuación se irán describiendo. (ver figs. 3 y 4).

CIRCUITO 1. DESDE LIMITES DE BATERIA HASTA EL TH-1051.

A. Preparativos: Verificar que la línea de recibo de amoníaco... (8"-A-1554) se encuentre totalmente alineada hasta el tanque recibidor -- (TH-1051); la válvula automática (VCF-1508) y su by-pass correspondiente alineados. El injerto a esta línea (8"-A-1578) antes de la automática deberá estar bloqueada. Alinear el filtro de recibo (FS-1503) y el medidor de flujo (MTF-1503) así como deberá también alinear el desvío del filtro. Antes del tanque.... (TH-1051) se localiza la automática (VCP-1507), esta -- deberá alinearse al igual que el by-pass (4) correspondiente.

Checar que las succiones del segundo paso en los compresores de llenado (BC-1005 A, B, C) se encuentren bloqueadas, lo mismo que las descargas de los primeros pasos. Verificar que la válvula de seguridad --



INTEGRACION CIRCUITO 1,2 Y3.
FIG. N°3

(VS- 1537) se encuentre debidamente instalada manteniendo el desvío bloqueado. Es de importancia aislar los instrumentos del tanque recibidor, - bloqueando las piernas de los controles de nivel y alarmas/disparos, permaneciéndolo únicamente alineado el nivel óptico (LG-1501) en cuya parte superior se colocará un manómetro ($0-7 \text{ kg/cm}^2$). Aislar este equipo de otros que tengan interconexión con él, tales como:

Línea 8"-A-1590 línea de líquido proveniente de (TH-1050) bloqueando la (VCN-1500) y el by-pass (7) correspondiente. Línea auxiliar - 2"-A-1616 que llega al fondo de este tanque proveniente de las bombas BA-1500 A, B.

Salida de fondos hacia el filtro (TH-1551) y su by-pass (5) correspondiente.

B. Procedimiento: Abrir ligeramente la válvula de 10" (1) localizada en límite de batería, para dejar pasar vapores calientes hacia el tanque (TH-1051) en donde se controlará una presión de 0.5 kg/cm^2 mediante el manómetro colocado en el (LG-1501) y desfogando por el by-pass de (VS-1537) hacia el venteo elevado. Esta operación se repetirá durante 30 mins. al cabo de los cuales se iniciará a presionar/depresionar el equipo entre los rangos de $1.0 - 0.05 \text{ kg/cm}^2$ con alimentación intermitente desde la válvula de 10" (1).

Desde la tercera purga intentar pruebas en líneas de purga de fondo del (TH-1051), cuando el análisis reporte un 95% de amoníaco en este circuito, se dará por terminada la actividad y se dejará presionado a 1.0 kg/cm^2 ; sólo en caso de que se pueda continuar con el siguiente circuito, -

de lo contrario depresionarlo hasta 0.05 kg/cm^2 .

CIRCUITOS 2 y 3. INCLUYE HASTA EL ACUMULADOR TH-1050.

A. Preparativos: Bloquear la automática (VCP-1505) y el by-pass (8) respectivo; los condensadores de llenado (CH-1010A, B, C) se alinearán totalmente hacia el acumulador (TH-1050) por el lado de proceso, este tanque deberá mantener durante el ambientado, bloqueadas la pierna de control de nivel y la automática (VCP-1500) así como el by-pass (9) de ésta última. El nivel óptico (LG-1500) se alineará y colocará y su parte superior un manómetro. La purga de fondo del acumulador se debe mantener cerrada lo mismo que las purgas del cuerpo instalada en la parte superior de los condensadores. Hecho lo anterior, cerciorarse de que el tanque recibidor se encuentre presionado a 1.0 kg/cm^2 .

B. Procedimiento: Abrir ligeramente el by-pass (7) en (VCN-1500) y permitir el flujo de vapores de amoníaco desde el (TH-1051), cuando la presión en éste se abata hasta 0.5 kg/cm^2 , abrir la válvula de límite de batería (1) para permitir la entrada de más vapores a todo el sistema alineado hasta este momento, procediendo a abrir el by-pass (9) en la automática (VCP-1500) para mantener un barrido continuo hacia el venteo elevado durante 15 min. controlando a 0.5 kg/cm^2 de presión en el manómetro instalado en el nivel óptico (LG-1500) del acumulador (TH-1050).

Pasados los 15 mins. de barrido, se alinearán la succión y descarga del segundo paso del compresor (BC-1005 A) abriendo la válvula de línea de 2" (línea de recirculación). Continuar barriendo el circuito durante 30 mins. más; si se considera posible, se alinearán en las mismas

condiciones los compresores restantes (BC-1005 B, C) los cuales se depresionan al cabezal del relevo mediante las válvulas de seguridad que poseen (VS-1536, VS-1534 y VS-1534 A respectivamente).

Al término de los 45 mins., se procede a presionar/depresionar -- operando los by-pass de las válvulas (VCP-1507) y (VCP-1500) (4 y 9) alternadamente dentro de un rango de 1.0 a... 0.05 kg/cm². A partir de la tercera purga, analizar la concentración de aire en la toma de muestra del acumulador (TH-1050), la cual deberá reportar un 95% de amoníaco puro para dar por terminada la actividad, dejando presionado el equipo a 0.1 kg/cm².

CIRCUITO 4. AMBIENTADO DEL TANQUE TC-1002.

A. Preparativos: se tiene amoníaco gaseoso hasta la válvula automática (VCP-1505) a una presión de 0.1 kg/cm², se procede a bloquear - las siguientes líneas concurrentes al tanque:

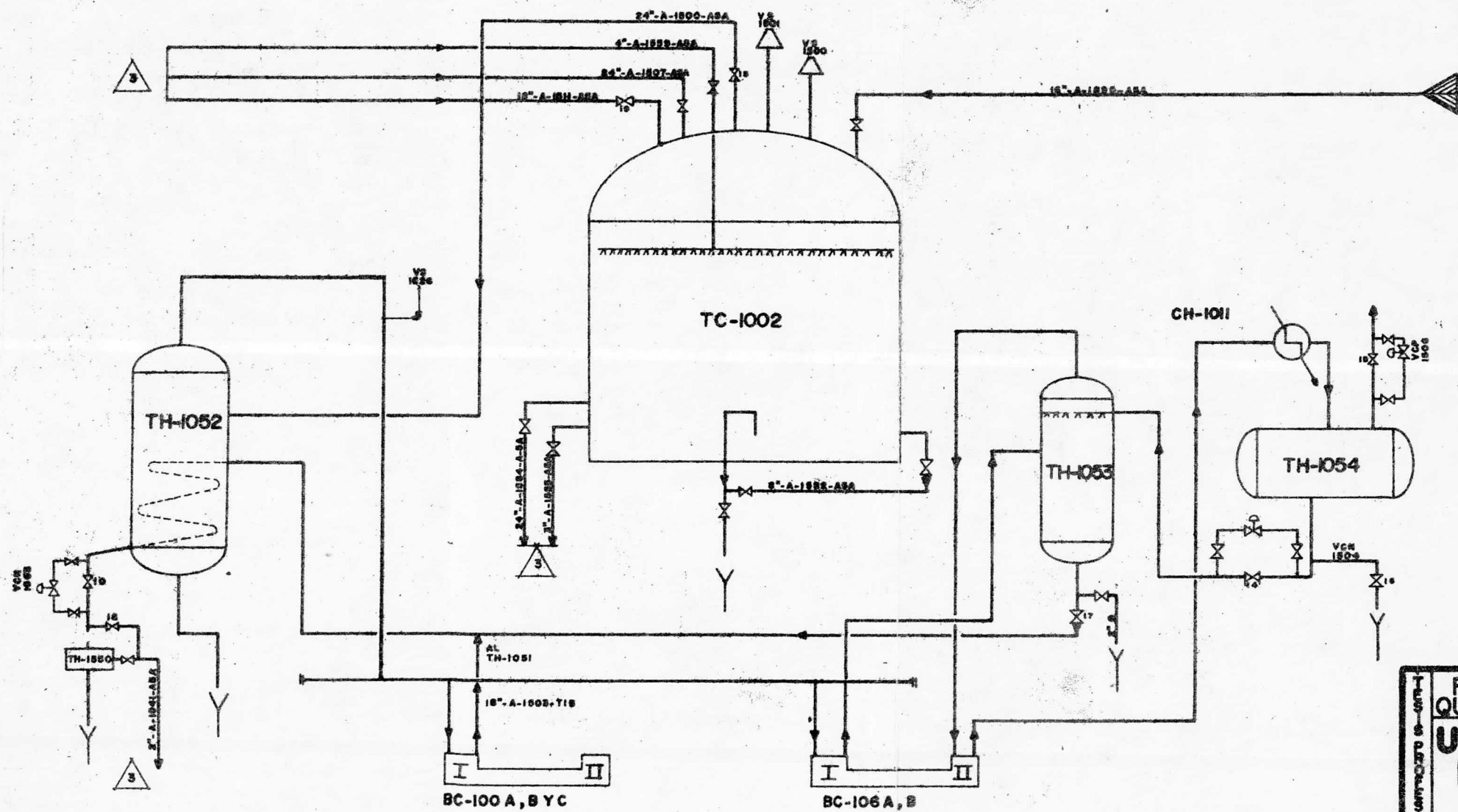
- 4"-A-1559-A5A línea de descarga de bombas BA-1500 A, B.
- 18"-A-1511-A5A línea de líquidos del TH-1051 y TH-1053.
- 8"-A-1582-A5A línea de desfogue de fondos del tanque TC-1002
- 6"-A-1890-A5A línea de retorno de vapores de barcos
- 24"-A-1500-A5A línea de vapores del TC-1002 al TH-1052
- 3"-A-1555-A5A línea de succión de las bombas Ba-1500 A, B.
- 24"-A-1584-A5A línea de succión de las bombas BA-1501 A, B, C.
- 24"-A-1507-A5A línea de vapores del TH-1050 a través de la automática VCP-1505.

Cerciorarse de que las válvulas de seguridad en el tanque estén debidamente instaladas (VS-1500 y VS-1501); los termopares que hayan sido instalados y conectados en el tablero principal de cuarto de control. Alinear la boquilla de la cinta de medición (IN-1508) para detectar posibles fugas en el ducto y aparato de medición; asimismo alinear la válvula (12) que comunica al acumulador final de llenado (TH-1050) con el tanque principal.

Se insiste en checar que las conexiones a tierra estén debidamente instaladas, con la recomendación de que, de existir tormenta eléctrica, se suspenderá cualquier actividad en el tanque principal.

B. Procedimiento: Abrir ligeramente la válvula (8) de globo de 8" en el by-pass de la automática VCP-1505 y mantener una presión en el tanque, de 5" de agua, leídas en el PRC-1504 en cuarto de control. No se permitirá ningún aumento sobre este nivel establecido, cualquier presionamiento se evitará cerrando la válvula antes mencionada, que es por donde se alimentan los vapores al tanque. Debe mantenerse un especial cuidado de que en el acumulador final (TH-1050) la presión se controle dentro de un rango de 0.05 a 0.1 kg/cm² mediante las válvulas de b-pass de las automáticas VCP-1507 (4) y VCP-1500 (7) con alimentación continua desde límite de batería.

Al inicio de la alimentación de vapores al tanque, se alineará la purga provisional de este hacia el cabezal de relevo general iniciándose así un barrido para expulsar el aire contenido dentro del tanque; dado el gran volumen del mismo, se estima un tiempo de 15 horas durante las cuales es impor-



INTEGRACION DE LOS CIRCUITOS 4, 8
FIG. N° 4

tante realizar algunas actividades, tales como:

- 1). - No permitir marcado enfriamiento en la línea de 24"-A-1507

Localizar puntos de apreciación abajo de cero grados centígrados.

- 2). - Supervisar continuamente el equipo anexo al tanque para detectar de inmediato cualquier anormalidad (válvulas, bridas, instrumentos, etc.)
- 3). - Llevar un registro de las temperaturas del tanque.
- 4). - A partir de la quinta hora, iniciar a hacer pruebas de concentración de amoníaco en la purga del separador del venteo elevado.

Si la concentración es muy baja, se podrá incrementar la inyección de amoníaco evitando caídas altas de presión para prevenir subenfriamiento o bien altas velocidades que canalicen el amoníaco en el seno del aire.

Dar por terminada esta operación cuando se alcance un máximo nivel de concentración de amoníaco (95%) dentro del tanque, procediendo a cerrar el by-pass (8) de la VCP-1505 y la purga por la cual se estuvo comunicando al cabezal de relevo.

CIRCUITO 5. DESCARGA DE COMPRESORES DE LLENADO BC-1005 --

A, B y C.

A. Preparativos: Bloquear el TH-1051 manteniendo una presión de 0.1 kg/cm^2 y cerrando las siguientes válvulas: VCN-1500 y su by-pass (7) correspondiente; el filtro TH-1551 y su by-pass correspondiente (5) -

by-pass de la válvula de seguridad VS-1537, continuar con las piernas de control de nivel de este tanque, las que permanecerán bloqueadas, lo mismo que las señales de alarma y disparo. Cerrada de válvula de 10" en límite de batería y mantener alineadas las descargas del primer paso de cada uno de los compresores de llenado; alinear el by-pass de la - - - VCP-1507 (4).

B. Procedimiento: Utilizando líneas de flujo normal, desde límite de batería, establecer un flujo de amoníaco caliente al TH-1051 hasta --- presionarlo a 0.5 kg/cm observando el manómetro colocado en la parte superior del nivel óptico (LG-1501). Se iniciará así, el presionamiento de las descargas de los compresores en el primer paso, una vez alcanzada - tal presión, abrir durante 10 mins. y alternadamente cada uno de los by-pass de las válvulas de seguridad VS-1533, VS-1533 A y Vs-1535 (BC- -- 1005 A, B y C respectivamente) comunicándolas al desfogue ó venteo elevado.

Cuando se haya terminado con la anterior operación, proceder a -- presionar/depresionar en un rango de 1.0 a 0.05 kg/cm² repitiendo la -- operación con las válvulas antes señaladas. La operación se dará por terminada cuando el análisis en el venteo dé como mínimo un 95% de concentración de amoníaco. Depresionar entonces el circuito hasta 0.05 kg/cm² y bloquear los by-pass de las válvulas de seguridad usadas.

CIRCUITO 6. INCLUYE EL RECIPIENTE TH-1052.

A. Preparativos: Para desarrollar esta parte del ambientado, se - hará uso de una interconexión auxiliar temporal entre los tanques - - -

TH-1051 y TH-1052, lo que se hará mediante una línea de 2" $\varnothing$ uniendolas purgas de fondo de ambos tanques. Del TH-1052 se bloquearán la -- pierna de control de nivel, las señales de alarma/disparo y la válvula en línea de purga al drenaje aceitoso. (11)

Como este tanque está unido directamente al tanque principal - --- (TC-1002) es importante bloquear la línea que los comunica cerrando la válvula (13) en línea 24"-A-1500-A5A. Las succiones de los cinco com-- presores, en el primer paso, deberán mantenerse bloqueadas (estas se - comunican mediante un cabezal común, tanto los compresores de llenado como los de mantenimiento).

Se colocará un manómetro en la parte superior del nivel óptico del tanque de succión (TH-1052) y dejarlo totalmente alineado. La válvula de by-pass de la VS-1526 se alineará correctamente al cabezal de desfoque-- general.

B. Procedimiento: Teniendo totalmente bloqueado el TH-1051, ex-- cepto el by-pass de la automática VCP-1507 (4), se presionará este tanque desde límites de batería hasta alcanzar 2.0 kg/cm^2 de presión, acto segui-- do, se abrirán parcialmente las válvulas en línea auxiliar de comunicación entre ambos recipientes, iniciándose así el barrido continuo, este dura-- rá ap roximadamente 30 min y controlando una presión de 0.5 kg/cm^2 en el TH-1052.

Al cabo de los 30 mins., iniciar la operación de presionamiento/de-- presionamiento entre un rango de 1.0 a 0.05 kg/cm^2 mediante las válvuu-- las de línea auxiliar y el by-pass de VS-1526. Como en las veces anterio--

res, se dará fin a la operación cuando se tenga un 95% de amoníaco en la corriente venteada. Cuando se considere ó se haya alcanzado lo anterior, cerrar la válvula en by-pass de VS-1526 y retirar línea auxiliar cerrando las válvulas correspondientes.

CIRCUITO 7. INCLUYE EL CONDENSADOR Y ACUMULADOR DE MANTEMTO.

A. Preparativos: Para llevar a cabo esta operación se recurrirá -- también a una interconexión auxiliar de 2" que comunique la línea de llegada de amoníaco (8"-A-1554-TIC) a la línea de descargas de los segundos pasos de los compresores (BC-1006 A y B).

Esta línea de descarga de los segundos pasos de los compresores -- es también usada para el enfriamiento del tanque (TC-1002).

Alinear esta tubería auxiliar, totalmente, y lo mismo se hace con -- las válvulas de succión de los segundos pasos de los compresores de mantenimiento (BC-1006 A y B), el condensador de mantenimiento (CH-1011) -- quedará totalmente alineado por el lado de proceso (lado de la coraza). -- Asimismo, comprobar que se encuentren aisladas las siguientes válvulas: Bloqueos y by-pass de la VCN-1504 (14); by-pass de VCP-1506 (15); válvulas en línea de purga del acumular (TH-1054) (línea de 2"); las válvulas -- de descarga de los segundos pasos de los compresores (BC-1006 A y B); -- by-pass de las válvulas de seguridad (VS-1528 y VS-1530) colocadas en -- las descargas de BC-1006 A y BC-1006 B respectivamente; las válvulas -- que comunican el cuerpo de los condensadores con el cabezal de relevo.

B. Procedimiento: A través de líneas de flujo normal y desde lími-

tes de batería establecer un flujo de amoníaco caliente por el circuito ali-
neado hasta alcanzar una presión de 0.5 kg/cm^2 , en este momento iniciar
el desfogue por cuatro puntos diferentes y haciéndolo alternadamente du-
rante cinco minutos por cada uno de los siguientes: by-pass de VS-1528 y
VS-1530; purga de los condensadores del lado de la coraza, y por último,
por el by-pass de VC-1506 (15).

Hecho esto, se cerrarán las válvulas usadas para el barrido y se ini-
ciará a presionar/depresionar el circuito entre un rango de $1.0 - 0.05 \text{ --}$
 kg/cm^2 usando solamente la válvula en línea auxiliar (2") y by-pass de --
VCP-1506 (15), abriendo, si es necesario, la válvula en límite de batería
(1). Se tomarán muestras de vapores venteados, las que se tomarán de la
purga del cuerpo del condensador CH-1011; cuando se alcanzara el 95% -
de amoníaco se dará por terminada toda actividad en este circuito. Ce--
rrar las válvulas usadas en este último paso.

CIRCUITO 8. INCLUYE EL ACUMULADOR TH-1053 y DESCARGA DE AMONIACO LIQUIDO HASTA LA AUTOMATICA VCN-1503.

A. Preparativos: Para llevar a efecto el ambientado de este circui-
to, se recurrirá nuevamente a la unión auxiliar entre la línea de llegada-
de amoníaco y la línea de descarga del segundo paso de los compresores
de mantenimiento (BC-1006 A, B), por medio de ésta se presionará el --
TH-1054, a través del CH-1011 hasta alcanzar 4.0 KG/cm^2 , al cabo de -
ello, bloquear nuevamente en forma total dicho recipiente y continuar --
adelante.

Abrir las siguientes válvulas: la salida de amoníaco líquido del - -- TH-1052 (17), el by-pass del filtro TH-1550 (18), alinear la VCN-1503 y el by-pass correspondiente (10), descargas del primer paso de los compresores (BC-1006 A y B), alinear totalmente la VCN-1501 y el by-pass - respectivo (6).

En contraposición a lo anterior, deberán checarsse que las siguientes válvulas se encuentren perfectamente cerradas:

Válvula (19) en línea de amoníaco líquido al TC-1002 (18"-A-1511)-- Bloqueos del filtro TH-1551 y el by-pass respectivo (5)

By-pass de las válvulas de seguridad VS-1527 y VS-1528 (descarga del segundo y primer paso del compresor BC-1006 A.)

By-pass de las válvulas de seguridad VS-1529 y VS-1530 (descarga del primer paso y segundo paso del compresor BC-1006 B).

B. Procedimiento: Abrir ligeramente el by-pass de VCN-1504 (14) - y presionar el TH-1053 hasta alcanzar una presión de 0.5 kg/cm^2 para de inmediato abrir durante 10 mins. y alternadamente cada una de las siguientes válvulas: VS-1527 y VS-1528. Al término de esto, cerrar los bloqueos del filtro TH-1550, mientras el by-pass correspondiente (18) se mantendrá alineado.

En este momento se iniciará a presionar/depresionar todo el circuito mediante el by-pass de la automática VCN-1504 (14) y las válvulas de seguridad arriba mencionadas; el procedimiento se hará dentro del rango de 1.0 a 0.05 kg/cm^2 . Nuevamente, la operación se dará por terminada - al tener en este circuito una concentración del 95% de amoníaco gaseoso,

al cabo de lo cual se procederá a depresionar el circuito y cerrar las válvulas utilizadas.

CIRCUITO 9. LINEAS DE DESCARGA DE BA-1500 A y B Y LINEAS DE FLUJO MINIMO DE BA-1501 A, B y C.

A. Preparativos: Las bombas BA-1500 A/B cuentan con una línea - que se desprende de la descarga de cada una de ellas y se injertan a un - cabezal común que alimenta de amoníaco líquido a los acumuladores in--terpasos (TH-1051 y TH-1053), ésta línea (2"-A-1616) es usada sólamente para casos en que se requiere formar nivel en tales equipos, tal como situaciones de rearranque. Para efectos de ambientado, esta línea será - de gran utilidad para el acondicionamiento de las líneas comprendidas en este circuito.

Las bombas denominadas BA-1501 A, B y C deberán mantener cerradas las válvulas en línea de flujo mínimo (20) y las BA-1500 A y B deberán tener cerradas las válvulas de descarga (21), checando que las válvulas - de seguridad se encuentren debidamente instaladas y los by-pass correspondientes perfectamente bloqueados:

VS-1518 en línea de descarga de BA-1501 A, B y

VS-1556 en línea de descarga de BA-1500 A y B.

VS-1555 en línea auxiliar (2"-A-1616)

A su vez, mantener las siguientes válvulas abiertas: válvulas que - intercomunican las descargas de BA-1500 A/B con la de flujo mínimo de las BA-1501 A, B y C (23 y 24 respectivamente) abrir la válvula en línea de (2"-A-1616) que comunica al TH-1053, cerciorarse que la válvula que



comunica al TH-1051 esté totalmente cerrada.

B. Procedimiento: A través de la línea de entrada normal a la planta, permitir el paso de amoníaco caliente, utilizando la línea auxiliar que comunica la llegada de amoníaco con la descarga de los segundos pasos de los compresores BC-1006 A/B y pasando por el CH-1011 presionar el acumulador final TH-1054 a 3.5 kg/cm^2 . Por medio del by-pass en VCN-1504 (14) presionar el TH-1053 hasta 0.5 kg/cm^2 para en este momento abrir la válvula en línea (2"-A-1616) (comunicada a la salida del tanque TH-1053) y así iniciar un barrido continuo del circuito, desfogando por el by-pass de VS-1555. Controlar siempre la presión en TH-1053 a 0.5 kg/cm^2 durante esta operación, que tomará un tiempo aproximado de 15 mins.

Al cabo de este plazo iniciar a presionar/depresionar con las mismas válvulas arriba mencionadas, en un rango de 1.0 a 0.05 kg/cm^2 . Igualmente, la operación finalizarán cuando se alcance un 95% de amoníaco gaseoso en todo el circuito, procediendo después a depresionar el equipo y cerrar posteriormente las válvulas empleadas.

4.2. SECUENCIA DE ARRANQUE DEL COMPRESOR BC-1006 B PARA EL ENFRIAMIENTO DEL TANQUE TC-1002.

A. Preparativos: En este punto se consideran ambientados y probados todos los recipientes y líneas. Dado que para el enfriamiento se usará el compresor de mantenimiento (BC-1006 B), éste deberá quedar debidamente revisado y preparado, poniendo especial atención al equipo incluido en esta parte de la planta. Usando como complemento los diagramas de las figuras 4 y 3. Dicho compresor debe estar listo para arrancar con ---

carga por lo que se revisarán los siguientes puntos: combustible, lubricación, agua de enfriamiento en circulación por chaquetas del compresor y en motor de combustión interna; instrumentación alineada debidamente, purgas y venteos cerrados, alarmas y switch de disparo alineados. La válvula de descarga del segundo paso de este compresor cerrada, así como la línea auxiliar (2") que va de la línea de llegada al cabezal de descarga del segundo paso de los dos compresores de mantenimiento (BC-1006 A y B).

Los recipientes TH-1054 y CH-1011 deberán alinearse totalmente, éste último, con agua de enfriamiento a flujo completo. La válvula VCN-1504 y el by-pass (14) respectivo, bloqueados. Alinear la automática VCP-1506 hacia el desfogue, mientras que el by-pass de ésta (15), se mantendrá cerrado.

En límite de batería mantener abierta la válvula de 10" (1), cuidando que estén cerradas la VCF-1508 y el by-pass respectivo (2); después de éstas, alinear instrumentos y equipo sobre la línea (8"-A-1554) hasta la VCP-1507 y el by-pass correspondiente (3), las cuales permanecerán cerradas. El sistema de aire de instrumentos quedará operando normalmente a su presión de operación y alineado al cabezal de suministro de todos los instrumentos de señal neumática.

B. Procedimiento: Teniendo previamente presionado el amoniaco hasta 17 kg/cm^2 , después de lo, cual abriendo la válvula en by-pass (2) de la automática (VCF-1508), se presionará la línea (8"-A-1554) a 14 kg/cm^2 , la presurización será lenta y durante este lapso se deberán -

revisar: instrumentos, filtro, bridas en uniones, conexiones, etc., de este circuito para detectar y/o evitar posibles fugas.

Una vez resueltos los posibles contratiempos, y usando la línea auxiliar de 2", se presiona el cabezal de descarga del segundo paso del compresor en cuestión llevando hasta 12 kg/cm^2 de presión en todo el circuito, incluyendo el TH-1054 a través del condensador CH-1011. En este acumulador se pretende con esta operación, alcanzar un nivel de amoníaco condensado, hasta de un 75% de su capacidad. Durante este tiempo se deben verificar punto de unión en tubería y equipo operante a fin de detectar posibles fugas. Cualquier aumento de presión aquí presentada, se aliviará mediante el by-pass (15) de la automática VCP-1506 hacia el desfogue elevado.

Al alcanzarse el nivel deseado, la operación dará por terminada la primera etapa. A continuación se bloquean las válvulas en la línea auxiliar (2") que comunica la de llegada de amoníaco al cabezal de descarga de este compresor. Este circuito empleado se depresionará hasta 10 kg/cm^2 abriendo ligéramente la válvula de descarga del segundo paso y desfogar al cabezal de venteo elevado mediante el by-pass de la VS-1530 que posee en la descarga dicho compresor. Al alcanzar la presión deseada, se cierra la válvula de descarga manteniendo abierto el by-pass usado para depresionar completamente el cilindro de descarga del compresor.

El siguiente paso es el enfriamiento del tanque principal TC-1002, para lo cual se deben checar el equipo que se ha de utilizar incluyendo a los hasta aquí usados: BC-1006 B, CH-1011, TH-1053, TH-1054 y - - -

TH-1052.

En el acumulador interpasos (TH-1053) verificar que todos los instrumentos se encuentren energizados y con suministro de aire adecuado, la VCN-1503 con señal desde su tablero correspondiente (TCH-1503) y -- con suministro de aire. El filtro TH-1550 alineado y sus purgas bloqueadas. Tener las mismas precauciones con los instrumentos del tanque de succión TH-1052 para que queden listos al operar este equipo, el cual se alineará al domo del TC-1002 abriendo la válvula en línea (24"-A-1500).- Cuidar que la VCP-1505 esté cerrada para evitar presionamiento en dicho tanque.

Con lo anterior, se procede a alinear el primer paso del compresor abriendo las válvulas en línea de succión y descarga, el segundo paso que dará alineado únicamente en la succión, asegurándose de que quede en -- condiciones de recirculación. Inmediatamente después arrancar el motor (MC-1056) a una velocidad mínima pasando a revisar empaques, sellos, - termopozos, etc., del compresor a fin de detectar alguna anomalía.

De no presentar ningún contratiempo en este punto, deberán hacerse 3 movimientos a un tiempo y bajo la acertada dirección del coordinador del arranque:

a). - Puesto en marcha el compresor, hácese necesario que el tan-- que principal empiece a recibir amoníaco, éste procederá del acumulador TH-1053 que enviará amoníaco líquido por la línea de fondos al TC-1002- usando para ello el by-pass (10) de la VCN-1503, controlando la presión- en el rango establecido (5 a 9.5 in de agua).

b). - El TH-1053 empezará al mismo tiempo de arrancar el compresor, a recibir amoníaco líquido desde el acumulador TH-1054, abriendo para ello, el by-pass (14) de la VCN-1504, cuando en el separador TH-1053 se tenga un nivel del 50%, poner en operación la automática (VCN-1504) cerrando el by-pass correspondiente (14). Vigilar estrechamente para observar el perfecto funcionamiento de esta última válvula.

c). - Al estar recirculando en el segundo paso del compresor, se tendrá a poco una presión mayor que la existente en el cabezal de descarga, tras lo cual se podrá abrir la válvula de descarga y cerrando simultáneamente la válvula en línea de recirculación.

De presentarse una baja de presión en el TC-1002, se podrá hacer uso de los vapores existentes en el acumulador final de llenado (TH-1050) abriendo ligeramente la VCP-1505. Cuando en el acumulador TH-1053 se tenga un 50% de nivel, podrá alinearse la VCN-1503, cerrar el by-pass usado y vigilar que aquella opere normalmente.

Cuando se alcance el equilibrio en el circuito de mantenimiento, se harán los ajustes pertinentes en el motor y compresor en operación tratando de regular la velocidad de enfriamiento en el TC-1002 a 4°C por hora, lo que implica tener un control de las temperaturas de enfriamiento que se observen en el tanque durante esta operación. Se podrá probar a operar con el compresor BC-1006 A si las condiciones de operación lo permiten.

Al alcanzar -10°C en el tanque principal se podrá operar con los compresores de llenado (BC-1005 A, B y C) siguiendo los pasos efectuados

al arrancar el compresor BC-1006 B; y al tenerse la temperatura de operación (-33°C) se dará por terminado el enfriamiento del tanque y, funcionando la planta, iniciando así el recibo gradual de amoníaco por el circuito normal de flujo. A un nivel mayor de 0.6 m en el TC-1002 se pondrán en operación las bombas de recirculación (BA-1500 A y B) previo enfriamiento y preparación. Asimismo se enfriarán las líneas de succión y descarga de las bombas BA-1500 A, B y C girando continuamente las flechas correspondientes al iniciar esta operación.

CAPITULO V

PROCEDIMIENTOS DE PARO DE LA UNIDAD.

CAPITULO V. - PROCEDIMIENTOS DE PARO DE LA UNIDAD.

En este capítulo se trata lo referente a las situaciones en que la planta puede salir de operación, parcial ó totalmente, ya debido a mantenimiento, ya por alguna falla. Las primeras se realizan generalmente bajo un programa previo, mientras que las últimas se deben a causas externas o aque-llas sobre las que no se tiene un control ó previo conocimiento.

Así pues, este capítulo tratará de las situaciones en que la planta ó - parte de ella, queda fuera de operación (paros normales), y aquellos im--previstos (paros de emergencia).

V. A. PROCEDIMIENTOS DE PARO NORMAL.

Este procedimiento de paro es voluntario, tal como el que se efectúa con propósito de inspección periódica del equipo. En esta clase de paro, - opuesto a los denominados de emergencia, se supone que todo el equipo de la planta está operando bien y por lo tanto, la operación de paro se puede-efectuar sin elemento de urgencia. Una suposición posterior es la de que- todo el equipo deberá estar abierto y listo a seguir el paro, así que todos los recipientes estarán vacíos y purgados de materias peligrosas.

Bajo otras circunstancias de falla, o cuando fallan los equipos indi-viduales, no será necesario ni deseable vaciar todos los equipos de la ---planta y en algunos casos sólo se necesitará preparar unos de los equipos para el paro, cada uno de los cuales, parcial ó total, presentará sus pro-blemas particulares y el procedimiento será seguido solo en parte y en - ciertas porciones de este procedimiento general de paro requerirán la --

adaptación para las condiciones existentes en la planta.

Cada sección de la planta se maneja separadamente por facilidad en la presentación. Pero se reconoce que muchas operaciones se efectuarán simultáneamente y otras se llevarán enseguida de las precedentes. En esta terminal, cualquier paro, se hará en concordancia con el Complejo Petroquímico de Cosoleacaque, que es de donde se recibe el amoníaco.

Se recordará que la planta consta de dos partes, la primera y que es la de mayor importancia, llamada de "llenado ó de recibo", y la otra de no menos importancia, llamada de "mantenimiento". Dado que cada una de estas partes consta equipos similares, el desarrollo se hará para una sola recordando que ambas tienen el mismo principio de operación.

V.A.1. PARO EN EL SISTEMA DE LLENADO.

a). - Acumulador Interpasos TH-1051. Una inspección ó reparación en este equipo causará que el sistema de llenado sea totalmente puesto fuera de operación, para lo cual los pasos a seguir son:

1o. Antes del paro, se habrá avisado al Comp. Pet. de Cosoleacaque, el tiempo estimado que durará la actividad, así como la hora en que se piensa iniciarla, para que a su vez el personal del complejo tome las medidas necesarias. La actividad se iniciará reduciendo el recibo por parte del personal de la terminal de amoniaco; tal reducción se hará gradual, poniendo fuera una a una las compresoras que se encontraran operando.

2o. Cerrar la válvula de alimentación en límite de batería y abrir totalmente la automática (VCP-1507) para que la línea descargue al máximo en el acumulador TH-1051, cuando se considere que ya no continúa --

cayendo más líquido, bloquear la válvula antes señalada, así como la -- (VCN-1500) para no permitir el flujo proveniente del acumulador final -- (TH-1050). La válvula controladora de nivel (VCN-1501) continuará ali-- neada al tanque principal (TC-1002) para vaciar el recipiente en cuestión.

3o. Una vez puestos fuera de operación los compresores, se proceden a depresionar, abriendo las válvulas correspondientes, hacia el -- cabezal de relevo, al tiempo que se bloquean las succiones y descargas de los mismos. En los condensadores se podrán cerrar las válvulas de flujo de proceso, mientras que las de entrada y salida de agua podrán -- continuar abiertas.

4o. El líquido remanente en el acumulador (TH-1051) se podrá -- purgar por los fondos a través de la línea de dren (2"-RE-1615), al cabo de lo cual se procede a ventear perfectamente el equipo usando el by-- pass de la VS-1537 para evitar condiciones de vacío dentro del recipiente.

5o. Al poner los compresores de llenado fuera de operación, arran-- car un compresor de mantenimiento, el que rodará en vacío en espera de que la presión del tanque principal (TC-1002) se eleve alcanzando la de -- operación del sistema de mantenimiento; al cargarlo se alinearán simul-- táneamente las siguientes válvulas:

VCN-1504 líquido del TH-1054 al TH-1053

VCN-1503 líquido del TH-1053 al TC-1002

verificando que el condensador correspondiente (CH-1011) esté totalmente alineado por la parte de proceso y por la de circulación de agua de enfria-- miento.

6o. El equipo está listo para entregarse al departamento de mantenimiento que lo requiere. Al término de la reparación o inspección a que se hubiere sometido el equipo, se pondrá en operación siguiendo los puntos establecidos en la sección de arranque (circuito núm. 1).

b). - Acumulador Final TH-1050. Otro de los equipos que se ven afectados y por ello sea necesario paralizar el sistema de llenado, es este recipiente. Un paro programado para este caso es de mayor alcance que el anterior, la secuencia a seguir se da a continuación.

1o. Una vez de acuerdo con el personal del Comp. Petroquím. de Cosoleacaque, se procede a disminuir el recibo hasta que los compresores de llenado puedan ser puestos fuera de operación, antes de que sea -- sacado el último compresor se arrancará el compresor de mantenimiento (BC-1006 A) y rodará en vacío, hasta que se alcance la presión de operación.

2o. Cuando se encuentren fuera de operación los compresores de -- recibo, se bloqueará la válvula en límite de batería, mientras que la válvula que controla el flujo al acumulador interpasos (TH-1051) se mantendrá abierta para lograr que la línea se descargue el máximo posible hacia este recipiente, al cabo de lo cual se bloqueará dicha válvula. (VCP-1507). En cuanto a la reguladora de flujo en línea del acumulador final (TH-1050) al interpasos (TH-1051) válvula (VCN-1500), igualmente se mantendrá ali-neada hasta que se considere que no existe flujo, el cual deberá continuar hasta el tanque principal (TC-1002) a través de la automática (VCN-1501).

Este flujo deberá ser mantenido en forma lenta para evitar sobreprere

sionamientos en el tanque.

3o. Una vez se consideren bloqueadas las succiones y descargas de los compresores de llenado, se procede a desfogar hacia el cabezal de -- relevo general. En los condensadores de llenado (CH-1011 A, B y C) po-- drán mantenerse alineadas las válvulas en entrada y salida de agua de en-- friamiento, mientras que las válvulas en línea de proceso se bloquean tan-- to a la entrada como a la salida.

4o. Cuando ya no sea posible descargar más amoníaco del acumula-- dor final al de interpasos, se bloquearán las válvulas antes señaladas - - (VCN-1500, VCN-1501 y VCP-1507). En el caso del acumulador final, se-- tendrá un remanente el cual será desalojado mediante la válvula de purga hacia el drenaje. Es de importancia que se mantenga un nivel dentro del-- acumulador interpasos (TH-1051) siempre y cuando la revisión no impli-- que un período más ó menos largo, para así, el rearranque sea realiza-- do en un mínimo de tiempo y complejidad. Cualquier presionamiento en el acumulador interpasos se aliviará por el by-pass de (VS-1537).

Cuando se inicie a drenar el acumulador final (TH-1050) deberá uti-- lizarse el by-pass de (VCP-1500) comunicada al desfogue, para evitar -- condiciones de vacío y además ayudar a un más rápido desalojo del líqui-- do remanente. Cuando el personal de operación lo considere así, podrá - entregar el equipo al departamento de mantenimiento que lo requiere.

V. A. 2. PARO EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO.

Como ya se ha señalado antes, esta sección de la planta es utiliza-- da para aquellas situaciones en que la terminal no pueda ya recibir amo--

níaco para almacenamiento, debido a que el nivel en el tanque ha llegado al máximo de su capacidad. Bajo esta base, se deduce que las revisiones y programas de mantenimiento a este equipo, se hará cuando la otra sección de la planta (sección de llenado o recibo) esté operando.

En cuanto a las secciones que pueden ser sujetas a reparación, se tienen las mismas que se han descrito para el sistema de llenado, por lo que no se detallan para no incurrir en una repetición.

V.B. PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA.

Las condiciones de emergencia pueden presentarse en la planta en cualquier tiempo y obviamente es imposible presentar instrucciones detalladas que pueden aplicarse a todas ellas. El conocimiento de la planta, y un entendimiento completo del proceso serán las mejores garantías que se tengan para salvar segura y eficientemente cualesquiera condiciones - no usuales que pudieran desarrollarse.

Un buen entendimiento y familiaridad con las condiciones de alarma y emergencia en la planta, así como con los aparatos de peligro, ayudará a una buena operación en tales situaciones. La localización de alarmas, - aparatos de peligro, así como de los instrumentos de la planta, están en los diagramas mecánicos de flujo; en el apéndice III se han enlistado los de mayor relevancia.

Los operadores deberán, aún no se encuentre aquí señalado, a las normas ya establecidas, para protegerse contra cualquier riesgo físico; - deberán conducirse con serenidad y bajo un orden.

V.B.1. FALLA DE CORRIENTE ELECTRICA.

Los paros debidos a falla de corriente eléctrica pueden ser muy cortos (parpadeos) ó los de mayor duración (de 5 minutos ó mas) por lo que - deberá tenerse la habilidad para distinguir cada caso. Sólo en el último - de los casos toda la unidad deberá ser puesta fuera de operación, en cuanto se refiere a la sección de llenado.

Será necesario bloquear, desde el cuarto de control y de inmediato, la válvula automática (CVF-1508) para no permitir mayor recibo a la planta, a la vez se avisará al personal en turno del Complejo de Cosoleacaque de la falla y evitar así desperfectos en sus unidades de bombeo.

El personal de campo, bloqueará de inmediato las válvulas contro--ladoras de nivel en los siguientes recipientes: Acumulador interpasos - - (TH-1051), Acumulador final (TH-1050) a fin de mantener nivel en estos - equipos, y con ello lograr un re arranque más rápido y de menor comple - jidad. Otra parte del personal de campo, procederá a alinear el equipo - correspondiente a la sección de mantenimiento (sólo si el paro es prolongado) ó sea: compresor (BC-1006 B), condensador (CH-1011) y Acumuladores (TH-1053 y 1054) y así comprimir los vapores generados dentro del - tanque principal (TC-1002) y evitar los presionamientos que podrían traer consigo graves consecuencias.

Cuando se ha hecho lo anterior, se prepararán los compresores de - recibo (BC-1005 A . B y C) para que estén listos a operar en cuanto se restablezca el fluido eléctrico lo cual se logra como sigue se bloquean las -- válvulas de succión y descarga en el segundo paso y se alinea la válvula - de alivio que se encuentra en by-pass a la descarga del segundo paso y -

descarga al cabezal general de relevo, logrado ésto, se bloquea la válvula de alivio. La válvula de succión se alinea y queda el compresor en condiciones de recirculación, recordando que la válvula de descarga se mantendrá cerrada.

Para cuando se haya restablecido la corriente eléctrica, y toque el turno de operar los compresores, se ruedan en vacío, a continuación se cierra la válvula en línea de recirculación al tiempo que se abre la descarga, quedando así el compresor listo a recibir carga.

Durante el lapso en que falta la energía, deberán estar en observación los siguientes recipientes:

- TH-1052 el cual se alivia por el by-pass de (VS-1526) logrando así proteger el tanque principal (TC-1002) y la succión del primer paso de los compresores.
- TH-1051 Cualquier presionamiento se alivia a través del by-pass de (VS-1537) en cabezal de suministro a succión del segundo paso de los compresores de llenado.
- TH-1050 este acumulador cuenta con una válvula que releva automáticamente (VCP-1500) sin embargo cuenta con un by-pass que puede ser operado manualmente.

También es importante cuidar de que el acumulador de aire de instrumentos no deje de recibir aire desde el compresor auxiliar (BC-1002 B) accionado con motor de combustión interna.

Al restablecer la energía eléctrica, se empezará el rearranque poniendo en operación el equipo bajo la siguiente secuencia:

- 1o. Arrancar los motores de las bombas de agua de enfriamiento (BA-1002 A, B, C, D) y los ventiladores de la torre de enfriamiento (CT-1001).
- 2o. El siguiente paso es el de poner a operar los compresores de llenado, siguiendo las instrucciones antes mencionadas, se cerrarán las válvulas de relevo que se hayan abierto hacia el desfoque y se inicia el recibo gradual de amoníaco.
- 3o. En este punto se avisa a Cosoleacaque para que reanude el -- bombo, se saca de operación el compresor de mantenimiento (BC-1006 B) y el de relevo de aire de instrumentos (BC-1002B)
- 4o. Cuando se presente un presionamiento dentro del tanque - - - (TC-1002) hasta de 6 in H₂O podrá cargarse uno de los compresores de llenado, y al tiempo que se alinean las válvulas de control de nivel que se hayan bloqueado.
- 5o. Cuando se haya puesto nuevamente la planta a recibir normalmente, revisar punto por punto todo el equipo que se sacó de operación, a fin de comprobar y cerciorarse de que todo está listo para continuar una operación normal.

Cuando la falla se presentara, cuando la planta opera sólo en el sistema de mantenimiento, la operación continuará con sólo hacer el cambio al compresor de relevo, que como ya se ha visto cuenta con motor accionado a diesel (BC-1006 B).

V.B.2. FALLA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.

Se cuenta con cuatro bombas (BA-1002 A, B, C y D) para cubrir la demanda de agua de enfriamiento a la planta. Una bomba sirve como relevo para las otras tres que están trabajando normalmente. En el caso de que dos o más de dichas bombas fallaran, los flujos de la planta deberán reducirse proporcionalmente al flujo de agua de enfriamiento disponible, cuando ocurriera la falla.

En este caso, el recibo de amoníaco se verá disminuido, y las direcciones a seguir las dispondrá el Ingeniero de turno, quien está capacitado para ello.

V.B.3. FALLA DE AIRE DE INSTRUMENTOS.

Es muy remoto que ocurra una falla total de aire de instrumentos puesto que la fuente de aire de instrumentos es el compresor (BC-1002 A) respaldado por uno de relevo cuya acción es con motor de combustión interna (BC-1002 B), y aún una opción más de apoyo, el compresor de aire de servicios ó aire de planta (BC-1003). Los recipientes de almacenamiento de aire en cada caso (TH-1003). Los recipientes de almacenamiento de aire en cada caso (TH-1039) aire de instrumentos, y el (TH-1028) aire de servicios, cuentan con una interconexión en la que una válvula automática abrirá cuando se registre una presión menor a 3.5 kg/cm^2 en el primero, permitiendo así el paso de aire desde el recipiente de aire de servicios al de instrumentos.

Sin embargo una falla de aire en los instrumentos se podrá presen-

tar en forma individual por lo que es importante saber qué hay que hacer en caso de la falla. El funcionamiento de una válvula cuando el aire falla, es que ésta se moverá en la dirección de máxima seguridad. Casi siempre de acuerdo a dicho principio, la válvula se moverá a una posición de cierre. Así por ejemplo, una falla de aire cerrará la entrada de amoníaco de recibo al acumulador interpasos de llenado (TH-1051); en otro caso, cerrará la válvula que -- alimenta a las bombas de carga a barcos, etc. Igualmente, estos pueden tomarse como los primeros síntomas de una falla de aire de instrumentos.

Por esto es necesario que el personal de operación se familiarice con el accionamiento de las válvulas de control (posiciones de abierto ó "cerrado") - en caso de falla de aire. En el apéndice III se enlistan las principales válvulas y su posición a la falla, asimismo se detallan los instrumentos y señales respectivas para casos de emergencia. Una revisión a los diagramas de tuberías - o instrumentos, indicará que a una falla general de aire de instrumentos ocasionará un paro total en la planta.

A continuación se plantea una secuencia a seguir por el personal de operación cuando ocurriese una falla de aire de instrumentos, sin embargo se hace hincapié en que no es de ninguna manera un patrón rígido a seguir, sino que a través de la experiencia se podrán tomar otras alternativas siempre y cuando no se exponga en ello, la seguridad personal ni un daño al equipo:

- 1o. Al ocurrir la falla, y si la planta está en operación de recibo, se notará un presionamiento en la línea de llegada al tanque (TH-1051) puesto que se habrá bloqueado la automática (VCP-1507). El efecto se observará en el -- cuarto de control, pues esta válvula puede ser manejada desde este punto, el efecto se manifiesta como un descenso del control hacia posición "cerrado." -

Dado que el cierre es lento, podrá dar tiempo a corregir la falla y evitar así un paro más prolongado.

En caso de que la anomalía no fuera detectada a tiempo, se cerrará también la válvula (VCN-1501) que controla el flujo de líquido hacia el (TC-1002)- a partir de este recipiente (TH-1051), por lo que habrá que bloquear de inmediato la válvula en límite de batería (VCF-1508) avisando de inmediato a la unidad de bombeo en Cosoleacaque. Otra válvula que cerrará es la de control de nivel en el acumulador final de llenado (TH-1050).

Es muy importante no olvidar que la válvula (VCP-1505) abre a falla de aire, y dado que comunica vapores del tanque (TH-1050) al (TC-1002) y provocaría sobrepresionamiento en éste último, es menester pues cerrarla o bloquearla en cuanto la falla sea reconocida. Los compresores de llenado que estuvieran operando serán puestos a rodar en vacío ya que las válvulas de succión y descarga tienen acción neumática, más no serán puestos fuera de operación eléctricamente.

Se arrancará el compresor de aire de instrumentos, ya el titular, ya el de relevo si la falla hubiese estado en esto, de lo contrario como ya se dijo, - el paro será total hasta que una reparación mecánica, o eléctrica en este equipo hubiese sido necesario hacer. Cuando se haya logrado tener aire de instrumentos y la planta tenga suministro de él, se revisarán las válvulas con señal neumática checando que estén en la posición adecuada, tras lo cual se procederá al recibo gradual de amoniaco, siguiendo las instrucciones que al respecto se han señalado ya anteriormente.

Si antes de la falla se tenía en operación las bombas de recirculación -- (BA-1500 A, B), la automática (VCF-1500) habrá cerrado accionando al mismo

tiempo el switch (SP-1510) el que parará a los motores respectivos. Igualmente, sucederá con las bombas de carga a barcos (BA-1501 A, B, C), las que dejarán de recibir flujo por cierre de la automática (VCF-1501) a falta de aire, y a su vez, el switch de protección (SP-1511) actuará cerrando ó deteniendo a los motores de estas bombas. Esta área ocupará una atención secundaria tanto en el paro como en el arranque.

Para reanudar el bombeo hacia el barco, se checará que esté abierta la válvula (VCF-1508); que esté energizado el motor correspondiente a cada una de las bombas empleadas y después de avisar al personal de abordo, se reanu dará el bombeo hacia el buque-tanque.

CAPITULO VI

ESTUDIO ECONOMICO

CAPITULO VI. - ESTUDIO ECONOMICO.

Debido a que esta unidad sólo tiene como objetivo el almacenamiento y conservación del amoníaco por medio de un proceso de refrigeración, se hace una evaluación sobre el costo por tonelada de amoníaco refrigerado, es por esto que para realizar tal evaluación, se considerará solamente el equipo empleado para el enfriamiento, así como el medio enfriante usado, siendo éste último el agua.

El agua empleada para tal efecto, como ya se señalaba en capítulo anterior, requiere de un tratamiento químico para suavizarla y remover de ella sólidos en suspensión que a la postre acarrearían graves problemas en el equipo de condensación. El agua disponible es caracterizada por su dureza y por poseer un alto índice de sólidos en suspensión; que de no ser tratada las consecuencias, entre otras, serían: incrustación en los tubos de los condensadores debido a la dureza y obstrucción en los mismos debido a la deposición de sólidos. Se hace hincapié en que la consecuencia se presentaría en los condensadores por ser el equipo que más fácil reportaría los daños, sin embargo debe tomarse en cuenta que el equipo anexo también vería mermada su eficiencia; así por ejemplo, en la torre disminuiría su eficiencia, mientras que en las chaquetas de los compresores, también se verían empacadas, en cierto modo, de lodo.

Para realizar este estudio económico, se empezará por calcular el costo por metro cúbico de agua tratada.

VI. A. CALCULO DEL COSTO DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO.

Será necesario conocer el agua de repuesto a la torre de enfriamiento, - las pérdidas que se tienen son debidas a: arrastre, evaporación y purga, para lo cual se tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Agua de Rpto.} = \text{Arrastre} + \text{Evap'n.} + \text{Purga} \quad (1)$$

De la ecuación (1) se tiene que para cada uno de los términos en el miembro derecho:

$$\text{Arrastre} = 0.1\% (R) \quad (2)$$

$$\text{Evaporación} = R (T \times 0.001) \quad (3)$$

$$\text{Purga} = \frac{E}{C_c - 1.0} \quad (4)$$

en donde:

R es el volumen de recirculación del agua y es igual a 50.000 LPM

T Es la diferencia entre las temperaturas de suministro y retorno de agua (82.4°F y 95°F respectivamente) y es igual a 12.6°F.

Cc es el número de ciclos de concentración y es igual a 6 ciclos.

De la ecuación (2) se tiene:

$$\text{Arrastre} = 0.001 (50.000) = 50 \text{ l pm}$$

que en forma porcentual es 0.1% de R

Ahora, bien la evaporación será:

$$\begin{aligned} \text{Evaporación} &= 50,000 (12.6 \times 0.001) \\ &= 630 \text{ l pm} \text{ ó } 1.26\% \text{ de R} \end{aligned}$$

De la ecuación (4) se tiene:

$$\text{Purga} = \frac{630}{6-1} = 126 \text{ l pm}$$

que en porciento representa el 0.252 del volumen total de recirculación. Por sustitución en la ecuación (1) se tiene finalmente que:

$$\text{Agua de Rpto.} = 50 + 630 + 126 = 806 \text{ lpm}$$

$$\text{ó} \quad 423,634 \frac{\text{M}^3}{\text{año}}$$

El tratamiento que consta de la adición de ácido sulfúrico, dicromato de sodio, cloro, sulfato de zinc y un microbicida trae consigo los siguientes gastos:

H_2SO_4 : este es agregado al cárcamo de succión de las bombas con el fin de controlar un pH próximo a la neutralidad, la práctica y experiencia han fijado un volumen diario de 5 lts. para lograr tal objetivo, lo que representa una erogación anual de:

$$5 \frac{1}{\text{dfa}} = 9.2 \text{ kg/dfa} \times 1.612 \text{ \$/kg} = 14.83 \text{ \$/dfa}$$

$$\text{ó} \quad 5,413.00 \text{ \$/año}$$

Na_2CrO_4 : el dicromato de sodio se adiciona al agua como un protector-anticorrosivo, tiene la propiedad de formar una película que protege las paredes de la tubería por donde circula el agua. La concentración óptima en el agua es de 12 ppm con lo que se tiene:

$$1161 \frac{\text{M}^3}{\text{dfa}} \times \frac{12 \text{ g/M}^3}{6} = 2.32 \text{ kg/dfa}$$

$$2.32 \frac{\text{kg}}{\text{dfa}} \times 10.85 \text{ \$/kg} \times 365 = 9,188.$$

$$\text{ó sea} \quad 9,188 \text{ \$/año}$$

Cl_2 : La adición de cloro es con el objeto de evitar la formación de musgo, algas y el desarrollo de los mismos en el interior y exterior de la torre de enfriamiento. La concentración se debe mantener en un valor aproximado a 0.5 ppm con lo que se calcula:

$$1161 \text{ M}^3/\text{día} \times 0.5 \text{ g/M}^3 = 0.096 \text{ kg/día}$$

$$0.096 \text{ kg/día} \times 16.55 \text{ \$/kg} \times 365 \times 365 = 580$$

$$\text{ó sea } 580.00 \text{ \$/año}$$

ZnSO_4 : el sulfato de cinc es agregado en compañía del dicromato de sodio, y actúa como catalizador de éste para formar la capa protectora a la tubería y equipo. Se adiciona directamente al cárcamo de succión y se ha visto que la cantidad óptima es: de 4 kg diarios con lo que anualmente se tiene:

$$4.0 \text{ kg/día} \times 27.90 \text{ \$/kg} \times 365 = 40.734$$

$$\text{ó sea } 40,734 \text{ \$/año}$$

ALGICIDA AQ-115:

Este algicida es agregada a la torre para evitar la proliferación de algas y cepas que inclusive puede ayudar a una mayor redeposición de sólidos dentro del equipo ó de la torre misma. Se ha visto a través de la experiencia, que la concentración óptima es de 50 ppm/48 hs., lo que representa un gasto al año de:

$$1161 \text{ M}^3/\text{día} \times \frac{50 \text{ g/M}^3}{6} \times 2 \text{ días} = 19.35 \text{ kg/día}$$

$$19.35 \text{ kg/día} \times 44.50 \text{ \$/kg} = 861.00 \text{ \$/día}$$

$$\text{ó bien } 861.00 \text{ \$/día} \times 365 = 314,265.00 \text{ \$/año.}$$

Sumarizando cada uno de los gastos que representan la adición individual de los reactivos se tiene un gasto total anual debido a la adición de los mismos-
de:

$$5,413 + 9,188 + 580 + 40,734 + 314,265 = 370,180.00 \text{ \$/año}$$

Ahora bien, si el volumen total de agua de repuesto es de $423,634 \text{ M}^3/\text{año}$ se —
conoce ya el costo por M^3 de agua tratada:

$$\frac{370,180 \text{ \$/año}}{423,634 \text{ M}^3/\text{año}} = 0.874 \text{ \$/M}^3$$

VI.2. CALCULO DEL COSTO POR TON. DE NH_3 REFRIGERADO.

En este punto es menester conocer el costo del equipo que se hacía men-
ción al principio del capítulo, así como los gastos de operación y mantenimien-
to.

VI.2.A. COSTO DEL EQUIPO.

Equipo	Cantidad	Precio Unit.	Precio Total
Condensador	3	\$ 495,930.00	\$ 1'487,790.00
Bombas	4	\$ 386,785.00	\$ 1'547,140.00
Torre Enfmo.	1	\$ 1'703,344.00	\$ 1'703,344.00
Total:			\$ 4'738,274.00

Se considerará un 15% del costo del equipo para cubrir los gastos de ins-
talación, tubería e instrumentación con lo que se tiene:

$$4'738,274 (.15) = 710,741.00$$

con lo que el costo total del equipo instalado es:

$$\text{CTE}_i = \$ 5'449,015.00$$

VI.2.B. GASTOS FIJOS ANUALES.

- (b-1) Amortización anual: ésta se calcula considerando una vida --
útil del equipo de 10 años, de esta manera será:
 $Am = 544,901.50 \text{ \$/año.}$
- (b-2) Gastos de mantenimiento: en éste renglón se considera a aquellos gastos originados por reparación y/o mantenimiento del-equipo, así como partes de repuesto, se ha fijado un 5% sobre el costo total del equipo instalado, para cubrirlo, así:
 $Gm = 272,450.75 \text{ \$/año}$
- (b3) Gastos de operación: se consideran aquellos originados por -
el tratamiento del agua (adición de los reactivos), así como-
la mano de obra. Ambos dan un total de:
 $370,180.00 + 177,600.00 = 547,780$
 $MO = 547,780.00 \text{ \$/año}$
- (b-4) Consumo de energía eléctrica: Se tomará en cuenta el núme-
ro de equipo que operan por día normalmente, así se tiene -
que:
- | | | |
|----------------|--------|---------------|
| 2 ventiladores | 50 HP | 100 HP |
| 3 bombas | 200 HP | <u>600 HP</u> |
| | Total: | 700 HP |
- que en Kw representa un total de:

$$700 \text{ HP} \times 0.746 \frac{\text{Kw}}{\text{HP}} = 522 \text{ Kw.}$$

La Comisión Federal de Electricidad ha fijado a Petróleos Mexicanos --
una tarifa sobre el impuesto por Kw instalado de 21.353 \\$/KW-mes y por ello
se tiene un total de:

$$522 \text{ Kw} \times 21.353 \frac{\$}{\text{Kw-mes}} = 11,146.30 \text{ \$/mes}$$

por otro lado, el consumo mensual de energía eléctrica será:

si para una hora 522 Kw-hr

$$\text{entonces } 522 \text{ Kw-hr} \times 720 \frac{\text{hr}}{\text{mes}} = 375,840 \frac{\text{Kw-hr}}{\text{mes}}$$

Ahora bien, el costo por Kw-hr es de 0.2878 \$, con lo que se puede calcular el costo por la energía consumida en un mes, y es de:

$$375,840 \frac{\text{Kw-hr}}{\text{mes}} \times 0.2878 \frac{\$}{\text{Kw-hr}} = 108,167$$

ó sea 108,167.00 \\$/mes

+ 11,146.00 \\$/mes

= 119,313.00 \\$/mes

= 1'431,726.00 \\$/año

Ahora sí, es posible tener el total de los gastos:

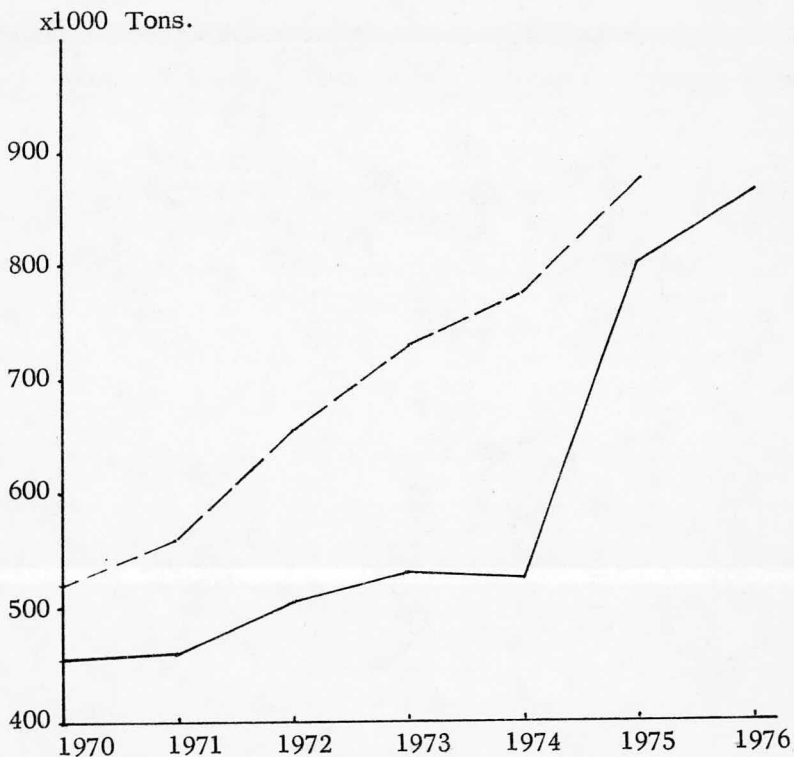
Amortización	544,901.50	\\$/año
Mantenimiento	272,450.75	"
Operación	547,780.00	"
Energía Eléct.	<u>1431,756.00</u>	"
Total:	2'796,888.25	\\$/año

Con el tratamiento hecho al agua de enfriamiento, se asegura que la unidad trabaja a su mayor capacidad de recibo (3,000 TMD) así como con los programas de mantenimiento en los condensadores y en la torre de enfriamiento, se garantiza la máxima eficiencia en los equipos. Finalmente se puede ya calcular el costo de refrigeración por tonelada de NH_3 manejada:

$$\frac{2'796,888.25 \text{ \$/año}}{900,000 \text{ TM/año}} = 3.10 \text{ \$/TM}$$

A P E N D I C E

APENDICE I



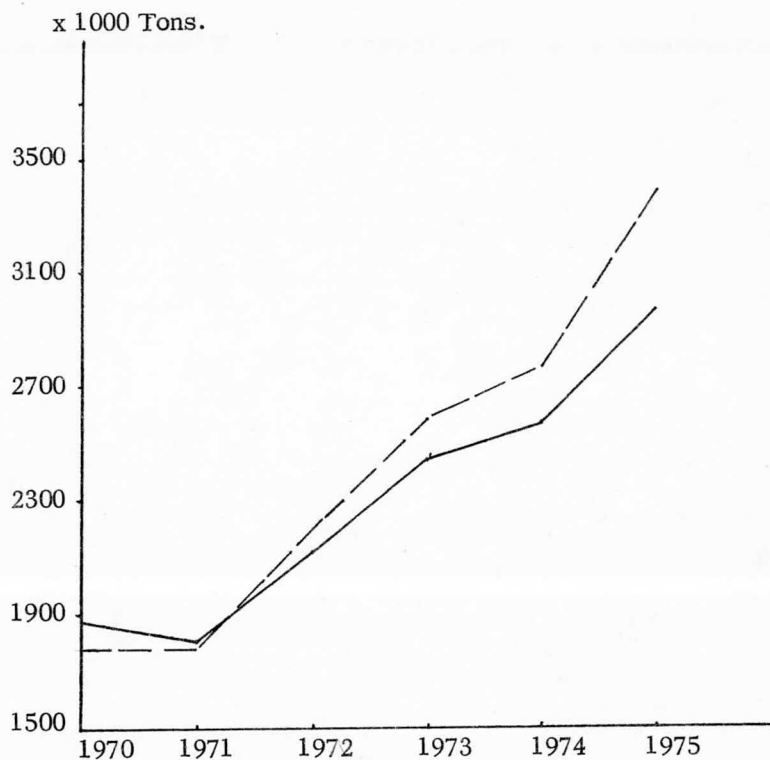
FUENTE: Anuarios del IMCE

Producción

Consumo Aparente.

GRAFICA DE CONSUMO APARENTE DE NH_3

APENDICE I (cont.)



FUENTE: Anuarios del IMCE

Producción

Consumo Aparante

GRAFICA DE CONSUMO APARENTE DE
FERTILIZANTES NITROGENADOS.

APENDICE II

Temp. F t	Presión absoluta lb/plg ² P	Volumen específico del líquido pies ³ /lb v _f	Volumen específico del vapor pies ³ /lb v _g	Masa específica del vapor lb/plg ³ 1/v _g	Entalpía Btu/lb sobre -40F			Entropía		Temp. F t
		Líquido h _f	Vaporización h _{fg}	Vapor h _g	Líquido s _f	Vapor s _g				
-40	10.41	0.02322	24.86	0.04022	0.0	597.6	597.6	0.0000	1.4242	-40
-30	13.90	0.02345	18.97	0.05271	10.7	590.7	601.4	0.0250	1.4001	-30
-20	18.30	0.02369	14.68	0.06813	21.4	583.6	605.0	0.0497	1.3774	-20
-10	23.74	0.02393	11.50	0.08695	32.1	576.4	608.5	0.0738	1.3558	-10
-9	24.35		11.23	0.08904	33.2	575.6	608.8	0.0762	1.3537	-9
-8	24.97		10.97	0.09117	34.3	574.9	609.2	0.0786	1.3516	-8
-7	25.61		10.71	0.09334	35.4	574.1	609.5	0.0809	1.3495	-7
-6	26.26		10.47	0.09555	36.4	573.4	609.8	0.0833	1.3474	-6
-5	26.92	0.02406	10.23	0.09780	37.5	572.6	610.1	0.0857	1.3454	-5
-4	27.59		9.991	0.1001	38.6	571.9	610.5	0.0880	1.3433	-4
-3	28.28		9.763	0.1024	39.7	571.1	610.8	0.0904	1.3413	-3
-2	28.98		9.541	0.1048	40.7	570.4	611.1	0.0928	1.3393	-2
-1	29.69		9.326	0.1072	41.8	569.6	611.4	0.0951	1.3372	-1
0	30.42	0.02419	9.116	0.1097	42.9	568.9	611.8	0.0975	1.3352	0
2	31.92		8.714	0.1148	45.1	567.3	612.4	0.1022	1.3312	2
4	33.47		8.333	0.1200	47.2	565.8	613.0	0.1069	1.3273	4
5	34.27	0.02432	8.150	0.1227	48.3	565.0	613.3	0.1092	1.3253	5
6	35.09		7.971	0.1254	49.4	564.2	613.6	0.1115	1.3234	6
8	36.77		7.629	0.1311	51.6	562.7	614.3	0.1162	1.3195	8
10	38.51	0.02446	7.304	0.1369	53.8	561.1	614.9	0.1208	1.3157	10
11	39.40		7.148	0.1399	54.9	560.3	615.2	0.1231	1.3137	11
12	40.31		6.996	0.1429	56.0	559.5	615.5	0.1254	1.3118	12
13	41.24		6.847	0.1460	57.1	558.7	615.8	0.1277	1.3099	13
14	42.18		6.703	0.1492	58.2	557.9	616.1	0.1300	1.3081	14
15	43.14	0.02460	6.562	0.1524	59.2	557.1	616.3	0.1323	1.3062	15
16	44.12		6.425	0.1556	60.3	556.3	616.6	0.1346	1.3043	16
17	45.12		6.291	0.1590	61.4	555.5	616.9	0.1369	1.3025	17
18	46.13		6.161	0.1623	62.5	554.7	617.2	0.1392	1.3006	18
19	47.16		6.034	0.1657	63.6	553.9	617.5	0.1415	1.2988	19
20	48.21	0.02474	5.910	0.1692	64.7	553.1	617.8	0.1437	1.2969	20
21	49.28		5.789	0.1728	65.8	552.2	618.0	0.1460	1.2951	21
22	50.36		5.671	0.1763	66.9	551.4	618.3	0.1483	1.2933	22
23	51.47		5.556	0.1800	68.0	550.6	618.6	0.1505	1.2915	23
24	52.59		5.443	0.1837	69.1	549.8	618.9	0.1528	1.2897	24
25	53.73	0.02488	5.334	0.1875	70.2	548.9	619.1	0.1551	1.2879	25
26	54.90		5.227	0.1913	71.3	548.1	619.4	0.1573	1.2861	26
27	56.08		5.123	0.1952	72.4	547.3	619.7	0.1596	1.2843	27
28	57.28		5.021	0.1992	73.5	546.4	619.9	0.1618	1.2825	28
29	58.50		4.922	0.2032	74.6	545.6	620.2	0.1641	1.2808	29
30	59.74	0.02503	4.825	0.2073	75.7	544.8	620.5	0.1663	1.2790	30
31	61.00		4.730	0.2114	76.8	543.9	620.7	0.1686	1.2773	31
32	62.29		4.637	0.2156	77.9	543.1	621.0	0.1708	1.2755	32
33	63.59		4.547	0.2199	79.0	542.2	621.2	0.1730	1.2738	33
34	64.91		4.459	0.2243	80.1	541.4	621.5	0.1753	1.2721	34
35	66.26	0.02518	4.373	0.2287	81.2	540.5	621.7	0.1775	1.2704	35
36	67.63		4.289	0.2332	82.3	539.7	622.0	0.1797	1.2686	36
37	69.02		4.207	0.2377	83.4	538.8	622.2	0.1819	1.2669	37
38	70.43		4.126	0.2423	84.6	537.9	622.5	0.1841	1.2652	38
39	71.87		4.048	0.2470	85.7	537.0	622.7	0.1863	1.2635	39
40	73.32	0.02533	3.971	0.2518	86.8	536.2	623.0	0.1885	1.2618	40
41	74.80		3.897	0.2566	87.9	535.3	623.2	0.1908	1.2602	41
42	76.31		3.823	0.2616	89.0	534.4	623.4	0.1930	1.2585	42
43	77.83		3.752	0.2665	90.1	533.6	623.7	0.1952	1.2568	43
44	79.38		3.682	0.2716	91.2	532.7	623.9	0.1974	1.2552	44
45	80.96	0.02548	3.614	0.2767	92.3	531.8	624.1	0.1996	1.2535	45
46	82.55		3.547	0.2819	93.5	530.9	624.4	0.2018	1.2519	46
47	84.18		3.481	0.2872	94.6	530.0	624.6	0.2040	1.2502	47
48	85.82		3.418	0.2926	95.7	529.1	624.8	0.2062	1.2486	48
49	87.49		3.355	0.2981	96.8	528.2	625.0	0.2083	1.2469	49
50	89.19	0.02564	3.294	0.3036	97.9	527.3	625.2	0.2105	1.2453	50

TABLAS DE TEMPERATURAS PARA
AMONIAO SATURADO.

Presión absoluta en lb/plg² (Temperaturas de saturación indicadas en forma de números cursivos)

Temp. F	Volumen específi- co del vapor pies ³ /lb	Entalpía Btu/lb	Entropía s	Temp. F	Volumen específi- co del vapor pies ³ /lb	Entalpía Btu/lb	Entropía s	Temp. F	Volumen específi- co del vapor pies ³ /lb	Entalpía Btu/lb	Entropía s
	v	h	s		v	h	s		v	h	s
	34 4.66 F				48 19.80 F				60 30.21 F		
Sat	8.211	613.2	1.3260	Sat	5.934	617.7	1.2973	Sat	4.805	620.5	1.2787
10	8.328	616.4	1.3328	20	5.937	617.8	1.2976	40	4.933	626.8	1.2913
20	8.542	622.3	.3452	30	6.096	624.0	.3103	50	5.060	632.9	1.3035
30	8.753	628.0	.3570	40	6.251	630.0	.3225	60	5.184	639.0	.3152
40	8.960	633.6	.3684	50	6.404	635.9	1.3341	70	5.307	644.9	.3265
50	9.166	639.2	1.3793	60	6.554	641.6	.3453	80	5.428	650.7	.3373
60	9.369	644.7	.3900	70	6.702	647.3	.3561	90	5.547	656.4	.3479
70	9.570	650.1	.4004	80	6.848	652.9	.3666	100	5.665	662.1	1.3581
80	9.770	655.5	.4105	90	6.993	658.5	.3768	110	5.781	667.7	.3681
90	9.969	660.9	.4204	100	7.137	664.0	1.3868	120	5.897	673.3	.3778
100	10.17	666.3	1.4301	110	7.280	669.5	.3965	130	6.012	678.9	.3873
110	10.36	671.6	.4396	120	7.421	675.0	.4061	140	6.126	684.4	.3966
120	10.56	677.0	.4489	130	7.562	680.5	.4154	150	6.239	689.9	1.4058
130	10.75	682.3	.4581	140	7.702	685.9	.4246	160	6.352	695.5	.4148
140	10.95	687.7	.4671	150	7.842	691.4	1.4336	170	6.464	701.0	.4236
150	11.14	693.0	1.4759	160	7.981	696.8	.4425	180	6.576	706.5	.4323
160	11.33	698.4	.4846	170	8.119	702.3	.4512	190	6.687	712.0	.4409
170	11.53	703.8	.4932	180	8.257	707.7	.4598	200	6.798	717.5	1.4493
180	11.72	709.2	.5017	190	8.395	713.2	.4683	210	6.909	723.1	.4576
190	11.91	714.5	.5101	200	8.532	718.7	1.4766	220	7.019	728.6	.4658
200	12.10	720.0	1.5183	220	8.805	729.6	.4930	230	7.129	734.1	.4739
220	12.48	730.8	.5346	240	9.077	740.6	.5090	240	7.238	739.7	.4819
240	12.86	741.7	.5504	260	9.348	751.7	.5246	260	7.457	750.9	1.4976
260	13.24	752.7	.5659	280	9.619	762.9	.5399	280	7.675	762.1	.5130
280	13.62	763.8	.5811	300	9.888	774.1	1.5548	300	7.892	773.3	.5281

APENDICE II (cont.)

Temp. F t	Presión absoluta lb/plg ² p	Volumen específi- co del líquido pies ³ /lb v _f	Volumen específi- co del vapor pies ³ /lb v _g	Masa específi- ca del vapor lb/plg ³ 1/v _g	Entalpía Btu/lb sobre -40F			Entropía		Temp. F t
					Líquido h _f	Vapori- zación h _{fg}	Vapor h _g	Líquido s _f	Vapor s _g	
51	90.91		3.234	3.092	99.1	526.4	625.5	.2127	.2437	51
52	92.66		3.176	3.149	100.2	525.5	625.7	.2149	.2421	52
53	94.43		3.119	3.207	101.3	524.6	625.9	.2171	.2405	53
54	96.23		3.063	3.265	102.4	523.7	626.1	.2192	.2389	54
55	98.06	0.02581	3.008	0.3325	103.5	522.8	626.3	0.2214	1.2373	55
56	99.91		2.954	3.385	104.7	521.8	626.5	.2236	.2357	56
57	101.8		2.902	3.446	105.8	520.9	626.7	.2257	.2341	57
58	103.7		2.851	3.508	106.9	520.0	626.9	.2279	.2325	58
59	105.6		2.800	3.571	108.1	519.0	627.1	.2301	.2310	59
60	107.6	0.02597	2.751	0.3635	109.2	518.1	627.3	0.2322	1.2294	60
61	109.6		2.703	3.700	110.3	517.2	627.4	.2344	.2278	61
62	111.6		2.656	3.765	111.5	516.2	627.7	.2365	.2262	62
63	113.6		2.610	3.832	112.6	515.3	627.9	.2387	.2247	63
64	115.7		2.565	3.899	113.7	514.3	628.0	.2408	.2231	64
65	117.8	0.02614	2.520	0.3968	114.8	513.4	628.2	0.2430	1.2216	65
66	120.0		2.477	4.037	116.0	512.4	628.4	.2451	.2201	66
67	122.1		2.435	4.108	117.1	511.5	628.6	.2473	.2186	67
68	124.3		2.393	4.179	118.3	510.5	628.8	.2494	.2170	68
69	126.5		2.352	4.251	119.4	509.5	628.9	.2515	.2155	69
70	128.8	0.02632	2.312	0.4325	120.5	508.6	629.1	0.2537	1.2140	70
71	131.1		2.273	4.399	121.7	507.6	629.3	.2558	.2125	71
72	133.4		2.235	4.474	122.8	506.6	629.4	.2579	.2110	72
73	135.7		2.197	4.551	124.0	505.6	629.6	.2601	.2095	73
74	138.1		2.161	4.628	125.1	504.7	629.8	.2622	.2080	74
75	140.5	0.02650	2.125	0.4707	126.2	503.7	629.9	0.2643	1.2065	75
76	143.0		2.089	4.786	127.4	502.7	630.1	.2664	.2050	76
77	145.4		2.055	4.867	128.5	501.7	630.2	.2685	.2035	77
78	147.9		2.021	4.949	129.7	500.7	630.4	.2706	.2020	78
79	150.5		1.988	5.031	130.8	499.7	630.5	.2728	.2006	79
80	153.0	0.02668	1.955	0.5115	132.0	498.7	630.7	0.2749	1.1991	80
81	155.6		1.923	5.200	133.1	497.7	630.8	.2769	.1976	81
82	158.3		1.892	5.287	134.3	496.7	631.0	.2791	.1962	82
83	161.0		1.861	5.374	135.4	495.7	631.1	.2812	.1947	83
84	163.7		1.831	5.462	136.6	494.7	631.3	.2833	.1933	84
85	166.4	0.02687	1.801	0.5552	137.8	493.6	631.4	0.2854	1.1918	85
86	169.2		1.772	5.643	138.9	492.6	631.5	.2875	.1904	86
87	172.0		1.744	5.735	140.1	491.6	631.7	.2895	.1889	87
88	174.8		1.716	5.828	141.2	490.6	631.8	.2917	.1875	88
89	177.7		1.688	5.923	142.4	489.5	631.9	.2937	.1860	89
90	180.6	0.02707	1.661	0.6019	143.5	488.5	632.0	0.2958	1.1846	90
91	183.6		1.635	6.116	144.7	487.4	632.1	.2979	.1832	91
92	186.6		1.609	6.214	145.8	486.4	632.2	.3000	.1818	92
93	189.6		1.584	6.314	147.0	485.3	632.3	.3021	.1804	93
94	192.7		1.559	6.415	148.2	484.3	632.5	.3041	.1789	94
95	195.8	0.02727	1.534	0.6517	149.4	483.2	632.6	0.3062	1.1775	95
96	198.9		1.510	6.620	150.5	482.1	632.6	.3083	.1761	96
97	202.1		1.487	6.725	151.7	481.1	632.8	.3104	.1747	97
98	205.3		1.464	6.832	152.9	480.0	632.9	.3125	.1733	98
99	208.6		1.441	6.939	154.0	478.9	632.9	.3145	.1719	99
100	211.9	0.02747	1.419	0.7048	155.2	477.8	633.0	0.3166	1.1705	100
102	218.6		1.375	7.270	157.6	475.6	633.2	.3207	.1677	102
104	225.4		1.334	7.498	159.9	473.5	633.4	.3248	.1649	104
105	228.9	0.02769	1.313	0.7615	161.1	472.3	633.4	0.3269	1.1635	105
106	232.5		1.293	7.732	162.3	471.2	633.5	.3289	.1621	106
108	239.7		1.254	7.972	164.6	469.0	633.6	.3330	.1593	108
110	247.0	0.02790	1.217	0.8219	167.0	466.7	633.7	0.3372	1.1566	110
115	266.2	.02813	1.128	.8862	173.0	460.9	633.9	.3474	1.1497	115
120	286.4	.02836	1.047	.9549	179.0	455.0	634.0	.3576	1.1427	120
125	307.8	.02860	0.973	1.028	185.1	448.9	634.0	.3679	1.1358	125

Temp. F	120 66.08 F			Temp. F	140 74.79 F			Temp. F	170 86.89 F		
Sat	2.476	628.4	1.2201	Sat	2.132	629.9	1.2068	Sat	1.764	631.6	1.1900
70	2.505	631.3	1.2255	80	2.166	633.8	1.2140	90	1.784	634.4	1.1952
80	2.576	638.3	.2386	90	2.228	640.9	.2272	100	1.837	641.9	1.2087
90	2.645	645.0	.2510	100	2.288	647.8	1.2396	110	1.889	649.1	.2215
100	2.712	651.6	1.2628	110	2.347	654.5	.2515	120	1.939	656.1	.2336
110	2.778	658.0	.2741	120	2.404	661.1	.2628	130	1.988	662.8	.2452
120	2.842	664.2	.2850	130	2.460	667.4	.2738	140	2.035	669.4	.2563
130	2.905	670.4	.2956	140	2.515	673.7	.2843	150	2.081	675.9	1.2669
140	2.967	676.5	.3058	150	2.569	679.9	1.2945	160	2.127	682.3	.2773
150	3.029	682.5	1.3157	160	2.622	686.0	.3045	170	2.172	688.5	.2873
160	3.089	688.4	.3254	170	2.675	692.0	.3141	180	2.216	694.7	.2971
170	3.149	694.3	.3348	180	2.727	698.0	.3236	190	2.260	700.8	.3066
180	3.209	700.2	.3441	190	2.779	704.0	.3328	200	2.303	706.9	1.3159
190	3.268	706.0	.3531	200	2.830	709.9	1.3418	210	2.346	713.0	.3249
200	3.326	711.8	1.3620	210	2.880	715.8	.3507	220	2.389	719.0	.3338
210	3.385	717.6	.3707	220	2.931	721.6	.3594	230	2.431	724.9	.3426
220	3.442	723.4	.3793	230	2.981	727.5	.3679	240	2.473	730.9	.3512
230	3.500	729.2	.3877	240	3.030	733.3	.3763	250	2.514	736.8	1.3596
240	3.557	734.9	.3960	250	3.080	739.2	1.3846	260	2.555	742.8	.3679
250	3.614	740.7	1.4042	260	3.129	745.0	.3928	270	2.596	748.7	.3761
260	3.671	746.5	.4123	270	3.179	750.8	.4008	280	2.637	754.6	.3841
270	3.727	752.2	.4202	280	3.227	756.7	.4088	290	2.678	760.5	.3921
280	3.783	758.0	.4281	290	3.275	762.5	.4166	300	2.718	766.4	1.3999
290	3.839	763.8	.4359	300	3.323	768.3	1.4243	320	2.798	778.3	.4153
300	3.895	769.6	1.4435	320	3.420	780.0	.4395	340	2.878	790.1	.4303

APENDICE III

INSTRUM	EQUIPO CAMPO		TABLERO	INDICACION
SNA-1501	TH-1051	x		Alarma por alto nivel
SND-1501	TH-1051	x		Dispara los compresores de mantenimiento
VCP-1500	TH-1050	x		Flujo de vapores al venteo elevado
VCP-1505	TH-1050	x		Línea de flujo de vapores al TC-1002
VCN-1500	TH-1050	x		Controla el flujo de líquido al TH-1051
VCP-1507	TH-1051	x	x	Controla la P en línea de llegada.
VCN-1501	TH-1051	x		Controla el nivel de éste hacia el TC-1002
VCN-1504	TH-1054	x		Controla el nivel de éste al TH-1053
SN-1505	TH-1053	x		Actúa alarma SNA-1505
SNA-1505	TH-1053	x		Alarma por alto nivel
VCP-1506	TH-1053	x		Controla la presión
VCN-1503	TH-1053	x		Controla flujo de líquido al TC-1002
SDN-1503	TH-1053	x		Disparo de compresores de mantenimiento por alto nivel
SP-1502	TC-1002	x		Operar compresores de mantenimiento (5.5" H ₂ O)
ALP-1504	TC-1002	x	x	Operar compresores de llenado (Filling).
VS-1500	TC-1002	x		Releva para aliviar sobrepresión (13" H ₂ O)
ALP-1503	TC-1002	x	x	Baja P en TC-1002 (menos de 5.5. "H ₂ O)
SP-1502	TC-1002	x	x	Dispara compresor de mantenimiento ó señala sacar los de llenado

Alarmas y señales principales en la Terminal de Almacenamiento de

Amoniaco.

BIBLIOGRAFIA

1. PRINCIPIOS DE LOS PROCESOS QUIMICOS.
Hougen, Watson & Ragatz (II parte)
Ed. Reverté, S. A. (1964)
2. AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION.
Jennings & Lewis
ED. C.E.C.S.A. (1976)
3. INTRODUCTION TO CHEMICAL ENGINEERING.
Badgen & Banchemo
Ed. Mc. Graw-Hill (1977)
4. SEGURIDAD INDUSTRIAL.
Roland P. Blake.
Ed. Diana (1975)
5. HYDROCARBON PROCESSING.
Ammonia. The M. W. Kellogg Co.
Nov. 1975.
6. MANUALES DE OPERACION PLANTAS DE AMONIACO.
DE COSOLEACAQUE, VER.
7. MANUALES DE LA CIA. DE PROYECTOS Y CONST'N.
DE LA TERMINAL DE AMONIACO DE PAJARITOS, VER.