

14
Zej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

ARRANQUE Y OPERACION DE LA UNIDAD
LICUEFACTORA DE BIOXIDO DE CARBONO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
MARIO GOMEZ GUERRERO

U N A M
F O U
Z A R A G O Z A



19. MARZO 19. 1966

MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS

COMPLETA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA

JEFATURA DE LA CARRERA DE
INGENIERIA QUIMICA

OF/IQ/JU/082/003/96

**SR. MARIO GOMEZ GUERRERO
P R E S E N T E.**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, les comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

PRESIDENTE: ING. SALVADOR GALLEGOS RAMALES
VOCAL: ING. JOSE BENJAMIN RANGEL GRANADOS
SECRETARIO: ING. MIGUEL ROJAS MENDOZA
SUPLENTE: ING. BALBINA PATRICIA GARCIA AGUILAR
SUPLENTE: ING. LUIS MANUEL PERES PERES

A T E N T A M E N T E
"POR MI RASA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F., 12 de febrero de 1996



ING. JOSE BENJAMIN RANGEL GRANADOS
JEFE DE LA CARRERA

<irm

AGRADECIMIENTOS

A MI HIJO:

POR EL TIEMPO QUE NO ESTADO CON EL EN LOS MOMENTOS QUE MAS ME NECESITA

MARIO DE JESUS

A MI ESPOSA:

POR LA CONFIANZA QUE SIEMPRE ME A DADO Y EL EMPUJE DE SU APOYO INCONDICIONAL DEL CARÑO Y AMOR QUE SIEMPRE PERDURARA TODA LA VIDA

TERESA DE JESUS

A MI PADRE, MADRE Y HERMANOS

POR EL ESTIMULÒ Y AYUDA EN LOS MOMENTOS DIFICILES DE MI FORMACION. QUE SIEMPRE ME HAN BRINDADO.

UNA ENORME DEUDA DE GRATITUD POR LOS COSEJOS Y EMPUJE, EL CUAL SIN SU APOYO DE USTEDES NO HUBIESE SIDO POSIBLE LA TERMINACION DE ESTE TRABAJO.

AL HONORABLE JURADO:

QUE LEYO CUIDADOSAMENTE TODO EL MANUSCRITO E HIZO NUMEROSAS SUGERENCIAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE TRABAJO.

RESUMEN

En los últimos años la Industria Mexicana ha tenido un desarrollo en la implementación de nuevas plantas, ampliaciones y modificaciones que requieren de personal capacitado para el arranque. El presente trabajo es una recopilación de información del arranque de una Planta y tiene por objetivo, guiar, ayudar e ilustrar al estudiante ó al Ingeniero Químico recién egresado que tenga que desarrollar alguna actividad dentro de un arranque de planta, ó simplemente quiere conocer, para que organice su tiempo, sus ideas, conociendo las etapas que comprenden un arranque.

El trabajo se dividió en diez capítulos, en el primer capítulo, se exponen los principales aspectos de un arranque de planta, se describen las tres fases fundamentales sobre las cuales se desarrolla un buen arranque, en el segundo capítulo se describen las áreas fundamentales que comprenden la planta y una descripción del proceso, en el tercer capítulo se estudia la Teoría del Proceso, describiendo la purificación y licuefacción del dióxido de carbono en la planta, asimismo, la refrigeración del sistema de amoníaco, en el cuarto capítulo se describe la ruta crítica para el arranque desde que inicia el proyecto hasta el arranque de planta, en el quinto, se describen algunas recomendaciones de especificaciones de equipo y tuberías así como sus pruebas. Los siguientes capítulos abarcan desde las pruebas preoperacionales, simulación y arranque de la unidad. En el capítulo nueve se describen algunos Procedimientos de Operación, como carga de amoníaco a la unidad refrigeradora. En el último capítulo que es la operación satisfactoria se muestran algunos procedimientos de cálculo de evaluación de equipo.

Por último se espera que el lector del presente trabajo pueda encontrar una guía fácil y aplique los conceptos de esta obra para su desarrollo como Ingeniero Químico dentro de la Industria productora.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	4
Capítulo	
1 Principales aspectos de un arranque	8
Organización del Arranque	12
Planificación cuidadosa	14
Personal Capacitado	16
Dirección del Arranque	17
Planificación procedimientos de pruebas Preoperacionales	18
Arranque Inicial	20
Pruebas de rendimiento y garantía	21
2 a) Descripción de áreas de la planta modelo	24
b) Descripción del proceso	25
3 Teoría del proceso	27
Lavado de gases	28
Licuefacción de dióxido de carbono	30
Refrigeración	31
4 Ruta crítica para el arranque	33
5 Especificaciones y pruebas de Equipo y Tubería	38
6 Pruebas preoperacionales	56
7 Simulación de arranque	70
8 Arranque de la unidad	75
9 Procedimiento de Operación	78
10 Operación satisfactoria	104
CONCLUSIONES	110
REFERENCIAS	111
APÉNDICE (ANEXOS)	112

LISTA DE FIGURAS

- Fig. No. 1 Diagrama presión-entalpía para bióxido de carbono
- Fig. No. 2 Diagrama presión-entalpía para amoníaco
- Fig. No. 3 Diagrama de Gantt
- Fig. No. 4 Diagrama de Pert
- Fig. No. 5 Ejemplo de lista de línea
- Fig. No. 6 Especificación de filtro (cono de bruja)
- Fig. No. 7 Diagrama de instrumentación y control del secador
- Fig. No. 8 Diagrama de tuberías e instrumentación
- Fig. No. 9 Diagrama del sistema de purificación con KMnO_4 de CO_2

INTRODUCCIÓN

El arranque de una planta puede definirse como " La hora de la verdad " para el personal relacionado con la operación y el diseño.

Después de haber pasado el proyecto por varias etapas, que abarcan: desde el estudio de factibilidad, estudio de mercado, ingeniería básica, ingeniería de detalle, compras de equipo, hasta la construcción, la planta está lista para operar y producir.

En esta época moderna, las industrias tiene finalmente objetivos de producir ciertos insumos para el beneficio social, por lo que se requieren; nuevas plantas, ampliaciones o modificaciones y para esto es, necesario contar con personal capacitado que comprenda lo que significa el arranque de éstas. De esto depende un buen arranque para la operación normal de los equipos además para que el control de proceso se atencen en el menor tiempo posible. Un buen arranque significa que el personal trabaja unido, que cada quien conoce su equipo y sus funciones, que no se escatiman esfuerzos para reducir algún problema operacional.

El ingeniero químico es una pieza importante en este tipo de actividades, ya que cubre puestos que van desde el jefe de turno hasta el gerente de planta. El ingeniero químico tendrá a su cargo personal al cual capacitará y dirigirá, además de su propia capacitación dentro de la planta durante el arranque.

Cuando se tiene experiencia en otros arranques, la tarea se facilita bastante y se van borrando las anomalías presentes en anteriores " puestas en marcha".

El presente trabajo tiene el objetivo:

- 1).- Comprender lo que es un arranque de planta.
- 2).- Guiar, ayudar e ilustrar, al estudiante o al Ingeniero Químico recién egresado que tenga que desempeñar sus primeras funciones en una nueva planta o que simplemente desee conocer que es un " arranque de planta " para que organice mejor su tiempo, trabajo e ideas, conocimiento de las etapas que comprenden ese tipo de actividades.
- 3).- Enfocar al Ingeniero Químico dentro de la industria.
- 4).- Desarrollar una metodología para el Ingeniero Químico recién egresado y aplicarlo a su desarrollo profesional.

Aquí se indicarán los lineamientos generales y principales sobre el tema. Se puede dividir en cinco actividades principales:

- a).- Chequeo de montaje de acuerdo a especificaciones.
- b).- Pruebas proporcionalas.

c).- Simulación del arranque.

d).- Arranque de planta.

e).- Operación normal de la planta.

No se puede pasar de una a otra actividad, sin haber cumplido los objetivos de la anterior. El ingeniero de turno (generalmente es la primera función de un ingeniero químico al terminar sus estudios y enfocarse dentro de la industria) hace su aparición desde la primera etapa.

En este estudio, se indicarán los principales aspectos de estas cinco actividades tomando como punto de partida y ejemplo el arranque de una unidad licuefactora de dióxido de carbono. Por lo cual, en los primeros capítulos se describirá el proceso de dicha unidad.

Deben tomarse en cuenta que los arranques de las plantas son similares entre si, por lo que los pasos a seguir y aspectos del arranque de la unidad licuefactora mencionadas pueden aplicarse a otras plantas.

CAPITULO I

PRINCIPALES ASPECTOS DE UN ARRANQUE DE PLANTA.

PRINCIPALES ASPECTOS DE UN ARRANQUE DE PLANTA.

En el momento del arranque de la planta, la situación de las principales entidades que han aportado los elementos esenciales para la elaboración del proyecto, es la siguiente:

1.- INGENIERÍA PRELIMINAR.

- a).- Evaluación de proceso.
- b).- Desarrollo de proceso.

2.- INGENIERÍA FINAL (DE DETALLE).

- a).- Ingeniería de proceso.
- b).- Ingeniería de diseño.

3.- ADQUISICIONES.

- a).- Compras.
- b).- Trámites de licencias gubernamentales.
- c).- Inspección.

4.- CONSTRUCCIÓN.

- a).- Construcción propiamente dicha con supervisión.

Cabe mencionar que, al realizar las actividades antes mencionadas, la planta esta lista para el arranque.

Por lo general , el personal de puesta en marcha de la compañía de ingeniería actúa como asesor del propietario durante esta fase del proyecto, realizando las operaciones el propio personal de éste último.

La presencia del personal de la compañía de ingeniería es necesaria para: Mantener garantías del proceso y del equipo evaluado.

Aún cuando el personal del propietario tenga experiencia en la operación en una primera puesta en marcha el número de incidencias es mayor, los operadores experimentados es de mucha ayuda importante para evitar problemas o para resolverlos rápido. El auxilio de

este personal ayuda a hacer frente a la carga de trabajo, completamente anormal, que tiene lugar durante el arranque de la planta.

El gerente de la construcción es el responsable de los trabajos hasta que se inicia el arranque y la planta pasa a manos del propietario.

En estos momentos, los retrasos acumulados a lo largo de todas la fases del proyecto se ponen en evidencia, y el gerente de construcción hace lo posible para cumplir con los objetivos de la terminación de construcción, entonces aparecen los especialistas de operaciones que indican una serie de trabajos adicionales, modificaciones a líneas (tuberías) cambio de válvulas, adición de filtros temporales, etc. y una lista bastante larga.

Es necesario que se entienda que la inspección final en las últimas de las múltiples comprobaciones de calidad y seguridad que han tenido lugar a lo largo del proyecto y que la ejecución de esta serie de modificaciones, pequeñas o grandes, una vez que se introduce la materia prima y se inicia el arranque ante esta situación, el jefe de operaciones debe de decir quienes hacen la modificación y dar su opinión sobre, si es necesaria o no, desde el punto de vista estricto de operación y seguridad de la planta.

BASES FUNDAMENTALES DE UN BUEN ARRANQUE.

I. ORGANIZACIÓN DEL ARRANQUE.

1.1 PLANEACIÓN

- 1.1.1 Programa de laboratorio.
- 1.1.2 Centro de información.
 - 1.1.2.1 Bases de diseño del proyecto.
 - 1.1.2.2 Volumen de proceso.
 - 1.1.2.3 Expediente de datos de ingeniería
 - 1.1.2.4 Volumen de distribución de la planta
 - 1.1.2.5 Manual de operación
 - 1.1.2.6 Procedimiento y formas de cálculo
- 1.1.3 Láminas, registro y procedimiento.
- 1.1.4 Programa de mantenimiento.
- 1.1.5 Ingeniero de operaciones en jefe.
 - 1.1.5.1 Grupo de operaciones.
 - 1.1.5.2 Grupo técnico.
 - 1.1.5.3 Grupo de mantenimiento.
 - 1.1.5.4 Grupo de laboratorio
 - 1.1.5.5 Grupo de construcción.

II.- PRUEBAS.

- 2.1.- Pruebas a presión.
- 2.2.- Pruebas de motores, bombas, equipos a la temperatura de operación.
- 2.3.- Pruebas con presión de un fluido.
(Pruebas hidrostáticas y neumáticas)
- 2.4.- Pruebas de simulación y de arranque
- 2.5.- Pruebas de rendimiento y garantía.

III.- ARRANQUE.

Con frecuencia y para evitar interferencias entre los trabajos de terminación de la construcción y las modificaciones solicitadas por el personal de operación, se asignan cuadrillas separadas para que trabajen en estas modificaciones, interviniendo la supervisión del personal de operación. Los retrasos del arranque afectan y hace que se aumenten los costos, tanto para arranque, como para la terminación de la obra completa, estos son: Materiales para las modificaciones, materia prima almacenada, servicios, costos de las modificaciones. Además, se pueden tener problemas tanto sindical o contractual por los retrasos en modificaciones, esto ocasiona que el consumidor presione y se pierda el mercado que se tenía comprometido.

Los retrasos se deben a varios problemas que pueden resultar a fallas de equipos, equipos inadecuados, fallas eléctricas, fallas de proceso, o materia prima fuera de especificación, o a producto que no estén en las especificaciones adecuadas.

Las fallas de equipo, incluyen aquellas como fugas, flechas o impulsores dañados, cortos circuitos, líneas tapadas, falla de equipo, ruptura en cuerpo o en tuberías, etc., el equipo inadecuado, como torres de enfriamiento que se inundan a la capacidad indicada, enfriadores con área fusera de especificación, corrosión de equipo por estar bastante tiempo inactivo a la intemperie, caídas de presión excesivas, etc., las fallas de proceso generales incluyen aquellas que resultan por mala interpretación de datos de laboratorio, o uso incorrecto de los mismos. La experiencia ha establecido que el 75% de los retrasos se deben a fallas de equipos, el 20% a equipo inadecuado y el 5% a falla de procesos.

I.- ORGANIZACIÓN DEL ARRANQUE.

Ahora bien, las tres bases fundamentales sobre las cuales descansa un buen arranque y que disminuyen los atrasos antes mencionados son los siguientes:

- A).- Planeación cuidadosa.
- B).- Personal capacitado técnicamente.
- C).- Dirección firme.

A.- PLANEACIÓN CUIDADOSA.

Es de suma importancia que un programa detallado, este preparado antes de que la construcción llegue a su fin . Las secciones de la planta deben ser dadas al grupo de operación tan pronto como estén listas, de modo que las pruebas y trabajo preoperacional pueden ser llevados a cabo y algunas veces terminados al mismo tiempo que la construcción general de la planta.

Un programa de arranque completo es esencialmente para coordinar el trabajo con la construcción y éste debe incluir lo siguiente:

PROGRAMA DE LABORATORIO: Los análisis de laboratorio efectuados durante el arranque se dividen en tres categorías siguientes:

- (1).- Análisis de las corrientes de material, que son requeridos para permitir una operación uniforme de la planta cuyos resultados indican los cambios inmediatos que deberán hacerse en las condiciones de operación.
- (2).- Análisis que afectan la calidad del producto, usualmente, los resultados de estos análisis pueden tolerar alguna demora.
- (3).- Análisis que son empleados para determinar y optimizar las condiciones del proceso. Los resultados de estos análisis no requieren ser obtenidos inmediatamente.

La mayor parte en los arranques requieren cuando menos un químico analista por turno y varios químicos extra o técnicos durante el turno de día.

En cualquier planta nueva, el control de calidad es un problema, particularmente en una planta de primera clase en la cual hay muchos factores desconocidos que afectan a la calidad y características de ventas de producto.

Los químicos que hayan realizado este trabajo básico sobre el proceso, deberán estar disponibles a todo lo largo de la fase de arranque.

También es importante que los métodos analíticos hayan sido elaborados como parte en la investigación del proceso así como los detalles del programa analítico para el arranque detallado, cuales corrientes deben ser muestreadas y en que tiempo deben tomarse las muestras, deberán ser elaborados por parte de la planeación, organización del arranque.

Deberán proveerse un laboratorio adecuado y ser instalado de tal manera que, todas las pruebas necesarias, puedan ser realizadas en un tiempo razonable.

Sin instalaciones adecuadas del laboratorio y un personal de químicos analíticos entrenados, no se puede asegurar un producto capaz de venderse.

CENTRO DE INFORMACIÓN: Es esencial contar con un centro de información para tener un buen arranque satisfactorio. El centro de información puede ser, desde un simple archivo; hasta un elaborado sistema de recopilación de información incluyendo programas de computadoras en la cual los datos de la planta, pueden ser alimentados, para evaluación. En la mayor parte de los archivos se adicionan programas convencionales de cálculo adecuados.

Los expedientes deberán estar organizados de tal manera que; diagramas de flujo, dibujos, especificaciones de equipo, procedimientos analíticos, métodos de cálculo, datos de planta (manual de operación) e ingeniería estén disponibles cuando se requieran. Esta información queda como soporte para el futuro de la planta en el centro de información. Esta deberá ser accesible a todo el personal responsable encargado del arranque sobre una base de 24 horas al día, 7 días por semana. éste archivo deberá conservarse limpio y organizado y el material deberá ser devuelto con rapidez en su lugar asignado.

El material para el centro debe ser acumulado y preparado desde el principio del proyecto.

Se recomienda la preparación de los siguientes siete archivos como parte del centro de información.

- (1).- **Base de diseño del proyecto:** Deberá contar con información como estándares de diseño (especificaciones) como; de recipientes, de tuberías, intercambiadores de calor, instrumentos, equipo eléctrico, etc. así como las bases de diseño de procesos, capacidad de la planta (temperatura de agua de enfriamiento, presión de vapor, potencia eléctrica, servicios auxiliares, etc.).
- (2).- **Un volumen de proceso:** Contenido; descripción de proceso, diagrama de flujo, balance de materia y energía, servicios y materias primas, etc.
- (3).- **Expedientes de datos de ingeniería:** Contenido; una lista de equipo clasificada por tipos.
- (4).- **Volumen de distribución de la planta:** Aquí está contenida toda la información de la ingeniería de detalle del proyecto.
- (5).- **Instrucciones de operación:** Debe contener información de todos los procedimientos a detalle de los análisis de materia prima, subproductos, productos y manual de operación del proceso, prácticamente esto es vital para la calidad del producto.
- (6).- **Procedimientos y forma de cálculo:** Su contenido es básicamente; memorias de cálculo para la evaluación de la planta y comportamiento de la planta (producción y rendimiento).

LAMINA REGISTRO Y PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO: Las láminas se deben facilitar a los ingenieros del arranque para obtener la información necesaria rápidamente. Las anotaciones deben estar agrupadas por operaciones unitarias para los diversos pasos en el proceso y con una presentación sistemática de datos como temperaturas, presiones, flujos, etc.

Estas láminas deberán estar disponibles antes de las corridas de pruebas, a fin de que los operadores puedan usarlas y familiarizarse con ellas, de manera que debe asegurarse que las láminas sean comprensibles y bien organizadas.

El método de cálculo de la planta deberá ser llevado a cabo antes del arranque y posteriormente diariamente. Cualquier método de cálculo deberá:

- a).- Permitir el cálculo de eficiencia de cada turno.
- b).- Estar de tal manera que cualquier ingeniero pueda aprenderlo en pocos días.
- c).- Estar debidamente archivando y accesible para su rápida consulta.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO: Un programa de mantenimiento completo, deberá prescribir las pruebas rutinarias, inspección y ajustes para cada pieza de equipo. Los resultados de las pruebas rutinarias y la inspección, deberán estar anotados dentro de la lista, con una sección para cada partida de equipo. Los requerimientos de mantenimiento deberán estar en listados en forma semejante al inicio anterior de modo que puedan ser seleccionados a su debido tiempo y planear así el trabajo.

B).- PERSONAL CAPACITADO TÉCNICAMENTE.

La selección del ingeniero de operaciones en jefe, es el 90% de las vías exitosas para un buen arranque. Esta persona debe ser un ingeniero químico completamente familiarizado con las operaciones del arranque y tener una extensa experiencia en la ingeniería de diseño de la planta, debe tener habilidad de organización y administración, él será responsable de la planeación de arranque así como en las decisiones del día.

La cuadrilla de arranque deberá consistir en los siguientes elementos:

- (1).- Un grupo de operaciones seleccionados exclusivamente para el arranque.
- (2).- Un grupo de técnico que colaborará en la planeación del arranque y en los problemas que vayan presentándose.
- (3).- Un grupo de mantenimiento, el cual puede ser parte del personal normal de la planta, reforzado por miembros de ingeniería.
- (4).- Un grupo de laboratorios, con asesores técnicos en el arranque o laboratorios externos.

También, el grupo de construcción, aún cuando no es parte del equipo de arranque, estará estrechamente relacionado con las primeras fases de arranque, las fases finales de construcción requieren íntima coordinación con el trabajo de arranque, con el fin de evitar interferencias, que gastan tiempo.

El grupo de operaciones incluye un equipo de cuatro ingenieros químicos (uno por turno), además de especialistas para pruebas, cálculos y evaluaciones de datos de operación. Los especialistas incluirán, ingenieros químicos, industriales, mecánicos, eléctricos. Al menos una parte de este grupo estará asegurado al proyecto desde el inicio hasta la finalización y la liberación de la planta (operación normal).

La operación de la planta durante el arranque será responsabilidad de los ingenieros en turno, los que supervisarán la colocación de datos y harán los cálculos de los mismos.

Este personal será responsable de la solución de problemas y si se presentará alguna modificación, por lo cual, se requiere de un personal capacitado y bien seleccionado para reducir el tiempo de entrenamiento de este por lo regular, se selecciona a ingenieros químicos recién egresados.

El grupo de mantenimiento es el más importante en el arranque pues la reducción de tiempo durante las primeros días depende rápidamente para que pueda llevarse acabo el mantenimiento de equipo (fallas) y modificaciones mecánicas.

C.- DIRECCIÓN DEL ARRANQUE.

Es esencial que el grupo de arranque concuerde en todos los detalles sin embargo, y debido a que la situación cambia rápidamente durante los pasos iniciales y que una nueva información puede aclarar o desarrollar un problema, los grupos deben tener diariamente reuniones para ponerse de acuerdo sobre los procedimientos, y así coordinar sus esfuerzos.

Los grupos de dirección de la planta y del arranque cooperan a través de tres etapas de operación:

- 1).- Planeación y organización del arranque.
- 2).- Planeación de los procedimientos de prueba y preoperación.
- 3).- Arranque inicial.

II.- PLANEACIÓN PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS Y PREOPERACIONES.

Los primeros trabajos del operador e ingeniero en jefe es, planear los procedimientos para pruebas de la planta, las instrucciones de operación deberán contener los procedimientos de prueba de la planta. Pero sin embargo se debe de detallar el procedimiento con el objeto de considerar la secuencia en la cual se encontrarán en disponibilidad las secciones de la planta.

Deberán ser efectuados los siguientes programas de prueba antes de que la planta pueda ser puesta en marcha.

- (1).- **Pruebas a presión:** En las tuberías y equipos para su resistencia mecánica así como lo adecuado de sus juntas, se efectúa normalmente por la cuadrilla de construcción supervisado por el ingeniero en turno de la planta. La prueba final de un sistema al vacío se lleva a cabo mejor mediante el empleo de equipo de la planta para aplicar el vacío, y observar a continuación el flujo de las fugas hacia el interior del sistema cerrado. A continuación, deben detectarse las fugas reales mediante la aplicación de presión positiva suave. En forma similar, los ductos, tuberías y equipos que operan a presión atmosférica o cercana a ellas, sin embargo tal equipo puede contener vapores nocivos por consiguiente deberá ser conducido a una prueba completa a presión por parte de la cuadrilla de operación.

- (2).- **La prueba en seco:** De funcionamiento de equipo, bombas, compresores, etc., deberán hacerse por el representante del fabricante, pero la prueba sea efectuada en presencia de los miembros del grupo de operaciones las cuales pueden familiarizarse con la operación del equipo y juzgando la efectividad de las pruebas. Estas pruebas en seco también se pueden llevar a cabo durante la terminación de la fabricación del equipo según sea el contrato, y se conoce como atestiguamiento de la operación del equipo. Sin embargo como el equipo queda cautivo durante la transmisión de la construcción de la planta, es factible hacer nuevamente esta prueba.

- (3).- **Hermetismo:** Ciertos equipos deberán ser probados para asegurar el hermetismo a altas temperaturas y posteriormente a las bajas temperaturas. Estas "pruebas en caliente y enfrió" a temperaturas cercanas a las de operación, se pueden desarrollar fugas en estos y producir una contaminación de producto o ambiental según sea el caso de presión.

- (4).- **Pruebas dinámicas:** El probado dinámico en circuito cerrado con fluidos seguros incluye operación del equipo o sistema con aire, agua, gas inerte o fluidos similares.

En esta prueba representa la primera prueba dinámica de la planta, ellas permiten el probado en flujo del equipo y proporcionarán la primera indicación de respuesta de los circuitos de control y por encima de todo familiarizan en forma completa a los operadores con el equipo en la planta antes de la introducción de productos químicos peligrosos. La omisión de estas pruebas es peligrosa y puede involucrar a la planta un retraso muy costoso por reparación o cambio de equipo y con esta prueba, el equipo o reparación es más fácil cuando sólo existe aire, nitrógeno y aguas. La diferencia que se hacen aparentes durante esas pruebas se corrigen con mayor facilidad que cuando hay un solvente peligroso o por productos químicos dañinos y corrosión al sistema y que deben ser limpiados antes de que puedan intentarse las reparaciones y modificaciones.

- (5).- **Pruebas de solventes:** La prueba en circuito cerrado con solventes del equipo de proceso empleado en un solvente relativamente seguro o el solvente que se usará en el proceso, deberá ser efectuado en condiciones cercanas a las condiciones de operación especificadas. Nuevamente el propósito de estas pruebas consiste en comprobar que el equipo y los circuitos de los instrumentos estén en condiciones cercanas a las del diseño antes de la introducción de productos peligrosos, más corrosivos o más difíciles de manejar.
- (6).- **Pruebas con fluido de proceso:** Como paso final puede efectuarse el probado con el fluido de proceso en donde se encontraran estos fluidos durante la prueba, algunos fluidos pueden ser manejados en el equipo de la planta a las temperaturas y presiones de diseño.

Las pruebas precedentes son las más valiosas, ya que sirven para los siguientes propósitos:

- a).- Prueban el funcionamiento mecánico del equipo a las condiciones de proceso.
- b).- Familiarizan a los operadores con la planta en condiciones apropiadas de operación.
- c).- Pueden ser utilizadas para determinar el comportamiento de la planta mientras hay tiempo de hacer modificaciones antes de que la planta sea puesta en funcionamiento.
- d).- Permiten la determinación de la posición de los instrumentos y su respuesta.

III.- ARRANQUE INICIAL.

Este empieza cuando todas las pruebas preoperacionales han concluido y ha quedado satisfechos, los operadores que están debidamente capacitados y entrenados adecuadamente. Para este tiempo, las instrucciones de operación, han sido modificadas de acuerdo a la experiencia de las pruebas. En estos días hay comúnmente una tendencia por un número grande de personal y al menos que se limite, está puede atestar el cuarto de control, y confundir al personal de operación.

Conforme cada sección de la planta es arrancada, debe llevarse a las condiciones de operación tan pronto como sea posible. Habrá problemas, sin embargo, no debe haber apresuramiento para seguir un procedimiento de arranque, de paro, de emergencia cuando se tiene el peligro de arriesgar vidas o el equipo. Los datos obtenidos y las observaciones hechas antes de un paro pueden ser claramente estudiadas y determinar cuanto tiempo estuvo bien la planta y que causas provocaron el problema.

En muchos casos la causa de la falla no es muy obvia y su diagnóstico puede presentar dificultad. En dichos casos, es conveniente hacer una revisión completa de temperaturas, presiones y consumo de energía y servicios en el área afectada del proceso incluyendo un chequeo de bombas, motores agitadores, etc.

Quando dichos problemas no pueden ser rápidamente analizados o cuando persisten, es recomendable un aumento en la automatización. Usualmente esto significa la instalación de más instrumentos para lo cual la planta deberá contar con un buen almacén de instrumentos.

Drenos, ventosas, sistemas de servicio no deben dejar de ser vistos en problemas de arranque. Sobre todo el proceso debe estar adecuadamente instrumentado para rápidos y exactos balances de materia alrededor del área afectada.

La principal dificultad con los problemas de calidad de producto consiste en señalar los mismos. Esto requiere una área específica o punto del equipo causada por el problema. Esto requiere una evaluación de datos de laboratorio y un programa completo de análisis que pueden ser requeridos para corrientes de proceso que no son normalmente muestradas.

Trasas de impurezas que detectan en la alimentación, o que se encuentran en servicio, o como un resultado paralelo de la reacción son la causa de muchos problemas con la calidad del producto.

PRUEBAS DE RENDIMIENTO Y GARANTÍA:

La nueva planta estará garantizada por el poseedor de la patente, un departamento de ingeniería o una firma de ingeniería. Durante el arranque corroboran pruebas que están claramente delineadas en el contrato y que por lo general tendrán las siguientes reglas:

- a).- Debe de establecerse un tiempo de arranque definitivo, de tal manera que las lecturas de inventario pueden ser verificadas por ambas partes.
- b).- Condiciones de operación dadas por el personal de operaciones estrictamente como se fijen por el ingeniero en turno o el reporte de garantía.
- c).- Los métodos de cálculo deben ser establecidos antes de la corrida de prueba y deben haber sido reducidos a una rutina.
- d).- Los datos deben ser registrados minuciosamente y todas las lecturas pertinentes se deben verificar.

GLOSARIOS DE TÉRMINOS

TERMINACIÓN MECÁNICA: Significa que la planta ha concluido con el montaje de equipos, tuberías, soportería, colocación de instrumentación eléctrica, y estos se han apegado a las especificaciones y planos de la ingeniería de detalle, los equipos se han afinado, los motores se han rodado sin carga y se han hecho pruebas como hidrostáticas y neumáticas en las líneas de tubería. Por lo regular, el aislamiento y la protección anticorrosiva de los equipos, tuberías y estructuras no han interferido con la puesta en marcha de la nueva planta, además la limpieza ha terminado. Aquí es donde la compañía de ingeniería termina su trabajo. Antes del arranque, se hace un chequeo de las líneas construidas con el DTI y éste se conoce como "AS BUILT", es decir, es el diagrama de tubería e instrumentación tal como se construyó.

PREPARACIÓN PARA OPERACIONES INICIALES: Después de la terminación mecánica hay una serie de operaciones de preparación a realizar, tales como, soplado de líneas (tuberías), revisión de empaque, puesta en servicio bombas etc., por lo general el propietario se ha hecho cargo de los distintos sistemas cuando se llega a la terminación mecánica.

PUESTA EN MARCHA: Una vez que la planta está lista para operaciones iniciales, puede procederse a realizar esta fase de trabajo, lo que frecuentemente se asocia a la introducción de la alimentación en la unidad. Las sucesivas etapas de la puesta en marcha llevan a la producción a capacidad reducida, y posteriormente a plena capacidad.

TERMINACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN: Incluye la finalización de todos los trabajos hasta la pintura, aislamiento y limpieza general de la planta, la cual puede efectuarse simultáneamente con la puesta en marcha puesto que, como se dijo.

CAPITULO 2

A).- DESCRIPCIÓN DE ÁREAS QUE COMPREDEN LA PLANTA PILOTO.

B).- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

A).- DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS QUE COMPRENEN LA PLANTA MODELO.

El modelo tomado es una planta licuefactora de bióxido de carbono, el cual es almacenado y distribuido a los clientes en diferentes usos.

El bióxido de carbono es la materia prima proveniente como subproductos de otras plantas.

Para la elaboración de bióxido de carbono líquido se cuenta con los siguientes sistemas:

Servicios auxiliares: en esta sección tiene como responsabilidad el operar los siguientes sistemas:

- * Agua de enfriamiento.
- * Agua potable.
- * CO₂ de servicios.
- * CO₂ de instrumentos.
- * Energía eléctrica.

En la obtención de CO₂ líquido se requiere de diferentes operaciones unitarias tales como:

- * Compresión.
- * Transferencia de calor (enfriador).
- * Separación mecánica fase líquida-gas.
- * Destilación.
- * Licuefacción.

B).- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO.

El sistema de recuperación de CO₂ esta diseñado para producir 120 toneladas métricas por día de CO₂ líquido el suministro de CO₂ húmedo proveniente de una planta endulzadora de hidrógeno tiene las siguientes características:

PRESIÓN	3 Psig
TEMPERATURA	101 °F
FLUJO	11452 lb/hr
CO ₂	11013 lb/hr
N ₂	22 lb/hr
CO	7 lb/hr
VAPOR DE H ₂ O	410 lb/hr
H ₂ S	TRAZAS

La mezcla de CO₂ con las impurezas antes mencionadas llega a la planta por medio de un carbuoducto de PVC de alta densidad.

EL PROCESO CONSISTE EN LAS SIGUIENTES ETAPAS PRINCIPALES:

- 1.- LAVADO DE GASES:** El CO₂ gaseoso, se hace pasar por una serie de tres lavadoras o torres de purificación donde el CO₂, gaseoso pasa a través de una torre lavadora en forma ascendente y a contracorriente pasa una solución de permanganato de potasio con el objeto de eliminar el contenido de azufre que pueda tener.
- 2.- PREENFRIAMIENTO DEL CO₂ GASEOSO:** El CO₂ es enfriado con el objeto de eliminar gran cantidad de humedad después de esto, el gas está acondicionado para poder ser comprimido.
- 3.- PRIMERA ETAPA DE COMPRESIÓN:** El CO₂ es comprimido desde una presión de 3 psig hasta 100 psig.
- 4.- INTERENFRIADOR PRIMARIO:** Como en la compresión el CO₂ adquiere calor y por lo tanto eleva su temperatura hasta una temperatura de 200°F, el gas de CO₂ es enfria en un intercambiador de calor de tubos y coraza a contracorriente, donde el CO₂ pasa por la coraza y adquiere una temperatura de 80°F, el amoniaco, que es el medio enfriante, pasa a través de los tubos y adsorbiendo el calor del CO₂ gaseoso, sale a una temperatura de 90°F.
- 5.- SEGUNDA ETAPA DE COMPRESIÓN:** El CO₂ gaseoso frío nuevamente es comprimido hasta una presión de 300 psig y elevan su temperatura hasta 185°F.
- 6.- POST ENFRIADOR (PRIMERA ETAPA):** El CO₂ gaseoso se enfria desde 185°F a 90°F a una presión de 300 psig.

7.- POST ENFRIADOR (SEGUNDA ETAPA): El CO_2 gaseoso es enfriado nuevamente hasta bajar su temperatura a 45°F .

8.- SECADO: El CO_2 gaseoso frío con una temperatura de 45°F , el cual esta saturado de agua, pasa a través de un absorbedor de humedad donde se elimina completamente el agua, cabe hacer mención que esta secadora son dos torres conteniendo como absorbente alúmina, una de las torres secadoras esta en operación y la otra regenerando, hasta aquí tenemos un CO_2 gaseoso seco y frío y está lista para condensarse.

9.- CONDENSADO DE CO_2 : El CO_2 está listo para ser conducido, pasa a través de un intercambiador de calor en el cual el CO_2 pasa a través de los tubos y el cual es licuado, a través de la coraza para una corriente de amoníaco líquido el cual es evaporado.

10.- DESTILACIÓN: El CO_2 líquido pasa a través de una columna de rectificación (columna empacada con anillos pall) con el objeto de eliminar el monóxido de carbono, aquí se evapora 50% de CO_2 líquido.

11.- RECUPERACIÓN DE CO_2 : El CO_2 gaseoso de la columna de destilación es condensado nuevamente para eliminar el monóxido y recuperar el CO_2 en forma líquida, el cual es retornado a la columna de destilación.

CAPITULO 3

TEORÍA DEL PROCESO:

A).- LAVADO DE GASES.

B).- LICUEFACCIÓN DEL BIÓXIDO DE CARBONO.

C).- REFRIGERACIÓN (SISTEMA DE AMONIACO).

A).- LAVADO O PURIFICACIÓN DE GASES:

La existencia de impurezas en los gases es en forma de suspensión de partículas sólidas y líquidas, tales como polvo, humo, niebla y componentes gaseosos que son ofensivos ó detestables por varios motivos. El lavado de gases es usualmente para remover la dispersión por un tipo mecánico o precipitación electrostática. La purificación es usualmente aplicable a remover impurezas gaseosas por medio del proceso de adsorción o absorción.

Lavado y purificación tiene uno o más objetivos siguientes:

Preparación del gas para ser utilizado en el proceso de manufacturación, podría ser lavado y desulfuración del gas Coke-oven o en la síntesis del gas de la conversión catalítica y remoción de polvo para la producción de ácido sulfúrico.

Eliminación de gases indeseables en las descargas atmosféricas. -- en metalurgia remoción de bióxido de azufre .

Recuperación de productos valiosos. -- recolección de zinc o recuperación de sulfato de sodio y recuperación de ácido sulfhídrico en la refinería de gases

Eliminación de gases peligrosos para la seguridad de la planta. -- polvos explosivos, partículas radiactivas del aire atmosférico de la planta.

Perfeccionamiento de la calidad del producto. -- lavado de aire en la manufactura farmacéutica y películas fotográficas.

Reducción de mantenimiento a equipos.

Remoción de polvos e impurezas para líneas de tubería de gas natural.

A continuación damos los principios generales de este caso específico.

Para la purificación del bióxido de carbono en la planta. Se tiene torres lavadoras de gases de solución de permanganato de potasio y una torre de enjuague con agua, estas operan en serie para la eliminación del ácido sulfhídrico a la entrada del sistema de licuefacción del CO₂.

Las reacciones que ocurren en las lavadoras de permanganato con el ácido sulfhídrico es la siguiente:



CONSIDERACIONES GENERALES:

El permanganato de potasio es un poderoso oxidante es así como la reacción puede llevarse a cabo y dependen grandemente del pH de la solución.

En solución ácida el fundamento de la acción del permanganato en la solución ácida sobre un agente reductor, puede expresarse con la siguiente ecuación:



Aquí el manganeso cambia su valencia de +7 a valencia +2 (se reduce) por la adición de cinco electrones.

Si la solución es alcalina, neutral ó débilmente ácida, el permanganato se transforma en lo siguiente:



Por lo que el manganeso cambia su valencia de +7 a +4 (se reduce) por la adición tres electrones libres.

B).- LICUEFACCIÓN DEL BIÓXIDO DE CARBONO.

El bióxido de carbono al igual que cualquier otro fluido, puede presentarse en 3 estados físicos: sólido, líquido y vapor, sus puntos característicos son los siguientes:

PUNTO TRIPLE - 69.9°F (- 56.61°C)

75.0 PSIA (5.27 Kg/cm² abs).

A condiciones mayores a las del punto triple, los cambios de fase son líquido, vapor, y viceversa (condensación evaporación).

El punto crítico representa aquellas condiciones de temperatura y presión más grande a los cuales existe en equilibrio vapor y líquido.

PUNTO CRITICO. 87 °F (31.1°C) TEMPERATURA CRITICA
1,071 Psia (75.27 Kg/cm²) PRESIÓN CRITICA

La descripción gráfica de lo anterior se muestra en la figura No. 1 (ver apéndice) que corresponde al diagrama presión entalpía del bióxido de carbono (CO₂).

En el caso para obtener CO₂ líquido subenfriado a las condiciones de temperatura de - 40 °F (- 40 °C) y una presión de 300 Psia (21.09 kg/cm² abs) a partir de un gas (CO₂ gaseoso) a unas condiciones de presión de 30 Psia (1.4 kg/cm² abs) y temperatura de 80°F (26.7 °C). En el proceso de licuefacción se lleva a cabo primeramente una compresión hasta alcanzar una presión de 70 Psia (4.93 kg/cm² abs) y 225°F (107 °C) posteriormente este gas de CO₂ es enfriado a la misma presión y una temperatura de 20°F (- 6.7 °C) posteriormente se comprime nuevamente hasta 300 Psia y alcanza una temperatura de compresión de 230°F (110 °C), hasta aquí se ha alcanzado un gas sobrecalentado el cual es enfriado por una serie de intercambiadores de calor hasta la temperatura de - 40°F ver diagrama (figura No 1 del apéndice) presión entalpía para bióxido de carbono.

C).- REFRIGERACIÓN:

El principio de la refrigeración es en resumidas cuentas, "enfriar un objeto quitándole calor por medio de la evaporación de un líquido propenso a esta acción tal como el amoníaco que se evapora a bajas temperaturas".

LOS MÉTODOS DE REFRIGERACIÓN SON LOS SIGUIENTES:

- 1).- Método de refrigeración con aprovechamientos del calor de fusión, utilizando hielo.
- 2).- Método de refrigeración con aprovechamiento del calor de evaporación utilizando el sistema de refrigeración natural.
- 3).- Método de refrigeración con aprovechamiento del calor de sublimación, utilizando hielo seco.
- 4).- Método de refrigeración con aprovechamiento del efecto peltier, utilizando refrigeración por termopares.

El principio de la refrigeración, se basa en la evaporación del refrigerante líquido que fluye en el tubo de enfriamiento.

El refrigerante líquido, no se puede evaporar a una temperatura inferior a los cero grados centígrados cuando tiene una alta presión. Es por ello que se debe de seccionar al amoníaco, evaporado en un tubo de enfriamiento por medio del compresor con el fin de que no se altere la presión de dicho tubo, al bajar la presión, el refrigerante líquido se evapora a una temperatura baja. Por otro lado el vapor tiene que ser licuado nuevamente para sustituirlo al estado en que su capacidad como refrigerante permite reutilizarlo. Para lograr nuevamente el estado líquido es necesario aumentar la presión del gas, el compresor aumenta la presión hasta un valor aproximado de diez veces mayor que la presión atmosférica y éste eleva la presión, y ocasiona que se aumente la temperatura del agua (estar el gas dentro del compresor se "contamina" con partículas de aceite proveniente de la liberación del mismo, éstas se eliminan en el separador de aceite). El gas se introduce al condensador para enfriarse con agua. Es por ello que el gas con alta presión se convierte en líquido al ser enfriado en el condensador. Este gas licuado retorna al recipiente en que estaba al principio alimentándose de nuevo al tubo de enfriamiento después de paso por la válvula de regulación que hace que baje la presión. Este mecanismo descrito constituyó un método de refrigeración económico ya que puede efectuarse la refrigeración repetidamente sin que se pierda el refrigerante, lo que se conoce como ciclo de refrigeración.

Para el caso en cuestión el refrigerante que se utilizo es el amoniaco.

Para evaporar amoníaco líquido, por medio del evaporador, es necesario utilizar el calor producido de la evaporación como se señalo anteriormente, el amoníaco líquido se evapora absorbiendo el calor de evaporación cedido por los productos a ser refrigerados (bióxido de carbono y aceite de lubricación de compresores). El vapor resultante adquiere un calor extra correspondiente al flujo de amoníaco. Este vapor lo secciona al compresor para ser comprimido (compresión que genera calor). Dicho de esta manera, el gas descargado por el compresor es de alta presión y de temperatura elevada, en el caso del amoníaco la temperatura que alcanza es de 100°C aproximadamente este gas contiene calor generado por la compresión a parte del calor producido por la evaporación de los otros equipos.

Dicho gas al llegar al condensador (después de pasar por el separador de aceite) es enfriado con agua de enfriamiento.

El gas cede su calor al agua de enfriamiento convirtiéndose nuevamente en amoníaco líquido. En otras palabras el vapor que se genero en el evaporador al absorber el calor de los productos refrigerados (bióxido de carbono y aceite de lubricación), pasa por el compresor y llega al condensador en el que descarga dicho calor.

En nuestro caso se tiene una unidad de refrigeración de dos pasos, para la licuefacción del bióxido de carbono en el diagrama de presión entalpia del amoníaco se observa las condiciones de operación de la planta (ver figura No.2 en el apéndice).

CAPITULO 4

RUTA CRITICA PARA UN ARRANQUE

A) RUTA CRITICA PARA EL ARRANQUE

La decisión de proceder hacia un proyecto nuevo, es la demanda por los consumidores que ha ido aumentando y ha existido una presión por parte de la población hacia productos abundantes, nuevos y mejores, existen otros factores, tales como la creciente demanda de productos en los países en desarrollo, así como, las necesidades creadas por los distintos grupos de población y gustos y formas de vida.

Cuando la nueva empresa, aparenta ser económicamente atractiva y se llega a la conclusión de proseguir este principio con las consideraciones subsecuentes a desarrollar las siguientes actividades:

- 1).- Estudio de mercado.
- 2).- Tamaño y localización.
- 3).- Ingeniería de proyecto.
- 4).- Inversiones.
- 5).- Organización administrativa.
- 6).- Presupuesto operacional.
- 7).- Financiamiento.
- 8).- Evaluación privada y social del proyecto.
- 9).- Licencias y permisos.
- 10).- Selección del personal.
- 11).- Conferencia de diseño.
- 12).- Diagramas de flujo de proceso.
- 13).- Balances de materia y energía.
- 14).- Distribución de la planta.
- 15).- Diagramas de flujo de ingeniería.
- 16).- Dibujos y especificaciones de recipientes a presión y cambiadores de calor.
- 17).- Hojas de datos y especificaciones de compra de equipo mecánico.
- 18).- Ingeniería civil.
- 19).- Ingeniería y dibujos eléctricos.
- 20).- Ingeniería dibujos y/o modelos de tubería.
- 21).- Ingeniería dibujos de instrumentación.
- 22).- Compras.
- 23).- Expectación.
- 24).- Construcción / cimentación / acero estructural / tubería subterránea / erección de equipo / eléctrico/sistema de protección / instalación / aislamiento / pintura / carreteras y caminos.
- 25).- Pruebas a presión.
- 26).- Pruebas de motores bombas, equipos a temperatura de operación.
- 27).- Pruebas con presión de un fluido (neumáticas hidrostáticas).
- 28).- Pruebas de simulación de arranque.
- 29).- Pruebas de rendimiento y garantía.
- 30).- Capacitación y adiestramiento.

Los primeros ocho puntos corresponde al estudio de mercado o sea la factibilidad del proyecto, y son responsabilidad de personal experimentado que conoce éste campo. Una vez aprobado el proyecto del punto 9 al 23 corresponde a la ingeniería de detalle y esto se lleva acabo por un firma de ingeniería o si la compañía tiene un departamento para desarrollarla, el punto 24, corresponde a la consiliación de la planta.

Aparte de la etapa de construcción se inician la contratación del personal que va estar acargo de la planta, por lo regular se contrata a personal que empieza con la profesión de ingenieros en sus diferentes especialidades como Ingeniero químico, eléctricos, mecánicos, etc.

En la figura 3 y 4 (ver figuras en el apéndice) se muestra un diagrama de Gantt y la ruta crítica general del proyecto y mostrándose los puntos antes mencionados, como se puede observar en la figura No.3 las pruebas y puesta en marcha serán las últimas actividades del proyecto.

Una vez presentando el panorama general del proyecto se anotan los incisos que incluyen las pruebas y el arranque de la planta modelo que es el que se va analizar en el presente estudio.

- a).- Chequeo de montaje de acuerdo a especificaciones.
- b).- Pruebas preoperacionales.
- c).- Simulación de arranque.
- d).- Arranque.
- e).- Operación normal de la planta nueva.

Este orden cronológico de cada paso es dirigido a la operación normal. A continuación se verán los aspectos generales de cada uno de ellos.

CHEQUEO DEL MONTAJE DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES:

Inmediatamente después de la construcción, se inicia el montaje de equipos, instrumentos, tuberías, accesorios, etc., casi ya terminado la obra, como se menciona anteriormente queda pendiente el aislamiento y pintura, sigue las pruebas hidrostáticas y neumáticas del sistema.

Paralelo al montaje se inicia la inspección del mismo teniendo como base las especificaciones de cada proyecto, emitido y que deben cumplirse adecuadamente.

Una vez checadas las especificaciones se efectúa las pruebas neumáticas e hidrostáticas (con aire y agua a presión) y se repetirán tantas veces, como se requiera, hasta lograr que no se tenga fugas y que los equipos resistan así como también las tuberías, etc.

Después de este chequeo del montaje comienza en si el programa de arranque de la planta, este programa comprende lo siguiente:

a).- Preparación de equipo (pruebas preoperacionales).

TIEMPO DE OPERACIÓN	MÍNIMO DOS SEMANAS MÁXIMO CUATRO SEMANAS
---------------------	---------------------------------------------

b).- Preparación de operación.

TIEMPO ESTIMADO	MÍNIMO TRES SEMANAS MÁXIMO CINCO SEMANAS
-----------------	---------------------------------------------

PRUEBAS PREOPERACIONALES: En este periodo de tiempo es cuando se indica que la construcción de la planta está terminada y todo el equipo está listo para su operación continua, las siguientes actividades son las que se realizan:

Pruebas de circuitos eléctricos, chequeo de instrumentación (calibración), pruebas de equipo rotatorio, revisión de alineación final, solución de fallas de construcción, se hace una revisión final al Diagrama de Tuberías e Instrumentación (DTIS) de como quede construido (as built).

PRUEBAS DE OPERACIÓN: Empieza cuando esta lista para la operación continua y termina cuando se inicia la producción de materias dentro de especificaciones. Las actividades principales son:

SIMULACIÓN DE ARRANQUE.

Arranque de servicio auxiliares, calibración de instrumentos, pruebas de sistema de lubricación, chequeo de filtro en líneas y succiones de bombas, arranque y pruebas de los sistemas de paro y emergencia.

ARRANQUE DE LA PLANTA.

Ajustes de operación para obtener producto dentro de especificaciones.

Esta etapa, es la culminación de muchos esfuerzos y horas de trabajo, se requiere atención y horas extras de trabajo para lograr resolver los problemas que se vayan presentando a medida que se alcanza una operación normal. Quizás los problemas se presentan muy a menudo (fugas, fallas de bombas en retenes, flujos excesivos, disparo de compresores fantasmas, etc., taponamiento de líneas por solventes de lavado en tuberías etc.), pero se tiene que seguir para evitar tales males y se vuelvan exóticas y llevando a paros continuos.

Es curioso observar al personal cuando se tiene el producto final ya que todos quedan satisfechos y orgullosos al lograrlo y se tiene muchos recuerdos de arranque que permanecerá como historia y anécdota para el futuro.

OPERACIÓN NORMAL DE LA PLANTA.

Como es lógico suponer la operación normal es sencillamente el corolario de un proyecto. En esta etapa se inician las tareas de rutina para el control del proceso se busca la optimización del proceso y se efectúan modificaciones necesarias para mejoras en la operación de un equipo y del proceso en si.

NOTA: La preparación de la operación varia de acuerdo al tipo de planta y materia prima, pero siempre persiguen los mismos objetivos arranque, solución de problemas, producción optimización, en el arranque de una planta. Es muy importante tener en cuenta las relaciones interdepartamentales, así como el entrenamiento de personal.

En la figura No. 3 y 4 (ver en el apéndice el diagrama de Gantt y Ruta Critica) se pueden ver las etapas que abarca el arranque de la planta.

CAPITULO 5

ESPECIFICACIONES Y PRUEBAS DE EQUIPO Y TUBERÍAS

RECOMENDACIONES DE LAS ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN:

Todas las plantas tienen sus especificaciones que les sirven para determinar la adecuada colocación de equipos, instrumentos, tuberías, etc. Esta revisión se lleva a cabo durante la etapa de chequeo del montaje, en la que se puede corregir algunas anomalías encontradas.

En este capítulo se indicarán algunas especificaciones con el fin de tener una idea de lo que se debe hacer al efectuar un chequeo.

Por lo general, las especificaciones de una planta a otra son parecidas, así que se procede a indicar las mismas.

Especificaciones de tuberías, válvulas, conexiones, etc.

En los diagramas de tuberías e instrumentación se indican los números de identificación, tanto de líneas de servicio, válvulas, instrumentos con un número de identificación el cual indica a que corresponde la presión y temperatura de diseño establecidos para cada línea, junto con el fluido en la línea, determinan la especificación aplicable, las especificaciones de materiales de cada tubería ha sido diseñadas para cubrir cada clase de material y presión, a continuación se muestran ejemplos de la forma en que se especifica las tuberías, etc.

En el DTI se indica una identificación de la línea por ejemplo:

4" - 2001-CS2.7

El primer número indica el diámetro de la tubería (4") el segundo número indica el número de líneas de identificación (2001), las letras nos indica el tipo de material para este caso el CS indica acero al carbón si fuera SS sería acero inoxidable, etc. El tercer número nos indica la presión máxima de trabajo en este caso 2.7 la cual es la presión máxima de trabajo de 270 lb/in² (libras por pulgada cuadrada psig).

Cada proyecto tiene tablas para la selección del material y la presión de la operación, y se basa en el flujo a manejar, esto quiere decir que el material deberá ser bien seleccionado ya que una mala selección puede ocasionar retrasos o una falla en la operación.

DISEÑO DE TUBERÍAS

La revisión de los diseños de tuberías por el ingeniero de proyecto o el jefe de producción (ingeniero en jefe). Es esencial revisar los diseños de tubería considerando los siguientes puntos, para asegurar una buena operación de la planta. Esto se hace en una etapa inicial de la construcción y hasta la finalización del proyecto de manera que las correcciones pueden hacerse con mayor facilidad:

- (1).- La distribución de la tubería es consistente con las suposiciones hechas cuando se cálculo la caída de presión.
- (2).- Proporcionar una inclinación adecuada a la línea cuando existe el problema de desgasificación.
- (3).- Evitar bolsas en la líneas de vapor cuando puede encontrarse el líquido o en líneas en que puede depositarse sólidos.
- (4).- Evitar curvas en forma de "U" invertida cuando pueda presentarse el problema de desgasificación, evaporación instantánea o cavitación.
- (5).- Accesibilidad de las válvulas que son operadas con frecuencia o en emergencia.
- (6).- El sistema de tubería debe ser diseñado para una presión interna representado con la condición de servicio más severa de presión incluyendo flujo y temperatura esperadas durante la operación normal.
- (7).- La temperatura de diseño será la temperatura máxima a la que se utilice el fluido.
- (8).- Cargas térmicas, los sistemas de tubería deberán ser diseñados para resistir los efectos de carga impuestos por el peso de la tubería, válvula, accesorios, aislamiento y el fluido en las líneas incluyendo el agua durante la prueba hidrostática.
- (9).- Tolerancia a la corrosión para:

áceros al carbón	2.5 mm de espesor
áceros inoxidables	1.5 mm de espesor
Titanio	0.5 mm de espesor

Estas tolerancias pueden encontrarse en las especificaciones de diseño, aunque cuando se especifica una tubería ésta ya incluye la tolerancia, buscar la cédula más adecuada para trabajar con la presión adecuada por ejemplo podemos encontrar tubería cédula 10, 10s, 40, std, 80, 80s, 160, etc, que son las cédulas comerciales.

- (10).- El uso de uniones brindadas en tubería deben ser limitadas a desmontaje de equipos o tuberías para un rápido mantenimiento.
- (11).- Los tapones en tuberías deberán ser instalados en orificios roscados (drenes, venteos normalmente cerrados) en equipo, en válvulas y tuberías, según se requiera los tapones, por lo regular deberán ser del mismo material que la tubería y generalmente son roscados.

Aquí hacemos del índice de líneas donde indican las condiciones de operación de la tubería de presión de prueba, material, cédula, etc. Se anexa un ejemplo de lista de líneas figura 5 (ver en el apéndice).

Válvulas

- 1.- Un rótulo de acero inoxidable o de aluminio marcado con el número de la válvula debe permanecer fijado para cada válvula con un alambre de acero inoxidable para evitar la corrosión, es de importancia esta identificación para cada válvula, ya que con esto se evita riesgos de tener problemas en el arranque, lo que este nos ayuda a encontrar la localización de esta de tal manera que siempre sea posible identificar cada válvula.
- 2.- En general se deberá checar las dimensiones de las válvulas para que concuerden con las especificaciones o los requerimientos especiales.
- 3.- Las válvulas, cuando sea posible, deben estar localizadas de tal manera que se puedan operar desde un nivel de piso o de una plataforma.
- 4.- Los operadores de cadena o vastagos alargados deben ser suministrados a válvulas cuyo volante este arriba de 1.8 m del nivel de operación, que de otro modo sería inalcanzables. Las cadenas no deben ser instaladas en válvulas menores a 2" de diámetro o más pequeñas a menos que sea un caso especial.

- 5.- Las válvulas con cadenas deben ser orientadas de modo que las cadenas no cuelguen sobre pasillos deben dejar un claro de 1.0 m sobre nivel de piso de operación.
- 6.- En general, válvulas de bloqueo de líneas principales en partes altas que están en serie con otras válvulas, válvulas de venteo, válvulas de bloqueo de instrumentos no requieren accesibilidad completa.
- 7.- Localización preferida para las válvulas check es en tubería horizontal, sin embargo pueden ser instaladas en línea de flujo ascendente.
- 8.- En las válvulas de bola, las tuercas, tapas de carrera, tuercas de volante, tornillos de cuerpo y vástago deben de ser del mismo material que el cuerpo de la válvula. Aquí se puede mencionar sobre la corrosión galvánica de los materiales diferentes.

VÁLVULAS DE CONTROL

- 9.- Las válvulas de control deberán estar colocadas a nivel del piso o en plataformas de operación. Válvulas controlando nivel deben estar colocadas a la vista de los indicadores de nivel de modo que los efectos de ajuste puedan ser observados conforme se efectúa dicho ajuste.
- 10.- En general las válvulas de control deben estar instaladas con el vástago vertical, en ciertos casos especiales las válvulas de control se giran 45° o son horizontales. En este caso se tiene problemas con el vástago y/o actuador por el peso de este.
- 11.- Debe ser permitido suficiente espacio hacia arriba y abajo de estas válvulas para trabajos de reparación o calibración.
- 12.- Dónde las válvulas de control tengan válvulas de bloqueo deberá de colocarse un tren o venteo entre la válvula de control y la válvula de bloqueo por seguridad.
- 13.- El posicionador de la válvula debe colocarse de modo que sea visible desde el pasillo de operación.

VÁLVULAS DE SEGURIDAD Y VENDEO.

- 14.- Las válvulas de relevo deben ser instaladas en una posición vertical y en una parte accesible donde sea posible. Las válvulas de relevo de recipientes deben ser montadas directamente en boquillas de recipiente.

- 15.- El desfogue de venteos, válvulas de relevo o seguridad que van a la atmósfera deben ser localizados al menos a 3.0 m arriba de cualquier plataforma o piso, dentro de un radio de 7.5 m. Ésto no es aplicable en válvulas de relevo para agua de enfriamiento; (nota: en algunos casos se coloca discos de ruptura y el desfogue es un cuello de ganso o sea una "u" invertida).

La salida de descarga debe de ser colocada de tal manera que la corriente no cause peligro en los pasillos debido a la lluvia de producto de venteo.

- 16.- Válvulas de relevo para sólidos y suspensiones o cualquier otro servicio donde el material pueda asentarse o congelarse, deben estar localizadas tan cerca como sea posible a la línea o equipo protegido.

- 17.- No deben ser colocadas las válvulas de bloqueo entre el punto protegido y la válvula de relevo sin la aprobación de la planta. Si es aprobada la válvula deberá ser asegurada para estar siempre abierta con un candado y pintada de un color específico. (El color rojo o naranja indicación de siempre abierta).

- 18.- Válvulas de relevo para el servicio mencionada en el punto 16, así como para servicios de gas corrosivo deben ser protegidas con un disco de ruptura, la presión de ruptura deberá estar tan cerca como sea posible de la presión de operación de la línea o equipo a proteger.

- 19.- Para válvulas de seguridad, para servicio de gases tóxicos como amoníaco, cloro, bixido de azufre etc. se deberá de colocar un cabezal principal de desfogue de las válvulas y la descarga será colocada en la parte más lejana de la planta en dirección de los vientos dominantes o reinantes.

- 20.- En equipos críticos se colocarán sistemas iguales de válvulas de seguridad para mantenimiento de válvulas, cuando se queden pegadas o alguna falla de ésta, la otra estará en operación.

ESPECIFICACIONES DE ACCESORIOS DE TUBERÍAS FILTROS

- 1.- Los filtros deben ser colocados como se requiera para protección de equipo (para que no pase material extraño).
- 2.- Los materiales deben tener el material equivalente al material del cuerpo de la válvula para el servicio.
- 3.- Los filtros permanentes deben ser de tipo "canasta" los cuales pueden ser flusheados (limpiados) durante su operación.
- 4.- Los "strainers" (tipo de filtros) permanentes deben de colocarse para proteger trampas de vapor, turbinas de vapor, así como, otras partes que se indique en los diagramas de tubería e instrumentación.
- 5.- Filtros temporales tipo "canasta perforada", en la succión de bombas deben ser colocados para el arranque inicial de la planta o unidad donde filtros permanente no son suministrados, deben de ser colocados tan cerca como sea posible de la succión de la bomba. Las piezas tipo carrete deben ser suministradas para facilitar la remoción e instalación del filtro.
- 6.- Los filtros temporales deben ser fabricados de Acero al carbón.
- 7.- Ver anexo de especificaciones de un "strainers" (figura No. 6 ver en el apéndice).

RECOMENDACIONES DE EXPANSIONES.

- 1.- Los cálculos de expansiones deben estar en las instalaciones de tubería a una temperatura cambiante de 21°C y una temperatura máxima de operación de 0 a 66°C si la temperatura es menor a 66°C la tubería debe estar diseñada para evitar altos esfuerzos.
- 2.- Las juntas de expansión deben ser usadas si no hay otro medio de relevo de expansión.
- 3.- En el análisis de flexibilidad se indican a que distancia deben de ponerse los omegas para las contracciones y expansiones.
- 4.- Para contracciones, se deberá tomar la temperatura mínima (o más baja) de operación.
- 5.- En general, los soportes de resorte deben ser usados solamente cuando la expansión vertical limita el uso de soportes rígidos para aligerar el peso de carga muerta en equipo donde los soportes rígidos no son prácticos.

Los soportes deslizantes, estos deben ser usados cuando la contracción o expansión, es horizontal y, principalmente se usa en el rack de tubería. Esto evita tener problemas de ruptura de tuberías.

RECOMENDACIONES DE SISTEMAS DE TUBERÍAS.

1. La tubería debe estar arreglada para permitir la remoción de equipo sin quitar válvulas de bloqueo adyacente al equipo o cantidades grandes de equipo asociado o tuberías con el fin de dar mantenimiento al equipo mecánico.
2. Todos los accesorios de tubería requieren atención regularmente por el personal de mantenimiento y/o operación, deben ser fácilmente accesibles e instalados con suficiente espacio para dicho fin.
3. Equipo susceptible de daño por calor, no debe estar expuesto al calor excesivo.
4. Las tuberías en el cabezal principal deben estar cuando menos a 3.6 m a nivel de piso terminado, el espacio adecuado de trabajo debe estar en un mínimo de 1.0 m (para rack de tuberías), las tuberías no deben estorbar para el desmontaje de equipo, compresores, bombas, etc, si la tubería estorbará se tendrá que colocar tramos de tubería (carretes) con bridas para su desmontaje.
5. Válvulas de bloqueo y válvulas check en las líneas, sistemas de líneas o equipo de diferente servicio que deben estar de acuerdo con las especificaciones para el servicio de relación o corrosión alta.
6. Donde una línea con una presión mayor se conecte a una línea o equipo de menor presión las líneas deberán estar especificadas de la mayor presión incluyendo las válvula o se colocará una válvula de seguridad como protección de equipo y línea, el sistema será a la máxima presión de operación y un 20% a 30% de exceso según sea el caso.
7. Extremos de tubería con bridas ciegas y partes de líneas que puedan formar una concavidad, deben ser evitadas en donde el condensado o fluidos corrosivos puedan acumularse.
8. Es importante la compatibilidad de material con el fluido a transportar.

TUBERÍA EN INTERCAMBIADORES DE CALOR

- 1.- La tubería en intercambiadores de calor deben estar diseñadas para suministrar un buen espacio para remover la piezas del intercambiador (haz de tubos) y debe existir una válvula de bloqueo con el fin de abrir y cerrar el mismo para una limpieza de los tubos en la parte exterior.
- 2.- Los intercambiadores de calor deben estar provistos de drenes y venteos.

COLUMNAS, RECIPIENTES Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

- 1.- Todas las válvulas de bloqueo deben estar localizadas directamente junto a la boquilla a menos que una interfiera físicamente e impida la operación normal de está. Las válvulas check si se requieren, deben estar localizadas en una posición horizontal junto a la válvula de bloqueo.
- 2.- La orientación de las boquillas deben ser establecidas con respecto a los requerimientos de proceso, partes internas del recipiente, mantenimiento y estructuras que se encuentran juntos. Las boquillas internas llevando corrientes líquidas deben estar arregladas para evitar golpes contra tubería interna controles de nivel o conexiones de indicadores de nivel visual.

BOMBAS

- 1.- Las líneas de succión de bombas deben ser tan cortas y directas como sea posible, eliminando burbujas de gas.
- 2.- Carretes removibles de tubería deben ser suministradas entre bombas y compresores y sus válvulas de bloqueo.

TUBERÍAS DE SERVICIOS

- 1.- Las estaciones de servicio para vapor, aire, gas inerte deben de ser de 1" diámetro y para agua de 1½" diámetro, deberán estar colocadas de modo que el área de trabajo pueda ser alcanzada con una manguera de 13 m. de longitud (máximo distancia).
- 2.- Deben ser suministradas válvulas de bloqueo para ramales de vapor, condensado y agua que salen de la tubería principal.
- 3.- Para servicio de vapor con tuberías de 4" diámetros o más grande se deberá colocar bypass (puente de calentamiento) en los bloques, en los límites del área y en las válvulas de bloqueo de intercambiadores al igual para fluidos fríos.

VENTEOS Y DRENES

- 1.- Deben ser colocados venteos y drenes de $\frac{3}{4}$ " de diámetro en todos los puntos altos y más bajos para permitir el venteo completo y drenado de todas las tuberías.
- 2.- Los venteos y drenes deben tener su válvula de bloqueo y un tapón roscado que debe ser del mismo material de la tubería. Tapones de acero inoxidable son aceptables.

TUBERÍAS PARA LLEVAR AIRE DE INSTRUMENTOS

En la planta licuefactora de bióxido de carbono no se utiliza aire de instrumentos, lo que se utiliza es el mismo bióxido de carbono para los instrumentos pero es aplicable a cualquier instrumento siempre y cuando se utilice un gas inerte.

- 1.- El cabesal que lleva bióxido de carbono de instrumentos para llevar de 1 a 25 instrumentos deberá ser de 1", de diámetro para 26 a 60 instrumentos deberá ser de 1½" de diámetro y para 61 a 150 instrumentos será de 2" diámetro.
- 3.- En general deben ser usado tubing de acero inoxidable de 1.2 mm. (0.049") para líneas de instrumentos entre la válvula de bloqueo y el instrumento. En algunos casos se utiliza cobre cuando la corrosión no es muy severa.
- 4.- Todas las curvas deberán ser hechas con un doblador de tubo.

SOPORTES PARA TUBERÍA.

- 1.- Toda tubería a bombas, intercambiadores de calor y otro equipo que sea removido para servicio deberán estar soportadas de una manera tal que permita que el equipo sea removido sin quitar la tubería o el soporte.
- 2.- Partes soldadas a tuberías deber ser del mismo material.
- 3.- Tuberías no aisladas deben descansar directamente en el soporte de la tubería.
- 4.- Donde se requiera soportes tipo "colgate" la varilla no debe ser menor de 13 mm ($\frac{1}{2}$ " de diámetro.
- 5.- Los soportes deben estar espaciados de modo que la flexión no exceda de 25 mm o $\frac{1}{4}$ de diámetro nominal de la tubería. Normalmente una longitud máxima de 5.5 m se usa para un tramo de tubería largo.
- 6.- Deben ser suministrados los cálculos de flexión y de esfuerzos cuando se excede del espaciado máximo de 5.5 m o cuando se tenga condiciones especiales.
- 7.- El espacio mínimo de tubería debe ser el espacio que abarca la brida, más el instrumento de donde se requiera más de 25 mm espacio adicional debe ser considerado para líneas que se muevan a causa de la expansión y contracción, líneas de instrumentos, cables eléctricos, futuros requerimientos.

NOTAS:

- 1.- La tubería debe ser fabricada, inspeccionada y checada de acuerdo con las especificaciones de cada planta.
- 2.- Se han anotado los requerimientos básicos o necesarios de especificaciones de tubería generales en cada planta, tendrá sus especificaciones particulares que tendrán que cumplirse previo acuerdo de las partes correspondientes.

REQUERIMIENTOS DE PRUEBAS E INSPECCIÓN

INSPECCIÓN POR EL CONTRATISTA:

- (1).- **El contratista:** Deberá inspeccionar en sus propios almacenes todos los materiales de cada una de las partes y equipos que entran en su almacén (de acuerdo a las especificaciones) todas como: Tuberías, válvulas y accesorios, tuberías fabricadas en almacén, bombas, compresores del equipo de refrigeración, etc.

- (2).- **Inspección en campo:** El contratista debe suministrar personal calificado en el sitio de trabajo especialmente asignado para efectuar las inspecciones necesarias de campo, durante las operaciones de construcción y de montaje, hasta la entrega de equipo al personal de operación de la planta. En particular este personal debe estar asignado a la supervisión de pruebas de soldadura (radiografía), pruebas de presión, pruebas de chequeo de fugas y al desarrollo y supervisión de todas las inspecciones requeridas para asegurar el equipo, tuberías asociadas y sistemas de instrumentos que estén completamente de acuerdo con las especificaciones isométricas dibujos y diagramas de ingeniería.

- (3).- **La inspección del contratista:** Debe, en todos los casos incluir todas las medidas y récords necesarios para establecer la adaptación y confiabilidad de los materiales y para verificar que la fabricación esta completamente de acuerdo con los requerimientos de los códigos y especificaciones.

- (A).- **Reportes:** El contratista debe suministrar a la planta los siguientes documentos para todos los materiales que inspeccione:
 - (a).- Resultados certificados de las pruebas.
 - (b).- Certificado de inspección.
 - (c).- Reportes de inspección de rutina.

Todo esto debe ser distribuido a la planta de acuerdo al programa de distribución establecido (preferiblemente en los seis primeros días).

SUPERVISIÓN POR PLANTAS.

- (1).- La planta tiene derecho a inspeccionar cualquier y todos los materiales que el contratista fabrica o suministra. El ejercicio de este derecho no releva al contratista de cualquiera de las obligaciones anotadas aquí.

- (2).- El supervisor de planta deberá tener libre acceso al área de trabajo a los almacenes. El contratista y los vendedores deben suministrarle suficiente seguridad y adecuada facilidad a la supervisión que va a desarrollar la planta, puede rechazar material o trabajos de baja calidad, y tendrá que repararse.

- (3).- El supervisor de planta debe hacer una inspección de tal y como se construyó la planta en el DTI y marcar todo encuaneto al campo (AS BUILT).

PRUEBAS

- (1).- **Pruebas por el contratista:** El contratista deberá efectuar o hacer que se lleven a cabo todas las pruebas de soldadura, radiografía, estructurales, neumáticas, hidrostáticas, en seco, físicas y químicas requeridas por las especificaciones de proyecto.
- (2).- **Pruebas por parte de planta:** Debe checar las pruebas llevadas a cabo por el contratista. Por lo regular el personal de operación realiza las pruebas que debe realizar el contratista a final de esto lo que resulta es que el contratista solamente hace reparaciones o cambios según el caso.
- (3).- **Seguridad:** Se debe de tomar todas las precauciones necesarias para todas las pruebas que se llevan a cabo, en algunos casos el exceso de confianza provocan los accidentes y se deberán de llevar a cabo todos los lineamientos marcados por el departamento de seguridad.

PRUEBAS GENERALES DE PRESIÓN EN UNIDADES DE PROCESO

En las especificaciones se prescriben las pruebas de presión a efectuarse bajo la construcción para investigar la resistencia mecánica de los equipos después del montaje.

Equipo a ser checado y procedimiento de prueba

Después del montaje, todas las tuberías en la unidad deben ser sujetas a la prueba general de presión que deberá ser efectuada por el personal asignado por el dueño.

- (1).- Toda tubería (incluyendo tubería diseñada para baja presión) deberá ser probada con agua, a excepción de la que está especificada con pruebas no hidrostáticas, la presión hidrostática mínima debe ser de 7 kg/cm^2 .
- (2).- Donde la presión de pruebas requeridas en el párrafo anterior no exceda la presión de prueba de fabricación aplicada a un equipo conectado a la tubería, tanto tubería como el equipo deben ser checados simultáneamente a la presión antes mencionada excepto que no se requiera que algunos equipos sean sujetos a una prueba hidrostática en campo.

- (3).- Donde la carga hidrostática en un recipiente, cause una presión que pueda dañar a otro equipo, en el sistema que está siendo checado, colocando bridas ciegas para aislar el sistema que se está checando.

- (4).- Donde la presión de prueba requiera en el párrafo 1 sea más grande que la presión de prueba de fabricación aplicada al equipo conectado a la tubería, dicho equipo y esa parte de la tubería deberán ser probados con agua a una presión igual a la presión de prueba de fabricación para dicho equipo. Si no hay válvula de bloqueo junto al equipo conectado y se considera conveniente probar todas las partes de la tubería a la presión anotada en el párrafo 1, se debe instalar una placa "comal" (brida ciega) entre la tubería y el equipo, las placas ciegas o comal deben ser también instaladas en todas las conexiones (que puedan dañarse al efectuarse la prueba), excepto donde hay válvulas de bloqueo junto a los equipos.

- (5).- Nivel visual, flotadores (medición de nivel) deberán ser incluidos en las pruebas hidrostáticas a la misma presión que se prueba el equipo (a menos de que la presión pudiera dañar los instrumentos) indicación de presión, transmisores, medidores de flujo, válvulas de control junto con la tubería secundaria conectada en los instrumentos, en los equipos y tuberías no se deberán incluir en las pruebas. La instrumentación tiene su procedimiento de pruebas.

- (6).- La líneas de suministro de aire de instrumentos y las líneas de aire para válvulas operadas con aire no deberán ser checadas con agua sino con aire comprimido o un gas inerte a una presión permisible para el equipo con menos presión en el grupo de pruebas o todas las juntas, soldaduras y conexiones deben ser enjabonadas durante la prueba de aire para localizar fugas (es recomendable utilizar una solución adecuada para detección de fugas).

- (7).- Válvulas de relevo y disco de ruptura, no deberán ser sujetos a la prueba general de presión.

GENERAL:

- (1).- El personal asignado a la pruebas deberá prepararse, para la pruebas de presión, un procedimiento para checar el proceso y tuberías de servicio. El procedimiento debe estar por circuitos en los que se deberán incluir las pruebas y cual es la presión a que se le asigne, la presión de prueba. El procedimiento debe ser presentado al gerente de la planta para su aprobación al menos unas tres semanas antes del programa de arranque de pruebas.
- (2).- Durante las pruebas de presión deben tomarse las precauciones pertinentes al abrir venteos o para prevenir excesivas presiones en el equipo; también debe de evitarse la formación de vacío al drenar el agua de un equipo después de una prueba.
- (3).- No deben efectuarse pruebas hidrostáticas cuando el clima este lluvioso porque los resultados no son confiables, es decir, no se podrán detectar fugas.
- (4).- El gerente de la planta debe ser notificado por el personal asignado a las pruebas de la disponibilidad para proceder con las pruebas y de las líneas y equipos a ser probados, la presión debe ser mantenida por un periodo cuando menos de unas horas, hay pruebas que duran de 24 hasta 48 horas según sea especificado; esto nos permite que se desarrolle la fuga si la hay y se realiza una inspección cuidadosa a detalle. El personal asignado a las pruebas deberá inspeccionar las líneas y equipos y eliminar las fugas encontradas, luego la presión será mantenida o volver a presionar nuevamente y mantener cuando menos una hora la presión y verificar nuevamente si hay fugas o defectos. Después que ha sido aprobada la línea y equipo se procede a drenar tubería y equipo.
- (5).- En caso de reparaciones o reemplazo en el curso de la prueba, deberá el equipo de construcción reparar el defecto tan pronto como sea posible y la prueba no se considera terminada hasta que dicho trabajo se haya resuelto y quede satisfactorio.

CAPITULO 6

PRUEBAS PREOPERACIONALES

PRUEBAS PREOPERACIONALES

Preparación para la operación y pruebas preliminares de operación. Tan pronto como puede efectuarse, el contratista debe hacer todo lo necesario para poner los sistemas y equipos en condiciones completas de operación. Tal trabajo preparatorio debe incluir lo siguiente.

- A).- LAVAR (FLUSHEAR) TODO LOS EQUIPOS Y TUBERÍAS:** El medio de lavado normalmente es agua, debe tener una velocidad alta para que pueda eliminar cualquier material perdido en las líneas y equipos. El flujo debe de ser de los puntos altos a los bajos, las bombas deben estar abiertas, tramos de tubería (carretes) y válvulas de control deben estar fuera como sea necesario para lavar la tubería completamente. Las placas de orificio, si ya están instaladas, deberán ser removidas y las válvulas en las líneas de instrumentos deben cerrarse antes de empezar el lavado, este debe ser hecho en presencia y sujeto a la aprobación de un representante de la planta, luego del flusheo (lavado) el agua debe ser drenada completamente de tubería y equipos.
- B).- INSPECCIÓN A TODOS LOS RECIPIENTES:** Para checar su limpieza y eliminar todo material extraño que se encuentre, equipo construido de material especial tal como titanio o aluminio, tendrán requerimientos especiales para su limpieza y donde sea así, los requerimientos serán dados en la sección cubriendo ese equipo. La inspección debe ser llevada a cabo después de que todas las conexiones de tubería hayan vuelto a ser unidas y el recipiente y tuberías inmediatamente hayan sido flusheados. Las entradas hombre (man ways) no deben cerrarse hasta que la planta haya inspeccionado los recipientes y haya autorizado su cierre.
- C).- HACER LOS CHEQUEOS DE ALINEAMIENTO:** En todos los motores, de compresores, bombas, etc o equipo impulsado por motor de acuerdo a las especificaciones de equipo. El chequeo final debe ser atestiguado y aprobado por la planta.
- D).- ESTABLECER QUE TODOS LOS EQUIPOS:** Mecánicos y eléctricos están en buenas condiciones de trabajo. Todo equipo mecánico debe "correrse" (trabajarse) por un mínimo de cuatro horas (excepto cuando la operación del equipo en condiciones fuera de las de diseño puedan dañarlo). Todo equipo eléctrico debe ser probado de acuerdo con los requerimientos eléctricos.
- E).- EFECTUAR TODOS LOS AJUSTES NECESARIOS:** En todos los instrumentos y controles, la planta puede tener sus propios instrumentos para checarlos y probarlos, reportando al contratista equipos defectuosos o errores de instalación, se realizarán las correcciones y reparaciones necesarias.

F).- PREPARAR LISTA DE PENDIENTES PARA EL ASEGURAMIENTO:

1. De los trabajos no terminados, deficiencias y correcciones que deban ser realizadas, deben suministrarse copias a la planta. El contratista suministrara personal para desarrollar esta lista de pendientes y no debe atenerse a que el personal de la planta realice estos trabajos.
2. El contratista debe tener una persona calificada presente en el "campo" para dirigir el trabajo de preparación para la operación de la planta. Esta persona debe preparar un plan y programa de trabajo para la aprobación de la planta antes que se inicie el trabajo. Durante el periodo en el cual están siendo preparados los servicios para operación, la planta suministrará, sin costo para el contratista, todo el personal de operación necesario para operar el equipo.
3. En el desarrollo de las labores para preparar los servicios para operación el contratista debe tener todas las precauciones necesarias para prevenir daños de cualquier clase a los equipos, no debe hacerse ajustes o reparaciones al equipo cuando este en operación, si la seguridad del personal y el equipo se ve comprometida no se debe seguir operando el equipo hasta que este nuevamente en condiciones de ser probado.
4. Cuando la preparación de los servicios para la operación ha sido completada, el contratista debe notificar al personal de la planta y este deberá estar de acuerdo, para tomar la responsabilidad total del equipo y líneas en operación y mantenimiento de lo se equipos entregados.

LIMPIEZA Y LAVADO

Cuando las operaciones dependen de un compresor o bomba en servicio crítico, es especialmente importante que no queden en los recipientes y tuberías, residuos de varilla de soldadura, pernos, guantes, estopas y otro material empleado durante la construcción.

Pedazos grandes de madera y cable deben haber sido eliminados durante las primeras inspecciones, restos pequeños como soldaduras estopas, tuercas, tornillos y mugre deben ser eliminados por medio del lavado con agua en las tuberías y recipientes.

Cuando deban eliminarse capas de aceite, es probable o necesario el lavado con percloro etileno o lavado químico según sea el caso.

Antes de principiar el lavado, es necesario hacer una comprobación completa del proceso para asegurarse que las succiones de las bombas y compresores se colocarán conos de bruja (conos de malla ver debajo en los anexos), bridas ciegas o comales en los equipos como compresores y que además existen los pasos necesarios en las tuberías que permitan la continuidad del fluido.

El lavado debe manejarse por cuadrantes (circuitos) tales como, sección de compresión de alta y baja presión de bióxido de carbono, sección de amoníaco, sección de aceite, etc.

Nota.- Todas las secciones grandes para lavarse con agua como ejemplo, los de más de 30 pulgadas de diámetro o aquellas que no deben tocar el agua porque contienen o contendrán reactivos químicos, deben ser totalmente sopladas con aire o gas inerte.

Se debe de asegurar que las líneas realmente queden limpias y que los residuos que existan en un equipo no pasan simplemente a otro.

Como en todas las fases del arranque, la atención de los detalles deben ser críticos, aún tratándose del lavado.

En la planta todo los pasos del lavado fueron ejecutados con extremo cuidado pero en la planta modelo se realiza el flusho (lavado) y lavado químico (con percloroetileno) y posteriormente pruebas neumáticas e hidráulicas en algunos casos, y se realiza soplado con aire y en otros casos, con nitrógeno.

LAVADO DE LÍNEAS Y EQUIPOS

Con el lavado (flushing) del sistema del carboducto y el sistema de bióxido de carbono y la sección tratamiento de desechos, se mostrará la forma similar en que se lava cualquier sistema tomando en cuenta sus características y el mejor camino para aprovechar el líquido de limpieza, incluyendo el mayor número de líneas y equipos posibles de acuerdo al circuito.

Lavado del sistema carboducto, sistema bióxido de carbono crudo (torres lavadoras), y tratamiento de desechos.

El flushing de estos sistemas se combinarán con la prueba hidrostáticas de la torre TL-01, TL-02, TL-03, FA-01, FA-02, TA-04, así como, la corrida de varios equipos.

- 1.- Colocar la manguera de agua a la entrada del ducto de CO₂, llenar el ducto, limpiar la línea de carboducto.
Abriendo las válvulas Y-1010, Y-1012, Y-1015, una vez drenado cierta cantidad de agua se observa si sale limpia, se procederá a retirar las bridas ciegas de las trampas y retirar toda el agua del ducto, colocar nuevamente las bridas ciegas.
- 2.- Una vez efectuada la limpieza del ducto, se procede hacer prueba hidrostática.

PRUEBA HIDROSTÁTICA

La prueba hidrostática en los circuitos es la forma de realizar y verificar la hermeticidad de las instalaciones en sus componentes, mediante la aplicación de la presión hidrostática en las estaciones de servicio.

El fundamento de prueba se aplica para determinar, si las instalaciones o componentes utilizados para contener dióxido de carbono u otro líquido (solución de permanganato de potasio) resisten sin fugas, el esfuerzo homogéneo producido por el líquido a presión, en las conexiones y en el material empleado en la fabricación de dichos elementos.

El material empleado y equipo es el siguiente:

- a).- Bomba hidráulica capaz de alcanzar la presión de pruebas.
- b).- Manómetros con escala graduada no mayor de 1.3 veces de la presión de pruebas.
- c).- Registro de presión con gráfica.
- d).- Válvula capaces de soportar la presión de pruebas.
- e).- Tubería y mangueras adecuadas para conectar el sistema.
- f).- Agua suficiente para llenar el sistema elemento a probar.

La preparación y acondicionamiento de la prueba es instalar la bomba hidráulica con un manómetro, registrador, válvulas, tuberías en forma tal, que el líquido sea inyectado a través de todo el sistema o componente.

NOTA: Durante la pruebas se deben de retirar los discos de ruptura, válvulas de seguridad e instrumentos que se puedan dañar.

PROCEDIMIENTO.

- a).- Llenar completamente el sistema o elemento con el líquido eliminando el aire que pudiere estar dentro de éste.
- b).- Elevar gradualmente la presión de prueba hasta alcanzar aproximadamente la mitad de ésta.
- c).- Incrementar la presión a intervalos de 0.1 veces cada 10 minutos hasta que éste alcance 1.5 veces la presión de trabajo, se aísla el sistema y se debe mantener la presión de prueba durante 30 segundos en los cilindros y 30 minutos en el resto del sistema, llevando un registro gráfico en este periodo.
- d).- Reducir un valor de 2/3 la presión de prueba y mantenerla durante el tiempo suficiente para inspeccionar todos los puntos y conexiones del sistema o componentes.

La interpretación de los resultados es verificar que en cada uno de los puntos no exista fuga, corroborando éste mediante la gráfica del registrador de presión. En el caso de presentarse alguna fuga ésta deberá ser corregida y se debe probar nuevamente con ocasión con el mismo procedimiento.

PRUEBAS DE EQUIPO ROTATORIO.

Antes de declarar definitivamente que el equipo rotatorio esta listo para la operación de una planta, se deben seguir checando para comprobar que no hay alguna falla que pueda dañar al propio equipo o que pueda interrumpir la operación.

A continuación se anotarán los pasos que se deben seguir para las pruebas de bombas como ejemplo de equipo rotatorio, este procedimiento es aplicable a los compresores, sopladores etc., siempre y cuando el equipo de fuerza motriz sea un motor eléctrico.

La prueba inicial de una bomba se hace generalmente con agua, instalando filtros temporales (conos de bruja) en las succión de la bomba. Durante la corrida inicial, los filtros pueden provocar restricciones en el flujo de la bomba, por lo que se debe checar si no hay alguna obstrucción.

Con las bombas en servicio, se puede aprovechar el aforo de éstas para conocer su flujo a presión atmosférica.

- 1.- Girar la bomba y motor con la mano para verificar que estén libres.
- 2.- Comprobar el suministro de agua en la succión.
- 3.- Abrir la válvula de la succión de la bomba completamente ventear el aire de la tubería y la bomba (para evitar cavitación).
- 4.- Alinear el agua en la torre lavadora.
- 5.- Comprobar que la bomba tenga lubricación.
- 6.- Comprobar que se cuenta con energía eléctrica para arrancar el motor de la bomba.
- 7.- Al arrancar motor debe abrirse gradualmente la descarga hasta lograr el flujo requerido.
- 8.- Cuando se observan ruidos, vibraciones, sobrecalentamiento y condiciones anormales para la bomba inmediatamente.

- 9.- Comprobar el buen sello de la flecha, los sellos mecánicos no deben fugar, cuando hay empaquetadora en lugar de sello mecánico, se debe permitir una fuga ligera para suministrar la lubricación y que servirá como enfriamiento (eliminar el calor en el empaque). Evitar que se quemé el empaque y se tenga mayor fuerza, un sello que fuga debe cambiarse, un criterio para este tipo de sellos para su lubricación es, de cinco gotas por minuto, en cada bomba se especifica el tipo de goteo a realizarse. Ocasionalmente un sello mecánico puede estar fugando un poco debido a un desalineamiento originado por el arranque, esto debe corregirse si la bomba se arranca y para o con un asentamiento de las partes del sello después de cierto tiempo de operación.
- 10.- Inspeccionar y limpiar las coladeras (conos de bruja) de la succión cuando se requiera por falta de presión en la descarga, por ruidos de cavitación o por bajo flujo de diseño.
- 11.- La bomba debe revisarse o revisarse si la tubería tiene algún movimiento.
- 12.- Después que la tubería que conectan a la bomba esté completamente limpia se pueden quitar los filtros (conos de bruja) en la succión siempre y cuando en dos revisiones no se encuentre nada de elementos que la obstruyan en las líneas.

Es necesario seguir todas las indicaciones aunque sean tan sencillas puesto que de esto, dependerá el buen funcionamiento de un equipo, además siempre habrá personal que estudie y opere por primera vez un equipo.

NOTA: A continuación se indican dos formas con datos que se deben de anotar durante el chequeo de equipos.

RECIPIENTES Y TORRES

Nombre del equipo	Anclas aseguradas	Grout. completo	Chocado en interior	Inspección final	Fecha	Observaciones	Inspección de empaque	Fecha de colocación
TL-01								
TL-02								
TL-03								
TL-04								
ETC.								

Nombre de equipo	Partes chocadas	Alineación preliminar	Prueba de 4 horas	Alineación final	Visto bueno	Fecha	Observaciones

Nombre del equipo	Grout. completo	Instalación completa	Alineación preliminar	Prueba 4 horas	Alineación final	Visto bueno	Fecha	Capacidad de aforo	Observaciones

PRUEBAS DE TUBERIA Y EQUIPOS

En las pruebas neumáticas en los circuitos, la forma de realizar es similar para cualquier sistema, tomando en cuenta las características de cada circuito a realizar, en cada planta nueva hay una especificación de pruebas neumáticas y ésta pueden ser similares a ésta, ya que el procedimiento es estándar.

Este método sirve para verificar la hermeticidad de las instalaciones o sus componentes, mediante la aplicación de presión neumática en las estaciones de servicio.

El fundamento de esta prueba es aplicable para determinar si las instalaciones o sus componentes utilizados para contener bióxido de carbono gaseoso, resisten sin deformaciones permanentes, el esfuerzo homogéneo producido por aire o gas inerte a presión, así mismo, comprobar fugas en las conexiones y en el material empleado en la fabricación de dichos elementos.

El material y equipo a utilizar son los siguientes:

- a).- Compresores neumático capaces de alcanzar la presión de prueba.
- b).- Manómetros con escala graduada no mayor de 1.3 veces la presión de prueba.
- c).- Registrador de presión con gráfica.
- d).- Válvulas capaces de soportar la presión de prueba.
- e).- Tubería y mangueras adecuadas para conectar al sistema.
- f).- Aire o gas inerte: suficiente para poder presurizar el sistema o elemento a probar.

Instalar el compresor con manómetro, registrador, válvula, tubería y mangueras en forma tal que el aire o gas sea inyectado a través de todo el sistema o equipo.

Elevar gradualmente la presión de prueba hasta alcanzar aproximadamente la mitad de ésta.

Incrementar la presión en intervalos de 0.1 kg/cm^2 cada 10 minutos hasta alcanzar 1.1 veces la presión de prueba 30 segundos para cilindros y 30 minutos para el resto del sistema. Llevar registro en este periodo.

Mantener la presión de prueba durante un tiempo suficiente para permitir la inspección en todos los puntos y conexiones del sistema o componentes.

La interpretación de los resultados sirve para verificar que en cada uno de los puntos no existan fugas utilizando agua jabonosa corroborando esto mediante la gráfica del registrador de presión. En caso de presentar alguna fuga, ésta deberá ser corregida y se debe probar nuevamente esa sección con el mismo procedimiento.

NOTA: A continuación se indican formas con los datos que se deben anotarse para la prueba neumática.

PRUEBA NEUMATICA DE TUBERIAS Y EQUIPOS DE PROCESO.

PROYECTO No: _____

HOJA ___ DE ___

LOCALIZACION: _____

FECHA: _____

Cicuito No. _____

color _____

Presión diseño _____

Presión prueba _____

Set válvula relevo de prueba _____

Gas de prueba _____

1.- Diagrama DTI no. _____

2.- Tiempo de prueba: _____ Presión de prueba: _____ 10 minutos: _____ otro: _____

Presión de examinación: _____ El requerido por fugas. _____

3.- Aplique presión en: _____

4.- Coloque valv. relevo en: _____

5.- Coloque manómetros en: _____

6.- Despresurice circuito en: _____

7.- Riesgos potenciales y equipo. Ver anexo 2: _____

8.- Localización de bridas ciegas y numero de parte. Ver Tablas 2 y 4: _____

9.- Observaciones: _____

10.- Reparaciones: _____

11.- Precauciones de seguridad en circuitos adyacente: _____

CAPITULO 7
SIMULACIÓN DE ARRANQUE

PRUEBA PRELIMINAR DE OPERACIÓN

Dentro de un período de tiempo especificado, la planta iniciará una prueba de operación preliminar. Esta consistirá en operar los equipos bajo condiciones normales de presión, temperatura y flujo por un tiempo suficiente con el fin de demostrar que los equipos se comportarán mecánicamente como un "TODO" integrado adecuadamente y que existe una respuesta aceptable de los controles que hay operabilidad sin necesidad de usar partes de repuesto o líneas secundarias y que los equipos estén libre de defectos que podrían impedir el desempeño requerido por el diseño mecánico. Normalmente se requiere una prueba de 72 horas.

En el caso de que la prueba no pueda completarse exitosamente, el contratista (o la planta, donde así lo especifique el contrato) debe efectuar variaciones, ajustes, reparaciones o reemplazos como sea necesario, cuando todo este preparado otra vez, este procedimiento debe ser repetido tan frecuentemente como sea necesario hasta que la prueba sea satisfactoria.

El contratista asegurará un representante para atestiguar la prueba preliminar de operación.

PLAN DE ARRANQUE SIMULADO DE LA PLANTA LICUEFACTORA.

1.- INTRODUCCIÓN

Cada planta tendrá su plan de arranque, de acuerdo a la distribución y condiciones del equipo. Cuando se tiene idea de lo que es un arranque de planta, se puede entender y deducir el plan de arranque.

Las fases de arranque siempre serán las mismas en cualquier tipo de planta o unidad:

- 1).- Simulación de la operación.
- 2).- Operación base para producir producto, tratando de obtenerlo dentro de la especificación lo más rápido posible.
- 3).- Una vez obtenido el producto afinar condiciones de operación y tratar de mejorar la eficiencia.

Los objetivos como consecuencia, siempre serán los mismos, entonces, la simulación de operación de la unidad licuefactora tendrá los siguientes objetivos:

- 1).- Afinar y corregir la instrumentación para el control de las condiciones de proceso.
- 2).- Probar la operabilidad del equipo rotatorio como bombas, compresores, sopladores, etc., en condiciones de simulación de operación.
- 3).- Reparar fugas de servicios de proceso que se vayan presentando.
- 4).- Hasta donde sea posible, establecer flujos de diseño, intercambiados, etc.
- 5).- Eliminar problemas de operación en equipos especiales que tengan y que requieran procedimientos especiales de arranques.

SECUENCIA DEL ARRANQUE SIMULADO

Seguir la siguiente secuencia:

- A).-Circulación de agua.
- B).-Circulación sistema de lubricación de compresores.
- C).-Circulación de sistema de amoníaco (unidad de refrigeración)
- D).-Circulación de bióxido de carbono crudo.

CIRCULACIÓN DE AGUA

Se deberá de revisar el condensador evaporativo y torres lavadoras, asegurarse de que no exista ningún material extraño y que haya sido eliminado.

Se abren todos los drenes por donde circula el agua una vez iniciado la circulación del agua los drenes serán cerrados después de 1 hora de circulación de agua. Una vez hecha esta actividad se cierran los drenes y se llenará el condensador evaporativo hasta su nivel de operación.

Se revisa el equipo rotatorio (bombas) rodar con la mano antes de arrancarlos, drenar la succión de las bombas hasta que salga agua limpia.

NOTA: Si existen instrumentos como placas de orificio, válvulas de control será necesario quitar esta instrumentación para no sufrir algún daño durante la simulación. En este caso no existe instrumentación especial para el agua fría.

Utilizando algún "BY PASS" o si no lo hay, la válvula de control se abrirá completamente, cerrar todas las señales para instrumentos, drenar frecuentemente los indicadores de nivel.

Limpiar frecuentemente los filtros (strainers) de las líneas y succión de las bombas.

Checar la succión y descarga de la bomba.

Hacer las reparaciones necesarias.

Los mismos pasos se realizan en las lavadoras de gases.

Se verifica todo el sistema que esté cerrado y sin fugas.

Se enciende la bomba y se simula todo el circuito que maneja líquido.

Se checa la circulación de lubricación de compresión.

CAPITULO 8
ARRANQUE DE LA UNIDAD

PLAN DE ARRANQUE

FASE 1

Iniciar la operación de la unidad licuefactora por aproximadamente 3 días a su capacidad de 100% de su diseño, venteando el producto a la atmósfera. Se toman muestras, para análisis fisicoquímico especiales para verificar calidad de producto, comparando con los análisis de planta. Esta fase será considerada "El caso base" de la unidad ya que ajustarán las condiciones normales de operación.

La producción inicial posiblemente esté fuera de especificaciones debido a incrustaciones basura o partículas extrañas que no fueron eliminados durante el lavado de equipo y líneas.

Los objetivos de esta fase son:

- 1.- Establecer las condiciones de operación para el porcentaje de producción de diseño que especifique el jefe de área.
- 2.- Lograr las siguientes condiciones de operación:
 - a).- Ajustes en la unidad refrigeradora.
 - b).- Estabilizar la concentración de alimentación de permanganato de potasio para obtener un buen producto dentro de especificaciones.
 - c).- Alcansar las condiciones óptimas de operación, de las lavadoras de gases, destilación y la unidad refrigeradora de amoníaco.

FASE 2

Esta fase se iniciará tan pronto se estabilice la FASE 1, se hará paso por paso una afinación del manejo del proceso dirigiendo las operaciones a una economía de la materia prima y mejorar la eficiencia.

Los objetivos de esta fase son:

- 1.- Llenar la planta a 100% de capacidad.
- 2.- Encontrar la concentración óptima de solución de permanganato de potasio.
- 3.- Eliminación completa de ácido sulfhídrico en el proceso.
- 4.- Iniciar gradualmente el almacenaje del bióxido de carbono líquido dentro de especificaciones para la distribución comercial de éste.
- 5.- Estabilizar la unidad licuefactora a sus condiciones normales de operación.

A partir de esta fase se inicia la operación continua de la planta:

NOTA: Se vuelve a repetir y reforzar que el prearranque y arranque de cualquier planta están divididos en fases con el objetivo de lograr las condiciones normales de operación. La estabilización será paulatinamente y no se pasará de una fase a otra sin lograr el objetivo de cada una de ellas.

CAPITULO 9

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

A. PROCEDIMIENTO DE CARGA DE REFRIGERANTE.

Para que el sistema de refrigeración pueda operar, se necesita que esté cargado con el refrigerante que utiliza.

La carga de refrigerante al sistema se hace cuando el sistema ha sido probado a la presión de trabajo y se ha eliminado el aire, el nitrógeno, los elementos no condensables y la humedad.

El caso de la carga de amoníaco al sistema de refrigeración de CO₂ de la planta, se describe a continuación:

PRECAUCIONES PREVIAS.

- 1. El personal que interviene en la carga de refrigerante, debe usar el equipo de seguridad personal, compuesto por mascarilla canister, casco, lentos, guantes de carnaza, fajilla y zapatos de seguridad.**
- 2. Se recomienda usar sólo los elementos adecuados como son mangueras, conectores y válvulas para conectar los cilindros de refrigerante al sistema de refrigeración.**
- 3. Ser cuidadoso, porque las fugas de refrigerante frío pueden causar quemaduras en la piel, los ojos, etc.**
No fumar durante las maniobras de carga del refrigerante.
- 4. Para desconectar las mangueras, se recomienda despresurizar lentamente, aflojando poco a poco uno de los extremos de la conexión, antes se debe cerrar las válvulas del cilindro de refrigerante.**
- 5. No permitir derrames accidentales de amoníaco a la atmósfera.**

PROCEDIMIENTO DE CARGA.

Inicia con la operación de vacío al sistema (ver diagrama instrumentación en el apéndice).

1. Colocar todas las válvulas manuales en su posición de operación normal. Abrir las siguientes válvulas:

Condensadores evaporativos EV-10A y EV-10B

- * HV-1754
- * HV-1725
- * HV-1726
- * HV-1727
- * HV-1730
- * HV-1731
- * HV-1732
- * HV-1733

Tanques de Amoníaco D-10

- * HV-1713
- * HV-1714
- * HV-1715
- * HV-1722
- * HV-1723
- * HV-1735

Bombas de Amoníaco P-10A y P-10B

- * HV-1707
- * HV-1711

Inter-enfriador instantáneo D-11

- * HV-1902
- * HV-1905
- * HV-1916
- * HV-1919
- * HV-1923
- * HV-1928

Enfriador de Aceite CE-2

- * HV-1353
- * HV-1354
- * HV-1355

Enfriador de Aceite CE-3

- * HV-1453
- * HV-1454
- * HV-1455

Enfriador de Aceite CE-4

- * HV-1553
- * HV-1554
- * HV-1555

Enfriador de Aceite CE-6

- * HV-1653
- * HV-1654
- * HV-1655

Inter-enfriador E-2

- * HV-1808
- * HV-1812
- * HV-1813

Post-enfriador E-4

- * HV-1821
- * HV-1822
- * HV-1826

Condensador de CO₂ E-7 y cabezal de succión de amoníaco EV-7

- * HV-1938
- * HV-1940
- * HV-1943
- * HV-1946

Cabezal de Amoníaco EV-15

- * HV-1841
- * HV-1844
- * HV-1854
- * HV-1856

Condensador de recuperación de CO₂ E-8

- * HV-1938
- * HV-1940

Sub-enfriador de CO₂ E-9

- * HV-3010
- * HV-3020
- * HV-3028

2. Colocar la manguera de carga del refrigerante a la válvula de venteo, HV-1710, que se encuentra en la descarga de la bomba de amoníaco, P-10B, del recipiente de amoníaco, D-10.
3. Abrir lentamente la válvula de venteo, HV-1710, para permitir la entrada de gas al sistema. Esta operación se continuará hasta que el sistema alcance una presión de aproximadamente 20 psig (1.4 kg/cm²).
4. Cerrar la válvula de venteo, HV-1710 y desconectar la manguera de carga cuando se tenga listo el amoníaco líquido para ser cargado al sistema, y así continuar con la siguiente etapa de carga de amoníaco.

Listo para el arranque.

NOTAS:

- a). La siguiente operación de carga de refrigerante debe hacerse con una pipa de amoníaco, equipada con una bomba para amoníaco.
 - b). Se realizaron todas las operaciones indicadas en el punto 1, se deben evitar los pasos siguientes 1 y 2.
1. Colocar la manguera de carga de refrigerante, a la válvula de venteo, HV-1710, que se encuentra en la descarga de la bomba de amoníaco, P-10B, al tanque de amoníaco, D-10.
 2. Abrir lentamente la válvula de venteo y bombear amoníaco al sistema de refrigeración. Esta operación permitirá que se llenen de amoníaco los enfriadores de aceite de los compresores, el post-enfriador y el inter-enfriador de CO₂.
 3. El amoníaco comenzará a inundar el recipiente de amoníaco y se continuará cargando, hasta que alcance un 60% de su capacidad.
 4. Cerrar la válvula de venteo, HV-1710, y desconectar la manguera de carga.
 5. Conectar las mangueras de carga a la válvula de carga, HV-1716, del recipiente de amoníaco en la línea principal de amoníaco líquido del sistema.
 6. Abrir la válvula de bypass, HV-1801, de la válvula de control "Fisher" que alimenta el inter-enfriador instantáneo, D-11, y cerrar la válvula de entrada, HV-1902.
 7. Abrir la válvula de bypass, HV-1860, de la válvula de control "Fisher", que alimenta el cabezal, EV-15, del preenfriador de CO₂ E-1, y el postenfriador chiller de CO₂ E-5, y cerrar la válvula de entrada, HV-1844.
 8. Abrir la válvula de bypass, HV-1935, de la válvula de control "Fisher" que alimenta el condensador de recuperación de CO₂ E-8, y cerrar la válvula, HV-1938.
 9. Abrir la válvula de bypass, HV-3017, de la válvula termostática que alimenta el sub-enfriador de CO₂ E-9, y cerrar la válvula HV-3028.

10. Cerrar la válvula principal de circulación de amoníaco, HV-1735, en el recipiente de amoníaco.
11. Abrir lentamente la válvula de carga, HV-1716 y bombear amoníaco al sistema de refrigeración. Esta operación permitirá que se llenen de amoníaco el interenfriador instantáneo, D-11, el cabezal de succión de amoníaco, EV-15, junto con el preenfriador, E-1, y el enfriador, E-5, el cabezal de succión de amoníaco, EV-7.
12. Bombear amoníaco para llenar aproximadamente dos terceras partes del interenfriador instantáneo, D-11, y también dos terceras partes del cabezal de succión de amoníaco, EV-15, y del cabezal de succión de amoníaco, EV-7. Si uno de los equipos se llena antes que el otro, se debe cerrar la válvula de paso y permitir que el otro continúe llenándose, hasta completar la carga. Al final de la operación, cerrar la válvula HV-1716.
13. Cerrar la válvula de bypass, HV-1901, de la válvula de control "Fisher" que alimenta el interenfriador instantáneo, D-11, y abrir la válvula de entrada HV-1902.
14. Cerrar la válvula de bypass, HV-1860, de la válvula de control "Fisher" que alimenta el cabezal de amoníaco, EV-15, del preenfriador, E-1 y del enfriador, E-1 y del enfriador, E-5, y abrir la válvula de entrada, HV-1844.
15. Cerrar la válvula de bypass, HV-1935, del condensador de recuperación de CO₂, E-8, y abrir la válvula de entrada, HV-1938.
16. Cerrar la válvula de by-pass, HV-3017, del sub-enfriador de CO₂ E-9, y abrir la válvula de entrada, HV-3028.
17. Abrir la válvula principal de circulación de amoníaco, HV-1715 del recipiente de amoníaco.

Para agregar amoníaco después de la carga inicial del sistema.

1. Esta carga se debe hacer con el compresor de alta presión en operación.
2. Abrir gradualmente la válvula de carga de amoníaco. El amoníaco fluirá del cilindro o de la pipa.

Continuar cargando amoníaco hasta que el nivel de líquido en el recipiente alcance el nivel deseado.

NOTA: La válvula HV-1715, que es la válvula principal de carga de amoníaco al sistema, puede necesitar de estrangulamiento para reducir el flujo del cilindro al recipiente.

Como última recomendación se menciona que no se deben dejar válvulas parcialmente abiertas cuando se carga amoníaco. Cuando se vacía un cilindro, se debe cerrar inmediatamente la válvula de carga y cerrar el mismo.

B.- PROCEDIMIENTO DE CARGA DEL ACEITE Y CAMBIO DEL FILTRO DE ACEITE

1. El paquete compresor, fue embarcado con una carga inicial de aceite de lubricación. Sin embargo, durante su operación, algo de aceite será arrastrado fuera con el refrigerante (gas) pasando por el separador de aceite del compresor. Esta sucede en todos los componentes.
2. Usar el tipo de aceite recomendado por el fabricante para cada tipo de compresor.

El aceite debe ser nuevo, limpio y libre de contaminantes. No usar aceites reciclados.

3. El aceite del sistema de lubricación del compresor debe ser cambiado cuando éste luzca sucio o más negro de su color normal.

Si el aceite en el sistema luce extraño, tal como si tuviera carbón o agua dentro de él, localizar la fuente o causa de las impurezas y tomar la acción correctiva. El agua produce espuma en el aceite y lo torna en un color lechoso.

Drenar el aceite através de una de las válvulas localizadas en los puntos más bajos de la tubería de aceite.

4. El cartucho del filtro de aceite debe ser cambiado dentro de las primeras semanas después del arranque inicial y cada vez que éste ocurra, la caída de presión en el filtro alcanza de 15-20 psi, a la temperatura de operación normal.
5. Use sólo los elementos filtrantes recomendados por el fabricante.
6. Cerrar la válvula de los filtros que están dentro de la cubierta y despresurizar ésta antes de cambiar los elementos filtrantes.

Los filtros tienen ventilación y válvulas de drenaje.

CARGA DE ACEITE

1. El contenedor del separador de aceite está acoplado con una válvula de carga de aceite en la sección del depósito de aceite.

Estas válvulas son:

HV-1327 en el compresor hooster de CO₂,
HV-1427 en el de alta presión,
HV-1527 en el hooster de amoníaco,
HV-1627 en el de alta presión.

2. Se requerirá una bomba de carga de aceite (no incluida en la unidad).

Asegurarse que la bomba éste equipada con una válvula check en la descarga para prevenir que el flujo se regrese a la unidad cuando ésta se encuentra presurizada.

3. Asegúrese siempre que la válvula de carga éste completamente cerrada cuando conecte o desconecte la manguera o tubo de descarga.

Abra la válvula justo antes de que la bomba de carga comience a funcionar, y ciérrola inmediatamente después de que la bomba se pare. No trate de desconectar la bomba con la válvula abierta.

4. Quitar todas las mangueras o tubos auxiliares (no fijos) después de que la operación de carga se complete.

Desatornillar o quitar cuidadosamente todas las mangueras y/o tubos de conexión para que la presión se libere lentamente.

5. Nunca llene de más el separador de aceite, mucho aceite en el separador incrementa la cantidad de aceite arrastrado al contenedor del separador.

Capacidad total aproximada de aceite:

Baja presión de CO ₂	185 gal (700 lit)
Alta presión de CO ₂	70 gal (266 lit)
Baja presión de amoníaco	160 gal (606 lit)
Alta presión de amoníaco	85 gal (321 lit)

CAMBIO DEL FILTRO DE ACEITE.

El compresor está equipado con dos filtros de aceite, cada uno a su 100% de capacidad. Durante la operación normal, sólo uno de los filtros está en uso.

Inicialmente cada compresor funciona con un filtro en servicio y el otro está en espera.

1. Abra lentamente la válvula de entrada del filtro que está en espera, para asegurarse de que en el filtro está pasando presión al sistema.
2. Abrir lentamente la válvula de entrada al filtro de aceite en espera y después la válvula de salida.
3. Cerrar la válvula de entrada y de salida de los filtros que van a ser sacados de servicio.

Ahora los filtros han sido cambiados y los cartuchos atascados pueden ser reemplazados.

4. Abra lentamente la válvula de drenaje en la parte inferior de la tapa de plato del filtro.

La presión contenida en la cubierta forzará a salir al aceite. Después de que el flujo de aceite se pare, abra la válvula de ventilación en la parte más alta de la tapa de plato del filtro, para despresurizar completamente la cubierta y permitir el drenado de todo el aceite.

Retire la tapa de plato y los elementos filtrantes. Limpie a fondo la cubierta de cualquier elemento extraño o de aceite sucio antes de instalar cualquier elemento. Use una franela limpia o papel para hacer esto. Nunca use disolventes. Instale los nuevos elementos y cierre el filtro. Reemplace también el empaque de la tapa de plato por uno nuevo.

5. Evacuar los filtros de la cubierta con una bomba de vacío a través de las válvulas de ventilación. Cierre las válvulas de ventilación cuando la evacuación ha sido completada. Abra lentamente la válvula de entrada del filtro de aceite para presurizar y llenar completamente el filtro de aceite. Ahora, el filtro está en espera y listo para ser usado cuando se requiera.
6. Reponer cualquier pérdida de aceite al separador durante el cambio de filtro.

C.- ARRANQUE INICIAL DEL COMPRESOR DE CO₂

1. Asegurarse de que todas las instrucciones del pre-arranque han sido realizadas, antes de intentar arrancar cualquier compresor.

PRECAUCIÓN: El sistema de amoníaco deberá estar funcionando antes de proceder con el arranque de los compresores.

NOTA: Los compresores de CO₂ deberán arrancarse con algunos minutos de diferencia entre sí.

2. Para pasar el compresor de baja presión y después el de alta presión, se debe proceder de la siguiente manera.
 - 2.1 Girar manualmente las flechas del compresor y de la bomba de aceite.
 - 2.2 Asegurarse que las flechas giren libremente sin ningún problema; de no ser así, encontrar la falla y corregirla.
 - 2.3 Asegurarse que se ha desconectado la corriente eléctrica.
3. Colocar en posición abierta las siguientes válvulas manuales:

COMPRESOR DE BAJA PRESIÓN. (ver diagrama de instrumentación en el apéndice)

COMPRESOR Y VÁLVULAS DE CONTROL C-2

- * HV - 1302
- * HV - 1306
- * HV - 1308
- * HV - 1317
- * HV - 1322
- * HV - 1364

FILTRO DE ACEITE CF-52 A/B

- * HV - 1318
- * HV - 1324 ó HV - 1342
- * HV - 1350 ó HV - 1352
- * HV - 1343

ENFRIADOR DE ACEITE, CE-2

- * HV - 1353
- * HV - 1354
- * HV - 1355
- * HV - 1367
- * HV - 1368

SEPARADOR DE ACEITE CV-2

- * HV - 1320
- * HV - 1323
- * HV - 1326
- * HV - 1330
- * HV - 1333
- * HV - 1335
- * HV - 1339
- * HV - 1353
- * HV - 1357
- * HV - 1366
- * HV - 1367
- * HV - 1368

COMPRESOR DE ALTA PRESIÓN (ver diagrama de instrumentación en el apéndice).

COMPRESOR Y VÁLVULAS DE CONTROL C-3

- * HV - 1402
- * HV - 1406
- * HV - 1408
- * HV - 1409
- * HV - 1410
- * HV - 1411
- * HV - 1412
- * HV - 1413
- * HV - 1417
- * HV - 1422
- * HV - 1464

FILTROS DE ACEITE CF-3 A/B

- * HV - 1418
- * HV - 1424 ó HV - 1442
- * HV - 1460 ó HV - 1462
- * HV - 1443

ENFRIADOR DE ACEITE, CE-3

- * HV - 1453
- * HV - 1454
- * HV - 1455
- * HV - 1467
- * HV - 1468

SEPARADOR DE ACEITE CV-3

- * HV - 1420
- * HV - 1423
- * HV - 1426
- * HV - 1430
- * HV - 1432
- * HV - 1433
- * HV - 1436
- * HV - 1439
- * HV - 1466
- * HV - 1467
- * HV - 1468

NOTA: Todas las válvulas manuales no listadas permanecerán cerradas.

4. Seleccionar uno de los filtros de aceite por compresor, para usarlo, y sacar de servicio el otro.
5. Energizar los circuitos de control
6. Esperar que el aceite se caliente en los separadores de aceite, CV-2 y CV-3. El aceite se considera caliente cuando la superficie inferior de los separadores de aceite está caliente al tocarse.
7. Ajuste las posiciones de los reguladores y controladores si es necesario.

.PC - 1959 Y PCV - 1960 Venteo de gases no condensable del separador de fase, (D - 7).

.LC - 1963 Y LCV - 1974 Levetrof Fisher y válvula de control del soprador de fase (D - 7).

ARRANQUE INICIAL DEL COMPRESOR DE LA BAJA PRESIÓN (BOOSTER)

8. Se procede a arrancar del compresor de baja presión, de la siguiente manera:

- 8.1 Energice los circuitos de control para el compresor de baja y el de alta de CO₂ y coloque el selector HAND-OFF-AUTO de la bomba de aceite del compresor de alta en la posición HAND (manual).

CUIDADO: La bomba de aceite del compresor de alta deberá de colocarse en posición manual, así como su operación, antes de arrancar el compresor de baja.

Cuando el compresor de baja arranque, los rotores del compresor de alta girarán, de manera que es importante que los rotores y las chumaceras tengan el suministro de aceite a nivel correcto.

- 8.2 Eliminar y restablecer todas las alarmas de fallas y disparo.
- 8.3 Colocar el selector HAND-OFF-AUTO de la bomba de aceite (OIL PUMP) del compresor de baja en la posición AUTO.
- 8.4 Presionar la tecla "RUN" del compresor (COMPRESSOR) para iniciar la operación del compresor.

La bomba de aceite debe arrancar primero y trabajar por aproximadamente 30 segundos para prelubricar al compresor. Cuando se ha completado el periodo de tiempo de la prelubricación, el compresor arrancará automáticamente. La presión diferencial entre la succión y la descarga del compresor de baja presión es insuficiente como para garantizar una correcta lubricación, así que la bomba de aceite deberá operar constantemente, en vez de estar reciclando como las bombas de aceite de los compresores de alta presión.

- 8.5 Cuando el compresor arranque, presionar inmediatamente el botón **MANUAL UNLOAD**, manteniéndolo presionado hasta que la válvula deslizante esté en su posición mínima.
- 8.6 Durante el arranque, verificar cualquier condición de operación anormal, a través de la verificación de las siguientes variables:

- * Alta presión de descarga.
- * Alta temperatura de descarga.
- * Baja presión de aceite.
- * Alta temperatura de aceite.
- * Vibración excesiva.

Cuando ocurre una de las condiciones anteriores, inmediatamente presionar el botón de paro "STOP" para sacar de funcionamiento el compresor. Cortar el suministro de corriente a los arrancadores de los motores del compresor y la bomba. Localizar la causa del problema y corregirla.

ARRANQUE INICIAL DEL COMPRESOR DE ALTA PRESIÓN

9. Se procede al arranque del compresor de alta presión, de la siguiente manera:

- 9.1 Eliminar y restablecer las alarmas de fallas y disparo.
- 9.2 Presionar la tecla "RUN" del compresor (COMPRESOR) para iniciar la operación del compresor.

La bomba de aceite arrancará primero y funcionará por aproximadamente 30 segundos para prelubricar al compresor.

Sin embargo, la bomba de aceite ha sido previamente arrancado cuando se puso en funcionamiento del compresor de baja (Ver paso 8 en el apéndice). Después de que se ha alcanzado una presión diferencial de 95 psi (6,68 Kg/cm²) entre la succión y la descarga del compresor, la bomba de aceite dejará de funcionar y la lubricación se realizará por la presión diferencial existente entre los puntos antes señalados. Sin embargo, como la bomba se encuentra en modo manual, la señal del microprocesador se verá como la bomba cambia de encendida (ON) a apagada (OFF) para indicar que el microprocesador se prepara para sacar de funcionamiento a la bomba de aceite. Cuando en la pantalla se indica la condición de apagado (OFF) con toda seguridad se puede cambiar del modo manual (HAND) al modo automático (AUTO). Si la presión diferencial en el compresor cae por abajo de los 85 psig (5.97 Kg/cm²), esto provocará que la bomba reinicie su funcionamiento.

- 9.3 Cuando el compresor arranque, presionar inmediatamente la tecla MANUAL UNLOAD y mantenerla presionada hasta que la válvula deslizante esté en su posición mínima.
- 9.4 Durante el arranque, verificar cualquier condición de operación anormal, como son las siguientes:

- * Alta presión de descarga.
- * Alta temperatura de descarga.
- * Baja presión de aceite.
- * Alta temperatura de aceite.
- * Vibración excesiva.

Cuando ocurre una de las condiciones anteriores, inmediatamente presionar el botón de paro "STOP" para sacar de funcionamiento el compresor. Cortar el suministro de corriente a los motores del compresor y la bomba. Localizar la causa del problema y corregirla.

Asegurarse de que todas las posibles causas de problema han sido corregidas, antes de reiniciar un nuevo arranque.

NOTA: Si se requiere de funcionamiento al compresor de alta para resolver algún problema, entonces también se recomienda que salga de funcionamiento el compresor de baja.

9.5 Cuando en el microprocesador muestre la señal de que la bomba de aceite está apagada (OFF), gire el selector HAND-OFF-AUTO de la bomba a la posición AUTO.

9.6 Verifique los estados de los controladores y reguladores si es necesario.

.PC - 1959 Y PCV - 1960

Venteo de gases no condensables del separador de fase, (D-7).

.LC - 1963 Y LCV - 1974

Levetrol Fisher y válvula de control del separador de fase, (D-7).

ARRANQUE INICIAL SIMULTÁNEO DE AMBOS COMPRESORES

10.- Se procede con la carga de los compresores de la siguiente manera:

10.1.- Para el compresor de alta de CO₂.

Después de operar el compresor completamente descargado por lo menos 30 minutos y la operación estabilizada, presione la tecla "AUTO" de la válvula deslizante y paro respectivamente para descargar y cargar el compresor de alta desde el controlador del microprocesador.

10.2.- Para el compresor Booster de CO₂.

Ahora cargue al compresor manualmente a incrementos de 10% de la válvula deslizante, Permita que transcurran algunos minutos para que el compresor de alta de CO₂ y los compresores de amoníaco se ajusten a los incrementos de carga.

10.3.- Para el compresor de alta de CO₂ y los compresores de amoníaco.

Ajustar la abertura de la válvula de control de flujo que se encuentra debajo de la válvula deslizante del compresor. El movimiento de la válvula deslizante del compresor deberá ser lo suficientemente rápida para responder a los cambios de carga y lo suficientemente lenta para no producir perturbaciones en el compresor.

El movimiento de la válvula deslizante deberá ser suave.

10.4.- Para todos los compresores:

Monitorear la operación del compresor. Revisar y corregir cualquier condición anormal de operación:

- * Alta presión de descarga.
- * Alta temperatura de descarga.
- * Baja presión de aceite.
- * Alta temperatura de aceite.
- * Vibración excesiva.

10.5.- Después de operar el compresor de modo automático por lo menos durante una hora y que se encuentre a su temperatura normal de operación, parar la unidad. Desconectar el motor para proceder a verificar la alineación en caliente del acoplamiento del compresor. Hacer los ajustes necesarios.

10.5.1.- Restablecer de nuevo la unidad después de que la alineación en caliente se ha realizado.

PRECAUCIÓN: Vuelva a instalar y asegurar el guarda-coples antes de intentar arrancar el compresor.

10.6.- Operar la unidad hasta que alcance la temperatura de operación. Pare y verifique nuevamente el alineamiento caliente. Repita el procedimiento hasta que el alineamiento caliente se encuentre dentro de las tolerancias especificadas.

LISTA DE COMPROBACIÓN DE PREARRANQUE

Checkar los puntos siguientes antes de operar la unidad de compresión. Checkar toda la lista cuando esté listo para arrancar la unidad.

PUNTOS A CHECAR	
	Chocar las terminales eléctricas y presión de la unidad.
	Revisar que esté abierto el arrancador del motor.
	Verifica que el motor sea lubricado y giro en el sentido adecuado del arranque.
	Remover el acoplamiento central del compresor, verificar que el motor conducirá el compresor en el sentido de la manecillas del reloj tomando como parámetro la flecha final del compresor.
	Verificar que el alineamiento es el adecuado y reemplazar el acoplamiento central.
	Abrir las válvulas de succión y descarga.
	Verificar que el nivel de aceite se encuentra en la mirilla superior del separador de aceite.
	Verificar que todas las conexiones eléctricas estén en óptimo estado
	Giro la perilla de la bomba de aceite a la posición OFF, ubicada en la caja del cicloprocesador.
	Verificar que el microprocesador muestra los rangos de presión y temperatura. Deberá estar presente el mensaje HTR ON. Verificar que los calentadores estén operando.
	Variar el display hasta que muestre el punto de ajuste (SET POINT). Introduzca las variables de los puntos de ajuste. Variar el display y regresar al set point para confirmar la entrada de datos.
	Variar el display hasta que muestre el indicador (ANUNCIADOR). Confirma y presenta todos los puntos de ajuste normales y los de alarma o indicaciones de cortocircuito.
	Variar el display hasta que muestre la pantalla de operación (OPERATING DISPLAY). Abrir las válvulas de servicio del sistema de aceite y arrancar la bomba de aceite, colocando el interruptor de la bomba (oil pump) en la posición manual (hand).
	Verificar el aumento de presión de aceite y rotación de la bomba. El nivel de aceite puede caer en los filtros y en los enfriadores. Agregar aceite si es necesario.
	Operar la bomba de aceite 10 minutos permitiendo con esto, limpiar el circuito de aceite.
	Parar la bomba de aceite 10 minutos para limpiar el circuito de aceite
	Colocar el interruptor de la bomba de aceite en AUTO.
	Abrir las válvulas de descarga y succión.
	Verificar que el vástago interior de la válvula reguladora de aceite esté atornillado totalmente cuando opere en automático.
	Revisar que estén cerradas las válvulas reguladora de aceite esté atornillado totalmente cuando opere en automático.
	Revisar que estén totalmente abierta la válvula de descarga y la declinante.
	Revisar que la válvula del sistema de retorno de aceite esté totalmente abierta.
	Cerrar el interruptor principal del motor.

D. OPERACIÓN DE SISTEMA DE SECADO

Es importante seguir el procedimiento que a continuación se indica para evitar inestabilidades en la operación de los secadores. Para este fin, se sugiere la siguiente secuencia de operación y se hacen algunas indicaciones de seguridad que deberán tomarse en cuenta.

1 ARRANQUE INICIAL.

- **Precauciones que deben considerarse:**

Si el secado no es puesto inmediatamente en la línea de producción, los siguientes pasos deberán realizarse de una manera pausada.

1. Bloquear la entrada y salida de gas para proteger los lechos de adsorbente de una saturación prematura.
2. Desconectar la corriente eléctrica para prevenir que el calentador se quemé y para evitar que los componentes y el recipiente del secado se sobrecaliente.

El usuario deberá estar completamente familiarizado con este procedimiento antes de la puesta en marcha del secado.

- **Antes de la puesta en marcha:**

Los lechos de adsorbente podrían estar parcialmente saturados durante su transportación. Se recomienda realizar una regeneración preliminar, antes de poner en servicio normal al secado. Esta regeneración preliminar se lleva a cabo siguiendo el procedimiento de arranque inicial.

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE INICIAL.

PRECAUCIÓN: En unidades con el sistema de opción de Demanda de Secado, desconectar el conector entre el Tablero de Demanda de Secado y el controlador modelo 48 (indicación # 22), hasta que el procedimiento de arranque haya sido completado.

PASO	ACCIÓN
1	Bloquear la válvula (4) de salida de CO ₂ (4). (figura 7 en el apéndice).
2	Abastecer lentamente de CO ₂ al secador, Válvula (3). (figura 7).
3	Encender con el interruptor durante 2 seg. Apagar el interruptor por 2 seg. Encender el interruptor. Si ocurre alguna alarma, presione el reset.
4	Conduzca el secado a un ciclo oprimiendo el botón de avance. Confirme los pasos del proceso del secado.
NOTA:	Permita la presurización y represurización completa cuando use el botón de avance.
5	Dejar que el secador trabaje por un mínimo de 12 horas.
6	Un lecho de adsorbente ha sido regenerado y por lo tanto, el secador está listo para entrar en funcionamiento. Abrir la salida del gas lentamente, válvula (4). (figura 7).
NOTA:	Permita la presurización y represurización completa cuando use el botón de avance
5	Dejar que el secador trabaje por un mínimo de 12 horas.
6	Un lecho de adsorbente ha sido regenerado y por lo tanto, el secador está listo para entrar en funcionamiento. Abrir la salida del gas lentamente, válvula (4). (figura 7).

Este procedimiento deberá ser usado para arranque inicial y cuando el secador haya estado fuera de servicio por más de 6 horas.

2. REGENERACIÓN DEL ADSORBENTE.

El sistema de regeneración trabaja básicamente mediante cuatro operaciones generales que son:

- * Despresurización.
- * Calentamiento.
- * Enfriamiento.
- * Represurización.

2.1 Despresurización

La regeneración comienza con una despresurización lenta del secador al interrumpir el flujo de gas húmedo hacia la torre de secado "A", y transferir el proceso de secado a la torre de secado "B" por medio de la válvula de 4 vías.

2.2 Calentamiento.

Se inicia introduciendo por la válvula 8, una porción de gas limpio y seco (expandido hasta una presión cercana a la atmosférica, para incrementar su propiedad de adsorber vapor de agua) en la torre "A". Además se eleva su temperatura por medio de un calentador eléctrico (1), mientras pasa através del lecho de adsorbente que se encuentra saturado de vapor de agua. Estas dos condiciones aunada al flujo en contracorriente (contrario que sigue el gas húmedo, cuando es secado), aumenta la rapidez de regeneración (figura 7 ver en el apéndice).

La humedad liberada en el lecho del adsorbente, es acarreada por medio de la corriente de CO_2 seco que se toma de la descarga del secado en operación y es enviada por medio de la válvula 1 al proceso en el pre-enfriador E-1 (figura 7 ver en el apéndice).

PARTES CONSTITUTIVAS DEL DIAGRAMA DE LA FIGURA 7.

1	Salida del CO ₂ húmedo de regeneración.
2	Válvula no lubricada de cuatro vías.
3	Entrada de CO ₂ con referencia de 4" - 300 psig.
4	Conexión para filtro de ensamble.
5	Válvula de regulación de presión no.1, con presión de referencia de 350°F.
6	Válvula de regulación de presión no.2, con presión de referencia de 350 psig.
7	Válvula de aislamiento del origen de purga.
8	Ingreso del CO ₂ seco para regeneración.
9	Regulador de presión con referencia de 100 psig.
10	Válvula de represurización de la torre.
11	Válvula de control de flujo de purga.
12	Válvula de regulación de presión no.3 con referencia de presión de 150 psig.
13	Filtro.
14	Medidor de flujo de purga.
15	Válvula de control de flujo de enfriamiento.
16	Válvula auxiliar de enfriamiento.
17	Válvula de relevación, regeneración/aislamiento.
18	Filtro.
19	Regulador de presión con referencia de presión de 100 psig.
20	Adsorbente.
21	Regeneración.
DC	Control del secador.
PI	Indicador de presión.
TE	Elemento de temperatura.
TI	Indicador de temperatura.
PS	Switch de presión.

2.3 ENFRIAMIENTO.

Cuando la primera parte de la regeneración se ha completado, se procede con el ciclo de enfriamiento.

En este ciclo el lecho de adsorbente se enfría, mediante una porción de gas limpio y seco que se extrae de la torre "B", y es pasado a través del lecho de adsorbente y con esta acción inicia el proceso de enfriamiento. Esta corriente de CO₂ es recuperada introduciéndola al proceso en el E-1.

2.4 REPRESURIZACIÓN.

Una vez concluidas las operaciones anteriores, se procede a represarizar la torre por medio del sistema automático, introduciendo CO_2 seco de la línea de descarga del secador en servicio.

3. INSTRUCCIONES EN CASO DE FALLAS.

Casi todos los problemas del secador serán indicados ya sea por las señales luminosas (LED'S) de mal funcionamiento o por un rendimiento pobre en el secado.

Siempre se deben anotar las condiciones de operación en la bitácora, antes de empezar a analizar o dar solución al problema.

Esta información ayudará en caso de que alguna otra falla pudiera presentarse de nuevo.

- (1) Presión : torre A y B
- (2) Temperatura: torre A y torre B
- (3) Condiciones de las luces indicadoras en el panel (enc/apag).
- (4) Condiciones de las luces indicadoras (led's) en el tablero del controlador mod. 48
- (5) Condiciones del tablero de demanda de secado si ésta unidad está presente.

PRECAUCIÓN: El botón de avance del controlador modelo 48 podría ser usado para avanzar al secador en su secuencia de regeneración referirse a la secuencia de operación, en caso de fallas. Nunca use el botón para avanzar en un lecho caliente ya que ocurrirían daños posteriores. siempre permita que la torre se presurice o despresurice antes de ir a la siguiente secuencia.

ATENCIÓN: El gas comprimido y la corriente eléctrica puede producir severos daños. Tome las precauciones necesarias mientras repara una avería o proporciona servicio a su unidad.

CAPITULO 10

OPERACIÓN SATISFACTORIA

OPERACIÓN SATISFATORIA

1 COMPORTAMIENTO DE LA PLANTA Y GARANTÍA.

Debe de considerarse que es necesario llevara la planta a las condiciones de diseño o, cuando menos, a producir producto que llene las especificaciones de calidad según sea la producción o rendimiento; igual o menor que el diseñado utilizando las especificaciones de calidad.

Las pruebas que se efectúan en la planta, estuvieron bajo la supervisión de Ingenieros de Proceso, el tenedor de la patente, y personal de plantas. Tales pruebas de garantía por lo general están detalladas en el contrato, además de los métodos que se deberán realizar en las mediciones de acuerdo a Ingeniería de Proceso y el personal de operación. La frecuencia de toma de lecturas para las mediciones será lo más cerrada posible, para observar el comportamiento de la planta (cada hora).

Deberá de considerarse un tiempo de arranque inicial definido y las condiciones de operación deberán ser establecidas por el personal de operación o el supervisor (jefe de turno) de común acuerdo.

Los métodos de cálculo de los rendimientos, deberán ser establecidos antes del arranque por la Ingeniería de cálculos rutinarios sobre las formas establecidas de la hoja de lectura o inventarios.

De acuerdo a lo anterior, se mostrarán algunos de los datos, comportamiento de la planta, así como métodos de cálculo de evaluación.

PLANTA DESCARBONATADORA CALCULO TEÓRICO			PLANTA LICUEFACTORA CO ₂		
Flujo de gas Sm ³ /hr.	% CO ₂ en gas Ref. 7%	CO ₂ ton/día	Venteados ton/día	En planta J/Tec ton/día	Producción CO ₂ en tanques ton/día
64718	4.49	127.2	0.6	115	109.94
65000	4.30	119.5	2.21	117	108.37
65681	4.19	120.5	3.31	119	108.65

Humedad en CO ₂ caído ton/día	CO ₂ para regeneración ton/día	Mermas por desajuste ton/día	% de recuperación de CO ₂	Consumo de energía Kwh
1.94	2.32	0.00	97.24	19500
1.64	4.26	0.52	93.94	19600
1.69	4.39	0.56	92.95	19500

KW/TON	HORAS EN LÍNEA
177.37	24
179.94	24
179.14	24

Como se puede observar en el parámetro de Kw/ton de operación normal de la planta, esté por arriba de los kw/ton de diseño que será de 162.5

CALCULO DE LA PRODUCCIÓN

$$\text{Producción del día ton/día} = (\text{N final} / \text{N inicial}) + \text{desalojo}$$

DONDE:

N final: Es el nivel del tanque a las 24:00 hrs del día
 N inicial: Es el nivel del tanque a las 00:00 hrs del día.
 Desalojo: Es la cantidad desalojada por las pipas y pesadas en báscula.

Ejemplo día 2

Tanque

Nivel final	276.57 Ton.
Nivel inicial	193.96 Ton.

Desalojo en pipas	25.77 Ton.
Prod. del día ton/día	(276.57 - 193.96) Ton. + 25.77 Ton
Ton /día	108.36

CALCULO DE VENTEO EN T-8

En éste se realizó un programa de computadora y se graficaron los datos ver figura B. Para el ejemplo del día 2, se toma el por ciento de apertura de la válvula y la presión de operación de la columna con apertura 45% y una presión de operación en columna de 280 Psig. Esto da un valor de 2.21 ton/día.

CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Cálculo de contenido de humedad en el CO₂ crudo, éste se calcula de la siguiente manera

$$H_{abs} = \frac{P^{\circ} \cdot 18}{(P_t - P^{\circ}) \cdot 44}$$

$$\text{y } W_{H_2O} = H_{abs} \cdot W_{CO_2 \text{ seco}}$$

Donde =

Hsat	Humedad de saturación
P°	Presión de vapor del agua a la temperatura de operación
Pt	Presión de operación del carbohidrato.
W_{H₂O}	Flujo del agua Lb/hr.
W_{CO₂}	Flujo de CO ₂ producto después de los secadores.

Cálculo de cantidad de agua en el CO₂ crudo este se realiza por hora como integración ver anexo.

Calculo de la producción equivalente

$$P_{eq} = \frac{P_h \cdot 24}{Hr}$$

P_h = producción horaria

P_{eq} = producción equivalente en Ton / día

Aprovechamiento de materia prima (AMP):

$$AMP = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Pr\ om.\ Flujo\ Productor\ hora\ i * Pureza * 100}{\sum_{i=1}^{i=n} Pr\ om.\ Flujo\ Materia\ Prima\ i * Pureza}$$

Consumo específico de energía:

C esp = consumo específico	$\frac{KWH_{final} - KWH_{inicial}}{P}$
C esp = consumo específico	$\frac{KWH}{Ton}$

KWH = kilowatts / hora

2.- EVALUACIÓN DE EQUIPOS

2.1.- Compresor de tornillo (C-3, C-3, C-5, y C-6)

El gas retenido por el rotor en el espacio del compresor cuando la lumbrera de descarga está cerrada, es enviado al espacio libre de ranuras.

Cuando R_c (rasón de compresión) es igual a R_c diseño, la presión en la voluta está balanceada con la presión de admisión y el compresor funciona al 100% de eficiencia volumétrica.

Si R_c de operación es mayor que el R_c de diseño, se reduce la capacidad aclarando así, el rendimiento de la compresión.

Si R_c de operación es menor que el R_c de diseño, se reduce el rendimiento del compresor pero mejorará ligeramente la capacidad del compresor.

		DISEÑO	OPERACIÓN (REAL)
Presión Succión	Psia	13.3	19.8
Presión Descarga	Psia	89.8	93.3
Razón compresión		6.752	4.83
% Eficiencia $\eta = R_c$ operación / R _c diseño		100	71.53

2.2.- Enfriadores E -1, E- 2, E - 4, E - 5, E - 7, E - 8 Y E - 9.

Estos se evalúan con los coeficientes de transferencia de calor y el área (UA).

Cuando el UA del cambiador es igual al UA de diseño la eficiencia del cambiador es 100%, si es menor el UA de operación, el cambiador está trabajando deficientemente.

Q =	$M \cdot C_p \cdot \Delta T$
UA =	$\frac{Q}{LMTD}$

$\eta =$	$\frac{UA_{real}}{UA_{diseño}}$
----------	---------------------------------

2.3.- Evaluación del tanque de almacenamiento

Está se debe de realizar cuando la planta está parada y sin tomar producto y no usar gas del tanque, la prueba es de 24 horas con tanque lleno:

$Q = \frac{\lambda \cdot V \cdot (P_2 - P_1)}{R \cdot (T_2 - T_1)} = \frac{Btu}{dia}$

De lo anterior en cada planta tiene sus métodos de cálculo, y éstos son un caso particular para esta planta modelo de licuefacción de Etano de Carbono.

CONCLUSIONES

El poner en marcha una planta, requiere una dedicación completa en organización, planeación y programación de arranque. Cuando una planta nueva se arranca, habrá problemas, no importa el grado que sea, aunque ésta se haya diseñado y construido cuidadosamente. Si con un 99 % de perfección en su diseño, se tienen problemas con una probabilidad del 1 % ya sea crítica o sencilla.

Las fallas deben ser previstas, pero no quiere decir que se tenga que resolver por adelantado ya que, son difíciles de determinar de antemano y éstas tendrán que resolverse conforme se van presentando.

También los preparativos para el prearranque y el arranque en si deben ser bien coordinados por gente experimentada en arranques de tal forma que, la programación sea ordenada y, por consecuencia, conduzca al éxito, como en la producción total en un tiempo corto.

Un programa de prearranque asegura los trabajos preparativos a ejecutar y debe ser detallado y proyectado hacia un éxito de manera que cada persona tenga que ver con el arranque y sepa lo que se está haciendo y no se pierda en el arranque, este equipo de arranque debe ser como una sola persona.

El tiempo es un parámetro crítico para el arranque inicial hasta la obtención del producto, ya que depende mucho sobre el mercado de la producción.

Para un buen arranque se debe de tener lo siguiente:

- 1.- Personal perfectamente entrenado, experimentado, capaz y que tengan una organización en forma eficiente.
- 2.- Programación y planeación detallada.
- 3.- Comunicación completa en todas las disciplinas que intervienen en el arranque.

Para tener éxito en la operación, un Ing. Químico, recién egresado deberá tener cuando menos conocimientos y respuestas rápidas para el arranque.

El Ing. Químico tiene una de sus mejores experiencias de su profesión en el arranque de una planta y las bases que involucran están sirviendo de apoyo en cualquier empresa que tenga que desempeñar éste.

REFERENCIAS BÁSICA

- 1.- **THE A TO Z OF PLANT STARTUP.**
Chemical Engineering
Marzo 15, 1976
Pags. 72-82
- 2.- **MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO**
Jhon H. Perry
Utena
- 3.- **THE CHEMICAL PLANT.**
Reinhold Publishing Corp. 1966
Pag. 71.
- 4.- **STARTUP PERFORMANCE OF LARGE AMONIA PLANTS.**
Chem. Eng. Prog., Agost 1968
- 5.- **MAINTENANCE AND SAFE OPERATIONS OF HIGH PRESSURE**
Chem. Eng., Sept 23, 1968
- 6.- **SIMULATOR POSES PLANT PROBLEMS SAFELY**
Chem. Eng., Sept 9, 1968
- 7.- **PLANT STARTUP AS A CAREER**
Chem. Eng., Sept. 8, 1969 Pag. 148-150.
- 8.- **HOW TO PREPARE AND TES COLUMNS STARTUP**
Chem. Eng., Apr. 6, 1961 p 97
- 9.- **A, IS YOUR CONTROL SYSTEM READY TO START UP**
Chem. Eng., Feb. 23, 1962 p. 76
- 10.- **SIZING PIPES FOR PROCESS PLANTS**
Chem. Eng., June 17, 1966, p. 264, and July 19, 1966, p. 7
- 11.- **CONSTRUOTION AND STARTUP**
Applied Instrumentation in the Process Industries Gulgelines
Secoud Editor T. II, cap. 12, p. 265-263

APÉNDICE
(ANEXOS)



PROYECTO:
PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO

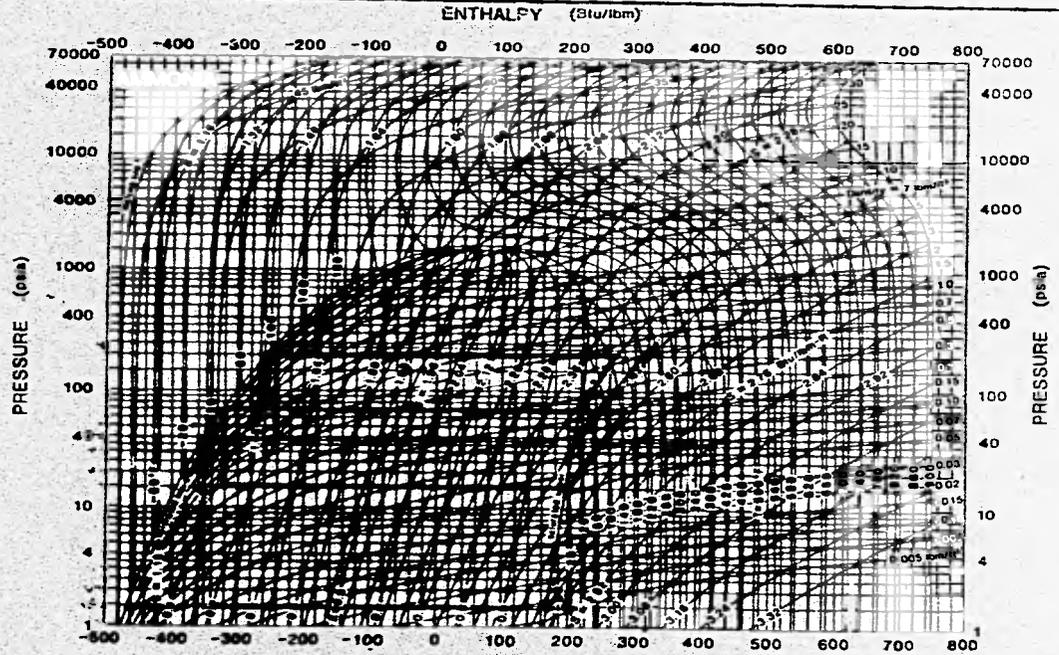
No. DIAGRAMA

FIG. No. 1 DE 1

TITULO:
DIAGRAMA PRESION ENTALPIA PARA DIOXIDO DE CARBONO
FIGURA No. 1

TESIS PROFESIONAL

MARIO GOMEZ GUERRERO



PROYECTO:
 PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO

No. DIAGRAMA
 FIG. No. 1 DE 1

TITULO:
 DIAGRAMA PRESION ENTALPIA PARA AMONIACO
 FIGURA No. 2

TEXIS PROFESIONAL
 MARIO GOMEZ GUERRERO

LISTA DE LINEAS
-- PARA REFERENCIA UNICAMENTE

FLWSHEET . 6

REV. 0

LINEA	TAMÑO	SERVICIO	MATERIAL ESPEC.	SHEET	FLUJO lb/hr	FASE	OPER. NORMAL		PRUEBA		AISLAMIENTO	
							PRES.	TEMP.	PRES.	TEMP.	TIPO	ESP.
1400	3"	CO2	C67.2	6		LIQ.	280	-5	300		D	2"
2001	2"	CO2	C67.2	6	11100	LIQ.	280	-20	300	-40	D	1 1/2"
2002	2"	CO2	C67.2	6	11100	LIQ.	280	-5	300		D	1 1/2"
2004	2"	CO2	C67.2	6	1152	LIQ.	280	-5	300		D	1 1/2"
2005	2"	CO2	C67.2	6	2053	LIQ.	280	-5	300		D	1 1/2"
2006	2"	CO2	C67.2	6	1152	2-FASES	280	-5	300		D	1 1/2"
2007	2"	CO2	C67.2	6	2053	2-FASES	280	-5	300		D	1 1/2"
2010	4"	CO2	C67.2	6	11488	GAS	285	46	300			
2011	4"	CO2	C67.2	6	11488	GAS	285	5	300			
2020	2"	CO2	C67.2	6	11000	GAS	270	-20	300	-40	D	1 1/2"
3001	2"	NH3		6	3155	LIQ.	66.3	35	100		D	2 1/2"
3002	2"	NH3		6	3020	LIQ.	66.3	15	100		D	1 1/2"
3003	1"	NH3		6	135	LIQ.	66.3	35	100			
3004	2"	NH3		6	3020	2-FASES	13.9	-30	100	-40		
3005	2"	NH3		6	135	GAS	13.9	-30	100	-40		
3006	2"	NH3		6	3020	LIQ.	66.3	35	100			
3008	1"	NH3		6		GAS	13.9	-30	100	-40	D	1 1/2"
3010	1"	NH3		6	135	2-FASES	13.9	-30	100	-40	D	1 1/2"
3011	2"	NH3		6	3020	2-FASES	13.9	-30	100	-40	D	1 1/2"
3015	1 1/2"	NH3		6		GAS		-20		-40	D	1 1/2"
2000	1 1/2"	NH3		6		GAS	280	-20	100	-40	D	1 1/2"

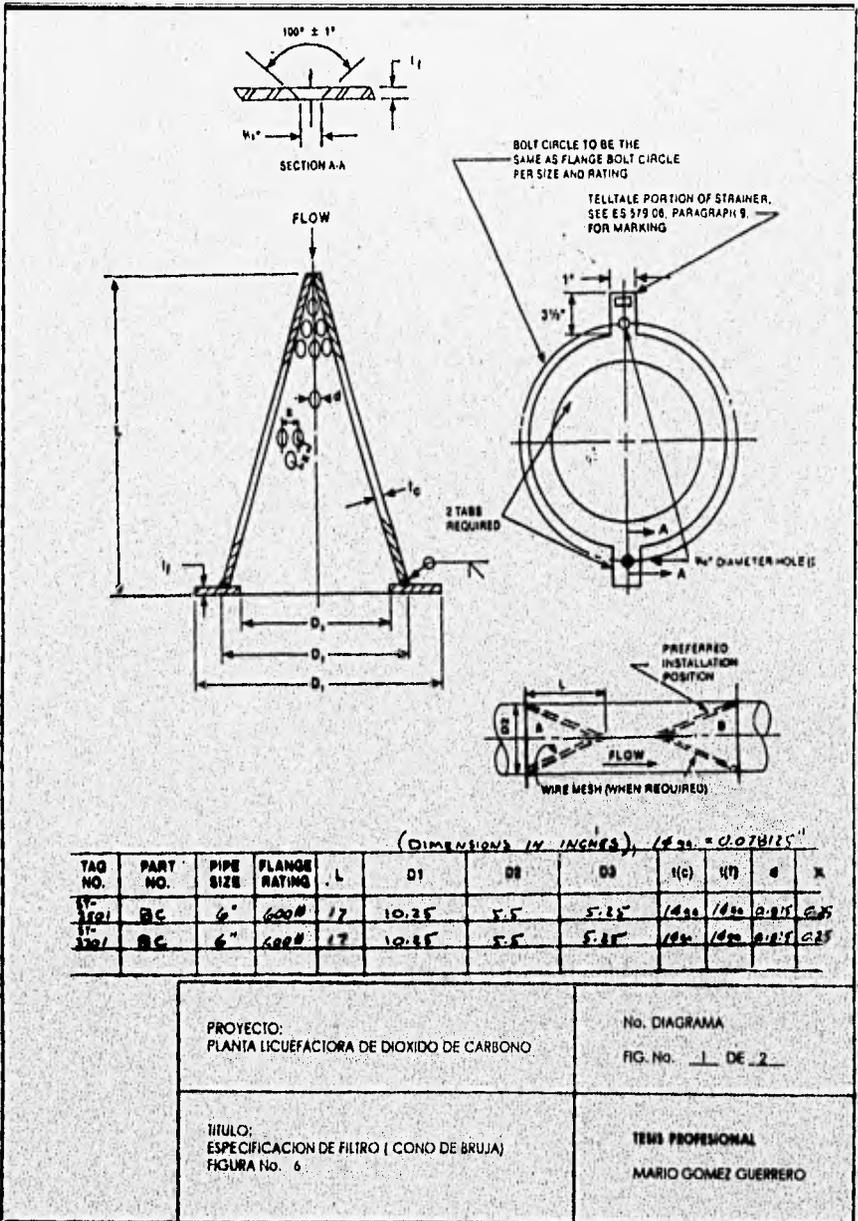
NOTA. PRES. Psia, TEMP. °F, FLUJO lb/hr

PROYECTO:
PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO

Nº. DIAGRAMA
FIG. 1 DE 1

TITULO:
LISTA DE LINEAS
FIGURA No. 5 LISTA DE LINEAS

TESIS PROFESIONAL
MARIO GOMEZ GUERRERO



1. SCOPE

All materials and workmanship shall be in accordance with this specification unless specified exceptions are listed and approved by the purchaser. This specification defines the maximum process and mechanical design requirements.

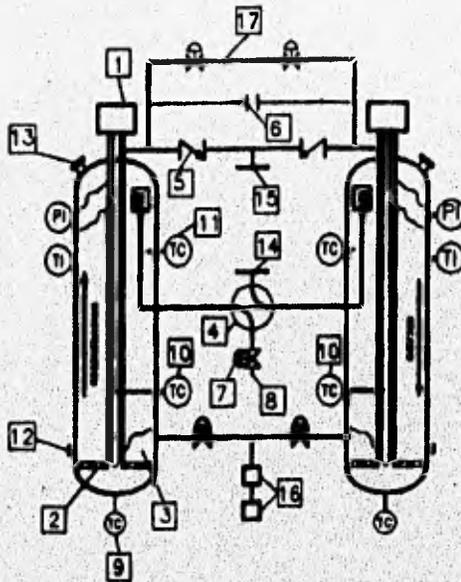
TAG NUMBER	ST-3501	ST-3701	
APPLICATION	1012 INLET	1011 INLET	
QUANTITY	1	1	
2. DESIGN CONDITIONS			
Design pressure — psig	800	800	
Operating pressure — psig	760	760	
Design temperature — °F	150/-0	150/-320	
Operating temperature — °F	35	-100	
Fluid	AIR	AIR	
Flow rate	57,263 1/2	93,273 1/2	
Allowable pressure drop-clean	0.77 PSI	1.04 PSI	
Line size	6"	6"	
Flange type	Raised Face	Raised Face	Raised Face
ANSI pressure class (or other, see paragraph 2.2.1)	600#	600#	
Installation position (A or B)	A	B	
Buckling Data P (installation position B)	425 PSI	425 PSI	
Perforated material open area	51%	51%	
Wire mesh overlay required (inside, outside, or none)	OUTSIDE	OUTSIDE	
Wire mesh size (when required)	100	100	
Wire diameter (when required)	0.0045"	0.0045"	
Wire mesh opening size (when required)	100 MICRON	100 MICRON	
Wire mesh open area (when required)	30.3	30.3	
Center reinforcing wire mesh required (see paragraphs 6.8 and 6.9)	N/A	N/A	
Density at operating conditions	0.12 1/2	0.15 1/2	
Cone material of construction	304SS	304SS	
Wire mesh material of construction	304SS	304SS	
Gasket surface finish, 125-250 AARH	YES	YES	
Cleaning requirement	ASME SECTION 8	ASME SECTION 8	

Vendor:

The Mack Iron Works Company
Series PC-R/FF, Style PCL (Modified)

Remarks: THIS SPECIFICATION APPLICABLE

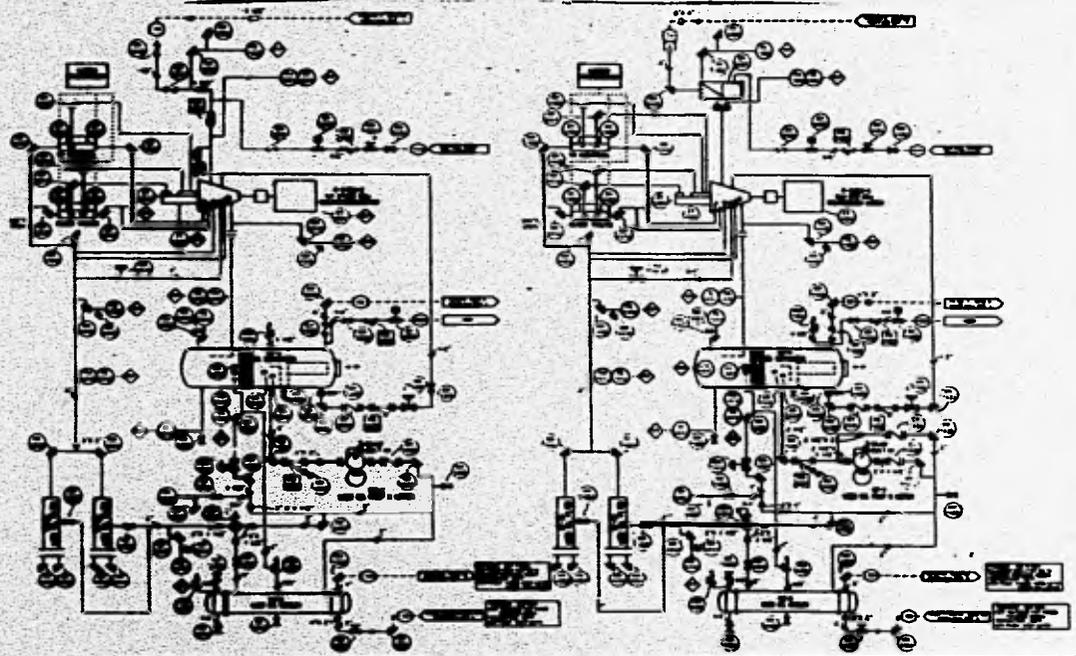
PROYECTO: PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO	No. DIAGRAMA FIG. No. 2 DE 2
TITULO: ESPECIFICACION DE FILTRO (CONO DE BRUJA) FIGURA No. 6	TEMA PROFESIONAL MARIO GOMEZ GUERRERO



Descripción

1. Calentador eléctrico
2. Soporte adsorbente
3. Adsorbente
4. Válvula de transferencia de 4 vías
5. Válvula check
6. Orificio de purgo
7. Válvula de purgo
8. Descarga de CO₂
9. Termocopie-control
10. Termocopie-Límite
11. Termocopie-calor/frío autocontrolado
12. Descarga del adsorbente
13. Carga de adsorbente
14. Entrada de aire húmeda
15. Salida de aire seco
16. Succión de CO₂ de regeneración
17. Línea auxiliar de purgo de enfriamiento

<p>PROYECTO: PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO</p>	<p>No. DIAGRAMA FIG. No. <u> 1 </u> DE <u> 1 </u></p>
<p>TITULO: DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y CONTROL DEL SECADOR FIGURA No. 7</p>	<p>TESIS PROFESIONAL MARIO GOMEZ GUERRERO</p>



PROYECTO:
 PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO

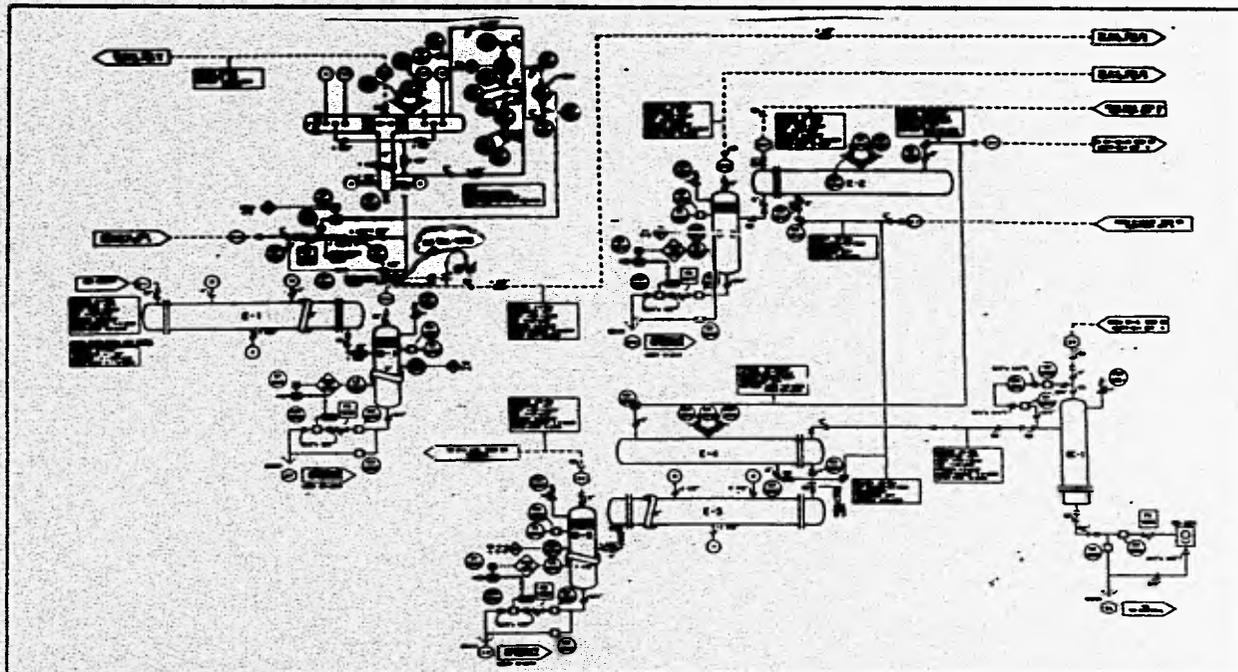
No. DIAGRAMA

FIG. No. 1 DE 6

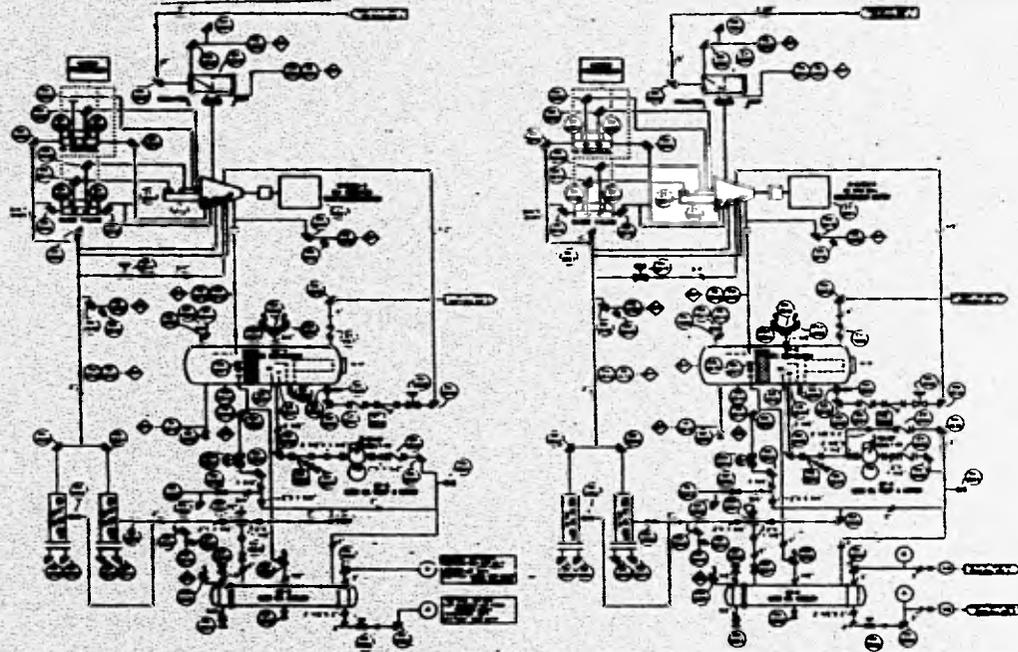
TITULO:
 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
 FIGURA No. 8

TESIS PROFESIONAL

MARIO GOMEZ GUERRERO



<p>PROYECTO: PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO</p>	<p>No. DIAGRAMA FIG. No. <u>2</u> DE <u>6</u></p>
<p>TITULO: DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION FIGURA No. - 8</p>	<p>TESES PROFESIONAL MARIO GOMEZ GUERRERO</p>



PROYECTO:
PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO

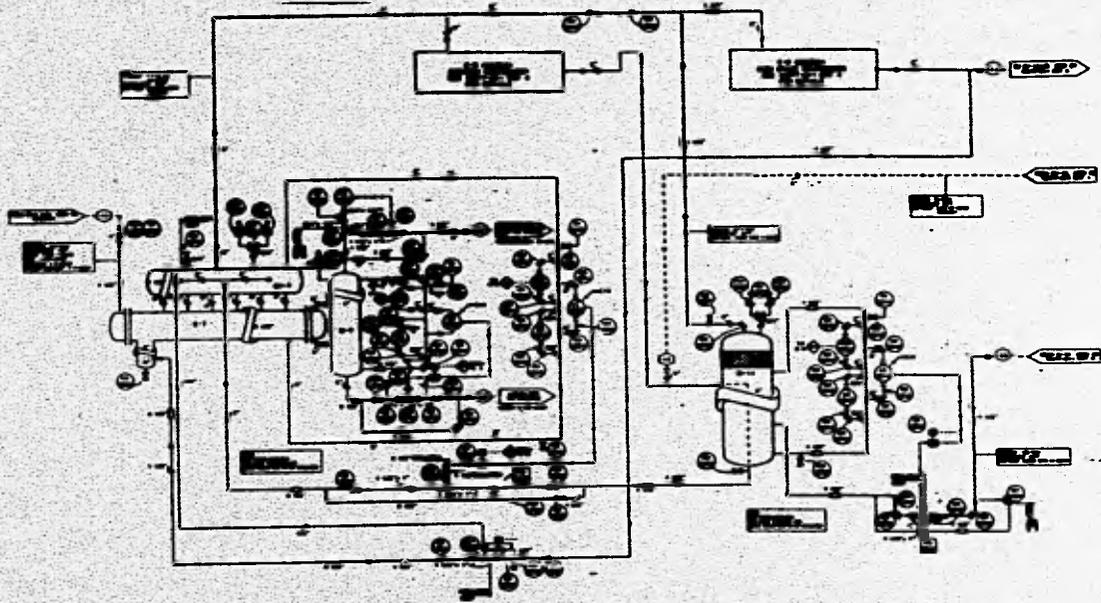
TITULO:
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
FIGURA No. 8

No. DIAGRAMA

FIG. No. 3 DE 6

TESES PROFESIONAL

MARIO GOMEZ GUERRERO



PROYECTO:
PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO

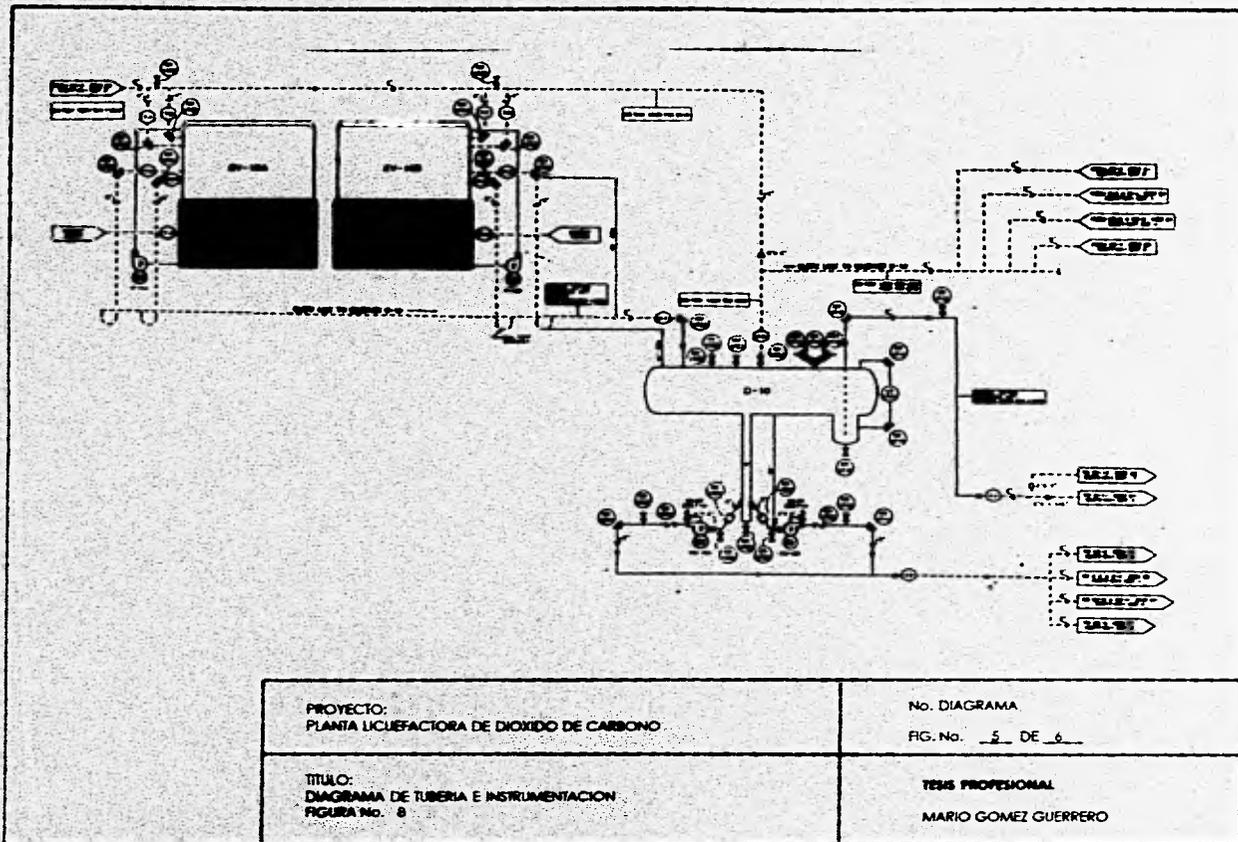
TITULO:
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
FIGURA No. 8

No. DIAGRAMA

FIG. No. 4 DE 6

TESIS PROFESIONAL

MARIO GOMEZ GUERRERO



PROYECTO:
PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO

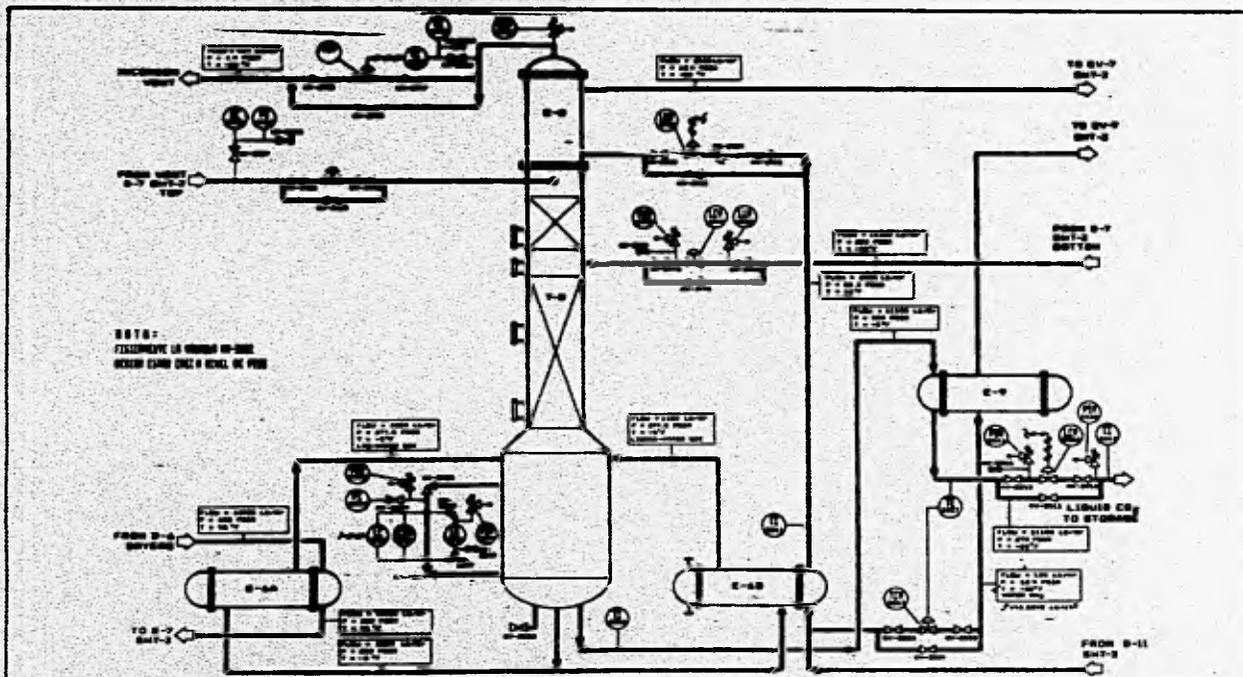
No. DIAGRAMA

FIG. No. 5 DE 6

TITULO:
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
FIGURA No. 8

TECNICO PROFESIONAL

MARIO GOMEZ GUERRERO



PROYECTO:
PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO

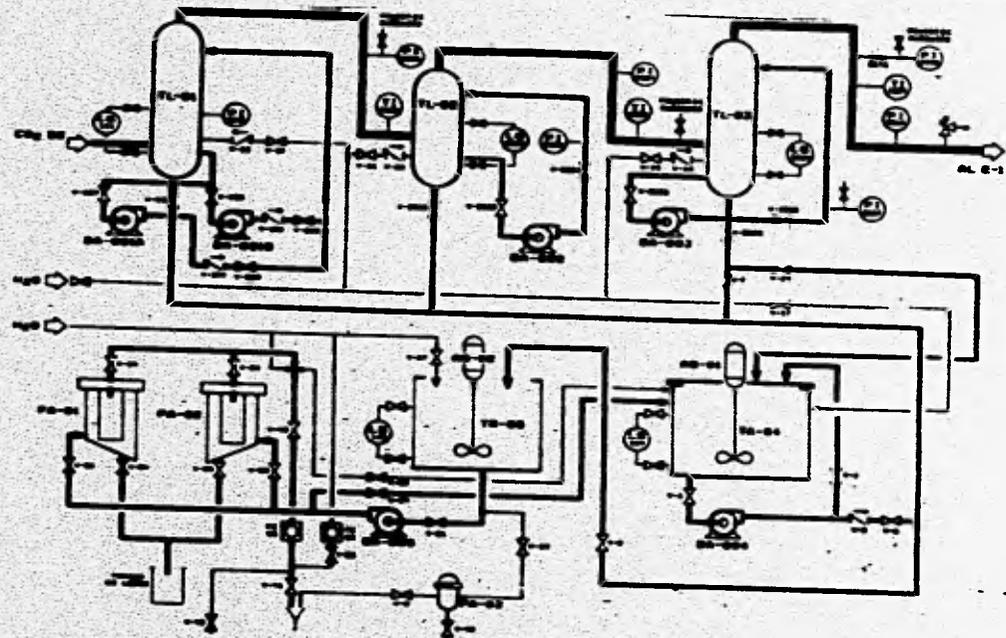
No. DIAGRAMA

FIG. No. 6 DE 6

TITULO:
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
FIGURA No. 6

TESES PROFESIONAL

MARIO GOMEZ GUERRERO



PROYECTO:
PLANTA LICUEFACTORA DE DIOXIDO DE CARBONO

No. DIAGRAMA
FIG. No. 1 DE 1

TITULO:
DIAGRAMA DEL SISTEMA DE PURIFICACION CON PERMANGANATO
DE POTASIO DE DIOXIDO DE CARBONO
FIGURA No. 9

TESIS PROFESIONAL
MARIO GOMEZ GUERRERO