

# Universidad Nacional Autónoma de México

## Facultad de Ingeniería



### ESTUDIO SOBRE OPERACION Y MANTENIMIENTO EN PLANTAS DE COMPRESION DE GAS

#### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

### Ingeniero Mecánico Electricista

PRESENTA:

**Abraham Morelos Amador**

MEXICO, D. F. 1979.

24  
103



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E .	
Introducción.	1
I).- <u>GENERALIDADES</u>	6
II).- <u>OPERACION DE PLANTAS DE COMPRESION</u>	16
1) Operación de Motocompresoras.	
a) Funcionamiento de una motocompresoras.	
b) Arranque de una motocompresora.	
c) Procedimiento para meter carga a los - cilindros.	
d) Procedimiento para quitar carga a la - motocompresora.	
e) Procedimiento para poner fuera de ser- vicio una motocompresora.	
2) Operación de Separadores.	
3) Operación de Compresoras de aire de arran que.	
4) Operación de gasoductos.	
III).- <u>MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE COMPRESION</u>	77
1) Mantenimiento de motocompresoras.	
2) Mantenimiento de separadores.	
3) Mantenimiento de gasoductos.	
4) Mantenimiento de Compresoras de Aire de <u>A</u> rranque.	
IV).- <u>SEGURIDAD EN PLANTAS DE COMPRESION.</u>	108
1) Equipo de protección personal.	
2) Equipo de seguridad de las instalaciones.	
a) Derivación al quemador.	
b) Formas de recolección de condensados.	
c) Sistemas de agua de contraincendio	
d) Equipo a prueba de explosión.	

- e) Extinguidores.
- f) Sistema de protecciones de motocompresoras.
- 3) Trabajos peligrosos.
- 4) Precauciones en el empleo de equipo de soldadura.
- 5) Detector de gas.
- 6) Toxicidad del gas natural y otros.
- 7) Antídotos para envenenamiento por gas.

V).- CONCLUSIONES.

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

1

ESTUDIO REALIZADO EN EL SISTEMA DE RECOLECCION Y TRANSPORTE DE GAS DE PETROLEOS MEXICANOS EN EL DISTRITO POZARICA.-

Petróleos Mexicanos es un organismo público descentralizado, - cuyo objeto es el desarrollo de las industrias petroleras, química y petroquímica, en los órdenes técnicos y laborales.

La extensión de Petroleos Mexicanos se divide en tres zonas: - Zona Norte, Zona Centro y Zona Sur, en las cuales se conjuntan cinco distritos, cuyas sedes son las ciudades de:

Zona Norte	{	Tampico, Tamps.
		Poza Rica, Ver.
Zona Centro	{	Tula, Hgo.
		Salamanca, Gto.
Zona Sur	{	Coatzacoalcos, Ver.

La organización estructural de Petróleos Mexicanos tiene la --- siguiente jerarquía en forma descendiente:

Consejo de Administración.

Dirección

Subdirección.

Gerencias.

Departamentos Centrales.

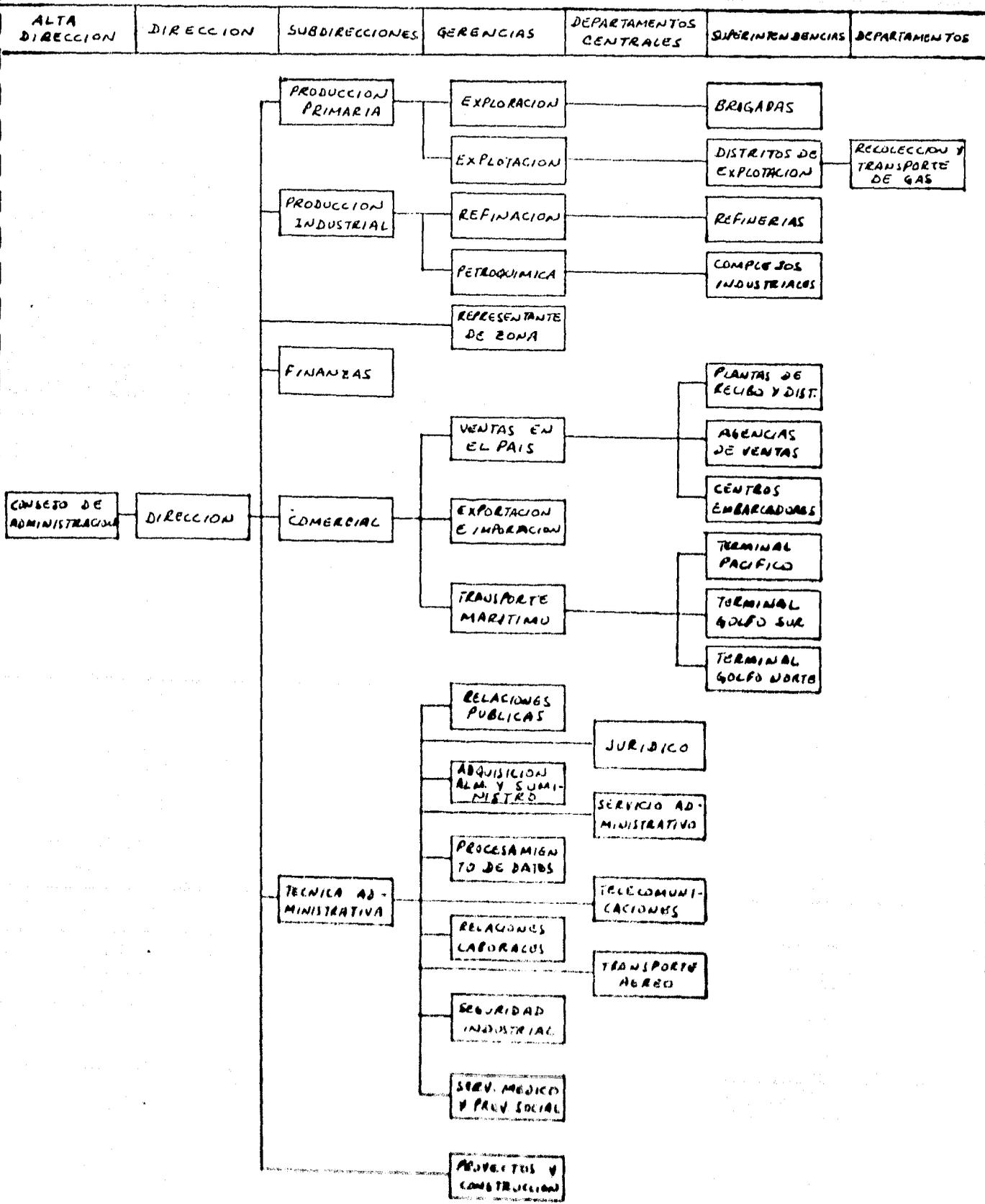
2

Superintendencias Generales de Distrito.

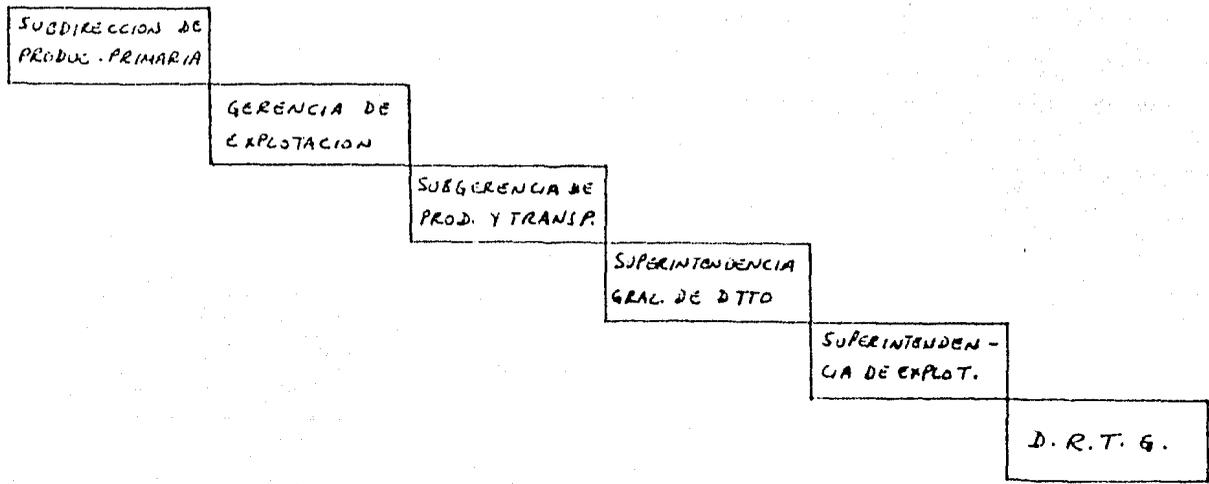
Superintendencias de Rama

Departamentos.

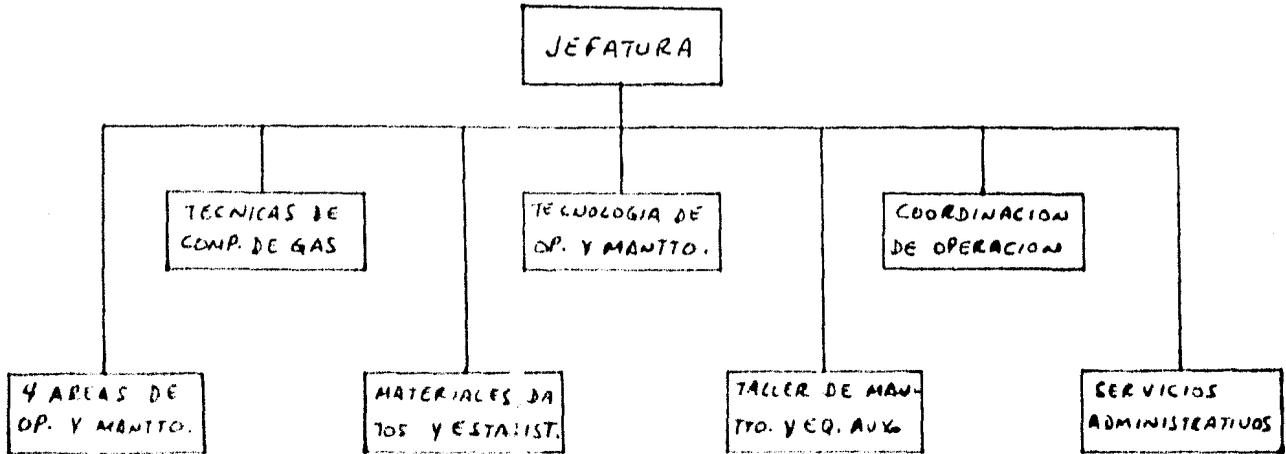
ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL POR FUNCION DE PETROLEOS MEXICANOS



UBICACION DE LA ESCALA JERARQUICA DEL DEPARTAMENTO DE RECOLECCION Y TRANSPORTE DE GAS ES:



LA ORGANIZACION ESTRUCTURAL DEL DEPARTAMENTO DE RECOLECCION Y TRANSPORTE DE GAS EN POZA RICA, VER., ES LA SIGUIENTE:



EL PRESENTE ESTUDIO TIENE UN ENFOQUE DESCRIPTIVO GENERALIZADO SOBRE EL FUNCIONAMIENTO, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DEL SISTEMA DE RECOLECCION Y TRANSPORTE DE GAS.

En el año de 1949 por acuerdo de la Dirección General, se formó la Superintendencia General de Gas y Gasolina en sus unidades centrales de Zonas y Distritos, dentro de la Dependencia de la Subdirección de Producción Primaria.

En Poza Rica, la unidad se denominó Departamento de Tratamiento y Utilización del Gas Natural (D.T.U.G.N.) e incluía las plantas de proceso, además de las estaciones de compresión y ductos del sistema.

En enero de 1967 por acuerdo de la Dirección General las Plantas de Proceso de Gas pasaron a depender de la Gerencia de Petroquímica, quedando las Estaciones de Compresión y Sistemas de Recolección de Gas a cargo de la Gerencia de Explotación: para lo cual se creó oficialmente en febrero de 1967 en el Departamento de Gas y Gasolina al que posteriormente se le denominó Departamento de Compresoras.

En 1971 se inició la aplicación de la organización aprobada por la Dirección General para la Superintendencia General de Gas y Gasolina cambiándole denominación acorde con los objetivos y funciones por Superintendencia General de Recolección y Transporte de Gas misma que se acordó dar en zonas y distritos dónde hay actividades de esta rama.

CAPITULO I

GENERALIDADES

Los objetivos básicos del Departamento de Recolección y Transporte de Gas (D.R.T.G.) son:

De acuerdo con los programas establecidos operar las instalaciones de recolección y transporte de gas para lograr el óptimo aprovechamiento del gas producido en los diferentes campos de explotación del distrito, ejecutando el transporte del mismo hasta los centros de aprovechamiento (Plantas de Proceso), de utilización (pozos de inyección de Bombeo Neumático) y consumo (Plantas Termoeléctricas, Industrias Particulares, etc.)

De acuerdo con los programas establecidos efectuar el mantenimiento de las instalaciones de recolección y transporte de gas para obtener la continuidad del servicio y la máxima eficiencia del sistema.

La operación y mantenimiento de las instalaciones de recolección y transporte de gas, es dependiente en un gran porcentaje de sincronización que exista con el Departamento de Ingeniería Petrolera y la Planta de Proceso (complejo Petroquímico).

El producto obtenido a la salida de los pozos petroleros terrestres y marinos es una mezcla de hidrocarburos líquidos y gaseosos, los cuales fluyen al exterior de distinta manera ya sea en forma natural; o bien, por medios mecánicos de extracción y en algunos otros, por bombeo neumático.

Esta mezcla de hidrocarburos se concentra en las estaciones de separadores en donde se encuentran instalados un conjunto de elementos separadores cuyo objetivo es apartar el gas de los demás elementos como el agua y el aceite; ya separados los líquidos y gases, los líquidos se envían a las canas de bombeo y los gases a las plantas de compresión.

Los hidrocarburos gaseosos enviados a la planta de compresión llevan todavía un alto contenido de gases licuables, razón por la cual se encuentra instalada a la entrada de todas y cada una de las estaciones de compresión un separador de gas-líquido.

Después de pasar por el separador el gas llega al tubo llamado "Cabezal de Succión" para alimentar todas las succiones de las máquinas que se encuentren operando en ese campo; unida a ese cabezal esta una válvula automática (Diferencial de Presión) para proteger de alguna sobre presión el sistema de compresoras.

El gas es comprimido al través de dos ó tres pasos de compresión; por medio de una ó más máquinas motocompresoras instaladas en paralelo entre si para obtener condiciones homogéneas de succión y descarga del gas -- respecto a las presiones; el gas descargado en cada planta de compresión se envía por medio de gasoductos cuya longitud varía entre uno y 62 Km. dependiendo de la distancia de separación del campo al complejo Petroquímico; los gasoductos son el medio de transporte para enviar el gas.

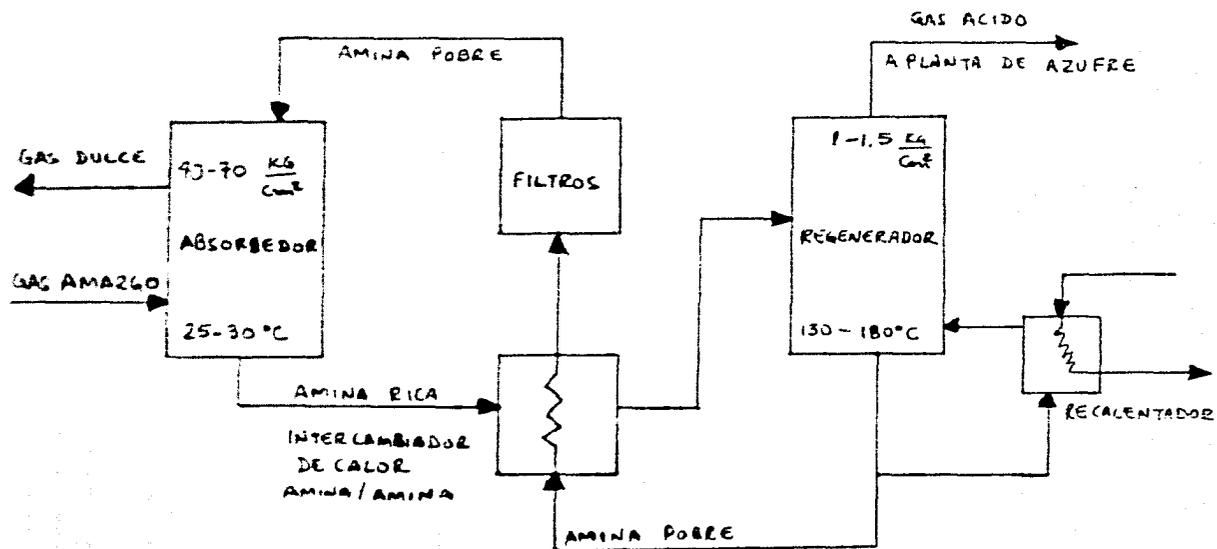
Al complejo Petroquímico llega el gas denominado --- "Gas Amargo" porque contiene ácido sulfhídrico. Este gas se procesa de la siguiente manera:

- 1o.- El gas amargo se separa en el proceso GIRBOTOL en dos tipos de gas; gas ácido (que contiene alto porcentaje de ácido sulfhídrico) y en gas dulce (gas con humedad y gasolinas). Ver fig. 1

- 2o.- El gas ácido pasa a la planta de azufre para obtener azufre sólido. Fig. 2
- 3o.- El gas dulce entra a la planta Criogénica donde se deshidrata para separar la humedad y se destila para obtener las gasolinas ligeras, el gas restante se denomina "Gas Seco". Fig. 3
- 4o.- El gas seco se recomprime para enviarlo a bombeo neumático. Este gas tiene un alto poder calorífico por lo que se llama también gas combustible, y además de servir en el bombeo neumático se envía a las plantas de compresión para combustible de las compresoras.

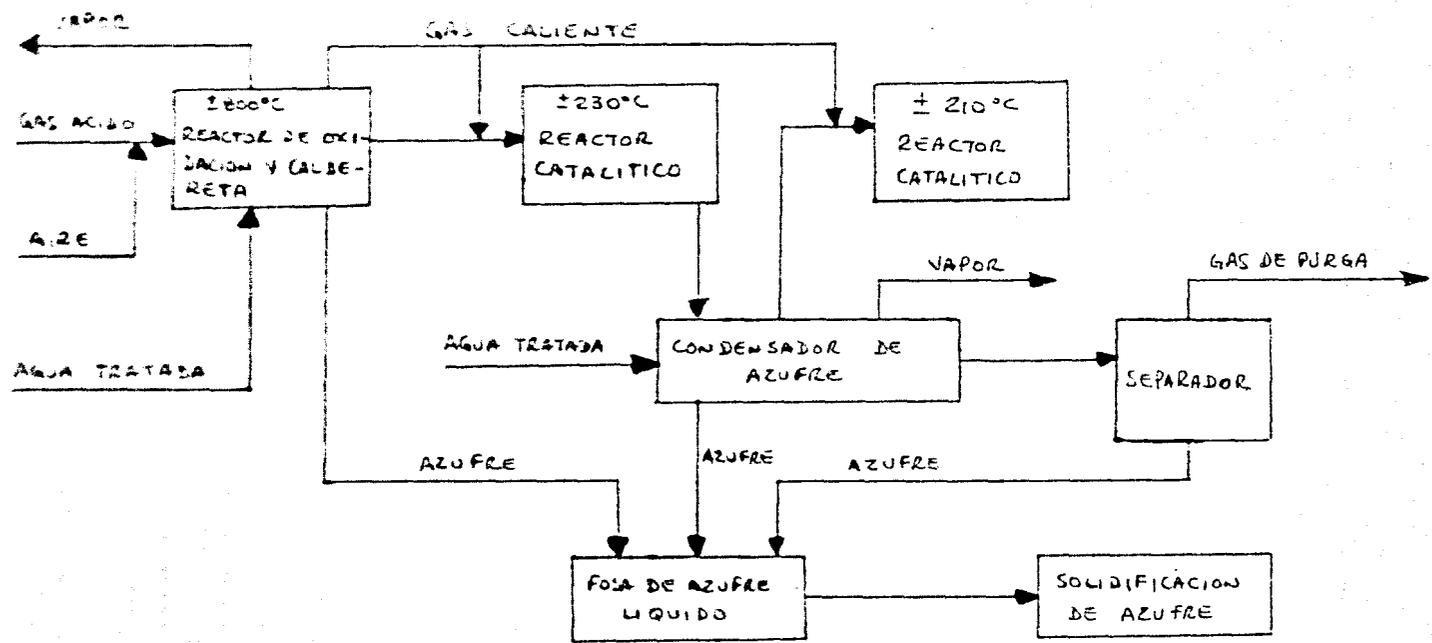
Aproximadamente el 80% del gas que sale de las plantas de proceso (seco, dulce y deshidratado) se utiliza para Bombeo Neumático, un 12% se vende a particulares y el resto es usado como combustible en las instalaciones de PEMEX.

La química de los tres procesos que se llevan a cabo en el Complejo Petroquímico se encuentran esquematizados en las siguientes páginas.



PROCESO GIRBOTOL

Fig. 1

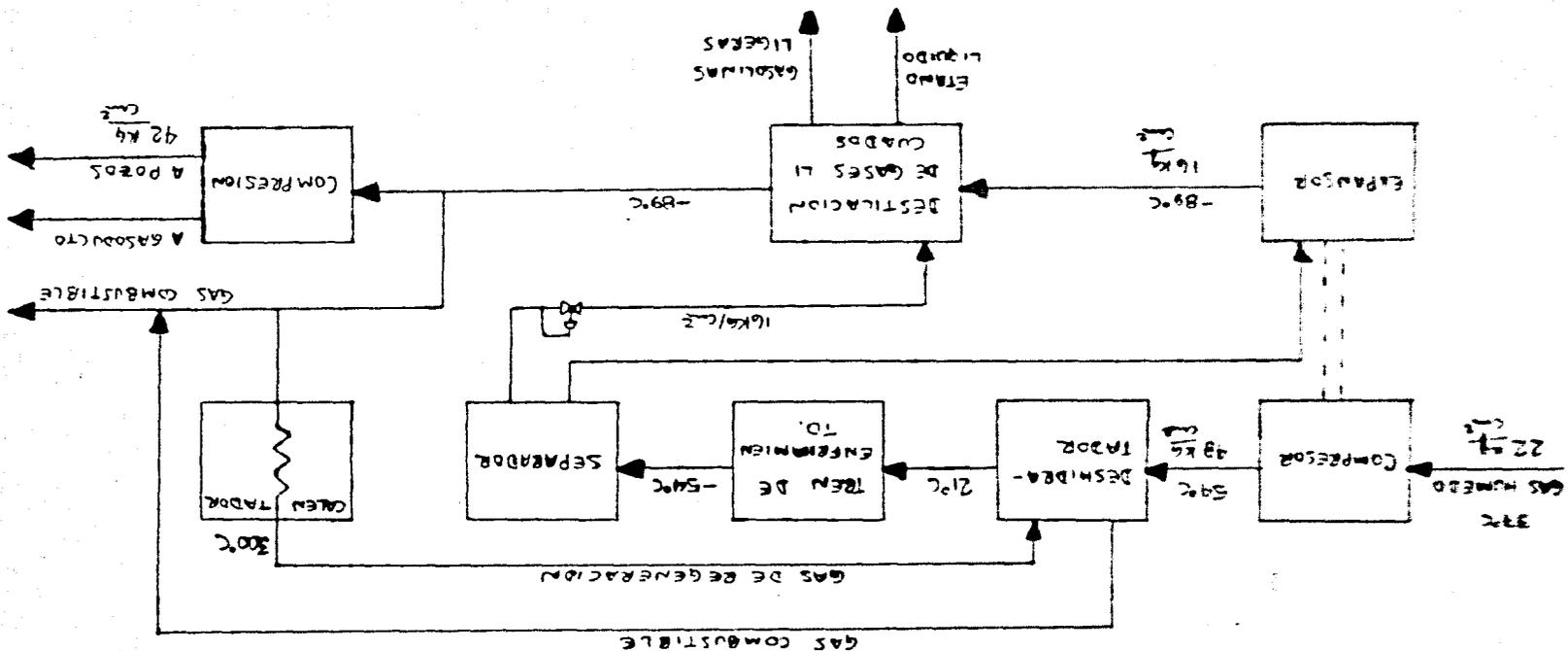


OBTENCION DE AZUFRE

Fig. 2

PLANTA CRIOGÉNICA

Fig. 3



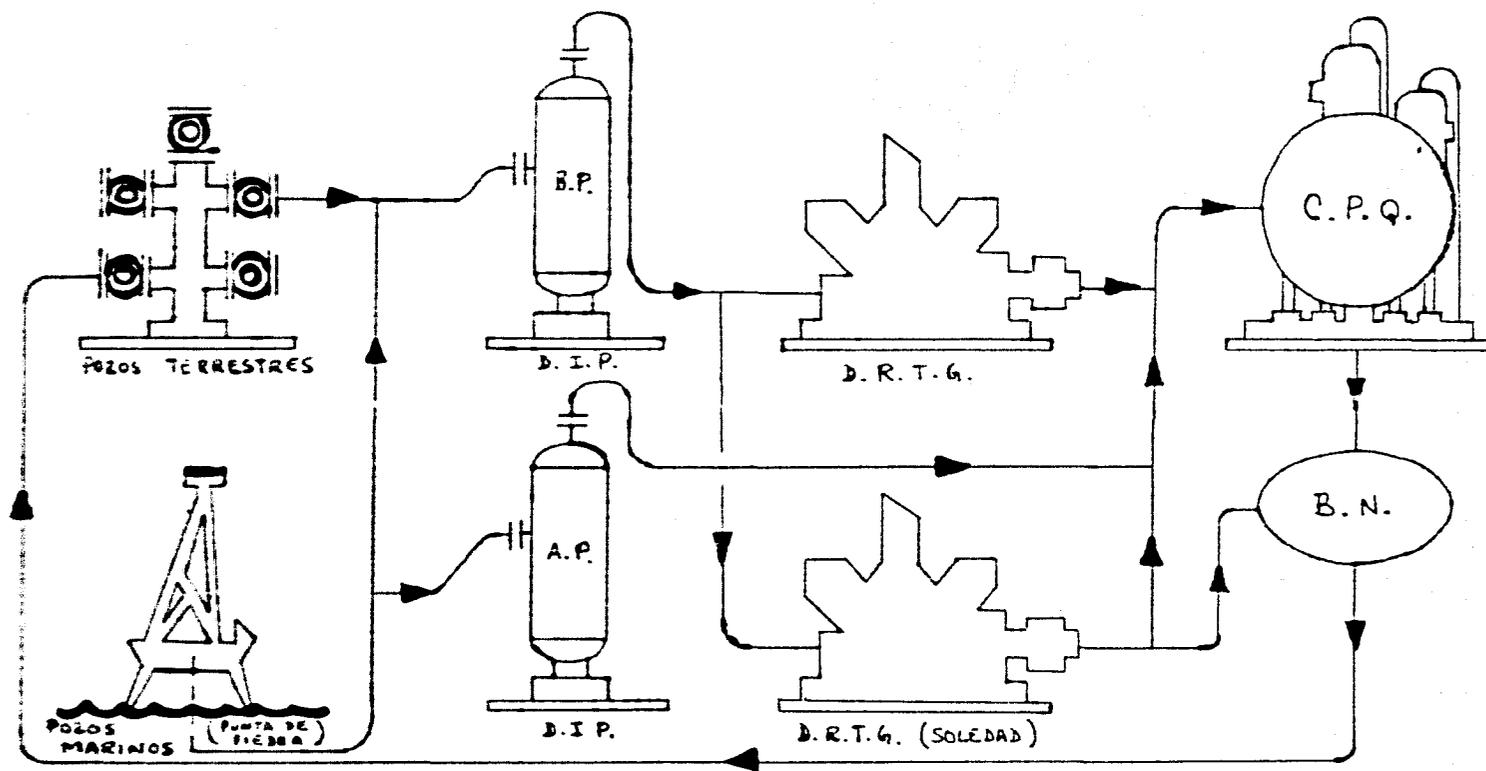


DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL MANEJO DE GAS NATURAL EN LAS INSTALACIONES DE PETROLEOS MEXICANOS DEL DISTRITO POZA RICA.

Fig. 4

La función específica de las instalaciones de Recolección y Transporte de Gas empieza en el momento de recibir el gas que envían las estaciones de separación y termina al haber transportado ese gas a la entrada de las Plantas de Procesos (GIRBOTOL) en el Complejo Petroquímico

El sistema de Recolección y Transporte de Gas en el Distrito Poza Rica, - Ver., está integrado en la actualidad por 109 motocompresoras instaladas y repartidas según las necesidades en 27 plantas de compresión ubicadas en los distintos campos de explotación de este Distrito, siendo el volumen de gas manejado aproximadamente de 446.55 millones de  $\text{ft}^3/\text{día}$ . Estas 27 Plantas de Compresión tienen conectada su descarga al Complejo Petroquímico que es directamente por medio de un troncal común a varios campos sumando el total de gasoductos instalados son más de 200 km. de longitud.

Un diagrama aproximado de la ubicación de las plantas de compresión y los gasoductos de conexión al Distrito Industrial lo podemos observar en la siguiente figura esquemática. No. 5



CAPITULO II

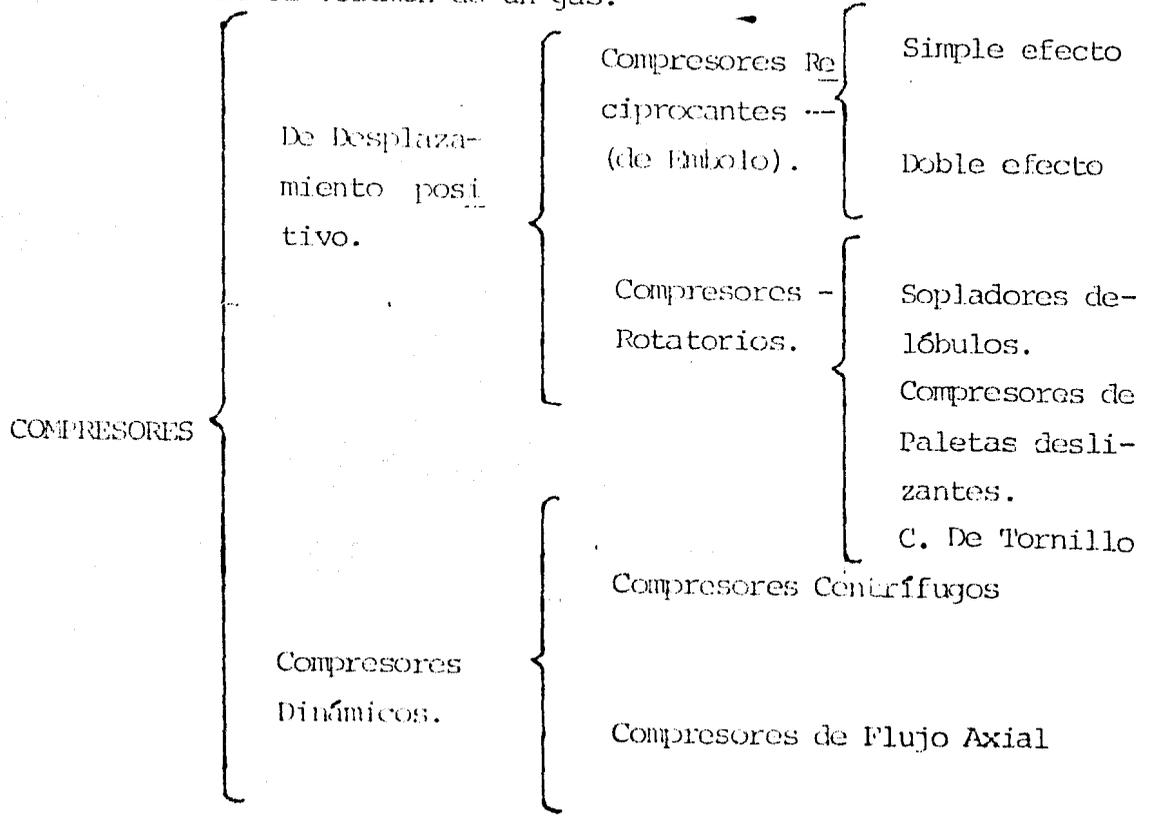
OPERACION DE PLANTAS DE COMPRESION.

## II

- 1) OPERACION DE MOTOCOMPRESORES
- 2) OPERACION DE SEPARADORES
- 3) OPERACION DE COMPRESORES DE AIRE DE ARRANQUE.
- 4) OPERACION DE GASODUCTOS.

1) OPERACION DE PLANTAS DE COMPRESION. - GENERALIDADES

Un compresor es un Sistema cuya función es aumentar la presión disminuir el volumen de un gas.-



La Compresión del gas natural se debe efectuar por medio de un sistema que garantice las condiciones requeridas del proceso y a la vez sea económico. El Sistema que utiliza Petróleos Mexicanos en el Distrito Peza Rica para comprimir gas natural es: Compresores de desplazamiento positivo reciprocantes acoplados a motores de Combustión Interna. A esta unidad integral, en la que un rotor de combustión interna y un compresor reciprocante están construídos en una misma carcasa ó bastidor de modo que el eje mueve los entolitos del compresor se le denomina "TODOCOMPRESOR".

Para lograr el objetivo de las plantas de compresión en proceso que -  
El objetivo principal es aumentar la presión del gas natural por lo cual se puede afirmar que el e-

-lemento vital del sistema es el motocompresor y se debe garantizar el servicio continuo del mismo mediante la operación y mantenimiento adecuados.

Los tipos de motocompresores instalados en el Distrito Poza Rica son los siguientes:

- 1) CLARK
- 2) COOPER BESSEMER
- 3) INGERSOLL-RAND
- 4) WORTHINGTON.

#### DESCRIPCION DE UN MOTOCOMPRESOR

Un motocompresor consta básicamente de 9 sistemas que lo integran:

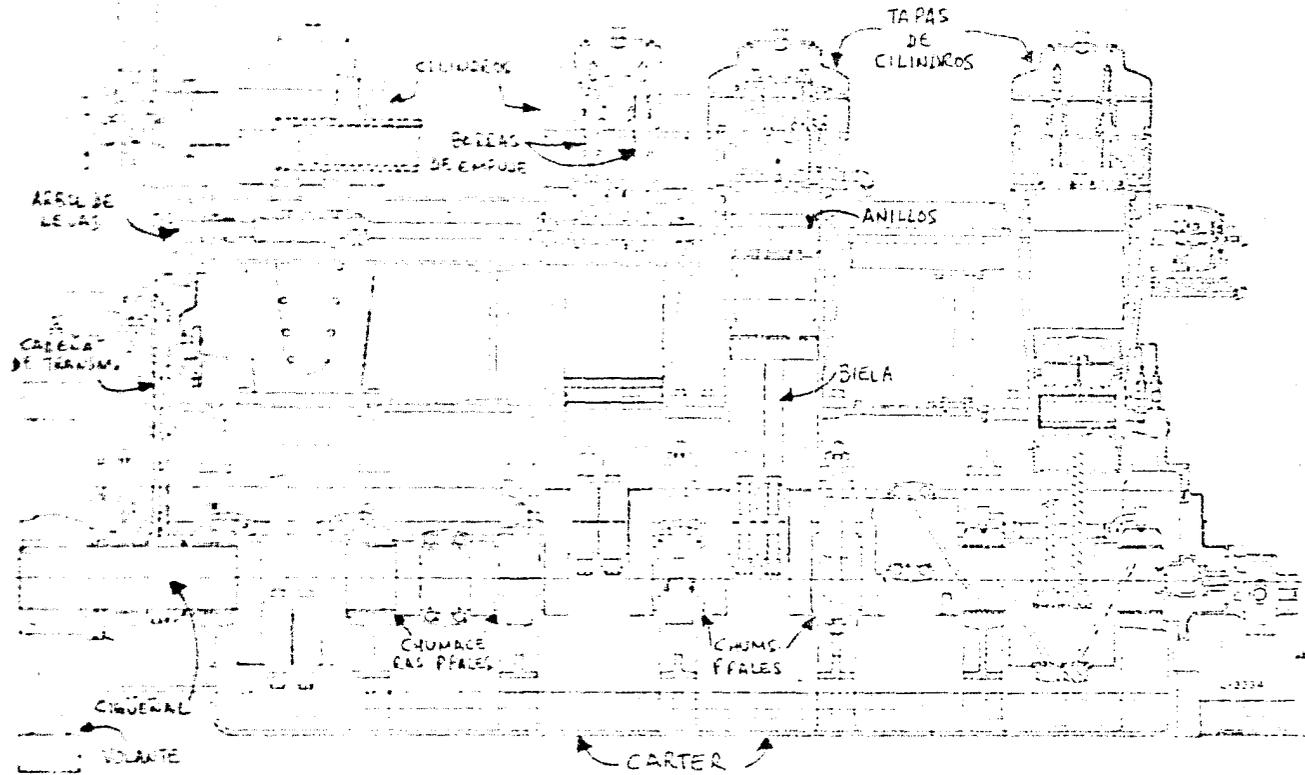
- 1) SISTEMA MOTRIZ
- 2) SISTEMA DE COMBUSTIBLE
- 3) SISTEMA DE ENCENDIDO
- 4) SISTEMA DE LUBRICACION
- 6) SISTEMA DE ENRIAMIENTO
- 7) SISTEMA DE ARRANQUE
- 8) SISTEMA DE COMPRESION DE GAS
- 9) SISTEMA DE PROTECCION Y CONTROL.

### 1) SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz es un conjunto de elementos cuyo objetivo es — transformar la energía térmica del combustible a energía mecánica— (movimiento de rotación del cigueñal).

El Sistema Motriz está constituido de los siguientes elementos:

- cilindros
- embolos
- anillos ( de compresión y de aceite).
- bielas
- tapas de cilindros
- cigueñal.
- Chumaceras principales
- árbol de levas
- cadena de transmisión
- barras de empuje y balancines
- volante
- carter



S I S T E M A M O T R I Z .

Fig. 6

2).- SISTEMA DE COMBUSTIBLE.

Tiene como objetivo entregar al motor el combustible necesario para efectuar la combustión.

El Sistema Combustible está constituido por los siguientes elementos:

filtro

válvula reguladora de presión

acumulador de gas

gobemador

válvula de automática de corte rápido

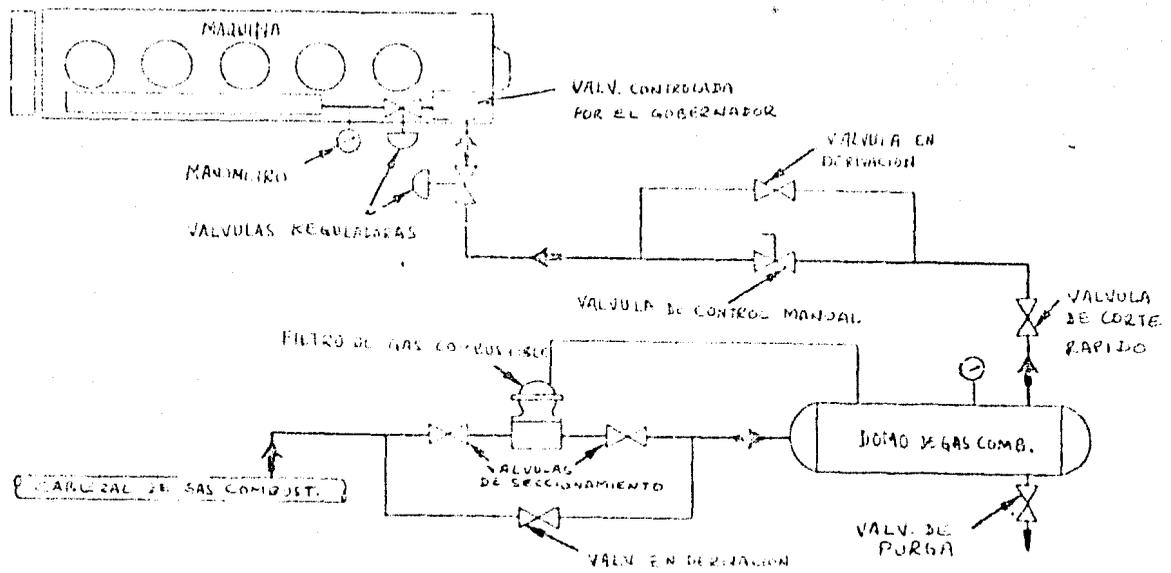
válvulas de inyección de gas

válvula mezcladora (solamente máqs. 4 tiempos)

válvulas de admisión y escape (máqs. 4 tiempos)

múltiple de escape.

silenciador.



SISTEMA DE COMBUSTIBLE .-

Fig. 7

### 3).- SISTEMA DE AIRE PARA LA COMBUSTION

Para efectuar la combustión se requiere la presencia del combustible, el comburente y de una chispa. El comburente de los motores de Combustión Interna es el Óxigeno del aire por lo que es necesario suministrarlo a dichas máquinas.

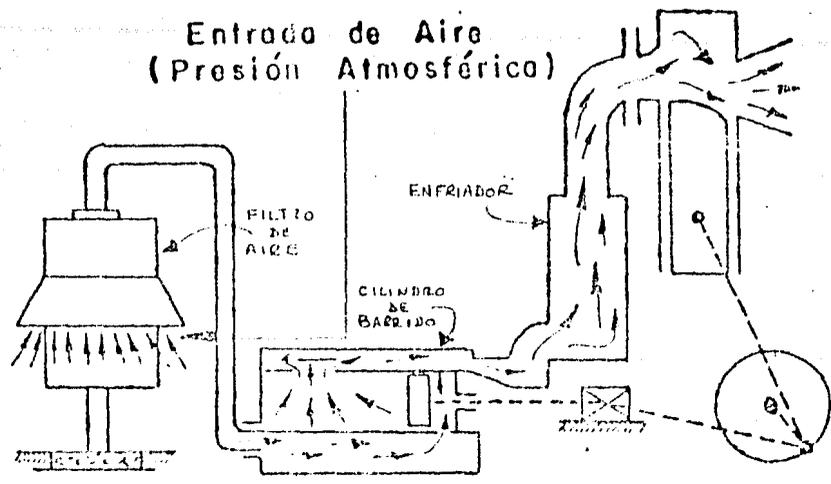
El sistema de aire para la combustión consta de los siguientes --  
elementos:

filtro de aire

cilindros de barrido (motores de 2 tiempos)

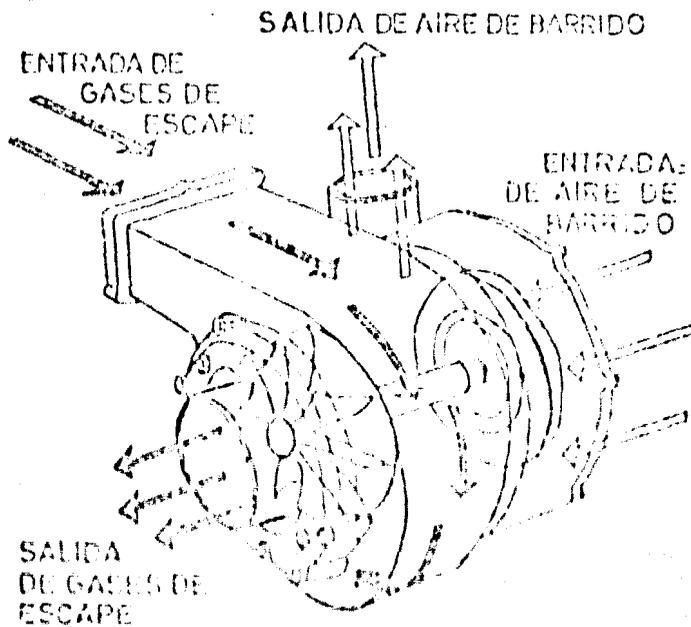
turbocompresor

enfriador de aire.



SISTEMA DE AIRE PARA LA COMBUSTION .-

Fig. 8



TURBO COMPRESOR.

Fig. 9

#### 4).- SISTEMA DE ENCIENDIDO

El sistema de encendido tiene como objetivo suministrar oportunamente en el cilindro correspondiente la chispa que inflame la mezcla Combustible-Comburente.

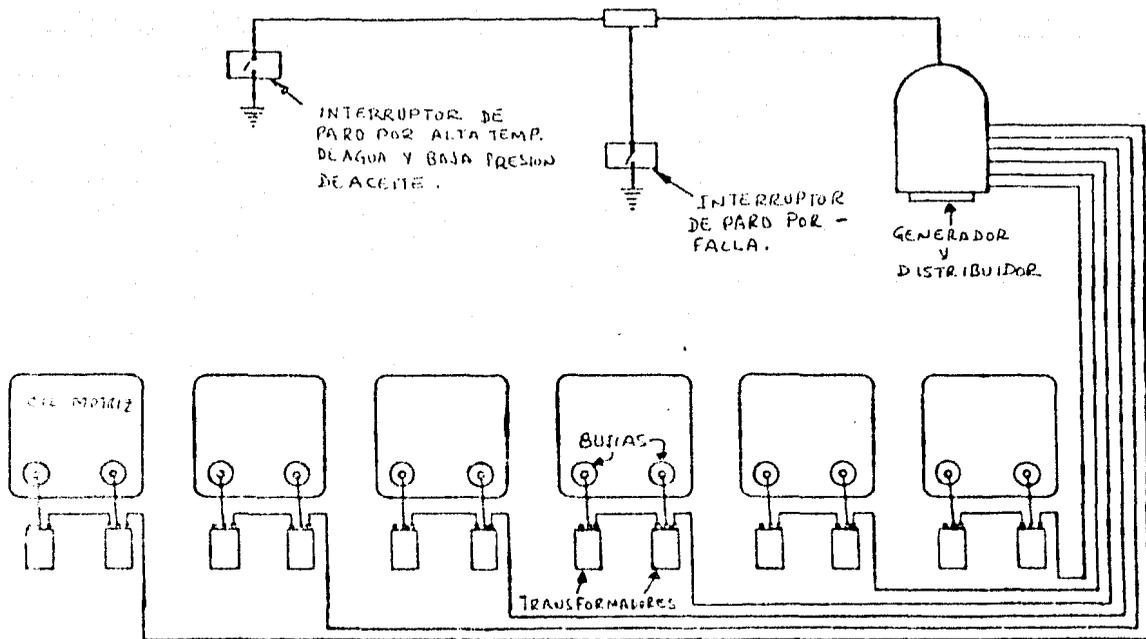
El Sistema de encendido esta constituido por los siguientes elementos:

Generador de energía eléctrica de baja tensión

Distribuidor

transformadores de energía eléctrica

bujías.-



S I S T E M A D E P O R T E N D I D O .

fig. 10

### 5).- SISTEMA DE LUBRICACION

El sistema de lubricación tiene por objetivo reducir la fricción entre piezas móviles, actuando además como refrigerante ya que remueve parte del calor generado por fricción.

Existen 2 tipos de lubricación en los motocompresores:

- 1) Por bomba de engranes.
- 2) Por bombas de embolo (lubricación forzada).

El Sistema de lubricación por Bomba de Engranes consta de los --- siguientes elementos:

Coladera de Succión

Bomba de engranes

Filtro de flujo parcial (primaria)

Filtro de flujo total

Caberal de distribución

Conducciones interiores de cigüeñal y bielas

Válvula termostática

Indicador de nivel.

Enfriador de aceite.

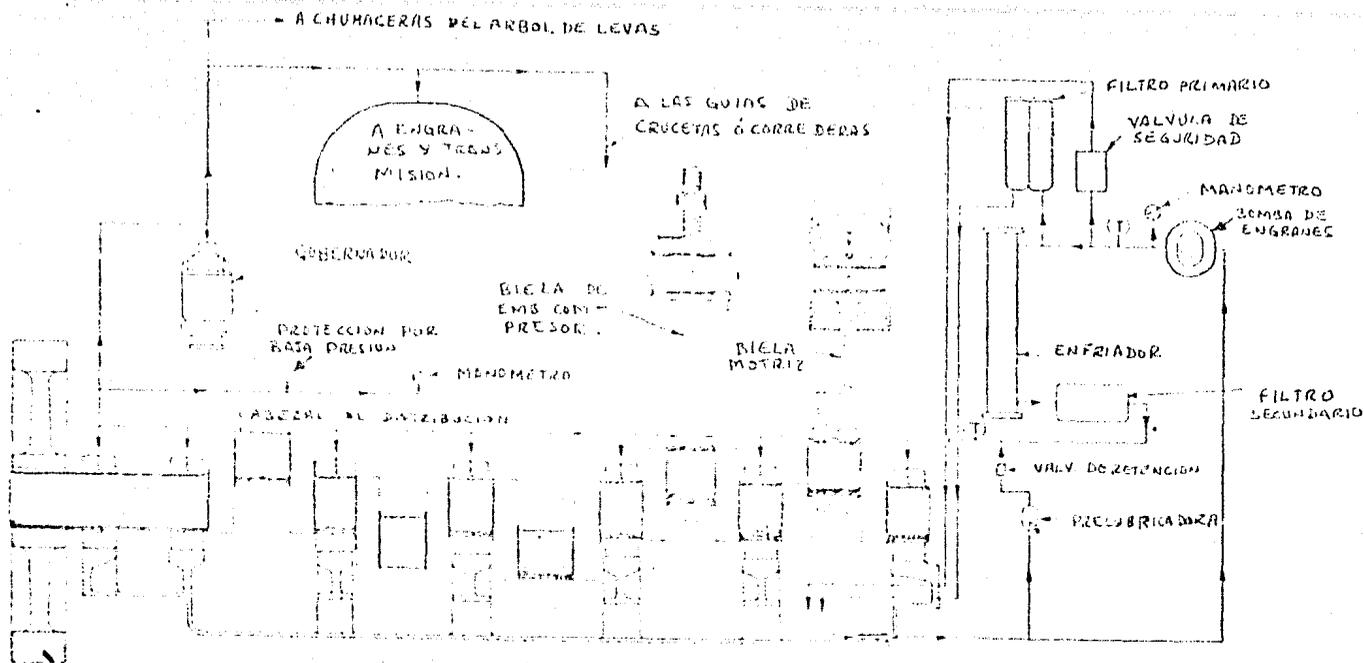
El sistema de lubricación forzada se compone de los siguientes - elementos:

Depósito de aceite

Bombas de embolo

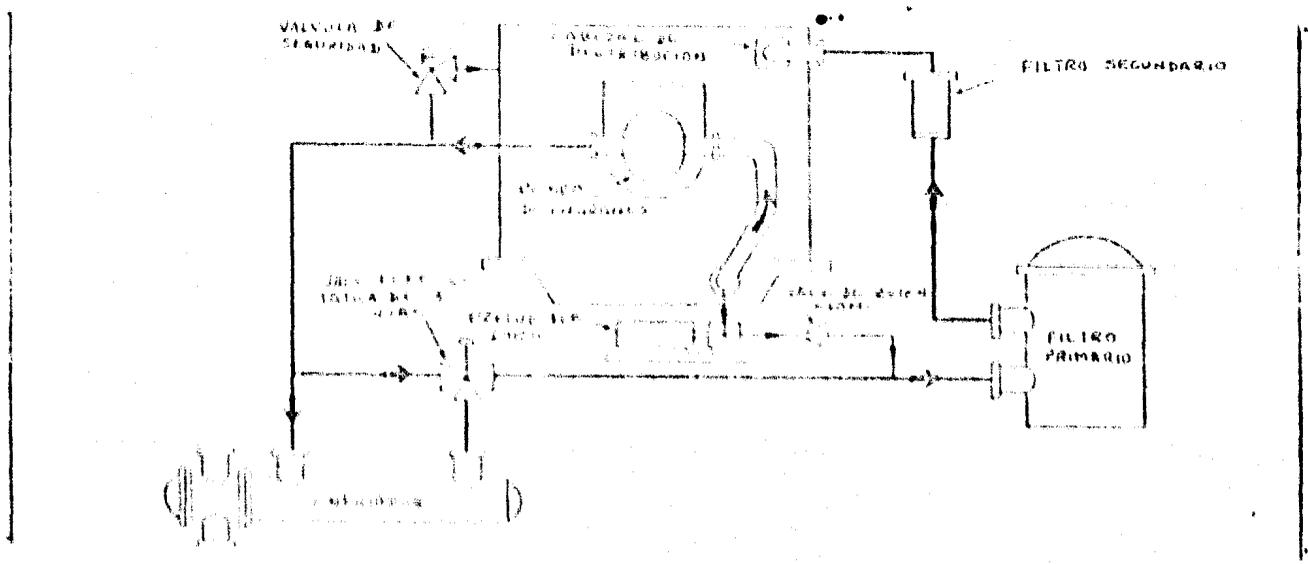
Tuberías de conducción de lubricante

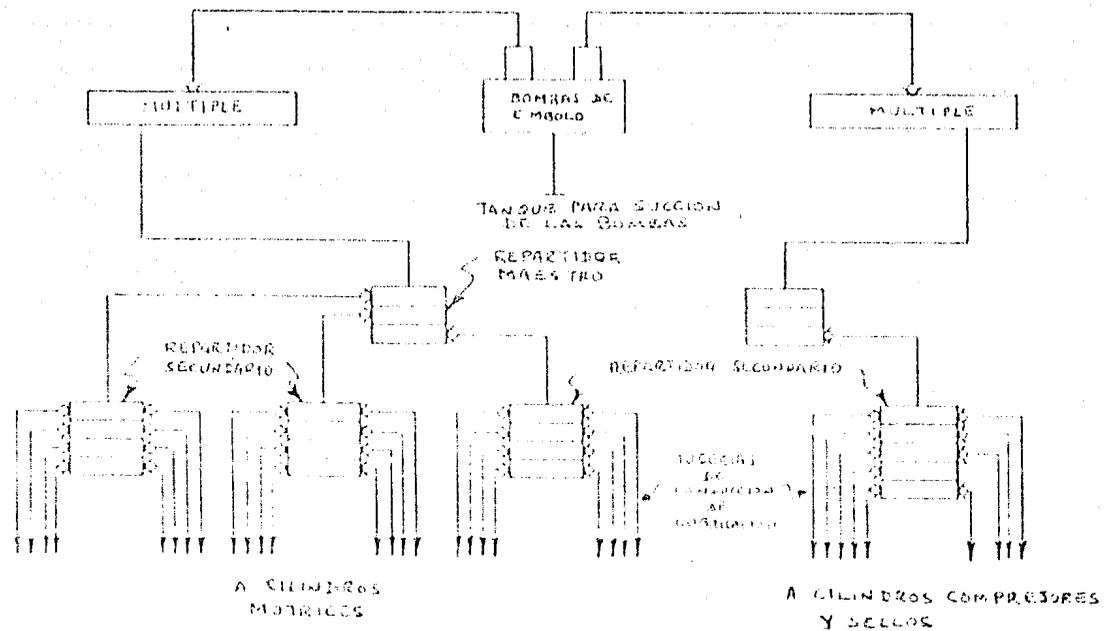
válvulas de retención



SISTEMA DE LUBRICACION.

Fig. 11





SISTEMA DE LUBRICACION FORZADA.

fig. 12

## 6).- SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

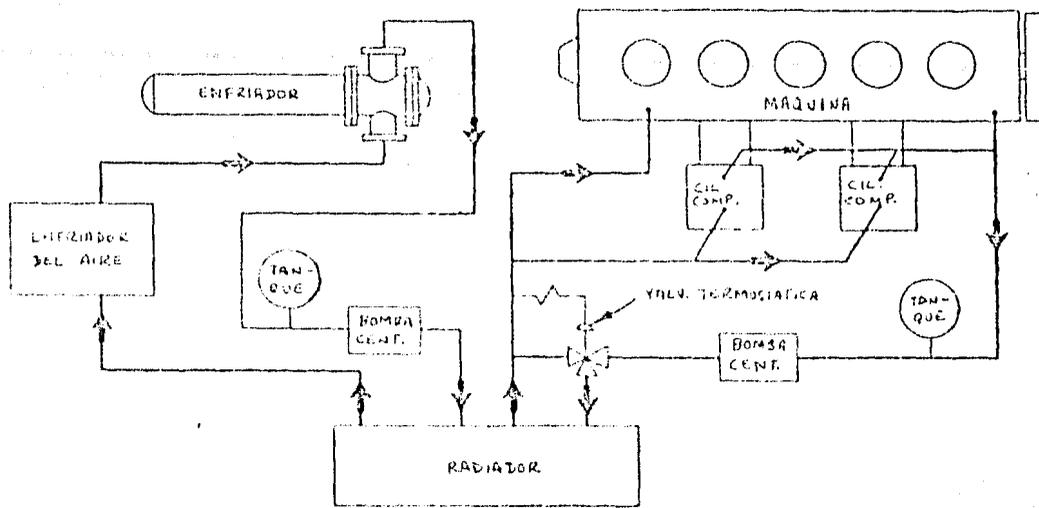
Su función es mantener una temperatura adecuada en los cilindros motrices -- y compresores para el funcionamiento eficiente del motocompresor.

El sistema de enfriamiento está integrado por las siguientes partes:

- Tanque de balance
- Bomba centrífuga
- Cámaras de enfriamiento
- Válvula Termostática
- Tubo de desfogue
- Enfriador.

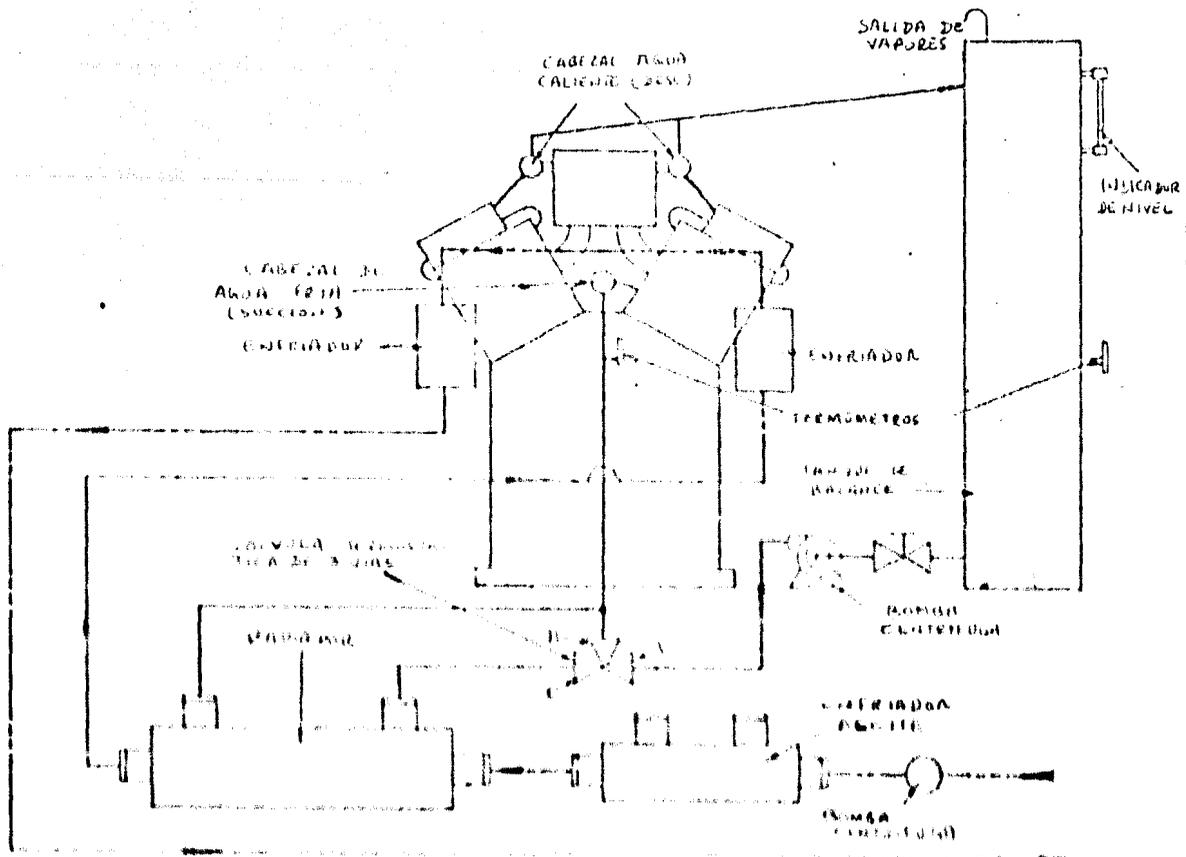
El tipo de enfriamiento para motocompresores puede ser en sistema cerrado ó abierto.

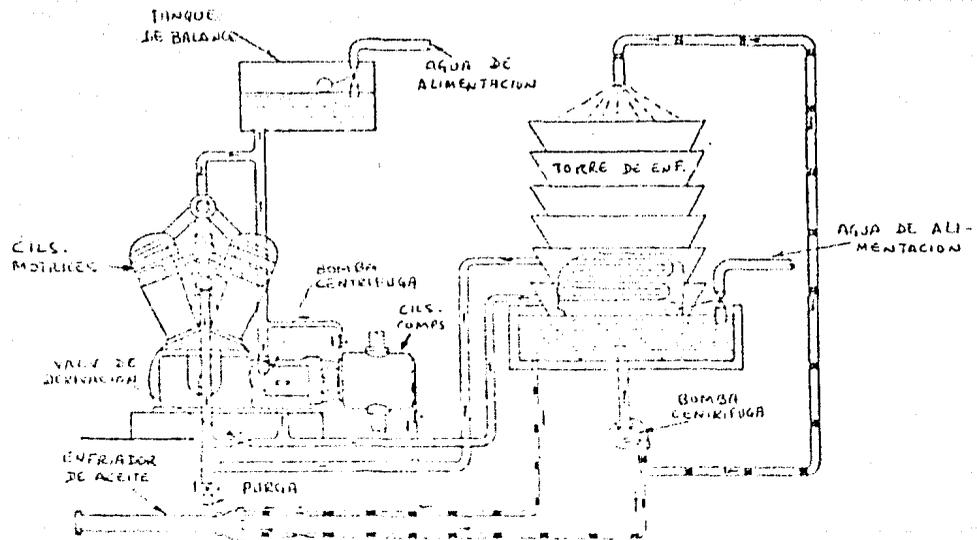
El sistema cerrado contiene tanque de balance y enfriador, y el sistema --- abierto en su lugar tiene una torres de enfriamiento.



SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CERRADO.

FIG 13





SISTEMA DE ENFRIAMIENTO ABIERTO.

fig. 14

### 7).- SISTEMA DE ARRANQUE

El objetivo de este Sistema es vencer la inercia estática que contienen - las partes móviles del motocompresor, lo cual se logra por medio de aire - ó gas comprimido que se suministra a la máquina dependiendo del tipo de - arranque que utilicen.

Los componentes de este Sistema son los siguientes:

Equipo auxiliar de compresión de aire

Distribuidor del aire

Válvulas de retención de aire

turbina de gas (sistema neumático-mecánico)

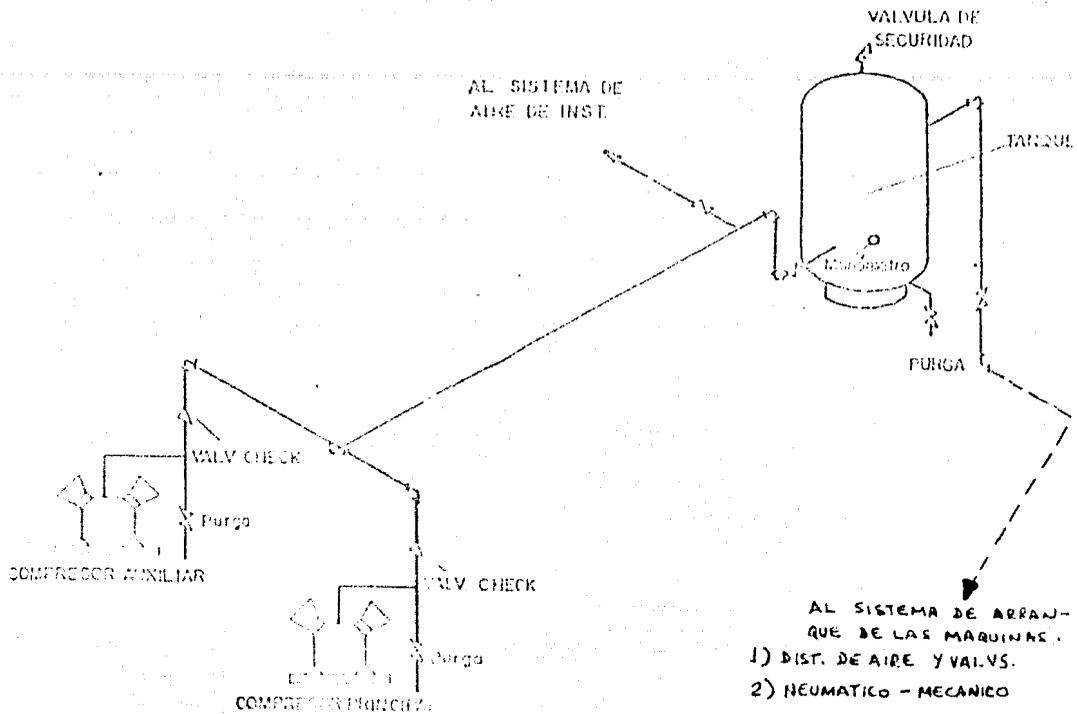


fig. 15

S I S T E M A D E A R R A N Q U E . -

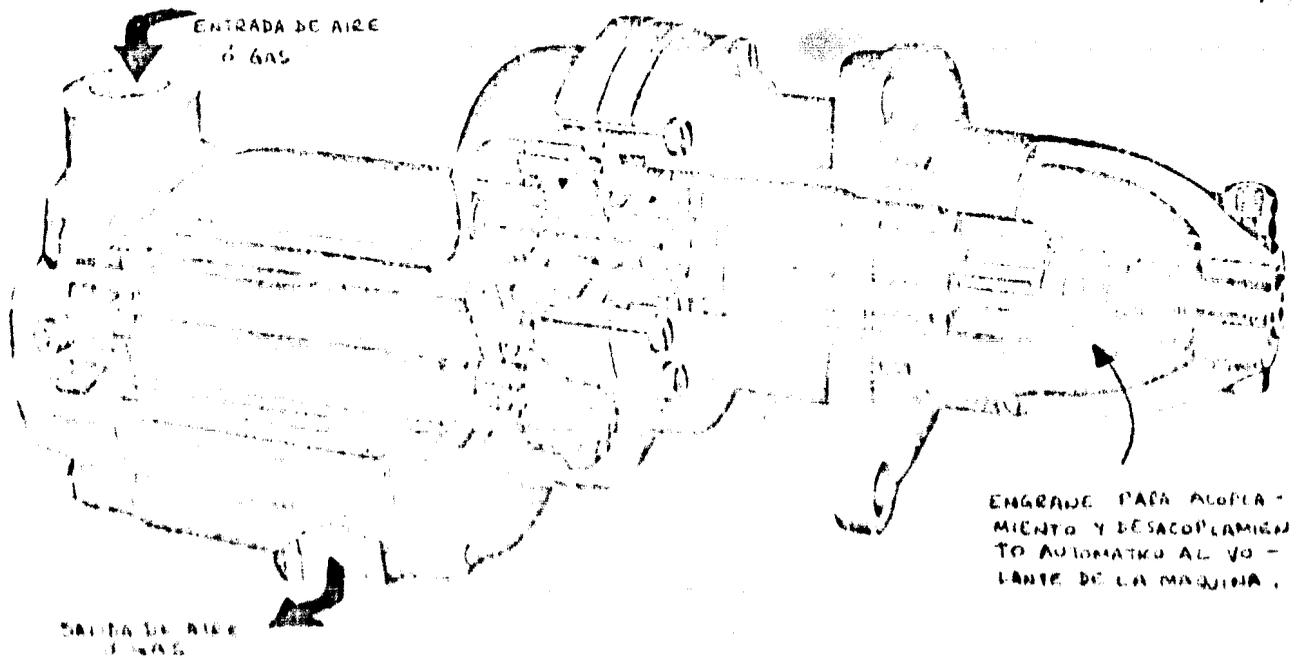


fig. 16

TURBINA DE GAS (NEUMATICO-MECANICO).

## 8) SISTEMA DE COMPRESION DE GAS

Su función consiste en elevar la presión del gas y disminuir el volumen del mismo.

El sistema está formado por las siguientes partes:

Cabezal de Succión

Válvula de Succión

Domos de succión.

Domos de descarga

Válvula de descarga

Válvula de Derivación al quemador

Cilindros compresores

Tapas de cilindros compresores

Válvulas de Succión de compresores

Válvulas de descarga de compresores

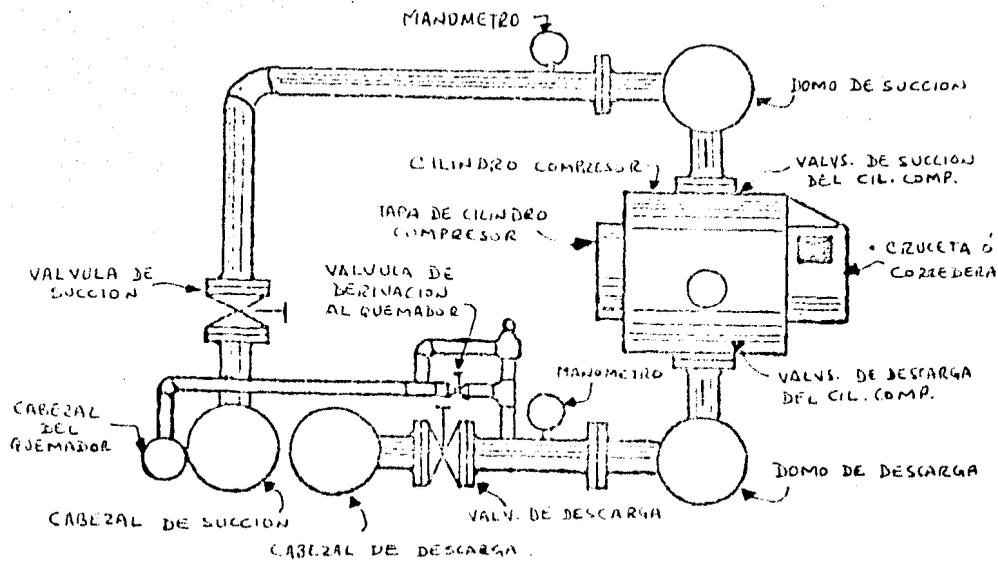
Pistones compresores

Cruceñas ó correderas

Válvulas lifter

Sellos y empaquetadores

Anillos compresores



SISTEMA DE COMPRESION DE GAS .-

fig. 17

9) "SISTEMA DE PROTECCION Y CONTROL"

El objetivo de este sistema es proteger al motocompresor de cualquier variación de las condiciones normales de operación, para evitar los efectos cuando ocurre una falla.

Este sistema consta de una serie de dispositivos que actúan por acción - de presión neumática; distribuidos en las partes de ocurrencia posible -- de falla en los puntos de control del motocompresor, y en conjunto integrados dentro de un tablero de control.

El sistema típico de compresión tiene dispositivos para sacar de operación al motocompresor al ocurrir cualquiera de las siguientes anomalías:

Alta temperatura de agua de enfriamiento

Sobre velocidad del turbo compresor.

Sobre velocidad del motor.

Alta vibración del radiador.

Alto nivel del condensado en separadores .

Alta presión descarga (último paso)

Alta temperatura de descarga (en cada paso).

Baja presión de succión (primer paso).

Baja presión de aceite lubricante.

Baja presión de agua de enfriamiento.

Por medio del tablero de control se puede efectuar lo siguiente:

Arrancar la máquina.

Parar la máquina.

Localizar la causa de paro por falla.

Conocer las condiciones de operación.

OPERACION DEL MOTOR.

Para hacer trabajar un motor de combustión interna se necesitan tres elementos: combustible, comburente y encendido. Estos, al reaccionar en el interior de la cámara de combustión liberan su energía e impulsan el émbolo hacia abajo, haciendo girar al cigueñal que a la vez transmite ese movimiento mediante una biela al émbolo del cilindro compresor, comprimiendo así el gas que se haya introducido al propio cilindro.

Para introducir el gas combustible al cilindro de fuerza es necesario que el árbol de levas gire y empuje un brazo, que mediante un balancín acciona la válvula de admisión y se introduzca el gas combustible al cilindro, mediante la presión del mismo.

Para introducir el aire al cilindro motriz y efectuar la mezcla explosiva, generalmente se utiliza un compresor de aire que se denomina cilindro de aire de barrido, o bien un compresor centrífugo impulsado por los gases de la combustión que se denomina turbocargador..

Para hacer que se encienda la mezcla aire-gas, es necesario una chispa eléctrica producida en una bujía alimentada por generadores de energía eléctrica, acoplados mecánicamente al cigueñal.

Al trabajar normalmente un motocompresor lo que sucede es lo siguiente: el émbolo está en la parte superior de su carrera, al empezar su descenso, el cigueñal transmite movimiento al árbol de levas, haciendo accionar la válvula de gas combustible, e introduciéndose éste al cilindro. Sigue descendiendo el émbolo y al quedar libres los tubos del aire de barrido entra éste al cilindro formando la mezcla aire-gas ; al empezar a ascender nuevamente el émbolo se empieza a comprimir la mezcla y antes de llegar a su punto máxi

-no superior, el generador Eléctrico manda corriente a la bobina y a la bujía respectiva, encendiendo la mezcla. Esta explosión hace descender el émbolo, que al pasar por las luneteras de escape expulsa los gases quemados y admite nuevamente gas combustible y aire.

En cada ciclo del movimiento del émbolo motriz, se hace girar una vuelta --- completa al cigüeñal y éste a su vez transmite el movimiento al émbolo compresor.

### OPERACION DEL COMPRESOR

El gas es comprimido por medio de compresores de émbolo.-

Los compresores de émbolo se clasifican de acuerdo con el número de etapas, el tipo de acción y el número de cilindros.

Las etapas del compresor nos indican el número de veces que el compresor --- eleva la presión. Generalmente los compresores de gas son de dos ó tres etapas.

Por su acción los compresores de émbolo se dividen en compresores de simple y doble acción..

a) COMPRESORES DE SIMPLE ACCIÓN.- La compresión se efectúa por la parte superior del émbolo y el proceso se realiza en la siguiente forma:

Por cada vuelta del cigüeñal el émbolo compresor recorre dos veces el espacio comprendido entre el punto muerto inferior, siendo una de las carreras de succión y la siguiente de compresión.

La carrera de succión principia cuando el émbolo se encuentra en el punto --- muerto superior y viaja hacia el (P.M.I.) creando un vacío.

En la parte exterior de la válvula actúa la presión del cabezal de succión --

al vacío que hay en el interior del cilindro, vence la presión del resorte - que mantiene a la válvula de succión cerrada, penetrando el gas en el cilindro.

Dicho cilindro continúa admitiendo combustible hasta que el émbolo llega al P.M.I.

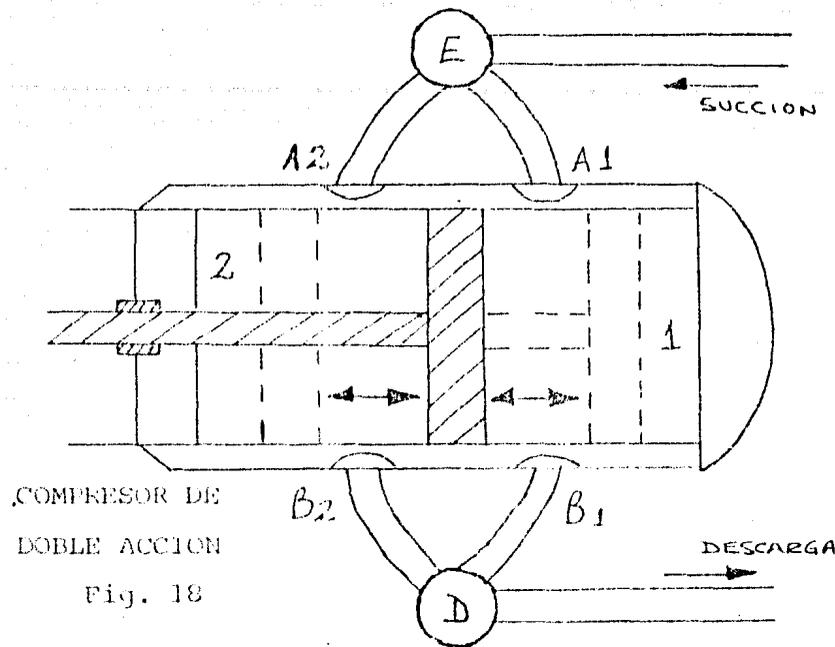
A continuación, el émbolo inicia la carrera de compresión: el gas es reducido de volumen con el consiguiente aumento de presión.

Cuando la presión en el interior del cilindro es ligeramente mayor que la - presión en el cabezal de descarga la válvula cerrada es vencida y el gas - contenido en el interior del cilindro es expulsado al enfriador y de ahí al siguiente paso.

COMPRESORES DE DOBLE ACCION. - En éstos, la compresión se efectúa por las - dos caras del émbolo en forma alternada..- Ver. fig. 18.-

El proceso es el siguiente:

Supongamos que el émbolo se encuentra en el P.S.; al viajar hacia el P.M.I. se abre la válvula de succión A1, penetrando gas al cilindro durante toda la carrera; a continuación, el émbolo inicia la carrera de retorno, el -- gas que se encuentra en el lado "1" es comprimido y en el lado "2" se abre la válvula A2 penetrando gas al cilindro.



COMPRESOR DE  
DOBLE ACCION

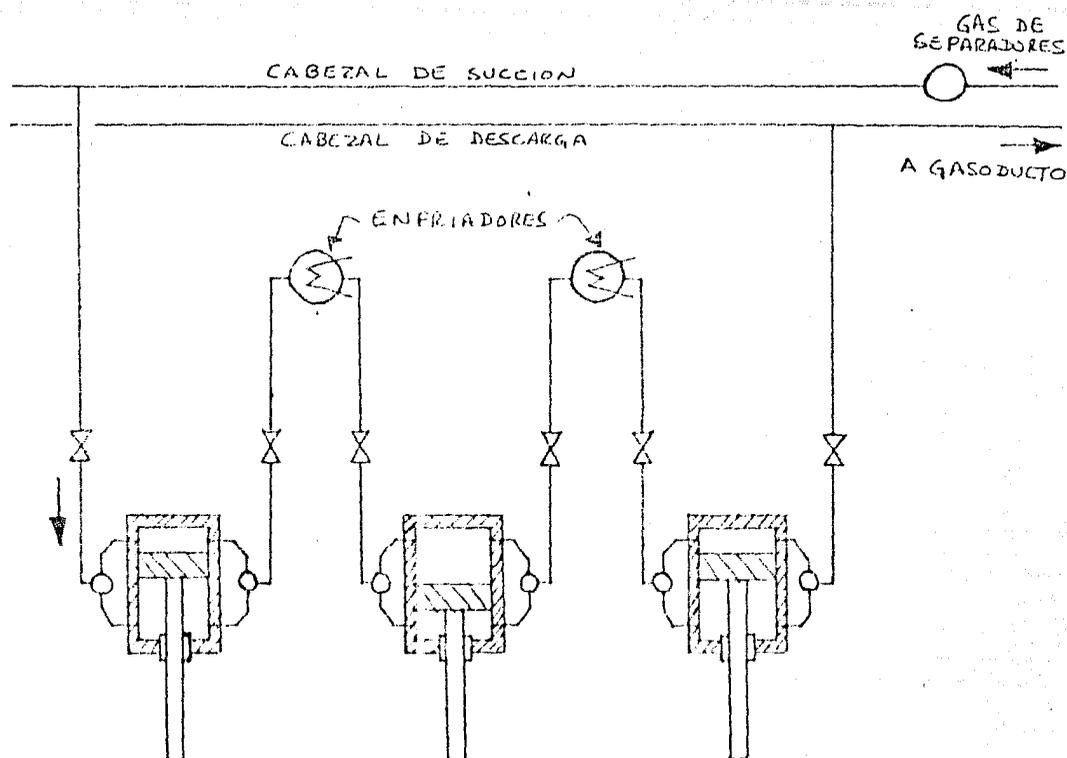
Fig. 18

El gas en el lado "1" al alcanzar una presión un poco mayor que la presión en el cabezal "D", empuja la válvula de descarga B1 abriéndola y pasa al cabezal "D" y luego al enfriador para ser elevado a una presión mayor en el siguiente paso.

Al llegar el émbolo al P.M.S. queda una pequeña cantidad de gas en el volumen comprendido en el espacio muerto, con una presión igual a la del cabezal "D", el lado "2" del cilindro ha quedado lleno de gas y la válvula de succión A2 cerrada.

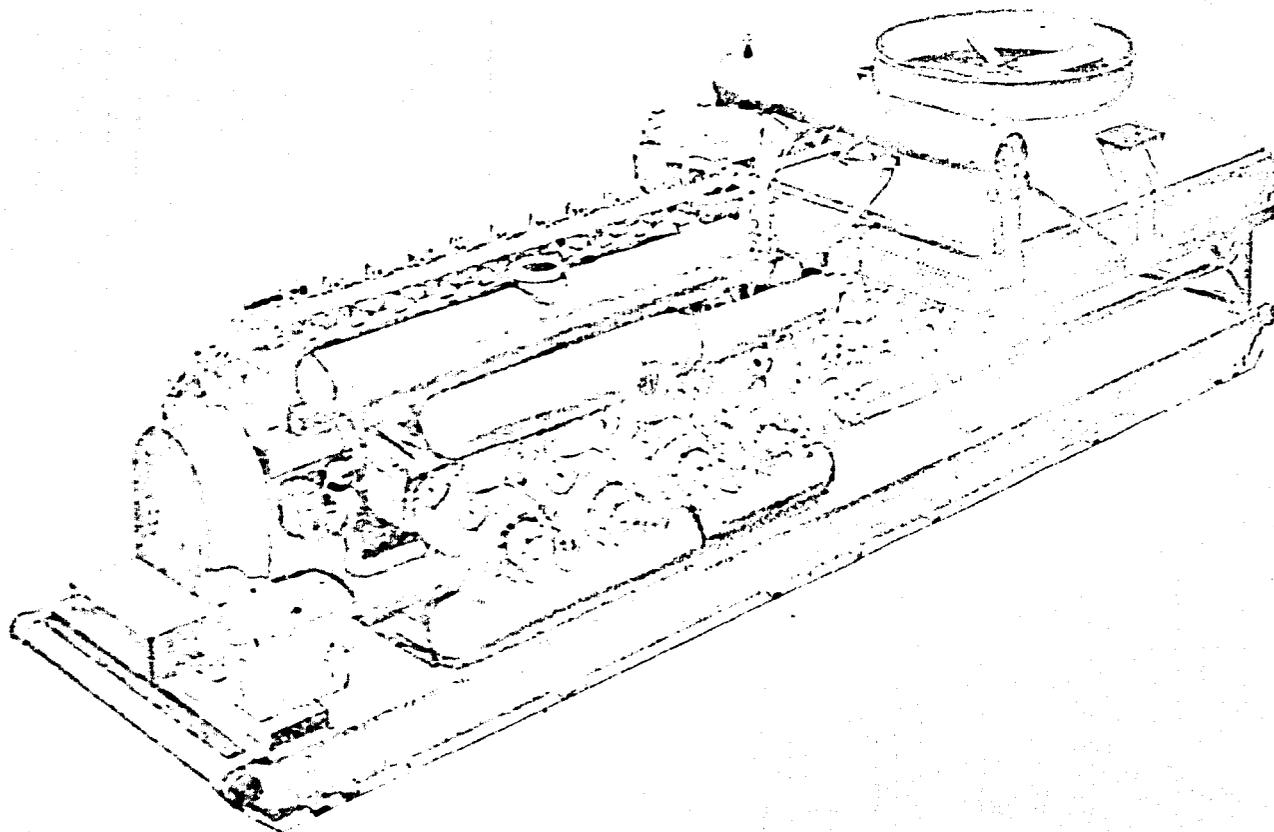
Al viajar el émbolo hacia el P.M.I., la presión del gas que quedó encerrado en el espacio muerto del lado "1" disminuye, pero el gas del cabezal de succión "E" no podrá introducirse en el cilindro hasta que la presión en el interior sea menor, entonces la válvula de succión A1 se abre y penetra el gas.

Al viajar el émbolo hacia el lado "2", el gas admitido en la carrera anterior se comprime hasta elevar a la presión del cabezal de descarga, la válvula B2 se abre y es expulsado el gas; el émbolo retorna al punto "1" y se repite el ciclo.



COMPRESION DE GAS EN TRES PASOS. Fig. 19

En una compresora de varios pasos, el gas comprimido en el primer paso -- aumenta su presión y temperatura, por lo que deberá enfriarse, ya que de lo contrario al volver a comprimirlo en la segunda etapa aumentaría más su temperatura con consecuencias graves para el equipo, si es que no está diseñado para soportarlas. La Fig. 19 muestra esquemáticamente el paso de gas a través de cilindros, compresores y enfriadores.



M O T O R C O M P R E S S O R C L A R K H M B - 1 0

Fig. 20

### ARRANQUE DE UN MOTOCOMPRESOR:

Para poner en servicio a una motocompresora es necesario en primer lugar, sacar de su estado de reposo a todas las partes móviles de la máquina: en --- otras palabras, vencer su inercia estática, ya que si tratáramos de arrancar al motor partiendo del reposo, tendríamos que provocar fuertes explosiones - en la cámara de combustión para poner en movimiento la máquina y para sopor---tarlas se tendría que modificar el diseño de la misma.

Otra de las razones por las que no se puede arrancar un motor partiendo del---reposo, consiste en que el Generador Eléctrico requiere de movimiento en su---eje para producir el voltaje necesario, que elevado por la bobina produzca - la chispa entre los electrodos de la bujía y encienda la mezcla aire-combus---tible.

SISTEMAS DE ARRANQUE. Existen varias formas de arrancar el motor de un moto---compresor, las cuales se explican a continuación:

Sistema mecánico: Consiste de un motor de combustión interna que embraga -- por medio de un piñón a un anillo dentado que se encuentra en el volante del motocompresor. Se arranca el motor de gasolina y una vez que está trabajan---do se embraga al volante de la motocompresora mediante una palanca haciéndolo girar.

Sistema neumático-mecánico: Consiste de un rotor que es accionado por aire---a presión, acoplado al motocompresor mediante un sistema de embrague. Para---hacerlo funcionar es necesario mandar aire al rotor de arranque, el cual -- se embraga automáticamente al volante del motocompresor haciéndolo girar. Al---dejar de mandar aire al rotor de arranque, éste se desembraga automáticamen---te. Ver Fig. 10.

Sistema neumático: Este sistema es el más comúnmente usado en el arranque---

de motocompresores y consiste en lo siguiente:

Un grupo de válvulas piloto que son accionadas por el árbol de levas y válvulas de retención que están en las cabezas de los cilindros motores

Al mandar aire al cabezal de aire de arranque, éste pasará por las válvulas piloto que hayan sido abiertas por el árbol de levas, entrando después por las válvulas de retención de los cilindros cuyos émbolos estén en su punto muerto superior o en descenso, impulsando los émbolos hasta hacer girar la máquina a la velocidad requerida.

PRECAUCIONES PREVIAS AL ARRANQUE. Es necesario verificar el estado en que se encuentra el motocompresor antes de ponerlo en servicio, en una práctica que todo operador deberá observar ya que éstos representa evitar un peligro tanto para la persona que está operando como para el equipo mismo.

Antes de poner en servicio un motocompresor deberán observarse los puntos siguientes:

- a) Que no hayan quedado sobre la máquina herramientas, estopa, instrumentos, etc.-
- b). que estén conectadas todas las líneas de lubricación.
- c). Ajustar el regulador de presión de gas combustible para mantener 30 Lbs. (pulg.<sup>2</sup>) Esta presión es sobre la base de que el gas combustible de 1000 B.T.U. por pie cúbico.
- d).- que estén abiertas las válvulas de entrada y salida del agua a la máquina, cilindros, compresores, enfriadores de aceite e interfridores para asegurarse de que no hay fugas.
- e) Asegurarse de que el interruptor de seguridad de la presión del aceite este en la posición de "abierto"

f) Verificar que la máquina tenga un nivel de aceite normal en el carter, en caso contrario, agregar la cantidad necesaria hasta la marca superior del cristal del nivel.

Manteniendo el nivel de aceite normal, evitamos que la bomba de aceite se quede sin succión y consecuentemente falle la lubricación a las diferentes partes de la máquina (bielas, émbolos, levas, bujes, etc.)

g) Prelubricar la máquina, evitando así, que todas las partes móviles del motor sufran desgaste por falta de lubricación al arranque.

h) Darle unas cuatro vueltas completas a todas las manijas del filtro secundario, barriendo así suciedad que se haya podido acumular, evitando al mismo tiempo, que baje la presión de aceite antes de llegar a las piezas del motor.

i) Verificar que estén normales los niveles de los lubricadores.

j) Ver que estén conectados los cables de las bobinas a las bujías.

k) En las máquinas con enfriamiento propio, si la bomba de agua tiene transmisión por bandas, éstas deberán estar suficientemente tensas.

l) Todas las máquinas de los campos de compresoras del Distrito de Poza Rica a excepción de los Campos PE-II y PR-V son autoenfriadas, es decir, están equipadas con una o dos bombas de agua; por lo que deberá cerciorarse que la parte del tanque de agua tratada esté lleno, evitando así que la bomba se quede sin succión, trayendo como consecuencia calentamiento excesivo en la máquina o paro de la misma por acción de la protección.

m) El autoarrancador está equipado con radiador y abanico para enfriamiento de aceite, gas y agua y la transmisión es por sistema hidráulico, revisar que haya nivel de aceite en la succión correspondiente.

n) Las válvulas de succión, descarga y derivación (by pass) deberán estar operadas del siguiente modo:

SUCCION: primero, segundo y tercer paso, cerradas.

DESCARGA: primero, segundo y tercer paso, cerradas.

DERIVACIONES (by pass) al quemador: todas abiertas.

- o) Darle vuelta a la máquina manualmente con la barra para asegurarse de que gira libremente y de que todos los compresores estén descargados de gas - y sin líquido.

Si los compresores están cargados, descargarlos cerrando las válvulas de succión y de la descarga abrir la derivación al quemador

PROCEDIMIENTO PARA PONERLA EN MARCHA. Poner en marcha un motocompresor -- es ejecutar una serie de movimientos que se resumen en la forma siguiente:

- a) Abrir la válvula de entrada al cabezal de aire de arranque, para eliminar por medio de la válvula de purga de aire el condensado que se puede haber acumulado, evitando así que falle el encendido de la máquina al mojarse la bujía.
- b) Si la máquina es de arranque manual, colocar el interruptor de aciete en posición de abierto.
- c) Cerrar la válvula de purga de aire del cabezal de aire de arranque.
- d) Accionar el gobernador para que la máquina desarrolle 250 R.P.M. si la velocidad de la máquina es de 330; y 400 R.P.M. si la velocidad de la máquina es de 600 R.P.M. (aproximadamente el 60% de la velocidad de trabajo).
- e) Abrir la válvula de entrada de aire de arranque hasta que la máquina dé -- unas diez o doce revoluciones para expulsar el gas combustible, esta precaución ayudará a evitar explosiones en el sistema de escape.
- f) Después poner el interruptor de seguridad de la presión del aceite en posición de cerrado y empezar a abrir lentamente la válvula de gas combustible. Una vez que la válvula esté una cuarta parte abierta, la máquina comenzará a quemar combustible.

- g) Si la máquina ha sido equipada con manómetros entre la válvula de la línea de gas y la válvula de gas del gobernador este manómetro debe ser bien vigilado al arrancar la unidad. Si la máquina no comienza a quemar combustible cuando la presión llegue a nueve libras por pulgada<sup>2</sup>., cerrar inmediatamente el gas, el aire de arranque y abrir el interruptor de la presión de aceite e investigar la causa por la que la máquina no arrancó.
- h) Una vez arranque la máquina, cerrar la válvula de aire de arranque y abrir la purga del cabezal de aire.
- i) Verificar la presión del manómetro del aceite en el tablero de instrumentos para asegurarse de que la bomba y todo el sistema de aceite están trabajando correctamente.

Si el manómetro no marca presión después de unos segundos de haber arrancado, parar la máquina inmediatamente,. El manómetro debe tener 2 1/2 -- Kg/cm<sup>2</sup>.

En estas condiciones la máquina estará trabajando " en vacío", es decir-- sin carga, ya que los cilindros compresores no están comprimiendo gas.

## PROCEDIMIENTO PARA DAR CARGA A LOS CILINDROS COMPRESORES.

Una vez que la motocompresora esté trabajando correctamente, lo más importante es que sus cilindros compresores estén cargados, es decir, que estén comprimiendo gas. Para dar carga al compresor deberán efectuarse las operaciones que se detallan a continuación:

- a) Acelerar la máquina hasta su velocidad de trabajo.
- b) Si se destaparon los cilindros compresores, abrir un poco las succiones - y dejar las derivaciones abiertas con objeto de purgar el aire que se haya quedado en los cilindros, evitando así mezclas explosivas.
- c) Cerrar las válvulas de succión.
- d) Abrir lentamente la válvula de descarga del tercer paso y cerrar al mismo tiempo la válvula de derivación al quemador.
- e) Abrir lentamente la válvula de descarga del segundo paso y cerrar la válvula de derivación al quemador.
- f) Abrir lentamente la válvula de succión del tercer paso, la válvula de --- succión del segundo paso y la válvula de succión del primer paso, hasta tener la presión de succión de trabajo.
- g) Observar que la máquina no haya bajado su velocidad, si no, accionar el - gobernador hasta obtener la velocidad de trabajo .
- h) Cerrar lentamente la válvula de derivación de aceite a la bomba de aceite hasta obtener una diferencia de temperatura de agua de enfriamiento de --  $8^{\circ}\text{C}$  ( $70-78^{\circ}$  aproximadamente).
- i) Por medio del pirómetro múltiple, deberá comprobarse que la temperatura de los gases de escape en la salida de los cilindros motrices sea la misma en cada uno de ellos (aproximadamente de  $375^{\circ}\text{C}$ ).
- j) Comprobar que las presiones en la succión y en la descarga de cada uno de los pasos de compresión sea normales.

PRECEDIMIENTO PARA QUITAR CARGA A UNA COMPRESORA

Quitarle carga a una compresora es dejarla trabajando en vacío, es decir que todos los cilindros compresores estén descargados, que no estén comprimiendo gas. Esto se logra cerrando las válvulas de succión y descarga, y abriendo las válvulas de derivación al quemador, para lo cual deben hacerse las operaciones siguientes:

- a) Accionar el gobernador para bajar la velocidad de la máquina de 100 a 150 R.P.M.
- b) Cerrar la válvula de succión del primero, segundo y tercer paso, observando que la máquina no se acelere (en caso necesario accionar el gobernador).
- c) Cerrar la válvula de descarga del primer paso y abrir la válvula de derivación al quemador; haciendo lo mismo en el segundo y tercer paso.
- d) Abrir la válvula de derivación de aceite a la bomba de aceite del abanico evitando así que se acelere éste.-

PROCEDIMIENTOS PARA FUERA DE SERVICIO EL MOTOCOMPRESOR.

Poner fuera de servicio motocompresor significa parar el motor del mismo. - En caso de una emergencia debido a alguna falla que pueda traer consecuencias mayores como, rotura de algún empaque golpeteo fuerte en alguna parte del motocompresor: éste se deberá parar inmediatamente cerrando la válvula de entrada del gas combustible. Estos movimientos únicamente deben hacerse como ya se dijo, en caso de emergencia y sin descarga los cilindros compresores, ya que se perdería tiempo al efectuar muchos movimientos. Al parar el motocompresor súbitamente sufre un fuerte calentamiento ya que si es autenfriada el agua deja de circular.

Cuando se quiera sacar de servicio un motocompresor por cualquier causa que no sea de emergencia, deberán observarse los puntos siguientes:

- a) Una vez que se le haya quitado la carga, dejarla trabajando unos 5 minutos; cerrar totalmente la válvula de gas combustible, lo cual parará la máquina.
- b) Poner el interruptor de encendido en posición de abierto.
- c) Revisar y acondicionar la máquina para ponerla nuevamente en servicio.

## CONTROL DE OPERACION

Este punto es uno de los más importantes para obtener un buen funcionamiento de la máquina, mayor eficiencia de la misma y el mínimo mantenimiento -- por lo tanto, deberá observarse sumo cuidado en mantener las condiciones --- de operación especificadas, así como los cuidados indicados al ponerla y -- sacarla de servicio.

Las condiciones de operación de las diferentes marcas y modelos de compresoras instaladas son muy variadas, por lo cual se señalarán en forma general:

1) CONTROL DE PRESIONES. Deberán conservarse las presiones de succión especificadas en cada uno de los pasos, ya que un aumento de éstas representa una sobrecarga para la máquina, teniendo como consecuencia desgaste más rápido de sus piezas. Las presiones de descarga entre pasos aún -- cuando no se puedan controlar, deberá tenerse cuidado de mantenerlas en los límites de especificación, pues de lo contrario bajará la eficiencia volumétrica del compresor . La presión de descarga es condición -- de trabajo y aún cuando no se pueda controlar, deberá tomarse en cuenta cualquier variación en ella ya que esto puede deberse a obstrucción del gasoducto, lo cual será un índice de necesidad de mantenimiento del --- mismo.

Deberá tenerse sumo cuidado en que la presión de aceite de lubricación al motor no baje de 2 kg/cm<sup>2</sup>. después del filtro, porque se correría el peligro de deficiencia de lubricación en las piezas móviles y por consecuencia desgaste.

La presión de agua de enfriamiento a la entrada de las máquinas, no deberá ser menor de 1.4 Kg. /cm<sup>2</sup>, puesto que disminuiría el flujo y por consecuencia aumentar la temperatura.

Si el motocompresor es turbocargado deberá controlarse la presión de aire -- de barrido, pues esa presión influye en la eficiencia de la combustión.

La presión de gas combustible después del regulador de la máquina deberá conservarse en los límites especificados, ya que si aumenta o disminuye ésta, -- tendremos deficiencia en la combustión.

#### CONTROL DE TEMPERATURAS

La temperatura del gas combustible no es controlable. Las temperaturas de -- cascarga deben vigilarse que estén dentro de los límites especificados, para no tener fallas en la lubricación del árbol y daños debidos al sobrecalentamiento.

La temperatura del agua de enfriamiento no podrá tener una diferencia mayor de 10°C entre la entrada y salida de la máquina, porque al aumentar esta diferencia podrían romperse las paredes de las cámaras de enfriamiento por fuerza de las risas.

La temperatura de aceite no deberá ser mayor de 65°C a la entrada de la máquina, ya que si aumentara ésta, bajaría la viscosidad del aceite y se tendría como consecuencia deficiencia en la lubricación.

La temperatura de salida de los gases de escape en los cilindros de fuerza -- debe vigilarse cuidadosamente para que esté dentro de los límites especificados, generalmente entre 350°C a 380°C, porque una variación grande entre -- las temperaturas de escape de cada uno de los cilindros, representa diferencia de trabajo entre los mismos, teniendo como consecuencia desbalanceo del motor.

La temperatura de aire de barrido debe mantenerse entre los límites especificados, puesto que un aumento de ésta, podría tener como consecuencia baja eficiencia de trabajo en el motor.

CONTROL DE VELOCIDAD. La velocidad del motor deberá mantenerse en las revol-

luciones especificadas porque un aumento de la velocidad ocasiona exceso de trabajo en las partes móviles y por consecuencia mayor desgaste.

CAPACIDAD.- La capacidad volumétrica de la compresora es condición de diseño de la misma y de la buena operación y mantenimiento que se le preste, -- por lo que se debe tener especial cuidado en mantener y controlar correctamente las condiciones de operación especificadas.

## 2.- OPERACION DE SEPARADORES UTILIZADOS EN LAS PLANTAS DE COMPRESION DE GAS.-

---

Medios usuales de Separación.- En todas las épocas, el hombre ha tenido el problema de separar cuerpos en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea por que no tienen ninguna aplicación para el fin que se persigue, o por encontrarse en una fase no conveniente a sus necesidades.

Esta separación se puede obtener de diferentes maneras, dependiendo de la fase en que se encuentren los cuerpos a separar. Así, es posible encontrar medios de separación muy antiguos, pero no por esto menos efectivos, tales como LA CRIBA, usada para la separación de sólidos como grava y arena de acuerdo con su tamaño. EL FILTRO DE AGUA, en el cual se hace pasar el agua con impurezas o materias en suspensión, a través de un medio poroso capaz de retener esas impurezas y dejar pasar el agua.

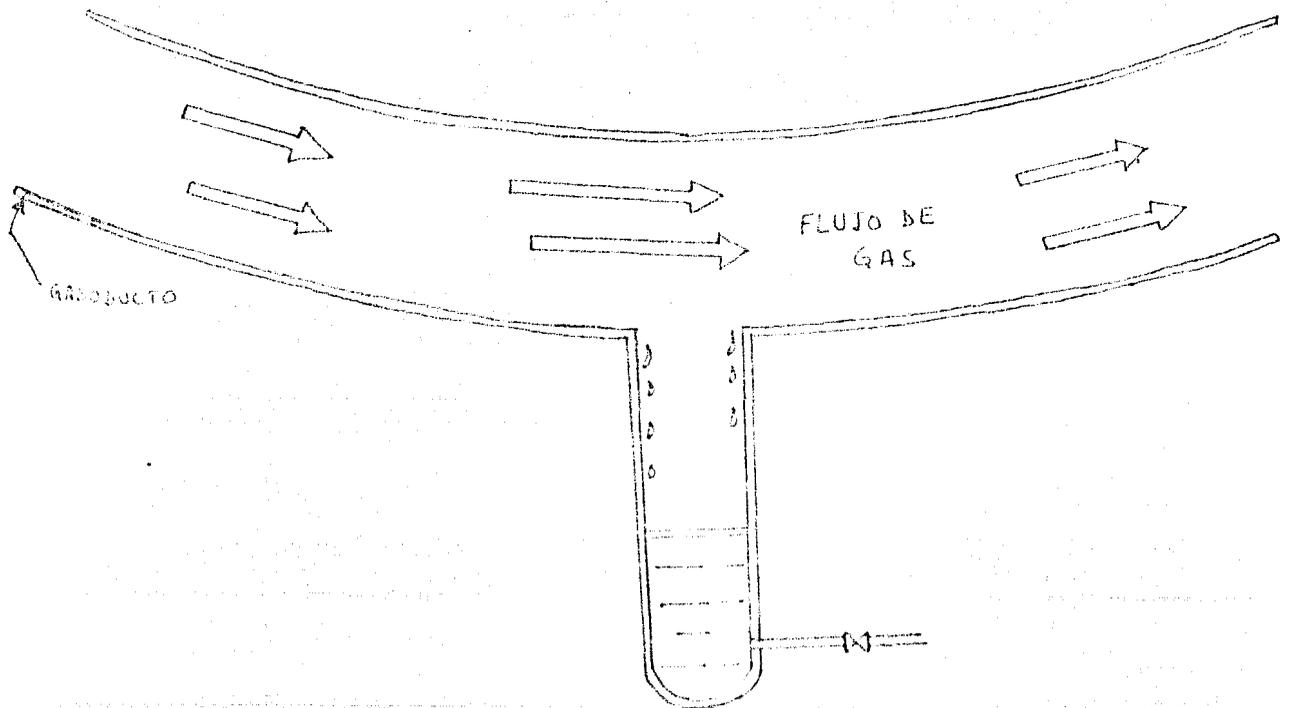
Las formas de separación que se utilizan más comúnmente en la Industria Petrolera, para mezclas de gas-líquido, son:

SEPARACION POR GRAVEDAD.- Este es uno de los procedimientos de separación más usados, debido a la sencillez y el bajo costo del equipo necesario.

Consiste básicamente en reducir la velocidad de flujo de mezcla, de una que es turbulenta y permite el arrastre de partículas, a otra velocidad menos turbulenta que permite el asentamiento o sedimentación de las partículas suspendidas.

Si la mezcla es conducida a través de una tubería, cualquier tanque acumulador o almacenamiento de la misma puede trabajar como separador por gravedad. Si la velocidad de flujo es lo suficientemente baja, puede ocasionar sedimentación en la misma tubería. Por esta razón en los gasoductos de longi-

tud considerable, se acostumbra colocar a intervalos, las llamadas piemas de Condensado, en las cuales se acumulan los líquidos, dejando libre la tubería, para el mejor flujo de gas.



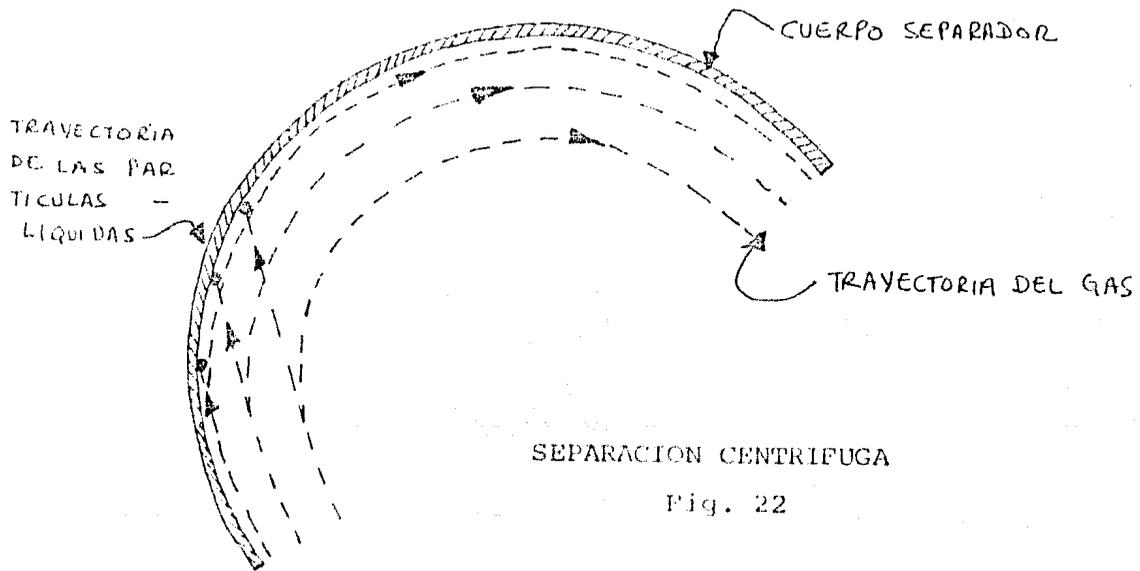
PIEMA DE CONDENSADO EN CONDUCTO

Fig. 21

Separación por Fuerza Centrífuga.- Este tipo de separación se basa en el principio de que toda partícula en movimiento, ofrece resistencia a un cambio de su trayectoria de viaje y tiende a seguir desplazándose en línea recta. Mientras más densa sea la partícula, mayor será la intensidad de su resistencia a cambiar de dirección (Fuerza Centrífuga); así que las gotas de líquido suspendidas en el gas, por ser más densas, tratarán de continuar su trayectoria recta chocando contra la pared del recipiente dentro del cual se efectúa la separación, desmenuzándose del gas, que es re-

nos denso.

Este sistema se usa para la separación de las gotas líquidas de mayor tamaño, usándose la separación por choque para las gotas más finas.



SEPARACION POR CHOQUE.- El método de choque es el más usado para la separación de las partículas más pequeñas del líquido. Por esta razón, se le llama también "Extractor de Nebulina"

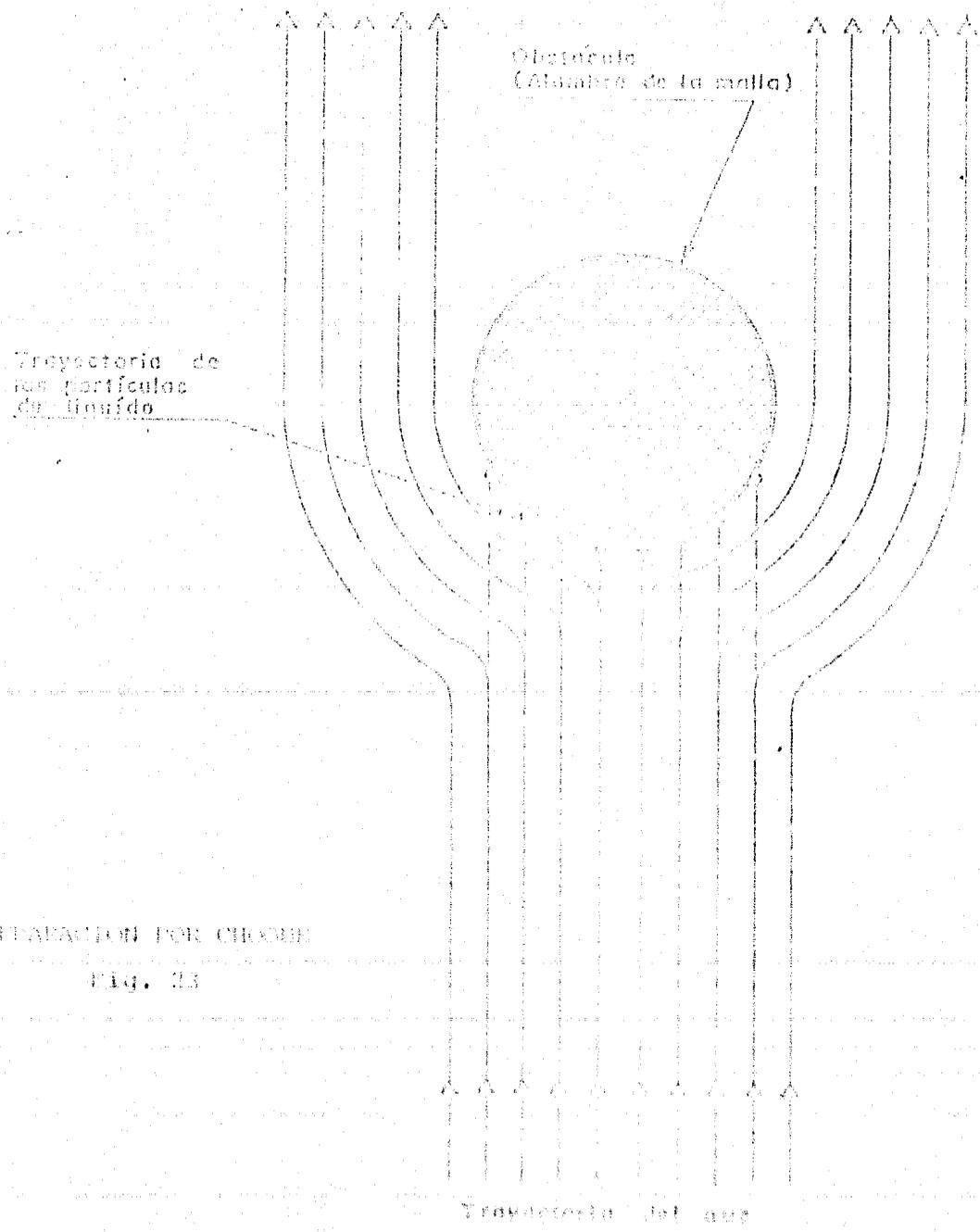
Este sistema utiliza el choque de las partículas que arrastra el gas, contra un obstáculo, tal como una capa de mallas de alambre tejido, en vez de contra las paredes de un recipiente.

Cuando el gas se aproxima a un obstáculo (alambre) tiende a pasar alrededor de él. Como en el caso de separación por fuerza centrífuga, las gotas por ser más pesadas, tienden a seguir en línea recta y las que se encuentran en la línea del obstáculo, chocan con él y se colectan hasta formar una gota del tamaño suficiente para caer al depósito de líquidos.

Existen otros sistemas de separación, los cuales no han alcanzado aún su máxima aplicación por ser más complicados y ellos son:

a) Separación por Precipitación Eléctrica.

- b).-- Separación por Difusión.
- c).-- Separación Térmica.
- d).-- Separación Sónica.



SEPARACION POR CHOQUE

Fig. 23

QUE ES UN SEPARADOR Y SUS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

Puede definirse un separador como un recipiente metálico colocado en la corriente de un fluido, que tiene por finalidad retirar de esa corriente alguno o varios de los componentes de la mezcla.

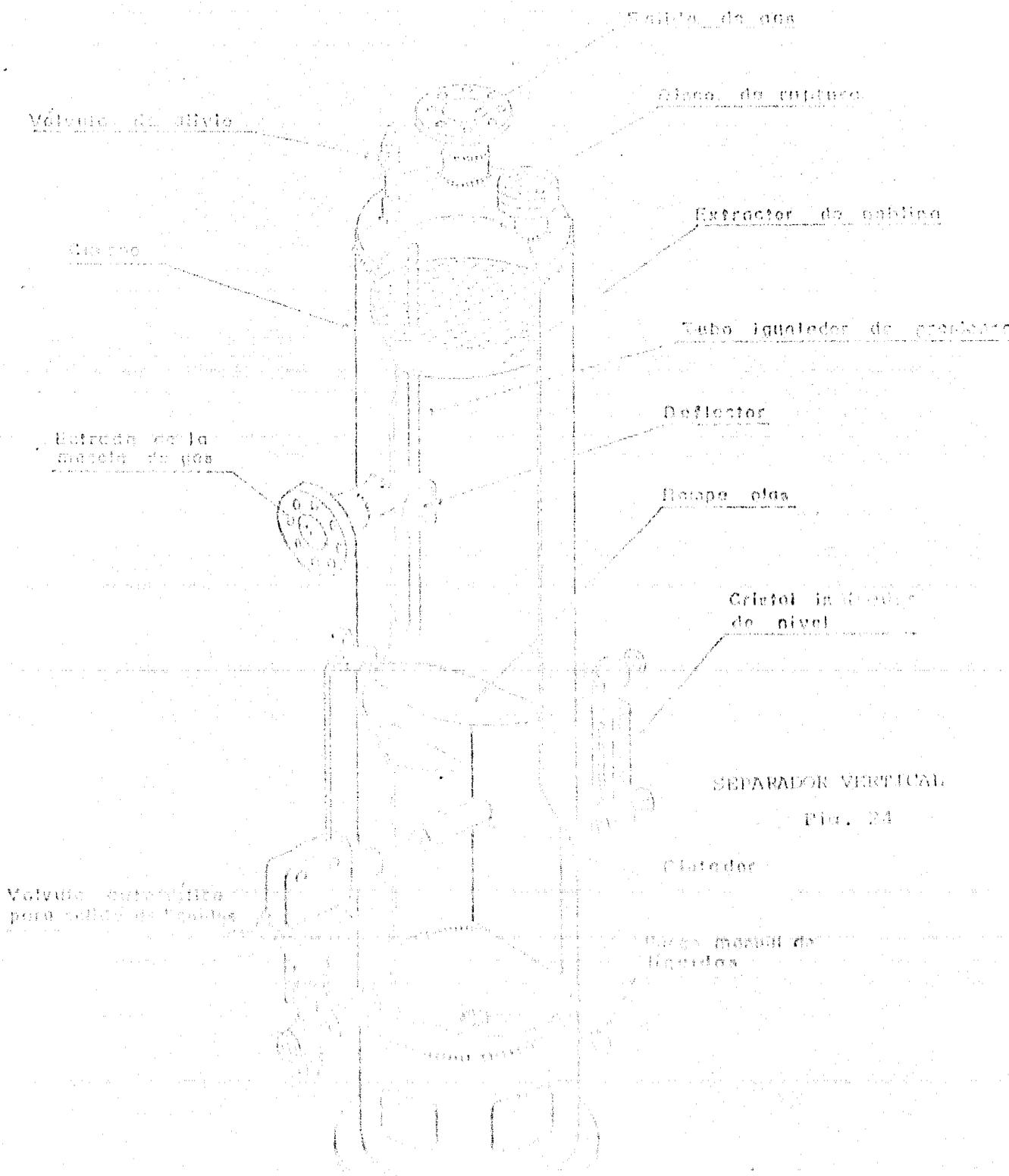
Un separador convencional debe tener las siguientes características constructivas:

- a).- Disminuir la velocidad de flujo de la mezcla, para permitir la separación por gravedad de los diversos componentes de la misma.
- b).- Estar equipado con una salida superior para gas o vapores, una salida inferior para líquidos y un orificio de limpieza en el fondo para la extracción de sólidos.
- c).- Tener además un control de nivel que opere la válvula de salida de líquidos. Una válvula de seguridad en la parte superior, así como un manómetro indicador de presión y un cristal para inspección visual del nivel de líquido.

Para que un separador que-líquido, tenga una operación eficaz, debe tener las características detalladas a continuación:

- a).- Acción de Separación Primaria.- En la cual por medio de la fuerza centrifuga, se desprenden las partículas más grandes de líquido.
- b).- Acción de Separación Secundaria. En donde se desprenden las gotas más pequeñas sin tener que emplear un diseño complicado. Se basa en el principio de separación por gravedad, después de la reducción de velocidad de la etapa primaria.
- c).- Acción de retención de la espuma.- Se utiliza para retirar al máximo las que aún quedan en la corriente de gas, después de pasar por las acciones primaria y secundaria de separación por gravedad.
- d).- Acción de Acumulación de Líquidos. Para reunir los líquidos acumu-

lados y disponer de ellos, debe estar dispuesto de tal manera que el líquido separado tenga el mínimo de turbulencia causada por la corriente de gas.



TIPO DE SEPARADORES USADOS EN CASAS DE COMPRESORAS

Separadores Verticales.- Este tipo de separadores fué el primero en utilizarse y es aún el más popular debido a sus características constructivas, - que lo hacen muy eficaz en su construcción.

Es el separador que se utiliza en la gran mayoría de estaciones de compresoras, pues su forma vertical facilita su montaje en este tipo de instalaciones, donde el espacio disponible es limitado.

Debido precisamente a su forma vertical tienen ventajas definitivas cuando la corriente de gas arrastra considerables cantidades de lodo y condensados pues tienen gran capacidad para almacenar líquidos y su drenaje, colocado en la parte inferior, permite que la operación de limpieza sea muy simple.

Lo anterior determina su utilidad en las estaciones de compresoras, pues -- siempre existe la posibilidad de que pasen con el gas grandes oleadas de -- condensados que hay que eliminar, pues de llegar a las compresoras, ocasionarían considerables daños.

La operación de los separadores verticales es como sigue:

- a).- Al entrar la corriente de gas al separador, encuentra un deflector que le divide en dos y lo lanza por la circunferencia del cuerpo del separador. El cambio brusco de la sección y la fuerza centrífuga resultante -- del flujo circular, separa el líquido que resbala por las paredes del -- cuerpo.
- b).- El gas fluye verticalmente hacia arriba, con poca turbulencia y baja -- velocidad, pasando a la cámara extractora donde las gotas de líquido que -- no se separaron inicialmente,
- c).- El gas fluye hasta el extractor de neblina que está colocado en la parte superior del separador, en donde se ponen en contacto las neblinas con

tas que aún quedan en el gas, con una superficie estática, en la cual por medio del cambio de dirección de la corriente, estas gotas se unen entre sí, hasta que adquieren peso suficiente para caer a la zona de líquidos.

d).- Cuando se acumula suficiente líquido en la parte inferior del separador, éste hace que se mueva el flotador del control de nivel y opere la válvula que permite la salida de líquidos del separador.

e).- El gas seco sale del separador por la parte superior.

La corriente de gas que se recibe en las estaciones de compresoras, llega -  
primariamente a un separador de gran tamaño, llamado "Separador General de -  
Entrada", el cual debe tener capacidad suficiente para manejar todo el vo-  
lumen de gas procesado por la estación.

En este separador deja el gas todo el condensado que arrastraba, ya sea des-  
de la estación de separadores de los pozos o que se haya formado en el tra-  
yecto de los separadores a la entrada de la estación, de compresoras por --  
cambio de temperatura o por gravedad.

El separador está equipado con el siguiente equipo auxiliar:

- 1.- Válvula de Seguridad.
- 2.- Control automático de Nivel.
- 3.- Alarma o Protección por Alto nivel de Condensado.
- 4.- Indicador de Nivel.
- 5.- Purga manual manual.

El gas, al salir del Separador General de Entrada, pasa al cabezal de --  
succión, de dónde lo tomará cada una de las máquinas para su proceso.

Antes de que el gas encuentre a los cilindros compresores, es necesari-  
o asegurarse de que vaya libre de condensados, pues los líquidos no puer-  
den comprimirse por lo común y ocasionarían daños de consideración--  
al proceso. Con este fin, se instala un separador, de menor tamaño que el  
cual viene con capacidad suficiente para manejar todo el volumen de gas--  
procesado por una máquina en cualquier caso. Se le denomina "Separador de Suc-  
ción o In. El gas"

Al comprimirse el gas en la 1a. etapa aumenta su temperatura, la cual es necesario disminuir antes de hacerlo pasar a la 2a. etapa, pues una alta temperatura de succión añadida al aumento que sufrirá en la compresión siguiente, dañaría las válvulas y demás componentes mecánicos del compresor.

Para evitarlo, se introduce el gas en un inter-enfriador que disminuye su temperatura por medio de aire o agua.

A la salida del enfriador y antes de entrar a la 2a. etapa de compresión se hace pasar el gas por un separador, similar al de succión de la 1a. etapa, para con el enfriamiento se condensa una pequeña porción que es necesario remover. Este separador recibe el nombre de "Separador de Succión-2a. etapa".-

En la descarga de la 2a. etapa, el gas entra de nuevo al enfriador de ahí va directamente al gasoducto. En algunos diseños se elimina este segundo enfriamiento y el gas va directamente a la línea sin enfriarse.

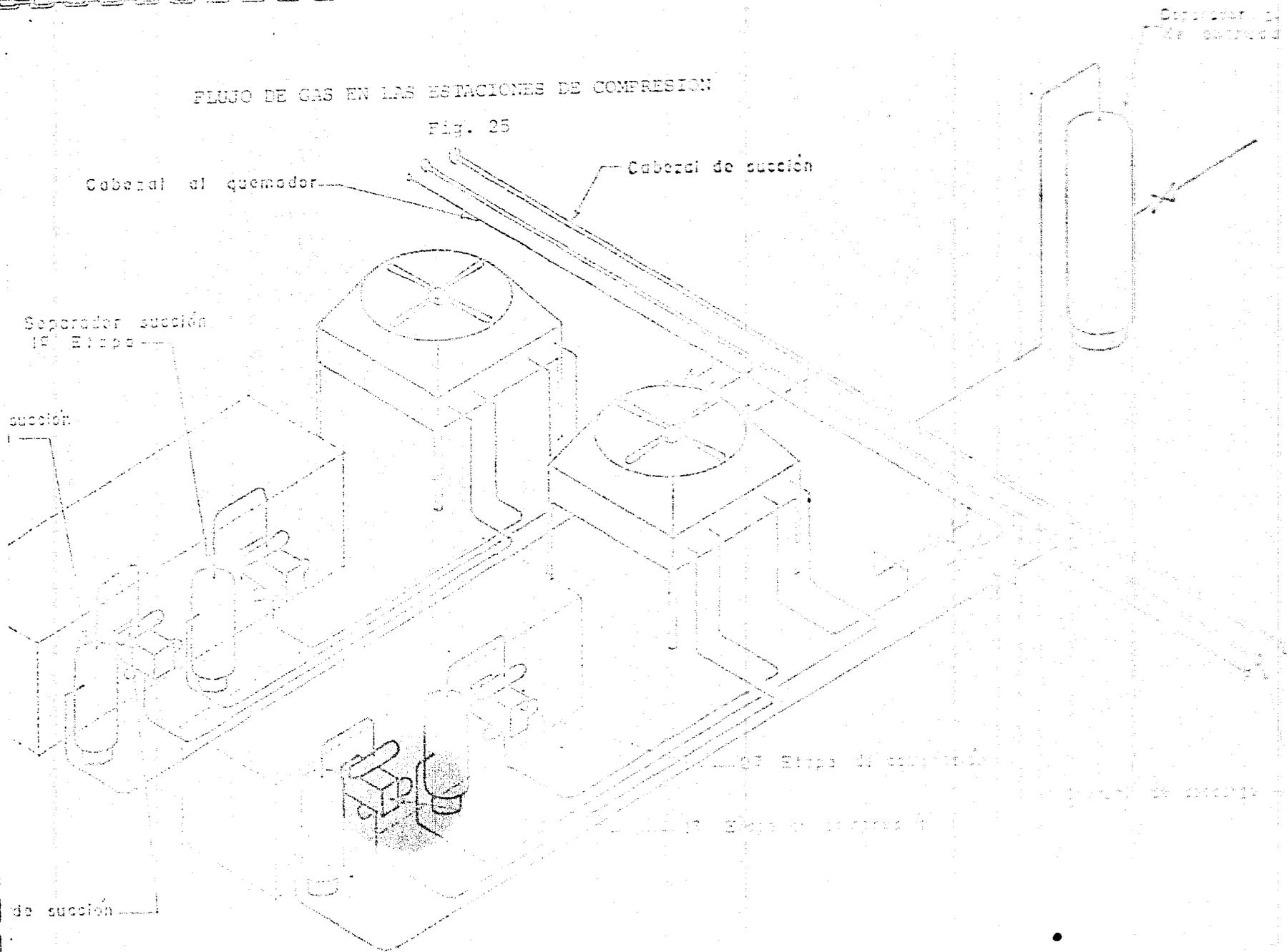
En las etapas de 3 etapas de compresión se repite el ciclo indicado para la 2a. etapa.

En algunos tipos de compresoras, el separador de succión de la 1a. etapa, viene fabricado integralmente con el domo de succión. Es un domo-separador de dos fases únicamente, para carecer de extractor de neblina, tal como se muestra en la figura. Los condensados con el llorén a formar, pasarán a la "línea de líquidos" ubicada en un extremo del domo de succión, de donde se drenan, ya sea manualmente o automáticamente.

Todo lo anteriormente dicho, se refiere a instalaciones equipadas con equipos de tipo "pasado" o sea, instalados con sus propios separadores, ya que en las instalaciones con régimen de tipo "estacionario", existe únicamente un separador por etapa, con la capacidad total de la estación, sin importar el número de etapas instaladas.

# FLUJO DE GAS EN LAS ESTACIONES DE COMPRESION

Fig. 25



### 3.- OPERACION DE COMPRESORES DE AIRE DE ARRANQUE

Sistema de aire de arranque.- Como su nombre lo indica proporciona el aire necesario para iniciar la operación de las compresoras de gas.

La presión de trabajo de este sistema, es de 250 lb/plg.<sup>2</sup>. (17Kg/cm<sup>2</sup>.), y el aire es proporcionado por un compresor accionado por motor eléctrico, - cuya capacidad está de acuerdo con el número de unidades instaladas en la estación de que se trate.

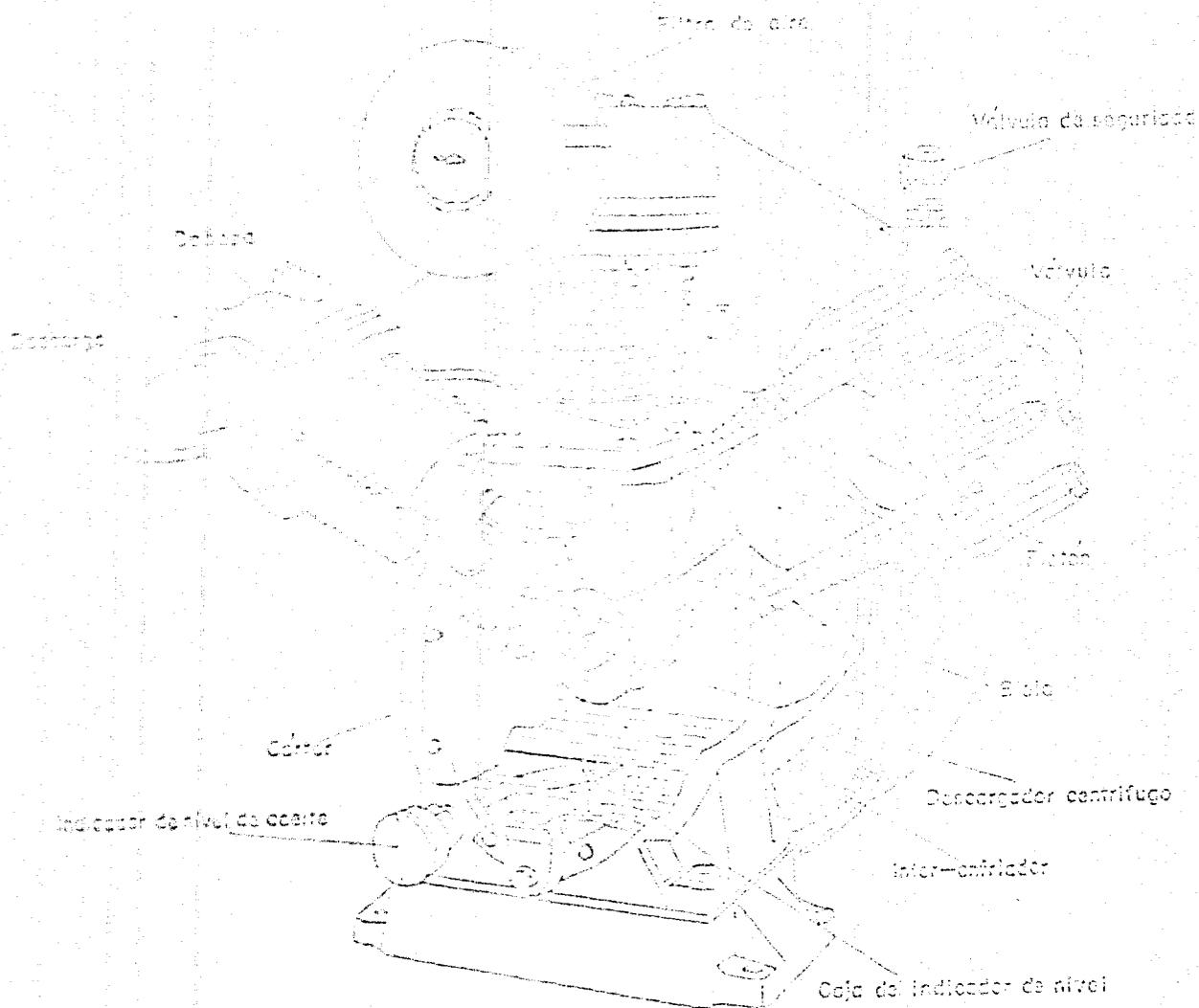
Se tiene además, por regla general, un compresor de menor capacidad accionado por un motor de combustión interna, el cual se utiliza en caso de emergencia, ya sea por falla o mantenimiento de compresor principal.

Debido a la alta presión de trabajo del sistema, se utiliza compresores de 2 etapas, equipados con un enfriador aire, aire entre etapas. Como la demanda de aire para arranque no es continua, los compresores deben trabajar intermitentemente, esto es, deben estar regulados por un sistema automático de paro y arranque. En la Fig. 15 se muestra un ejemplo de una instalación típica de este sistema de arranque.

El tanque acumulador debe estar equipado con una válvula de seguridad calibrada 10% arriba de la presión máxima de trabajo. Debe tener además una línea de purga y un manómetro para éste.

El sistema general se encuentra localizado normalmente en la parte superior de la casa de compresora y debe tener una pesquera pendiente para que la humedad condensada se acumule en un estrado y sea fácil de purgar.

Las tuberías para cada una de las máquinas deben estar localizadas en la parte inferior del edificio para impedir la entrada de condensado al siguiente arranque de la máquina.



COMPRESOR DE AIRP

Fig. 26

Para disipar el calor que se genera en los cilindros por el trabajo de compresión, éstos vienen equipados, tratándose de unidades pequeñas, con aletas circulares en el exterior, disminuyendo su temperatura por el mismo principio explicado anteriormente. En compresores de mayor tamaño, el enfriamiento se efectúa con chuzetas de agua.

#### OPERACION DE COMPRESORES DE AIRE DE ARRANQUE

Antes de arrancar un compresor deben observarse ciertas precauciones, las cuales redundarán una mejor operación del equipo.

- 1.- Que la válvula de entrada al tanque acumulador esté abierta.
- 2.- Revisar el nivel de aceite del cárter del compresor y del motor si este es de combustión interna.
- 3.- Si la unidad no está equipada con un sistema automático de purga, es necesario purgar periódicamente todos los puntos colectores de condensados, tales como la pierna de purga (si la hay), y el tanque acumulador.

La gran mayoría de los compresores modernos están equipados con un sistema descargador para el arranque. Puede ser de varios tipos, pero su propósito es de presionar los cilindros cada vez que el compresor deja de trabajar -- El descargado de los cilindros permite al compresor arrancar con una carga ligera, lo cual reduce la corriente del motor eléctrico, alarga la vida de las bujías y accionamientos y facilita el arranque del motor de combustión interna. (véase una).

Arranque Normal.- El procedimiento para arrancar un motor compresor de aire, debe llegar a ser una práctica de rutina para el operador, pero aunque parece sencilla, resultará siempre en un mejor servicio de la unidad.

El procedimiento que se recomienda, es el siguiente:

- a) Abre la acortera de la tubería de control, en caso que la unidad la-

tenja.

- c) Revise que el compresor se encuentre descargado.
- d) Arranque el motor compresor, seleccionando el tipo de operación requerida, según la unidad de que se trate.
- e) Observe la presión del aire en el tanque acumulador, para asegurarse de que la unidad esté trabajando normalmente.
- f) En las unidades controladas manualmente, asegúrese de que la línea de descarga antes de que la válvula Check, este descargada.

PARA NOTAR. El procedimiento de paro de un compresor, es tan importante para su vida útil, como el de arranque.

Se recomienda el siguiente procedimiento de paros:

- a).- Descargue el compresor. Coloque el selector en la posición "OFF". La unidad se descargará automáticamente antes de que el motor pare.
- b).- Limpie la línea de control, en caso de que la unidad la tenga.
- c).- En las unidades controladas manualmente, purgue la descarga del compresor para evitar un arranque posterior con carga.

Las condiciones que debe tener el aire para poder utilizarse son dos: presión suficiente para operar los diferentes equipos y el menor grado de humedad posible. La primera condición se obtiene comprimiéndolo y en cuanto a la segunda, es necesario deshidratarlo por medio de secadores que pueden ser de variados tipos.

Para que los sistemas de arranque neumático de compresoras, es necesario contar con la cantidad más o menos grande de aire a 175g/cm<sup>2</sup>, para lo cual en algunas veces contar con uno o varios tiempos de almacenamiento, que aseguran el suministro de aire a la unidad por arrancar.

Los tipos de almacenamiento de aire más usados en la industria son; el centrí-

fugo, el reciprocante. El primero proporciona mayores cantidades de aire a presiones bajas, mientras que el reciprocante, aunque maneja cantidades -- menores, lo comprime a mayores presiones.

Por esta razón, la gran mayoría de las unidades instaladas en las estaciones de compresoras de gas son de tipo reciprocante. La compresión se --- efectúa por medio de émbolos, en una o varias etapas, según sea el rango - de presión deseado.

El compresor debe trabajar con aire limpio para evitar que la suciedad dañe sus partes interiores y con este objeto vienen equipados con un filtro - instalado en el orificio de succión de la 1.ª etapa.

4. - OPERACION DE GASODUCTOS.

Uno de los problemas más difíciles que tienen toda industria, es el de --- transportar sus productos o materias primas a los centros de consumo o a --- las fábricas donde son utilizados: Este problema se agravará tratándose de compuestos gaseosos que ocupen volúmenes muy grandes.

El sistema más práctico y económico para transportar compuestos gaseosos - es el sistema de ductos.

La instalación de un ducto tiene un costo superior a cualquier clase de --- transporte, pero una vez instalado, se recupera fácilmente la inversión, -- debido a que su mantenimiento es muy económico y el desgaste que sufre es - mínimo comparado con cualquier clase de vehículos.

Reciben el nombre de "ductos", los canales o tuberías que por su interior -- transportan fluidos. Si el fluido que transportan es aceite, se le denomina "oleoducto", y si es gas se le denomina "gasoducto"

La Industria petrolera desde que empezó a utilizar el gas extraído del sub- suelo, utiliza gasoductos para su transporte a los diferentes lugares donde se necesita,

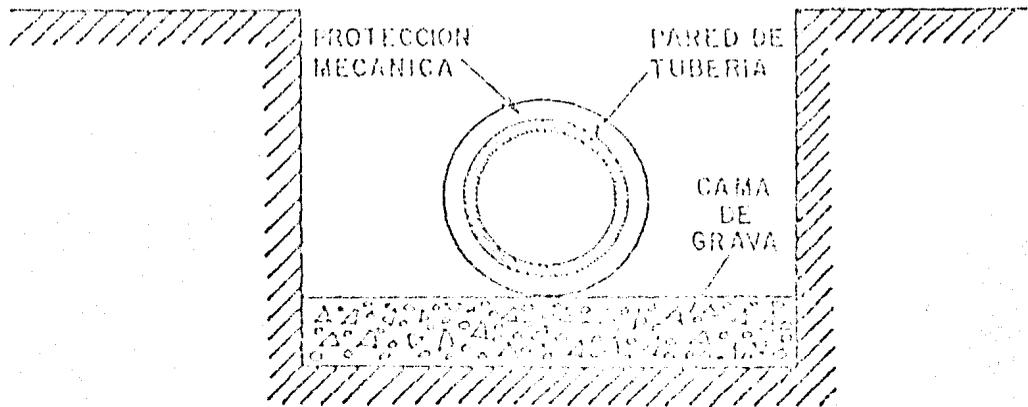
Existen gasoductos de diferentes diámetros, siendo estos desde un diámetro capilar hasta diámetros de 36 ó más pulgadas, dependiendo éstos de la capa- cidad y las presiones a las que se necesita transportar el gas.

El tipo más común de gasoductos es el de tubo de acero.

Un gasoducto se compone de las partes siguientes:

Una red o línea de tubería conectada entre los puntos de recepción y envío profusamente, en decir, forrada con materia impermeable, enterra- da unos 60 cm. de la superficie del terreno y asentada en una cama de --

grava, con el objeto de que se filtre el agua que pueda acumularse.



GASODUCTO

Fig. 27

Existe una válvula, tanto en el punto de envío, como en el punto de recepción, además de una válvula de retención en el punto de recepción, con el objeto de no vaciar todo el sistema en caso de rotura en algún punto de la línea.

Tiene además, válvulas de seccionamiento dependiendo el número de ellas de la longitud del gasoducto y las zonas pobladas por donde atraviesan, cuenta además con sistemas de limpieza, denominados trampas de diablos.



VALVULAS DE DIRECTIONAMIENTO

Fig. 28

## 2.- OPERACION DE GASODUCTOS.

**Puesta en Servicio.** Para poner en servicio un gasoducto deberá tenerse la precaución de alinearlos correctamente, por lo que deberán hacerse las operaciones siguientes:

Si el gasoducto está vacío deberá estar cerrada la válvula de recepción -- en el punto de llegada, así como todas las purgas que hubiesen en el mismo para evitar cualquier fuga a la atmósfera; deberá abrirse la válvula de -- envío o descarga si se trata de un cargo de compresoras. El gas deberá -- introducirse lentamente al ducto, con el fin de evitar enfriamiento en la -- tubería al expandirse el gas debido a la baja presión del ducto pudiéndose -- formar hidratos de hidrocarburos sólidos en su interior e interrumpir el -- paso de gas. Además podría producirse un golpe de ariete si se encontrara -- líquido en la línea de fondo de la tubería o quizás rompiéndola.

Si el ducto que se va a operar es la descarga de compresoras, deberán es-- tar puestas en servicio una por una, hasta alcanzar la presión de trabajo -- del ducto y poder así abrir la válvula de recepción para que empiece a re-- cibir gas, evitando con esto que se regrese gas al ducto si no contara con -- una válvula de retención, es decir, que la válvula de retención deberá -- abrirse hasta que se hayan fundado las pistones del ducto y del lugar de -- conexión (cabezal, varillas, etc).

Deberá observarse la presión de descarga de las máquinas con el objeto de -- ver si el ducto se alineó correctamente, ya que el aumentar la presión de -- descarga por encima de lo normal, podría ser debido a una válvula casi-cerrada, -- por lo que deberán chequearse éstas o también podría haber un abatimiento de -- presión, lo que por indicaría una fuga en la línea que podría ser debida -- a una junta abierta o posible rotura del ducto;

en éste caso deberá suspenderse el envío de gas e investigar la causa para su corrección.

#### FUERA EN SERVICIO DE UN DUCTO NUEVO O QUE SE HAYA ABIERTO A LA ATMÓSFERA

A un ducto nuevo se le hace prueba hidrostática para cerciorarse que soportará su presión de trabajo, por lo tanto, al desplazar el agua de su interior, se introducirá aire en éste.

Si se introduce gas en el ducto formará una mezcla explosiva y por lo tanto deberá eliminarse completamente el aire; esta se logra poniendo en servicio el ducto en la forma de crita anteriormente y tirando o quemando a la atmósfera el gas o la mezcla que esté llegando al punto de recepción hasta que al hacer análisis químico no se encuentren huellas de oxígeno.-

Si el gasómetro ha sido abierto a la atmósfera para una reparación, deberá ejecutarse la operación anterior.

#### FUERA FUERA DE SERVICIO.

Para poner fuera de servicio un ducto deberán hacerse las operaciones siguientes:

Cortar el envío de gas al ducto (parando completamente), cerrando la válvula tanto de envío como de recepción.

Vaciarlo a la atmósfera ya sea por sus puntas, teniendo precaución de quemarlo o bien vaciarlo por el envío de computadora por medio de la descarga de cada una de las máquinas como lo ilustra el dibujo. No. 29

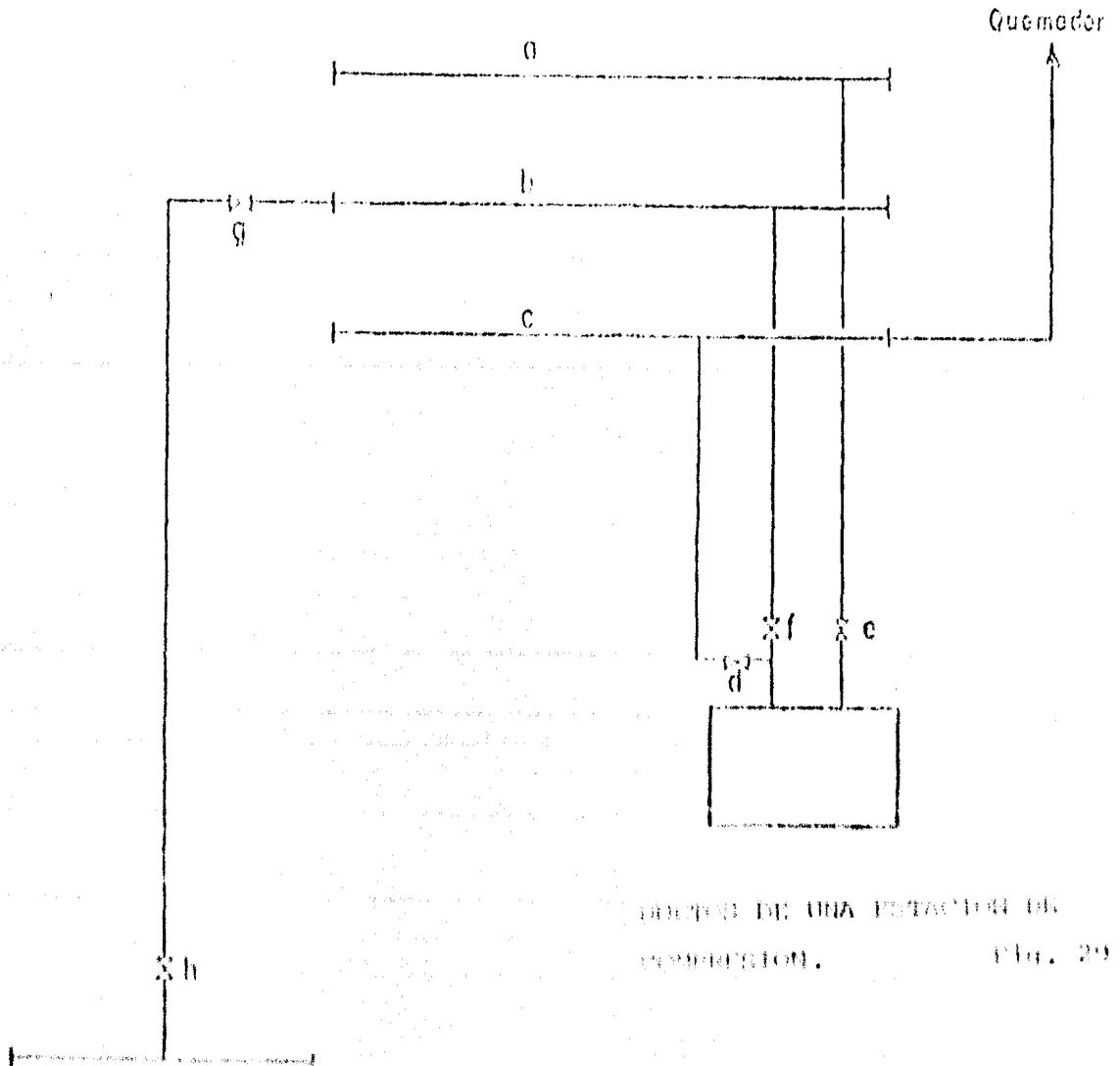
a.- Línea de función

b.- Línea de descarga

c.- Línea al proveedor

- d.- Válvula de Derivación al quemador.
- e.- Válvula de Succión .
- f.- Válvula de Descarga de la máquina
- g.- Válvula de descarga del campo.
- h.- Válvula de recepción.

Para hacer este movimiento deberán estar cerradas las válvulas h, e y f, y abiertas las válvulas g, y d; empezar a abrir lentamente la válvula f para enviar el gas del ducto al quemador por la derivación de la válvula d --- (By-pass), hasta tener cero de presión manométrica en el cabezal de descarga.



C A P I T U L O     I I I

M A N T E N I M I E N T O   D E   P L A N T A S   D E   C O M P R E S I O N .

III

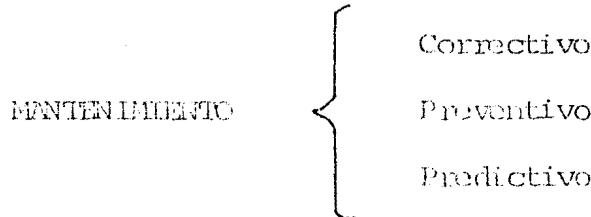
MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE COMPRESION

- 1) MANTENIMIENTO DE ROTOCOMPRESORAS.
- 2) MANTENIMIENTO DE SEPARADORES.
- 3) MANTENIMIENTO DE GASODUCTOS.
- 4) MANTENIMIENTO DE COMPRESORES DE AIRE.

MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE COMPRESION.-

**MANTENIMIENTO.-** Es el conjunto de actividades realizadas sobre un sistema - especificado, para garantizar el servicio continuo del mismo con el mejor rendimiento posible.

La filosofía del mantenimiento se puede concebir desde tres aspectos diferentes:



**MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** Se presenta cuando el equipo sufre un daño imprevisto en alguno de sus elementos, sacando de operación a dicho equipo.

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Se aplica a un equipo para evitar que aparezca un daño en cualquiera de sus elementos; este tipo de mantenimiento ~~NO DEBE SACAR EL EQUIPO DE OPERACION.~~

**MANTENIMIENTO PREDICTIVO:** Consiste en sustituir el equipo de un sistema - cuando dicho equipo ha quedado completamente amortizado y sus condiciones de servicio dejan de ser económicas.

El grado de mantenimiento a que se someten las unidades de compresión varía desde "esperar hasta su destrucción" (manera negativa de pensar), hasta programas completos e innecesariamente sofisticados. El primer extremo ha existido siempre; pero, naturalmente nunca se ha justificado; el segundo es costoso; pero tiene algunos puntos fuertes a su favor. Los procedimientos ideales de mantenimiento deben ser económicos pero además dar buena protección a los equipos para mantenerlos en operación.

La lucha por incrementar los beneficios ha conducido a los responsables de

empresas a reducir los costos por todas partes y en algunas industrias muy competidas, los presupuestos de mantenimiento se han cortado de manera drástica implantándose programas limitados pero efectivos.

Los indicadores o programas de mantenimiento que se han usado por años son básicos y todos pueden ser utilizados hoy en día; pero con objeto de concentrarnos a las modernas tendencias económicas, trataremos solo la que mejor pueda aplicarse a los equipos actuales. Por lo tanto anotaremos los procedimientos de mantenimientos correctivo, preventivo y predictivo desde un punto de vista generalizado de acuerdo a las necesidades del equipo analizado en el presente estudio.

#### MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

El mantenimiento de tipo correctivo se aplica al equipo de plantas de compresión solamente en los casos necesarios, esto es, cuando algún elemento componente del equipo de compresión (motriz, compresor o auxiliar) resulta dañado y como consecuencia la máquina deja de operar.

Después de que ocurre la falla, el personal de mantenimiento se encarga de repararla, ya sea, rehabilitando la pieza dañada o cambiando la total o parcialmente tratando de ejecutarlo en el menor tiempo posible y con la mayor eficiencia para garantizar la continuidad del servicio del equipo reparado, ya que se dejó a funcionar desde la presentación de la falla, y generalmente o no se cuenta con equipo de reserva, o al presentarse la falla, dicha reserva se pierde. Además teniendo en consideración que de la operación adecuada del equipo dependen el buen funcionamiento del sistema, una falla en cualquier equipo provocará alteraciones graves en el proceso.

De acuerdo con estudios realizados, el mantenimiento preventivo se --  
puede clasificar como lo muestra la siguiente tabla:

MENOR	Con equipo en operación	}	Horario (cada 2 horas)
			Señanal (cada 170 horas)
			Mensual (cada 1000 horas)
MEDIO	Con equipo fuera de operación.	}	Trimestral (cada 3000 horas)
			Semestral (cada 6000 horas)
			Annual (cada 12000 horas)
MAYOR	Con equipo fuera de operación	}	Biennial (cada 24000 horas)

## 1.- MANTENIMIENTO DE MOTOCOMPRESORES

### MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Revisiones periódicas con el equipo en operación.

Las realiza el personal de operación y se llevan a cabo de la siguiente ---  
manera:

DIARIAMENTE (cada 2 horas).

- 1).- Limpieza a las máquinas y áreas adyacentes según programas.
- 2).- Verificación de la operación normal de los cilindros motrices.
- 3).- Verificación del sistema de lubricación forzada (Inyección de la cantidad correcta de aceite).
- 4).- Vigilar y mantener correctamente los niveles de lubricantes, agua de enfriamiento y aceite en los sistemas hidráulicos.
- 5).- Mantener las presiones adecuadas del aire o gas de arranque e instrumentación.

SEPTENARIAMENTE (cada 170 horas)

- 1) Inspeccionar válvulas en general (succión, descarga, quemador, sistema reductor de presión, gas combustible, purgas, etc.), chumbeos y accesorios de la máquina, usando una buena grasa para alta temperatura.
- 2).- Revisión del tiempo de encendido de las máquinas (usar lámpara de --- tiempo).
- 3).- Lecturas de dispositivos de compresión para observar balance del motor.
- 4).- Verificar la operación de las tramos intercámbicos de los separadores de succión.
- 5).- Cambiar fugas de aceite, agua, aire, etc.

Revisiones periódicas con el equipo fuera de servicio.

Estas revisiones son realizadas por el personal de mantenimiento.

MENSUAL

Este mantenimiento comprende los siguientes puntos:

- 1) Antes de parar la máquina:
  - a) Verificar que el pirómetro opere correctamente.
  - b) Verificar que el tacómetro opere correctamente, comparando su lectura con la de un tacómetro manual.
  - c) Tomar notas de fugas de gas, aceite crudo, aceite lubricante, --- agua etc.
  - d) Verificar el tiempo con la lámpara de tiempo a velocidad mínima y máxima.
  - e) Sacar de operación el equipo.
- 2) Corregir las anomalías que se observaron en las actividades del inciso anterior.
- 3) Cambiar bujías.
- 4) Cambiar elementos auxiliares del sistema de encendido (platinos, resistencias, condensadores, bobinas, etc).
- 5) Verificar la eficiencia de la lubricación forzada.
- 6) Reemplazar bandas si es necesario.
- 7) Reajustar rotores en las chuzaceras y poleas.
- 8) Reajustar la entrada de gas combustible a los cilindros rotatorios.
- 9) Limpieza general de la máquina y accesorios.
- 10) Limpiar los ductos de agua para eliminar resacas de aceite lubricante, --- que se acumulan por la falla de los retenes.

TRIMESTRAL

Además de los incisos del punto 1 de mantenimiento mensual, se deben seguir los siguientes pasos:

En caso que haya diferencias considerables entre cilindros deberán corregirse.

- 2) Cambiar aceite al carter y elementos filtrantes (incluyendo los del turbocargador).
- 3) Cambio general de válvulas a cilindros compresores.
  - a) Revisar minuciosamente los asientos de los cilindros.
  - b) Cambiar empaques de válvulas y tapas.
  - c) Reapretar los tornillos a la presión adecuada.
  - d) Verificar que las válvulas lleven seguros, en caso contrario, ponerlos.
  - e) Revisar las cámaras de los discos en las válvulas.
- 4) Revisar el sistema de lubricación en los cilindros motrices.
  - a) Desmontar y lavar las bombas del sistema de lubricación.
  - b) Destapar los filtros de las bombas de lubricación.
  - c) Purgar las bombas y ductos de descarga de aceite lubricante y verificar que no haya fugas por las conexiones o por los ductos.
- 5) Cambiar aceite al gobernador y purgarlo cuando la máquina este trabajando en vacío.
- 6) Revisar que opere correctamente el interruptor de encendido.
- 7) Revisar las cadenas de transmisión (tensión o desgaste).
- 8) Realizar limpieza general al filtro de aire.
- 9) Revisar cables de alta y baja tensión, terminales y aislar perfectamente todas las conexiones.
- 10) Realizar limpieza general a indicadores de nivel.

- 11) Cambiar o limpiar y calibrar la válvula reguladora de gas combustible
- 12) Cambiar o calibrar manómetros, sopleteando sus líneas.
- 13) Lavar exteriormente el radiador y limpiar las coladeras del sistema hidráulico.
- 14) Revisar cople de la bomba hidráulica de engranes.
- 15) Eliminar fugas de aire en el tablero de control y ductos.
- 16) Realizar limpieza interior a los expulsores de los condensados de los refrigeradores y comprobar su correcta operación.
- 17) Reajustar en general la tornillería de la máquina y tuberías a la presión adecuada.
- 18) Eliminar fugas de gas, aceite y agua.
- 19) Revisar ductos de lubricación a cámaras, cigüeñal y turbina.
- 20) Realizar limpieza a filtros de aceite.
- 21) Antes de arrancar la máquina, instalar todas las protecciones a volantes, abanicos, accionamientos, etc.
- 22) Revisar válvulas para aire de barrido.
- 23) Degrasar válvulas de apertura o cierre de flujo.
- 24) Revisar y lubricar válvulas piloto de aire de arranque.
- 25) Alinear el sistema de arranque.
- 26) Comprobar que operen las protecciones de baja presión de aceite, alta temperatura de agua, alta temperatura de descarga de cilindros comprimeores, baja presión de agua y vibración del motor y ventiladores.
- 27) Cambiar válvulas de gas combustible.
- 28) Verificar alineamiento de las de las turbinas de arranque.
- 29) Realizar limpieza general a la máquina y áreas adyacentes.
- 30) Ingresar el material sobrante del mantenimiento que esté en buen estado, partes que se cambian y herramientas de uso general que se haya-

utilizado.

- 31.) Revisar y corregir vibraciones en general.
- 32) Balancear admisión de gas combustible, registrando en el expediente de la historia de la máquina el resultado, así como las condiciones de -- operación (presiones, temperaturas, velocidades, etc.).

#### S E N T R A L

- 1) Revisar cuidadosamente los resortes de las válvulas de admisión y escape, y substituir los que estén en mal estado.
- 2) Revisión de cilindros de fuerza.
  - a) Descarbonizar lubreras.
  - b) Revisar sistema de lubricación de cilindros motrices.
  - c) Cambiar encaques.
  - d) Revisar asientos de las tapas de los cilindros motrices.
- 3) Limpieza general a levanta-válvulas hidráulicos.
  - a) Inspeccionar y probar los resortes, sellos y asientos, substituyendo o reparando los dañados.
- 4) Calibrar y ajustar claros en las crucetas.
- 5) Cambiar válvulas de gas combustible.
- 6) Revisar transmisión a los sistemas de ignición.
- 7) Destapar conductos de lubricación forzada a los cilindros compresores y reemplazar válvulas de paso.
- 8) Realizar limpieza general a la válvula reguladora o dosificadora del -- gas combustible.
- 9) Levantar que todos los eslabones de la cadena de transmisión se encuentren con el ajuste requerido y en caso contrario cambiarlos.
- 10) Revisar limpieza de filtro de gas combustible.
- 11) Verificar la tensión de las bandas y el desgaste de las mismas.

- 12) Realizar limpieza general a las turbinas neumáticas de arranque y de prelubricación.
- 13) Reapretar los soportes de los domos de descarga de los cilindros compresores teniendo en cuenta la nivelación de estos.
- 14) Tomar deflexiones en el cigüeñal para evitar desbalanceo. Dejar registro para el expediente.
- 15) Cambiar o calibrar todas las protecciones, substituyendo termómetros o manómetros, revisar las líneas para corregir fugas y eliminar las que se encuentren en malas condiciones, simular la operación normal del tablero.
- 16) Limpieza interior del radiador. Sección agua.
- 17) Revisión general de interruptores y controles para los motores eléctricos de los ventiladores.
- 18) Reapretar el anclaje de la máquina con tacómetro.

#### A N U A L

- 1) Revisión general de los cilindros compresores.
  - a) Calibrar todas las partes y cambiar o reparar las que estén fuera de tolerancia (árboles, vástagos, sellos de gas, camisas, anillos, ranuras, etc), dejar registro.
  - b) Cambiar sellos de gas y de aceite.
  - c) Realizar limpieza a ábols de los elementos de control de presión del compresor.
  - d) Verificar la deflexión de vástagos.
  - e) Ajustar la carrera del árbol.
  - f) Verificar alineamiento de bielas.

- 2) Revisión general de émbolos y cilindros motrices.
  - a) Desmontar émbolos motrices, revisar ranuras.
  - b) Cambiar anillos.
  - c) Tomar lecturas micrométricas de émbolos, anillos, pernos, bujes, muñones del cigueñal, metales, etc. dejar registro de estas calibraciones, substituir las partes que se encuentren fuera de especificación.
  - d) Descarbonizar las cámaras de enfriamiento de los émbolos.
  - e) Verificar alineamiento de bielas.
- 3) Verificar el claro de las cámaras de bancada. Dejar registro.
- 4) Regeneración general de válvulas macho y válvulas de bloqueo.
- 5) Cambiar bomba de agua o cambiar baleros.
- 6) Verificar si se encuentran en buen estado los bujes, coples, flechas -- y engranes de la bomba de aceite.
- 7) Cambiar cámaras a los ventiladores.
- 8) Dar mantenimiento general al motor de arranque.
- 9) Asentar y lubricar las válvulas check de arranque, cambiar las líneas que estén en mal estado.
- 10) Cambiar la tubería de aire de barrido.
- 11) Calibrar regulador de aceite a la turbina de aire de barrido.
- 12) Realizar limpieza al control de avance del pulso generador y del dispositivo que lo pone en servicio.
- 13) Calibrar o limpiar y calibrar todas las protecciones y los dispositivos de control y regulación del tablero.
- 14) Reparar y calibrar todas las válvulas de seguridad (Seguridad Industrial deberá dar el visto bueno).
- 15) Rehabilitación general del sistema de encendido.

- 16) Realizar limpieza interior y exterior del enfriador de aire de barrido.
- 17) Realizar limpieza general al filtro de aire de barrido.
- 18) Limpiar y calibrar válvulas de entrada a los cabezales de aire de barrido y gas combustible.
- 19) Cambiar baleros a los motores eléctricos del ventilador y a la transmisión.
- 20) Calibrar platinos al pulso generador.
- 21) Pintura en general.

### B I E N A L

- 1) Lavar con ácido clorhídrico al 10% con doble inhibidor contra la corrosión, las cámaras de enfriamiento.
- 2) Cambiar o hacer limpieza general y calibrar el gobernador hidráulico.
- 3) Cambiar chumaceras de bancada.
- 4) Cambiar chumaceras a bielas.
- 5) Verificar la alineación y el alineamiento de la bancada inferior.
- 6) Lubricar la bancada si se requiere.
- 7) Revisar minuciosamente cadenas, engranes y catarinas de transmisión.
- 8) Cambiar todos los retenes de aceite.
- 9) Revisar seguidores de levas y cambiar baleros.
- 10) Reparación general de tolvas y soportes del radiador.
- 11) Limpieza general al gato neumático.
- 12) Cambiar pulso generador.

### O B S E R V A C I O N E S

- 1) A partir del mantenimiento semestral se deberán tomar lecturas micrométricas, evaluarlas y pasarlas al expediente de cada unidad.

- 2) Antes de parar las máquinas para cualquier mantenimiento preventivo se deberá tener el material o piezas que se requieran de acuerdo con lo programado.
- 3) Para sacar a mantenimiento preventivo cualquier unidad, deberá tenerse la autorización de la jefatura.
- 4) Para poner fuera de operación las unidades que recibirán mantenimiento preventivo, las órdenes se darán al Mando Medio de Operación quienes las transmitirán al operador.
- 5) Después de cualquier mantenimiento, el personal de operación recibirá el equipo a su entera satisfacción.
- 6) Por ningún motivo el personal de mantenimiento rotará las unidades.
- 7) No deben carburarse las máquinas en vacío.
- 8) en los cilindros: compresores, los cambios que se hagan, deberán tenerse el visto bueno de la jefatura.
- 9) No deben trabajar anillos de "craao" en camisas o cilindros cromados.

#### MANEJO PREDICTIVO.

Este tipo de mantenimiento no se lleva a cabo.

debido a las necesidades del servicio de las unidades, para no tener desequilibrios en el sistema; además porque las partes del equipo han quedado amortiguadas, cumpliendo su vida útil, generalmente siguen en operación hasta que se realice el mantenimiento preventivo, ó bien falle la unidad por causa de esa parte obsoleta.

Posiblemente la causa preponderante de no realizar este tipo de mantenimiento sea la ausencia total ó parcial de información en los archivos de cada máquina sobre sus cambios anteriores y su estado más actualizado.

## 2.- MANTENIMIENTO DE SEPARADORES UTILIZADOS EN PLANTAS DE COMPRESION.

---

Las fallas que se presentan más a menudo en los separadores, no ocurren precisamente en el cuerpo de éstos, pues están diseñados para trabajar a una presión superior a la que normalmente están sometidos, sino en su equipo auxiliar, el cual tiene algunas partes móviles o débiles, las cuales por el uso o la vibración pueden llegar a fallar.

A menudo el gas lleva en suspensión pequeñísimas partículas de aceite pesado, las cuales no se desprenden en la primera y segunda fase de separación sino que se quedan en el extractor de neblina acumulándose en él y pudiendo con el tiempo obstruirlo.

Es conveniente que, cada vez que se le dé servicio de mantenimiento a la motocompresora, desconectar el separador y lavarlo a contra-corriente con algún solvente apropiado tal como Kerosina o Diesel, para eliminar la suciedad acumulada en el extractor de neblina y en las paredes del separador.

Después debe remover el solvente con algún detergente y agua, finalmente soplar con aire al extractor de neblina para secarlo. Tanto el solvente como el detergente y el agua se eliminan por la purga manual.

En las trampas de condensado, las fallas que se presentan con más frecuencia, son las debidas a roturas en el flotador y obstrucciones en la válvula de descarga o desgaste en la misma.

Las roturas del flotador se deben principalmente a la presión a la que se encuentra sometido y se aprecian fácilmente, pues la trampa no descarga aun que el nivel de condensado suba.

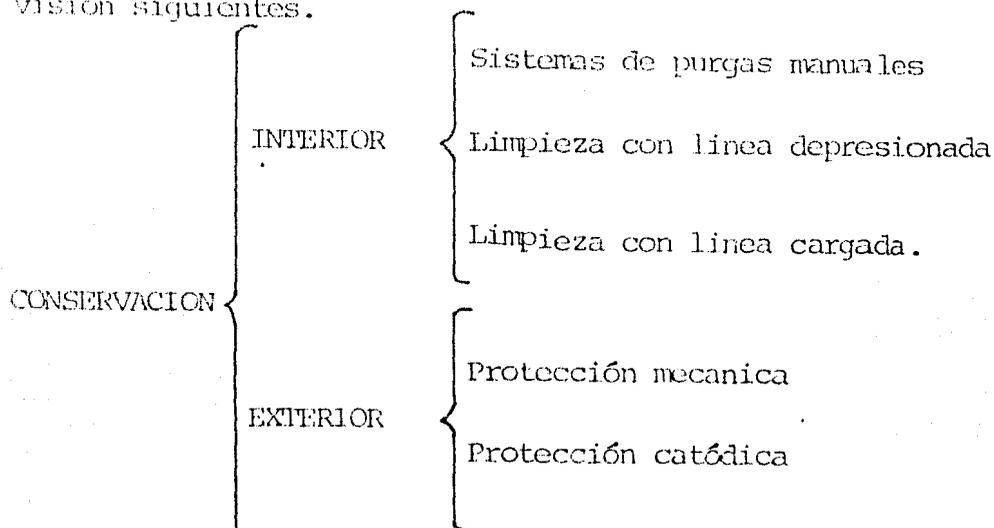
La destrucción y las fugas en la válvula de descarga se deben, la primera, a la viscosidad excesiva del condensado y la segunda a operaciones muy re-

petidas de la válvula.

cuando se presente alguna de estas fallas, es necesario desar--  
mar la trampa, cambiar el Flotador si es necesario; lavar con sol---  
vente el mecanismo y la válvula de descarga y asentar con un compues  
to apropiado las partes de la válvula, hasta conseguir un buen sello  
entre ambas.

### 3.- MANTENIMIENTO DE GASODUCTOS.

Para alargar la vida útil de un gasoducto y del equipo que está conectado con el mismo, es necesario un mantenimiento programado y periódico, es decir, conservar en buenas condiciones de trabajo todo el sistema. Los tipos de conservación de ductos se ilustran en la di vi si ón siguientes.



Conservación Interior. Existen varios tipos de gases que se manejan por gasoductos, siendo estos.

Gas amargo, Húmedo e Hidratado. Es el tipo de gas producto de la -  
 batería, siendo Amargo por el contenido de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S)  
 Húmedo por el contenido de licuables (gasolina, propano, butano, --  
 etc.). Hidratado por su contenido en agua saturada.

Gas dulce, Seco y Deshidratado, Conocido como Gas Seco.

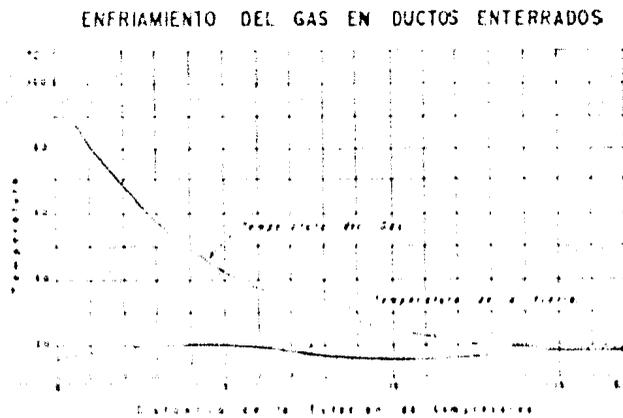
A este gas se le ha eliminado el ácido sulfhídrico, los licua-  
 bles y en parte el contenido de agua.

El gas húmedo amargo e hidratado, contiene aproximadamente 47 -  
 barriles de hidrocarburos licuables por millón de pies cúbicos.

Transportas gas A.H.C.H. por ductos, presenta el siguiente proble-  
 ma: Al comprimir G.A.H. el, eleva su temperatura, y al fluir dentro  
 del ducto se empieza a enfriar ocasionando condensación de hidrocar-  
 buros y agua. Esta condensación es del orden de 6 a 8 barriles pro  
 millón de pies cúbicos.

La temperatura de descarga del gas en las diferentes estaciones de compresión del DISTRITO POZA RICA varían de 60 a 110°C y a la -- llegada a las plantas de proceso de 35 a 40°C. Como todos los gaso- ductos están enterrados a 1 m. aproximadamente y la temperatura del suelo a esta profundidad varía de 20 a 25°C en las diferentes épocas del año, la temperatura del gas disminuye, tendiendo a igualarse con la temperatura del suelo. Al efectuarse este enfriamiento los hidro- carburos pesados y el agua contenidos en el gas sufren condensacio- nes parciales debido a que varía su constante de equilibrio y a ve- ces alcanzan la temperatura de punto de rocío.

Fig. 30 ENFRIAMIENTO DEL GAS EN DUCTOS ENTERRADOS.



DISTANCIA DE LA ESTACION DE COMPRESION.

Los Hidrocarburos pesados y el agua condensados se acumulan en los culebreros de la tubería obstruccionando parcialmente el paso de -- gas y disminuyendo notablemente su eficiencia.

Supongamos que un Gasoducto maneje 20 millones de pies cúbicos por día, la condensación diaria será  $20 \times 7 = 140$  barriles/día, en un mes el contenido de líquido depositado en el gasoducto será  $140 \times 30 = 4,200$  barriles ó 66,80 litros que es un volumen considerable que nos ocasiona:

Disminución de la capacidad del ducto.

Aumento en la presión de descarga de compresores.

Depósito de sólidos en el ducto.

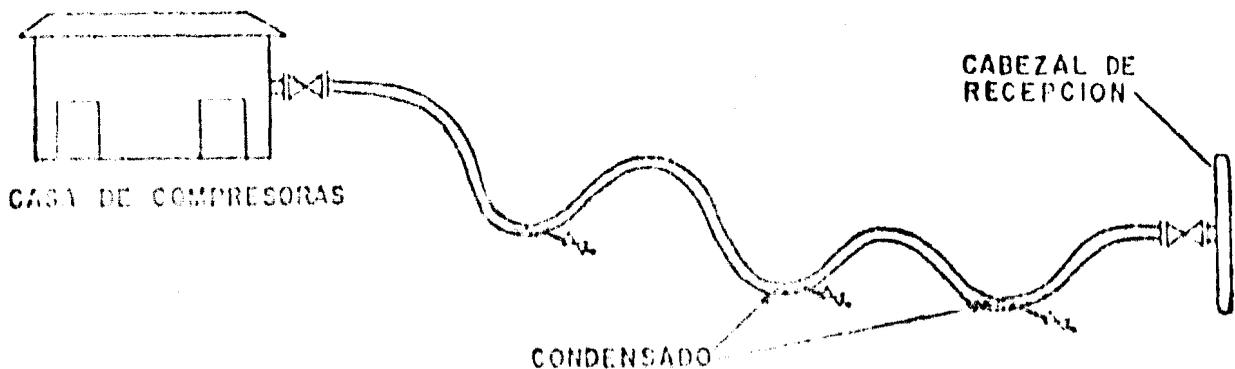
Para eliminar estos licuables existen varios métodos siendo los más comunes los siguientes:

Purgado manual.

Limpieza con corrida de diablo, línea depresionada.

Limpieza con corrida de diablo, línea cargada.

**PURGADO MANUAL.**— Consiste en abrir las válvulas de purga de los gasoductos, eliminando el condensado que se encuentra depositado cerca de la purga, este purgado, deberá hacerse en purga por purga, en el sentido del flujo.

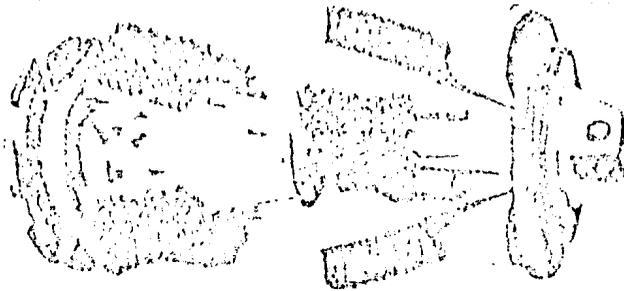


CONFIGURACION TÍPICA DE INSTALACION DE PURGA EN UN GASODUCTO.

Este método no es muy efectivo debido a que no se elimina totalmente el condensado, siendo aproximadamente su eficiencia de 50%

LIMPIEZA DE TUBERÍA CON LÍNEA DESCARGADA. Esta operación consiste en desplazar un diablo en el interior de la tubería.

Se conoce por diablo un dispositivo que consta de una flecha de fierro y tiene insertadas cuatro o cinco copas de hule con un diámetro igual al diámetro interior de la tubería pudiendo tener también un cepillo circular de alambre. ver fig. 32



DIABLO PARA DIFERENTES DIAMETROS

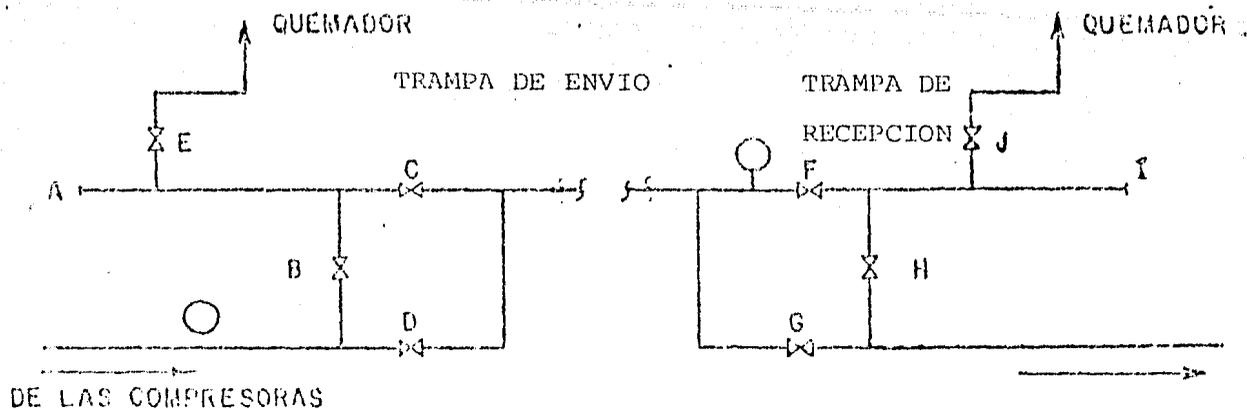


DIABLO DE  
DESPLAZAMIENTO



DIABLO DE LIMPIEZA

TIPOS DE DIABLOS

OPERACION DE LIMPIEZA:

TRAMPAS DE DIABLO

FIG. 33

En esta operación es necesario depresionar toda la línea por los quemadores de las trampas de diablo y/o por los quemadores de las casas de compresoras: una vez depresionada la línea, se alinean las trampas de diablo -- tanto la de envío como la de recepción de la manera siguiente:

Trampa de Envío: Deberán estar cerradas las válvulas B-C-D y abierta la válvula E. Se introduce el diablo en el barrilete A hasta la válvula C.

Trampa de Recepción: Deberán estar cerradas las válvulas G y H y abiertas las válvulas F y J.

Presionar la línea hasta la trampa aproximadamente a la mitad de la presión de trabajo, cerrar la válvula E, abrir la válvula C, empezar a abrir la válvula B, con lo que se empezará a desplazar el diablo, deberán empezar a meterle carga de las compresoras para seguir desplazando el diablo. Abri la válvula D y cerrar la válvula B, cerrando la válvula C también con lo que se tiene ya eluyendo el gas y alineada la trampa de salida para su operación normal, procurando mantener la presión a la mitad de la operación, evitando con esto que el diablo sea desplazado a una velocidad excesiva que nos impida limpiar bien la tubería o atorarlo en cualquier curva.

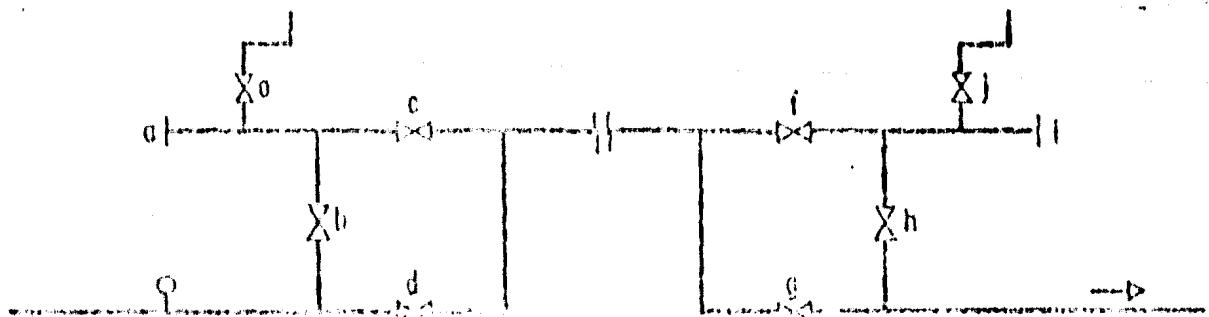
La trampa de recepción deberá estar alineada en la forma siguiente:

Abierta la válvula F, abierta la válvula J, cerradas las válvulas G y H - y cerrada la tapa del barrilote I.

Deberá estar prendida la presa donde se quemarán los condensados teniendo un piloto para evitar que se pueda apagar en caso de que llegue un chorro de agua. Esta trampa de recepción esta equipada también con una señal in- dicadora de paso, la cual ganará cuando haya pasado el diablo: en caso de que está bandera no funcione, un paso franco de gas en el quemador nos in- dicará que el diablo ha pasado por la válvula "F" dando por terminada la operación de limpieza, por lo que se alineará la trampa de recepción ha- ciendo los novimientos siguientes:

abrir válvula G, cerrar válvula F, con lo que fluirá el gas normalmente. Abriendo la tapa del barrilote I se saca el diablo por éste, se vuelve a- tapar el barrilote y se cierra la válvula "J".

LIMPIEZA DE TUBERIA CON LINEA CARGADA



CORRIDA DE DIABLO CON LINEA CARGADA

FIG. 34

Este método se ha experimentado últimamente en los gasoductos del Distri- to, obteniéndose buenos resultados debido a que se interrumpe un mínimo - de tiempo el flujo continuo en la tubería así como el desperdicio de gas - que representa deprimir la tubería; este método se efectua haciendo - los novimientos siguientes: las Trampas tanto de envío como de recepción

están alineadas para operación normal, es decir, abiertas las válvulas -- "D" y "G" , cerradas las válvulas "B", "C", "E". "F", "J" y "H"

Alineamiento de la trampa de envío para la corrida de diablo, Deberá introducirse diablo hasta la válvula "C" teniendo precaución de que pase la línea de pateo donde se localiza la válvula B; cerrar la tapa del barrilete "A", abrir válvula "B" con el objeto de que se igualen las presiones -- tanto en la línea como en el barrilete, abrir válvula "C", cerrar válvula "D" con lo que la presión atrás del diablo aumentará hasta empezar a -- desplazar éste; este aumento de presión es alrededor de 0.5Kg/cm<sup>2</sup>. Una vez que el diablo ha pasado por la válvula "C" deberá abrirse la válvula "D" y cerrarse las válvulas "C" y "B" con lo que se tendrá esta trampa en operación normal.

Alineamiento de la trampa de recepción. Deberán estar abiertas las válvulas "F" y "G" y la válvula "J" deberá estar abierta en forma tal que -- nos indique un pequeño paso de gas, el cual deberá estar quemándose.



SECUENCIA DE ACUMULAMIENTO DE CONDENSADO EN CORRI DA DE DIABLO CON LINEA CARGADA.

Al empezar a desplazarse el diablo en el interior de la tubería empezará a empujar el condensado que encuentre a su paso, pero éste no llegará a la trampa de recepción hasta que cerca a la trampa aprovechando todo el gas que está delante del diablo en el sentido del flujo. Cuando se empieza a notar en el quemador llegada de condensado por el humo negro que se desprende, nos indicará que el diablo ha acumulado todo el condensado de la línea por lo que deberá abrirse totalmente la válvula "J" y cerrarse la válvula "G" para evitar que pase condensado, con esta operación se empezará a quemar todo el condensado de la línea hasta que se oiga un paso franco de gas y nos indique la bandera que el diablo ha pasado por la línea -- "F"; deberá abrirse la válvula "G" para dar paso al gas y cerrarse la válvula "F" dando por terminada la operación.

En todo el tiempo que se esté corriendo el diablo deberá tenerse comunicación con la estación de compresión para cerciorarse de que la presión no aumente demasiado sobre todo cuando se ha cerrado la válvula "G" y cortado el envío de gas esta presión no deberá ser arriba del 20% de la presión inicial de la operación, en caso contrario deberá pedirse a la estación de compresión que vaya quitando carga a una de las máquinas y evitar que siga aumentando la presión y así sucesivamente hasta que la operación ha sido terminada y volver a poner en servicio inmediatamente la máquina.

En algunas ocasiones en operaciones de corridas del diablo tanto en línea desarmada como en línea armada, es probable que se atore el diablo, situación provocada por el aumento excesivo de la presión de descarga de las compresoras.

Los diablos se pueden atorar debido a la acumulación de sólidos en la tubería, al exceso de velocidad del mismo al pasar por una curva, a la mala selección del diablo o algún deterioro en el diámetro de la tubería.

Cuando esta anomalía sucede, no se sabe en que parte de la tubería se ha quedado atorado. Las formas para desatorarlo son las siguientes: deprimir la línea por la trampa de recepción, enviar un diablo en el sentido del flujo ya que en este tramo la línea está libre de líquido por lo que éste correrá a una velocidad mayor y el golpe podrá desalojarlo, otra forma es hacer lo mismo pero en sentido contrario del flujo.

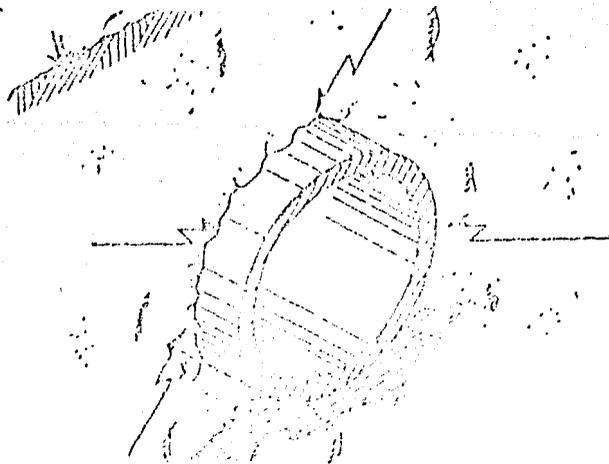
En caso de que ninguno de estos dos métodos de resultado se tendrá que meter otro diablo pero con una cápsula radioactiva hasta que choque con el diablo atorado localizándose el punto de obstrucción, mediante un aparato especial. Una vez localizado el lugar de obstrucción deberá cortarse la tubería un tramo tal que nos permita extraer los diablos y eliminar la causa que provocó la obstrucción para evitar problemas posteriores.

CONSERVACION EXTERIOR. La conservación exterior tiene la finalidad de proteger el gasoducto contra los ataques de la corrosión.

Anteriormente se usaba la técnica de calcular el desgaste que sufriría la tubería durante 8 ó 10 años y después del cálculo o de el grosor de la tubería necesario para resistir los esfuerzos mecánicos a que está sujeta se le añadía el grosor calculado por el desgaste, lo que causaba fuerte pérdida económica en material y mayor peso durante el transporte de las secciones del gasoducto al lugar donde se emplearían.

En la actualidad, se utiliza únicamente el espesor de pared de tubería necesario para su correcta operación y se protege el gasoducto exteriormente de dos maneras:

- a) Protección mecánica.
- b) Protección catódica.



TUBERIA EN-  
TERRADA.

Fig. 36

LAS TUBERIAS DE ACERO SEPULTIZADAS, SUFREN EL ATAQUE DE LA CORROSION POR LAS SIGUIENTES CAUSAS: Cuando se excava la zanja, la tierra removida permite que el oxígeno propicie más el ataque corrosivo. Humedad en el suelo. Acción electroquímica de minerales contenido en el suelo FIGURA 9.

#### PROTECCION MECANICA.-

Tiene la finalidad de evitar el contacto de las tuberías con los agentes corrosivos; esto se logra cubriendo la tubería (que previamente se ha limpiado) con cintas de polietileno o de fibra de vidrio, que son impermeables y malos conductores de la electricidad. También se usan para proteger a la tubería el esmalte y el asfalto.

PROTECCION CATORICA.- La protección mecánica no es perfecta, pues basta algún rasguño o alguna área no cubierta, para que se origine la corrosión.

La corrosión en gran parte se debe a que fluye corriente eléctrica de la tubería al suelo con el consiguiente desprendimiento de metal; estas corrientes se deben a reacciones químicas entre el metal y la tierra. Para evitar esto hacemos uso de la protección catódica, cuya finalidad es cortar este flujo de corriente.

Las estructuras que reciben protección catódica pueden ser divididas en tres grupos; el primer grupo lo constituyen aquellas que están sepultadas en la tierra, e incluyen a las tuberías, tanque de almacenamiento etc. El-

segundo grupo lo constituyen aquellas estructuras que están sumergidas en agua, ya sea dulce o salada. El tercero lo constituyen aquellas que contienen en su interior algún electrolito.

En este capítulo solo trataremos acerca del grupo que incluye a oleoductos y gasoductos.

La protección catódica puede ser aplicada en dos formas:

La primera consiste en tratar la tubería por partes, protegiéndola por me dio de ánodos de sacrificio.

ANODOS DE SACRIFICIO.- Los primeros experimentos sobre protección catódica fueron hechos con ánodos de zinc, los cuales se conectaron a placas de cobre y se sumergieron en un depósito conteniendo agua de mar.

Así se formó una pila galvánica en donde el zinc fué el ánodo, mientras que el cobre formó el cátodo.

El Zinc, al proporcionar la corriente, quedó corroído (por lo que se le llamó ánodo de sacrificio); mientras que el cobre quedaba catódicamente protegido.

Este método para proporcionar protección catódica es muy económico y puede ser usado con una gran variedad de metales, tales como los empleados en la fabricación de tuberías.

La segunda forma consiste en calcular la corriente que fluye de la tubería al suelo (esto se hace tomando en cuenta la resistividad del terreno) y, a continuación, se instala una fuente de potencia, conectando únicamente el conductor negativo de la fuente a la tubería.

Las fuerzas electromotrices producidas por las reacciones de corrosión son del orden de algunos décimos de volt, por lo que la aplicación de una fuerza electromotriz de sentido lo opuesto las evitará.

#### 4 .- MANTENIMIENTO DE COMPRESORES DE AIRE

La gran mayoría de las fallas mecánicas que ocurren en un compresor de aire pueden prevenirse con una buena lubricación periódica y un mantenimiento -- preventivo adecuado.

El tiempo y la energía que se puedan consumir al efectuarlos, serán siempre menores a los que se pierden cuando una unidad queda fuera de servicio por alguna falla.

A continuación se enumeran los síntomas que ocurren más frecuentemente en -- compresoras de aire, sus causas y la mejor manera de corregirlos para evitar la falla que puedan causar.

**Sobrecalentamiento del Compresor.** Cuando el compresor se calienta en exceso, puede deberse a una o varias de las siguientes causas:

- a).- Bajo nivel de aceite en el cárter.
- b).- Borba de aceite defectuosa.
- c).- Las válvulas o sus resortes, dañados.
- d).- Las bandas del ventilador (si las tiene), flojas o dañadas.
- e).- Excesivo desgaste en las chumaceras de la biela.

El sobrecalentamiento puede tener graves consecuencias para la vida -- útil del compresor y debe evitarse en cualquier ocasión.

La forma recomendada para corregirlo es la siguiente:

- a).- Poner aceite hasta llegar al nivel correcto.
- b).- Cambiar la borra del aceite y las válvulas defectuosas.
- c).- Ajustar o cambiar las bandas del ventilador.
- d).- Cambiar las chumaceras de las bielas.

**Excesiva temperatura en la descarga.** -- Este es uno de los síntomas que se --

presentan más frecuentemente durante la operación del compresor y la causa más común es la rotura de las válvulas de descarga, ya sea del primer o del segundo paso.

Se puede detectar fácilmente al tacto, pues la cabeza con válvulas defectuosas se calentará más de lo normal.

Es de suma importancia remediar esta falla lo más pronto posible, pues --- además de que el compresor trabaja menos eficientemente, existe el peligro de que algunas pequeñas partículas de la válvula caigan al émbolo y lo dañen. Para remediarlo, deben cambiarse la o las válvulas limpiando cuidadosamente todos los depósitos de carbón acumulados en la parte cercana.

#### LA UNIDAD NO COMPRIME A SU CAPACIDAD TOTAL.

Cuando el compresor trabaja pero no maneja la cantidad de aire especificada, puede deberse a:

- a).- Válvulas de succión o descarga, rotas.
- b).- Fugas en la descarga o sus conexiones.
- c).- Fugas por la válvula de purga del tanque acumulador.
- d).- Fuga por la válvula de seguridad.

Estos puede evitarse de la manera siguiente:

- a.- Inspeccionar y cambiar válvulas dañadas.
- b.- Cambiar los empaques y reapretar los tornillos de la descarga.
- c.- Reparar o cambiar la válvula de purga del tanque acumulador.
- d.- Desarmar, limpiar y recalibrar la válvula de seguridad.

**COLETO EN EL COMPRESOR.**— El golpeteo en la parte superior de los cilindros compresores, puede ser causado por una o varias de las siguientes causas:

- a.- Demasiados depósitos de carbón en las cabezas de los cilindros.
- b.- Válvulas o resortes rotos; pequeñas partículas que caen al cilindro.

Lo anterior pueda remediarse en la forma siguiente.

- a.- Desmonte la cabeza de cilindro y limpie todo el carbón depositado en ella.
- b.- Después de desmontar la cabeza, saque todas las partículas del interior del cilindro. Cambie la válvula.

Excesivo consumo de aceite.- Esto puede ser originado por alguna de las siguientes:

- a.- Operación ineficiente del filtro de aire: esto permite el paso de partículas que desgastan en exceso los anillos.
- b.- Desgaste excesivo de las chumaceras de biela, lo cual causa que se arroje demasiado aceite a las paredes del compresor y se mezcle con el aire a comprimir.
- c.- Anillos de los pistones desgastados, lo cual permite el paso del aceite al aire por comprimir.

Para remediar esto, es necesario:

- a.- Limpiar cuidadosamente el filtro de aire y cambiar los anillos de los pistones.
- b.- Instalar metales nuevos a las bielas de compresor.
- c.- Instalar anillos nuevos a los émbolos del compresor.

CAPITULO IV

SEGURIDAD EN PLANTAS DE COMPRESION.

IV

SEGURIDAD EN PLANTAS DE COMPRESION.

- 1) EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL
- 2) EQUIPO DE SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES
- 3) SISTEMAS DE PROTECCIONES DE MOTOCOMPRESORAS
- 4) TRABAJOS PELIGROSOS
- 5) PRECAUCIONES EN EL EMPLEO DE EQUIPO DE SOLDADURA.
- 6) DETECTOR DE GAS
- 7) TOXICIDAD DEL GAS NATURAL
- 8) ANTIDOTOS PARA ENVENENAMIENTO POR GAS.

## SEGURIDAD EN PLANTAS DE COMPRESION

INTRODUCCION.

Uno de los aspectos que más preocupa a cualquier empresa, es la pérdida de personal y equipo a causa de los accidentes. Dichos accidentes jamás son casuales, sino provocados por la ignorancia y el descuido.

El Presente Estudio, acatando las normas que dicta - el Departamento de Seguridad Industrial expone las reglas que se deben seguir en los campos de compresoras.

El llevar a cabo en forma correcta un programa de seguridad, permite que el operario trabaje en mejores condiciones disminuyendo de esta manera los accidentes de -- trabajo, y a la vez se obtiene una producción más elevada con la que se puedan amortiguar con creces los gastos que ocasiona dicho programa.

Para operar con propiedad una Planta de Compresión - es indispensable conocer la correcta operación de cada uno de los componentes del equipo y las condiciones de operación de los mismos que puedan originar algún accidente.

## 1.- EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL.

La primera idea que hay que tener presente es la seguridad de los trabajadores.

El equipo de protección personal no sólo es esencial para la seguridad de los trabajadores que participan directamente en los trabajos de mantenimiento, sino también de los trabajadores de operación que tienen que seguir laborando en la misma zona, de los trabajadores de protección contra incendio cuando los haya y de cualquier otro, los cuales deberán usar siempre la ropa, guantes, casco, mascarillas y herramientas apropiadas. En segundo lugar, que se haga la prueba de gases en los lugares donde se ejecuten operaciones de reparación, proceso, mantenimiento. Que se pida la intervención del personal de Contra Incendio cuando así se haya establecido. Que se cuente con el permiso del personal de operación a fin de que no vaya a abrir una válvula, operar un switch o ejecutar -- cualquier otra maniobra que ponga en peligro los trabajadores.

En este caso, el equipo se empleará para proteger la vista y el aparato respiratorio.

La protección de los ojos debe darse con lentes - con máscaras con vidrios o plásticos resistentes al impacto, que debe tener como requisito indispensable un ajuste perfecto a la cara para impedir que se filtre el gas.

La mayoría de los aparatos de protección respiratoria protegen al mismo tiempo los ojos de la persona que los usa.

Para la protección al aparato respiratorio se tomará en cuenta lo siguiente:

Cuando por naturaleza del trabajo se sospeche que -- pueda existir sulfhídrico en muy pequeñas concentraciones y si los tiempos de exposición son breves, más que como - protección respiratoria, como comodidad para el trabajador se puede usar un respirador con cartucho para vapores orgánicos y gases ácidos.

Para la reparación de pequeñas fugas o trabajos donde la concentración es pequeña y en lugares ventilados en donde se pueda asegurar que existe oxígeno suficiente para la respiración, se puede usar una máscara con bote para vapores orgánicos y gases ácidos, siempre y cuando se lleve - un control del tiempo de uso de dicha máscara para reemplazar el cartucho antes de 60 minutos de uso normal, o al -- cabo de 6 meses si fue usado una sola vez, debiendo estar-se a la condición que primero se cumpla.

Cuando la persona que esté usando una máscara perciba olor a hidrocarburo o a ácido sulfhídrico (a huevos podridos), es signo inequívoco de que, o la máscara está mal colocada, o el bote está agotado, o la concentración de -- gases es muy alta y no son retenidos por los productos químicos del bote. Cuando esto suceda deberá retirar inmediatamente del área contaminada.

Las máscaras o capuchones con suministro de aire forzado o las máscaras autosuficientes por regeneración de -- oxígeno, es conveniente usarlas cuando se tenga que trabajar en áreas donde estén presentes el ácido sulfhídrico o hidrocarburos que lo contengan, en concentraciones grandes o en lugares cerrados o mal ventilados que se presuma puedan carecer de oxígeno, como pueden ser los tanques de almacenamiento, los carretanques o en las emergencias que se presenten por fuga considerable de productos y que sea preciso disponer de una fuente indispensable de aire.

## 2.- EQUIPO DE SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES.

Un equipo instalado, cualquiera que sea su función, -deberá trabajar lo más eficientemente que se pueda: para--lograr esto, es necesario darle cierto tipo de mantenimien--to ya sea correctivo o preventivo y alargar de esta manera la vida util del equipo. Los programas de mantenimiento --elaborados en la sección de programación de acuerdo con la técnica y las experiencias del campo desarrolladas práctica--mente. Es importante que los operarios destinados al man--tenimiento preventivo se den cuenta de la importancia de -de estos programas; de ahí que su colaboración en la ejecu--ción de los mismo daría como resultado el mantener el equi--po en óptimas condiciones.

Es conveniente además que el operario que lleve a --cabo dichos programas elabore un reporte de los trabajos -efectuados y que , a la vez, haga ciertas observaciones -de cómo se podrían hacer los trabajos en menor tiempo--ya que esto ayudaría a corregir el método de trabajo que se seguiría en una próxima revisión; pero lo fundamental -del reporte escrito sería para tener un historial de cada -máquina en particular, pues dichos reportes, en un momento dado, nos indicarían las fallas más frecuentes.

Es necesario realizar inspecciones preventivas y pe--riódicas de los equipos de seguridad en las casas de compre--soras, con el objeto de que el equipo opere en condiciones normales y anormales, tales como válvulas de seguridad ---alarmas, sistemas eléctricos de alumbrado, áreas de proce--so, agua de servicio y tratada para disponer de ella para--el fin necesario en cualquier ocasión.

La calibración de válvulas de relevo es un factor importante en la protección del equipo principal: se debe llevar a cabo en una forma periódica, llevando un registro del chequeo de dicho equipo con lo que se evita que, por la falta de uso continuo, dejen de funcionar en el momento preciso. La calibración y prueba de aparatos de medición y control de la máquina tales como: controles de sobrevelocidad, termopares, manómetros, válvulas automáticas, válvulas manuales, así como bombas de agua, aceite, etc., se deberá hacer periódicamente.

Los lugares de acceso a la localización de los equipos de control, medición y protección, deberán estar libres de materiales sueltos o resbaladizos que obstruyan y hagan peligroso el lugar por donde se transita.

Otro punto importante es la localización del equipo de contraincendio: extinguidores mangueras con boquillas, aspersoras, tomas de agua, desfoques al quemador, etc.,

Teniendo control sobre las condiciones de seguridad que debe de haber en el equipo y las instalaciones, se tendrá a una operación más eficiente y un factor de seguridad alto tanto en el personal como en el equipo.

#### A) DERIVACION AL QUEMADOR.

Las líneas de desfogue al quemador, tienen que estar en uso continuo y la instalación de éstas es sencilla pero debe reunir ciertas condiciones de seguridad.

Entre estos puntos cabe mencionar los siguientes:

- 1.- Líneas en buen estado
- 2.- Fosas de desfogue a menor nivel (disques de drenado del aceite.
- 3.- Pilotes en servicio.
- 4.- Válvulas macho en buen estado y que no se pasen.

El sistema del quemador se localizará a una distancia prudente del equipo de proceso, situándose a campo abierto y a una altura que depende de la proximidad del equipo adyacente.

El quemador estará hecho de material resistente al calor (acero 18-8) a una altura de 20 pies (6 mts.), y contará con un piloto en la parte superior que será automático para tenerlo siempre en servicio.

Aunque en muchos casos se tiene piloto de bujía, pero requiere mayor mantenimiento y su uso no es muy común.

En la base del quemador tiene su purga que drena a las fosas de recolección donde queman los residuos no recuperables de hidrocarburos líquidos como gasolina, aceite o agua.

Si se manejan líquidos condensados, el quemador ya instalado con un tanque colector de condensados con indicador de nivel, válvula de purga, sistema de control de alarma y en la parte superior la salida de vapores directamente al quemador.

Además contará con una reducción de diámetro en la tubería de salida de gas del cabezal y la entrada de gas al quemador con objeto de tener flujo continuo y uniforme y evitar tiros de aire que provoquen flamazos repentinos.

FIG. 37

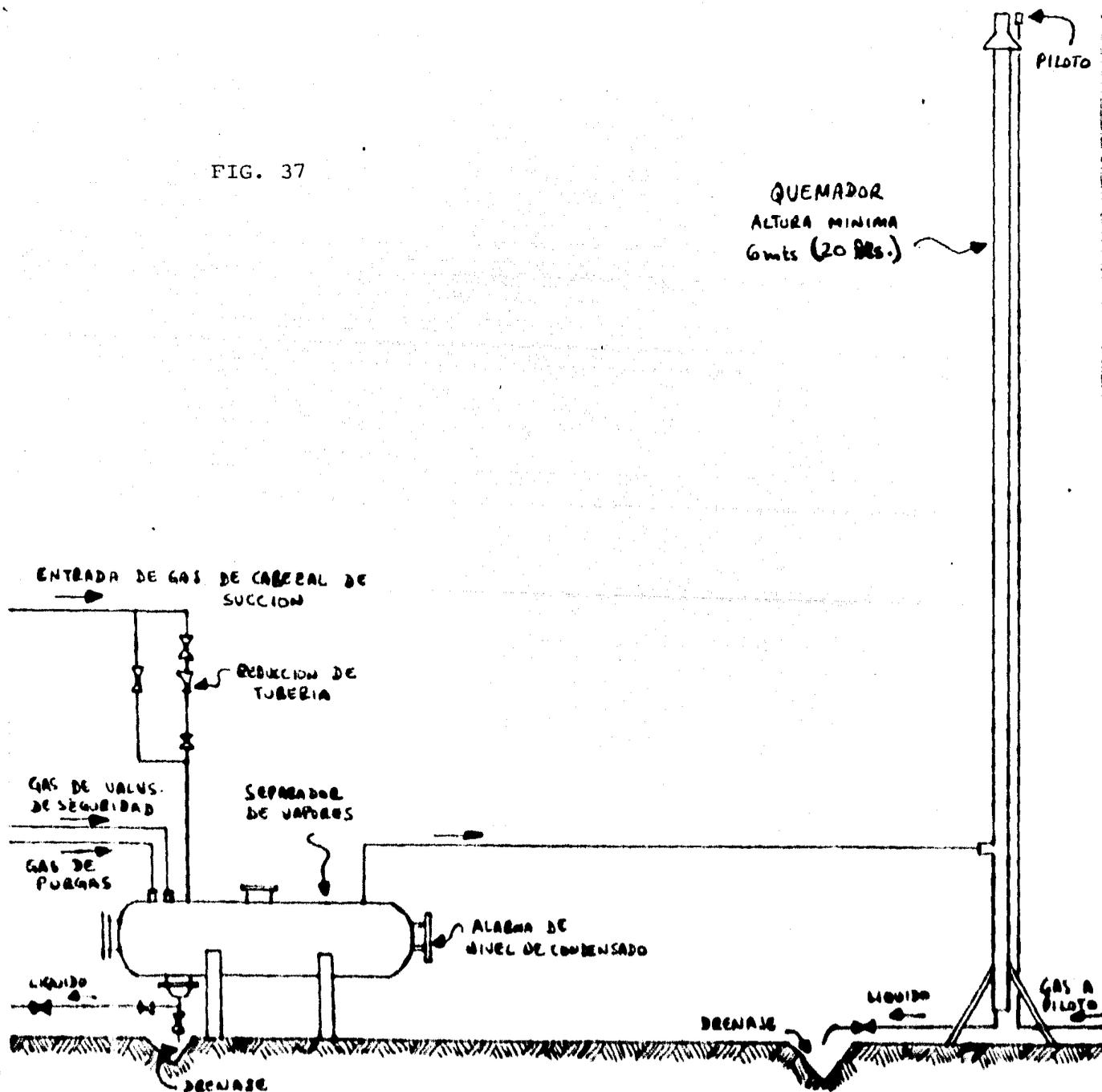


DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA INSTALACION TIPICA DE UN QUEMADOR.

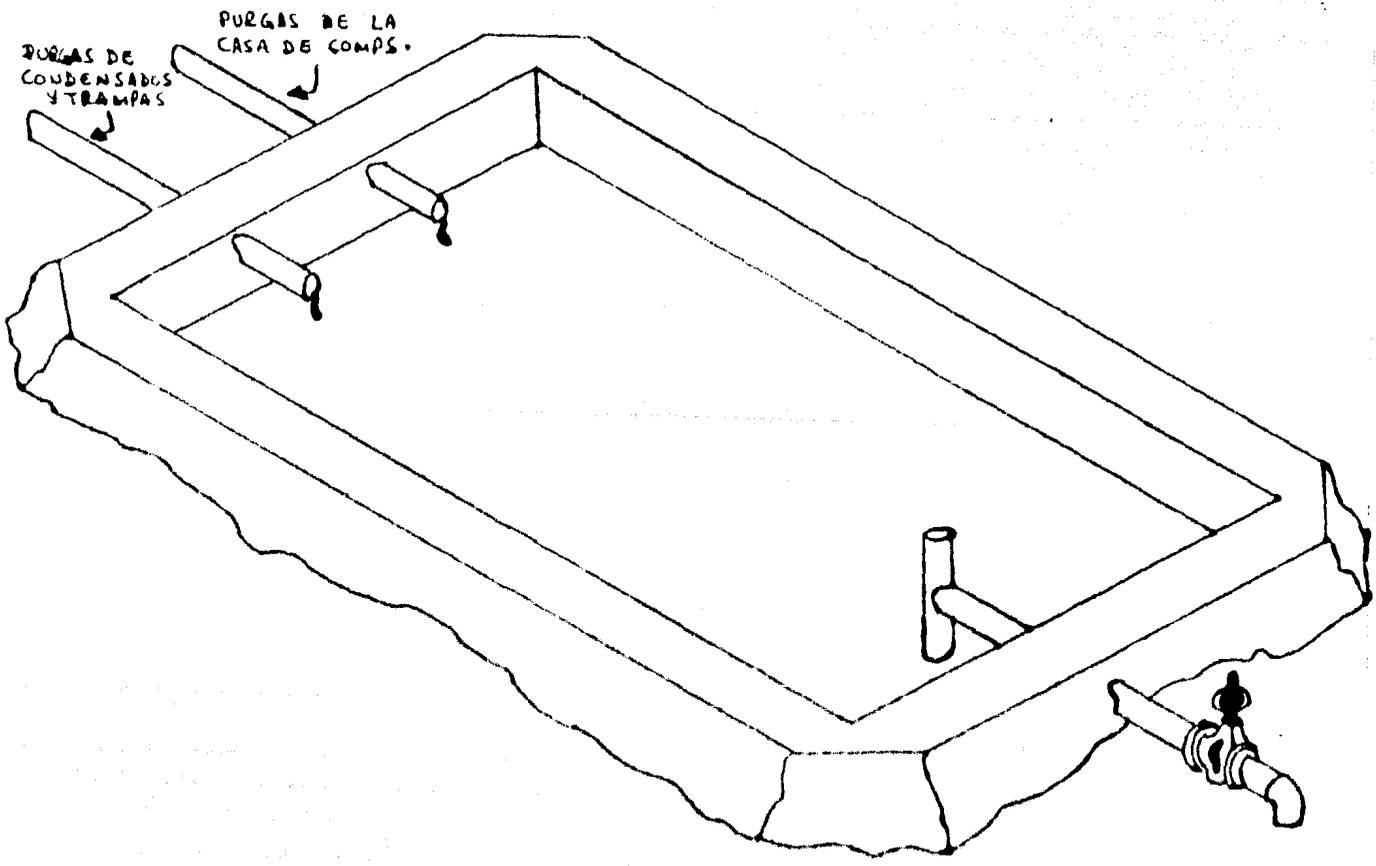
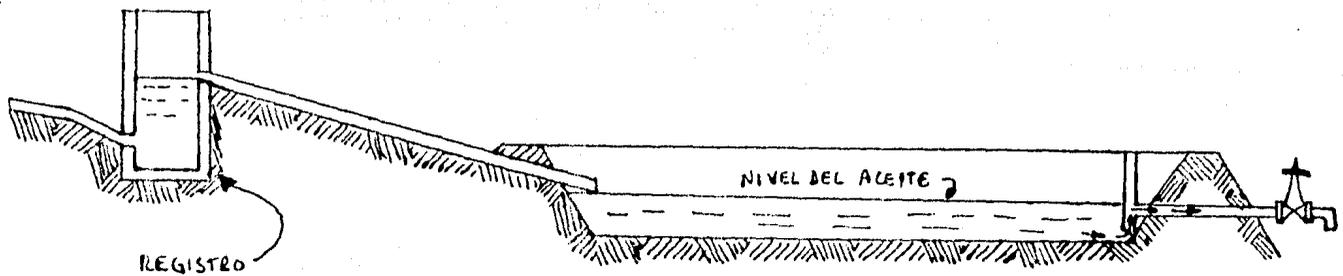
## B) FOSAS DE RECOLECCION DE CONDENSADO.

La acumulación de residuos en los drenajes y cañerías de las instalaciones puede provocar incendios. Por lo que se recomienda destapar y limpiar los drenajes y vertederos donde descarguen purgas y condensados, teniendo la precaución de que los vapores descarguen a la línea del quemador.

Cuando no se cuenta con tanque colector de vapores en el quemador, los líquidos condensados deben quemarse para evitar la acumulación de cantidades peligrosas, llevándolos a una fosa de recolección de residuos a través de canales cerrados para evitar la propagación del fuego.

Las fosas de recolección, deben estar construidas a un nivel inferior con trampas o diques sucesivos para separar -- por gravedad el aceite, drenando el agua de la emulsión por medio de una trampa como la mostrada en la figura que se detalla. Generalmente la composición de los condensados además del agua que viene emulsionada con el aceite, traen consigo gasolina y residuos inflamables, que se queman en la fosa o presa -- donde se colectan los residuos.

A continuación se muestra el canal y el dique en corte -- mostrando las indicaciones de construcción en estas presas.



PRESA TIPO PARA COLECTAR Y QUEMAR RESIDUOS DE CONDENSADO DE LAS PLANTAS DE COMPRESION DE GAS. - FIG. 38

## SISTEMA DE AGUA DE CONTRA INCENDIO,

Para fines de contra incendio el agua debe de ser de preferencia dulce, utilizándose con ventaja sobre otros materiales por su mayor capacidad calorífica es el preferido para atacar incendios por enfriamiento: puede emplearse en forma de chorro para mayor penetración en cuerpos ardientes o para obtener mayor alcance; o bien en forma de niebla, para fuegos superficiales y para mayor absorción de calor.

La distribución del sistema de contra-incendio en instalaciones petroleras, donde se requiera proteger al equipo por este medio, debe reunir condiciones tales que ofrezcan seguridad, maniobrabilidad y que sea práctico en el lugar que se use. Así en una Casa de Compressoras se instalarán tantas tomas como equipo instalado exista en una área dada.

La red estará constituida por una fuente de aprovisionamiento de agua, un equipo de bombeo, una serie de tuberías interconectadas entre las áreas a proteger, con válvulas para separar los distintos circuitos y con varias salidas controlables, ya sean hidrantes para conectar dos o más mangueras de contra-incendio, o los monitores que llevan una boquilla regulable para dirigir el agua al lugar en que se requiera.

El mantenimiento que debe proporcionarse a este sistema, aunque poco, debe suministrarse constantemente; algunos de los puntos que hay que considerar, son; todas las válvulas de hidrantes y monitores deben mantenerse cerradas cuando no estén en operación, incluyendo las tapas de los hidrantes, que además de asegurar la hermeticidad de las válvulas, previenen el daño que pueda sufrir por golpes la cuerda macho de salida.

Purgar la red de agua periódicamente, de acuerdo con la cantidad de materia extraña que pueda acarrear la propia agua, para evitar su acumulación y posible taponamiento de alguna línea. Engrasar los vástagos y las partes móviles de las válvulas excepto las cuerdas para conexiones de mangueras, esto una o dos veces por año. Si el clima lo hace necesario, deberá reponerse la pintura protectora del equipo cada año y especialmente en los lugares donde la corrosión esté causando daños. Hidrostáticamente deben probarse cada 5 años todas las tuberías, incluyendo los hidrantes..

A continuación se indicarán los sistemas de contra incendio más comunes:

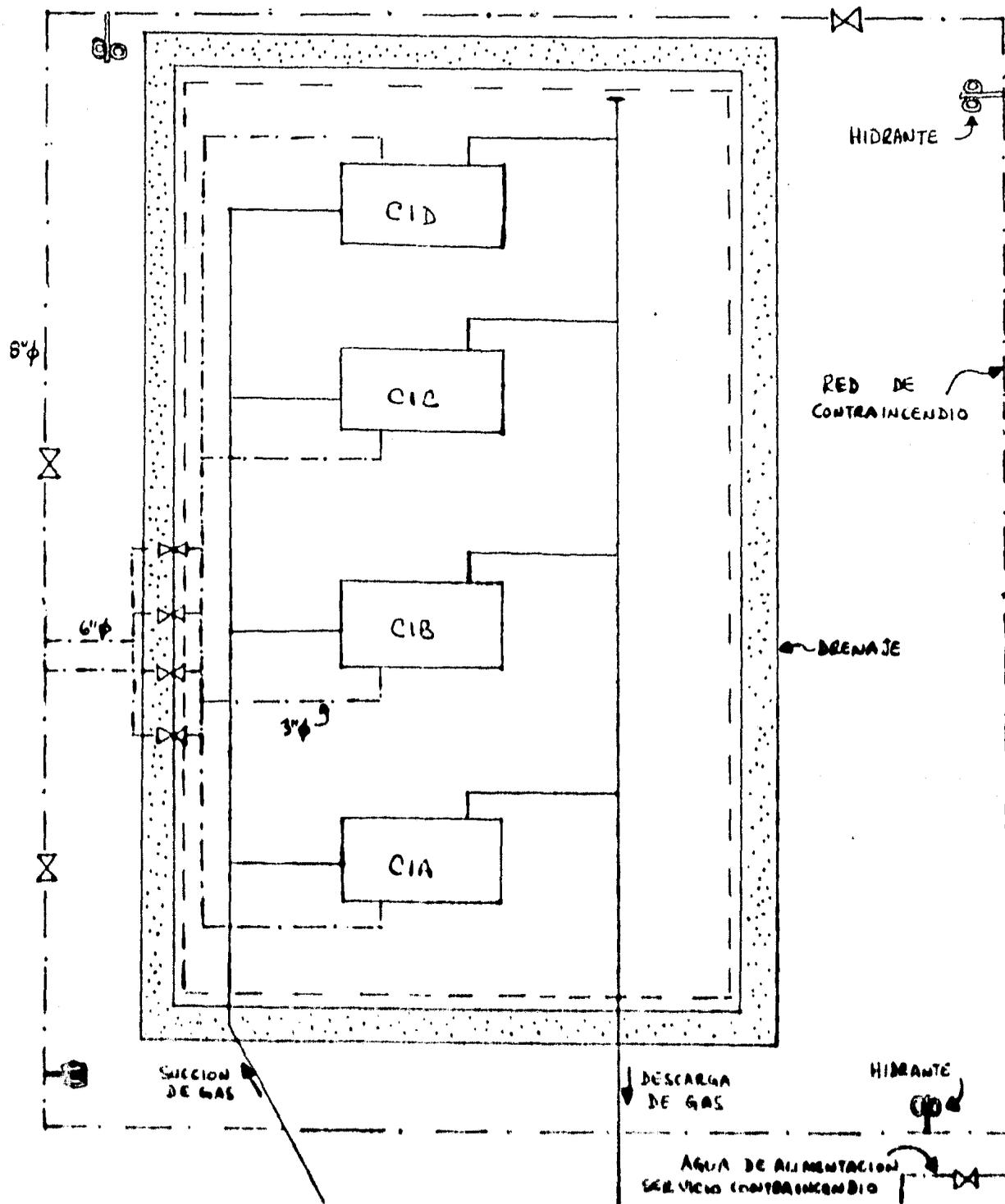
- A) AGUA
- B) ESPUMA
- C) POLVO QUIMICO SECO
- D) GASES INERTES
- E) OTROS TIPOS.

En nuestro caso el sistema más versátil y fácil de usar es el agua por sus propiedades, disponibilidad y medio de transporte, máxime que la operación de estaciones de recolección de gas nos se circunscriben a una área determinada y por tanto el uso de otro tipo de sistema de contra-incendio no es práctico.

Aunque se dispone de equipo, auxiliar en las instalaciones, tales como: extinguidores de polvo y espuma química.

Su uso está generalizado y se disponen en áreas a distancias estratégicas de los sitios donde se requieren: las instrucciones de uso no varían mucho en los distintos modelos y tenemos que las indicaciones más comunes son las siguientes:

- 1.- Sacar la manguera.
- 2.- Empujar la palanca
- 3.- Apretar el chiflón de la manguera.
- 4.- Dirigir el chorro a la base de llamas.



ESQUEMA DE LA RED DE CONTRAINCENDIO EN UNA PLANTA DE COMPRESION DE GAS. FIG. 39

## EQUIPO A PRUEBA DE EXPLOSION.

Los equipos eléctricos por su naturaleza y para el área de trabajo en que están instalados, requieren además de seguridad, que sean lo adecuado en cuanto a diseño y construcción para evitar que contribuya u origine la ignición de líquidos, vapores o gases inflamables en la atmósfera, además de proteger contra fallas de energía, tierras accidentales y choque eléctrico producido por contacto personal con conductores energizados.

Se considera que una estación de compresoras es una área en donde existe una atmósfera con materiales inflamables, con la humedad ambiente los vapores de gas atacan en una forma activa al equipo eléctrico: porque si bien está diseñado a "prueba de explosión", debe tomarse en cuenta que la falla de cualquier parte de sistema eléctrico no produzca o libere flama en los contactos, registros, carcazas o gabinetes de control.

## INSTALACION DE EQUIPO A PRUEBA DE EXPLOSION.

La elección de motores, registros, carcazas, contactos e instalaciones de alumbrado y fuerza para la casa de compresoras y además dispositivos de instalación debe ser a prueba de explosión no importando en este caso el factor económico.

Los contactos son algunos de los elementos que más daño sufren por efecto de los vapores volátiles de gas, por tanto es menester revisarlos periódicamente y reemplazarlos si es necesario.

Los circuitos de las máquinas estarán perfectamente aislados, libres de tierrar por humedad, o cables deteriorados en los registros, controles o aberturas donde se produzca chispa que origine una alta temperatura por vapores calientes volátiles, que debido a su baja temperatura de ebullición rápidamente se inflamen.

Los sitios donde se encuentran los controles, deben estar ventilados y libres de materiales que propicien una alta temperatura y cudar que no se usen como bodegas tales sitios.

Si el circuito eléctrico está oculto, revisar que los drenajes -- no concurran hacia estos puntos de la instalación, teniendo también -- en este caso cuidado de tenerla perfectamente aislada. Los motores no cerrados que por alguna causa no tenga la misma especificación a --- "prueba de explosión" estarán fuera del área de proceso o de los cabzales o lugares donde se presume existan vapores acumulados.

## SISTEMA DE PROTECCIONES DE MOTOCOMPRESORAS.

Los sistemas de protección de una compresora tiene como finalidad además de la medición de las condiciones de operación, el control de la máquina, la protección de la misma por condiciones anormales en su operación tales como:

Presiones altas en la succión y descarga , alto nivel de condensado, alta temperatura de agua de enfriamiento, baja presión de aceite lubricación defectuosa, alta velocidad, etc. En la máquina (o en la turbina).

Así tenemos protecciones de:

- 1.- Acción directa.
- 2.- Acción indirecta.

Entre las primeras podemos citar, las válvulas de relevo en donde el elemento (gas) hace actuar el mecanismo de la válvula, y en las neumáticas o indirectas éstas actúan por medio de una señal: eléctrica, neumática, térmica o magnética que mueve el mecanismo. Los sistemas de protección se encuentran contenidos en el tablero de una unidad, aunque no necesariamente debido a la variedad de los equipos que van instalados en las diferentes partes de la máquina.

Estos incluyen también un medio para controlar manualmente la velocidad de la máquina.

El equipo enlistado a continuación se localiza en la parte frontal del tablero.

- 1.- VALVULA DE CONTROL:
  - a) Válvula selectora para control de secuencia (Auto/Manual)
  - b) Válvula de paro y arranque (Stop/Run).
  - c) Bomba auxiliar de lubricación (On/Off).
  - d) Aire de arranque (On/Off).
  - e) Encendido y combustible (On/Off)

## 2.- INDICADORES DE SECUENCIA,

- a) Maestro del sistema de seguridad (Rojo/Verde).
- b) Bomba auxiliar de lubricación (On/Off).
- c) Aire de arranque (On/Off).
- d) Encendido (On/Off).
- e) Combustible (On/Off).
- f) Retardo de tiempo (Rojo/Verde).

Son necesarios los dispositivos siguientes para completar el sistema de control:

- 1.- Válvula de aire de arranque.
- 2.- Interruptor de Encendido .
- 3.- Válvula de seguridad del combustible.
- 4.- Válvula motriz para bomba auxiliar de lubricación.
- 5.- Todos los dispositivos detectores de fallas (excepto el de - secuencia incompleta).
- 6.- Gobernador equipado con receptor de señal neumática de velo - cidad y limitador de combustible de arranque.

## SECUENCIA DE PARO DE LA MAQUINA.

La máquina se para girando la perilla de la válvula de paro y --- arranque hasta la posición "STOP" o por una condición anormal detectada por el sistema de seguridad. En cualquiera de los casos la válvula de gas combustible se encierra inmediatamente parando la máquina, y el sistema de encendido permanece desconectado de tierra por espacio de - 20 segundos aproximadamente.

## PARADA DE EMERGENCIA DE LA POST-LUBRICACION.

El ciclo de post-lubricación puede ser interrumpido en caso de una emergencia tal como una ruptura de las líneas de aceite, presionando el botón de la válvula de control "Bomba auxiliar de lubricación" en el - tablero de control.

#### PARADA POR FALLA.

Si cualquier función del motor ó del compresor conectada al sistema alcanza una condición insegura, el dispositivo correspondiente--respectivo se torna rojo.

Este venteara todo el sistema, haciendo que cierre la válvula de gas combustible, parando la máquina. La causa que origino este paro - queda indicada por el color rojo en el tablero de control.

#### PRUEBA DEL SISTEMA.

La operacion de probar el sistema mientras está en servicio sin provocar un paro se hace de la siguiente forma: Mientras un hombre - sostiene la válvula de prueba, otro dispara cada uno de los dispositivos de seguridad haciendo que accionen. Esto originara que el indicador de cada dispositivo se torne rojo. Cuando se restablezca el dispositivo, el indicador regresara de nuevo a la posición verde; Cuando - el sistema haya sido probado a satisfacción del operador, y los indicadores esten en posición verde, la válvula de prueba puede soltarse.

#### MANTENIMIENTO.

Los dispositivos de seguridad deben probarse de acuerdo con lo-  
expuesto anteriormente atendiendo a un programa regular de manteni-  
miento preventivo; además de eso la única atención requerida para el  
sistema consiste en conservar apretadas las juntas de tubing, para -  
evitar fugas y soplotear la caja del filtro de aire o gas de instru-  
mentos para eliminar los líquidos que puedan haberse acumulado.

Se recomienda que cada dispositivo de seguridad sea probado -  
periódicamente a intervalos de tiempo no mayores de 90 días.

## TRABAJOS PELIGROSOS.

Conocimiento de los productos usados en la limpieza.

La naturaleza de los productos usados en la limpieza es de una gran variedad, van desde el más común que es el agua hasta los disolventes orgánicos más enérgicos, y según el uso a que se les destine.

En nuestro caso vemos que los más usados son productos hechos a base de sosa o de otros compuestos cáusticos, para neutralizar las sales del ácido graso.

**EJEMPLO CLARO:** Se usa cáustica o sosa directamente cuando se quiere limpiar una superficie llena de aceite o grasa mineral, con el objeto de cortar o neutralizar la grasa. Cuidando de no deteriorar el recubrimiento de la superficie que se limpie.

En el caso que se manejen sustancias ácidas, ya sea para tratamiento de agua, o para limpieza de drenajes u otros fines, se debe tener la dilución adecuada para no bañar el equipo, ni que resulte peligroso para las personas que manejen dichas sustancias; debe usarse en todo momento el equipo protector, tal como: caretas, guantes, mascarillas, equipo especial de seguridad si así se requiere. En general, la variedad de productos usados en la limpieza bien sean abrasivos para medios mecánicos o disolventes para medios químicos, el producto usado para el caso específico será tal que ofrezca seguridad en su manejo y en su toxicidad como producto peligroso.

## ÁREA DE TRABAJO SUCIA.

Sin duda alguna la limpieza constituye uno de los pilares más fuertes en cuanto a seguridad se refiere, ya que en un área de trabajo limpia, el trabajador presta mayor cuidado y más atención a sus labores, que el obrero que lo hace en una planta desordenada.

Puede fomentarse en los operarios la costumbre de la limpieza del lugar de trabajo, mediante el empleo de cartulinas con descripciones escritas y gráficas de los riesgos.

De lo anterior se desprende que antes de iniciar cualquier reparación de una moto-compresora, es conveniente limpiar el área de trabajo para evitar accidente.

Esta limpieza consiste, en términos generales, en: retirar piezas que puedan obstruir cualquier maniobra por realizar sobre la compresora y sobre todo limpiar el aceite que por fugas de la máquina se acumula en el piso, el cual puede ocasionar serios accidentes.

#### MONTAJE Y DESMONTAJE DE PIEZAS GRANDES.

Durante el montaje y desmontaje de piezas grandes se deben tomar las precauciones que se indican en el capítulo anterior.

#### CAMBIO DE VALVULAS DE SUCCION Y DESCARGA DE LOS CILINDROS COMPRESORES.

Cuando hay necesidad de revisar válvulas de los cilindros compresores, antes de iniciar los trabajos hay que verificar que los machos de succión y descarga estén debidamente cerrados y el macho de la derivación al quemador abierto.

Al quitar la tapa de la válvula, si la presencia de gas se manifiesta y es regular la presión, indicará que los machos no estén bien cerrados o no sellan bien: de ser esto último se podrá eliminar la presencia del gas, inyectando grasa a presión a las paredes del pistón, a través de la grasera, con lo que se logrará disminuir la presión de gas dentro del cilindro. Hay ocasiones que no se logra un sello perfecto de los machos de succión y descarga al engrasarlos, y el gas se sigue manifestando en el interior del cilindro, lo que ocasiona molestias al operario que desempeña el trabajo.

Para poder efectuar la reparación con 100% de seguridad se recomienda el uso de máscaras anti-gas (canister), que deben estar a la mano en los centros de trabajo donde se haya instalado esta clase de equipo.

De no haber a la mano dichas máscaras, para trabajar con seguridad se recomienda calocar una junta ciega despues de la válvula de succión-- y descarga del lado de la máquina: con esto se logra eliminar en un 100% la presencia de gas en el interior del cilindro.

#### INSTALACION DE JUNTAS CIEGAS.

Antes de colocar la junta ciega hay que verificar lo siguiente:

- 1o.- Que la válvula este cerrada debidamente.
- 2o.- Si al estar aflojando los esparragos que sujetan la brida --- sale gas, se debe inyectar grasa a presión por la parte superior de la válvula, con el fin de sellar las paredes de la-- válvula macho con el pilón.
- 3o.- Si con la grasa adecuada no sella y la presencia de gas es -- considerable entonces se recurre al empleo de mascarillas antigas.
- 4o.- Si hay necesidad de meter las cuñas para abrir más las bridas y poder colocar la junta ciega, se recomienda que estas cuñas sean de bronce y el martillo o marro que se empleen sean -- del mismo material para evitar de este modo que salte alguna chispa y produzca junto con el gas un incendio.
- 5o.- Si la presión del gas es considerable y ni con máscara se puede trabajar, en estas circunstancias no se debe hacer ninguna labor , sino hasta haber parado por completo la estación - de compresión de Gas si es que así lo amerita el trabajo que se va a realizar.

## PRECAUCIONES EN EL EMPLEO DE EQUIPO DE SOLDADURA.

El departamento de Seguridad Industrial debe autorizar el empleo de equipo de soldadura en las instalaciones petroleras, donde por naturaleza de estas, los trabajos deben ejecutarse con el correspondiente permiso para trabajos peligrosos. Este permiso tiene varios aspectos utiles-convenientes de comentar:

- 1o. Establecer la dependencia que solicita el permiso determinando ahí mismo la fecha en que se va a efectuar el trabajo y el tiempo de duración del mismo. El conocimiento de esos tres puntos permite mejorar la coordinación entre las distintas personas que intervienen tanto en la elaboración del permiso como en la ejecución del trabajo.
- 2o. Marca el trabajo por efectuar, el encargado del trabajo y la autoridad del ingeniero de quién depende. El conocimiento exacto del trabajo que se va a desarrollar y el nombre y categoría de las personas bajo cuya responsabilidad queda el trabajo.
- 3o. Indica el tipo de prueba y protección que debe darse para la disminución de riesgos en la ejecución del trabajo.
- 4o. El visto bueno que proporciona el personal de seguridad será dado después de haber comprobado que físicamente se ha cumplido con todos los requisitos pedidos con anterioridad y verificando que es factible efectuar el trabajo en condiciones de seguridad.
- 5o. El supervisor encargado de dirigir a los trabajadores que harán el trabajo tiene la recomendación de no empezarlo si no se tiene la presencia del equipo de seguridad y la copia del permiso firmada por el Ingeniero de Operación.
- 6o. De las instrucciones que se marcan en el permiso es conveniente analizar los puntos 10 y 11 que dicen lo siguiente:
  - 10.- Por ningún motivo se efectuarán trabajos peligrosos en líneas, tanques de almacenamiento, bases de presión, o en general recipientes cerrados, aún que previamente hayan sido cegados, vaporizados, y revisados por el de-

partamento de inspección y seguridad.

- 11.- Salvo aquellos trabajos que han sido objeto de un reglamento especial (manejo de tetraetilo de plomo, ácido -- fluorhídrico, etc.), todos los trabajos peligrosos que se realicen en refinarias o estaciones de compresión de gas-natural deberán llevarse acabo de acuerdo con lo dispuesto en el reglamento de seguridad.

La finalidad de utilizar el indicador de gas, que como su nombre lo indica detecta la presencia de gas en el aire desde 0% a 100%; pudiendo ser estos Hidrógeno, Gas Natural Metano, Etc. El aparato se calibra de acuerdo con el gas que va a medirse.

su uso es inseguro en Acetileno o Hidrógeno en oxígeno puro. Sin embargo es seguro para detectar Hidrógeno o Acetileno en mezclas de aire.

Su principio eléctrico es de doble puente de Wheatstones y la corriente -- para este puente es suministrada por 8 tipos de pilas secas.

Cuando el Switch selectro está en la escala "L.E.L." (Level Explosivity - Limit) la lectura obtenida está en el límite de explosividad más bajo para que fué calibrado el detector de Gas.

Esas lecturas indican como apenas la muestra se aproxima a la mínima concentración requerida para la explosión. Mezclas abajo de 100 de esta escala, mantendrán la combustión pero sin propagar la flama; lecturas superiores a 100 son extremadamente peligrosas.

El olfato no debe de ser un índice de la presencia de gas en los sitios - donde se requiera ejecutar trabajos peligrosos (soldaduras, altas concentraciones de gas con el consiguiente peligro para las personas que trabajan en esos sitios).

En trabajos de soldadura, es indispensable el uso del Explosímetro por la razón de que las mezclas explosivas se depositan en las partes bajas aún - en sitios donde no existan fugas de ninguna especie.

Si se trata de vapores volátiles, no existe tanto peligro como cuando se - trata de vapores más pesados que el aire y en áreas donde no hay ventilación, ya que en el primer caso el aire arrastra estos vapores, no así en - el segundo caso.

En t nques de depósito en reparación, torres de absorción o separadores de gran diámetro, el uso del detector de gas se justifica por la presencia de vapores residuales de combustible almacenados.

Aún en la concentración que sea, el aparato nos ayuda a deducir qué clase de medidas de protección debemos tomar; bien para el personal o para el equipo; su uso está limitado al gas o mezcla de gases para el que --  
fué calibrado.-

## 7.- TOXICIDAD DEL GAS NATURAL.

El gas natural obtenido en el Distrito de Poza Rica, sale de los pozos mezclado con el crudo, y su liberación se efectúa por medio de separadores; de aquí pasa a los campos de compresoras y luego a los centros de industrialización.

Este gas contiene hidrocarburos, bióxido de carbono y ácido sulfhídrico; este último es altamente venenoso, aún en bajas concentraciones por lo que es necesario emplear el equipo de protección adecuado.

El gas natural a la presión atmosférica es una sustancia gaseosa más pesada que el aire, con tendencia a acumularse en las partes bajas, incolora y de olor característico a "huevos podridos", similar al olor que se desprende de casi todas las aguas termales sulfurosas. Es una sustancia autoinflamable a temperaturas superiores a 260°C (500F)

En proporciones adecuadas forma mezclas explosivas con el aire. El límite inferior es de 4.3% en volumen de aire y el límite superior es de 45%.

Con el oxígeno, con los vapores de ácido nítrico y en general con las sustancias oxidantes, reacciona en forma explosiva.

El ácido sulfhídrico, que es componente del gas natural, se quema con facilidad dando una flama azul poco visible; al arder produce bióxido de azufre, sustancia irritante pero menos tóxica que el sulfhídrico.

En su proceso de ataque corrosivo sobre los materiales ferrosos, forma una capa de sulfuro de hierro que normalmente se acumula en las partes internas de los recipientes y líneas que lo manejan. El sulfuro de hierro, en contacto con el aire, puede encenderse por autoigni-

-ción e incendiar las sustancias combustibles que se encuentren presentes. se evita esto manteniéndolo mojado.

El ácido sulfhídrico penetra al organismo principalmente por inhalación y actúa como irritante de los ojos aún en bajas concentraciones.

La magnitud de sus efectos dependen de la concentración del tóxico y del tiempo de inhalación.

Al aumentar la concentración de este gas en la atmósfera, aumenta su toxicidad a tal grado que bastan unas cuantas aspiraciones para provocar la muerte inmediata.

En aquellos lugares en donde se desprendan vapores de gas natural en bajas concentraciones, puede presentarse, al aspirarlo, la característica de éste de hacer perder sensibilidad del olfato de tal manera que la persona que lo aspire puede dejar de percibir la presencia del gas. Cuando se ha aspirado este gas, los primeros síntomas son dolor de cabeza, náuseas y ardor de ojos.

La primera medida que se debe tomar cuando exista la posibilidad de envenenamiento por inhalación de ácido sulfhídrico, es la de sacar al afectado del lugar contaminado y llevarlo al aire libre o a un cuarto perfectamente ventilado.

Si la persona afectada se encuentra inconsciente y no respira, proporciónesele inmediatamente respiración artificial de preferencia por el método "de boca a boca", hasta que la persona afectada recupere la respiración normal; manténgala abrigada y quieta y no le dé líquidos ni alimentos por la boca.

Es conveniente llamar inmediatamente a un médico o trasladar al accidentado a donde lo puede atender dicho profesional, sin dejar de darle la respiración artificial.

Cuando la intoxicación se presenta por ataque a los ojos es aconsejable - lavarlos profusamente con agua limpia, colocando si es posible, hielo en los mismo y en la nuca, y de preferencia mantener al paciente en un cuarto oscuro.

FIG 40 ACCION TOXICA DEL SULFIDRICO A LAS PERSONAS

$\frac{1}{2}$ H <sub>2</sub> S	0-2 min.	2-15 min	15-30 min.	30 min-1 hrs.	1-4 hrs.	4-8 hrs.
0.005				LIGERA CONJUNTIVITIS, IRRITACION DE LAS VIAS RESPIRATORIAS.		
0.010		TOS, IRRITACION EN LOS OJOS, PERDIDA DE LA SENSIBILIDAD DEL OLFATO.	DIFICULTAD AL RESPIRAR DOLOR EN LOS OJOS INSOMNIO.	IRRITACION DE LA GARGANTA.	FUERTE SALIBACION Y MUCOSIDADES, DOLOR AGUDO EN LOS OJOS. TOS.	SINTOMAS AUMENTADOS.
0.015 0.025		PERDIDA DE LA SENSIBILIDAD DEL OLFATO.	IRRITACION DE LA GARGANTA Y OJOS	IRRITACION DE LA GARGANTA Y OJOS	DIFICULTAD AL RESPIRAR. VISION VELADA.	SERIOS EFECTOS DE IRRITACION.
0.025		IRRITACION DE LOS OJOS PERDIDA DE LA SENSIBILIDAD DEL OLFATO.	IRRITACION DE LOS OJOS.	SECRECION DOLOROSA DE LAGRIMAS. CANSANCIO.	OBSCURECIMIENTO, CATARRO, COLOR EN OJOS, RESP. DIFICIL CONJUNTIVITIS.	HEMORRAGIA - MUERTE.
0.035		IRRITACION DE LOS OJOS PERDIDA DE LA SENSIBILIDAD DEL OLFATO.	DIFICULTAD AL RESPIRAR. IRRITACION EN LOS OJOS.	IRRITACION AUMENTADA DE LOS OJOS Y VIAS NASALES. DOLOR LIGERO DE CABEZA, CANSANCIO OBSCURECIMIENTO.	MAREO DEBILIDAD IRRITACION MURTE.	MUERTE.
0.040						
0.050	TOS, COLAPSO E INCONCIENCIA.	DIFICULTAD AL RESPIRAR IRRITACION EN LOS OJOS COLAPSO	IRRITACION GRAVE EN OJOS. PALPITACIONES DEL CORAZON ALGUNOS CASOS MUERTE.	DOLOR AGUDO EN LOS OJOS Y CABEZA MAREO, CONVULSIONES EN LAS EXTREMIDADES. GRAN DEBILIDAD Y MUERTE.		

La exposición de las personas al gas ocasiona intoxicaciones que se manifiesta por síntomas diferentes según el gas que la provoque.

El gas natural está compuesto por una mezcla de hidrocarburos, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y demás componentes. Dentro de los más activos tóxicamente por sus propiedades están el sulfuro de hidrógeno -- más comunmente conocido por ácido sulfhídrico y el bióxido de carbono.

Los síntomas por intoxicación o engazamiento del sulfhídrico son: envenenamiento agudo, ocurren cambios en la sangre por fijación del gas en la hemoglobina de la sangre. Dolores con ardor en los ojos, nariz y garganta. Tos, gastritis, disnea, pulso lento, dolor de cabeza, perspiración, pupilas contraídas, convulsiones y parálisis. En el envenenamiento crónico, los síntomas de diagnóstico son: conjuntivitis, agotamiento, disnea palidez, pulso lento..

Aunque no hay antidotos efectivos por intoxicación de sulfhídrico, hay reanimantes y se toman medidas tanto de inhalación como por intoxicación óptica. Entre estas se mencionan los siguientes:

- 1.- Sacar al intoxicado del sitio donde sufrió el accidente.
- 2.- Iniciar la respiración artificial (alfojándole la ropa)
- 3.- Inyecciones estimulantes (coramina, cafeína, etc.)
- 4.- Inhalaciones de carbógeno.
- 5.- Sangría.
- 6.- Transfusión sanguínea.

EN LOS OJOS:

- 1.- Usar cualquier pomada oftálmica de que se disponga, o con simple vaso lina esterilizada.

- 2.- Instalaciones de aceite de oliva, y si hay dolor intenso agregarle 3 ó 4 gotas de adrenalina al 1%
- 3.- Fomentos tibios y ligero vendaje.

Forma con el aire mezclas explosivas, los medios de extinción en caso de incendio son:

- 1.- A G U A (donde el agua puede usarse en un incendio con líquidos, y se usa aplicandose con chorro atomizada).
- 2.- E S P U M A
- 3.- B I O X I D O D E C A R B O N O, sustancias químicas secas, rocío de agua.

CAPITULO V

CONCLUSIONES.

## CONCLUSIONES .

Después de haber visto en forma general y detallada una descripción del funcionamiento, operación y mantenimiento de las instalaciones de compresión de gas natural utilizadas por Petroleos Mexicanos en el Distrito Poza Rica es conveniente exteriorizar lo siguiente:

Los motocompresores son de gran importancia en la Industria Petrolera y Petroquímica, ya que son indispensables en el transporte de gas natural para las plantas de proceso y en el sistema de recuperación secundaria de hidrocarburos por bombeo neumático.

Los grandes motores de combustión interna están limitados a trabajar a bajas revoluciones, ya que sus pesados émbolos no deben trabajar a altas velocidades por los grandes esfuerzos que desarrollan las fuerzas de inercia al acelerar, parar y cambiar de dirección las partes recíprocas.

El tiempo que una motocompresor se mantenga fuera de servicio debe ser mínimo, ya que una máquina parada representa una gran pérdida económica. Por esta razón debe existir un buen programa de mantenimiento y además cumplir con el mismo hasta donde sea posible; porque en varias ocasiones por las exigencias de producción para la empresa se diferían las ejecuciones de mantenimiento, teniendo como resultado más pérdidas económicas por fallas que sufre el equipo debido a la falta de atención al mismo.

El 80% del equipo utilizado en el sistema de recolección y transporte de gas natural en Poza Rica Ver., ha concluido su vida útil y está totalmente amortizado, sin embargo continúa en servicio; aunque con muchas deficiencias.

El transporte de gas se puede efectuar adaptando a los compresores distintos tipos de maquinas motrices tales como:  
 Motor Eléctrico , Turbina de Vapor, Turbina de gas y Motor de gas (C.I.)

COMPARACION RELATIVA ENTRE LAS PRINCIPALES MAQUINAS MOTRICES.

	MOTOR ELECT.	TURB. VAPOR	TURB. GAS	MOTOR GAS
Adaptabilidad a compresor Reciprocante.	SI	NO	NO	SI
Adaptabilidad a Compresor Centrífugo.	SI	SI	SI	SI
Requerimientos de energía Eléctrica.	muy alto	alto	bajo	alto
Trabajo de Operación	bajo	alto	medio	alto
Costo de Mantenimiento	bajo	alto	medio	alto
Consumo de Aceite Lubrificante	bajo	bajo	bajo	alto
Requerimientos de refrigeración	muy bajo	alto	bajo	medio
Variación de Velocidad	no	si	si	si
Tamaños Disponibles en Potencia.	alto	medio	bajo	alto
Reduccion en la facultad de suministrar cargas a altas temperaturas ambiente.	bajo	bajo	alto	medio

En la tabla comparativa anterior se nota una marcada ventaja del motor eléctrico sobre las demás máquinas motrices, puesto que reduce los costos de operación, mantenimiento, lubricantes, refrigeración, etc; pero la decisión para escoger el tipo de máquina motriz que se debe utilizar para compresión de gas natural involucran otros aspectos tales como: Eficiencia de la máquina, Inversión Inicial, Consumo de energía ó combustible, costos de operación, costos de mantenimiento, costos de equipo auxiliar y adaptabilidad a las condiciones que presente el sistema donde se va a utilizar el equipo.

A groso modo A continuación se presentan diversas comparaciones, sobre los factores importantes para la selección de la máquina motriz deseable en la compresión de Gas Natural:

Eficiencias:

- 1) M. Eléctrico.-Superior al 90%
- 2) T. Vapor .-varía del 19.5% al 24%
- 3) T. de Gas .-ciclo simple 18%, ciclo regenerativo 27.5%
- 4) M. Gas .-varía del 31% al 42%

Inversion Inicial (aproximada, para 15000HP).-

- 1)M. Eléctrico.-1000.00 \$/HP
- 2)T. Vapor .-2100.00 \$/HP
- 3)T.De Gas .-2900.00 \$/HP
- 4)M.de Gas .-2500.00 \$/HP

Consumo de Combustible ó Energía.-

- 1)M. Eléctrico.- Aproximadamente 60¢ por Kw-Hr consumido
- 2) T. Vapor .- 10500 a 13000 BTU/HP-Hr
- 3) T. de Gas .- Ciclo simple 14150 BTU/HP-Hr, ciclo regenerativo, 9250 BTU/HP-Hr.
- 4) M. de Gas .- 6150 a 8250 BTU/HP-Hr.

Costos de Operación.-

- 1) M. Eléctrico.- Mínimos, muy bajos, requiere poca atención.
- 2) T. Vapor .- Moderados, aproximados al motor de Gas.
- 3) T. Gas .- Elevados, requiere atención constante.
- 4) M. Gas .- Altos, un poco mayores que las turbinas de vapor.

Costos de Mantenimiento.-

- 1) M. Eléctrico.- Muy bajos, casi constantes
- 2) T. Vapor .- Altos, debido al mantenimiento del equipo auxiliar y consumo de agua.
- 3) T. Gas .- Moderados
- 4) M. Gas .- Altos, consume grandes cantidades de lubricante.

Potencia Requerida en el Equipo Auxiliar.

- 1) M. Eléctrico.- 0.3% de la generada por el motor.
- 2) T. Vapor .- 10% de la desarrollada por la turbina.
- 3) T. Gas .- 2% de la desarrollada por la turbina.
- 4) M. Gas .- 2.5 de la generada por el motor.

De acuerdo a las comparaciones anteriores se deduce que la máquina motriz más aceptable es El Motor Eléctrico debido a sus ventajas sobre las demás máquinas motrices con respecto a eficiencia, inversión inicial y costos de operación y mantenimiento.

Posiblemente el factor preponderante para haber decidido la instalación de motores de Gas (C.I.) en las plantas de compresión de Gas en Poza Rica Ver., fué el bajo costo y fácil abastecimiento de Gas Combustible (METANO).

Nosotros proponemos a Petroleos Mexicanos; si tiene entre sus múltiples proyectos el cambio del equipo obsoleto de compresión de gas; invertida en motores eléctricos acoplados a compresores centrífugos; para obtener un índice mayor de productividad en ésta rama y una garantía -- constante en el servicio; haciendo dicha inversión en forma escalonada, o sea sustituyendo una ó dos máquinas en algunas estaciones de compresión, según sean las necesidades del cambio de equipo y observar si económicamente es rentable la inversión comparando con el resto del equipo en servicio, y si es conveniente, seguir haciendo pequeñas inversiones para ir sustituyendo en partes el total de equipo hasta tenerlo completamente cambiado.

O bien hacer una inversión más o menos fuerte y sustituir 4 ó 5 estaciones de compresión a la misma vez, comparando el rendimiento de la misma y observando su rentabilidad, si llega a ser conveniente, hacer cambios masivos como el primero hasta complementar el sistema.

Los motores eléctricos pueden ser construidos en gran rango de capacidades y velocidades para satisfacer los requerimientos de la amplia variedad de compresores centrífugos y reciprocantes, las dos características que limitan la aplicación general de motores eléctricos, son su velocidad y el alto costo de motores de velocidad variable si ésta característica es deseable.

Los motores eléctricos tienen ciertas ventajas y desventajas cuando se aplican al servicio de compresión de Gas. La inversión inicial es mucho más baja que para otro tipo de máquinas motrices, con tal de que no sea necesario construir línea de transmisión larga para llevar energía eléctrica a la estación de compresión.

Los motores eléctricos se prestan muy bien para operarlos por control remoto ó automático y requieren muy poca ó nada de atención durante su operación, reduciendo así los costos de labor al mínimo, es de hacerse notar que los costos de mantenimiento son también muy bajos y se mantienen casi siempre constantes. Además tienen una ventaja primordial sobre las turbinas de vapor y gas consiste en que para comprimir gas se requiere baja velocidad y alta presión y todas las turbinas proporcionan alta velocidad, problema que se resuelve usando reductores de velocidad, solo que en algunos casos éstos son demasiado grandes y costosos.

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

Energía Mediante Vapor, Aire ó Gas.

W. H. SEVERNS; H. E. DEGUER: J.C. MILES

Sistemas de Motocompresores de Embolo.

I.M.P.

Recommended Practice For Installation, Maintenance, and Operation  
Of Internal Comstion Engines

API RP 7C-11F

Mantenimiento de Motocompresores IyII

I.M.P.

Operator Handbook for Gas Engine-Driver Compressors

CIARK BROS. C.O.

Gas Engine Driver Compressors SVG, KVG and JVG.

INGERSOLL-RAND

GMXII Gas Compressor Engine; Operation and Maintenance

COOPER BESSEMER

Angle Gas Engine Compressors SLIC-A

WORTHINGTON CORPORATION

Electrical Motor

CYRIL G. VINTOTT

Selection of Compressing Equipment For Gas Pipe Lines

Revista Ingenieria Petrolera

Vol XVI No. 6 JUNIO 1974.