



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACION Y OPERACION
DE UN TURBOGENERADOR DE GAS, EN LA REFINERIA
DE SALINA CRUZ, OAXACA.**

T E S I S

**Que para obtener el Título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P r e s e n t a n

**LUIS PEREZ CORTES
LUIS IBAÑEZ IZQUIERDO**

1985

**Director de la Tesis
ING. DANIEL HERNANDEZ PECINA**

Cuautitlán Izcalli, Estado 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 está 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.

O B J E T I V O.

El objetivo de esta tesis es la de dar a conocer las diferentes etapas que se llevan a cabo durante el desarrollo de la instalación, operación y mantenimiento del equipo hasta llegar al manejo del aspecto económico del programa de trabajo. Asimismo se pretende en éste trabajo, que el personal relacionado con la operación de dicho equipo les sirva de guía para su - desarrollo profesional, quedando plasmado aquí la experiencia vivida durante el desarrollo de dicha instalación.

Para el desarrollo de éste tema deberán seguirse los siguientes-
pasos:

LOCALIZACION.

RESUMEN.

INTRODUCCION.

CAPITULOS.- I.- Generalidades.

II.- Tipos de turbinas de gas.

III.- Instalación y descripción del equipo.

IV.- Operación.

V.- Estudio económico.

INDICE.

PAG.

Localización	2
Resumen	4
Introducción	6
Capítulo I.- Generalidades	7
Capítulo II.- Tipos de turbina de gas	15
II.1. De acuerdo al recorrido de gas	21
II.1.1. De tipo abierto	21
II.1.2. De tipo cerrado	22
II.2.- De acuerdo al montaje	24
II.2.1. De una sola flecha	24
II.2.2. De flechas múltiples	24
Capítulo III.- Instalación y descripción del equipo	32
III.1. Turbina - Generador	32
III.2. Equipo auxiliar	33
III.3. Elementos auxiliares	36
III.4. Montaje y nivelación	64
III.5.-Revisión mecánica del equipo	116
III.6. Alineación del turbogruppo	117
Capítulo IV.- Operación	128
IV.1. Precauciones para la puesta en marcha	128
IV.2. Arranque	130
IV.3. Carga	134
IV.4.-Paro normal y de emergencia	136
IV.5.-Restablecimiento	138

INDICE

PAG.

Capítulo V .- Estudio económico	140
Conclusiones	150
Bibliografía	151

LOCALIZACION

La Refinería del Pacífico de encuentra localizada en la parte norte de la Ciudad y Puerto de Salina Cruz, y en la parte norte del Golfo de Tehuantepec, esta Ciudad cuenta con aproximadamente 80 000 habitantes.

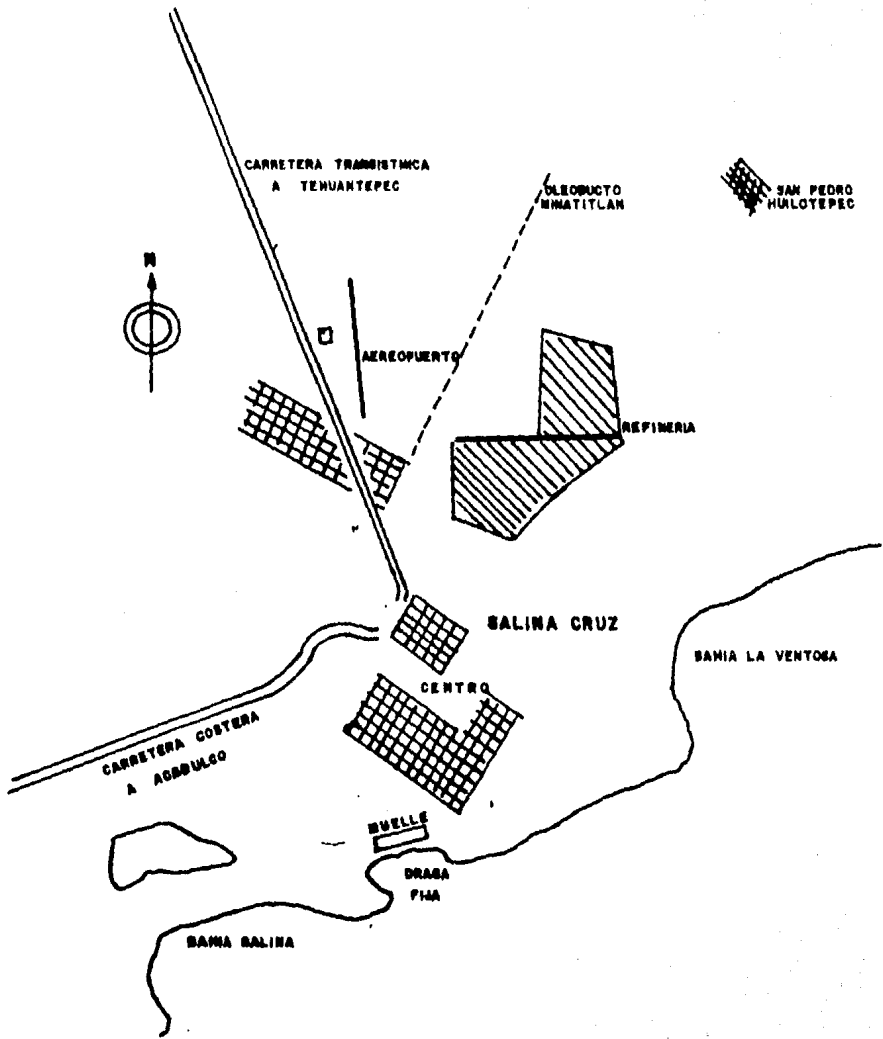
Dicha Ciudad se encuentra comunicada por las siguientes vías de comunicación:

Carreteras, vías férreas, aéreas y marítimas.

Las fuentes de trabajo con las que cuenta son:

Cooperativas pesqueras, Astilleros de Marina, Terminal de -
ventas Pemex, Servicio de transporte multimodal, Pequeños comercios y la-
más importante de todas que es la construcción de la Refinería.

La Refinería estará trabajando en coordinación con la Refine-
ría de Minatitlán, Ver., ya que ésta le abastecerá de materia prima por -
medio de un oleoducto. Ver Fig. 1



CROQUIS DE LOCALIZACION

RESUMEN.

En el presente resumen, se describirán brevemente, cada uno de los capítulos de que consta esta tesis.

CAPITULO I.- Generalidades.- En este capítulo, se detallan algunas consideraciones que se tomaron en cuenta para llevar a cabo la construcción de esta Refinería. Asimismo se describen todas y cada una de las capacidades de las diferentes plantas, desde la primera hasta la tercera - y última etapa, además se muestra un diagrama de la red de distribución de la energía eléctrica.

CAPITULO II.- En esta parte se da una descripción breve de lo que son las turbinas de gas, cuando son de una sola flecha, como es el caso particularmente nuestro, de flechas múltiples, de ciclo simple, de esta características es el tipo que se encuentra en esta Refinería y los de ciclo cerrado.

CAPITULO III.- En general, se habla de lo que viene a ser el equipo de la turbina, Generador, Equipo auxiliar, como son: Ductos de aire, Cuarto de control, Compartimiento del reductor de accesorios, etc.,- los diferentes sistemas con los que cuenta este equipo.

Los detalles que se toman en consideración para montar y nivelar un equipo de esta naturaleza, el mantenimiento preventivo que se les

da a cada uno de sus accesorios antes de montarlos, hasta llegar finalmente al alineamiento de todo el turbogruppo.

CAPITULO IV.- En este capítulo se detallan todos los preparativos que se toman en cuenta para el arranque de la unidad turbogeneradora.

CAPITULO V.- En cuanto al estudio económico de este capítulo - se hace el costo de la instalación del turbogenerador de la rama mecánica- tomando en cuenta el tabulador vigente (1984) en Pemex, para trabajos ejecutados por administración.

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

El estudio de aquellas industrias que son indispensables para -- satisfacer las necesidades de una sociedad es de suma importancia, pues de -- ella depende en gran parte, el desarrollo económico de los países. A éstas -- se les da el nombre de industrias básicas.

Entre las industrias básicas con que contamos en la actualidad, -- la más importante es la industria petrolera, porque en la mayoría de las ma -- terias que emplea el hombre, se utiliza el petróleo o alguno de los produc -- tos que de él se obtienen.

Confirma lo anterior el dato estadístico de que el 93% de la -- energía consumida en nuestro país es proporcionada por ésta industria: PEMEX.

La demanda de refinados del petróleo, que excedió los niveles -- en varios productos, por requerimientos extraordinarios en el país, planteó -- la necesidad de construir la Refinería de Salina Cruz, Oax.

La finalidad de esta Refinería es la de elaborar productos des -- tilados y residuales para satisfacer las necesidades de la zona del Pacífi -- co.

En las diferentes instalaciones existentes en la Refinería per -- miten realizar sobre el petróleo crudo una serie de procesos para obtener -- gasolinas, turbosinas, kerosinas, diesel y combustóleo entre otros.

CAPITULO I.

GENERALIDADES.

Con la incorporación de la Refinería de Salina Cruz, Oaxaca., - se incrementará la capacidad de derivados de petróleo crudo para satisfacer las necesidades no solamente de los estados que se encuentran en la Zona - del Pacífico sino también para un proceso de exportación, ya que esto se lo graba con la producción de la Refinería de Minatitlán, Ver.

Como se mencionó anteriormente la Refinería se localiza en Salina Cruz, Oax., como resultado de un estudio económico en el cual se consideraron otras Ciudades tales como:

Mazatlán, Sinaloa, Topolobampo y Sonora.

Los factores importantes que influyeron en el estudio son :

- a).-Infraestructura del lugar.
- b).-Inversión en cada caso.
- c).-Costo totales de transportes de crudo y productos.
- d).-Inversiones necesarias en obras para la protección ambiental.
- e).-Características del litoral, para instalaciones portuarias.

Dicha refinería cuenta con los procesos necesarios para obtener

los productos para el consumo nacional y exportar con la calidad requerida. - Esta considerada como una alta producción de combustóleo, ya que en el Pacífico no se dispone de gas natural. Esta Refinería procesará 170,000 barriles/día (27 030 M3/D) de petróleo crudo que es la cantidad necesaria para satisfacer - las demandas de su zona de influencia una vez entrada en operación la segunda- etapa, se procesarán 200,000 barriles/día (31,780 M3/día).

La Refinería totalmente integrada en su primera etapa tendrá capacidad para procesar petróleo crudo con las siguientes plantas:

Planta de destilación primaria:	170,000	Bls/día.
Planta de destilación al vacio:	75,000	"
Planta catalítica:	40,000	"
Planta estabilizadora de gasolina:	33,480	"
Planta desulfuradora de merox :	30,000	"
Planta hidrosulfuradora de kerosinas:	25,000	"
Planta hidrosulfuradora de gasolina:	25,000	"
Planta hidrosulfuradora de diesel:	25,000	"
Planta reformadora de gasolinas:	20,000	"
Planta recuperadora de azufre:	80	Tons/día.

Para la operación de las plantas de proceso se contará con los - servicios auxiliares que consta de:

3 Generadores de vapor de 850 Lb/plg ²	200	Ton/Hr.
2 turbogeneradores	25,000	Kw/c.u
1 acueducto	1,250	Lts/seg.
1 Planta de tratamiento de agua	750	Lts/seg.
1 sistema de compresión de aire	4,000	pies ³ /seg.

También cuenta con equipo de almacenamiento para el manejo de -
 productos obtenidos en la siguiente variedad y capacidad de tanques:

Crudo	500,000	Barriles.
Gasolinas	500,000	"
Destilados intermedios	200,000	"
Gasóleos de vacío	400,000	"
Combustóleo	965,000	"
Recuperados	170,000	"
Agua cruda	600,000	M3.

Actualmente se continúa con la segunda etapa que incluye la -
 construcción de las siguientes plantas:

Primaria No. 2

Vacío No. 2

Ampliación de servicios auxiliares, que consiste básicamente en:

- a).- Calderas.
- b).- Ampliación torres de enfriamiento.
- c).- Unidad desmineralizadora de agua.
- d).- Compresores de aire plantas e instrumentos.
- e).- Turbogeneradores de gas.

Como ya mencionamos anteriormente, la Refinería continúa en -
 expansión, esta expansión trae consigo una demanda de energía eléctrica, ya-

que los equipos con los que cuenta en la actualidad son insuficientes, para el abastecimiento de ésta energía, fue necesario crear un proyecto para la instalación de dos turbogeneradores a gas. Estos turbogeneradores (Tg-5 y - Tg-6) servirán para suministrar energía eléctrica a las diferentes plantas que existen en la Refinería, para llevar a cabo este suministro de energía se toma en consideración las cargas, conforme avance las etapas de ampliación para la energía se toma en consideración las cargas, conforme avance las etapas de ampliación para la energía eléctrica.

Esta red de distribución de energía eléctrica, constará en su totalidad de siete etapas, incluyendo en una de ellas una acometida de Comisión Federal de Electricidad, a continuación se describen cada una de las etapas.

Primera etapa.- En la primera etapa de dicha red de distribución se utilizaron únicamente como fuentes alimentadoras, los turbos (Tg-1 y Tg-2) abasteciendo a las siguientes plantas.

- En balance de vapor y energía	23.88 Mw.
- Almacenamiento y manejo de amoniaco	7.60 "
- Servicios auxiliares	5.87 "
- Bombeo de crudo, exportación y alimentado	7.626 "

Teniendo una carga total en su primera etapa de 44.976 Mw. --
52.91 Mva.

Segunda etapa.- Para este período no hay cambio en cuanto a la carga de suministro de energía, es decir se continuó con la misma carga en operación que en la anterior.

De 52.91 Mva.- Para este período se considera que se están integrando los turbogeneradores a gas (Tg5 y Tg-6).

Tercera etapa.- En este período existe un incremento en cuanto a la carga, debido a que se incluye otra subestación y que estará alimentando a:

Bombas contra-incendio.

Drenajes

Aguas pluviales

Sumando para esta etapa un total de carga de 54.439 Mva. - -
(46.273 Mw).

Cuarta etapa.- Existe en este lapso la misma carga en operación que en la etapa anterior de 54.439 Mva.

Quinta etapa.- Para esta hay un aumento considerable en la carga de operación, esto obedece principalmente a que se estarán alimentando a las siguientes plantas:

Primaria No. 2

Vacío No. 2

Ampliación patio de tanques

Torre de enfriamiento

Las pilas

Servicios auxiliares.

Cabe hacer notar que para este lapso se estarán alimentando -
con los TG-5 y TG-6, teniendo como respaldo una acometida de Comisión Fede

ral de Eléctricidad, haciendo una carga total para esta etapa de:

71.987 Mva. = 61.018 Mw.

Sexta etapa.- Como cada vez va en aumento el número de plantas, también va aumentando paulatinamente la carga para la operación de las plantas, las plantas que se beneficiarán para este período son:

Primaria No. 3

Vacío No. 3

También se alimentará a la fosa de lastre, puerto petrolero y terminal marítima, habiendo para ésta etapa un total de 85.421 Mva. (72.608 Mw).

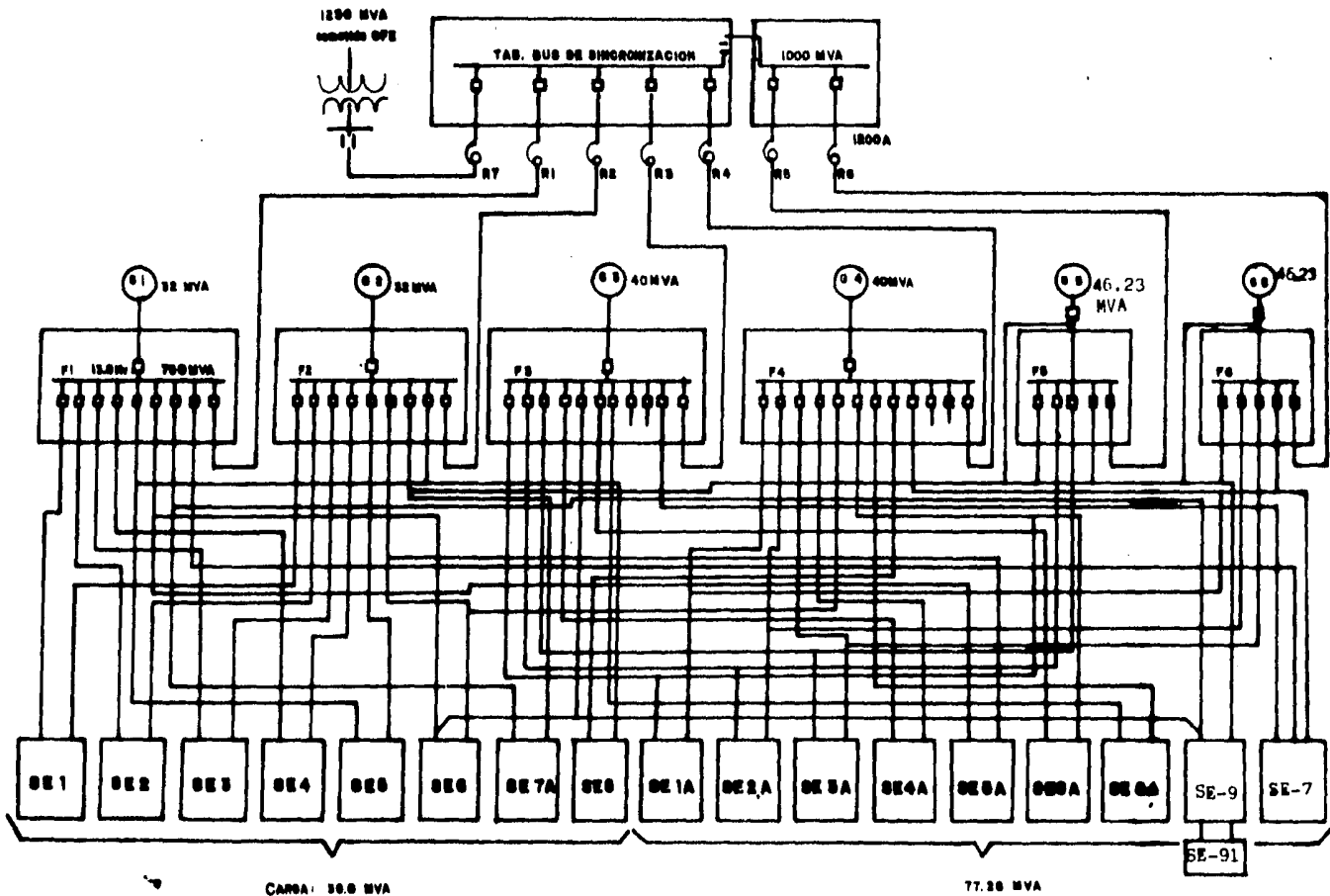
Séptima etapa.- Esta es la última etapa para la red de distribución de energía eléctrica, etapa en la cual se tendrá montada a toda la Refinería, a continuación se dan las cargas para cada una de las áreas que se tendrán alimentadas.

Carga sexta etapa	85.421 Mva.
Propano 2	9.133 "
Almacenes y talleres	1.176 "
Unidad de pretratamiento	0.470 "
Plantas amoniaco I y II	5.882 "
Reformadoras, hidros - vicoorrectoras y tratadoras	6.27 "
Torres de enfriamiento	13.035 "
Catalítica 2	1.380 "
Tratamiento de efluentes	0.588 "

Cubriendo toda la Refinería en ésta última se tendrá una carga total de:

$$105.8 \text{ Mw.} = 124.47 \text{ Mva.}$$

Para una mayor visualización de esta red de distribución se puede ver la figura No. 2, la cual muestra todas y cada una de las plantas que se estarán alimentando.



CAPITULO II.

TIPOS DE TURBINAS DE GAS.

GENERALIDADES.- Para comenzar a hablar de las turbinas de gas es necesario - comenzar a definir lo que es este equipo.

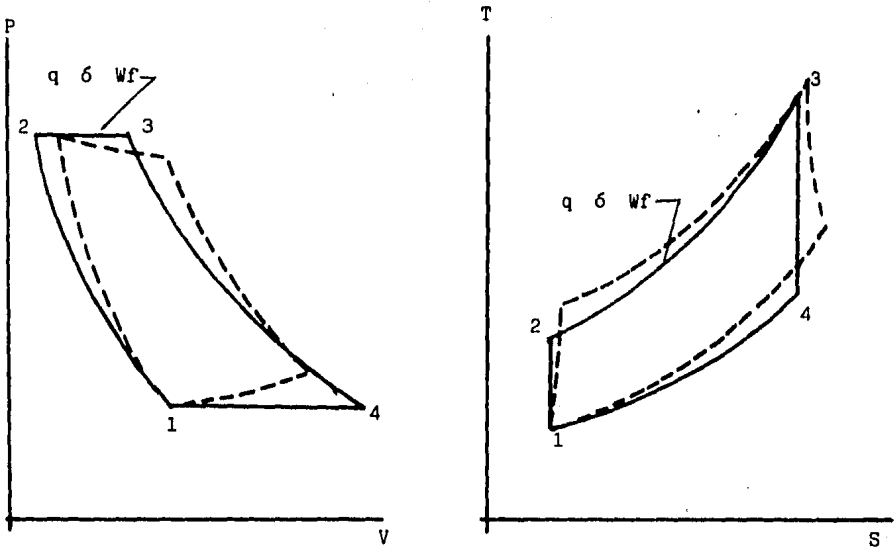
¿ Que es una turbina de gas?.- Una turbina de gas es un equipo - que produce trabajo útil por la expansión de gases calientes provenientes de la expansión de aire comprimido y combustibles.

Una vez definido lo que es este tipo de equipo, debemos conocer - el ciclo con que operan dichos equipos, y que se menciona a continuación:

1 A .- Ciclos de las turbinas de gas.

El ciclo de la turbina de gas (Fig.3), comprende compresión adiabática, calentamiento a presión constante, expansión adiabática y enfriamiento a presión constante. Se denomina ciclo de JOULE en una aplicación de ciclo cerrado y de BRAYTON en una aplicación de tipo abierto.

Esto se demuestra gráficamente en la fig. 3A en coordenadas, -
 presión, volumen y temperatura-entropía.



- Ciclo ideal
- Ciclo real para las mismas P_1 , T_1 , P_2 y T_3 .
- q = Calor añadido en el ciclo joule.
- Wf = Combustible añadido en el ciclo de brayton.

Fig. 3A.-

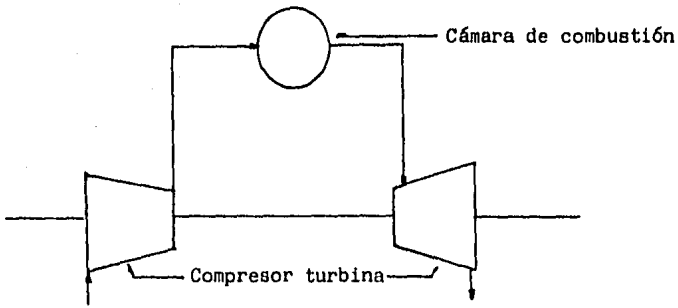


Fig. 3.- Ciclo simple de turbina a gas.

Agregando un regenerador (Fig.4) para recuperar el calor procedente del escape de la turbina, se mejora el rendimiento.

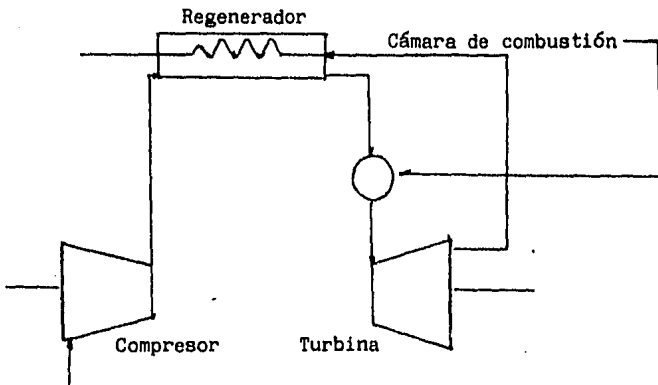


Fig. 4.- Turbina de gas con regeneración.

Las adiciones de interenfriamiento (Fig.5) en el compresor y de recalentamiento intermedio (Fig.6) del fluido de trabajo durante la expansión aumenta la producción de una determinada turbina de gas. Y con la adición de un regenerador se consigue una mejora complementaria del rendimiento.

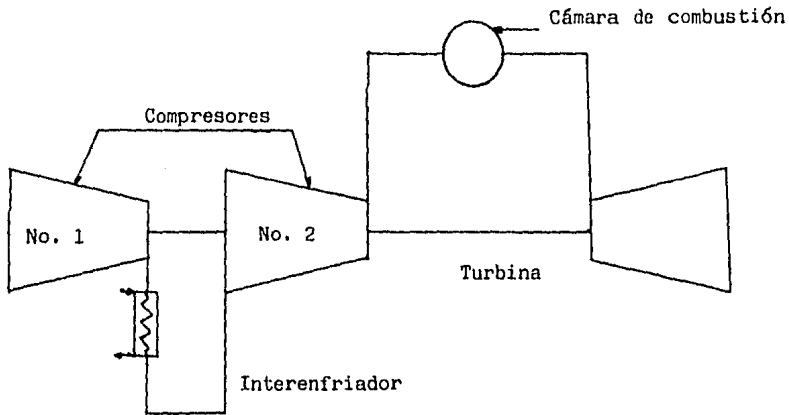


Fig. 5.- Turbina de gas con interenfriamiento

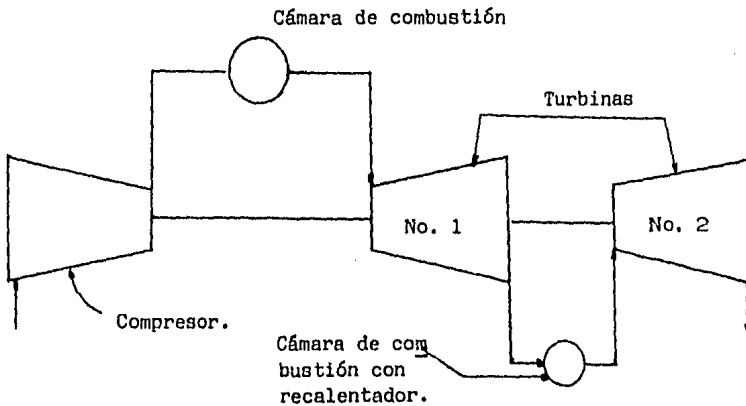


Fig. 6.- Turbina de gas con recalentamiento intermedio.

EFICIENCIA.- La eficiencia térmica de una turbina de gas es la relación de trabajo de flecha neto realizado al calor de combustión del combustible quemado. En el caso ideal el calor de combustión del combustible es igual al calor añadido en el paso 2 - 3 (fig.3A). La eficiencia de una turbina de gas no regenerativa ideal depende solo de la relación de presión y no se afecta por la temperatura.

$$1).- E = 1 - \left[\frac{P_1}{P_2} \right] \exp. (K-1/k) \quad (1)$$

Donde: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{P_2}{P_3}$ = Relación de presiones P_3 = Presión a la salida de la cámara de combustión.

P_1 = Presión a la entrada del compresor P_4 = Presión a la salida de la turbina

P_2 = Presión a la salida del compresor.

K = Relación de capacidad calorífica a presión constante a capacidad calorífica a volumen constante (CP/CV).

Si se añade regeneración ideal a la turbina, la eficiencia E_R será :

$$2).- E_R = 1 - \left[\frac{T_1}{T_3} \right] \left[\frac{P_2}{P_1} \right] \exp. (K - 1/k) \quad (2)$$

Como puede verse de la ecuación (2), la eficiencia se hace dependiente de la temperatura al agregarse regeneración ideal y el efecto de la relación de presiones se invierte comparando con la turbina no regenerativa.

Las eficiencias de las ecuaciones (1) y (2) se muestra gráficamente en la fig. 7 para una temperatura de 70°F.

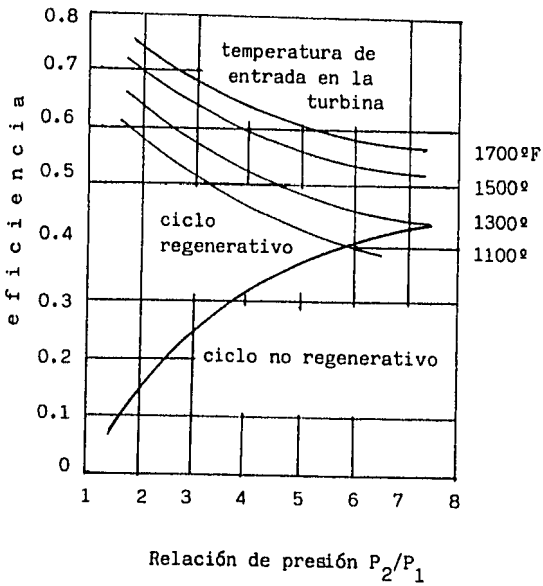


Fig. 7.- Gráfica de las eficiencias.

La fig. 7 muestra que, sin regeneración, la turbina está limitada a eficiencias menores de 50% aún con altas relaciones de presión y sin pérdidas.

Es evidente que la regeneración es más efectiva a bajas relaciones de presión.

En los ciclos reales de turbinas, numerosas pérdidas reducen las eficiencias por debajo de los valores ideales. Entre las más importantes se encuentran las pérdidas de compresión, pérdidas mecánicas, ineficiencia de combustión, regeneración no ideal, pérdidas de presión, etc.

La fig. 8 ilustra la influencia de la relación de compresión sobre el funcionamiento del ciclo de las turbinas de gas que trabajan a temperaturas de admisión de 650°, 815° y 980°C.

Las curvas se bajan en las condiciones de ambiente de la admisión de 26.7°C, con un rendimiento de compresor de 85%, rendimiento de la turbina 90%, rendimiento de la combustión 95% y 5% de pérdida de presión en la cámara de combustión.

II.- T I P O S.-

Los tipos de turbinas pueden ser:

- 1).- De acuerdo al recorrido del gas, y
- 2).- De acuerdo al montaje.

A continuación se describirán los siguientes puntos antes mencionados.

II.1).- De acuerdo al recorrido del gas:

II.1.1.- De tipo abierto. Este tipo de turbinas todo el flujo de fluido de trabajo (aire y productos de la combustión), pasa solo una vez a través de la instalación (ver Fig.3-6). El ciclo ofrece la ventaja de los

sistemas de simple control y de cierre hermético.

II.1.2.- De tipo cerrado.- En éste tipo de turbinas vuelve a seguir el ciclo continuamente el calor, procedente de una fuente externa, es transmitido através de las paredes de un calentador cerrado (fig.9) las ventajas de este tipo son:

- Fluído de trabajo limpio.
- Regulación de la presión y control de la compresión del fluído del trabajo.
- Rendimiento constante sobre un amplio intervalo de la carga de servicios.

Se precisa un preenfriamiento grande para reducir la temperatura -del escape de la turbina antes de la recompresión.- Las altas densidades posibles reducen el tamaño del compresor y la turbina por caballo e incrementan la capacidad máxima de instalación.

Variando la presión absoluta a la entrada del compresor se puede variar a voluntad el peso del fluído de trabajo que circula sin cambiar la relación de compresión ni las temperaturas, de manera que la turbina podrá vencer un amplio intervalo de cargas aplicadas a velocidad y rendimiento prácticamente constantes.

La principal desventaja de éste ciclo es el tamaño y costo del calentador a alta temperatura necesario.

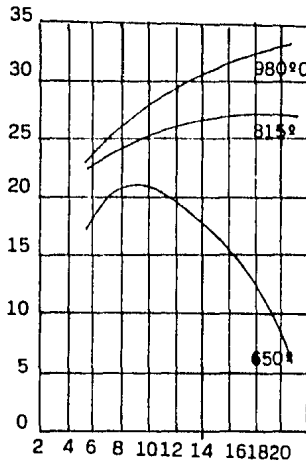


Fig. 8.-Efecto de la relación de presiones sobre el rendimiento térmico de un ciclo simple de turbina de gas a varias temperaturas de admisión-.

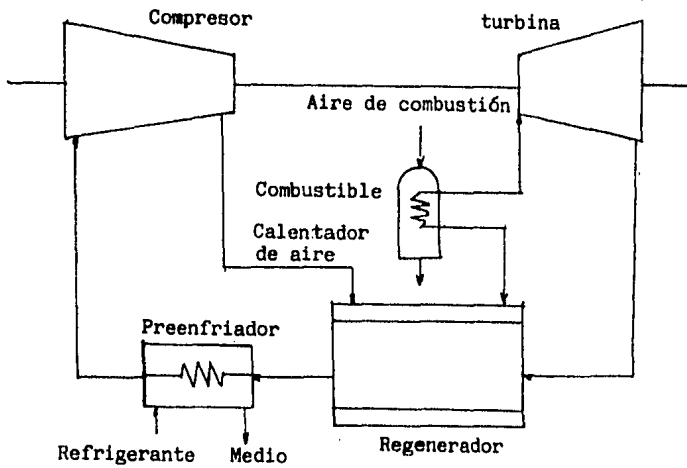


Fig. 9.- Turbina de gas de ciclo cerrado.

II.2).- De acuerdo al montaje:

II.2.1.- De una sola flecha.- Se les llama así porque son las más sencillas y en ellas trabajan todos los elementos rotatorios como un conjunto. Tiene limitación de velocidad constante. Las figuras 3 a 6 representan varias - - disposiciones de ciclos de máquinas de una sola flecha.

Este es el tipo más conveniente para el funcionamiento a velocidad y carga constante.

II.2.2.- De flechas múltiples.- Estos pueden tener una turbina de producción independiente instalada en serie o en paralelo con una o varias de las turbinas que se mueven los compresores, estas turbinas pueden trabajar a cualquier velocidad deseada. La figura 10 muestra una disposición con dos flechas con las turbinas productoras de energía en serie.

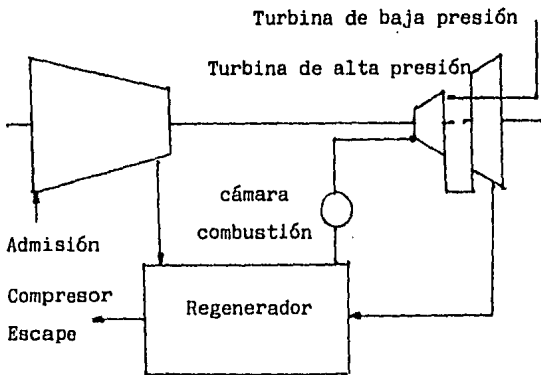


Fig. 10.-Disposición de una turbina de gas con ciclo regenerativo y dos árboles con la turbina de potencia en serie.

La principal ventaja con la disposición con varias flechas es el amplio intervalo posible de carga y velocidad. Ver fig. 11

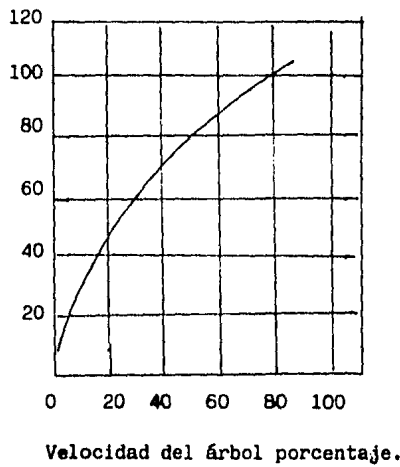


Fig. 11.- Funcionamiento de una turbina de gas de dos árboles a varias velocidades y cargas.

CALCULO DEL CICLO.

Como ejemplo del cálculo, consideramos a la turbina de gas que funciona según el ciclo sencillo de BRAYTON, con los siguientes valores de operación: El aire entra al compresor a una temperatura de 20°C , con una presión de $1,035 \text{ Kg/Cm}^2$, a la salida del compresor la presión es de 6.5 -- Kg/Cm^2 , con una temperatura de 300°C , en la turbina entran los gases (aire) a 900°C , y salen a la temperatura de 546°C , el consumo de aire para este equipo es de $1,088.000 \text{ Lbs/Hr}$, el flujo de calor a la cámara de combustión es de $394.2 \times 10^6 \text{ BTU/Hr}$, el rendimiento mecánico tanto de la turbina como del compresor es de 98% . (observe la fig. 12).

Calcule :

- a.- La potencia de accionamiento del compresor.
- b.- La potencia desarrollada por la turbina.
- c.- Relación de potencias.
- d.- Consumo específico de calor.
- e.- Consumo específico de aire.
- f.- Rendimiento global del ciclo.

S O L U C I O N .

DATOS.-

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 1.035 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$t_2 = 300^\circ\text{C}$$

$$P_2 = 6.5 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$t_3 = 900^\circ\text{C}$$

$$t_4 = 546^\circ\text{C}$$

Consumo de aire (C.A.) = 1,088.000 lbs/Hr. = 493.952 Kg/Hr.

$$= 137.20 \text{ Kg/Seg.}$$

Flujo de calor (F.C.) = 394.2×10^6 BTU/Hr. = 115,499 Kw.

$$\eta_{mc} = 98\% \quad (\text{Rendimiento mecánico del compresor.})$$

$$\eta_{mc} = 98\% \quad (\text{Rendimeinto mecánico de la turbina})$$

a.- Potencia de accionamiento del compresor.

$$P_{ac} = \text{C.A.} (h_2 - h_1) / \eta_{mc} \quad \dots 3$$

∴ Para las entalpías 1 y 2, las podemos obtener de las tablas del aire - a baja presión con las temperaturas 1 y 2.

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$h_1 = 20.10 \text{ Kj/Kg.}$$

$$t_2 = 300^\circ\text{C}$$

$$h_2 = 305.9 \text{ Kj/Kg.}$$

Sustituyendo los valores obtenidos de tablas en la fórmula (3) obtenemos lo siguiente:

$$P_{ac} = \frac{137.06 \text{ Kg} (305.9 - 20.10 \text{ Kj})}{\text{Seg.} \quad 0.98 \quad \text{Kg}} = 39,971.8 \text{ Kw.}$$

$$P_{ac} = 39,971.8 \text{ Kw.}$$

b.- Potencia desarrollada por la turbina.

$$P_{dt} = \text{C.A.} (h_3 - h_4) / \eta_{mt} \quad \dots(4)$$

De las tablas del aire a baja presión obtenemos las entalpías como sigue:

$$t_3 = 900^\circ\text{C}$$

$$h_3 = 974 \text{ Kj/Kg.}$$

$$t_4 = 546^\circ\text{C}$$

$$h_4 = 570.3 \text{ Kj/Kg.}$$

Sustituyendo estos valores en la fórmula 4 obtenemos:

$$P_{dt} = \frac{137.06 \text{ Kg} (974 - 570.3) \text{ Kj}}{\text{Seg} \quad 0.98 \quad \text{Kg}} = 56,460.3 \text{ Kj/Seg.}$$

$$P_{dt} = 56,460.3 \text{ Kj/Seg.} = 56,460.3 \text{ Kw.}$$

c.- Relación de potencias (R.P)

$$R.P. = \frac{P_n}{P_{dt}} = \frac{56,460.3 - 39,971.8}{56,460.3} = 0.292$$

$$R.P. = 0.292$$

d.- Consumo específico de calor (C.E.C.)

$$C.E.C. = \frac{115.499}{16,488.5} = 7.00$$

$$C.E.C. = 7.00$$

e.- Consumo específico de aire (C.E.A)

$$C.E.A. = \frac{137.06 \text{ Kg}}{16,488.5 \text{ Sg/Kw}} = 8.31 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{Kw/Seg.}}$$

$$= 0.0083 \frac{\text{Kg}}{\text{Kw/Seg.}} \frac{3\,600 \text{ Seg.}}{1 \text{ Hr.}} = 29.92 \frac{\text{Kg}}{\text{Kw/Hr.}}$$

$$C.E.A. = 29.92 \text{ Kg/Kw/Hr.}$$

f.- Rendimiento del ciclo (η_{ciclo}).

$$\text{ciclo} = \frac{P_n}{Q_n} = \frac{16,488.5}{115,499} = 0.147$$

$$\text{ciclo} = 14.7\% \approx 15\%$$

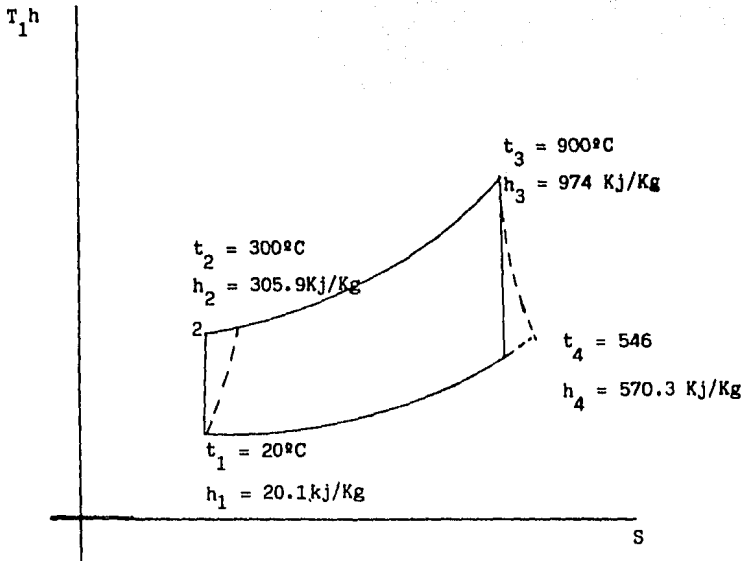
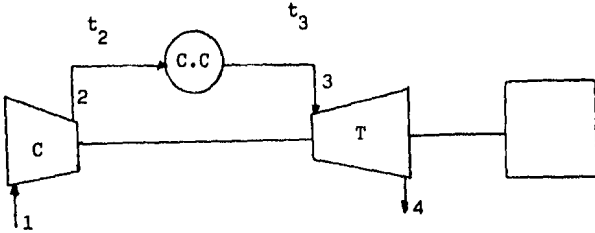


Fig. 12.-

CAPITULO III.

INTRODUCCION.-

Generalmente las unidades turbogeneradoras son similares en su construcción y equipo, así como también en su instrumentación de operación y control. En nuestro caso particular se hablará sobre una de las unidades turbogeneradoras con las que cuenta la Refinería de Salina Cruz. Además -- se dará una explicación sobre la operación normal de esta unidad. Para lo anterior se describirá lo siguiente:

III.1.- TURBINA - GENERADOR.

A.- DATOS DE LA TURBINA DE GAS.

- Etapas de la turbina : 3
- Velocidad : 5 100 r.p.m.
- Montaje : De una sola flecha.
- Ciclo de trabajo : Brayton.
- Servicio : Accionar el generador.

B.- DATOS DEL COMPRESOR.

- Tipo : Axial.
- Núm.de etapas : 17

C.- DATOS DEL GENERADOR.

- Tipo : Síncrono.
- Potencia : 29.8 Mw.
- Factor de potencias : 0.8
- Frecuencia: 60 Hz,
- Velocidad : 3 600 r.p.m.
- Capacidad : 43 750 KVA.
- Conexión : Estrella con neutro a tierra.
- Tipo de aislamiento: Clase "F" en diseño "B"

D.- DATOS DEL EXCITADOR.

- Tipo : Estático.
- Voltaje : 221 Volts.

En el siguiente punto se describirá el equipo auxiliar de que consta dicho equipo.

III.2.- EQUIPO AUXILIAR..

1.- CASA DE FILTROS DE AIRE.

Es un compartimiento que comprende cierta cantidad de elementos: filtrantes de aire de entrada al compresor a la presión atmosférica, también dentro de su parte constitutiva, tiene un deflector de aire y un manómetro diferencial con valores en mmH₂O que indica el incremento (A P) que

existe entre la presión atmosférica y la presión en la casa de aire.

2.- DUCTOS DE ENTRADA DE AIRE AL COMPRESOR.

El aire de entrada al compresor es conducido por éstos ductos que cuenta además con una extensión acústica, pieza de transición, codo, que en su parte interna tiene una malla protectora, silenciador de sonidos de alta frecuencia.

3.- CUARTO DE CONTROL.

En éste compartimiento se localizan los tableros de control -- que operan automáticamente a la turbina, generador y su compartimiento auxi-- liar, así como también los dispositivos de control con los cuales se pueden -- efectuar la operación normal de los auxiliares mediante el manejo de las peri-- llas adecuadas.

4.- COMPARTIMIENTO DEL REDUCTOR DE ACCESORIOS.

El reductor de accesorios está constituido por un conjunto de dispositivos mecánicos accionados con la flecha de la turbina que transmite -- la velocidad y sentido adecuados por medio de juegos de engranes a los siguien-- tes equipos:

- a).- Bomba principal de lubricación.
- b).- Bomba principal de líquido combustible.
- c).- Bomba principal de suministro hidráulico.
- d).- Bomba de agua de enfriamiento.
- e).- Engrane para la operación del virador hidráulico.

Todos los sistemas relacionados con este equipo tienen su función mientras la unidad se encuentra en operación, a excepción del último punto mencionado anteriormente (e).

5.- SECCION DE ESCAPE.

Esta sección se localiza en la parte del difusor de la -- turbina, el conjunto de los 18 termopares que monitorean la temperatura de los gases de escape y envían señal a los circuitos de control de temperatura, en la parte superior del pleno existe un silenciador para atenuar los sonidos de alta frecuencia.

6.- COMPARTIMIENTO DEL REDUCTOR DE VELOCIDADES.

El reductor de velocidades consta de dos engranes helicoidales maquinados al cople de la flecha del generador y de la turbina.

Aquí se efectúa la reducción de velocidad de 5 100 a -- 3 600 r.p.m., necesarias para el generador.

7.- COMPARTIMIENTO DEL GENERADOR.

El generador de corriente alterna de 13 800 volts es del tipo de campo giratorio y cuenta con un sistema de enfriamiento por medio de un ventilador acoplado a la flecha del generador, además de un conjunto de termopares de control de temperatura del generador distribuidos convenientemente en la parte adyacente del devanado del mismo.

8.- FILTRO DE AIRE AL GENERADOR.

En ésta parte se encuentran los módulos de filtros de -- aire de enfriamiento del generador. Dicha ventilación está relacionada --

directamente con la vida útil del aislamiento del devanado del estator ya que el aislamiento de clase "F" con el que cuenta, soporta temperaturas -- con un valor de 150°C.

También cuenta con un indicador de temperatura del estator -- del generador que monitorea los valores de resistencia de los termopares, con valores cercanos al mencionado anteriormente, el cuál opera una señal que energiza la alarma correspondiente en el panel de alarmas y nos indica conjuntamente con un manómetro diferencial que la limpieza ó cambio -- de los elementos filtrantes es necesario.

9.- COMPARTIMIENTO AUXILIAR DEL GENERADOR.

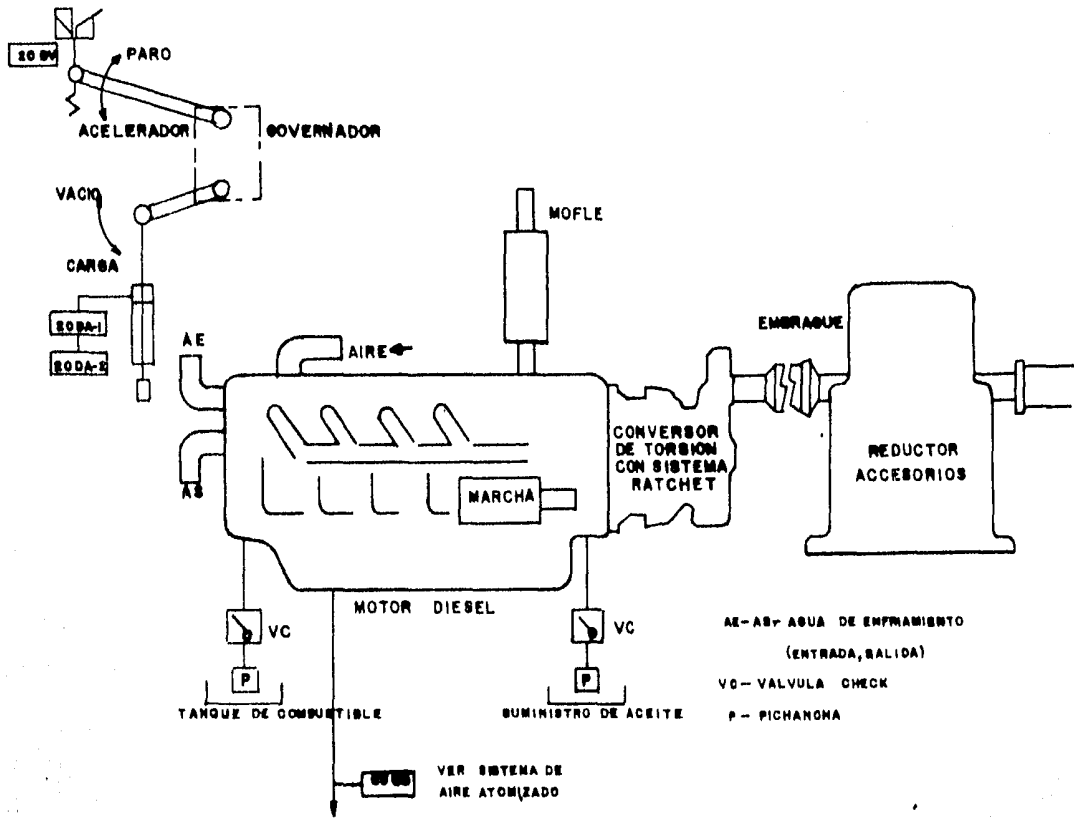
En este compartimiento se localiza el sistema de regulación de voltaje, la subestación eléctrica propia de la unidad y el interruptor de potencia para sincronización.

III.3.1.- SISTEMA DE ARRANQUE.

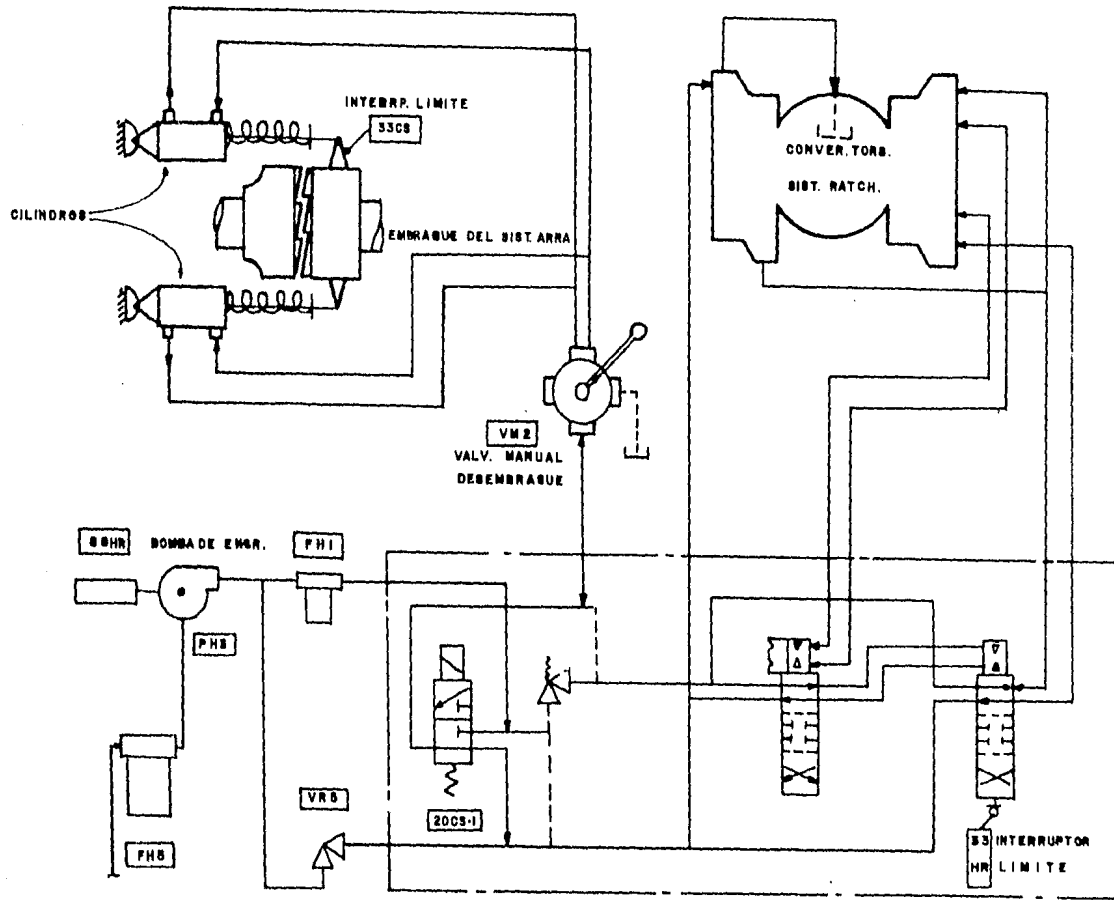
Antes de que la unidad pueda operar por sus propios medios, -- esta debe ser rodado por un equipo auxiliar, es decir, por una máquina de combustión interna (Máquina diesel), para darle la fuerza y velocidad -- requerida.

El sistema de arranque consta de lo siguiente:

- Máquina diesel.
- Torque convertidor de mecanismo de trinquete.
- Embrague de mordaza.



SISTEMA DE ARRANQUE



SISTEMA DE ARRANQUE

Durante la secuencia de arranque, la turbina de gas es accionado por la máquina diesel, a través del reductor de accesorios, torque convertidor y embrague de mordaza, como se muestra en el diagrama No.1, los cilindros de arranque estan montados sobre el reductor de accesorios, éste último mueve ó acciona a la bomba principal de lubricación de suministro hidráulico, compresor de aire atomizado y la bomba principal de combustible.

Existe un switch que monitorea la presión de aceite de lubricación que es el 63QA. También existen otros elementos básicos para el control del sistema de arranque que son:

El sistema de control de velocidad, un mecanismo de paro y un control electrónico en el compartimiento auxiliar de la turbina (SPEEDTROC NICS) que sirve para llevar a cabo un control y protección automático.

La velocidad de la máquina diesel es controlada por un gobernador de velocidad variable con un posicionador de palanca, este posicionador es un cilindro hidráulico que es controlado por las dos válvulas -- solenoides 20DA -1 y 20DA -2, la presión de operación para los cilindros es controlada por una válvula de alivio, la VR -13.

El control de velocidad que se mencionó anteriormente lo constituyen las válvulas solenoides que actúan de la siguiente manera:

Una que el motor 88DS haya sido energizado para arrancar la máquina ésta opera en vacío a través de un ciclo de calentamiento, para acelerarla se energiza la válvula 20DA -2, al continuar el calentamiento-

de la máquina, esta válvula se desenergiza, al llegar aproximadamente a -- 1,900 r.p.m. es el punto en el cual la válvula 20DA -1 es energizado, la - cual sostiene una velocidad constante hasta llegar al final del calenta- - miento, en esta etapa la válvula 20DA -1 es desenergizada y la 20DA -2 se- energiza para acelerar la máquina de la unidad hasta sostenerla a una velo- cidad cerca de 3,00 a 3,100 r.p.m., el embrague se desacopla automática- - mente y la 20DA -2, es desenergizado, en este momento la máquina retorna a la velocidad de marcha en vacío, a través de un período de bajo enfriamien- to en el cual actúa la válvula solenoide 20DV.

Dentro del torque convertidor se incluye el mecanismo del trin- quete hidráulico el cual se le suministra aceite sobrepresionado, alimenta- do por una pequeña bomba durante la operación de la turbina. El torque con- vertidor consta de una máquina que acciona el rotor de la bomba que sumi- nistra aceite a una turbina hidráulica conectada a la entrada de la flecha del engrane de salida. Dentro del sistema del trinquete hidráulico se en- cuentra el siguiente accesorio: un actuador rotatorio, válvula de control- y alivio y una bomba. El módulo de válvulas controla la secuencia de opera- ción automática del actuador hidráulico, en este mismo se encuentra una - válvula solenoide 20CS de encendido y apagado, la otra válvula reguladora- de presión la mantiene de una manera adecuada al cilindro de embrague las otras válvulas piloto operan para controlar el flujo para el actuador por medio de un switch el 33 Hr.

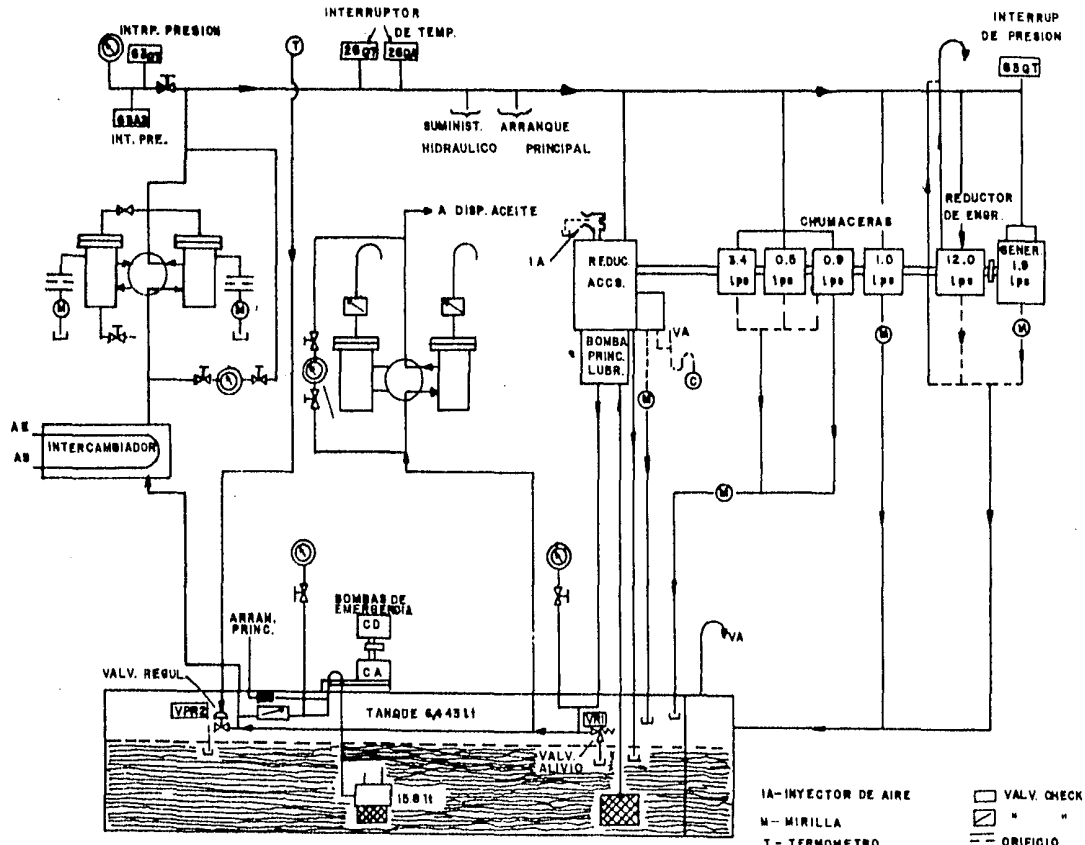
III.3.2.- SISTEMA DE LUBRICACION.

Para comprender mejor este sistema vamos a enfocarlo desde el punto de vista en que la máquina esté operando normalmente, no sin antes - mencionar las componentes de dicho sistema. Ver diagrama No. 2

- 1.- Consola de lubricación (1700 galones)
- 2.- Bomba principal de lubricación.
- 3.- Bomba auxiliar de lubricación.
- 4.- Válvula de alivio de presión VRI en la descarga de la bomba principal de aceite.
- 5.- Enfriador de aceite.
- 6.- Filtros de aceite.
- 7.- Regulador de presión de aceite del cabezal de aceite a chumaceras.

La bomba principal de lubricación en esta unidad esta accionada por el reductor de accesorios, con un gasto de 460 GPM. (1 740 Lts/ -- Min)., con una presión de 65 PSI (4.5 Kg/Cm^2), entra el cabezal de descarga de las bombas auxiliares de lubricación 88QC y 88 QE, en el extremo de este cabezal hay una válvula de alivio VR -1 que esta calibrada a $65 \frac{1}{2}$ -- Lbs/Plg², en este mismo cabezal encontramos una derivación al sistema de - aceite de control.

Montado sobre el cabezal y después de esta derivación hay una válvula VPR -1 que regula la presión de 65 a 60 Lbs/Plg² que es la presión del sistema de aceite de control.



SISTEMA DE LUBRICACION

Después de la válvula VPR -1 se junta el cabezal de la descarga de la bomba auxiliar, el cual esta incomunicado por una válvula check - que al trabajar la bomba principal este cierra.

Existe otra válvula reguladora de presión de 60 a 25 Lbs/Plg², que regula la presión con que se alimentan las chumaceras, reductor de velocidades, por esta válvula siempre estará saliendo aceite que representa el excedente de la válvula VPR -1 ya que ésta controla a 50 Lbs/Plg².

Una vez que el aceite haya lubricado anteriormente, retorna a la consola de lubricación. La línea de aceite entra al enfriador que -- tiene en el anterior de sus tubos agua del sistema de enfriamiento. Este enfriador cuenta con una mirilla para poder observar el flujo de aceite -- después entra a un filtro de aceite y que consta de dos manómetros que -- nos indica las condiciones del filtro (antes y después de este).

Después se llega al cabezal de aceite lubricante de baja presión (25 Lbs/Plg²) existe una válvula de prueba que se puede abrir en operación y que esta localizada en lado izquierdo del tablero de manómetros- en el compartimiento auxiliar de la turbina, se puede abrir gracias a que hay un orificio de 0.125 Plg. y que nos permite que el cabezal se vacíe- por esta válvula al estar abierta.

Con esto probamos el arranque y paro de la bomba auxiliar de lubricación por que en este tramo hay tres switch de presión que son:

- 63 QA alarma de baja presión de aceite.
- 63 QL presión baja de aceite y arranque de la bomba de emergencia.

- 63 QN presión normal de aceite y para la bomba de emergencia.

Cuando baja la presión a 12 Lbs/plg² suena la alarma y se establece cuando aumenta a 17 Lbs/plg² (63 QA).

Arranca la bomba de emergencia cuando llega a la presión de 7 Lbs/plg², y para cuando llega a 18 PSI, sobre el cabezal que alimenta a chumaceras y reductor de velocidades están conectados los termocoples a 26 QA y 26 QT.

Máquina parada.- Al estar en condiciones, normalmente debe trabajar la bomba auxiliar de lubricación que está accionada por el motor 88 QC de C.A. a la bomba tiene un gasto de 210 GPM y una presión de 20 PSI en caso de que no hubiera C.A. el motor que accionará la bomba será la 88 QC, ambos motores son de 5 HP, en este caso las válvulas VPR -1 y 2 no están trabajando. La válvula check que incomunica el cabezal de descarga de la bomba auxiliar con la de la bomba principal, estará abierto y el circuito de lubricación será el mismo que el anteriormente descrito.

III.3.3.- SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.

El sistema de agua de enfriamiento de la unidad Turbo-Gas es muy importante ya que nos sirve para mantener en condiciones de operación las temperaturas del aceite de lubricación, el aire de la succión del compresor de atomización, soportes de la turbina y la máquina diesel.

La capacidad del sistema de agua de enfriamiento en esta unidad es de 320 ± 20 galones de agua tratada (desmineralizada a la cual se

agrega una solución de cromato de magnesio (mg Cr O_4) que es especialmente recomendado como un efectivo inhibidor a la corrosión.

El sistema de agua de enfriamiento consta de los siguientes elementos:

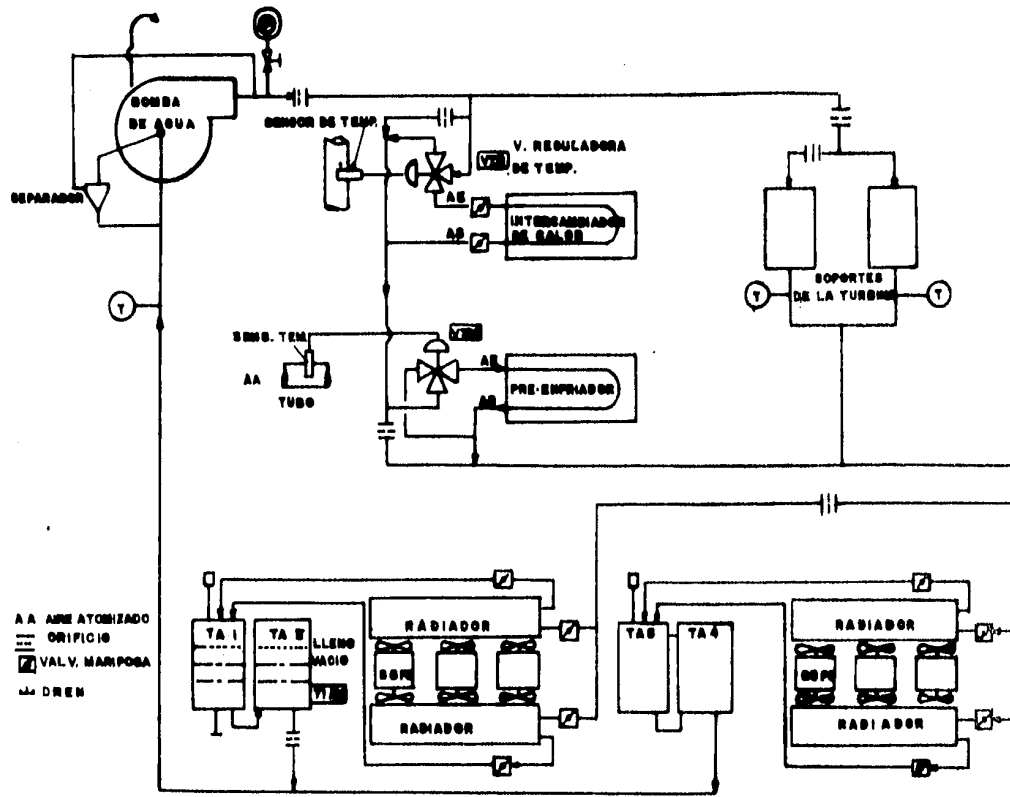
- 1.- Tubos con aletas.
- 2.- Ventiladores accionados por los motores C.A.
- 3.- Dos tanques de expansión.
- 4.- Válvulas para cada uno de los radiadores.

Con los componentes antes mencionados, entraremos a describir el sistema (ver diagrama 3). Existen tres ventiladores que esta accionados por tres motores, estos hacen que pase el flujo de aire a través de los radiadores de panal por dentro de las celdillas del panal (tubo con aletas) pasa el agua el cual cede calor al aire.

La bomba de agua de circulación esta alimentada por gravedad y esta accionada por el reductor de accesorios (engranes), para que la operación de la bomba sea mas confiable se sella con agua de circulación su estopero, también tiene una válvula para su venteo.

La descarga de la bomba lleva un flujo a la entrada de la válvula VTR -1, esta es una válvula que esta accionada por un termostato colocado en la alimentación del cabezal de aceite a chumaceras y tiene tres vías :

- a).- Por donde llega el agua.
- b).- Flujo de agua hacia el enfriador de aire atmosférico.



AA AERATORIZADO
 ORIFICIO
 VALV. MARIPOSA
 DREN

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR AGUA

c).- Flujo de agua hacia el enfriador de aceite.

Cuando el sensor del termostato esta detectando una temperatura mayor esta válvula deberá abrir hacia la compuerta "C" para permitir el paso de agua de enfriador de aceite, el cierre de esta compuerta ocurre -- cuando la temperatura disminuye. Pero en operación siempre permanecerá -- abierta porque la temperatura del aceite siempre está por arriba de este -- valor. El flujo de agua por la compuerta "B" vemos que es la entrada al en friador de aire que va a la succión del compresor de aire de atomización, -- pero existe una válvula en la salida de este y es la VTR -2 con un orifi-- cio de $\frac{1}{4}$ " en el cual pasa el flujo de 200 GPM también la válvula VTR -2 es ta controlada por un termostato, que cuando la temperatura del aire sea ma yor deberá abrirse para permitir el flujo dentro del enfriador, como en la otra válvula, los valores de operación siempre estan por arriba del ajuste la válvula VTR -2 estará constantemente abierta.

En el caso de un arranque en donde la temperatura del aire sea menor que el ajuste que tiene el sensor la válvula VTR -2 estará cerrada -- la cual no permitirá el flujo de agua.

Después tenemos la entrada a la válvula VPR -7 que se encuentra normalmente abierta, esta válvula permite el paso de agua de enfria-- miento al motor diesel de arranque, la salida de esta agua es a través de la válvula VPR -8 y trabaja abierta de "A" y "B" y cerrada en "C" ambas -- válvulas trabajan por la presión de descarga del enfriador de atomización.

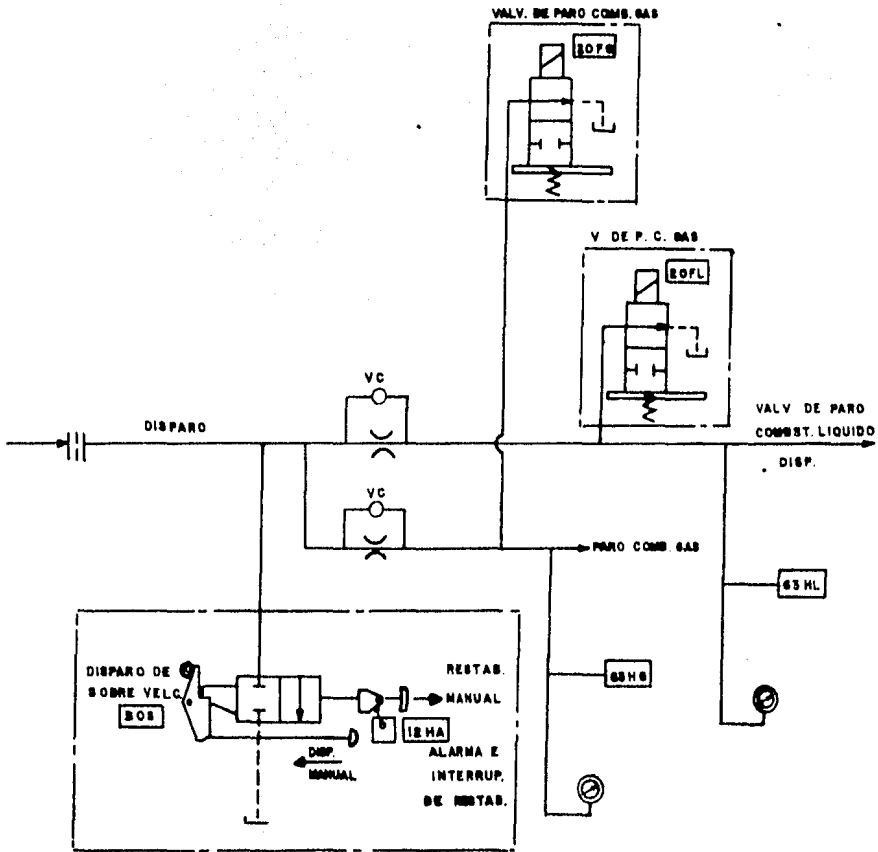
III.3.4.- SISTEMA DE DISPARO DE ACEITE.

Una de las funciones que tiene el flujo de lubricación (de -

aceite) en este sistema, que origina alguno de sus componentes para el disparo, que pasa a través de una placa de orificio es la de medir el flujo y la baja presión.

El sistema de lubricación se conecta al circuito de disparo - de baja presión a través del orificio, abasteciendo de aceite al disparo - de sobrevelocidad de la turbina, desde este punto, la baja presión de aceite abastece al sistema de líquido y gas combustible a través de las placas de orificio, en el cual se encuentran dos válvulas check (observe el dia--grama 4 de este sistema) paralelas, cada placa de orificio a las válvulas-solenoides la 20FL que es la de paro para el líquido combustible y la 20FG que es la de paro de gas combustible, la operación de estas válvulas permite usar cualquiera de los dos tipos de combustible ya sea gas o diesel para la operación de la turbina. Y cuando requiera la acción de paro, el sistema también esta previsto de una conexión directa al dispositivo de so--brevelocidad 12HA, desde luego siempre y cuando ocurra una sobrevelocidad- en la operación de la turbina.

Existen dos switch de presión la 63HG y la 63HL que estan instalados en el disparo de baja presión y control del sistema de combustible, esto es para proporcionar la retroalimentación a la turbina, asegurando -- con esto el nivel requerido de disparo para la operación de la turbina. -- Los manómetros de presión y válvulas de prueba son instalados con los switch de presión para facilitar la inspección y mantenimiento requerido.--



SISTEMA PARA DISPARO DEL ACEITE

III.3.5.- SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRAULICO.

Este sistema dentro de sus componentes principales incluye lo siguiente:

- Bomba principal de suministro hidráulico.
- Filtros.
- Servoválvulas de las guías de las paletas - de entrada.
- Un múltiple.
- Válvula de control de flujo de las guías de las paletas de entrada.

Para estas componentes observe el diagrama 5 de este sistema.

El aceite de lubricación es filtrado y regulado desde el cabezal hasta los cojinetes de la turbina, usándose como un fluido de alta presión para satisfacer los requerimientos del sistema.

Este sistema cuenta con una bomba de pistón axial de desplazamiento positivo, el cual es accionada por el reductor de accesorios, en donde el aceite es bombeado de lubricación a el múltiple de suministro hidráulico, cuando este aceite llegue a el múltiple que se conecta a la entrada de este último en donde existe una caja que está diseñada para tener un determinado número de interconexiones en su interior como son la válvula de sangrado de aire "VAB -1" y una retención (check) "VCK3 -1", que tienen las siguientes funciones:

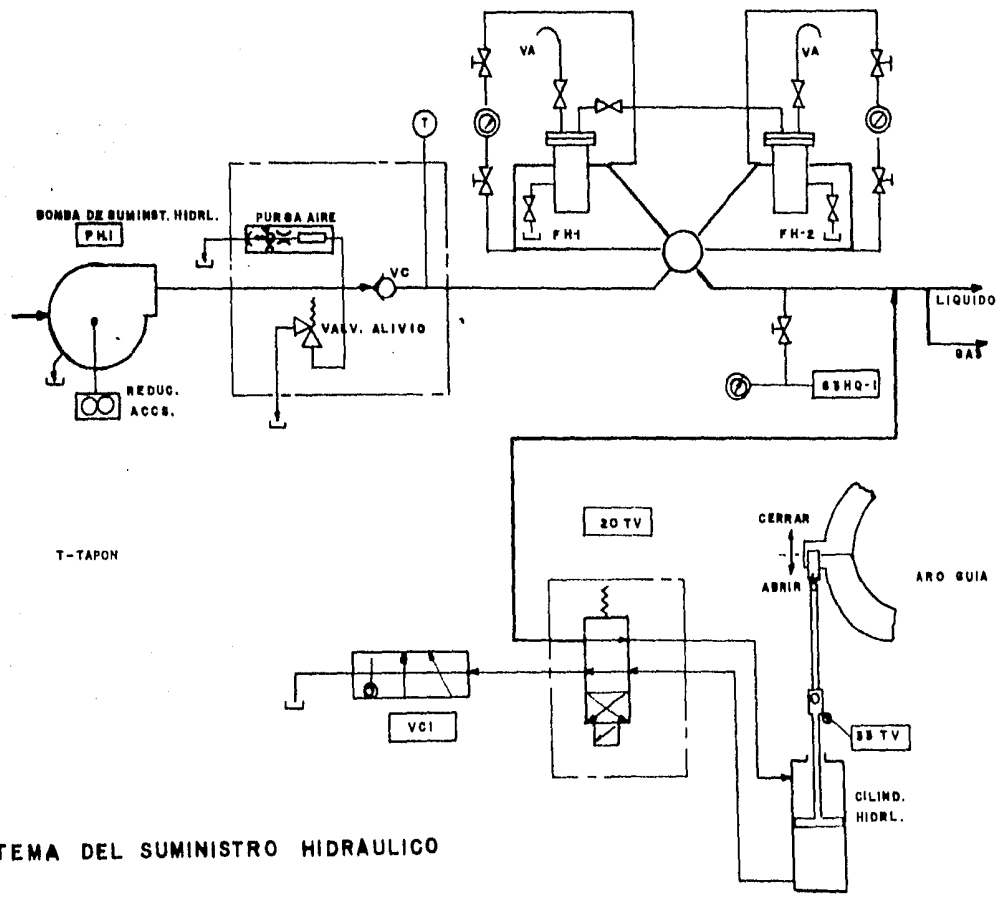
La válvula de alivio VR21 controla la presión de salida de la-

bomba de suministro hidráulico que protege el sistema de las posibles fallas que ocurren durante la operación de la Unidad.

Continuamos con una válvula check que tiene como función principal la de mantener las líneas hidráulicas llenas mientras la unidad este parada, después se encuentra la válvula de sangrado de aire VAB-1, que expulsa (ventea) cualquier aire presente en la línea de descarga de la bomba. esta válvula cierra a una presión de 150 PSI.

Desde la conexión del montaje del múltiple continúa el flujo a través de la línea en el cual pasan por los filtros FH2 -1 y FH2 -2, - - estos filtros previenen de contaminaciones y otras partículas llevadas desde la bomba hasta la entrada de los mecanismos del sistema de las guías de las paletas de entrada y las servoválvulas de control de combustible, hay que tener cuidado cuando un medidor indique una baja presión con valor de 60 PSIG cuando llegue este valor el cartucho necesariamente tendrá que ser cambiado, para eso se hace lo siguiente:

- 1.- Abra la bomba de sangrado de aire (venteo) en el filtro no usado.
- 2.- Abra la válvula de llenado.
- 3.- Cuando el aceite con aire llegue (salga) en el sangrado de aire opera la válvula de transferencia.
- 5.- Cierre la válvula de llenado.
- 6.- Cuando no es contenido aire en el aceite que viene desde el sangrado de aire, cierre la válvula de sangrado.



SISTEMA DEL SUMINISTRO HIDRAULICO

En caso de que exista una baja presión, esta es detectada por un switch de presión 63QH -1, que manda una señal para una alarma anunciadora.

Después del múltiple continúa una línea que conecta a la válvula solenoide 20TV, el funcionamiento de esta válvula depende de la presión hidráulica con el que opera el actuador variable de las guías de las paletas de entrada de la válvula de control de flujo VC1.

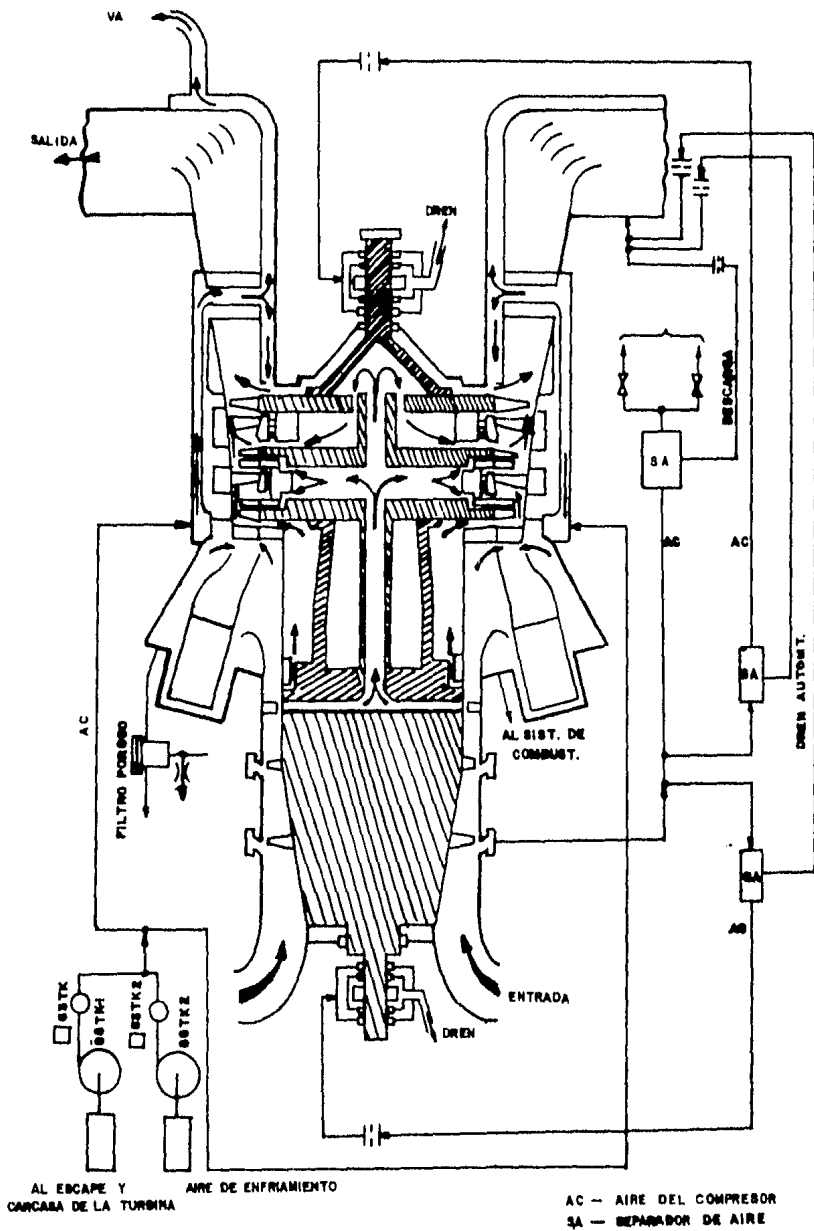
Las guías de las paletas variables de entrada en conjunto con el control de sangrado de aire del compresor, son para prevenir posibles pulsaciones en la turbina durante la aceleración, desaceleración y una rápida normalización y paro de la unidad respectivamente.

III.3.6.- SISTEMA DE AIRE DE ENFRIAMIENTO Y SELLO DE LA TURBINA.

El suministro de aire de enfriamiento es tomado del compresor axial, se sabe que uno de los principales problemas que se encuentra en el diseño de una turbina a gas son las altas temperaturas que deben soportar los materiales del que están contruídos los álabes, esto implica necesariamente que tienen que ser enfriados. Las extracciones al flujo de aire al compresor axial, están localizados en las etapas quinta y undécima.

Dicha extracción de aire es usado para el sello de las chumaceras ó cojinetes de la turbina. El aire de enfriamiento desempeña las si guientes funciones:

- a).- Sellar los cojinetes de la turbina.



SISTEMA AIRE Y SELLO DE LA TURBINA

- b).- Sellar los cojinetes del reductor.
- c).- Enfriar las partes internas.
- d).- Enfriar la parte exterior de la turbina y -
bastidor de escape.
- e).- Suministrar aire para la operación de las -
válvulas.

Para una mejor visualización de este sistema observe el diagrama 6.

La extracción del quinto paso antes de entrar a enfriar la - turbina pasa por los orificios "X" e "Y", (con \emptyset de 1.55" y 1.31" respectivamente). La entrada de aire por el orificio "X" enfria la carcasa de la - turbina en sus tres pasos llegando hasta el huelgo entre la descarga de la segunda rueda de la turbina y se junta con el flujo de aire del orificio - "X".

La extracción del undécimo paso en este punto estan localizados las extracciones del compresor que durante el arranque deben de tener sus válvulas abiertas y que estan supervisadas por un micro switch 33 CE-3 y 33 CE-4 que se encuentra en cada lado de la turbina, cuando estas válvulas ya cerraron debido a que se alcanzó el 95% de velocidad de la turbina- y que además sigue teniendo otras funciones que son:

Antes de entrar a la turbina pasa por el orificio "Z" que tiene un \emptyset igual a 2.121" y va a refrigerar el diafragma por un lado y por el otro alimenta de aire de enfriamiento a través de un orificio "W" a la -- chumacera No. 1 y por el orificio "P" la chumacera No.2.

De la descarga de la última rueda del compresor axial se esta enfriando la primera rueda de la turbina y sus álabes.

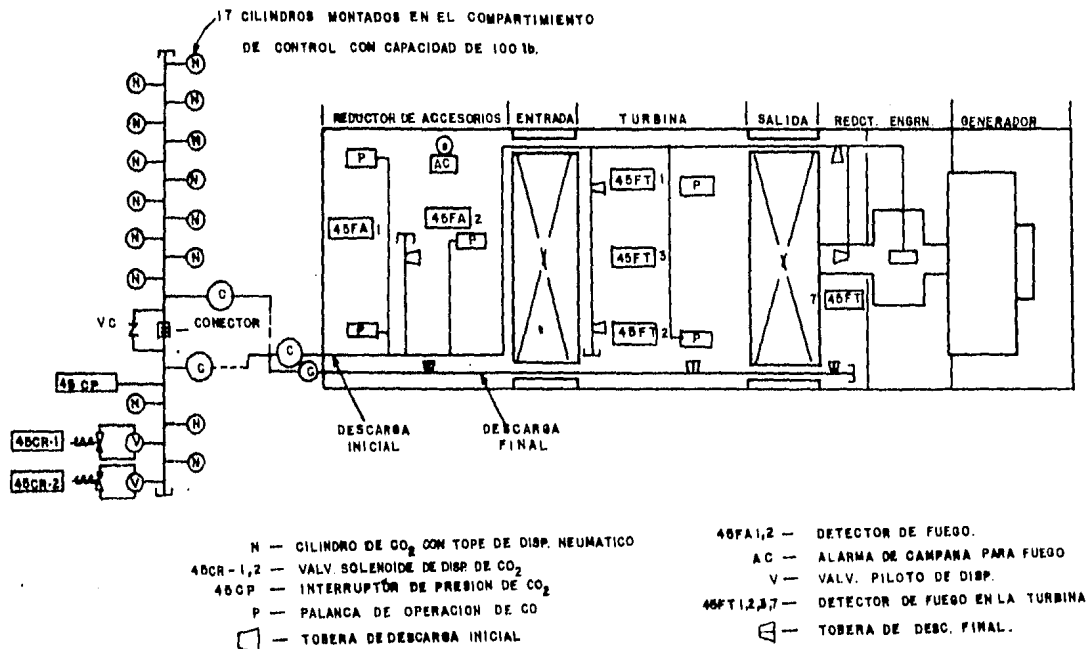
Las válvulas solenoides 20CF de falso arranque comunica a la atmósfera, siempre que se efectúa un falso arranque tenemos salida de aire de la última rueda del compresor axial y de las extracciones del undécimo paso a través de sus válvulas de la que ya hablamos.

III.3.7.- SISTEMA DE PROTECCION DE FUEGO.

Para entender mejor este sistema de protección de fuego (CO_2), se da a continuación una breve descripción del mismo, para ello refiérase el diagrama esquemático 7. El incendio puede ocurrir en cualquiera de los compartimientos de la unidad, pero se encuentra protegido por el piloto de dos válvulas solenoide que son la 45CR -1 y 45CR -2, que se localizan en cada uno de los pilotos del cilindro de CO_2 , estas válvulas serán energizadas por uno de los detectores de fuego sensibles y que son los 45FA, 45FT y 45FG.

Para que los pilotos de las válvulas solenoides sean energizadas, se necesita que una presión sea aplicada a los pistones de la cabeza de descarga de los pilotos de los cilindros de tal manera que los pistones se muevan hacia abajo, la válvula del cilindro esta diseñada para permanecer abierta, mientras se llenen.

La descarga de los cilindros se lleva a cabo a través de sus conectores flexibles, pasando después por el cabezal del sistema de tube-



SISTEMA DE PROTECCION CONTRA FUEGO

rfa, en este cabezal se produce una presión como se mencionó anteriormente, el cual crea un balance de presión para el sistema de descarga primario. La misma presión del cabezal, también se utiliza para accionar una válvula check, en el cual hace que se abran y descarguen su contenido (los cilindros) a través del sistema de tubería.

La presión de la válvula check hace que impida el paso de CO_2 , que sirve para aumentar rápidamente una concentración del extinguidor. Estos orificios juegan un papel importante dentro del sistema ya que también permiten relativamente mantener una baja preparación de descarga, con el objeto de estabilizar la concentración del extinguidor por un período de tiempo prolongado, para que la probabilidad de incendiarse de nuevo sea - mínimo.

III.3.8.- SISTEMA DE COMBUSTIBLE LIQUIDO.

El sistema de combustión de las unidades turbogeneradoras es de tipo dual, es decir, operan con diesel ó gas. Para el caso particular nuestro, esta unidad operará con diesel, debido a varios inconvenientes- que se encuentran en esta Refinería.

El sistema cuenta con lo siguiente:

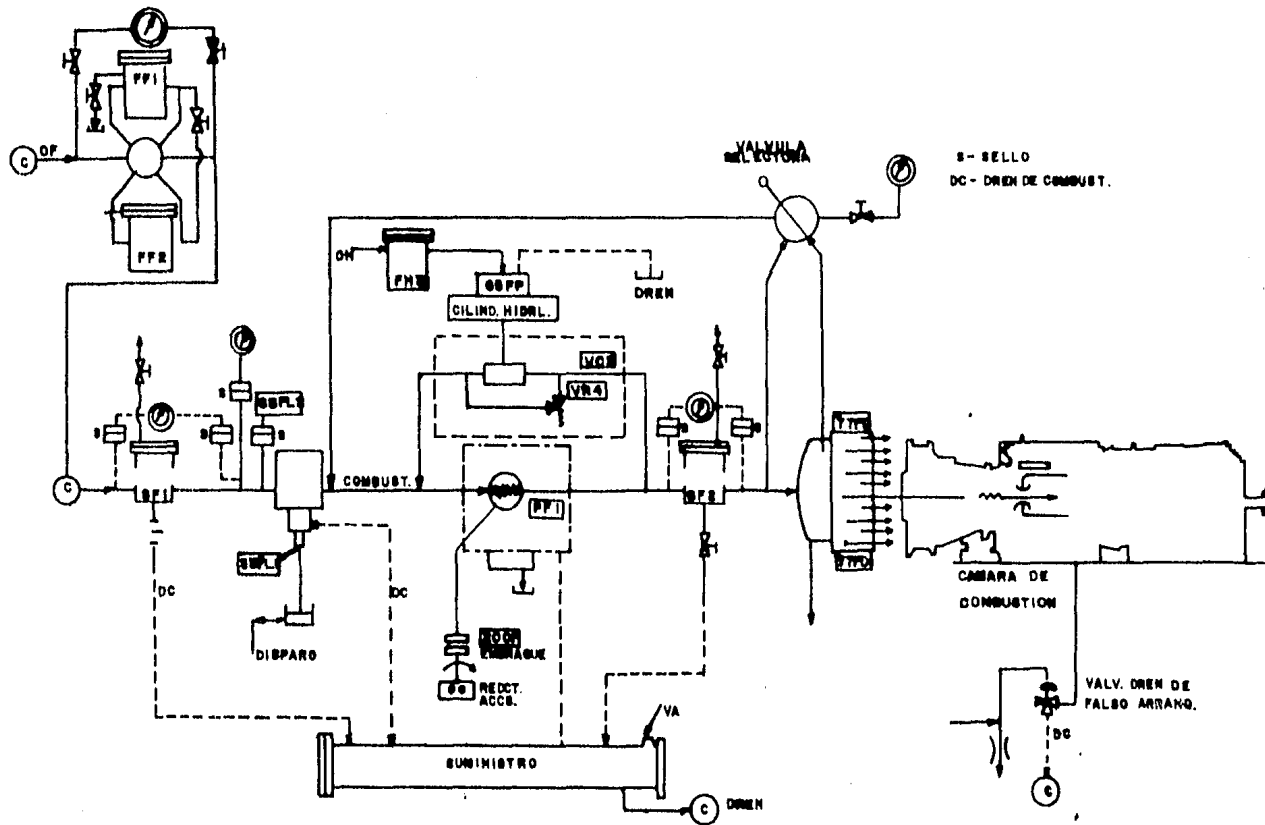
- Sistema de bombeo principal.
- Filtros de baja presión de combustible.
- Strainer primario de baja presión.
- Válvula de paro de combustible.

- Filtro secundario de alta presión.
- Divisor de flujo.
- Válvula de desvío de flujo (BYPASS)

Para las componentes antes mencionadas vea el diagrama 8.

El combustible viene desde los tanques de almacenamiento el cual pasa por los filtros dobles (primario) de baja presión, de estos filtros solo estará en operación uno de ellos, el otro estará de reserva, por algún problema que pueda ocurrir posteriormente y pueda cambiarse fácilmente, una vez que el combustible haya pasado por los filtros de baja presión este entra al strainer de baja presión SF1 que es operada por medio de una válvula solenoide, que se encargará de mandar el combustible al tanque -- del mismo para que pueda ser bombeado a las cámaras de combustión.

La función que tiene el strainer de baja presión es la de prevenir alguna contaminación que traiga el combustible, en el trayecto de este último encontramos a la válvula de corte de combustible VS1, es una válvula de emergencia operada por el sistema de protección para cortar el suministro de combustible para la turbina durante el paro normal o de emergencia o a una condición de disparo de sobre-velocidad, dicha válvula cerrará en un período de 0.5 seg. durante el paro normal del equipo, la válvula de corte es sostenida abierta hidráulica por el sistema de disparo de aceite. Después de llenar de combustible al tanque, es succionado por la bomba -- PF1 el cual es accionado por el reductor de accesorios, la válvula solenoide de 20CF permitirá el accionamiento de la bomba, también existe un interruptor de presión, al 63FL -2 que se desenergizará en caso de que exista un -



SISTEMA DEL LIQUIDO COMBUSTIBLE

nivel bajo del que opera normalmente (7 Kg/Cm^2) protegiendo de esta manera a la bomba de una posible cavitación. En caso de que existiera un flujo -- con alta presión, este, estará controlado por la válvula de desvío - -- (BY-PASS) VC3, que dentro de una caja incluye entre otros, la válvula 65FP accionada por el cilindro hidráulico y la válvula de relevo VR-4, la válvula de desvío (BY - PASS) conectada entre la entrada y la descarga de la -- bomba, teniendo como función medir el flujo, la 65FP sirve para controlar los golpes de la válvula de desvío controlado además por un filtro de alta presión. La función de la VR-4 es para proteger a la bomba de combustible de una sobrepresión. Al seguir con el recorrido del combustible pasando -- por el strainer de alta presión SF2, que previene de los contaminantes tales como costra o partículas que traiga la tubería previendo que entren -- estas al divisor de flujo, este último es para suministrar combustible a -- cada una de las boquillas de la turbina, también posee dos dispositivos -- captadores de flujo 77FA -1 y 77FA -2, las cuales mandan una señal de flujo al speedtronic donde es usado en el sistema de control de combustible.

III.3.9.- SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE.

Este sistema consta de;

- Válvula de control de gas relacionada con el paro y velocidad de la misma.
- Switch de alarma de baja presión del combustible.
- Válvula de relevo.

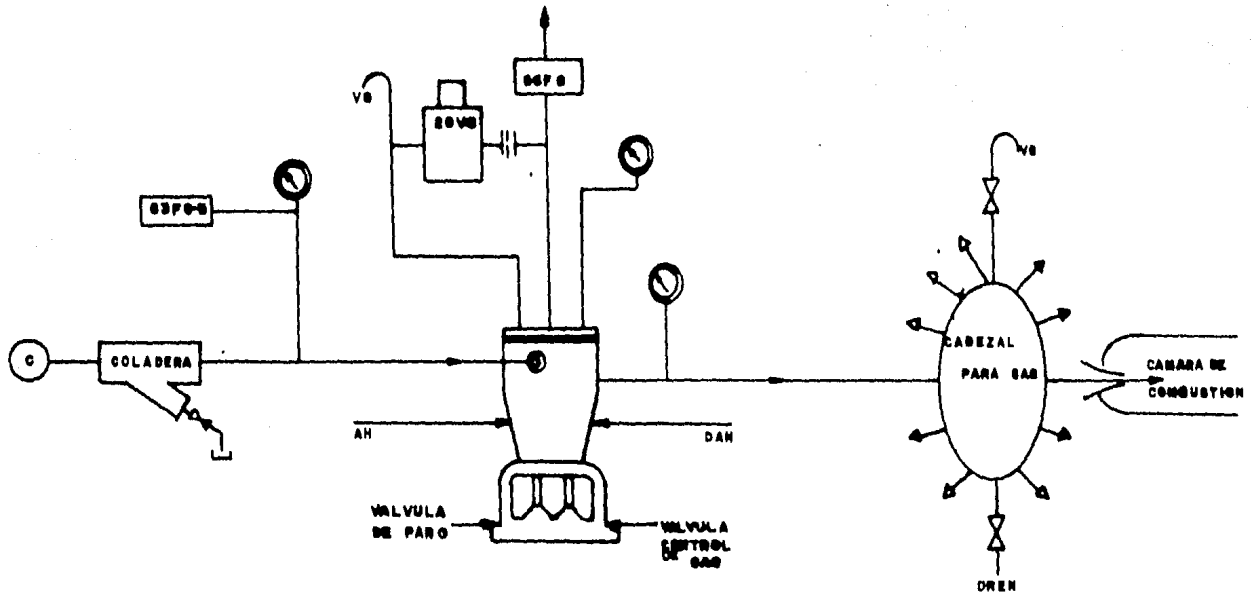
Para una mayor visualización del sistema vea el diagrama 9.

La relación de paro y control de gas combustible consiste de dos válvulas independientes, la válvula de control es accionada por una señal del speedtronic que admite la cantidad de combustible para una determinada velocidad de la turbina, la otra sirve para cortar el combustible cuando se requiere bajo las condiciones de arranque y operación de turbina. La posición de la válvula de control de gas (desde el flujo de gas-combustible a turbina), esta en función del voltaje de control variable (VCE) generado por el speedtronic el cual hace que funcione la posición de la válvula de combustible líquido a gas. La función de la válvula de gas en este sistema es para un corte del mismo cuando se requiera para una condición de paro normal ó de emergencia.

Cuando la presión de aceite de disparo sea normal, la válvula de disparo de gas combustible VH -12, estará retenido a una posición, mediante el paso de flujo de aceite que existe el control de la válvula y el cilindro hidráulico. El interruptor de baja presión que manda una señal en el tablero anunciador del aceite de control en caso de que exista.

Existe también una válvula solenoide 20VG -1 que esta instalada en la tubería del venteo, cuando la turbina es parada, cualquier gas combustible que pueda acumularse en el compartimiento entre la válvula de corte de gas con relación al de velocidad y control de gas se ventea a la atmósfera. Por otro lado tenemos al transductor de presión 96GF instalado en la descarga de la válvula de paro/velocidad de gas, esta actúa mandando una señal de retroalimentación de la presión operacional al speedtronic.

VS — VENTOS DEL GAS
AH — ACEITE HIDRAULICO
DAH — DISPARO DE A.H.



SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL GAS

El voltaje de corriente directa da la señal de salida es directamente proporcional a la presión de gas combustible aplicado al transductor. Existen unos indicadores de presión que se encuentran dentro del sistema y que son:

Uno que se encuentra después del strainer, que mide la presión del gas combustible a la entrada de la válvula de paro/velocidad, el indicador intermedio que mide la presión a la salida de la válvula, el que se encuentra después de la válvula de paro/velocidad de gas mide la presión de esta hasta llegar al cabezal.

III.4.- MONTAJE Y NIVELACION.

Como primer paso para el montaje del equipo una vez que la cimentación de concreto ha sido terminada, se procede a la colocación de las placas de asentamiento, que sirven de asiento para las diferentes partes de la turbina.

Antes de colocar las lanas ó calzas, éstas deben de estar limpias de polvo y basura, aplicándoles para su limpieza un poco de turbosina, hecha la limpieza de las lanas se toman las medidas de los espesores de éstas piezas, obteniendo para el caso particular, una variedad de espesores que van desde 0.009" hasta 0.271", la figura 13 muestra la forma que tienen éstas lanas.

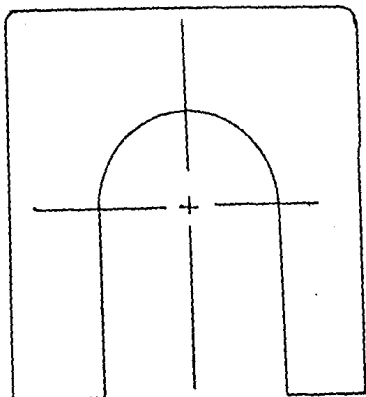


Fig. 13.-Forma típica de una lina.

Estas laines antes de colocarse, el ingeniero supervisor, debe cerciorarse de que no estén flexionadas ya que repercutirá grandemente en el funcionamiento del equipo.

Después de revisar las laines, se empieza a colocarlas en la parte que le corresponde, es decir, encima de la placa de asentamiento, obsérvese la Fig. 14 como queda integrada en su conjunto, el perno de anclaje, placa de asentamiento y las laines.

Y para asegurar aún más de los movimientos laterales al equipo, se colocan sobre la misma cimentación, al bastidor del equipo unos gatos, éstos gatos servirán posteriormente para fijar el equipo (paquetes de turbina y generador) después de que éstos hayan sido alineados.

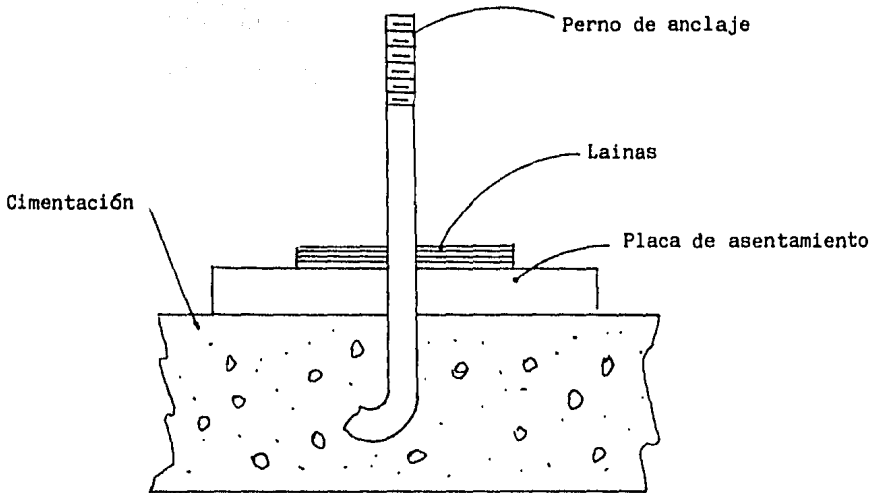


Fig.14.--Arreglo de alinas, perno de anclaje
y placa de asentamiento en la cimen
tación.

Como ya se mencionó anteriormente los gatos de fijación van co
locados en la parte de los paquetes de la turbina y generador, como se --
muestra en la fig. 15.-

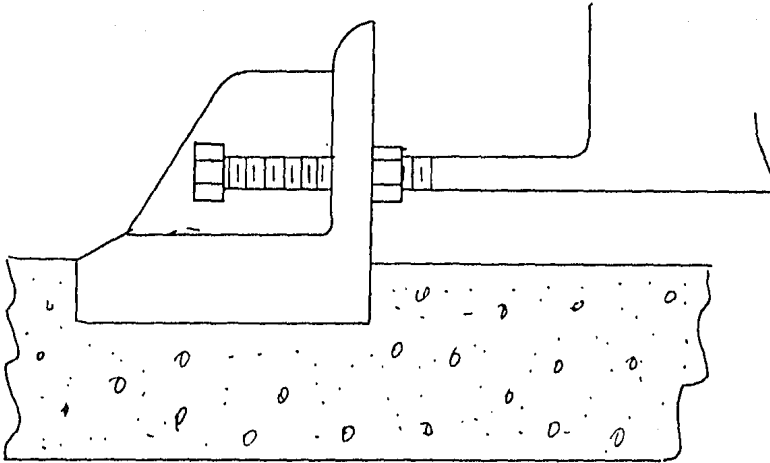


Fig. 15.- Colocación del gato de fija
ción a la base del equipo.-

Otros de los aspectos importantes que se deben tomar en cuenta es que la cimentación se dejen unos espacios sin colar, en éstos espacios se introduce una mezcla especial (epoxine grout 600) compuesta a base de resina y rellenos minerales.

Para introducir éste tipo de mezcla con anterioridad se debe -- limpiar la superficie del concreto, primero ya sea con martillo neumático o cincel hasta dejar al descubrimiento el agregado grueso, después se elimina toda clase de partículas sueltas, tales como el polvo que debe ser secado a

presión.

Las partes metálicas que vayan a colocarse sobre ésta mezcla -- también deben estar completamente limpias libre de todo óxido, grasa, etc., mediante un chorro de arena a presión (sand-blast) u otro método adecuado. Se puede decir que a grandes rasgos éstos son los preparativos que se llevan a cabo durante la actividad correspondiente a la colocación de los -- accesorios a la cimentación.

A continuación se describirá el montaje de los paquetes que integran esta unidad turbogeneradora y que consta de cuatro paquetes, que -- son los siguientes:

- Compartimiento de control.
- Paquete de turbina.
- Paquete del generador.
- Compartimiento auxiliar del generador.

Antes de dar el paso anterior, debemos hacer hincapié en el siguiente punto, que durante la nivelación que llevan a cabo los ingenieros -- civiles se vayan checando junto con ellos las marcas de los ejes y niveles -- como se ve en la fig. 10, ya que de ello depende en gran parte los factores que intervienen durante la nivelación y alineación de equipo por instalar.

Estos niveles por lo regular se trasladan a lo largo de toda la -- cimentación particularmente en donde existan los pernos de anclaje, con el nivel marcado se obtiene exactamente el espesor deseado de laines, es decir,

el nivel en que estará el equipo sobre las lánas.

En la fig. 17, podemos observar el número de pernos de anclaje y en cada perno irá marcado precisamente el nivel para los fines antes mencionados.

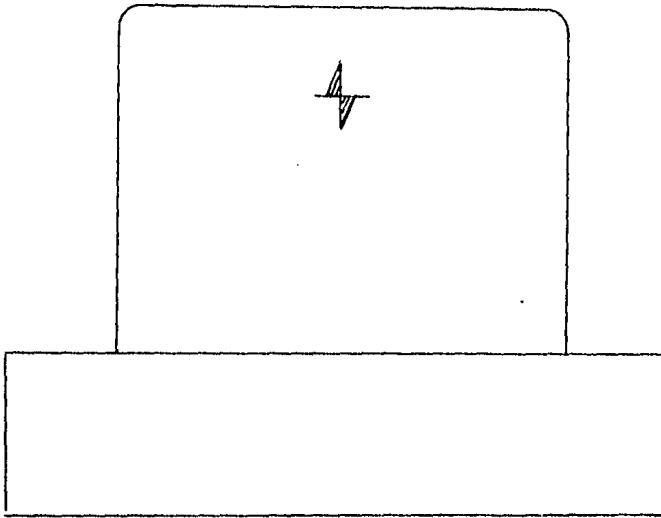
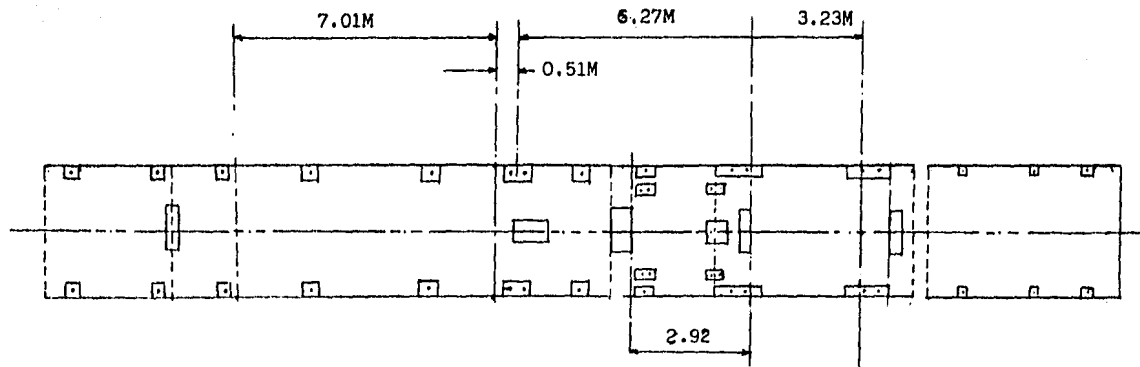


Fig. 16.- Marca del eje y nivel



70

Fig. 17.- Número de pernos de anclaje.

Una vez que se haya verificado los pasos anteriores, se concreta a dar paso a la selección de los equipos y accesorios que se irán a utilizar durante el montaje de los mismos que dependen desde luego del peso - de cada uno de ellos.

Como ejemplo, cualquiera de los equipos pesados ya sea el paquete de la turbina o generador pueden ser instalados a criterio del ingeniero supervisor, sin embargo se sugiere que el paquete del generador se instale primero, para tal efecto se tuvo que seleccionar lo siguiente:

- Una grúa de 180 tons.
- Una grúa de 80 tons.
- Dos balancines.
- Grilletes de: 36 Tons.
- 150 "
- 175 "
- Cables de acero de 1.½"
- Durmientes.

El arreglo de estos accesorios lo podemos apreciar en la figura 18.

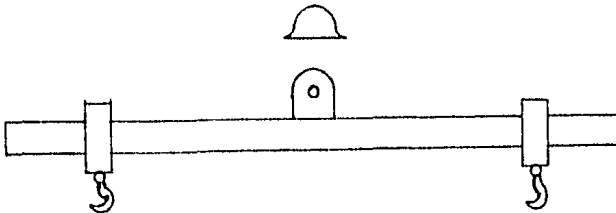


Fig.18.-Balancín ocupado en el montaje de los paquetes.

Estos accesorios van colocados en cada uno de los soportes que trae cada paquete como el que se muestra en la fig. 19

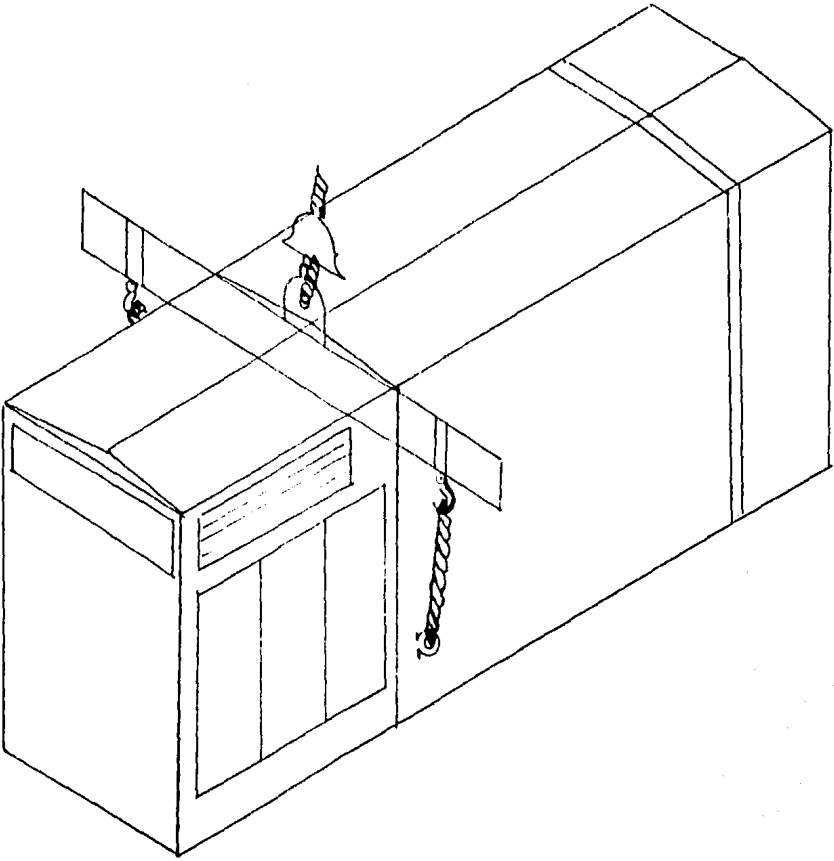


Fig.19.-Colocación de los accesorios,
en los soportes del equipo.

Bien, una vez que los paquetes estén listos para colocarlos, con la ayuda de las dos grúas, la pieza, se comienza a bajarla sobre la base, -- descansándola primero sobre unos durmientes, de tal manera que los barrenos -- que traen cada uno de los paquetes queden lo más centrado posible con los -- pernos de anclaje, es decir, ponerlo en eje, éste eje de referencia lo podemos trazar sobre la base del equipo, con un reventón se logra trazar dicho -- eje y lo podemos apreciar en la fig. 17, la finalidad de dejarlo en eje al -- equipo es para que se logre una más rápida alineación, que se explicará más adelante.

Las grúas definitivamente no dejan centrados a los equipos, por lo que es necesario, como se mencionó anteriormente descanzarlo sobre los -- durmientes y no se quitan éstos hasta que se hayan quedado perfectamente -- bien sobre las laines, para lograr que queden en eje, se introducen en los -- espacios que existan sobre el equipo y la cimentación, unos colchones de -- aire de 50 Lbs/Plg² y 300 Lbs/Plg², en los soportes que trae el equipo (de -- la turbina y generador) se colocan los tensores para lograr el movimiento -- axial, la fig. 20 nos da una idea más clara de la colocación de éstos accesorios.

Como la acción de centrar el equipo es un poco tardada, es conveniente que a las laines se le vuelva a dar mantenimiento para evitar que estas no se oxiden.

Hecho los movimientos al equipo se quitan los durmientes y los -- colchones de aire, tomando así las lecturas previas a la nivelación defini --

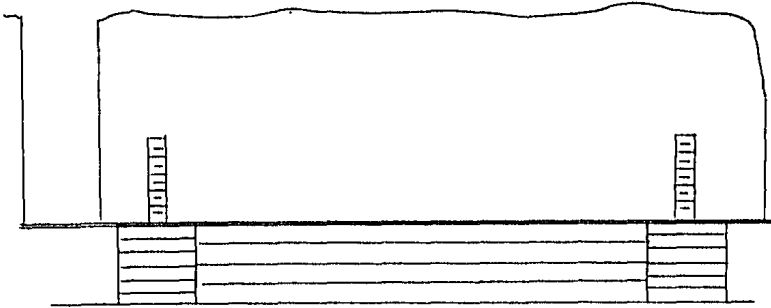


Fig.20.- Colocación de colchones de aire
y tensores en la base del equipo.

tiva del turbogruppo. Mientras se logra nivelar el turbogruppo, ya se puede -comenzar a alinear internamente al paquete que contiene al compresor-motor--de combustión interna-reductor de accesorios, ésta última parte se detalla--rá posteriormente cuando se hable sobre la alineación del turbogruppo, mien--tras tanto se continúa con la colocación de los demás paquetes mencionados--anteriormente, el paquete para colocar el paquete de la turbina es exacta--mente igual que se tomó en consideración cuando se llevó a cabo el montaje--del generador. Ver fig. 21

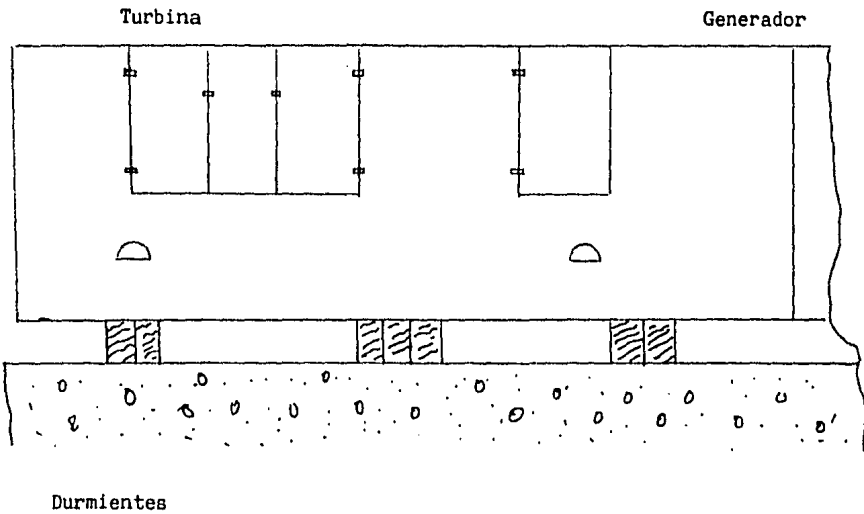


Fig. 21.- Colocación del paquete de la turbina sobre la cimentación

En cuanto al montaje de los paquetes auxiliares tanto de control como auxiliar del generador no es necesario que éstos queden exactamente -- bien alineados, por la razón de que son unidades independientes, en cuanto -- al acoplamiento de tipo mecánico, desde luego.

La nivelación de éstos paquetes ó compartimientos se debe considerar de una manera aproximada.

El retacamiento de éstos últimos a sus bases no debe hacerse hasta que toda la unidad turbogeneradora haya sido montada y alineada definitivamente.

Se sugiere que el montaje de todos los paquetes sea el siguiente:

- Generador
- Turbina
- Compartimiento de control.
- Compartimiento auxiliar del generador.

ARMADO DE LA ESTRUCTURA.

La estructura en su totalidad consta de lo siguiente:

- Seis columnas.
- Seis soportes.
- Seis ménsulas.
- Ocho vientos.
- Siete vigas.

Esta estructura en su totalidad ayudará a soportar el paso de -- los siguientes accesorios:

- 1.- En su parte interna al módulo de agua de enfriamiento.
- 2.- En su parte externa a los ductos, codos, silenciador y a la casa de filtros de aire.

Todas las consideraciones y precauciones que se tomaron en cuenta en la cimentación de la unidad turbogeneradora, se vuelven a hacer en la base para ésta estructura.

Con las partes identificadas y consideraciones tomadas en cuenta para el armado de la estructura, se describirá a continuación el método empleado.

Para éste método se empleó lo siguiente:

- Grúa de 7½ Tons.
- Estrobos de ½"

- Grilletes de 1".

Bien, como ya se tienen los accesorios y equipo necesario para la colocación de las piezas, se separan las que irán a colocarse primero, - en este caso, las columnas para erigir éstas piezas se verifica el nivel - de la base del mismo, una vez que se haya checado la nivelación, se hace - el arreglo necesario de campo a las columnas para facilitar el montaje.

Como la columna en la parte superior tiene cuatro barrenos, en esta parte colocamos una pieza fabricada en campo que se observa en la -- Fig. 22.

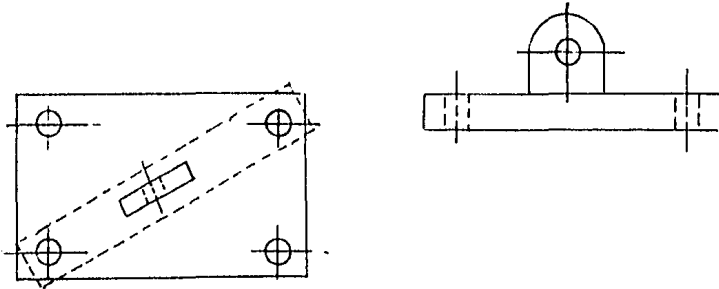


Fig. 22.- Soporte para la columna
de la parte superior.

En la fig. 23 se puede apreciar como se coloca la pieza fabricada para que la columna pueda ser levantada y colocada en su base.

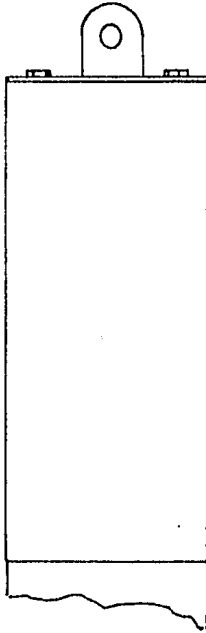


Fig. 23.- Colocación del soporte.

Colocando el soporte encima de la columna, se coloca el acceso necesario para el montaje y se comienza a eregirla como se aprecia en la fig. 24.

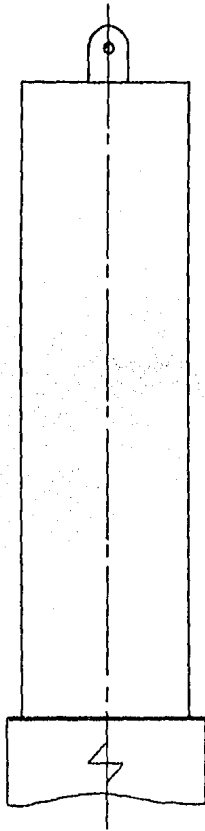


Fig. 24.- Erección de la columna y colocada en su base.

Una vez que se haya colocado las columnas, para que éstas no se jalen para alguno de los lados, se colocan los vientos (o ángulos tensores). Ver fig. 25

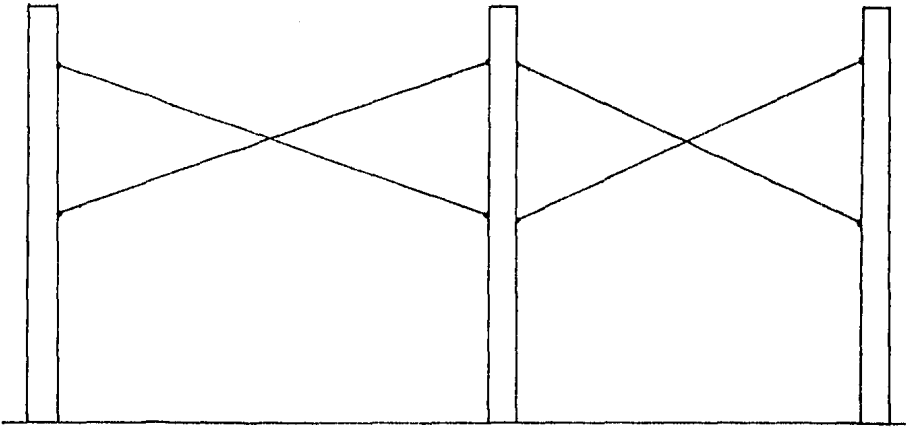


Fig.25.- Colocación de los vientos.

Entre las columnas "B" se monta la viga (trave) que sirve para sostener el módulo de agua de enfriamiento. Ver fig. 26

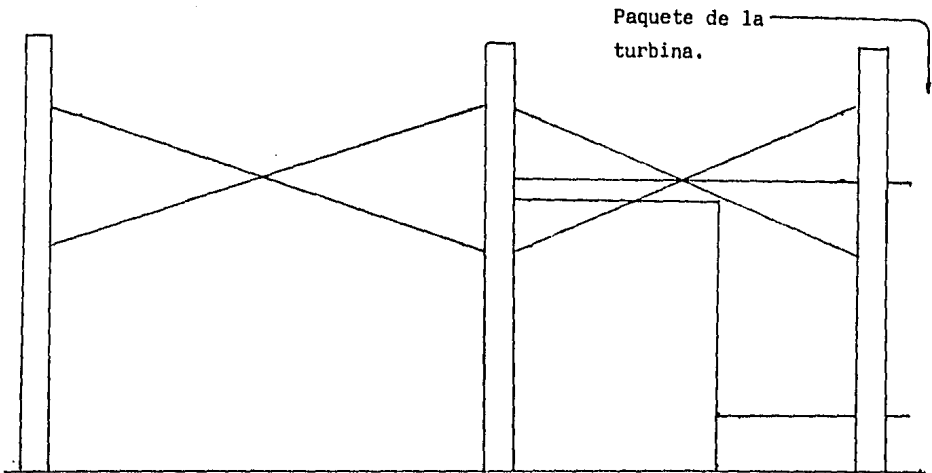


Fig. 26.- Colocación de la viga entre las columnas.

Al colocar la viga se aprovecha el espacio que existe para montar los módulos de agua de enfriamiento, después del paso anterior, se colocan las vigas que forma en su conjunto el marco, para reforzarlos aún — más se colocan las ménsulas que se encuentran en la parte interna de la columna y la viga. Ver fig. 27

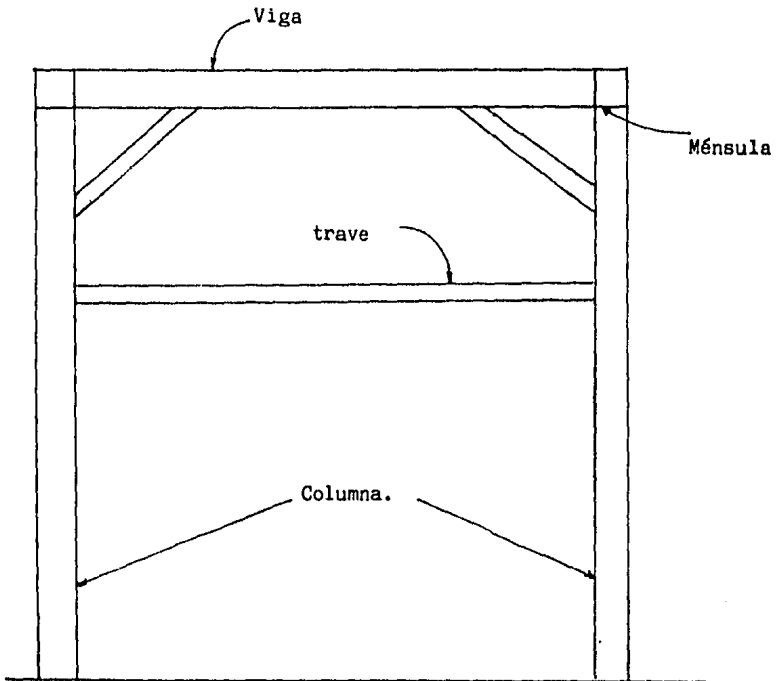


Fig. 27.- Marco de la estructura.

El paso siguiente es nivelarla, para ello se hace lo siguiente:

Con un nivel de manguera, lo suficientemente grande, de tal manera que llegue a la base de la otra columna (A y B).

Por ejemplo : Si el nivel de A es la referencia, con la manguera colocada en la posición que se muestra en la fig. 28, éste mismo nivel tendrá que estar en B, si el nivel que está en B, esta arriba del de A, esto implica que hay que bajar la columna B, en la medida que nos indique, -- quitándole las calzas ó cuñas que estos contengan, los mismos pasos se siguen hasta dejar nivelada toda la estructura, la nivelación de las columnas se hace en base primero con la cimentación del turbogenerador.

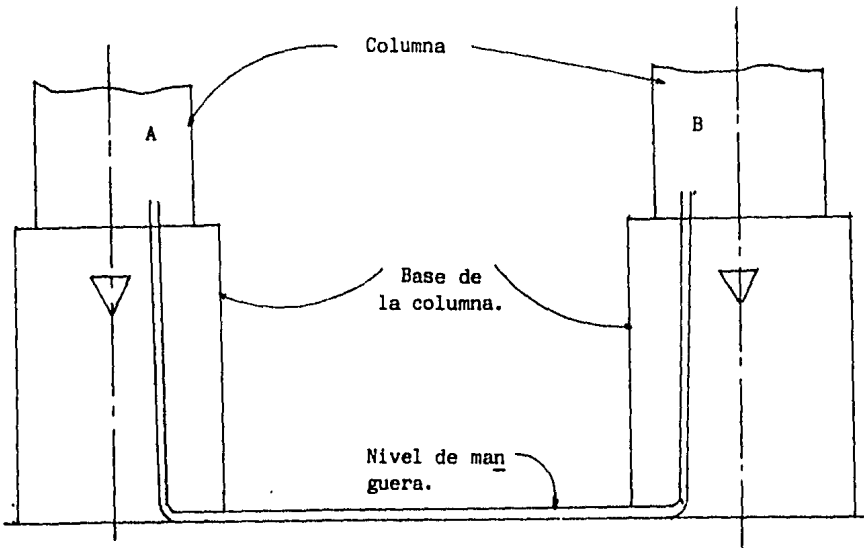


Fig. 28.- Nivelación de las columnas.

MONTAJE DEL MODULO DE ENFRIAMIENTO.

Los módulos de agua de enfriamiento van colocados sobre la parte superior del paquete de la turbina y la viga interna de la columna "B" de la estructura.

Cuando el equipo llegue al area de trabajo, lo primero que haya que hacer en estas ocasiones es revisarlos, principalmente de las partes - en donde irán apoyadas, es decir su base que son las que por lo regular su fren las consecuencias del transporte.

Si la unidad llega deteriorada ó deformada, éstas fallas se corrigen mientras el equipo se encuentra descansando sobre los durmientes, la limpieza general es indispensable a toda ésta unidad para poderlo presentar en el lugar que le corresponde. Otros de los problemas que comunmente se presentan en estas piezas son los barrenos que traen, llega el momento que una de ellas no coinciden con los de su base, es necesario entonces ba rrenarlos en forma de ojo de chale, con el fin de que el equipo se pueda - desplazar axialmente, dependiendo desde luego del espacio que exista entre barreno y barreno, en el dado caso de que venga flexionado, el daño se repara conformando a la pieza o equipo.

Como ésta unidad contiene tres motores por módulo, es necesario que se les mande a revisar tanto eléctrica como mecánicamente, para evitar problemas posteriores.

Como todas estas precauciones tomadas en consideración, se hacen los preparativos necesarios para el montaje de la pieza comunmente, todas-

Las piezas traen por donde se les va sujetar y colocar el ó los grilletes, en caso contrario éstos se fabrican en campo.

Para el montaje de estas dos unidades se empleó lo siguiente:

- Una grúa de 18 tons.
- 4 grilletes de 1".
- Estrobos en argolla 4 unidades (pulpo).

En la fig. 29 se muestra la forma de estos accesorios.

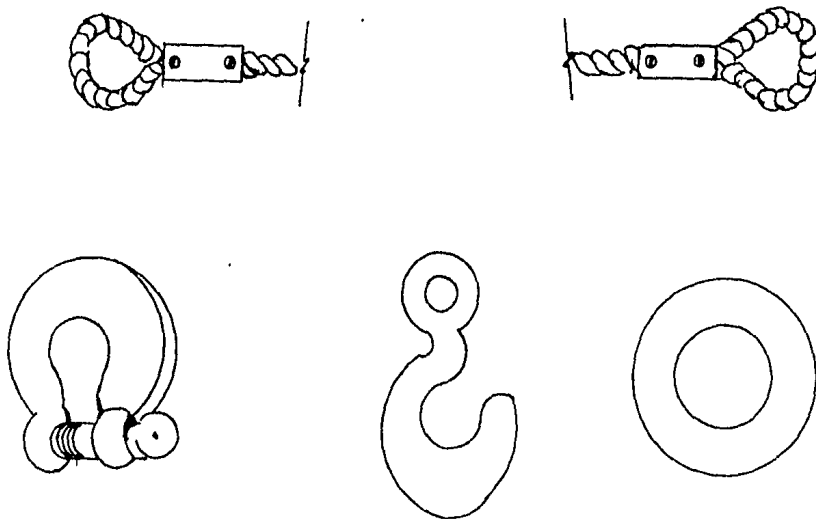


Fig. 29.- Accesorios para el montaje del M.A.E.

Una vez que la pieza este sobre su base, se nivelan, tomando como referencia al módulo que esta sobre el paquete que contiene a la turbina.

Terminada la parte de la nivelación de dichos módulos, en la medida que las necesidades lo exijan y a criterio del ingeniero supervisor se deben presentar al área de trabajo las tolvas, que van anexas a los módulos de agua de enfriamiento.

MONTAJE DE LAS TOLVAS.

Las tolvas constan de cuatro secciones, dos de ellas van colocados en cada uno de los módulos de agua de enfriamiento, observe la fig.- 30 la forma que tiene esta pieza.

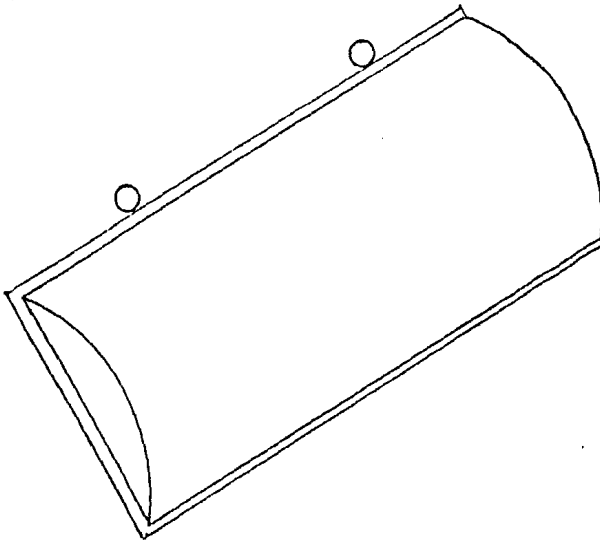


Fig. 30.- Tolva para el M.A.E.

Estas secciones se colocan una vez que los módulos de agua de enfriamiento hayan sido montados y nivelados.

Debido al espesor que tienen éstas secciones, se debe tener cuidado al transportarlos ya que al hacerlo las piezas sufren por lo regular alguna deformación, es conveniente entonces que éstas piezas antes de montarlas se conformen lo más que se pueda para evitar problemas posteriores.

Otro de los detalles que sufren durante la etapa del montaje de éstas piezas son los barrenos, muchas veces las condiciones de montaje exigen que estos barrenos al no coincidir con los del módulo de agua de enfriamiento, se tienen que modificar ya sea haciéndole más grande el barreno dependiendo de la tolerancia que exista en ellos o en hacerle barrenos nuevos.

Como la pieza es muy ligera en comparación con las demás se utiliza para su montaje lo siguiente:

- Una grúa de $7\frac{1}{2}$ " tons.
- Un cable de acero de $\frac{1}{2}$ " Plg.
- Dos grilletes de 1" Plg.

Con los accesorios anteriormente mencionados, se procede al montaje de la pieza, observe la fig. 31 como se colocan las tolvas en sus lugares correspondientes.

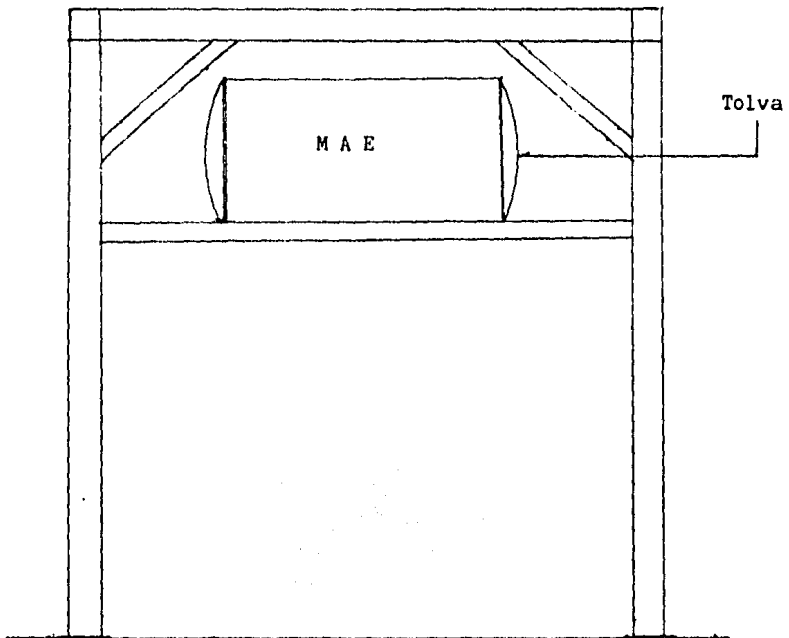


Fig. 31.- Colocación de la tolva.

MONTAJE DE LA EXTENSION ACUSTICA.

La extensión acústica consta de dos piezas, cada pieza se coloca en el paquete de la turbina, principalmente en los costados de la parte del compresor, esta es una de las primeras piezas que se montan (accesorios) y a su vez forman en su totalidad la succión del aire para el compresor.

En la fig. 32 se aprecia la forma de esta pieza.

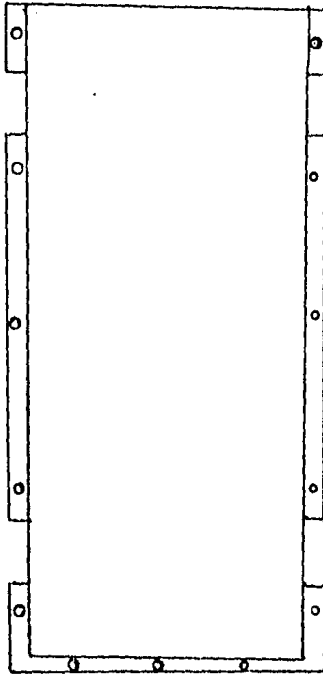


Fig. 32.- Extensión acústica.

La otra opción es presentar la pieza en el lugar donde vaya a ir colocado, si hacemos éste procedimiento es importante que la pieza no lleve el empaque, debido a los movimientos bruscos, éstas se pueden romper y si no se dispone de éstas de ellos, representan problemas y atrasos para el avance de la obra. Con las precauciones antes expuestas, las piezas se ensamblan, se marcan los barrenos, bajamos la pieza y las modificaciones necesarias que tengan que hacerse hay que llevarlas a cabo. Para la colocación definitiva de la pieza, colocamos el empaque sobre la misma, cuando la pieza esté a una distancia razonable, se guía la pieza con unos punzones o llaves de cola para colocar los tornillos y fijarlos definitivamente en ambas partes tanto de la parte del compresor como de la extensión acústica. Para el montaje observe la fig. 33

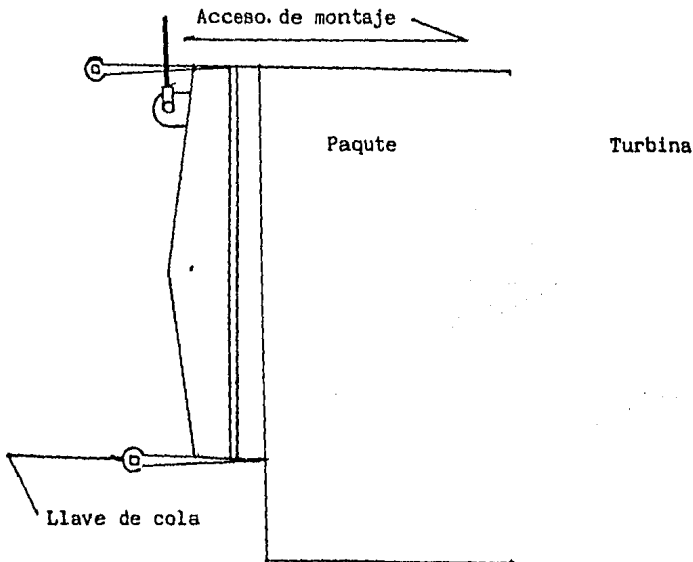


Fig.33.-Colocación de la extensión acústica.

MONTAJE DE LA PIEZA DE TRANSICION.

Esta pieza va colocada en la parte superior de la extensión acústica, como se muestra en la fig. 34.

Durante el montaje de esta sección verificar ambas partes por donde irá colocada, es decir, tanto de la parte superior de la extensión acústica como de esta misma sección.

Por otro lado tenemos que durante la estancia del almacenaje de toda la unidad turbogeneradora, las partes que vienen cubiertas de madera como es la entrada del compresor, tanto de los costados como de la parte superior, son una de las partes más afectadas, por tal motivo a los barrenos que trae en las partes antes mencionadas, hay que repasar las cuerdas de dichos barrenos para facilitar el trabajo a la hora de atornillar la pieza.

El otro problema que se puede presentar y es muy común encontrarlo debido al espesor del ángulo que trae el paquete de la turbina, es que esa parte venga flexionada como se aprecia en la fig. 35

Después de componer las partes dañadas, se selecciona el material o accesorio que vaya a llevar durante el montaje, una vez terminado todo el preparativo para el montaje, se erige la pieza como se aprecia en la fig. 3E.

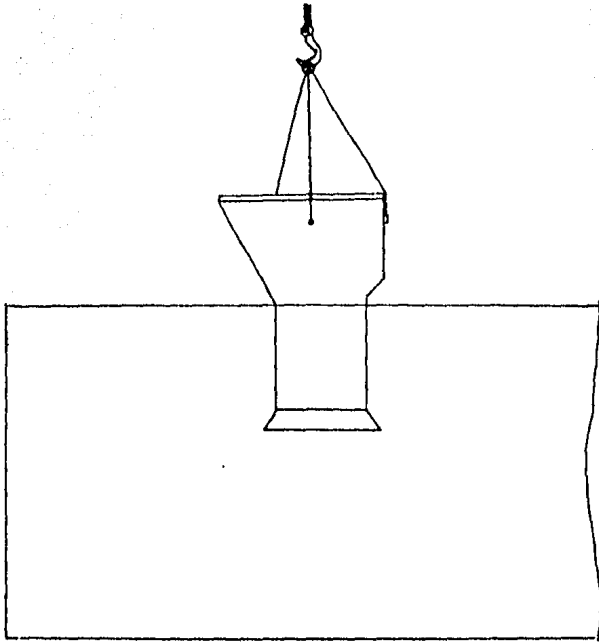


Fig. 34.- Colocación de la pieza de transición.

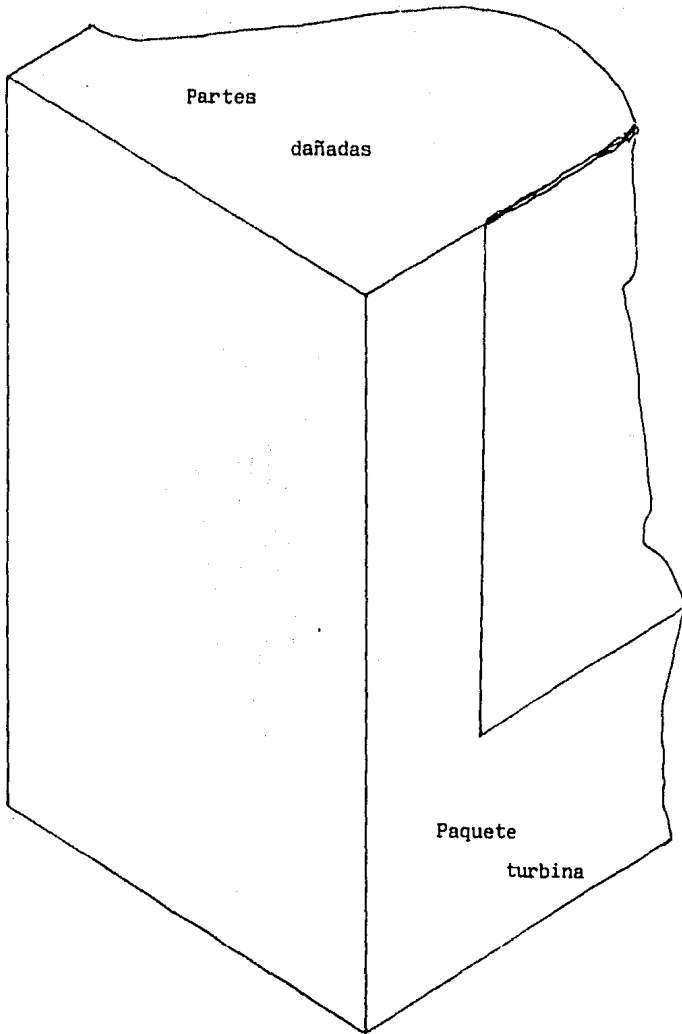


Fig. 35.- Parte dañada de la pieza de transición

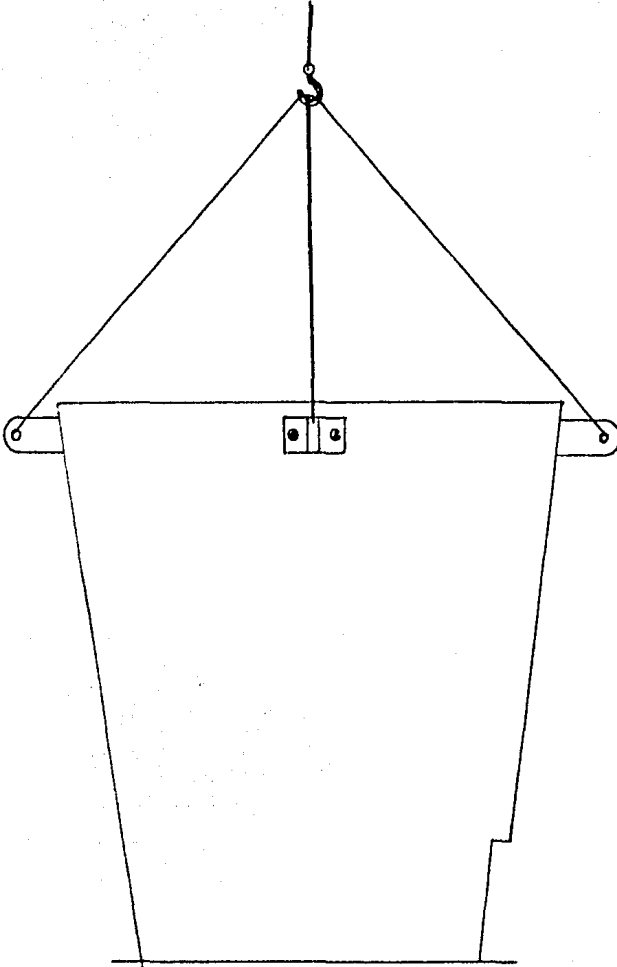


Fig. 36.- Erección de la pieza de transición.

MONTAJE DEL CODO DE ENTRADA.

El codo de entrada de aire, es una pieza que va colocada en la parte superior de la pieza de transición y sobre la viga de la primera columna A, las demás piezas se van montando mientras se está haciendo la prealineación interna del paquete correspondiente a la turbina, el fin que se persigue al montar estas piezas es la de ver cuanto baja en las lecturas radial vertical, durante la prealineación.

A las piezas por montar se les da una limpieza general, con aire a presión, y las partes que esten muy oxidadas hay que aplicarles una capa de película anticorrosiva en las partes dañadas.

Después de terminar con lo anteriormente mencionado, la tornillería y accesorios, así como también los empaques, que se muestra en la fig. 37 y 38

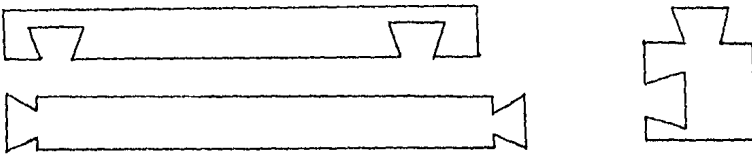


Fig. 37.- Tipos de empaques para el codo.



Fig. 38.- Accesorios para el montaje de esta pieza.

Este empaque se debe fijar con un pegamento lo suficientemente adherible, en caso de que no se contara con estos pegamentos se puede utilizar el permatex (del tipo A) este no es más que un sellador, pero se puede emplear como pegamento.

La diferencia que existe, para el montaje de todas y cada una de las piezas, varía principalmente en la capacidad de las grúas, ya que los empaques y tornillos son los mismos, En la colocación del codo se utiliza una grúa de 18 ton., para hacer esta maniobra la grúa debe estar lo más cerca posible y de frente.

Cuando la pieza vaya bajando poco a poco, se introduce en los barrenos del codo, principalmente en las esquinas, unos punzones o llaves de cola, dependiendo del diámetro de los barrenos para poderla guiar y pueda fijarse lo mejor que se pueda en su base, observe la fig. 39 como se lleva a cabo este montaje.

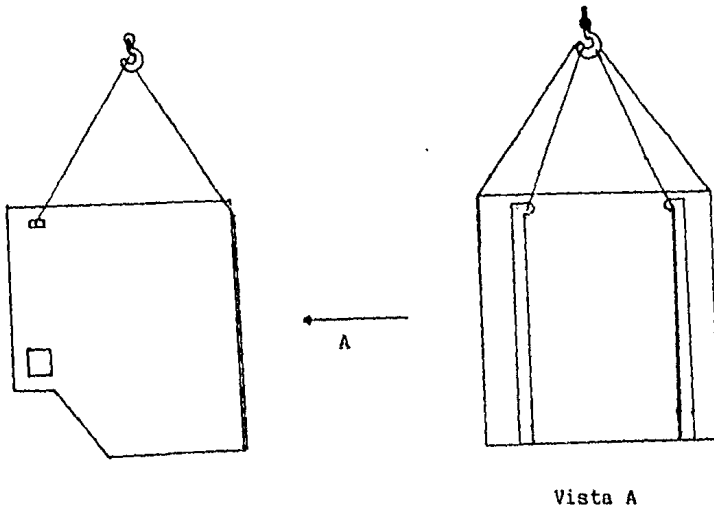


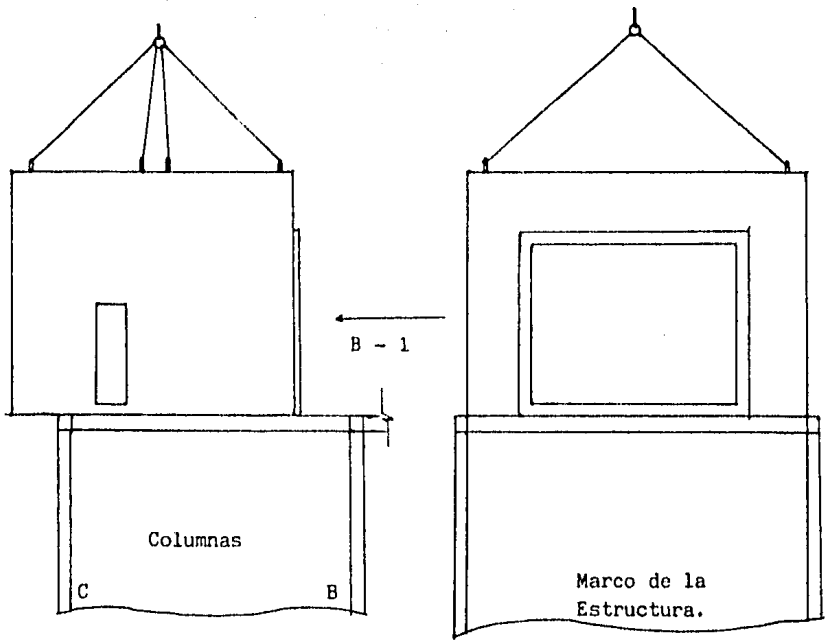
Fig. 39.- Procedimiento para el montaje del codo.

MONTAJE DE LA CASA DE FILTROS DE AIRE.

Para la entrada de aire de la unidad turbogeneradora, la casa de filtros de aire, es la última por montar y consta de dos secciones con un peso aproximado de 20 tons., el montaje y unión de ambas partes se lleva a cabo como sigue:

Cuando las secciones lleguen al área de trabajo, para no dañar las bases de las mismas, por debajo de ella se colocan unos durmientes de tal manera que le sirven de apoyo, debido a las condiciones de almacenaje en que se encontraban dichas secciones, la limpieza general es muy importante antes de proseguir con cualquier actividad.

Después de terminada la limpieza el paso a seguir es el de separar su empaque y tornillería, para que se pueda unir ambas secciones se necesita un porta power (gato neumático) este aparato o equipo se utiliza para levantar a las dos secciones que forman la casa de filtros de aire y se pueden así nivelarlas, después de nivelarlas, se atornillan ambas secciones y se aprietan lo más que se pueda, para facilitar el primer cordón de soldadura que se da por la parte exterior e interior, para la aplicación del cordón de soldadura de la parte inferior se necesita que estas secciones estén a una altura razonable, formándole en esa parte una cama con durmientes y quede unida definitivamente, una vez que la pieza este totalmente lista se procede a la colocación como se muestra en la fig. 40



Vista B - 1

Fig. 40.- Colocación de la casa de filtros.

MONTAJE DE LOS DUCTOS DE ESCAPE.

El escape de los gases de la unidad turbogeneradora consta de tres secciones tales como: Sección de transición, silenciador de escape, y dos tapas que van en la parte del difusor de la turbina ver fig.41, la identificación de las piezas es con el fin de ubicarlas mejor para una rápida colocación de las mismas.

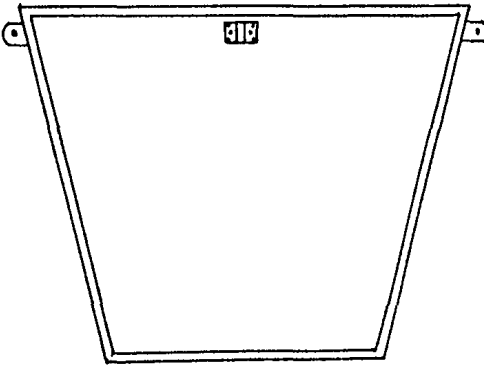


Fig. 41.- Sección de transición.

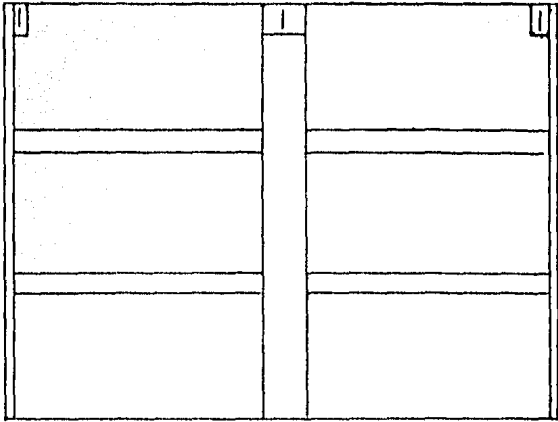


Fig.42.- Ductos de escape.

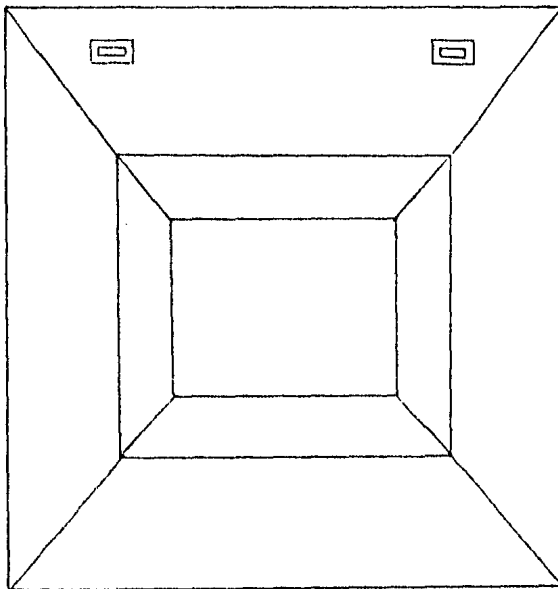


Fig.43.- Tapas para el difusor.

Para proceder al montaje de estas secciones se selecciona todo el material que se vaya a llevar, como son:

- Empaque de asbesto.
- Tornillos de acero inoxidable.
- Tuercas de acero inoxidable.
- Arandelas.
- Pegamento.

Los demás accesorios para el montaje son los siguientes:

- Estrobos de 1".
- Cuatro grilletes de 2"
- Una grúa de 80 toneladas.

En la fig. 44, se muestra el arreglo de estos accesorios que se llevo la grúa durante el montaje.

VER FIGURA 29.

Fig. 44.-Arreglo de accesorios para el montaje de estas secciones.

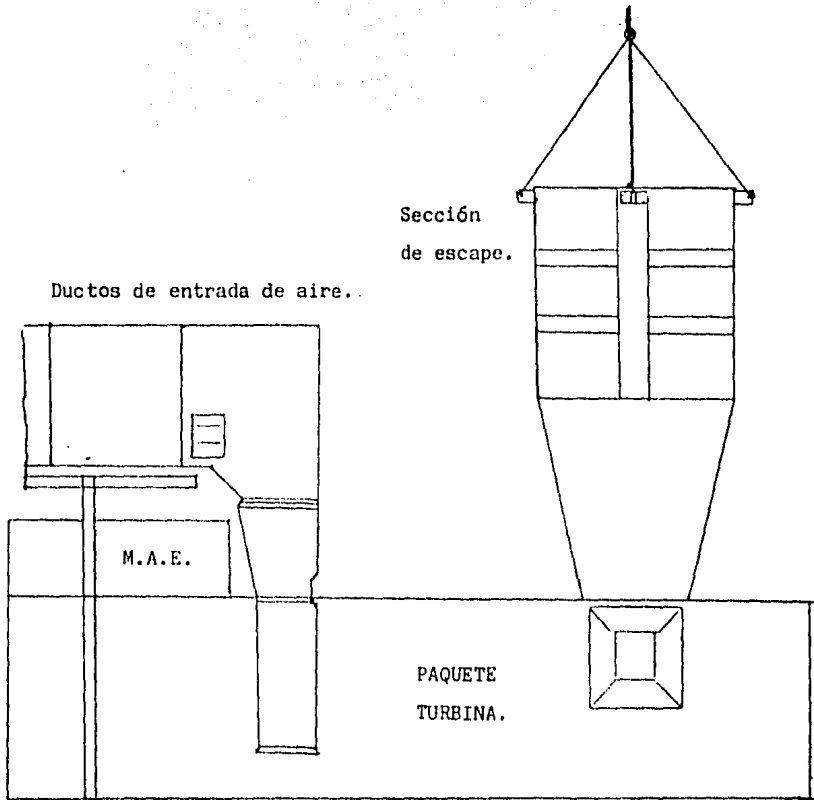


Fig.45.-Colocación de las secciones de escape.

MONTAJE DE LA TUBERIA.

Para llevar a cabo el montaje de la tubería de los diferentes sistemas que incluye a la unidad turbogeneradora, debemos hacer incapié en lo siguiente:

- 1.- Hacer un inventario físico de toda la tubería y demás accesorios que sirvan para su instalación.
- 2.- Revisión de la lista de embarque con el paso anterior.
- 3.- Hacer las reclamaciones, según sea el caso, ya que éste puede ser desde las piezas faltantes, hasta los planos ó instructivos, que marcan los pasos a seguir para su instalación.
- 4.- Separación de la tubería para cada uno de los sistemas, para facilitar aún más su instalación.

Con los puntos anteriores, podemos comenzar a instalar a aquella línea que no ocasione problemas durante la alineación gruesa de la unidad turbogeneradora, es decir, existen líneas de tubería, que su instalación no afecta mientras se lleva a cabo la prealineación.

Es conveniente que durante esta etapa se deje la distancia especificada por el fabricante entre el cople de la turbina-reductor-generador para que cuando llegue el momento de hacer la alineación gruesa entre los paquetes, la tubería que esté colocado no le afecte en lo más mínimo.

Por esta razón es que se dejan lagunas de las líneas para lo último como es la de lubricación (alimentación y retorno). La mayoría de las lí--neas ya vienen instaladas en casi toda la unidad, sólo se considera necesario

verificarlas, ya que durante el transporte y almacenamiento de estos pueden - sufrir daño alguno.

Asimismo se mandan a revisar todas las válvulas que irán coloca-- dos tanto del interior como del exterior del equipo, se hace una calibración de los mismos, la colocación de estas piezas en mal estado, repercutiría gran demente en el funcionamiento del sistema y obviamente de la unidad, es decir, una falla de este tipo definitivamente la unida no podrá arrancar.

Otro de los puntos que hay que tomar en consideración es el trabajo que vienen desarrollando los eléctricos e instrumentistas cuando estén poniendo sus accesorios para no tener mayores complicaciones a la hora que cualqquiera de ellos decida poner sus líneas, evitando así modificaciones posteriores por cualquiera de algunas de ellas. Por lo pronto se comienza a colocar - la tubería de escape del motor de combustión interna.

Lo primero que hay que hacer como se mencionó anteriormente es seuparar toda la tubería que exista para este sistema, así como también, la tornillería y sus accesorios, las juntas que llevan en las diferentes bridas -- (garlock, flexitali,expansión), una vez que se tenga todo preparado, se coloucan los soportes que irán puestos y soldado en la primera columna "A" de la - estructura, pero para montarlo se toman las dimensiones del soporte con res-- pecto a la forma del silenciador, en caso de que exista algún defecto se hace la modificación adecuada, esto se hace cuando la pieza se encuentra en el piso, o en su defecto, si se cuenta con el material disponible, se puede fabricar en campo, siempre y cuando cumpla con las características requeridas. Los

soportes que van en la columna son de forma rectangular ver fig. 46, con cuatro agujeros ojo de chale u ojaleados.

Uno de los soportes va colocado y soldado en la parte superior de la columna y el otro a una distancia de 73.5" los otros son soportes con media circunferencia, van soldadas en la parte del silenciador dejándole de la distancia de 73.5" ., 1/8" de más para que al atornillarlos no se obstruyan. En la fig. 47, se dan los dos tipos de soportes.

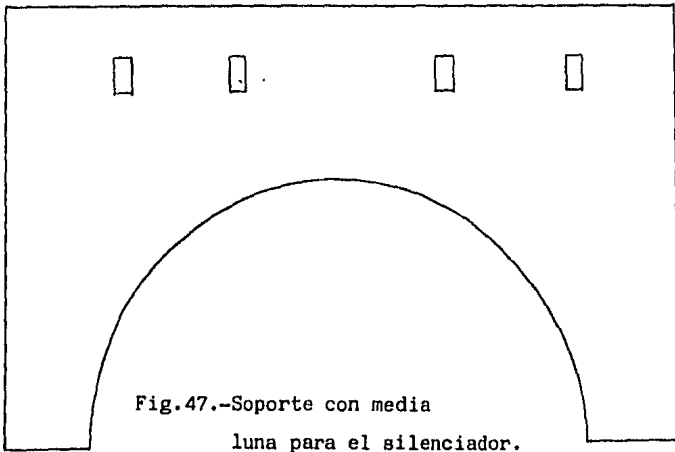


Fig.46.-Soportes para las columnas.

Muchas veces estas piezas no vienen lo suficientemente precisas - en cuanto a sus dimensiones, resultando un problema a la hora de acoplarlos ó unirlos, por lo que es preferible tomar las medidas cuando las piezas esten - aún en el piso y corregir todos los defectos.

Después se selecciona la grúa que levantará esta pieza, debido al peso se eligió la de 7½ ton. con cables de ½" (de acero), grilletes de 1". Si en el campo no se cuenta con los cables de acero, en su lugar se pueden emplear cables de manila, que sirven para levantar este tipo de tubería únicamente. Una vez que los soportes hayan sido soldados tanto el de la columna - como del silenciador, se erige esta última como se muestra en la fig. 48

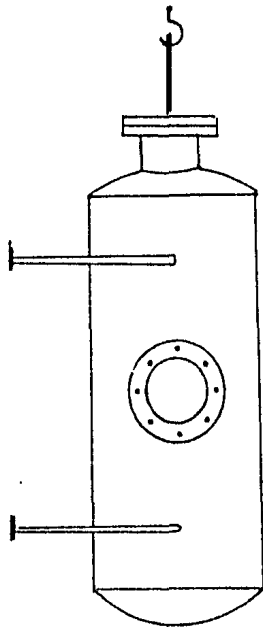


Fig. 48.- Erección del silenciador.

Durante el montaje, continuamos con la brida que viene directamente del motor de combustión interna, una junta de expansión, tubería con brida, codo y la tubería con bayoneta que se acopla a la brida del silenciador y por último en la parte superior del mismo se coloca el codo de escape. Ver fig. 49 y 50.-

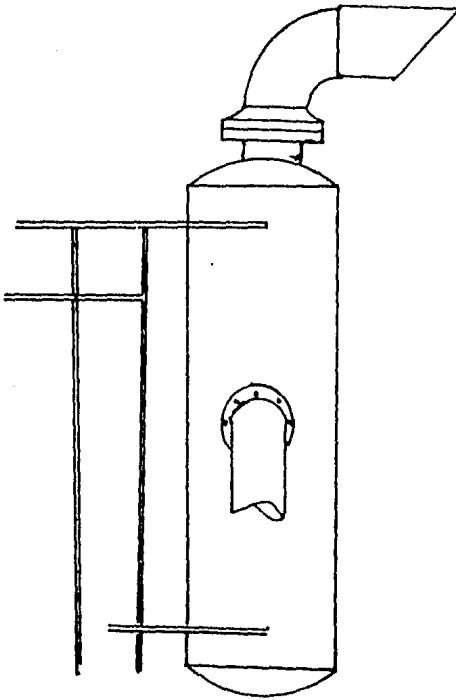


Fig. 49.- Línea terminada del M.C.I.

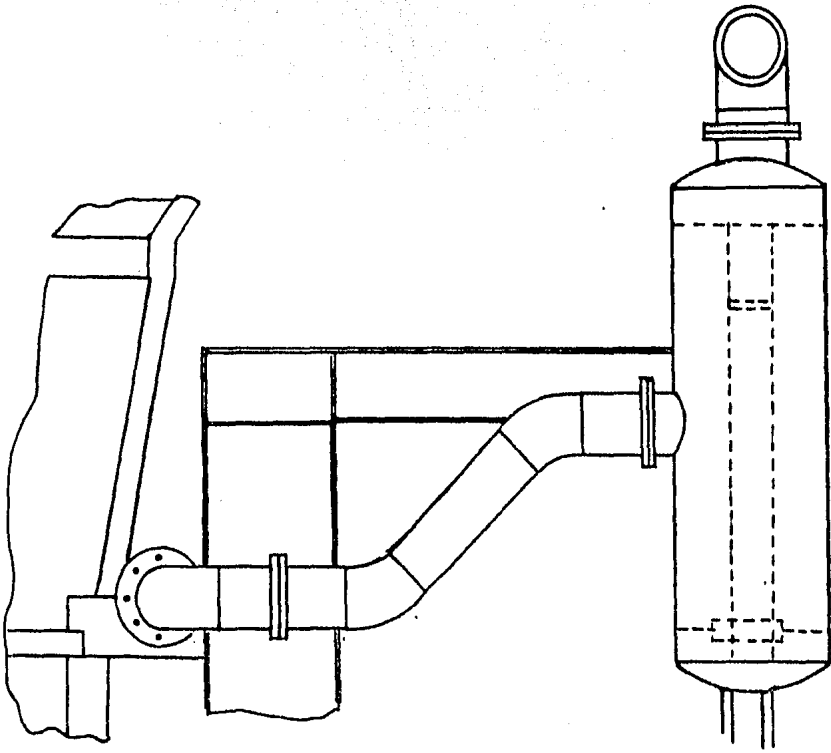


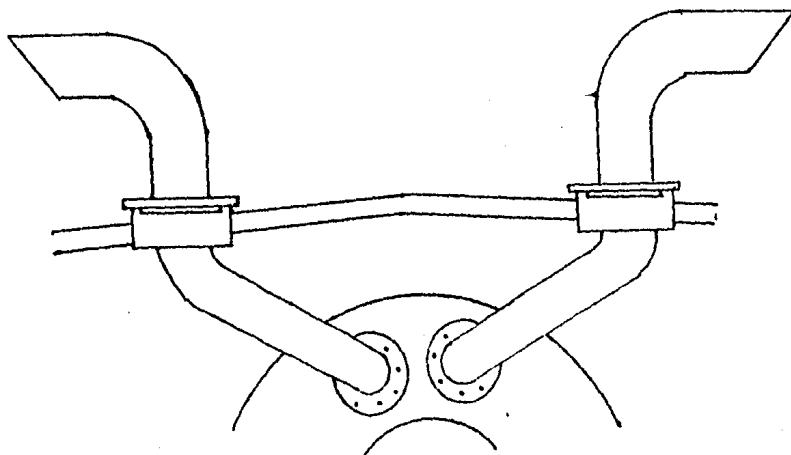
FIG. 50.-

El sistema de escape del M.C.I. quizá por su peso y volumen haya sido el más problemático por la altura en que se encuentra, comparándola con las demás líneas de tubería como son las de agua de enfriamiento y lubricación, venteos, escapes, etc.

Como se mencionó anteriormente, estas líneas presentan menos problemas debido a sus dimensiones que se encuentran entre 4" y 6" de diámetro y una longitud de 157.48" (4M), por un lado y por el otro el espacio en que se encuentra ubicado.

Para la tubería que traiga el defecto de fabricante si se va a fabricar estas piezas en campo es necesario que se programe gente especializada en este tipo de trabajo tomando en consideración la presión que va a soportar así como también la temperatura.

En los siguientes dibujos observese como quedan las demás líneas fig. 51



ARMADO DE LA ESCALERA.

Una vez que se haya terminado de armar todos los ductos, filtro y casa de aire al compresor, se procede a armar la escalera.

Después de terminar todos los preparativos (inventario físico, y acercamiento de las piezas), para ésta actividad, se comienza a armarla y para tal efecto se siguen los siguientes pasos:

Paso Núm.1.- Se coloca y se suelda la vigueta que va colocada - entre la casa de filtros y la viga de la columna C, ver fig. 52, después se coloca y se suelda el ángulo que sostiene a la vigueta.

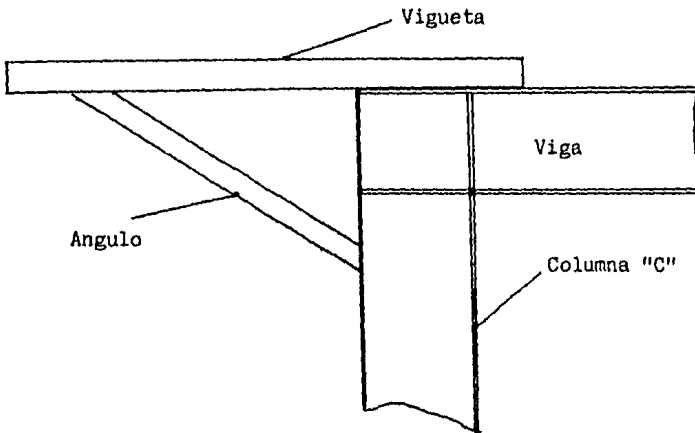


Fig. 52.- Colocación de la vigueta y ángulo.

Paso Núm.2.- Se colocan las rejillas y pasamanos que se encuentran sobre la viga, para que formen el segundo descanso. Ver fig. 53

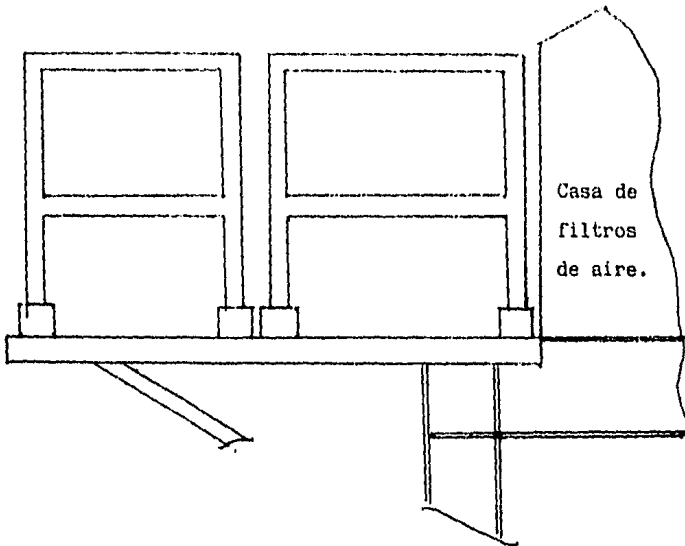


Fig.53.-Segundo descanso de la escalera.

Paso Núm.3.- Se arma el primer descanso junto con su pasamanos, se sueldan las partes que indique el fabricante, después se nivela con cualquiera de las columnas, de preferencia "B" ó "C" y por último se coloca la escalera junto con sus pasamanos que del piso al primer descanso. Ver fig.54

Paso Núm.4.- Después de concluir los pasos anteriores, procedemos a colocar la escalera y su pasamanos, para unir así el primero y segundo descanso. Como se muestra en la fig. 55

Después de identificar las piezas, es conveniente que cuando - se esté llevando a cabo la prealineación interna del paquete que contiene - al motor de combustión interna-reductor de accesorios-compresor, se monte - ésta pieza, para observar las lecturas de la prealineación y ver que tanto afecta debido al peso de éstas.

Para el montaje de éstas secciones se separa y se selecciona lo siguiente:

- Tornillos, arandelas planas, tuercas y arandelas.
- Empaques.
- Grúa de $7\frac{1}{2}$ ".
- Grillete de 1".
- Estrobos de $\frac{1}{2}$ ".

Durante el montaje puede ocurrir que muchos de los barrenos que trae esta pieza no coincidan con la parte que se vaya a ensamblar, por lo tanto se sugiere lo siguiente:

Se hace una plantilla de algún material, como por ejemplo el garlock de $1/32$ " de espesor y se coloca en la parte del compresor, con la ayuda de un tornillo y martillo, se golpea hasta que forme los agujeros en el garlock y se forme así la plantilla completa, después se coloca dicha -- plantilla en la parte correspondiente a la extensión acústica, si la plantilla coincide en ambas partes, la pieza se monta, por el contrario si alguno de los agujeros no llegan a coincidir, se hacen los barrenos necesarios para montarlo finalmente.

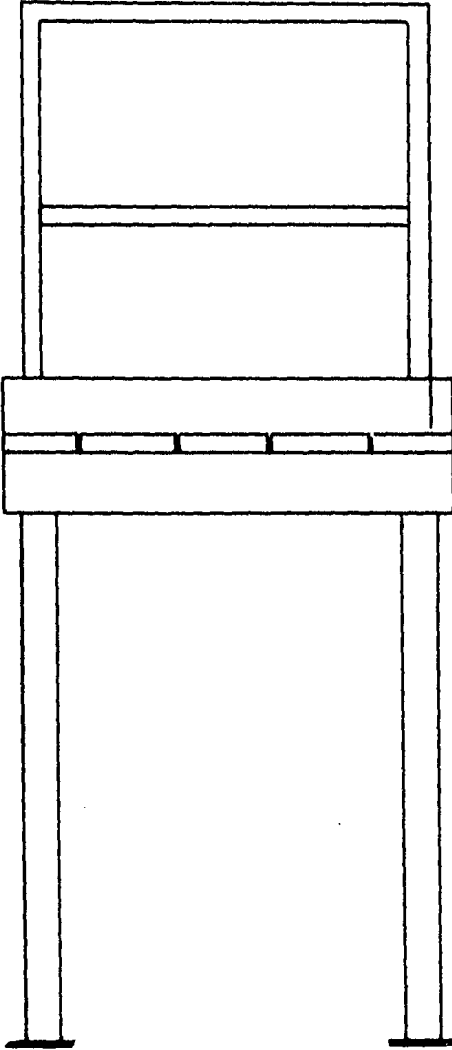


Fig. 54.-Armedo del primer descanso.

1).- PRIMER DESCANSO.

2).- SEGUNDO DESCANSO

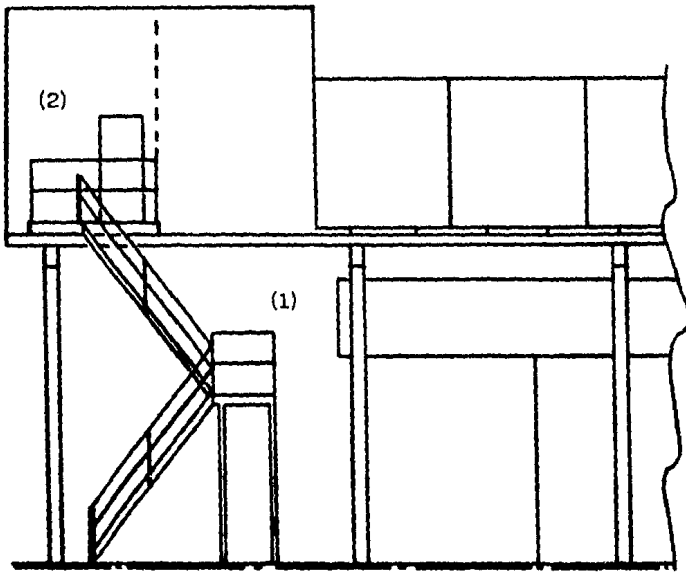


Fig. 55 - Unión del primer y segundo descanso.

III.5.- REVISION MECANICA.-

Es importante y necesario que a todo equipo mecánico y dinámico, se le haga una revisión antes de proceder al arranque.

Esta revisión mecánica incluye lo siguiente:

- Consola de lubricación.
- Módulo de agua de enfriamiento.
- Revisión de chumaceras.
- Revisión de los motores eléctricos.
- Revisión de las líneas de lubricación.
- Revisión de los filtros de aceite.
- Revisión del M.C.I.

Durante la revisión de la consola de lubricación, debe drenarse todo el aceite que contenga, ya que durante las pruebas que se les hace en fábrica, este aceite queda almacenado, que con el paso del tiempo queda con taminado. Después de drenar el aceite se le da una limpieza a conciencia al interior de la consola, utilizando trapos limpios, no se recomienda usar es topa, después se sella para evitar la entrada de aire y evitar que ésta for me películas de óxido.

Una vez que ya este limpia, se hacen los preparativos para la - introducción del aceite, para ello es necesario muestrearlo, para evitar -- problemas de contaminación.

Se continúa la limpieza con los siguientes depósitos:

De agua de enfriamiento

De combustible

Enfriador de aceite.

Revisión de las chumaceras de la turbina-reductor-generator, en estas partes se checan los claros y que no presenten alguna ranura, en caso de que llegara a existir, eliminarla con una escrepa y posteriormente pasarle lija o con papel estroza.

La limpieza continúa con la tubería de lubricación de agua de enfriamiento etc., calibración y revisión de las válvulas en general dependiendo de su operación.

Revisión de los niveles del tanque de lubricación, etc.

III.6.- ALINEACION.

Para que un equipo opere correctamente, es de vital importancia que la alineación que se lleve a cabo, sea conforme lo exijan las normas -- del fabricante. Si por algún error ésta no se llevara a cabo como se especifica, las consecuencias no se harían esperar cuando el equipo estuviera funcionando, traería como consecuencia una alta vibración y por ende, el disparo de la unidad.

Se debe entender también que en la alineación, se alinean flechas no coples, estos últimos sirven únicamente para efectos de apoyo para los indicadores de carátula.

Las lecturas que se obtienen dentro de la desalineación son las que se mencionan a continuación:

a).-Radial.- Es la distancia que existe entre los ejes paralelos de dos flechas. Ver fig. 56

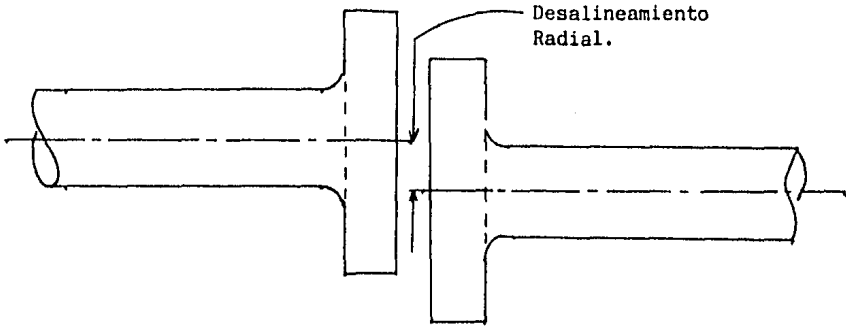


Fig. 56.-Desalineamiento radial.

b).-Axial.-Es el ángulo que forman los ejes de las máquinas en el plano del acoplamiento, midiéndose éstas entre las caras del cople. Ver fig. 57.

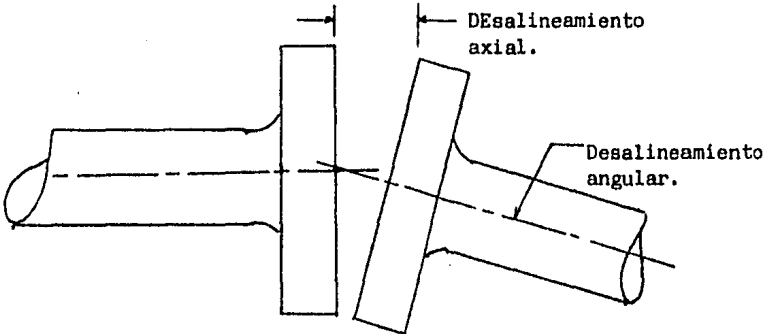


Fig. 57.- Desalineamiento axial.

Las lecturas se toman diametralmente tanto vertical como en horizontal del cero del acoplamiento, con giros de la flecha cada 90° . Ver fig.58

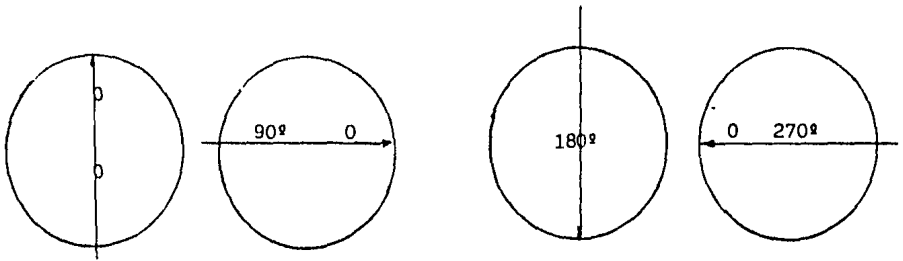


Fig. 58.- Giros de la flecha.

Para tomar las lecturas durante el alineamiento de las máquinas se puede utilizar ya sea un lainómetro o indicador de carátulas, con estas referencias, pasamos a la alineación del equipo.

La alineación de la unidad turbogeneradora se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Prealineación: (Alineación entre reductor de accesorios M.C.I. , - reductor de accesorios - turbina).
- Alineación gruesa: (entre paquetes).

En la etapa de la prealineación, se supone que el equipo viene alineado desde la fábrica, pero debido al transporte puede sufrir variación algu-

na en su alineación, se sugiere por tanto verificarlo, y suponiendo que se encuentra desalineado, comience primero con la alineación interna de la unidad - como sigue:

A.- ALINEACION DE LA TURBINA AL REDUCTOR DE ACCESORIOS.

1.- Para alinear estas partes del equipo, es necesario que se quiten las guías que trae el soporte de la turbina, utilizando para este trabajo un compresor y una pistola neumática, observe la fig. 59

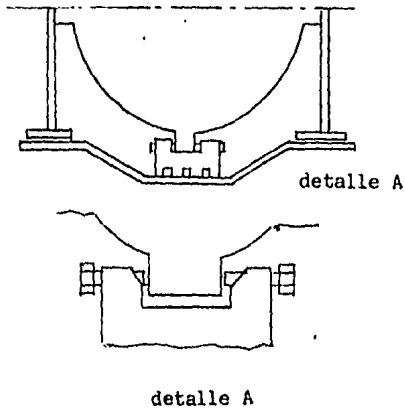


Fig. 59.- Guías.

2.- Coloque el número de calzas de igual espesor en cada soporte.

3.- Fabrique una pieza para apoyar el indicador de carátula, colocandola como se observa en la fig. 60

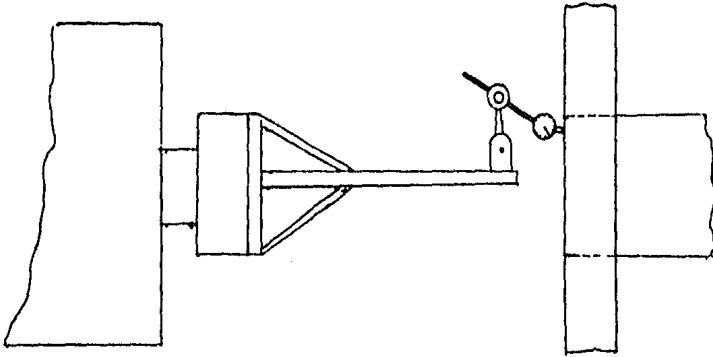


Fig.60.-Apoyo para el indicador de carátula.

4.- Con el indicador de carátula colocado (como en la fig.60) gire el cople del lado del reductor de accesorios y observe las siguientes lecturas que se pueden obtener. Ver fig. 61

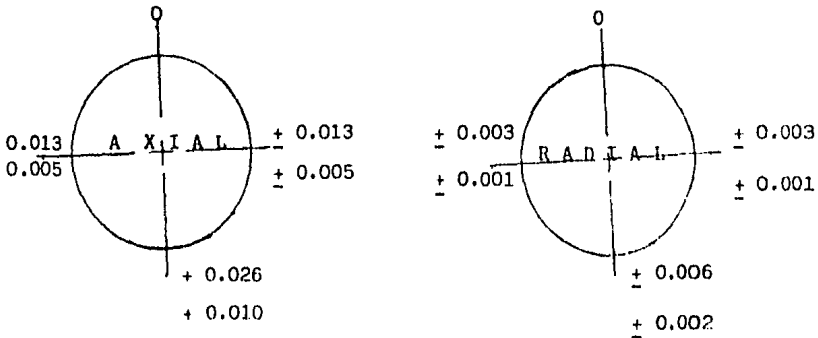


Fig.61.- Lecturas típicas que se pueden obtener en esta alineación.

B.- ALINEACION DEL REDUCTOR DE ACCESORIOS AL M.C.I.

1.- Primero coloque un recipiente con el lubricante adecuado para este tipo de equipo (nacional turbinas No.9) de tal manera que alimente al reductor de accesorios y pueda su flecha ser girada.

2.- Limpie bien los dos acoplamientos (mamelones) lugar donde irán colocados el indicador de carátula.

3.- Coloque el indicador como se muestra en la fig. 62

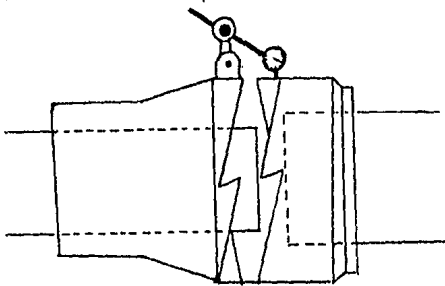


Fig.62.- Colocación del indicador de carátulas.-

4.- Verifique las lecturas con las del fabricante, una vez que se haya girado el equipo.

5.- Si no coincidieron, afloje las guías del soporte del motor de combustión interna, para que se puedan obtener las lecturas tanto en radial - como en axial, observe las lecturas que se pueden obtener. Ver fig. 63

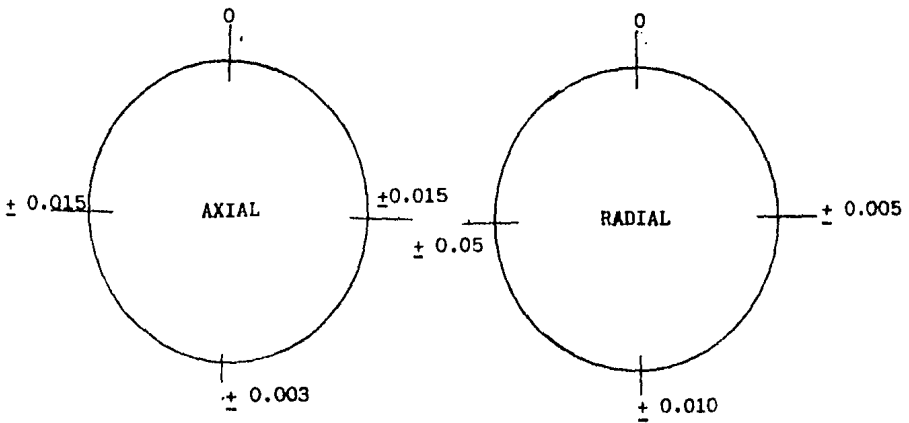


Fig. 63.- Lecturas típicas para esta alineación.

ALINEACION GRUESA (ENTRE PAQUETES).

1.- Para llevar a cabo la alineación de estos dos paquetes es necesario lubricar la parte del reductor de velocidad (5,100 a 3,600) con el aceite recomendado (turbinas No.9) para la recirculación del aceite lubricante, se coloca una bomba con dos recipientes, una para su alimentación y el otro para su retorno.

2.- Limpie ambos acoplamientos (mamelones).

3.- Cheque las distancias del reductor-generator que tenga la siguiente lectura: 21.62". Ver fig. 64

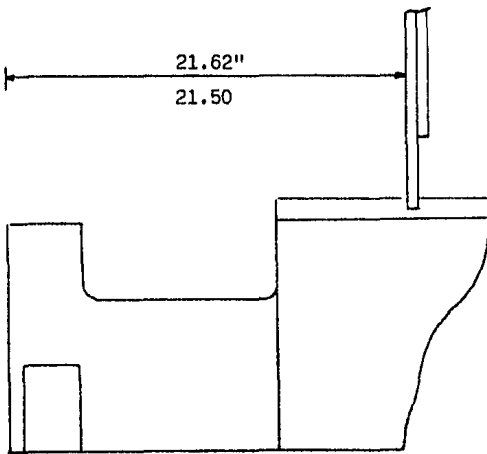


Fig.64.-Distancia entre turbina-generator.

4.- Afloje los gatos de fijación colocados en los costados del bas
tidor del equipo.

5.- Alinie primero el paquete de la turbina, ya que el paquete del
generador, viene alineado desde la fábrica, sirviendo de esta manera como - -
referencia para la alineación.

6.- Coloque el indicador y gírelo como se muestra en la fig. 65

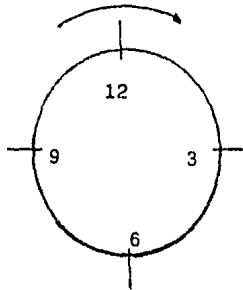
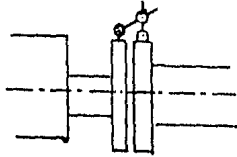


Fig. 65.- Colocación y sentido del indicador
de carátulas.

7.- Verifique que el desnivel no exceda de 0.010", esto para facilitar el alineamiento radial. (vertical)

8.- Para girar al reductor espere que la bomba tenga más ó menos - dos minutos después de encendida para darle tiempo a que el aceite llene las - líneas, gírelo en el sentido antes descrito, haga los movimientos adecuados - hasta que obtenga las siguientes lecturas:

Ver fig. 66

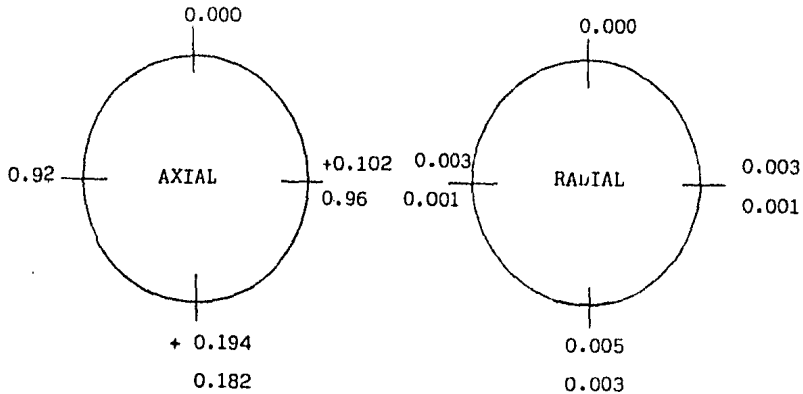


Fig.66.-Lecturas típicas para esta alineación.

Las lecturas obtenidas entre 12 y 6 del sentido de las figuras, - esta posición nos indica el cambio de elevación requerida al centro del cople verticalmente, lo cual implica que se le agregará igual número de placas a la turbina.

Las lecturas obtenidas entre 3 y 9 nos indican la posición lateral al centro del cople horizontalmente, del cual se moverá el equipo por alignear (turbina).

C A P I T U L O I V .

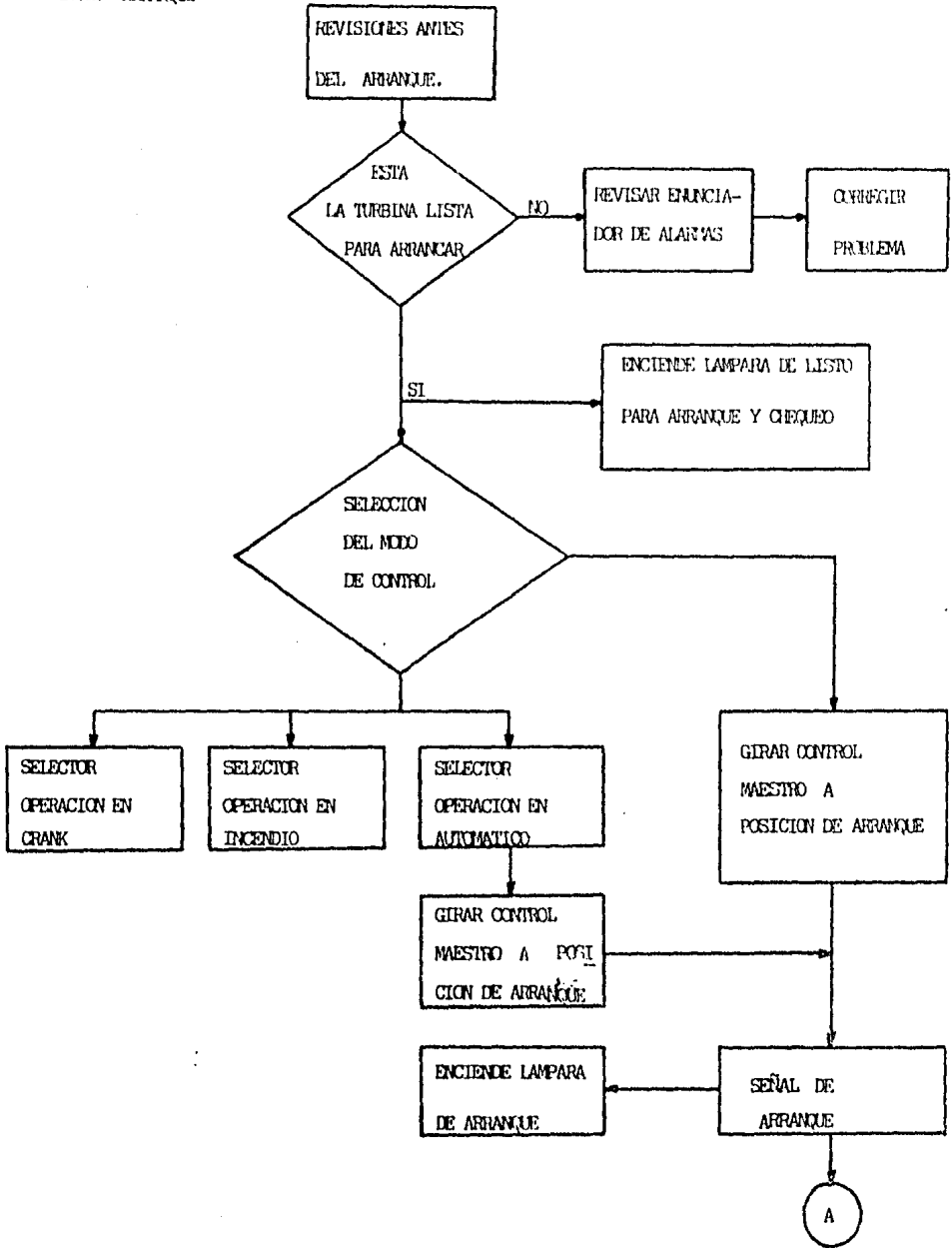
IV.I.- PRECAUCIONES PARA LA PUESTA EN MARCHA.

Una vez que esté concluido el montaje, la revisión mecánica y -
alineación de la turbina, puede entonces a tomar en consideración las posi-
bles fallas que se pueden encontrar al poner en operación la unidad turboge-
neradora. Es decir, deberá checar si los trabajos llevados a cabo en los --
equipos auxiliares ó bien en los equipos de potencia, fueron correctamente-
ejecutados para dar más confianza en la operación normal de la unidad, ade-
más se requiere y revisa que:

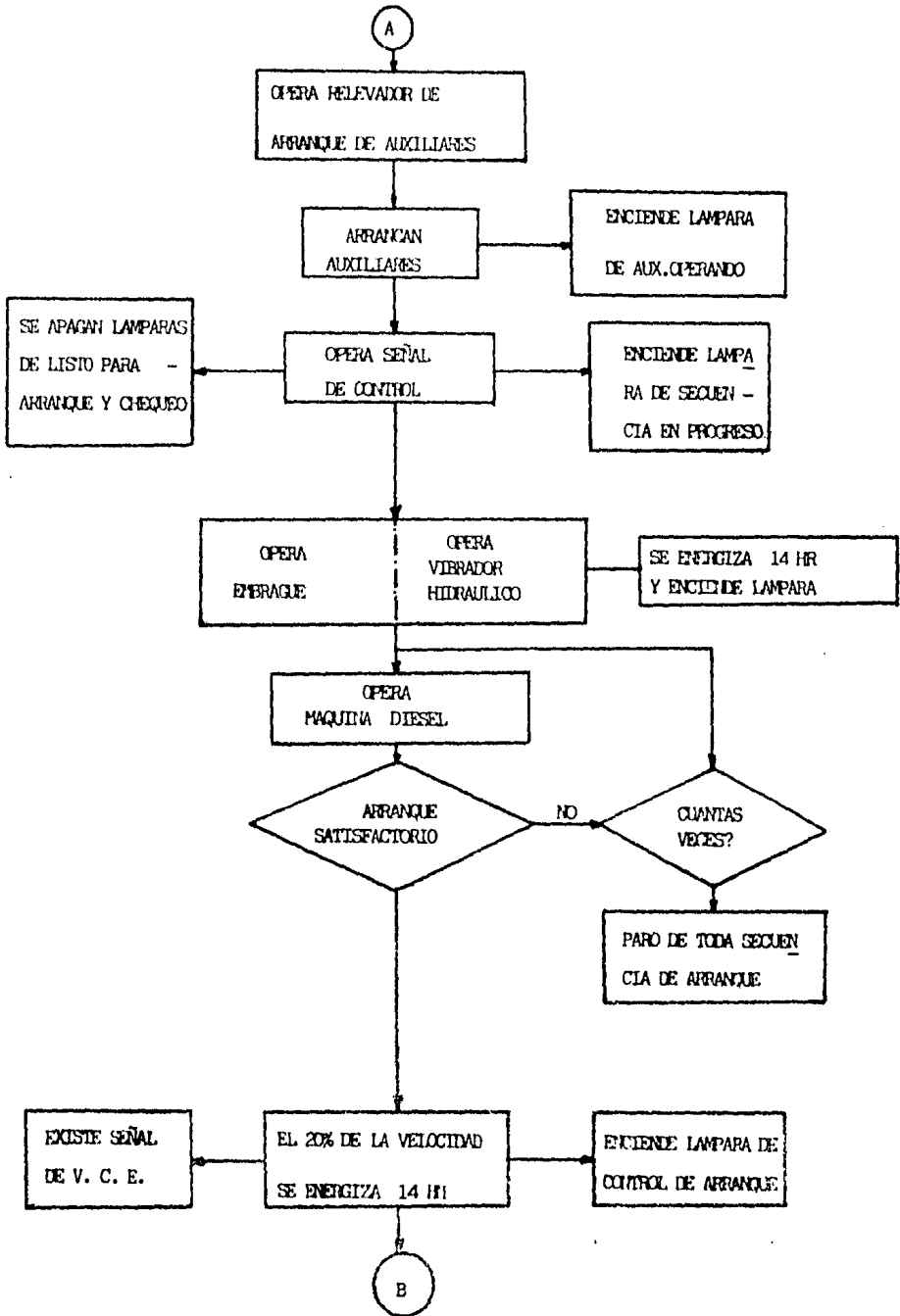
- 1.-Exista suministro de combustible ya sea gas ó -
diesel.
- 2.-Los auxiliares (motores) se encuentran en automá-
tico y en condiciones de operar si así se requie-
re.
- 3.- Las lámparas de señalización en el cuarto de --
control así como en el tablero se encuentre en
buen estado.
- 4.- La posición de los álabes guía de entrada varia-
ble sea la indicada y las válvulas de sangrado
en posición correcta (abiertas).
- 5.- Las bujías de encendido esten dentro de las cáma-
ras de combustión.

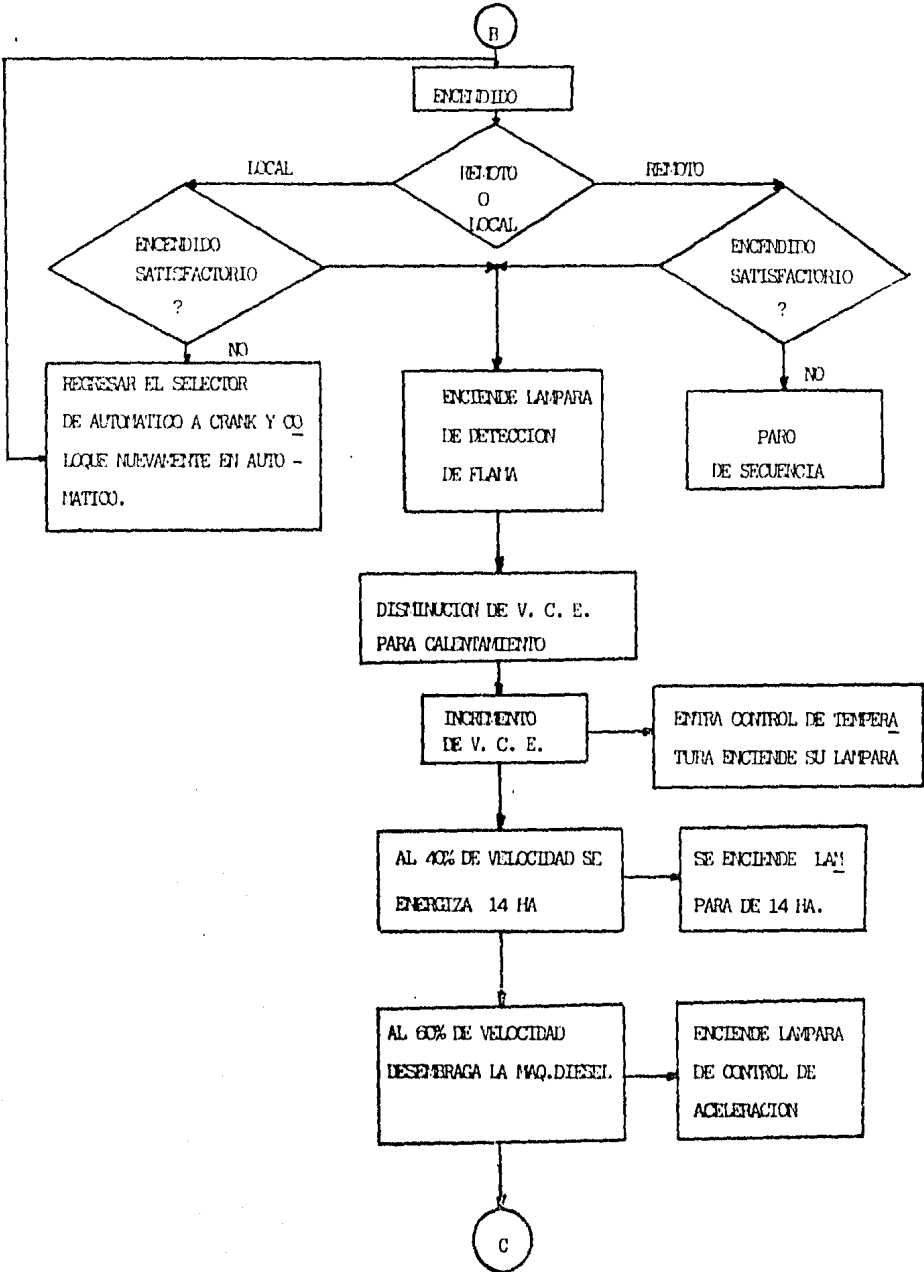
- 6.- Los niveles de los tanques de agua, aceite lubricante y diesel marquen "lleno".
- 7.- Los instrumentos de medición tanto de la turbina como del generador se encuentren debidamente calibrados, para evitar lecturas erróneas.
- 8.- No existan objetos extraños que impidan el libre movimiento ó giro de los mecanismos móviles, tales como: Vástago de válvulas de gas, flecha de la máquina diesel de arranque, flecha de la turbina-generador, flecha de ventilador de agua de enfriamiento, etc.
- 9.- La posición de los carbones de excitación de campo de generador sea la adecuada según marca de ajuste de presión, para evitar calentamiento debido a falso contacto que reduzcan la vida del carbón.
- 10.- El panel ó anunciador de alarmas no esté actuando en alguna de ellas y en caso contrario, anularla de la forma más conveniente para prevenir fallas en la operación de la Unidad.
- 11.- Exista alimentación de corriente alterna y directa para la operación de los auxiliares y bujías de encendido.
- 12.- El interruptor de potencia del generador se encuentre en posición de operación.

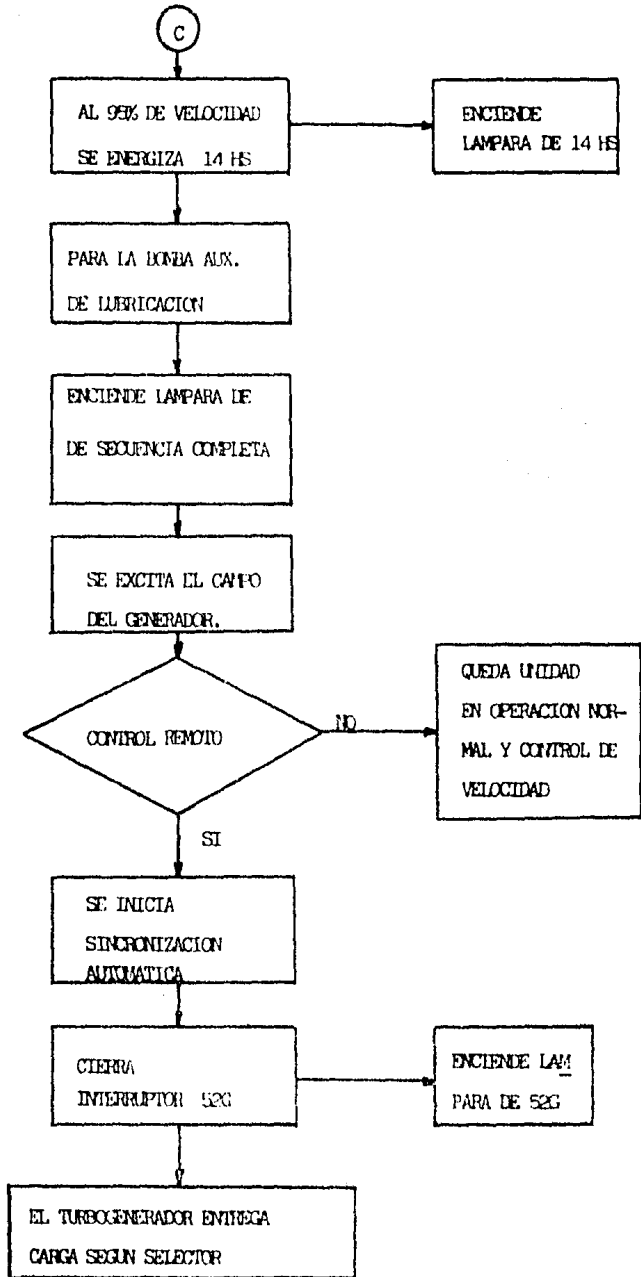
IV.2.- ARRANQUE



SECUENCIA DE ARRANQUE







IV.3.- C A R G A.

Para la aceptación de carga, el equipo de sincronización cerrará al interruptor del generador 52G, la sincronización ocurrirá tan pronto como sus condiciones hayan sido cumplidas, es decir, si el interruptor selector selector 43S se encuentra en automático (auto) la velocidad del turbogenerador será prefijada a un valor ligeramente más alto de la frecuencia de la línea. Si el interruptor del generador no se cierra dentro de un tiempo predeterminado, la velocidad de la unidad será ajustada a través de un ciclo que va del 100 al 95 y del 107 al 95% para confrontarla con la del sistema.

Una vez que el interruptor este cerrado, este último estará listo para aceptar carga, en caso de que el sistema de control no reciba señal alguna seleccionadora de carga, el generador tomará carga automáticamente hasta el nivel de reserva de giro (spinning reserve).

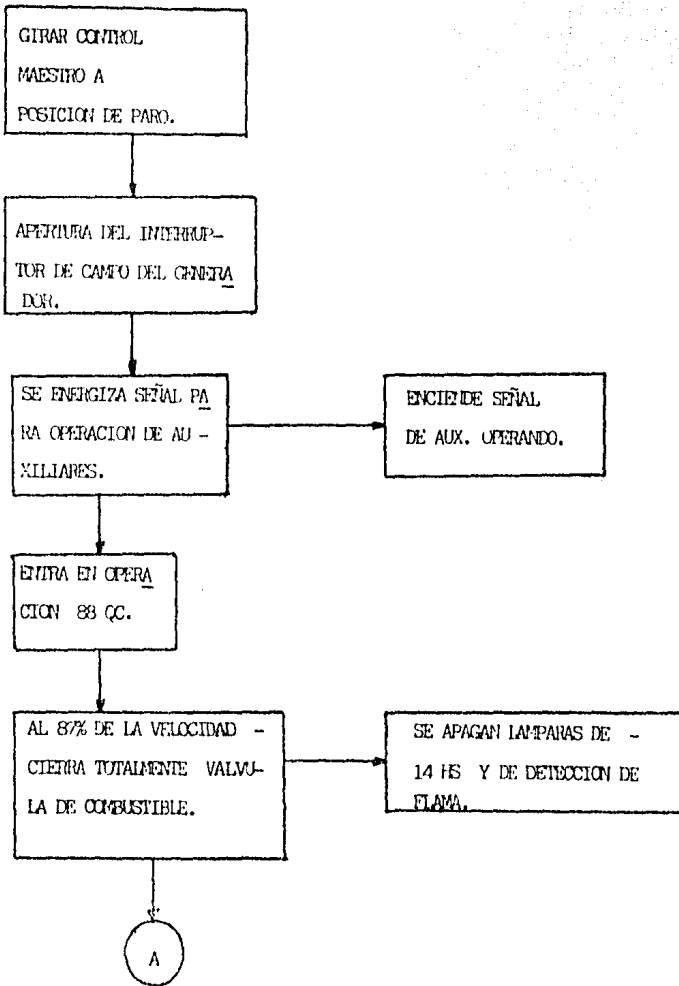
Si el sistema de control le es dada una segunda señal de arranque (start) después de que el interruptor 52G haya cerrado, entonces el generador tomará carga hasta el nivel de carga preseleccionada (preselected load) el cual se ajusta a un valor más alto que el primero. Si el sistema de control le es dada una señal de carga (base ó pico) por medio de un interruptor selector de carga 43BP, el generador llevará al turbogenerador al nivel de carga deseado de acuerdo con la calibración del control de temperatura.

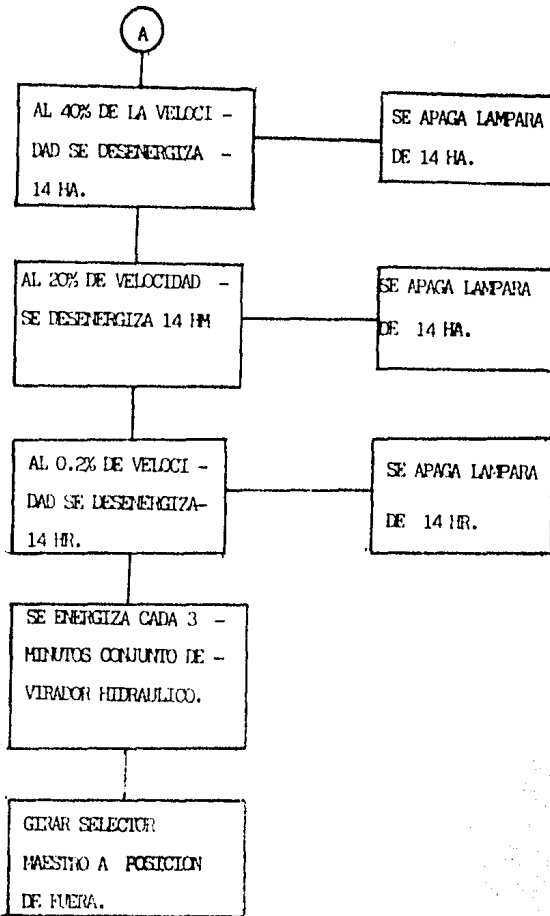
El turbogenerador tiene una velocidad de toma de carga controlada, diseñada para reducir los efectos transitorios, esta rapidez de carga --

puede aumentarse cuando el operador oprime el botón de arranque y carga rápida (1 PF, Fast, Load, start).

Con bajas temperaturas ambientales, la entrega de potencia de la turbina, esta será limitada por el circuito de carga, este límite es fijado para proteger el acoplamiento turbina - generador.

IV.4.-PARO NORMAL





PARO DE EMERGENCIA.

La turbina de gas puede ser parada en emergencia oprimiendo el botón de "EMERGENCY STOP" (PARO DE EMERGENCIA) (5E) en el tablero de control. - Esto inmediatamente corta el suministro de combustible a combustores y regresa las válvulas de sangría y las aletas guía de succión del compresor a su posición de paro.

Cuando la unidad alcanza la velocidad cero, la luz indicadora de color verde la 14HR se apagará y se iniciará la secuencia de enfriamiento.

Para el enfriamiento de la turbina, éste y el generador son girados una vez cada tres minutos. El operador puede interrumpir la secuencia de enfriamiento dando una segunda señal de paro (STOP) con el interruptor selector maestro (I). Se recomienda que el ciclo de enfriamiento sea continuo por un período de 48 hrs. La luz indicadora de color ámbar de secuencia en progreso se encenderá durante los ciclos de operación del tornaflecha. Durante los períodos de enfriamiento sin suministro de CA, el motor de CD de la bomba de emergencia y enfriamiento operará en cada carrera del tornaflecha para suministrar aceite a la bomba HR y además lubricar las chumaceras del turbogenerador.

IV.5.- RESTABLECIMIENTO.

Desde luego, vamos a suponer que el equipo ha sido rodado y por -

alguna falla que haya ocurrido en alguna parte de la turbina, el equipo tuvo un paro normal o de emergencia , entonces la luz verde 14HR se apagará y se inicia una secuencia de enfriamiento de la unidad necesariamente la turbina y generador son girados una vez cada tres minutos. El operador puede interrumpir la secuencia de enfriamiento dando una segunda señal de paro (stop) por medio del interruptor maestro (1), recomendando para el ciclo de enfriamiento un período continuo de 48 hr. durante los períodos de enfriamiento - en el suministro de C.A., el motor de C.D. de la bomba de emergencia y enfriamiento operará en cada carrera (giro) del tornaflecha para suministrar aceite a la bomba 88HR y además lubricar las chumaceras del turbogenerador, después de que el enfriamiento se haya conseguido completamente, inicie el restablecimiento de la secuencia del punto IV.2.

CAPITULO V.

ESTUDIO ECONOMICO.

Este estudio económico, se hizo en base al programa de trabajo - (rama mecánica) que se llevo a cabo durante la instalación del equipo en esta Refinería.

Todas las actividades que a continuación se enumeran fueron supervisadas por un ingeniero mecánico con tiempo completo.

Como el trabajo se hizo por administración, Pemex, utiliza el siguiente personal, tomando en cuenta el tiempo en que deben realizarse los trabajos, con los salarios tabulados, total por jornada y otras prestaciones que corresponden a las distintas categorías que laboraron en la obra y que son las que se muestran en la tabla, del tabulador para trabajos por administración.

T A B L A D E S A L A R I O S.

Nivel	Categoría	Salario Tabulado	Sal.Tab.C/Prop. Descuento semanal	Ayuda Renta - casa	Fondo de Ahorro, C.Fija	Concepto Dee pensa	25 % fondo Ahorro Semanal	Total X Jornada.
06	Ayte.de operario.	234.00	323.00	1,018.00	210	210	02.00	1,848.00
08	Ayte. de Op.Esp.	259.00	357.00	1,186.00	210	210	09.00	2,052.00
11	Op. Seg.	315.00	441.00	1,525.00	210	210	110.00	2,406.00
12	Chof./Mec.	335.00	469.00	1,596.00	210	210	117.00	2,602.00
14	Op. Pra.	365.00	539.00	1,770.00	210	210	135.00	2,854.00
16	Op. Esp.	425.00	595.00	1,994.00	210	210	149.00	3,158.00
17	Cab. Ofic.	453.00	634.00	2,113.00	210	210	159.00	3,326.00
22	Ing. "C"	523.00	830.00	2,398.00	210	210	203.00	3,846.00
24	Ing. "A"	644.00	902.00	2,622.00	210	210	225.00	4,169.00

1.- Colocación, nivelación y grauteado de placas de asiento del turbogruppo.

A.- Un Op.Esp.	63,160.00	
B.- Un Op.Pra.	57,280.00	
C.- Un Ayte.Op.Esp.	41,040.00	
D.- Un ayte. Op.	<u>36,960.00</u>	\$ 198,440.00

2.- Nivelación de laines para paquetes de turbina y generador.

Un Op.Esp.	31,580.00	
Un Op.Pra.	28,640.00	
Un Ayte.Op.Esp.	20,520.00	
Un Ayte.Op.	<u>18,480.00</u>	\$ 98,220.00

3.- Montaje de turbina, generador, compartimiento de control y compartimiento auxiliar del generador en su base.

Un Ing."A" Maniobrista	20,845.00
Un cabo de Of.Maniob.	16,630.00
Dos Ops.Esp.Maniob.	50,528.00
Tres Ops.Pra.Maniob.	103,104.00
Dos Ops. Seg.Maniob.	39,936.00
Un Op.Esp.Mec.	15,790.00
Un Op.Pra.Mec.	14,320.00
Tres Aytes.Op.Esp.	73,872.00
Seis Aytes.Op.	266,112.00

Dos Ops.Esp.Grueros	50,528.00	
Un chof.Mecánico	<u>10,310.00</u>	\$ 661,975.00

Equipo

Una grúa de 150 tons.	440,865.744
Una grúa de 80 tons.	270.547.00
Un winche	34,921.920

4.- Nivelación y puesta en ejes del paquete turbina - generador.

Un Op.Esp.Mec.	22,912.00	
Un Op.Seg.Mec.	19,968.00	
Un Ayte.Op.Esp.	16,416.00	
Un Ayte.Op.Mec.	<u>14,784.00</u>	\$ 74,080.00

5.- Reparación de paquetes en mal estado que incluye estructura en general y puertas.

Un Op.Pra.Pailero	57,280.00	
Un Op.Pra.Soldador	14,320.00	
Un Ayte.Op.Pailero	36,960.00	
Un Ayte.Op.Soldador	<u>9,240.00</u>	\$ 117,800.00

Equipo

Una máquina de soldar	18,880.00
Un equipo de corte	2,311.68

6.-Revisión mecánica del equipo auxiliar con sus accesorios (bombas de lubricación, de agua de enfriamiento, compresor de aire atomizado, bomba de combustible, hidráulica, motores eléctricos, motor de combustión interna, Filtros de alta y baja presión y válvulas).

Un Op.Pra.Mec. 57,280.00

Un AYTE.Op.Mec. 36,960.00 \$ 94,240.00

7.- Alineación gruesa entre paquete (Generador-reductor, reductor - turbina - reductor de accesorios y reductor de accesorios - motor de combustión interna).

Dos Op.Esp.Mec.505,280.00

Dos Ops.Seg.Mec.399,360.00

Dos Aytes.Op.Esp.Mec.328,320.00

Dos Aytes.Op.Mec.295,680.00 \$ 1'528,640.00

8.- Armado de estructuras para instalar ductos de entrada de aire escalera - y pasamanos.

Un Op.Pra.Mec. 22,912.00

Un Op.Pra.Pailero 22,912.00

Un Op.Pra.Gruero 22,912.00

Dos Aytes.de Op.147,744.00 \$ 216,480.00

Equipo

Una grúa de 7½ tons.	192,237.57
Una Máq.de soldar	30,235.13
Un equipo de corte	924.67

9.- Montaje de ductos de entrada de aire, módulos de agua de enfriamiento, -
deflectores de aire, filtros de aire del generador y tapas para cerrado-
de la turbina (cubierta entre paquetes).

Un Op.Pra.Mec.	42,960.00
Un Op.Pra.Pailero	28,640.00
Un Op.Pra.Gruero	5,728.00
Un Op.Pra.gruero	22,912.00
Un Op.Esp.Gruero	4,104.00
Dos Aytes.de Op.	<u>92,400.00</u> \$ 196,744.00

Equipo.

Una grúa de 80 tons.	\$131,174.40
Una grúa de 18 tons.	272,546.82
Una grúa de 7½ tons.	48,059.39
Una máq.de soldar	30,235.13
Un equipo de corte	1,155.84

10.-Armado de filtros de entrada de aire en su alojamiento (102 Piezas).

Un Op.de Seg.mec.	4,992.00
------------------------	----------

Un Ayte.Op.Mec. 3,696.00 \$ 8,688.00

11.- Montaje de ductos de escape de gases de combustión interna y turbina.

Un Op.Pra.Mec.14,320.00

Un Op.Pra.Pailero 14,320.00

Un Op.Esp.Gruero 9,474.00

Dos Aytes.Op. 20,520.00 \$ 58,634.00

Equipo

Una grúa de 30 tons.139,237.05

Una máquina de soldar 11,238.17

Un equipo de corte 577.92

12.-Limpieza mecánica del sistema de lubricación del tanque de aceite, armado de tubería entre paquetes, instalación de purgas, venteos, llenado -- del tanque de aceite y recirculación del mismo.

Un Op.Pra.Mecánico 57,280.00

Un Op.Pra.Pailero 57,280.00

Dos Aytes.de operario 73,920.00 \$ 188,480.00

Equipo

Una máquina de soldar 37,793.00

Un equipo de corte 2,311.68

13.- Instalación, nivelación, revisión de skid de combustible y revisión de extractores de aire del compartimiento de la turbina.

Un Op. Pra. Mecánico	20,048.00	
Un Op. Pra. gruero	2,864.00	
Un chof. mecánico	2,602.00	
Un Ayte. de operario	<u>12,936.00</u>	\$ 38,550.00

Equipo.

Una grúa de 7½ tons.	12,014.84
Un hiabb	8,465.92

14.- Instalación, nivelación, revisión de bomba BA-102 A, B y centrifugadores BC -1A, B y C.

Dos Ops. Pra. Mec.	45,854.00	
Dos Aytes. Op. Mec.	29,568.00	
Un chof. mecánico	<u>5,204.00</u>	\$ 80,596.00

Equipo.

Un hiabb	16,931.84
----------------	-----------

15.- Prueba de equipos auxiliares accionados por motores eléctricos (bomba auxiliar de lubricación, M.C.I. bomba hidráulica, bombas BA -102 A y B, centrifugadores y skid de combustible).

Un op. pra. mec.	14,320.00	
Un Ayte. de Op.	<u>9,240.00</u>	\$ 23,560.00

16.- Verificación final de alineamiento entre paquetes.

Dos Ops.Esp.mec.	63,160.00	
Dos Ops.Seg.Mec.	49,920.00	
Dos Aytes.Op.Esp.	41,040.00	
Dos Aytes.Op.	<u>36,960.00</u>	\$ 191,080.00

17.- Instalación de coples de carga y guarda coples (generador - reductor --

turbina, turbina - reductor de accesorios y reductor de accesorios M.C.I)

Un Op.Esp.Mec.	25,264.00	
Un Op.Pra.Mec.	22,912.00	
Un Op.Seg.Mec.	19,416.00	
Un Ayte.Op.Esp.Mec.	16,416.00	
Dos Aytes.Op.Mec.	<u>36,960.00</u>	\$ 121,520.00

18.- Prueba de la turbina sin carga, sobre velocidad, pérdida de flama, alta temperatura, baja presión de aceite.

Un Op.Esp.Mec.	15,790.00	
Un Op.Pra.Mec.	14,320.00	
Un Op.Seg.Mec.	12,480.00	
Un Ayte.Op.Esp.Mec.	10,260.00	
Dos Aytes.de Op.Mec.	<u>18,480.00</u>	\$ 71,330.00

En el costo de la obra entre mano de obra y equipo, de acuerdo con el catálogo de Pemex con vigencia de 1983, es el siguiente:

MANO DE OBRA 4,070.057.80

EQUIPO 1,685,827.34

TOTAL \$5'755.885.14

C O N C L U S I O N E S .

EN ESTE TRABAJO SE DA EL PROCEDIMIENTO PARA LLEVAR A CABO EL MONTAJE DE UN EQUIPO DE ESTA NATURALEZA, EL COSTO DE - LOS TRABAJOS CUANDO PEMEX LOS REALIZA POR ADMINISTRACION. ENTRE LOS PUNTOS IMPORTANTES DENTRO DE LA INSTALACION DEL EQUIPO, QUIZA POR SU CONDICION Y PARA EL BUEN FUNCIONA -- MIENTO DE LA UNIDAD TURBOGENERADORA, SEA TAL VEZ LA ALI - NEACION LA MAS IMPORTANTE.

¿ POR QUE ? PORQUE UN EQUIPO DESALINEADO PROVOCA DAÑOS IN TERNOS EN LA UNIDAD, DEBIDO A LAS ALTAS VIBRACIONES PROVO CADAS POR UNA MALA ALINEACION. PODEMOS CONCLUIR, QUE, PA - RA OBTENER UN RENDIMIENTO OPTIMO Y POR ENDE UNA LARGA VI - DA DEL EQUIPO, SE DEBE LLEVAR A CABO UN BUEN PLANTEAMIEN - TO DESDE LA INSTALACION HASTA LA PUESTA EN MARCHA.

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

1.- TERMODINAMICA.

GORDON J. VAN WYLEN.

RICHARD E. SONTAG.

Ed. LIMUSA 1979

2.- TERMODINAMICA.

VIRGIL FAIRES.

Ed. UTHEA 1982

3.- PLANTAS DE VAPOR.

CHARLES DONALD SWIFT.

Ed. CECSA 1982.

4.- MANUAL DE BOMBAS.

KARASSIK - KRUTZCCH.

FRASER - MESSINA

1976

5.- ENERGIA Y MAQUINAS TERMICAS.

ARREOLA - ROSELLO.

Ed. LIMUSA 1981.

6.- CRITERIO DE DISEÑO DE

PLANTAS TERMoeLECTRICAS.

AGUILAR.

Ed. LIMUSA

7.- MANUALES DE OPERACION.

VOLUMENES I, II, III y IV.

GENERAL ELECTRIC 1984