

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



**Desarrollo de los Procedimientos de Calibración del  
Sistema de Control de los Turbogeneradores de la  
Central Eléctrica Malacas - Talara**

**T E S I S**

Para optar el Título Profesional de  
**INGENIERO ELECTRONICO**

**JOAQUIN CRISTOBAL RAMIREZ CARDENAS**

Lima - Perú  
1990

## **SUMARIO**

**TITULO DE TESIS** : Desarrollo de los procedimientos de Calibración del Sistema de Control de los Turbogeneradores de la Central Eléctrica Malacas - Talara.

**AUTOR** : Joaquín Cristóbal Ramírez Cárdenas

**GRADO A OPTAR** : Ingeniero Electrónico

**ASESOR** : Ing. Miguel Sánchez Bravo

**AÑO** : 1990

### **Presentación del problema :**

Carencia de métodos y procedimientos de calibración, en forma estructurada, de los instrumentos que forman el sistema de control de los Turbogeneradores de la Central Eléctrica de Malacas -Talara.

### **Procedimiento adoptado :**

Elaboración detallada de los procedimientos de calibración del sistema de control, a ejecutarse en el Mantenimiento General y Puesta en Servicio de los Turbogeneradores.

### **Resultados a obtener :**

La Tesis pretende constituirse en una guía de referencia para el Ingeniero que tenga la responsabilidad de ejecutar trabajos de Mantenimiento General de los Turbogeneradores, en las áreas de la Instrumentación y la Electricidad.

## EXTRACTO

**TITULO DE TESIS** : Desarrollo de los Procedimientos de Calibración del Sistema de Control de los Turbogeneradores de la Central Eléctrica Malacas -Talara.

**AUTOR** : Joaquín Cristóbal Ramírez Cárdenas

**GRADO A OPTAR** : Ingeniero Electrónico

**FACULTAD** : Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

**UNIVERSIDAD** : Universidad Nacional de Ingeniería

**CIUDAD** : Lima

**AÑO** : 1990

La presente Tesis tiene como objetivo la elaboración de las técnicas y procedimientos, que se ejecutan en el Mantenimiento General, de los instrumentos, equipos y lazos del sistema de control de los Turbogeneradores de la Central Eléctrica Malacas

La elaboración de estos procedimientos se basa en la experiencia adquirida durante el desempeño de mi función como Supervisor de Mantenimiento de Plantas Eléctricas en la Empresa Petróleos del Perú S.A. Operaciones Nor Oeste en la ciudad de Talara.

La Tesis se ha dividido en cuatro capítulos

### **1.- Descripción del sistema de control**

Se hace una descripción de los componentes que conforman el sistema de control, compuesto por válvulas de control, transmisores, controladores, registradores, interruptores de presión, temperatura, posición, etc.

### **2.- Técnicas y procedimientos de calibración del sistema de control y generación**

Es el capítulo más importante de la Tesis porque en él se detallan las actividades y procedimientos que se aplican, durante el Mantenimiento General de los Turbogeneradores, en la calibración de los instrumentos que conforman el sistema de control así como de los principales equipos eléctricos auxiliares.

### **3.- Puesta en marcha**

Se detallan las etapas y pruebas que se realizan durante el arranque y puesta en servicio, hasta el momento en que la unidad es recepcionada por el personal encargado de su operación.

### **4.- Análisis económico**

Se hace un análisis comparativo entre el costo que demanda el Mantenimiento General con asesoría técnica extranjera y con personal de la Empresa.

## TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO	PAGINA
<b>INTRODUCCION.</b>	
<b>I.-DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CONTROL.</b>	
1.1.- GENERALIDADES.....	PAG. 14
1.2.- SISTEMA DE ACEITE.....	PAG. 17
1.3.- SISTEMA DE CONTROL HIDRAULICO.....	PAG. 19
1.3.1.- IMPULSOR DEL GOBERNADOR.....	PAG. 19
1.3.2.- CAJA DE CONTROL HIDRAULICO.....	PAG. 23
1.3.3.- SERVOMOTOR DE VALVULAS DE.....	PAG. 29
ESTRANGULAMIENTO.	
1.4.- SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE GAS.....	PAG. 32
1.5.- SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE DIESEL...	PAG. 44
1.6.- SISTEMA NEUMATICO.....	PAG. 49
1.7.- SISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE.....	PAG. 52
1.8.- INTERRUPTORES DE PRESION.....	PAG. 53
1.9.- ELEMENTOS DE SENSADO Y REGISTRO DE.....	PAG. 61
TEMPERATURA.	
1.9.1.- CONSIDERACIONES SOBRE TEMPERATURA...	PAG. 61
EN LA TURBINA.	
1.9.2.- REGISTRADOR DE ALTAS TEMPERATURAS...	PAG. 64
TR-1.	
1.9.3.- REGISTRADOR DE BAJAS TEMPERATURAS...	PAG. 66
TR-2.	
1.10.- SISTEMA DE IGNICION.....	PAG. 67
1.10.1.- EXCITADOR DE IGNICION.....	PAG. 69
1.10 2.- BUJIA.....	PAG. 70

1.10.3.- CABLE SECUNDARIO.....	PAG.	71
1.10.4.- CABLE PRIMARIO.....	PAG.	72
1.10.5.- CUIDADOS Y PRECAUCIONES.....	PAG.	73
1.11.- SISTEMA DE MONITOREO DE VIBRACIONES.....	PAG.	74
1.12.- GENERADOR.....	PAG.	80
1.13.- EXCITATRIZ.....	PAG.	83
1.14.- REGULADOR AUTOMATICO DE VOLTAJE....	PAG.	89

## II.-TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACION DEL SISTEMA DE CONTROL Y GENERACION.

2.1.- ACTIVIDADES Y TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE..	PAG.	99
EL MANTENIMIENTO GENERAL.		
2.1.1.- INSTRUMENTACION.....	PAG.	99
2.1.2.- ELECTRICIDAD.....	PAG.	102
2.2.- PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACION Y REGISTRO...	PAG.	103
DE LOS VALORES FINALES DE CONTROL.		
2.2.1.- VALVULAS DE CONTROL.....	PAG.	103
2.2.2.- CAJA DE CONTROL HIDRULICO.....	PAG.	122
2.2.3.- CONTROL DE TEMPERATURA DE LOS GASES.PAG.	127	
DE ENTRADA A LA TURBINA.		
2.2.4.- CONTROL DE TEMPERATURA DEL ACEITE...	PAG.	132
LUBRICANTE.		
2.2.5.- VALVULAS DE SEGURIDAD Y VALVULAS DE.	PAG.	133
ALIVIO.		
2.2.6.- DISPARO POR SOBREVOLOCIDAD.....	PAG.	134
2.2.7.- SENSORES Y REGISTRADORES DE.....	PAG.	134
TEMPERATURA.		

2.2.8.- INTERRUPTORES DE PRESION (PS-NN)....PAG.	137
2.2.9.- CAMBIADOR DE VELOCIDAD.....PAG.	141
2.2.10.- REGULADORES DE AIRE.....PAG.	142
2.2.11.- INTERRUPTORES DE NIVEL.....PAG.	146
2.2.12.- INTERRUPTORES DE POSICION.....PAG.	147
2.2.13.- MONITOR DE VIBRACIONES.....PAG.	148
2.2.14.- MONITOR DE VELOCIDAD.....PAG.	157
2.2.15.- VALVULAS SOLENOIDES.....PAG.	159
2.2.16.- GENERADOR Y BREAKER (INTERRUPTOR)..PAG.	162
PRINCIPAL.	
2.2.17.- EXCITATRIZ.....PAG.	164
2.2.18.- MOTORES DE EQUIPOS AUXILIARES Y....PAG.	164
CUBICULOS DEL CENTRO DE CONTROL.	
2.2.19.- RELES DE PROTECCION DEL GENERADOR..PAG.	168
2.2.20.- PANEL DE CONTROL LOCAL.Y.....PAG.	169
TEMPORIZADORES.	
2.2.21.- REGULADOR AUTOMATICO DE VOLTAJE....PAG.	175
 <b>III.-PUESTA EN MARCHA.</b>	
3.1.- CONSIDERACIONES GENERALES DE OPERACION.....PAG.	184
3.1.1.- PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y.....PAG.	185
OPERACION.	
3.1.2.- PERFIL DE ARRANQUE.....PAG.	188
3.1.3.- PROCEDIMIENTO DE PARADA.....PAG.	197
3.1.4.- OPERACION DEL ENGRANAJE DE ROTACION.PAG.	201
LENTA.	
3.2.- PRUEBAS FINALES .....PAG.	202

**IV.-ANALISIS ECONOMICO.**

4.1.- COSTO DE ASESORIA EXTRANJERA.....PAG. 209

4.2.- COSTO CON PERSONAL DE LA EMPRESA.....PAG. 213

4.3.- AHORRO NETO DE LA EMPRESA.....PAG. 214

**CONCLUSIONES** .....PAG. 215

**BIBLIOGRAFIA**.....PAG. 217



## INTRODUCCION

Esta Central Eléctrica compuesta por tres turbogeneradores marca: MITSUBISHI, modelo: MW 191 G de 18 MW. cada uno, propiedad de Petróleos del Perú S.A., entró en servicio en el año de 1974 con las unidades "A", "B" y "C", operándola Electroperú S.A. hasta el 09 de Agosto de 1981, fecha en la cual pasa a ser administrada y operada por Petróleos del Perú S.A. autorizada con R.M.713-79 EM/DGE.

Es la planta de generación más importante en la ciudad de Talara, representa aproximadamente el 67% de la potencia total instalada en Petróleos del Perú Operaciones Nor Oeste.

Suministra energía a : Complejo de fertilizantes, produce uréa; Complejo de craqueo catalítico; Planta negro de humo; Planta solventes, produce alcohol isopropílico y acetona; Planta de absorción de gas natural Pariñas; campos de producción de crudo y población de Talara, Los Organos, El Alto.

Los turbogeneradores necesitan una inspección periódica regular así como mantenimiento preventivo en todos sus equipos mecánicos, instrumentos y eléctricos con el objeto de conservarlos en óptimas condiciones de operatividad. Para efectuar estos trabajos se recomienda que esta responsabilidad sea asumida por personal idóneo.

Es por esta razón que en los mantenimientos generales, los que se efectúan cada 20,000 horas de operación, y hasta el 4to. mantenimiento general de la unidad "B" ejecutado entre el 10-08-87 y el 21-12-87, se requería de asistencia técnica extranjera de Ingenieros de la firma fabricante MITSUBISHI CORPORATION JAPON (en ocho oportunidades ) y de la firma dueña de la patente WESTINGHOUSE CANADA INC. (en dos oportunidades).

La experiencia adquirida durante el desempeño de mi función como Supervisor de Mantenimiento de Plantas Eléctricas en la Empresa Petróleos de Perú, en los campos de la electricidad y la instrumentación, ha sido un factor preponderante que ha contribuido para que el arranque de la unidad "B" realizado entre el 05-01-88 y el 09-02-89 y el 4to. mantenimiento general de la unidad "A" realizado entre el 24-05-88 y el 25-09-88 se haga única y exclusivamente con personal de nuestra Empresa, ahorrándose una cantidad muy significativa de divisas al País.

Mi sincero agradecimiento, en primer lugar a mi Alma Mater, la Universidad Nacional de Ingeniería por los conocimientos recibidos, en segundo lugar a la Empresa Petróleos del Perú S.A. que ha permitido mi desarrollo profesional así como el haberme dado la oportunidad de asumir la responsabilidad de ejecutar el Mantenimiento General de los Turbogeneradores en las áreas de la Instrumentación y la Electricidad y finalmente a todos los trabajadores que laboran conmigo, quienes con su esfuerzo, capacidad y dedicación han hecho posible que las diferentes pruebas se hayan ejecutado en forma satisfactoria.

EL AUTOR

## I

### DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CONTROL

#### 1.1. Generalidades

El sistema de control de la turbina a gas está hecho sobre una combinación de dispositivos hidráulicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos como se puede observar en el diagrama de la Fig. 1. Este sistema está diseñado para suministrar una secuencia de supervisión automática en todo instante de operación. La caja de control hidráulica (gobernador) desarrolla la señal de presión hidráulica la cual posiciona al servomotor controlando el flujo de combustible hacia los combustores. Se tiene además un dispositivo de emergencia de disparo por sobrevelocidad que impide el paso del combustible en caso de sobrevelocidad o cualquier condición insegura.

El aire comprimido para el control neumático y para la operación del embrague así como también el aire de atomización, para el ciclo de arranque con combustible

líquido (diesel), son suministrados por un compresor de aire movido por un motor eléctrico.

## 1.2. Sistema de aceite.

### 1.2.1. Descripción.

La relación esquemática de los componentes que conforman el sistema completo de aceite está mostrado en la Fig. 1 del Sistema de Control. Este sistema suministra aceite para todas las condiciones de operación:

- a.- Aceite de alta presión para el sistema de control hidráulico.
- b.- Aceite de alta presión para el sistema de lubricación.
- c.- Aceite de baja presión para el sistema de lubricación.

El aceite de alta presión, de los items a y b es suministrado por la bomba principal de aceite. El aceite de baja presión del item c, es suministrado por la bomba auxiliar de aceite durante los ciclos de arranque o parada y también como un sistema de emergencia.

-La bomba de aceite principal

Es del tipo tornillo y es directamente movida (impulsada) por el engranaje auxiliar, es autocebada.

-La bomba de aceite auxiliar

Es una bomba centrífuga impulsada por un motor de corriente directa, suministra aceite a los cojinetes y

controles desde una velocidad 0 R.P.M. hasta una velocidad cercana al 90 % de la velocidad de sincronización, esta bomba es controlada por un interruptor de presión (PS\_3) durante una operación normal.

### 1.2.2.Sistema de lubricación.

-La válvula de regulación (CV-12)

Regula presión de retorno, constituye un medio de establecer la presión de descarga de la bomba.

-La válvula de alivio (RV-1)

Es una válvula de tipo copa cargada por resorte, mantiene una presión en el manifold de aceite a los cojinetes de 1.35 Kg/cm<sup>2</sup>.

-La alarma de nivel bajo de aceite (LS-3L1)

Es un micro interruptor actuado por flote, provee una alarma si el nivel de aceite decae debajo del mínimo de operación (655 mm.).

-Filtro de aceite.

Es un filtro dual de malla de alambre para atrapar las partículas impropias e impedir que estas vayan hacia los cojinetes.

-Eyector de vapor

Este eyector es actuado neumáticamente, su función es producir un vacío parcial entre el reservorio de aceite y el sistema de venteo.

-Enfriador de aceite.

Es del tipo intercambiador de calor, intercambia el calor del aceite con el aire que es inyectado por 6 ventiladores movidos por motores eléctricos.

-Valvula de alivio (RV-6)

Está provista para baypasear el enfriador de aceite si la caída de presión a través de él se hace excesiva.

### **1.3 Sistema de control hidraulico**

Este sistema y sus componentes, de los cuales haremos una descripción detallada, está directamente asociado con el comportamiento del combustible para mantener la unidad en la temperatura, carga y velocidad de operación deseados.

#### **1.3.1. Impulsor del gobernador.**

El impulsor del gobernador es una parte integrante de la caja de engranajes y es movido por el engranaje de la bomba principal. Consiste de ocho tubos separados y roscados en huecos radiales en el cuerpo, como se muestra en la Fig. 2 . Estos tubos se proyectan dentro de la cavidad central del cuerpo y su salida finaliza abierta

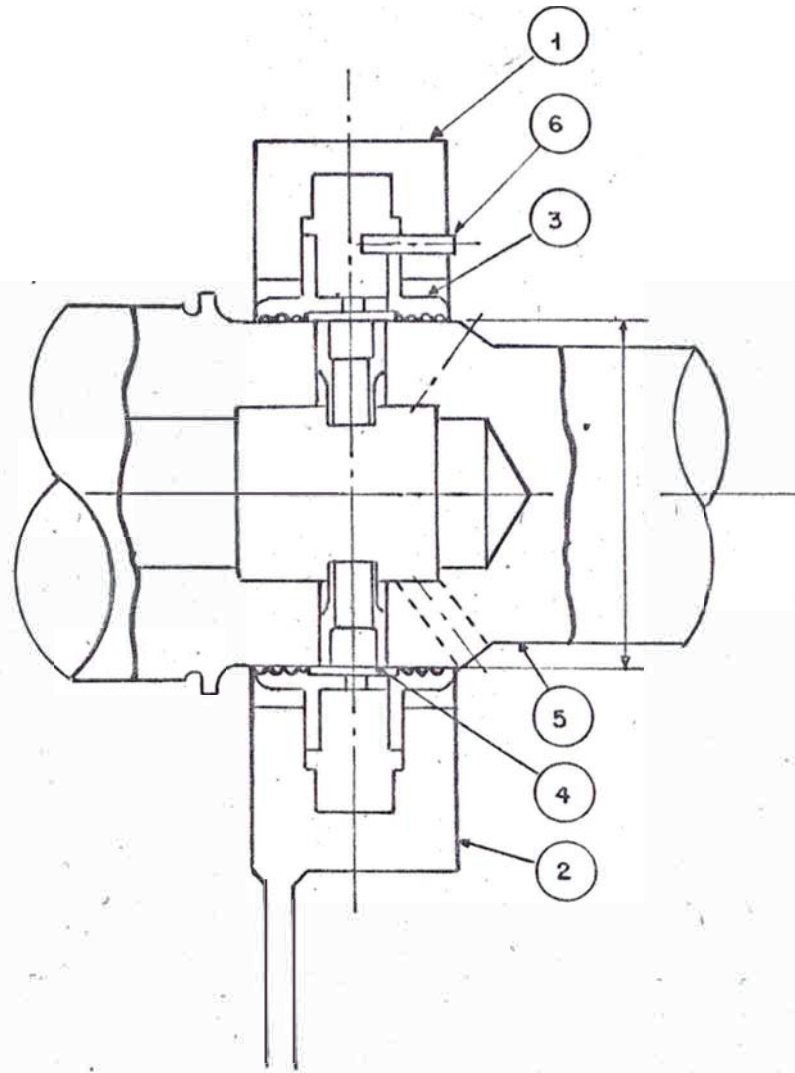


en un espacio anular alrededor del impulsor, hasta el cual el aceite es admitido a través de un orificio desde la descarga de la bomba principal de aceite.

El espacio interior del cuerpo del impulsor esta conectado al drenaje por medio de una serie de huecos perforados en  $45^{\circ}$  con respecto al horizontal del impulsor, como se indica en la Fig. 2 . Cuando la unidad está parada y el aceite es suministrado por la bomba auxiliar, todo el aceite que entra a través del orificio dentro del espacio, existente alrededor del impulsor, puede pasar por los tubos del impulsor dentro del cuerpo y salir directamente al drenaje, así, en esta condición la presión de descarga del impulsor es cero.

A medida que el eje comience a rotar, el aceite no puede fluir libremente hasta el drenaje debido a la fuerza centrífuga que actúa sobre el aceite en los tubos del impulsor, resistiendo su flujo hacia adentro, estableciéndose en consecuencia una presión en la periferia del impulsor, que es una medida de la fuerza centrífuga y por ende de la velocidad de rotación. Puesto que la fuerza centrífuga es proporcional al cuadrado de la velocidad, la presión del aceite resultante variará con el cuadrado de la velocidad. Esta presión variable es aplicada al mecanismo del gobernador para controlar la velocidad de la unidad.

Desde el final del espacio dentro del impulsor una línea abierta con el eje horizontal comunica a una serie de huecos radiales de venteo; la acción de la fuerza centrífuga sobre la mezcla de aire y aceite (hay siempre alguna emulsión de aceite de circulación en un sistema de lubricación) tiende a separar el aire fuera del aceite moviéndolo hasta el centro donde escapa por los venteos. El impulsor actúa así como un dereador y no solamente asegura que la presión deliberada sea una medida exacta de la velocidad sino que tiende a prolongar la vida del aceite.



Nº	DESCRIPCION.
1	TAPA COJINETE.
2	CAJA ENGRANAJE.
3	
4	TUBO.
5	EJE BOMBA.
6	PIN.

FIG. 2 IMPULSOR DEL GOVERNADOR

### 1.3.2.Caja de control hidráulico.

La función principal de la caja de control hidráulica es desarrollar la señal de presión hidráulica que posiciona al servomotor, controlando así la posición de la válvula de estrangulamiento. Hay tres barras dentro de la caja que responden a varias señales de entrada, reaccionando según el ajuste de la válvula de alivio (válvula de copa). Aceite de alta presión desde la bomba principal es introducida a través de un orificio antes de que sea admitido en la caja hidráulica, en la parte posterior del orificio la presión es controlada por una de las tres barras y se convertirá en la señal de presión de aceite de control para medir el combustible que ingresa a la turbina.

La caja de control hidráulica está diseñada para hacer lo siguiente:

- a.-Regula la velocidad de la turbina según esta sea fijada por la señal de ajuste del gobernador.
- b.-Limita el flujo de combustible durante la aceleración.
- c.-Limita la temperatura de los gases de escape de la turbina.

Hay tres barras de control como se muestra en la Fig. 3, estas barras de control son del tipo balance de fuerzas

es decir sus momentos alrededor del punto de apoyo es una función de la señal de entrada.

#### 1.3.2.1. Barra del gobernador (sección B-B).

Debajo de la barra hay dos señales que tienden a levantar la barra :

a.-Presión de aceite de control a través de una válvula de copa en la posición 5

b.-Presión de aceite del impulsor (sensa la velocidad de la turbina) en el fuelle de la posición 6

Encima de la barra hay tres fuerzas que actúan para bajar la barra :

a.-En la posición 1 se tiene un perno de ajuste contra un resorte el cual regula la velocidad

b.-La presión de aire que es una señal que controla la velocidad y carga (o la señal de reajuste del gobernador) en un fuelle en la posición 2

c.-Una señal de retraso de tiempo que actúa en un fuelle en la posición 3

El fuelle de retraso de tiempo está conectado internamente al fuelle en la posición 3. El plug de fricción ajustable puede fijarse para incrementar o disminuir el retraso de tiempo para la presión del aceite

de control resultando así una función de fuerza retrasada sobre la barra del gobernador.

Como resultado, cada cambio en la presión de aceite de control es realimentado en la forma de un cambio retrasado en uno de los componentes que actúan sobre la barra, tendiendo a neutralizar suavemente la acción del gobernador.

#### **1.3.2.2. Barra Limitadora de Aceleración (sección A-A)**

Trabaja en paralelo con el gobernador, está constituida de una manera similar a un regulador de tipo de balance de fuerzas. El limitador de aceleración es usado como una válvula de alivio variable, fijando la máxima presión de control como una función de la presión del impulsor (la presión de control se incrementa con la presión del impulsor), la máxima presión de control es por esto una función de la velocidad.

Debajo de la barra hay una sola fuerza que es la presión del aceite de control contra la válvula de copa en la posición 5

Encima de la barra hay dos fuerzas

a.-En la posición 1, una fuerza ajustable por un resorte para regular la razón de aceleración de la turbina en el ciclo de arranque.

b.-La presión del aceite impulsor en un fuelle en la posición 3.

### 1.3.2.3 Barra Limitadora de Temperatura (Sec. C-C).

Está constituida similarmente al limitador de aceleración, pero no es sensible a la velocidad, su presión de control de salida es una función de la señal de salida del controlador de temperatura de los gases de entrada a la turbina (TC-1). Si la temperatura de los gases de escape excediese el valor correspondiente a la temperatura de entrada máxima deseable, la salida del controlador será reducida, esta variación origina una variación de la presión de control de magnitud suficiente para mantener la operación dentro de los límites de temperatura adecuados.

Debajo de la barra hay una sola fuerza que consiste de la presión del aceite de control que actúa a través de la válvula de copa en la posición 5

Encima de la barra hay dos fuerzas:

a.-En la posición 1 una fuerza regulable con un resorte para fijar el punto de control de la temperatura de los gases de escape

b.-Una señal de control de temperatura actúa como un fuelle en la posición 2

Cuando el aceite de alta presión es bombeado dentro de la brida de suministro a la caja de control hidráulico a través de un orificio de entrada, la presión del aceite de control subirá desde cero hasta un nivel en el cual el momento de la válvula de copa, en sentido de las agujas del reloj, es igual a la suma de los momentos antihorarios sobre la barra. En este punto, la válvula de copa subirá fuera de su asiento, permitiendo así que el aceite de alta presión se derrame dentro de la base del gobernador, drenándose hacia el reservorio. La caída de presión a través del orificio de entrada es una función del flujo del aceite; la válvula de copa derrama aceite hasta que la presión sobre la corriente posterior al orificio esté en un nivel necesario para mantener el equilibrio.

La caja de control hidráulica está formada esencialmente por 3 válvulas de alivio que actúan sobre la corriente posterior al orificio de entrada del aceite de alta presión. La barra con la menor presión de balance sobre su válvula de copa derramará el aceite y será así el factor de control en el establecimiento de la presión de control que va hacia el servomotor. En todos los casos el efecto de variación en la presión del medio de actuación produce una correspondiente pero mayor, variación en la presión de control que es suministrada hasta el servomotor.



### 1.3.3. Servomotor de válvulas de estrangulamiento

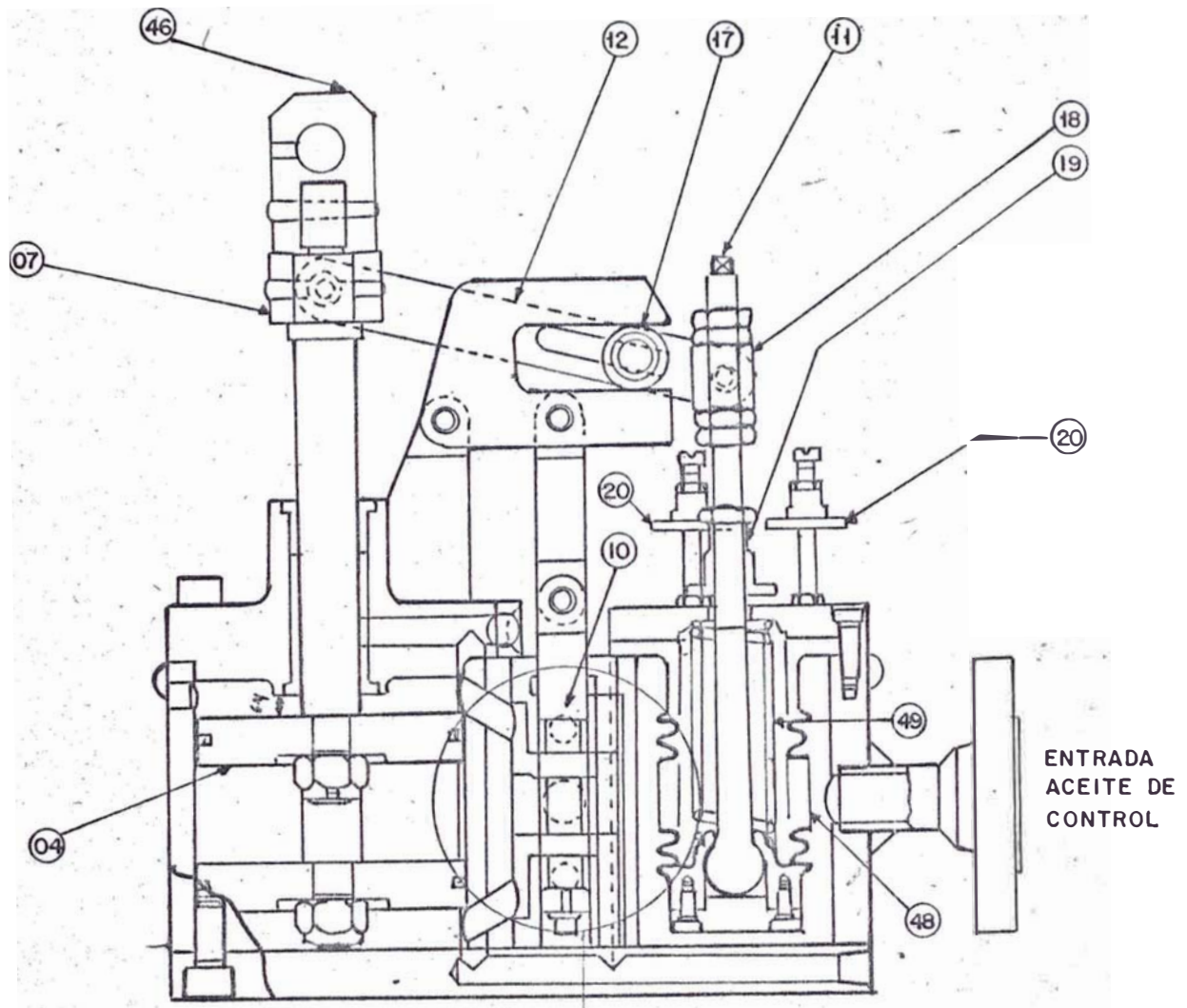
La función del servomotor es tomar la señal de presión del aceite de control, determinada por la caja de control hidráulico, y transmitir esta señal hasta la válvula de estrangulamiento a través de un varillaje de conexión, la señal de presión del aceite de control es alimentado en el cilindro de presión, sobre el lado derecho, como se ve en la Fig. 4, en donde actúa contra un diafragma de fuelle opuesto que tiene en su interior un resorte de tensión regulable. La acción de este fuelle es operar o posicionar un relé, el cual a su vez admite aceite de alta presión hasta un cilindro de operación donde un pistón es actuado, cerrando o abriendo así las válvulas de estrangulamiento CV-11D y CV-11G.

Un incremento o disminución en la presión de aceite de control desde la caja de control hidráulico causará un movimiento correspondiente hacia arriba o hacia abajo del vástago del fuelle y a través del varillaje también causará un movimiento hacia arriba o hacia abajo del relé. Un movimiento hacia arriba del relé libera aceite debajo del pistón y admite aceite encima del pistón, moviéndolo hacia abajo. Un movimiento hacia abajo del relé inversamente causará un movimiento hacia arriba del pistón.

En cualquier caso el movimiento del pistón en respuesta al movimiento del desplazamiento del relé mueve el punto

de apoyo sobre la varilla del pistón en una dirección la cual regresa al mecanismo del relé a su posición neutral.

La cantidad de movimiento del pistón necesaria para regresar al relé hasta la posición neutra y parar el movimiento, es proporcional a la cantidad del movimiento del relé inicial la cual a su vez es una función del cambio de velocidad (presión del aceite de control). De aquí se deduce que hay una posición de la válvula de estrangulamiento para cada condición de velocidad y/o carga y cualquier cambio de éstas causará un movimiento de la válvula de estrangulamiento proporcional al cambio.



ACEITE  
ALTA PRESION

Nº	DESCRIPCION
04	PISTON
07	GUIA
10	RELE
11	VASTAGO
12	VARILLA
17	RODILLO
18	GUIA
19	TUERCA LIMITE INFER.
20	TUERCA LIMITE SUP
46	ROD. GUIA
48	FUELLE
49	RESORTE

FIG. 4 SERVOMOTOR

#### 1.4. Sistema de control del combustible gas.

Debido a que el gas natural es el combustible por excelencia de este tipo de turbinas, describiremos en forma detallada los componentes de este sistema

##### **1.4.1. Válvula de estrangulamiento (CV-11G)**

Esta válvula de control tiene tres puertas que son operadas por el acoplamiento del servomotor, como se muestra en la Fig. 5, que responde a la señal de control, el levantamiento (apertura) de la válvula tiene una relación lineal en función de la presión del aceite de control. Esta válvula controla el flujo de gas desde el 45 % de la velocidad hasta la condición de carga plena.

Las válvulas están montadas dentro de una cámara única, permitiendo así que cada válvula sea suministrada con gas a la misma presión.

Las válvulas individuales son de un solo asiento, los cuales están presionados en el cuerpo de la válvula de estrangulamiento y soldados en todo el contorno para impedir fugas. Las válvulas son conducidas por una brida formada sobre el vástago de levantamiento el cual a su vez está conectado al varillaje de operación del servomotor, como se puede observar en las Figs. 5 y 6.

El vástago levanta las válvulas fuera de sus asientos al enganchar las tuercas colocadas sobre los vástagos de

cada válvula. Estas tuercas están reguladas en diferentes luces para cada válvula de tal manera que las válvulas abran en forma sucesiva, según su luz respectiva.

Con las válvulas firmemente posicionadas sobre sus asientos el ajuste inicial es hecho para establecer el espacio mínimo requerido entre la cara del fondo de la brida de levantamiento y el perfil superior de cada válvula.

Las luces entre la brida del vástago de levantamiento y la tuerca sobre los respectivos vástagos de las válvulas son fijados en la fábrica, sin embargo, para refijar o chequear estas luces es necesario levantar la tapa y retirar el vástago de levantamiento de las válvulas, colocar las válvulas sobre sus respectivos asientos y mantenerlos firmemente en esta posición aplicando presión sobre la brida del vástago de levantamiento, nivelar éste en la posición vertical y medir las luces de cada válvula entre la tuerca y la cara superior de la brida; tener en cuenta que la luz sobre el lado inferior de la brida es ahora aditivo a la dimensión de la luz entre la cara superior de la brida y la tuerca sobre el vástago de cada válvula.

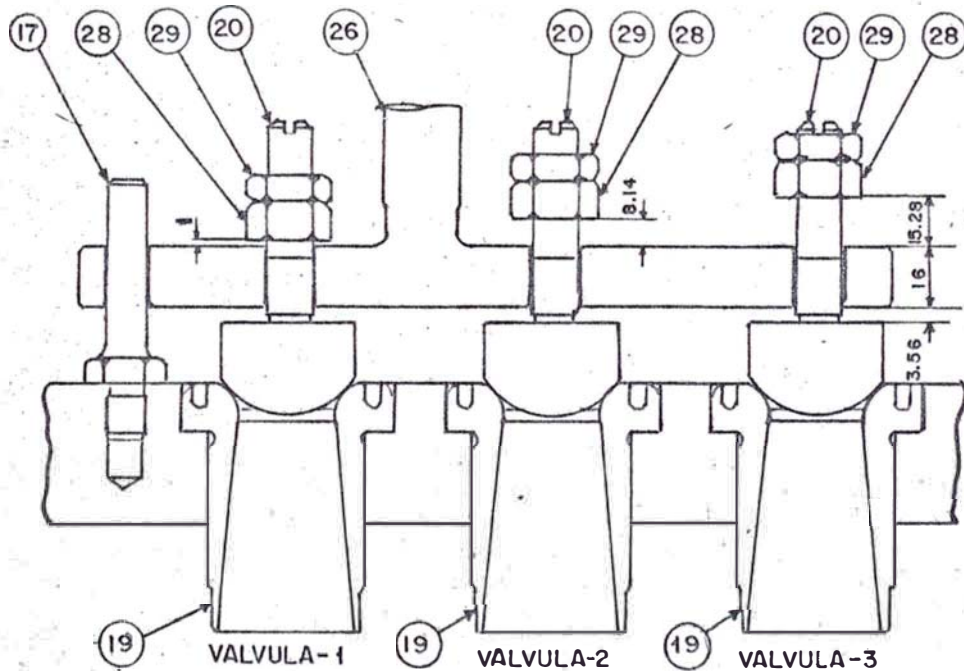
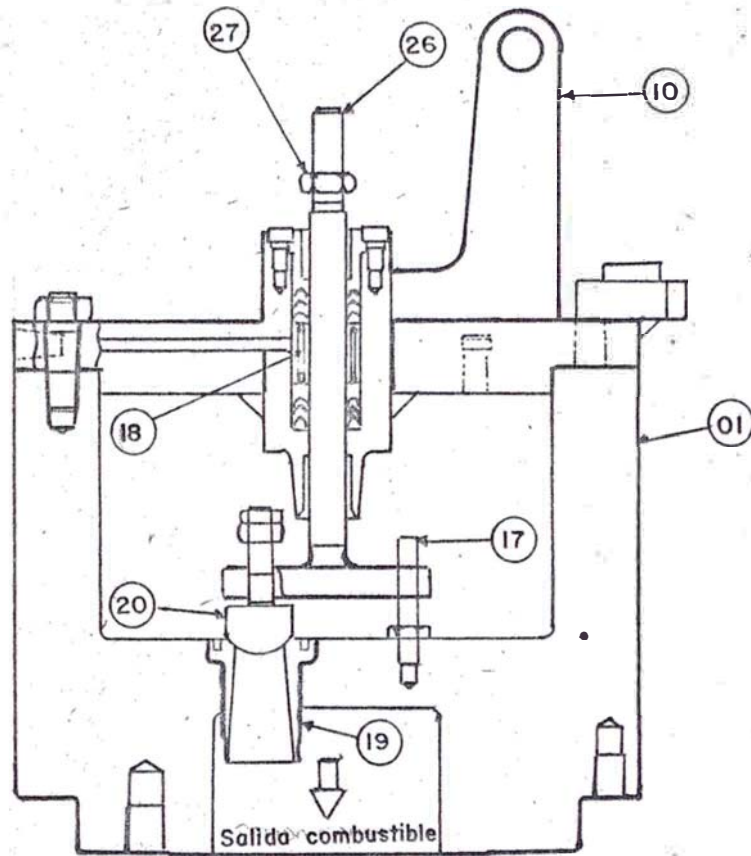
Si es necesario hacer un ajuste aflojar la contratuerca y regular para la luz apropiada luego reajustar la contratuerca; siempre chequear la luz después de apretar la contratuerca. Con la luz correcta fijada, ensamblar el

vástago del levantamiento y reinstalarlo en la caja de la válvula, luego con la bomba auxiliar de lubricación en operación y el pistón del servomotor en la posición cerrada como se muestra en la Fig. 4 mantener 0.25 in. de luz entre la cara superior del pistón y el tope del cilindro.

Colocar las válvulas de estrangulamiento sobre sus asientos y ajustar el muñón sobre el vástago de levantamiento para obtener las luces como estan especificadas en la Fig. 5.

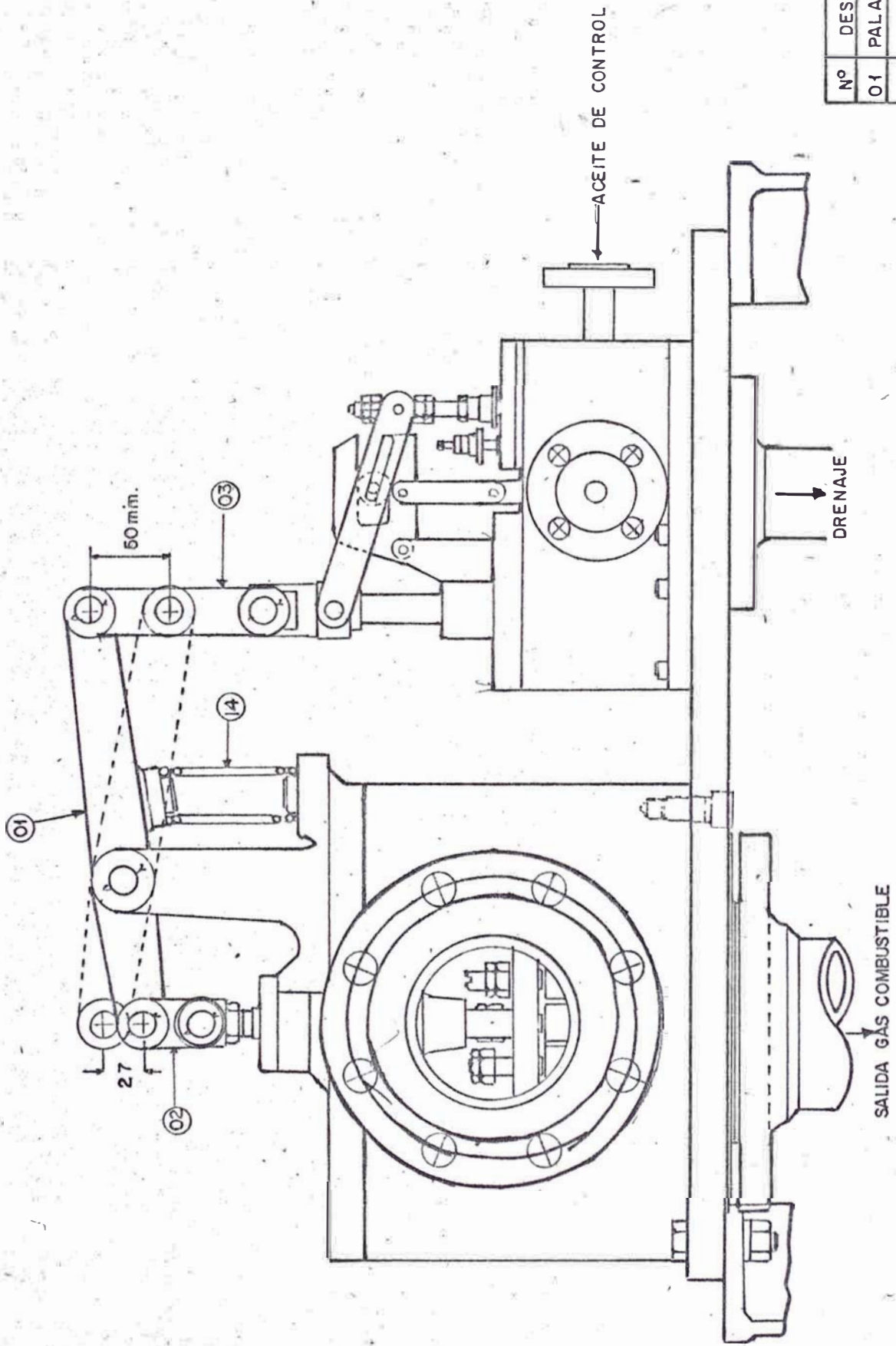
Cualquier ajuste de la válvula de estrangulamiento afecta el punto de corte de cada válvula, es por esto que los ajustes de las válvulas son muy críticos y deben ser ejecutados bajo la supervisión del Ingeniero responsable.

Todos los puntos pivot del varillaje deben mantenerse limpios y ser lubricados regularmente para impedir un mal funcionamiento de la válvula y el servomotor.



Nº	DESCRIPCION
01	CUERPO
10	SOPORTE (Bracket)
17	GUIA
18	RESORTE
19	SHEET VALVULA
20	VALVULA
26	VASTAGO
27	TUERCA
28	TUERCA
29	CONTRATUERCA

FIG. 5 VALVULA DE ESTRANGULAMIENTO CV-11G



Nº	DESCRIPCION
01	PALANCA
02	VARILLA
03	VARILLA
14	RESORTE

FIG. 6 VARILLAJE DE VALVULA DE ESTRANGAMIENTO CV-11G



#### **1.4.2.Valvula de disparo por sobrevelocidad (CV-4G)**

Esta válvula de control es del tipo pistón, operada hidráulicamente, de cierre rápido, que cierra la puerta de la línea de combustible hacia los combustores. La presión hidráulica se establece al inyectar aceite de alta presión hasta un pistón operado por la válvula del gobernador de autoparada y la válvula solenoide de disparo por sobrevelocidad (SV-2A) en paralelo. Sobrevelocidad o cualquier función inadecuada de necesidad de paro, causará el cierre inmediato de la válvula impidiendo así el flujo de combustible a los combustores. A continuación se hace la descripción de los elementos que conforman el disparo por sobrevelocidad de la turbina.

##### **1.4.2.1.Auto gobernador**

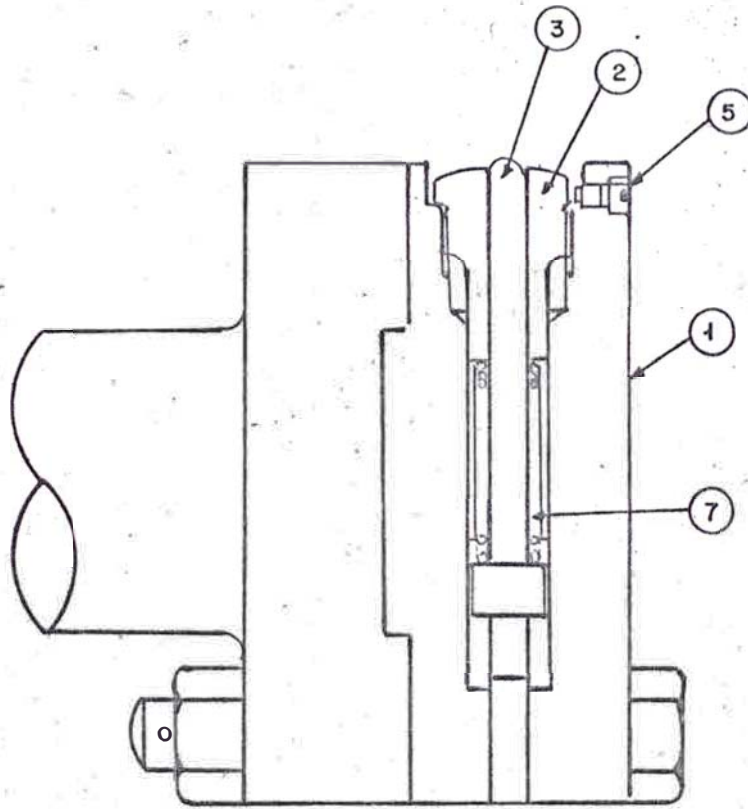
El mecanismo del auto-gobernador está localizado en un hueco transversal maquinado en la parte final del eje de la bomba principal de aceite lubricante. Este ensamblaje está empernado en la parte final del engranaje auxiliar, se muestra en la Fig. 7.

El auto-gobernador depende de la fuerza centrífuga para su accionamiento, consiste de un peso (3) mantenido en un hueco transversal en el cuerpo (1) por un resorte (7) y un retenedor (2). El centro de gravedad del peso (3) está localizado fuera del centro del eje. Si la velocidad de la turbina se incrementa por encima del punto al cual el

mecanismo está regulado para operar (aproximadamente 10% sobre la velocidad normal), debido al incremento de la fuerza centrífuga, el peso vence la compresión del resorte y lo mueve radialmente hacia afuera hasta el límite de su recorrido, al hacer esto golpea una palanca de disparo y actúa el mecanismo de disparo por sobrevelocidad

Cuando la turbina está en Mantenimiento general todas las partes del disparo deben ser inspeccionadas, asegurándose que el peso no este adherido en el retenedor, y que el resorte no este fallado. Si el peso está adherido, un penetrante grafitado puede ser usado para liberarlo.

Si el disparo por sobrevelocidad está descalibrado, su regulación debe hacerse de la siguiente manera presionar el tornillo del retenedor (5) con una varilla de metal del diámetro adecuado y roscar el retenedor (2) hacia adentro para incrementar la velocidad o hacia afuera para disminuir la velocidad (cada orificio incrementa 12.5 R.P.M.). Mover el retenedor (2) solo un orificio cada vez y verificar en que velocidad actúa.



Nº	DESCRIPCION
1	CUERPO
2	RETENEDOR
3	PESO
5	TORNILLO RETENEDOR
7	RESORTE

FIG. 7 AUTOGOBERNADOR

#### 1.4.2.2. Mecanismo de disparo por sobrevelocidad.

Este mecanismo consiste esencialmente de una válvula capaz de ser disparada mecánicamente para liberar el aceite del pistón de la válvula de disparo por sobrevelocidad, parando así a la turbina. Refiriéndonos a la Fig. 8. el mecanismo de la válvula consiste esencialmente de un cuerpo (14), una tapa (15), un pistón (1) y resortes de pistón (27) y (28) arreglados para ser abiertos por una palanca de disparo (4) actuado por el disparo de sobrevelocidad. El movimiento de la palanca de disparo (4) libera el pistón de la válvula (1) el cual a su vez se mueve hacia la derecha bajo la fuerza de los resortes de compresión (27) y (28), este movimiento abre una puerta a través del cual el aceite de la válvula de disparo por sobrevelocidad puede fluir al drenaje, cerrando así la válvula.

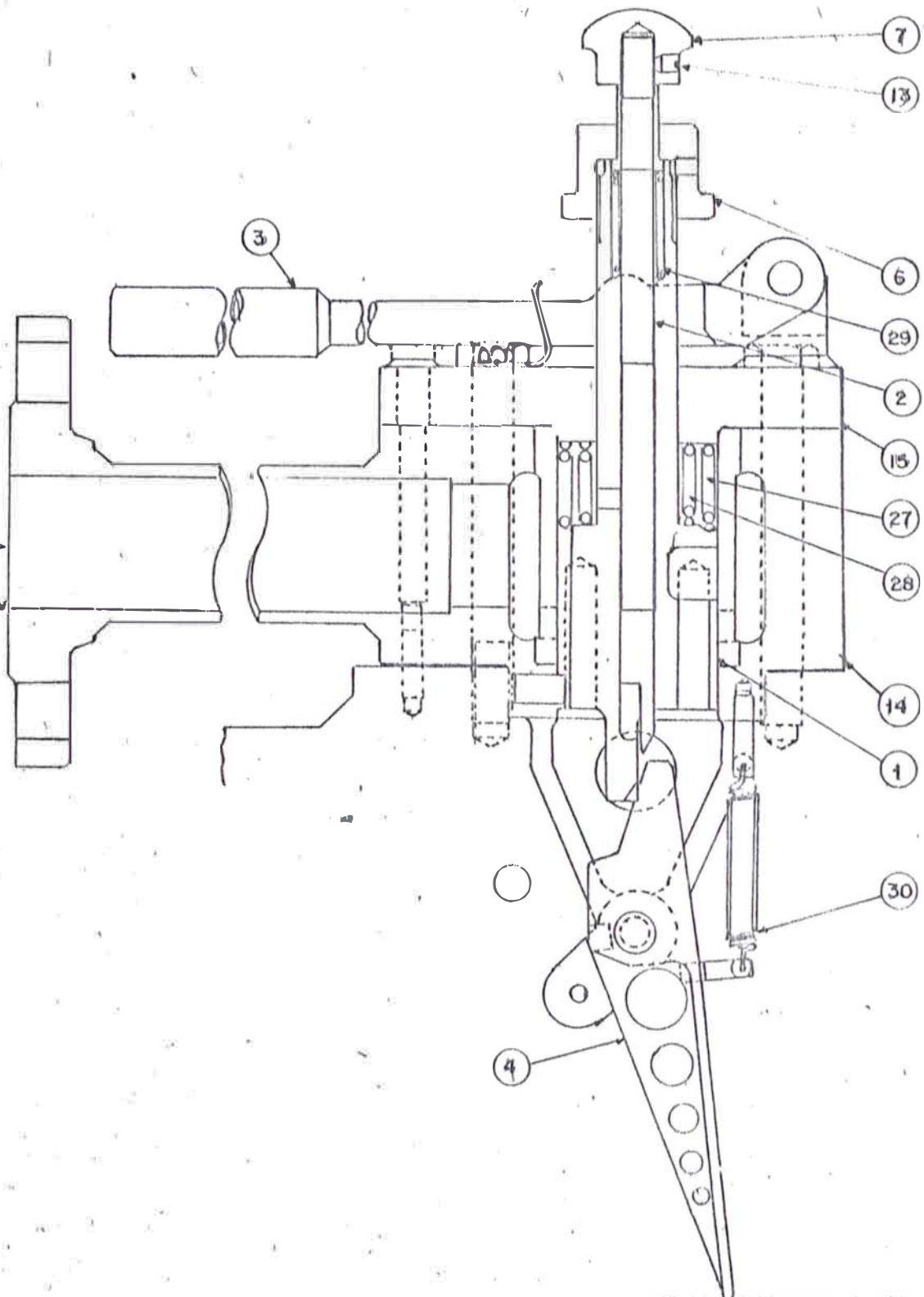
El aceite del mecanismo de disparo por sobrevelocidad es suministrado a través de un orificio desde el sistema de aceite de lubricación de alta presión, el área del orificio es mucho más pequeña que el área del mecanismo de disparo por sobrevelocidad (cuando es disparado abre) por lo que, la presión no puede ser mantenida en el pistón de la válvula de disparo por sobrevelocidad, cerrándose así la válvula.

El mecanismo de disparo puede ser accionado manualmente al presionar la perilla (7) la cual está asegurada sobre

la varilla de disparo (2), ésta es mantenida normalmente en su posición más exterior por el resorte (29) el cual actúa contra el pistón (1); cuando se presiona hacia adentro, el final de la varilla (2) calza entre el final de la palanca (4) y el pistón de la válvula (1), desengancha la palanca y libera la válvula.

Luego de que este mecanismo ha sido disparado debe ser repuesto manualmente. Esto se hace jalando hacia afuera (a la izquierda en la Fig. 8) sobre la palanca del reset (3) la cual presiona contra la tuerca de la válvula (6) y retornando de esta manera el pistón de la válvula a su posición normal, permitiendo que la palanca de disparo (4) puede ser reenganchada por la acción del resorte del reset (30)

ACEITE  
ALTA  
PRESION



Nº	DESCRIPCION
1	PISTON
2	VARIL LA
3	PALANCA REPOSICION
4	PALANCA DISPARO
6	TUERCA
7	PERILLA
13	TORNILLO AJUSTE
14	CUERPO
15	CUBIERTA
27	RESORTE
28	RESORTE
29	RESORTE
30	RESORTE

FIG. 8 MECANISMO DE DISPARO POR SOBREVELICIDAD

#### **1.4.3. Válvula de aislamiento (CV-3G)**

Esta válvula de pistón actuado neumáticamente controla la admisión de entrada de combustible hacia los combustores.

#### **1.4.4. Válvula de regulación de la presión del gas combustible (CV-1G)**

Esta válvula controla la presión del gas en un valor determinado por el control de presión PC-5.

#### **1.4.5. Válvula de arranque (CV-2G)**

Esta válvula controla el flujo de gas durante el ciclo de arranque como una función de la presión de descarga del compresor axial sensada por el transmisor PX-3.

#### **1.4.6. Válvula de suministro aire de barrido (CV-24)**

Esta válvula operada neumáticamente se abre al encenderse el combustible diesel para limpiar la línea de gas .

#### **1.4.7. Válvula de aislamiento aire de barrido (CV-25)**

Esta válvula operada neumáticamente se abre para suministrar el aire de barrido a la línea de gas combustible al encenderse el combustible diesel.

#### **1.4.8 Válvula de venteo del aire de barrido (CV-26)**

Esta válvula operada neumáticamente se cierra cuando las válvulas de suministro y aislamiento son abiertas.

## 1.5. Sistema de control del combustible diesel

### 1.5.1. Filtro de combustible

Es un filtro situado en la succión de la bomba principal de combustible, operado manualmente, protege a la bomba contra desgaste mecánico al filtrar y dejar fuera partículas extrañas, en la entrada de la bomba .

### 1.5.2. Bomba principal de combustible

Esta bomba es del tipo tornillo, desplazamiento positivo y velocidad constante, movida por un motor eléctrico auxiliar. Suministra combustible a las válvulas de control de la presión de diesel.

### 1.5.3. Válvula de estrangulamiento (CV-11D)

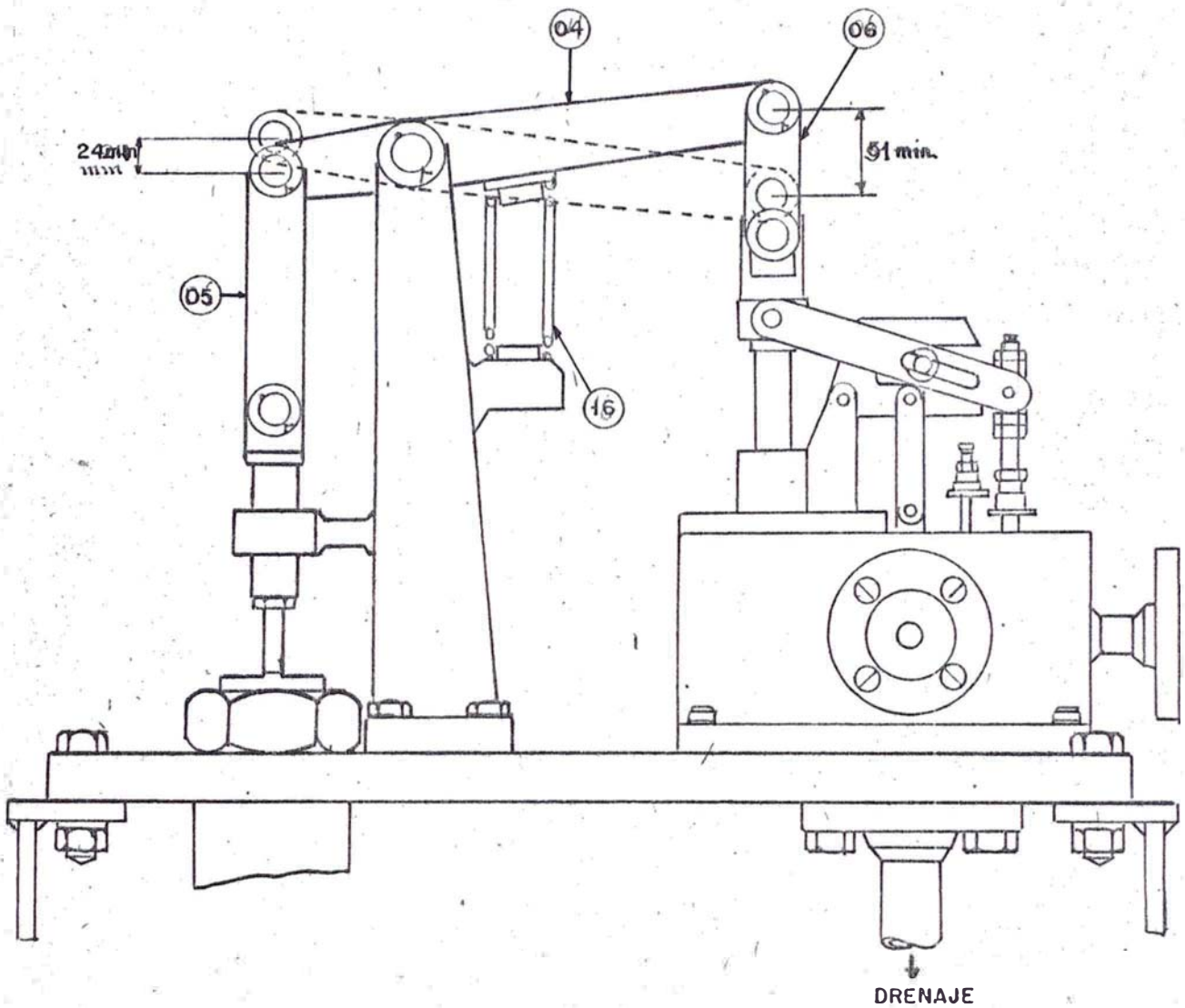
Es una válvula de una sola puerta de entrada, la cual tiene una característica porcentual entre el flujo y la apertura. La presión de control, fijada por la caja de control hidráulico, es transmitida hasta el servomotor el cual suministra la potencia y la acción de control para mantener lineal la relación entre la presión de control y la apertura de la válvula, esta válvula controla el flujo de combustible desde el 45% de la velocidad hasta la condición de plena carga

La válvula de combustible líquido y su servomotor están montados sobre una sola base como se muestra en la Fig. 9



EL ajuste de la válvula de control y el servomotor estan estipulados en el capítulo 2 y será fijado para dar la relación entre la apertura y la presión del aceite de control, como se muestra en las respectivas curvas.

Todos los puntos pivot del varillaje deben limpiarse y lubricarse regularmente para impedir un mal funcionamiento del servomotor y la válvula de control.



Nº	DESCRIPCION
04	PALANCA
05	VARILLA
06	VARILLA
16	RESORTE

FIG. 9 VALVULA DE ESTRANGULAMIENTO CV-11D  
SERVOMOTOR

#### **1.5.4.Valvula reguladora de la presión de la descarga de la bomba (CV-1D)**

Esta válvula de control tiene una sola puerta de entrada, de característica parabólica, controla la presión de descarga de la bomba principal de combustible, como una función de la velocidad, controlando en forma continua el flujo de retorno a los tanques de almacenamiento de combustible .

#### **1.5.5.Valvula de disparo por sobrevelocidad (CV-4D)**

La función y operación de esta válvula es idéntica a la de la válvula CV-4G descrita en el parrafo 1.4.2.

#### **1.5.6.Valvula de drenaje del manifold de diesel (CV-8)**

Esta es una válvula operada neumáticamente, tiene una sola puerta de entrada, su función es drenar el combustible del manifold despues de una parada.

#### **1.5.7.Valvula de drenaje del combustor (CV-7)**

Es una válvula operada neumáticamente, de apertura rápida, está amarrada a la presión de descarga del compresor axial.Su función consiste en asegurar que no haya acumulación de combustible líquido por cualquier causa, en las paredes del compresor .

#### **1.5.8.Valvula de aislamiento (CV-3D)**

Esta es una válvula, operada neumáticamente, permite la admisión de combustible a los combustores.

#### **1.5.9.Valvula de arranque (CV-2D)**

Esta válvula se abre para controlar el flujo de combustible, por un corto periodo en la ignición, para conseguir un buen encendido, también se abre en la transferencia de combustible de gas a líquido

#### **1.5.10.Valvula de alivio descarga bomba combustible diesel (RV-2)**

Su función es proteger a la bomba principal de combustible

#### **1.5.11.Bomba de drenaje de combustible.**

Esta es una bomba tipo engranaje movida por un motor eléctrico, suministra diesel desde el tanque de drenaje hasta el tanque de almacenamiento .

#### **1.5.12.Interruptores de nivel (LS-2L, LS-2H1)**

Son interruptores que controlan el funcionamiento de la bomba de drenaje, arrancando o parando el motor eléctrico.

### **1.5.13. Válvula de suministro aire de barrido (CV-21)**

Esta válvula se abre cuando se enciende el gas combustible, limpiando la línea de combustible líquido y los inyectores de diesel.

### **1.5.14. Válvula de aislamiento aire de barrido (CV-22)**

Esta válvula se abre para suministrar el aire de barrido a la línea de combustible líquido, cuando se enciende el gas combustible.

### **1.5.15. Válvula de venteo del aire de barrido (CV-23)**

Esta válvula se cierra cuando las válvulas de aislamiento y suministro están abiertas.

## **1.6. Sistema neumático.**

El esquema de control de la turbina a gas utiliza los siguientes dispositivos neumáticos.

### **1.6.1. Control - presión, gas de suministro (PC-5)**

Es del tipo autocontrolado, controla la presión del gas combustible por medio de una señal de realimentación.

### **1.6.2. Transmisor - presión, descarga bomba (PX-1)**

Este es un transmisor, que convierte la presión de la descarga de la bomba en una señal neumática, y transmite esta señal proporcional hasta el controlador de la presión, PC-1.

### **1.6.3. Controlador - presión, descarga bomba (PC-1).**

Este controlador tiene un resorte de polarización positivo (Bias) y un modo de control proporcional más integral(reset) PI. Su punto de control(set\_point), variable, es reajustado automáticamente por la descarga del compresor axial. Recibe una señal del proceso desde el transmisor que sensa la presión de descarga de la bomba PX-1, y establece la señal de salida que va hacia la válvula de control, CV-1, controlando de esta manera la presión deseada.

### **1.6.4. Posicionador de válvula.**

Los posicionadores son controladores proporcionales de posición, cuya función esencial es compensar los rozamientos que hay en el movimiento del vástago de la válvula, compara la señal que recibe desde el controlador con la posición que adopta el vástago de la válvula, y envía una señal de aire al servomotor ;también reduce el tiempo de transmisión de la señal en el lazo de control (evitando así condiciones de histéresis), las válvulas que utilizan posicionador son CV-1D, CV-1G, CV-2G, CV-9.

### **1.6.5. Cambiador de velocidad (Speed changer)**

Es un regulador neumático operado por un motor eléctrico de corriente continua, es usado para fijar el ajuste de velocidad del gobernador .

#### **1.6.6.Valvula de sangría del compresor (CV-6)**

Es una válvula operada neumáticamente, que impide fugas de la descarga del compresor axial.

#### **1.6.7.Transmisor-temperatura, gases de escape (TX-1)**

Una señal de milivoltios generada por las termocuplas localizadas en el ducto de escape (TE-3 A, B, C, D.), es traducida a una salida neumática en forma inversamente proporcional y transmitida al control de temperatura TC-1

#### **1.6.8.Controlador-temperatura, gases de escape (TC-1)**

Este controlador tiene un resorte de polarización positivo y su modo de control es proporcional más integral PI. Su punto de ajuste (set point), variable, es fijado automáticamente por la descarga del compresor axial a través de PX-4 y TC-2, recibe la señal del proceso desde el transmisor de temperatura de los gases de escape TX-1, y establece una señal de salida, la cual es transmitida a la barra límite de temperatura de la caja de control hidráulico, para impedir que la temperatura de los gases de escape se exceda del valor requerido, manteniendo así la temperatura de los gases de salida de los combustores en el valor deseado.

#### **1.6.9.Reguladores de presión**

Son usados como dispositivos que limitan la presión para la protección de los equipos, control de flujo y señales de control de carga, son en total 28 reguladores.

#### **1.6.10.Secador de aire**

Este secador se utiliza con el objeto de suministrar aire seco a todos los instrumentos neumáticos.

### **1.7. Sistema de suministro de aire**

El sistema de suministro de aire está diseñado para proveer, durante el ciclo de arranque aire, de instrumentos con múltiples propósitos, como atomización, embrague y para el arrancador neumático del motor diesel. En la condición de operación "Lista para carga", el aire de instrumentos es suministrado desde la descarga del compresor axial.

El aire de atomización es requerido para romper y atomizar el combustible diesel rociándolo en pequeñas partículas con el objeto de obtener una buena combustión. Los componentes que conforman este sistema son:

#### **1.7.1.Compresor de aire**

Es un compresor de tipo reciprocante, horizontal, sin aceite de lubricación, de dos etapas, desplazamiento positivo, movido por un motor eléctrico, sirve para mantener la presión del reservorio en el valor adecuado .



### **1.7.2. Reservorios de aire de alta y baja presión.**

La descarga del compresor es acumulada en los reservorios de alta y baja presión conectados con una válvula de regulación. El aire del reservorio de alta se utiliza para el aire del embrague, y el aire del reservorio de baja presión se utiliza para los instrumentos, atomización y el arrancador neumático.

### **1.7.3. Válvulas de alivio (RV-4, RV-5)**

Son válvulas de alivio actuadas por presión mantienen la presión de los reservorios por debajo de un valor máximo deseado.

### **1.7.4. Válvula reguladora-presión diferencial (CV-10)**

Este es un regulador de presión diferencial de una sola puerta, mantiene la presión del aire de atomización que va hacia los inyectores de combustible diesel en un nivel pre establecido mayor que la presión que hay en el casco del combustor

## **1.8. Interruptores de presión.**

Los interruptores de presión que se indican en las siguientes líneas son usados para asegurar una secuencia y protección de la turbina supervisadas en cualquier instante de operación. Los valores que aparecen dentro de paréntesis son los puntos de calibración en kg/cm<sup>2</sup> a menos que se indiquen otras unidades.

### 1.8.1.PS-1 (0.70 ; 0.95) Presión de aceite de control

Sus funciones son :

a.-Para la turbina si la presión del aceite de control cae por debajo del mínimo deseado

b.-Anuncia baja presión de aceite.

### 1.8.2.PS-2 (0.78 ; 0.65) Presión-aceite, del impulsor

Inicia la parada del motor diesel de arranque y lo desembraga de la turbina cuando ésta ha alcanzado una velocidad de autosuficiencia.

### 1.8.3.PS-3 (4.00 ; 4.50) Control de suministro de aceite de lubricación.

Controla la bomba auxiliar de aceite de lubricación:

a.-Según se va incrementando la velocidad de la turbina la bomba principal va suministrando aceite de lubricación y la bomba auxiliar será parada, el motor de la bomba auxiliar, automáticamente será desergenzado, cuando la presión del sistema es mantenido por la bomba principal

b.-Cuando la presión del sistema de aceite de alta presión cae por debajo de un valor de seguridad o cuando la turbina es parada la bomba auxiliar arranca automáticamente.

c.-Anuncia baja presión de aceite de alta presión.

**1.8.4.PS-4 (0.42 ; 0.70) Presión-aceite de lubricación de cojinetes**

Impide que el motor del engranaje de rotación, sea energizado con baja presión del aceite de lubricación.

**1.8.5.PS-5 (0.50 ; 0.60) Presión-aceite de impulsor**

Sus funciones son:

- a.-Inicia funcionamiento del cambiador de velocidad en la posición de subida.
- b.-Sensa la presión del aceite impulsor en el ciclo de arranque.

**1.8.6.PS-6 (21.8 ; 25.8) mmHg. Presión de salida del compresor axial.**

Sus funciones son:

- a.-Impide que la turbina sea reanunciada si la velocidad del rotor está cerca del 20% de la nominal, cuando ocurre una desaceleración debido a una parada.
- b.-Actúa como enclavamiento en circuito de ignición.
- c.-Actúa como enclavamiento en circuito de válvula solenoide de aislamiento de combustible.
- d.-Se cierra en la velocidad de ignición.
- e.-Energiza o desenergiza el motor del engranaje de rotación lenta.

**1.8.7.PS-7 (3.50 ; 3.90) Presión de disparo por sobrevelocidad**

Sus funciones son :

- a.-Impide la apertura de la válvula de disparo por sobrevelocidad cuando la presión del aceite no es suficiente ; también actúa en conjunto con el PS-6, para abrir la válvula de aislamiento cuando la presión del aceite permanece estable.
- b.-Para la turbina por sobrevelocidad al sentir pérdida en la presión del diafragma originado por acción de la válvula de disparo por sobrevelocidad

**1.8.8.PS-8 (3.80 ; 3.94) Presión- compresor axial**

Su función es :

Posicionar la válvula de sangría CV-6, del compresor como una función de la presión de descarga del compresor (3.8 Kg/cm<sup>2</sup> = 4300 R.P.M. , 3.94 Kg/cm<sup>2</sup> = 4400 R.P.M. )

**1.8.9.PS-9D (0.70 ; 1.00) Presión- manifold de diesel**

Este interruptor sensa la caída de presión en los inyectores de diesel; sus funciones son :

- a.-Para la turbina si la presión en los inyectores cae por debajo de su punto de ajuste, luego de que el período de calentamiento se ha completado.

b.-Actúa al anunciador si la presión cae por debajo del punto de ajuste, luego que el periodo de calentamiento se ha completado.

#### **1.8.10.PS-9GA (7.40 ; 7.9) Presión de gas combustible**

Proporciona una función de alarma cuando la presión del gas combustible cae por debajo del valor mínimo deseado.

#### **1.8.11.PS-9GB (6.40 ; 7.5) Presión de gas combustible**

Su función es suministrar una señal de disparo cuando la presión del gas combustible cae por debajo del valor mínimo deseado.

#### **1.8.12.PS-9GC (7.10 ; 7.8) Presión de gas combustible**

Su función es hacer la transferencia de combustible de gas a diesel cuando la presión del gas combustible cae por debajo del punto de ajuste.

#### **1.8.13.PS-11 (3.75 ; 3.5) Presión-aire de instrumentos**

Su función es suministrar una señal de alarma, si la presión del aire de instrumentos, cae por debajo del punto de ajuste.

#### **1.8.14.PS-14A (11.8 ; 12.3) Presión- aire de embrague**

Sus funciones son:

a.-Impide que se energice el circuito de arranque si la

presión de aire hasta el embrague está por debajo del punto de calibración (presión mínima para impedir deslizamientos).

b.-Desenergiza el relay master, parando la turbina, por pérdida de presión de aire por debajo del punto de regulación, durante el arranque.

#### **1.8.15.PS-14B (0.60 ; 1.00) Presión-aire de embrague**

Activa al anunciador:"Unit no rotating", si la presión del aire del embrague se pierde mientras este funcionando el engranaje de giro lento.

#### **1.8.16.PS-14C (12.50 ; 13.50) Presión del reservorio de aire de embrague.**

Suministra un enclavamiento para el circuito de arranque.

#### **1.8.17.PS-15A (0.35 ; 0.20) Aire de control de temperatura de gases de escape .**

Para la turbina cuando la temperatura de los gases de escape sube por encima del máximo deseado (0.35 = 360°C 0.20 = 460°C).

#### **1.8.18.PS-15B (0.95 ; 0.90) Aire de control de temperatura de los gases de escape**

Impide la sobreaceleración si la temperatura de los gases de escape está sobre el máximo deseado.

**1.8.19.PS-19 (0.25 ; 0.20) Aire- salida del cambiador de velocidad.**

Suministra una limitación a la presión del aire de salida del cambiador de velocidad.

**1.8.20.PS-20A (0.46 ; 0.78) Presión diesel de entrada a la bomba de combustible.**

Sus funciones son :

a.-Impide arrancar la unidad, cuando hay baja presión de succión.

b.-Anuncia baja presión de succión en la bomba.

**1.8.21.PS-20B (-4mt ; -2.5mt Col. agua) Presión de entrada a la bomba .**

Sensa la caída de presión del diesel de entrada a la bomba, sus funciones son:

a.-Para la turbina si la presión cae por debajo del punto de ajuste, mientras la bomba principal está funcionando o arrancando.

b.- Activa el anunciador si ocurre lo anterior.

**1.8.22.PS-22 (42.5 ; 45) Descarga de la bomba diesel**

Detecta que la presión de descarga de la bomba de diesel ha alcanzado un valor estable durante la transferencia de combustible de gas a diesel.

**1.8.23.PS-25 (2.0; 2.15) Presión- aceite del impulsor**

Asegura el paro del cambiador de velocidad a una velocidad muy cercana a la de sincronización.

**1.8.24.PS-26 (1.10 ; 1.00) Aceite de cojinetes**

Su función es la de enclavar el circuito de la bomba auxiliar de combustible.

**1.8.25.PS-34 (2.0 ; 1.5 ) Aceite-lubricación motor de arranque**

Para la turbina y al motor de arranque, cuando la presión de aceite de lubricación del motor diesel cae por debajo del mínimo deseado.

**1.8.26.PS-35 (6.50 ; 6.00) Presión-aceite convertidor de torque**

Para la turbina y al motor de arranque cuando la presión de aceite del convertidor de torque cae debajo del mínimo deseado.

**1.8.27.PS-36 (20 ; 18) Presión del reservorio de alta**

Es un control de arranque y parada del motor eléctrico del compresor de aire .

**1.8.28.PS-37 (5.5 ; 6.0) Presión - reservorio de baja**

Activa al anunciador : presión baja del aire de control.



## **1.9. Elementos de sensado y registro de temperatura**

Los elementos de sensado de temperatura son usados para asegurar una adecuada protección de la turbina, contra sobretemperaturas, en todo instante de operación. Es necesario hacer algunas aclaraciones acerca de los conceptos sobre temperatura utilizados en esta turbina

### **1.9.1.Consideraciones sobre temperatura en la turbina.**

La turbina a gas MITSUBISHI es operada con una temperatura de entrada nominal de 788°C (1450 °F) para carga base, y a 816°C (1500 °F) para carga pico, esta es la temperatura de balance de calor requerido para que la turbina produzca su carga máxima (de régimen). Sin embargo, en realidad la temperatura de entrada a la turbina es inferior a la temperatura de salida de los combustores, medida con las termocuplas, esto es perfectamente normal debido a que existe una estratificación de temperatura (es decir un perfil de temperatura) en la entrada de la turbina causado por los inherentes requerimientos del diseño del combustor y la separación necesaria para la expansión térmica de las partes calientes

Así la temperatura de salida del combustor no es un indicador confiable del rendimiento de la turbina a gas, su uso se entiende estrictamente como una protección

contra sobrettemperatura y posibles apagos de los combustores.

La proteccion de temperatura se ha hecho con el objeto de proteger a la unidad contra una mala funcion del sistema de combustion, originando que la maquina se sobrecaliente, como consecuencia de colapso del combustor, gran cantidad de liquido en el combustible gaseoso, o fallas en algunas partes de los inyectores que permite la entrada en exceso de combustible.

La temperatura de los gases de escape es, considerablemente, mas confiable que la temperatura de salida de los combustores por :

- La menor temperatura es medida mas facilmente.
- Existe menor estratificacion en el escape, debido a que la temperatura es medida en puntos del chorro de los gases de salida, en el ducto de escape, en donde ha ocurrido un mayor mezclado.

Por estas razones la temperatura de escape de la turbina es un evaluador mas confiable del rendimiento de la turbina. Para una temperatura ambiente dada, presion barometrica, ductos limpios, la temperatura de escape indicada es una funcion de la velocidad y la carga. El control de temperatura de escape es usado para limitar la temperatura nominal de entrada a la turbina .

#### 1.9.1.1. Condiciones de arranque.

Cuando la turbina a gas arranca, las temperaturas que a continuación se indican no deben ser excedidas:

-Temperatura de salida de los combustores 700°C

-Temperatura de gases de escape de la turbina 460°C

Si se alcanza cualesquiera de los valores indicados, ocurrirá una parada automática de la turbina. El personal operativo debería tener la habilidad para arrancar y acelerar la turbina a gas con temperaturas de salida de los combustores que no excedan los 600°C, si la regulación de los controles es correcta, de lo contrario se tendrá que hacer alguna acción correctiva

#### 1.9.1.2. Operación con carga

La operación en cualquier tiempo diferente al arranque debe estar acondicionada (ajuste de carga) de tal manera que las siguientes temperaturas no sean excedidas :

-Temperatura de salida de los combustores 900°C

-Temperatura de gases de escape de la turbina 460°C

Cualesquiera de estos límites de temperatura deben ser observados independientemente uno del otro y la ocurrencia de estos límites es una atención para que el personal de operación deba tomar las acciones necesarias para reducir la carga .

### **1.9.1.3. Procedimiento seguido luego de una parada por sobretemperatura**

Cuando la turbina es parada por cualquier falla de sobretemperatura, las partes de altas temperaturas deben ser inspeccionadas visualmente para verificar el daño, el procedimiento recomendado es :

- a.-Retirar todas las canastillas de los combustores e inspeccionar los daños.
- b.-Inspeccionar las piezas de transición en su lugar.
- c.-Inspeccionar los alabes estacionarios y rotativos de la turbina, retirando la carcasa o parte del manifold de escape.

Antes de que otro arranque sea ejecutado, una sévera investigación deberá realizarse para determinar la causa de la parada por sobretemperatura .

### **1.9.2.Registrador de altas temperaturas TR-1**

Hace un barrido automático de las termocuplas de salida de los combustores, de los gases de escape y de la salida del compresor axial, los puntos registrados son los siguientes:

Número	Descripción
TR-1	-1 Gas de salida del combustor número 1
	-2 Gas de salida del combustor número 2
	-3 Gas de salida del combustor número 3
	-4 Gas de salida del combustor número 4
	-5 Gas de salida del combustor número 5
	-6 Gas de salida del combustor número 6
	-7 Aire de salida del compresor
	-8 Gas de escape

Interruptores, suministrados para la protección de la turbina, están montados, como contactos, en la parte posterior del registrador y son los siguientes

- TS-1 Actúa si la temperatura registrada sobre cualquier combustor, excede los 920°C, durante el funcionamiento con carga, para la turbina .
- TS-2 Actúa si la temperatura de los gases de salida de los combustores supera los 900°C, produce una señal de alarma
- TS-3 Actúa si la temperatura registrada sobre cualquier combustor excede los 700 °C, durante el proceso de arranque, para la turbina.
- TS-4 Actúa si la temperatura excede los 600 °C, habrá una señal que impide que el cambiador de velocidad siga incrementando su señal de salida hacia el gobernador

- **TS-5** (Combustor apagado) SI la subida de temperatura de cualquier combustor no alcanza los 110°C dentro de un tiempo fijado por el temporizador 2TS-5, luego de la ignición, la turbina será parada por este interruptor.

Durante el arranque y operación con carga normal, si se apagase cualquier combustor, este interruptor dará una señal de parada a la turbina .

### 1.9.3.Registrador de bajas temperaturas TR-2

Sensa la temperatura del aceite lubricante, los puntos registrados son los siguientes :

Numero	Descripción
TR-2 -1	Aire de entrada al compresor
-2	Aceite de salida del enfriador de aceite
-3	Aceite de entrada al enfriador de aceite
-4	Aceite de descarga de los cojinetes de la turbina (lado turbina)
-5	Aceite de descarga de los cojinetes de la turbina (lado compresor)
-6	Aceite de descarga a través de los cojinetes
-7	Aceite de descarga del engranaje reductor
-8	Aceite de descarga del engranaje reductor
-9	Aceite de descarga del coginete del generador
-10	Aceite de descarga del coginete del generador
-11	Aceite de descarga del coginete de la excitatriz

Los interruptores de temperatura incorporados, en la parte posterior de este registrador son :

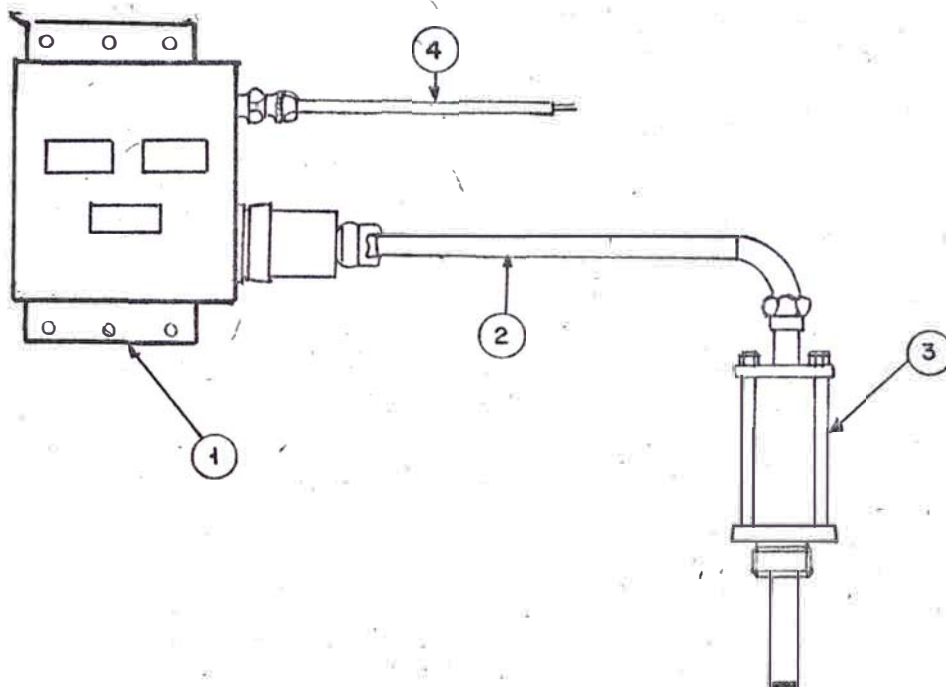
- TS-6 Actúa si la temperatura del aceite de suministro a los cojinetes llega a los 80 °C, para a la turbina.
- TS-7 Actúa si la temperatura del aceite de suministro a los cojinetes llega a los 60 °C, señala alarma.
- TS-9 Actúa si la temperatura del aceite de descarga de los cojinetes alcanza los 80 °C, señala alarma.
- TS-8 Actúa si la temperatura del aceite de descarga de los cojinetes llega a 100 °C, para la turbina.

#### 1.10. Sistema de ignición

Este sistema de ignición es un equipo que combina un excitador de ignición operado por la descarga de un capacitor de baja tensión y una bujía, tiene un rendimiento muy superior a los sistemas de ignición de alta tensión

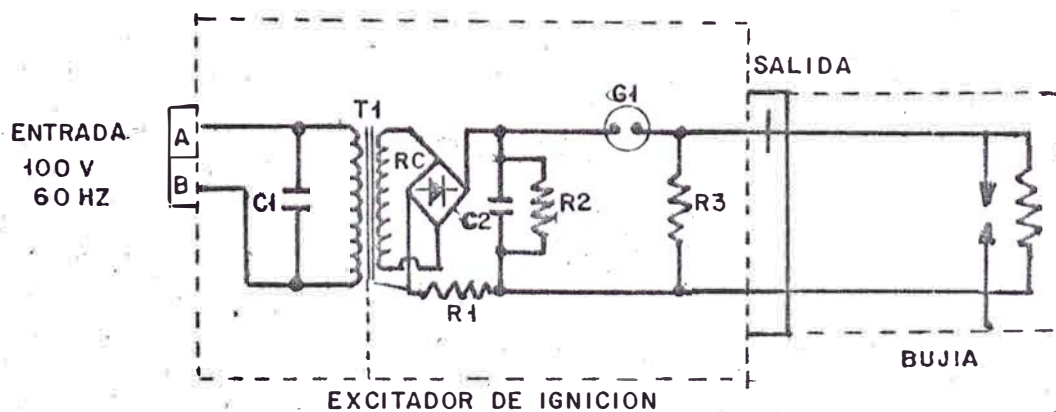
Consta de los siguientes componentes, acoplados como se muestra en la Fig. 10, (a).

<u>No</u>	<u>Descripción</u>
(1)	Excitador de ignición
(2)	Cable secundario
(3)	Bujía
(4)	Cable primario



Nº	DESCRIPCION
1	EXCITADOR.
2	C. SECUNDARIO
3	BUJIA
4	C. PRIMARIO

(a) DISPOSICION DE COMPONENTES



(b) CIRCUITO ELECTRICO

FIG.10 SISTEMA DE IGNICION



### 1.10.1 Excitador de ignición

Un sistema de descarga de baja tensión ha sido adoptado para este modo de ignición, chispas potentes pueden ser obtenidas al usarlo con bujías. Está libre de las fallas de los sistemas de alta tensión, y tiene un rendimiento mucho mayor, ha sido diseñado particularmente para turbinas a gas.

#### a.-Características particulares.

- |                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| 1.-Voltaje de entrada requerido | : 100 A.C 50/60HZ.   |
| 2.-Corriente de entrada         | : 2, Amps máximo.    |
| 3.-Voltaje almacenado           | : 2000V D.C.         |
| 4.-Energía almacenada           | : 2 Joules (nominal) |
| 5.-Velocidad de chispa          | : 6chispas/sec(min.) |
| 6.-Temperatura ambiente         | : -10°C, +70°C       |
| 7.-Régimen de tiempo            | : 10 minutos         |
| 8.-Dimensiones                  | : 190, 180, 85, mm   |
| 9.-Peso                         | : 6.0Kgs.            |

#### b.-Circuito eléctrico y su operación

Referencia la Fig. 10 (b).

Cuando 115 V.A.C. es aplicado a la entrada, el voltaje es elevado por un transformador (T1), la corriente rectificada en 1/2 onda por el rectificador (CR1) y la energía es almacenada en el capacitor (C2).

La luz de descarga (G1) se fija para un voltaje de descarga de 2000 V. (valor estándar); cuando el

potencial eléctrico del capacitor (C2) alcanza el voltaje de descarga, (G1) es ionizado y el voltaje de (C2) es aplicado a la bujía a través de (G1).

Una pequeña corriente fluye sobre la superficie del semiconductor existente entre los dos electrodos de la bujía ionizando el aire, produciéndose así la descarga.

- R1: Controla el tiempo de carga del capacitor C2.
- R2: Descarga capacitor C2 cuando no trabaja.
- R3: Protege el circuito eléctrico cuando la bujía está en circuito abierto
- C1: Absorbe variaciones de voltaje de la fuente de energía.

Se recomienda chequear el excitador de ignición una vez por año cuando es usado bajo condiciones normales, así mismo tener el cuidado de aplicar voltaje única y exclusivamente cuando estén conectados el cable secundario y la bujía

### **1.10.2. Bujía**

Esta bujía ha sido diseñada para ser usada con un excitador que tenga 2 julios de energía almacenada, tiene un semiconductor entre electrodos y tiene un rendimiento muy bueno en la eficiencia y duración de la chispa.

**a.-Características particulares.**

- 1.-Voltaje de chispa : 1200 VDC Máximo
- 2.-Operación :: El pistón empieza a operar cuando presión de aire de 0.3-0.6 Kg/cm<sup>2</sup> es aplicada
- 3.-Temperatura ambiente 650°C (máximo)

**b.-Operación.**

Cuando el voltaje es aplicado a través de los electrodos, una pequeña corriente fluye por la superficie del semiconductor, la cual ioniza el aire que hay entre los dos electrodos produciéndose la descarga y generándose chispas de bajo voltaje y alta corriente.

**1.10.3.Cable secundario**

Ha sido diseñado para ser usado conectado a un excitador de ignición, que tiene un sistema de descarga de capacitor de baja tensión y una bujía, es decir, es el transmisor de la energía.

**a.-Características particulares.**

- 1.Resistencia de aislamiento 500 Mg Mínimo(500 VDC)
- 2.Ruptura dieléctrica 4.5Kv durante 5 mints.
- 3.Estabilidad térmica 200°C Máximo.

#### **b.-Precauciones.**

- 1.-Chequear una vez por año, debido a su construcción especial.
- 2.-Reparar el cable usando cinta de silicona o cinta de vidrio si el caucho exterior de aislamiento está roto y el tubo flexible es expuesto al medio ambiente.
- 3.-Reemplazarlo con uno nuevo si se observa que el hilo de la tuerca está deformado o deteriorado.
- 4.-Reemplazarlo con uno nuevo si su resistencia de aislamiento es menor que 100Mg, cuando 500 V.D.C. es aplicado.
- 5.-Reemplazar con uno nuevo si ocurre rotura dieléctrica cuando 4.5KV.D.C. es aplicado por un período de 5 minutos entre un conductor (en cualesquiera de los sockets de ambos lados del cable) y el metal exterior (tuerca o pantalla).

#### **1.10.4.Cable primario.**

Es un cable de energía el cual es usado para suministrar el voltaje de entrada desde la fuente de poder al sistema de ignición.

#### **a.-Características particulares**

- 1.-Ruptura dieléctrica : 500V.A.C. durante 1 minuto.
- 2.-Estabilidad térmica : 70°C Máximo.

**b.-Precauciones**

Chequear una vez por año y reemplazar si cualquiera de los siguientes defectos son observados.

- 1.-Ocurre rotura dieléctrica cuando 500 V.A.C.es aplicado por 1 minuto entre los dos conductores interiores.
- 2.-Aislamiento exterior es roto y los conductores interiores estan expuestos al medio ambiente.
- 3.-Bornes del conector estan inservibles.

**1.10.5.Cuidados y precauciones**

- a.-No golpear la bujía fuertemente por que puede producir la rotura del semiconductor, haciéndola inservible
- b.-Carbon remanente sobre la superficie del semiconductor no es causa de falla, pero se debe retirar si se observa que hay demasiado sobre la superficie del semiconductor.
- c.-Si se observa que la coneccion está manchada con aceite, carbon u otros, limpiar con paños remojados en tricloro, etileno, porque pueden producirse fugas eléctricas por las manchas.

### 1.11. Sistema de monitoréo de vibraciones

El monitor de vibraciones es un instrumento diseñado para la supervisión de las condiciones de operación de la Turbina y también suministra señales de alarma y de disparo cuando las vibraciones, sensadas por los dos transductores (pick-ups) exceden los valores previamente fijados.

Conforman el sistema los siguientes equipos:

- Dos transductores (pick-up), tipo VP-7509 = SE-1/2
- Un control de vibraciones, tipo FV-2 = SX-1
- Un filtro pasa alto, tipo FH-70 = SX-1A
- Un registrador, tipo ER-72-4032 = SR-1

Los transductores: SE-1 montado en el lado de la turbina y SE-2 montado en el lado del reductor principal, producen un pequeño voltaje en mVrms cuya amplitud es directamente proporcional a la amplitud y frecuencia de la vibración, estas señales son integradas y pasadas por un filtro pasa alto en el filtro SX-1A de donde salen señales con una amplitud que es proporcional solamente a la amplitud de la vibración, las salidas del filtro son amplificadas y procesadas en el control de vibraciones SX-1 de donde salen convertidas en mV D.C. para alimentar al registrador de vibraciones SR-1, el cual imprime en forma continua el valor de las vibraciones sensadas. En la Fig. 11 se muestra el diagrama funcional del sistema

de monitoréo de vibraciones, a continuación se hace una breve descripción de los componentes

#### 1.11.1. Transductores de vibraciones SE-1/2.

El transductor de vibraciones tipo VP-7509, es un dispositivo que consiste de dos piezas : una base y un cabezal.

La base contiene a un pedestal babitado que está en contacto con el eje de la turbina, y el cabezal aloja a la bobina del tranductor la cual está rodeada de un imán permanente

El tranductor ha sido calibrado en la fábrica para obtener una señal de 200 mVrms con una vibración de 0.2500 mm y a una frcuencia de 82 Hz

#### -Características

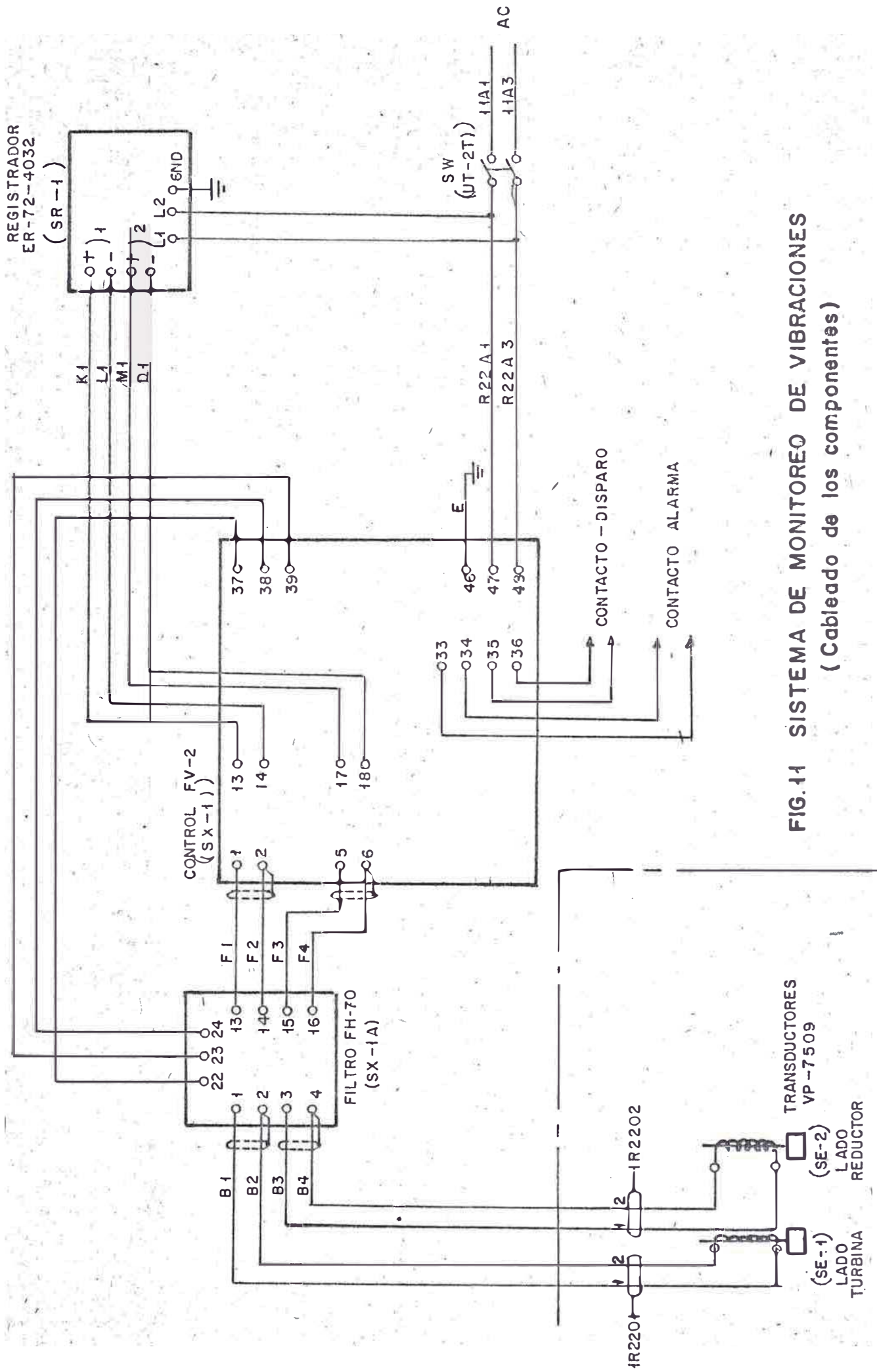
Tipo : VP-7509

Rango(doble amplitud) : 0 - 0.250 mm

Salida : 200 mVrms (82 Hz) / 0.250 mm

Vibración Voltaje salida (82 Hz)

mm	mVrms
0.000	0.0
0.050	40.0
0.100	80.0
0.150	120.0
0.200	160.0
0.250	200.0



**FIG.11 SISTEMA DE MONITOREO DE VIBRACIONES**  
 (Cableado de los componentes)



### 1.11.2. Filtro SX-1A

Contiene dos tarjetas una para cada canal de entrada, su función es integrar y filtrar la señal sensada por los transductores

El filtro permite el paso de las señales que tengan frecuencias superiores a la frecuencia de corte, que para nuestro caso es de 70 Hz, con una atenuación de 6 dB/oct.; las señales con frecuencias menores que la frecuencia límite son atenuadas en 18 dB/octava. La frecuencia de corte está determinada por la velocidad crítica de la turbina, que es 4200 R.P.M.

#### --Características

Tipo **PH-70**

Frecuencia de corte 70 Hz

Salida :

Frecuencia	Gainancia
Hz	dB
10	44.0
20	-26.5
40	3.5
70	6.2
100	3.5
140	0.0
200	-3.4

### 1.11.3. Control de vibraciones SX-1

Contiene el circuito amplificador, la tarjeta de prueba, la fuente D.C. y los relés que actúan para indicar, por medio de lámparas de señalización, cuando se produce una alarma o disparo si el nivel es mayor que el valor pre fijado para cada amplificador .

Las señales filtradas son alimentadas a cada amplificador del control en donde son amplificadas y convertidas en una señal en mV D.C., las que alimentan al registrador.

#### -Características

Tipo	: FV-2
Entrada	: 0 - 200 mVrms a 82 Hz
Punto de prueba	: 0.050 mm
Punto de alarma	: 0.070 mm
Punto de disparo	: 0.120 mm
Salida	: 2.5 - 40 mV.D.C.

Entrada	Salida
mVrms	mV.D.C.
0.0	2.5
40.0	10.0
80.0	17.5
120.0	25.0
160.0	32.5
200.0	40.0

#### 1.11.4.Registrador de vibraciones SR-1.

El registrador es usado para medir y registrar la vibración mecánica del rotor de la turbina en el rango de 0 a 0.250 mm (10 mils) doble amplitud, tiene dos plumas la pluma roja que registra las vibraciones sensadas por SE-1 y la pluma verde las sensadas por SE-2.

#### -Características

Tipo : ER-72-4032  
 Entrada : 2.5 - 40 mV.D.C.  
 Escala de la carta : 0 - 0.250 mm

Entrada	Registro
mV.D.C.	mm
2.5	0.000
10.0	0.050
17.5	0.100
25.0	0.150
32.5	0.200
40.0	0.250

## **1.12. Generador**

### **1.12.1. Características**

- Maxima potencia salida : 24,188 KVA- 19, 350 KW(13°C)
- Voltaje : 13,200 V.
- Corriente : 1058 A.
- Factor de potencia : 0.8 (atrazo)
- Frecuencia : 60 HZ
- Velocidad : 3600 R.P.M.
- Fases : 3
- Excitatriz : 250 V. 85 KW sin escobillas
- Especificación : JEC114
- Tipo : Ventilación abierta, soporte doble, acoplado a la Turbina con engranaje de reducción.

### **1.12.2. Consideraciones de diseño**

El rotor es cilíndrico forjado en una sola pieza de acero de alto grado, tiene anillos de retención y sopladores centrífugos en ambos lados.

El material del núcleo del estator está hecho de láminas de acero al silicio de bajas pérdidas acopladas por medio de cuñas y amortiguadores no magnéticos.

Las bobinas del estator son de dos capas y están conectadas en estrella, los conductores consisten de varios hilos doblemente cubiertos de pequeña sección transversal y entrelazados en la terminación de la bobina con el objeto de minimizar las pérdidas de corriente se

ha aplicado un tratamiento de impregnación al vacío y aislamiento clase "B".

Tiene un sistema de ventilación multirradial con el objeto de igualar la distribución de temperatura axial en el estator, el rotor es enfriado a través de huecos de venteo radial y ranuras de ventilación.

El rotor está soportado por medio de dos cojinetes ubicados en ambos lados de la estructura del estator está previsto aislamiento para la corriente del eje.

La temperatura del bobinado del estator se hace por medio de seis termorresistencias exploratorias ( Pt de 50 ohm en 0°C ) introducidas entre los lados superior e inferior de la bobina

Cuenta con un calentador de espacio, con un total de 5.4KW, en el estator y la excitatriz que impide la condensación de la humedad, en los periodos de parada.

Emplea un sistema de excitación sin escobillas, el cual tiene un excelente comportamiento en cuanto a la confiabilidad, seguridad y mantenimiento.

Está provisto un filtro de aire, compuesto de 20 elementos, facilmente cambiables, en la entrada del aire de enfriamiento, todo el conjunto se muestra en la Fig.

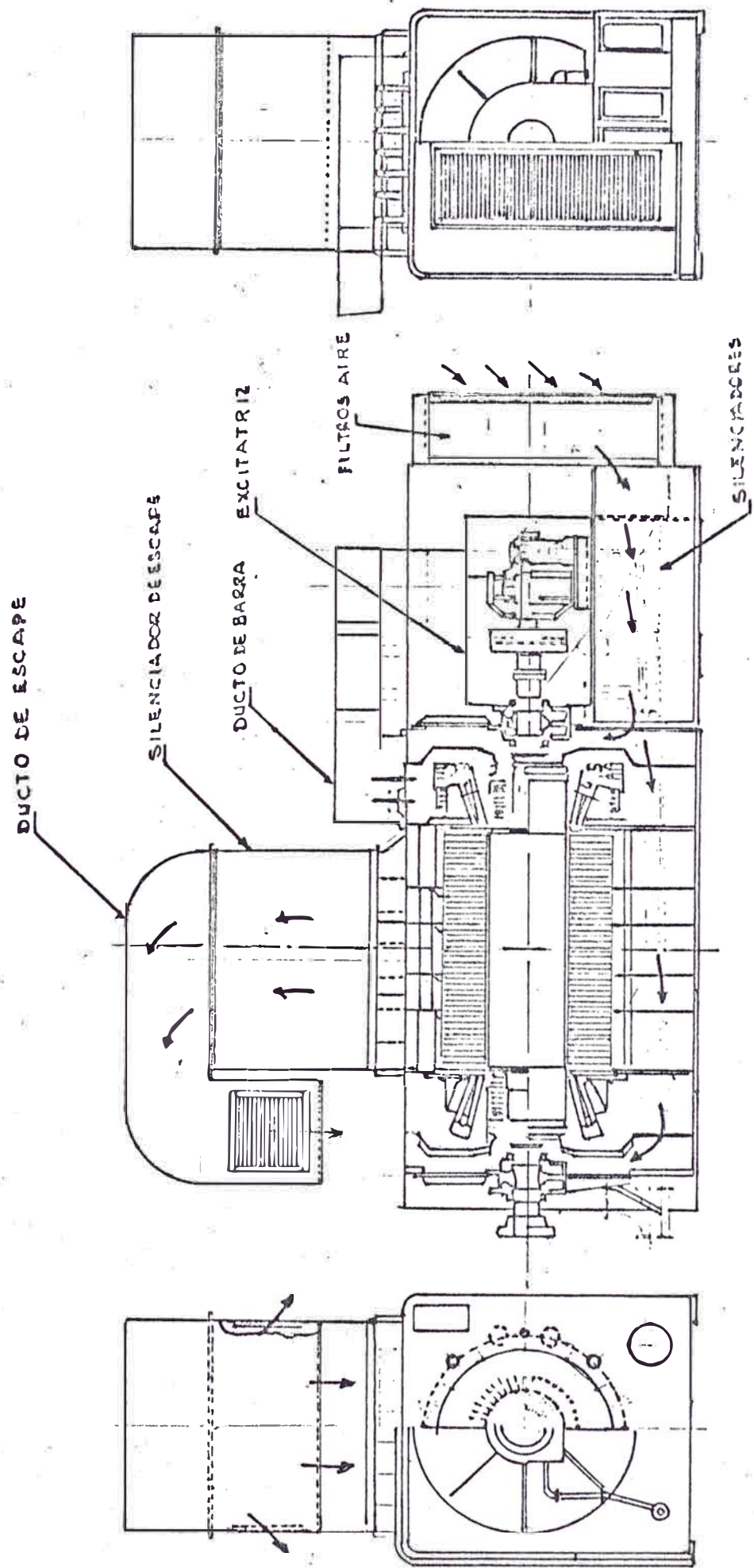


FIG. 12 VISTA DEL GENERADOR

### 1.13. Excitatriz.

El generador utiliza un excitador sin carbones la Fig. 13 muestra el principio del sistema de excitación sin carbones. La salida del rotor es rectificada por los diodos montados en el disco rotatorio y alimenta al campo del generador A.C. por medio de los conductores axiales que pasan a través del eje.

El disco rotatorio, la armadura de la excitatriz A.C. y el campo principal del generador están montados sobre un solo eje, esto permite eliminar los carbones, los conmutadores y los anillos rozantes. La corriente del campo de la excitatriz A.C. es alimentada desde los transformadores instalados en los cables de la salida principal, y es controlada por el regulador automático de voltaje (AVR) tipo thiristor

La Fig. 14 muestra una vista seccional del excitador, el eje en su parte terminal, está soportado por el pedestal. Los sensores del tacómetro de velocidad del generador están instalados en la parte final del eje, en el otro lado del eje está la brida de acoplamiento con el eje del generador, los conductores de salida del rectificador rotatorio pasan la brida de acoplamiento a través de dos ranuras tipo cola de paloma, es muy fácil inspeccionar el pedestal y los fusibles montados sobre el rectificador a través de las ventanas de vidrio por ambos lados de la cubierta, calentadores de espacio están montados dentro

de la cubierta para protección contra el deterioro de la resistencia de aislamiento cuando la máquina está parada.

### **1.13.1. Ventajas del generador sin carbones.**

#### **a.-Alta confiabilidad de funcionamiento**

Elimina los problemas asociados con los anillos rozantes o conmutadores, elimina el polvo de carbón y disminuye la posibilidad de bajo aislamiento a tierra, elimina el reostato de campo, el interruptor del generador A.C., y el cableado entre los conductores de salida del excitador y el campo del generador A.C..

#### **b.-Seguridad**

Contribuye a la seguridad y continuidad de operación al eliminar la necesidad de cambiar los carbones bajo condición de carga, y/o parar el equipo para este cambio.

#### **c.-Reducción de los costos de mantenimiento.**

Reduce los costos de mantenimiento al eliminar los carbones, conmutadores y anillos rozantes.

#### **d.-Gran capacidad.**

Aprovechables en rangos de hasta 6, 000 KW para excitar generadores con capacidades por encima de 1250 MVA



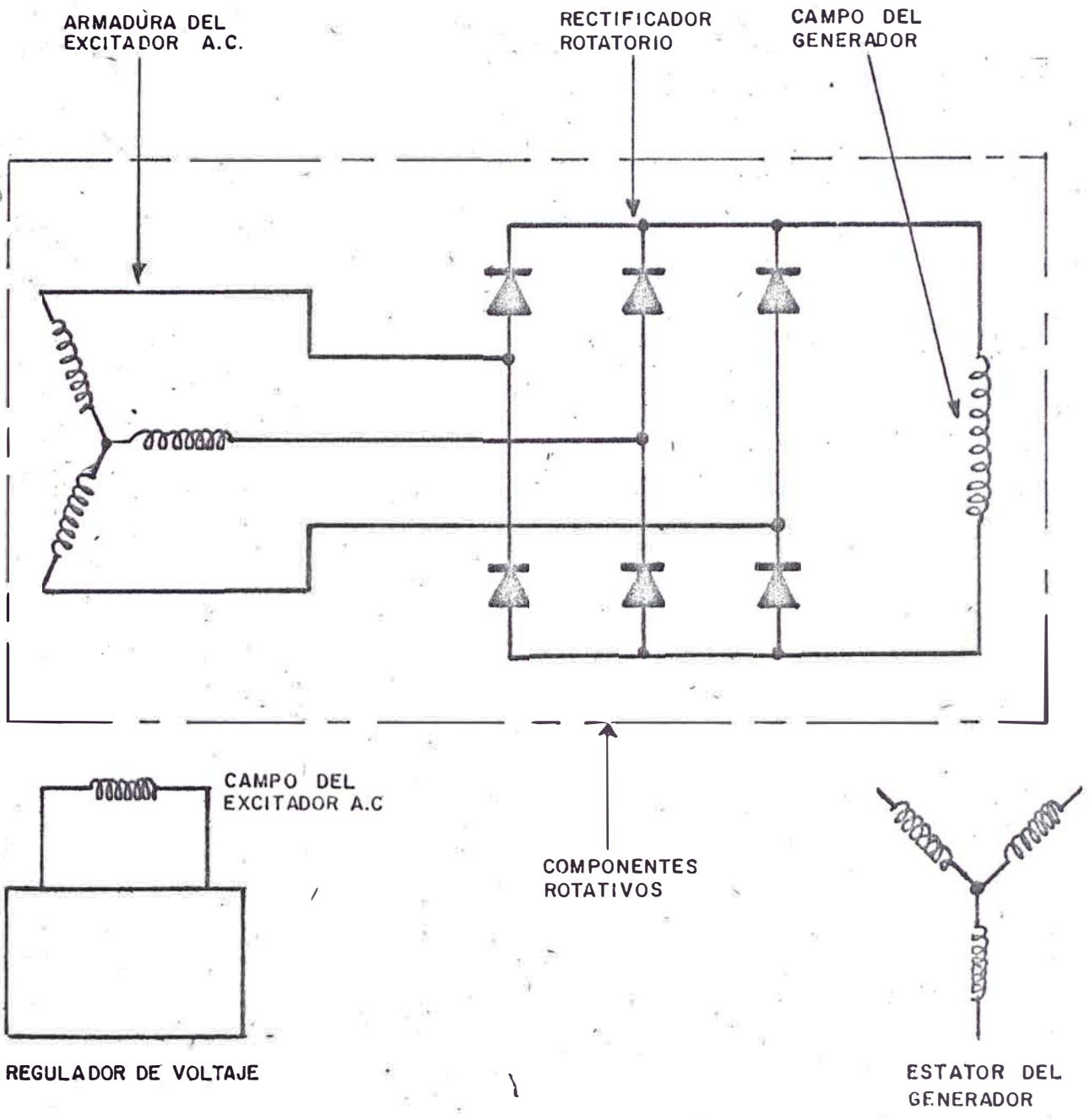


FIG.13 PRINCIPIO DE LA EXCITACION SIN ESCOBILLAS

### 1.13.2. Especificaciones de la partes principales

#### a.-Excitador A.C.

Tipo	:	Horizontal, polos salientes armadura rotaria
Nº Polos	:	8
Nº Fases	:	3
Clase de aislamiento	:	B

#### b.-Rectificador rotatorio

Tipo	:	Rectificador de silicio
Conexión	:	Trifásico, rectificación onda completa

#### c.-Diodo de silicio.

Tipo	:	Mitsubishi SR-200 24.
Voltaje inverso pico-repetitivo (VRRM)	:	1200 V.
Voltaje inverso pico transitorio (VRSM)	:	1500 V.
Corriente directa (IF(AV))	:	240 A
Maxima corriente pico en un ciclo(IFSM)	:	400 A
Temperatura de almacenaje (Tstg)	:	-40/+150°C
Temperatura de operación (Ti)	:	-40/+150°C
Frecuencia de operación (F)	:	1000 Hz
Torque de ajuste (T)	:	500 Kg-cm
Corriente de fuga inversa prom.(IR(AV))	:	30 ma
Caida de voltaje directo (VF)	:	1.2 V.
Resistencia térmica	:	0.25 °C/W

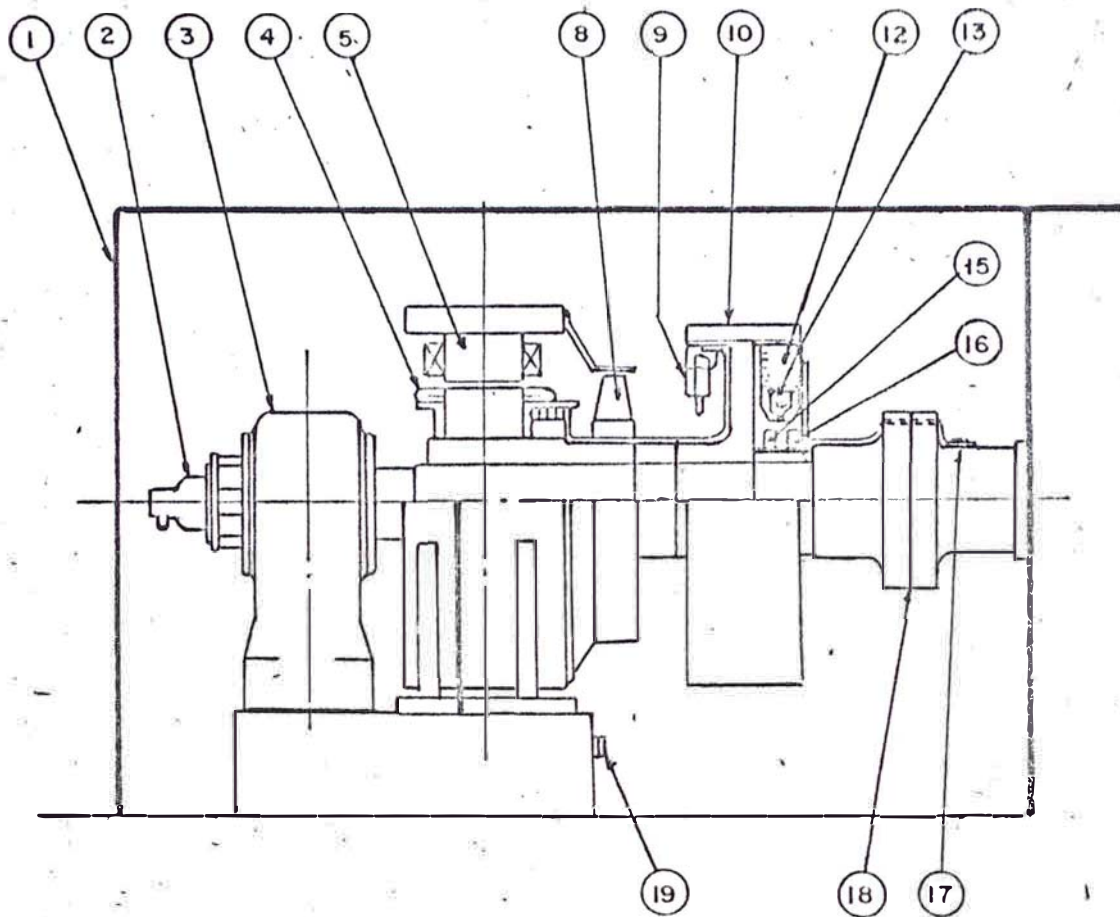
**c.-Fusible de alta velocidad con indicador**

Corriente nominal : 400 A

Corriente de apertura : 1200 A, 1sec.

**d.-Resistor**

Resistencia nominal : 3000 ohm



Nº	DESCRIPCION
1	CUBIERTA
2	TACOMETRO
3	PEDESTAL
4	ARMADURA
5	CAMPO
6	SOPLADOR
9	FUSIBLE
10	DISCO RECTIFICADOR
12	DISIPADOR
13	DIODO SILICIO
15	ANILLO COLECTOR (-)
16	ANILLO COLECTOR (+)
17	CONECTOR RADIAL
18	BRIDA ACOPLE
19	CALENTADOR

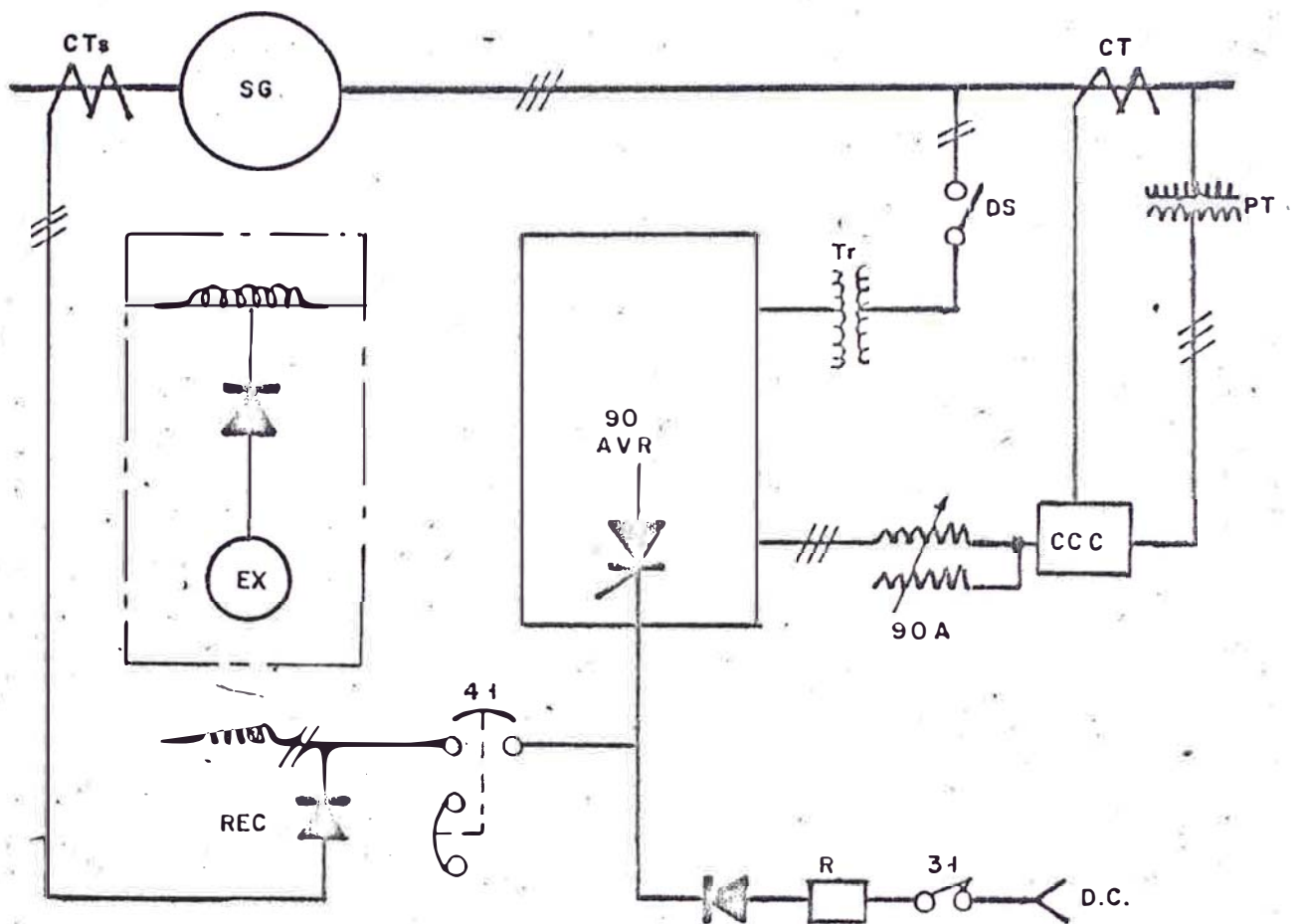
FIG. 14 VISTA DE CORTE DE LA EXCITATRIZ

#### 1.14. Regulador automático de voltaje.

El regulador automático de voltaje, es pequeño en comparación con otros equipos, tiene una gran capacidad de regulación, emplea tiristores de alta calidad que tienen una excelente respuesta.

En la Fig. 15 se muestra el diagrama básico con los componentes que forman el sistema de control de la corriente de excitación. Los generadores síncronos requieren corriente D.C. en su circuito de campo, en el sistema de excitación sin escobillas la energía es suministrada desde los rectificadores de silicio montados sobre el mismo eje del generador, la corriente D.C. en el campo del excitador A.C. tiene dos componentes, la corriente de la salida del AVR (obtenida de la salida del generador principal) y la corriente desde los transformadores de corriente de excitación CTs (proporcional a la corriente de carga). La corriente de salida del AVR es controlada por el voltaje de entrada desde el transformador de potencial PT o el transformador de corriente CT en el circuito de sensado y el fijador de voltaje 90A, con el objeto de mantener el voltaje del generador en el valor pre-fijado.

En caso de falla de corto circuito en el sistema de distribución, el voltaje en los terminales del generador y por ende en la entrada al AVR disminuirá, perdiéndose la corriente del campo del generador, con el objeto de



SIMB	DESCRIPCION
SG	GENERADOR SINCRONO
EX	EXCITATRIZ
AVR	REGULADOR AUTOMATICO DE VOLTAJE
CCC	COMPENSADOR CORRIENTE CRUCE
90	FIJADOR DE VOLTAJE
41	INTERRUPTOR DE CIRCUITO DE CAMPO
31	CONTACTOR EXCITACION INICIAL
CT	TRANSFORMADOR CORRIENTE
PT	TRANSFORMADOR POTENCIAL
TR	TRANSFORMADOR EXCITACION

FIG. 15 CONTROL DE CORRIENTE DE EXCITACION

mantener esta corriente en forma sostenida se ha empleado los transformadores de corriente de excitación, el valor de esta corriente está determinado por el grado de saturación de los transformadores( CTs)

En caso de una operación en paralelo con un sistema de gran potencia u otros generadores, se emplea un compensador de corriente de cruce con el objeto de repartir la potencia reactiva del sistema.

A continuación se hace la descripción de las partes principales.

#### **1.14.1.Regulador automatico de voltaje 90 AVR.**

El AVR es el elemento más importante del control del generador, características formales y estables son indispensables para una operación adecuada del generador, su salida es controlada automáticamente en relación a la señal de entrada desde el circuito de sensado (secundario del PT). En la Fig. 16 se muestra el circuito de este dispositivo y en el cual se pueden distinguir los siguientes componentes

##### **a.-Circuito de sensado.**

Este circuito determina el valor de la corriente de control del doblador tipo amplificador magnético, la tensión de entrada es rectificadas en onda completa por SR-10, el cual lo suministra al puente compuesto por Z1, Z2, R11, R12, la magnitud del voltaje

rectificado determina la magnitud y dirección de la corriente de control.

**b.-Dispositivo de disparo tipo zener- ZPM.**

Todo circuito de disparo de tiristores controla el ángulo de fase del pulso que se aplicará entre la compuerta(G) y el cátodo(C), por voltaje o corriente, en nuestro sistema se emplea el disparo tipo zener el cual es más simple y confiable.

La parte principal de este, es el doblador tipo amplificador magnético compuesto por 1X, 1D, 2D. El diodo zener Z el cual está formado por dos diodos conectados en serie inversamente, transforma el voltaje sinusoidal en un voltaje rectangular el cual es suministrado a 1X, el transformador de pulsos 2X, genera pulsos que tienen una diferencia de 180 °C entre sí en los terminales G1-C1 y G2-C2, estos pulsos son suministrados entre la compuerta y el cátodo de los tiristores originando su disparo, la Fig. 17 muestra las diferentes formas de onda.

E1: Voltaje entre AC1-AC2 (voltaje de entrada)

E2: Voltaje de suministro al Amp. Mag. entre 1-32

E3: Voltaje entre 1-2 cuando la salida del Amp-magnético es la mitad del máximo y la parte sombreada se ha aplicada al transformador de pulsos

E4-E5: Son pulsos de voltaje en el secundario del transformador de pulsos entre G1-C1 y G2-C2



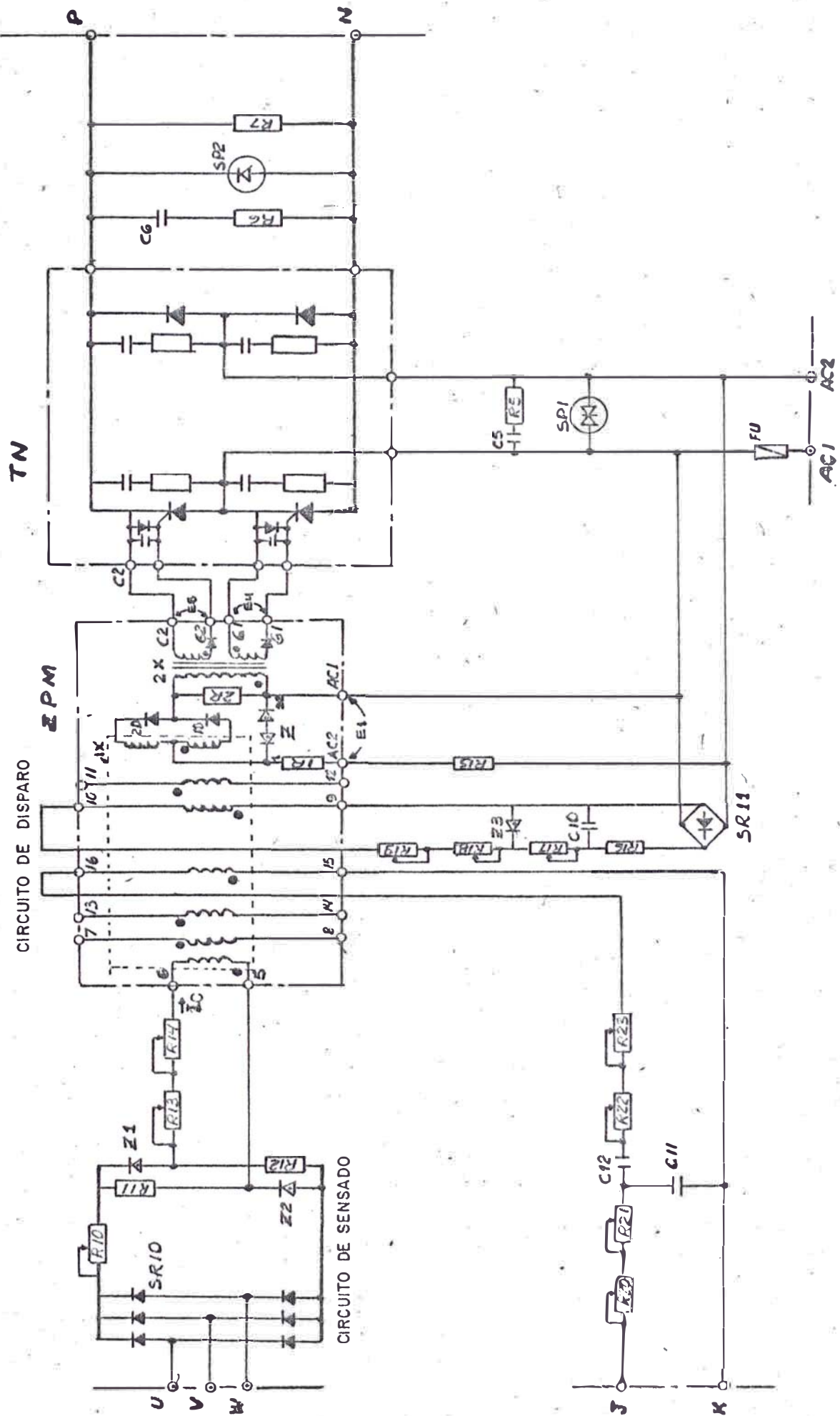
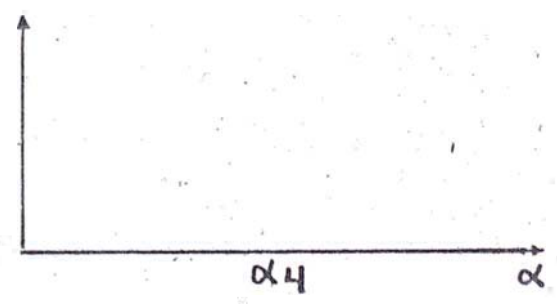
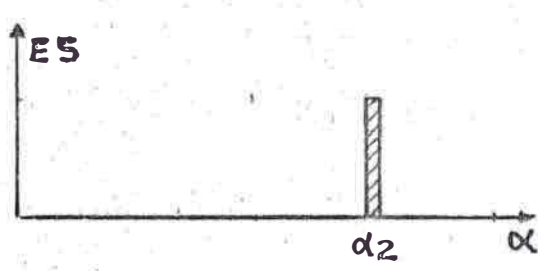
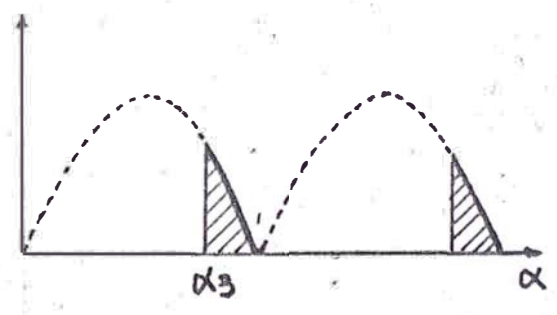
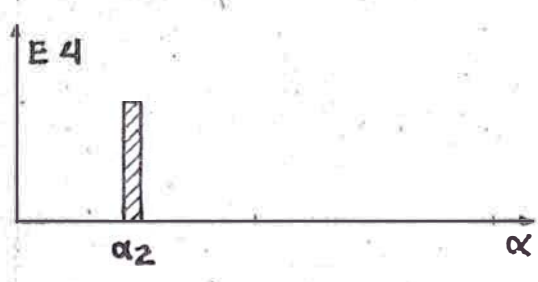
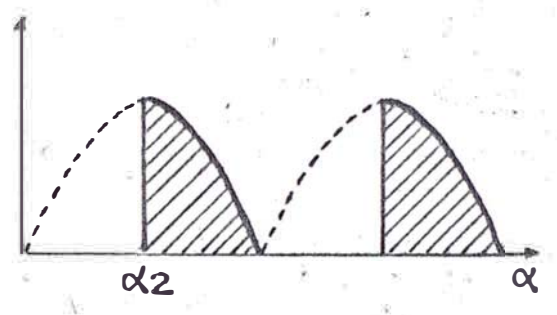
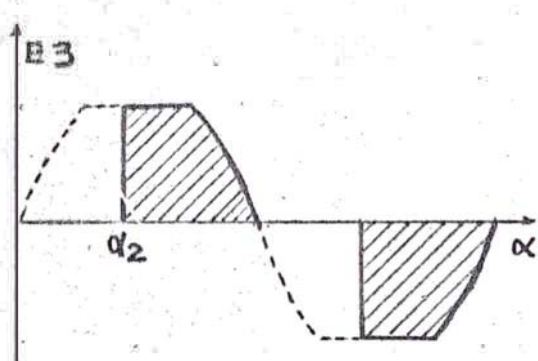
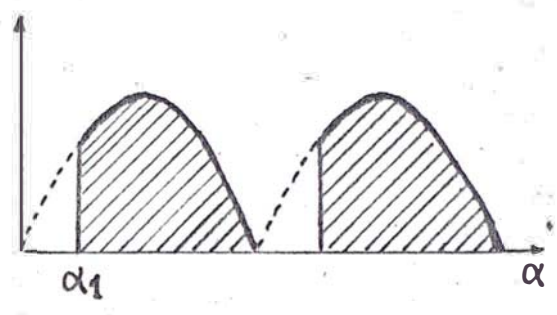
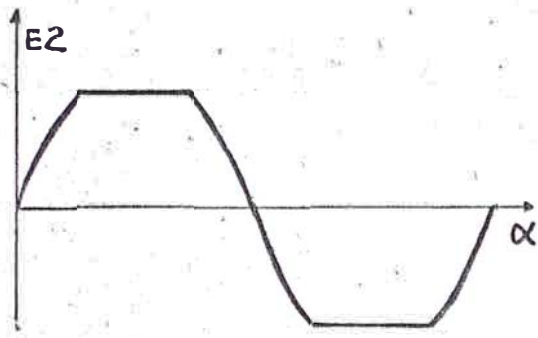
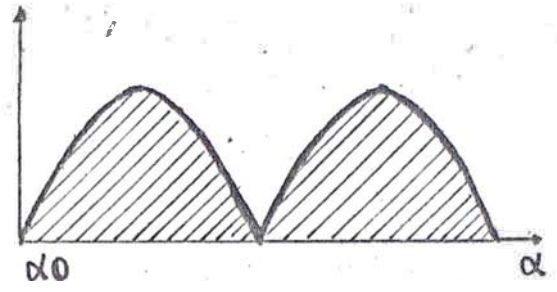
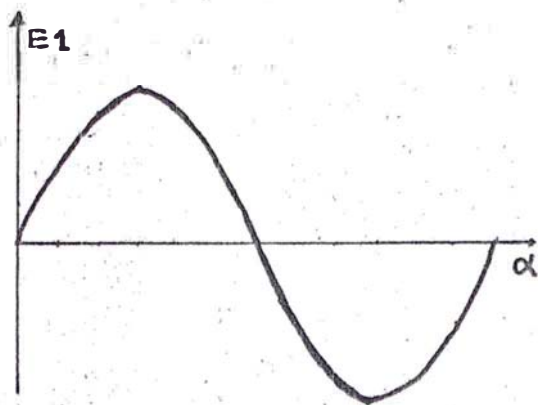


FIG. 16 REGULADOR AUTOMATICO DE VOLTAJE



(a) DISPOSITIVO DE DISPARO

(b) VOLTAJE DE SALIDA

FIG. 17 FORMAS DE ONDA - AVR

### **1.14.2.Fijador de voltaje**

El fijador o ajustador de voltaje establece el valor final del voltaje del generador, operado por motor eléctrico, el cual permite efectuar la regulación desde un control remoto y/o automático, está compuesto de varias partes ensambladas en una sola estructura.

- Regulador de voltaje por inducción IVR (trifásico).
- Motor de operación (tipo FK, 50W, 110Vdc, 1700RPM).
- Interruptor de límite.
- Contactor magnético.
- Resistor.

### **1.14.3.Compensador de corriente de cruce- (CCC)**

Con el objeto de asegurar la operación, en paralelo, de dos o más generadores en forma estable es necesario que cada generador comparta la potencia reactiva del sistema de acuerdo a su capacidad, el compensador de corriente de cruce es usado para dar una característica de caída en proporción a la corriente reactiva del generador.

El compensador de corriente de cruce hace que el voltaje desde el PT se incremente o disminuya, aparentemente, en relación al factor de potencia, esto es, con un factor de potencia igual a uno no es necesario una compensación, pero en factores de potencia en atraso (menores que uno), el CCC aplica al voltaje del PT, un voltaje proporcional a la corriente de atraso y el AVR recibe este voltaje

resultante, el cual produce el mismo efecto como si el voltaje del generador se hubiese incrementado. Por el contrario, en factores de potencia en adelanto, el CCC hace más pequeño al voltaje de entrada al AVR, originando en consecuencia que el AVR reaccione para incrementar el voltaje del generador.

#### **1.14.4. Transformadores de corriente de excitación - CTs**

Los CTs de excitación suministran potencia, al campo del excitador, proporcional a la corriente de carga del generador. El grado de saturación determina el valor de la corriente de corto circuito que puede sostenerse, en cambios abruptos de carga estos CTs pueden suministrar la energía de excitación proporcional a estos cambios, mejorándose de esta manera la rapidez de respuesta en comparación con otros sistemas que no tienen CTs de excitación.

#### **1.14.5. Interruptor de circuito de campo - 41E**

En caso de una falla de la Turbina, se hace necesario desconectar el campo del generador tan rápido como sea posible, para este propósito el interruptor del circuito de campo 41E es empleado como se muestra en la Fig. 15. es decir cortando la salida del AVR y cortocircuitando a los CTs de excitación y al campo del excitador.

#### **1.14.6.Fijador de voltaje manual-90M.**

En caso de una falla en el AVR, el voltaje del generador puede fijarse con un regulador manual, para lo cual se tiene un selector que permite la operación en forma "Manual" o en forma "Automática". En una operación manual, el control de la corriente de campo del excitador puede ser ejecutado con el regulador de voltaje 90M y el rectificador REC. Cuando el generador está trabajando en paralelo es importante tener mucho cuidado de distribuir adecuadamente la potencia reactiva, debido a que el equipo ha perdido su capacidad automática de regulación.

#### **1.14.7.Excitación inicial - 31.**

En forma general, la mayoría de los generadores tienen magnetismo remanente, que permite generar algunos cuantos voltios, pero en los excitadores sin escobillas es difícil subir el voltaje por sí mismo, de tal manera que la excitación inicial es necesario, y esto se logra activando un contactor magnético hasta que el voltaje en el generador este entre el 80% y 90 % del valor nominal, después del cual el AVR controlará en forma automática la subida de voltaje.

## II

### TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACION DEL SISTEMA DE CONTROL Y GENERACION

Las técnicas y procedimientos de calibración desarrollados en el presente trabajo son producto de:

- La experiencia adquirida en el desempeño de mi función como supervisor de mantenimiento en las áreas de electricidad e instrumentación en la Empresa Petróleos del Perú.
- Informaciones contenidas en reportes de Mantenimientos Generales efectuados por Ingenieros Extranjeros.
- Parámetros de diseño del fabricante e informaciones contenidas en los catálogos de los diferentes equipos que conforman el sistema de control.

## **2.1. Actividades y trabajos ejecutados durante el mantenimiento general**

Estas se desarrollan desde un día antes de que la unidad sea parada, solicitando al operativo arrancar la turbina, en presencia del personal que tendrá a cargo la responsabilidad de ejecutar los trabajos del mantenimiento general, con el objetivo de registrar parámetros como : tiempo de arranque, descarga del compresor axial, presión de control, presión del aceite del impulsor, presión del aire de salida del cambiador de velocidad, desplazamiento de las válvula de estrangulamiento, salida del control PC-6, salida del control PX-3 y temperaturas de salida de los combustores en función del tiempo ; los valores de estos parámetros servirán como referencia para las regulaciones en la etapa final de la puesta en servicio.

Las principales actividades ejecutadas durante el mantenimiento general de los turbogeneradores, referidas a los equipo de generación y control, las podemos agrupar en dos áreas : Instrumentación y Electricidad.

### **2.1.1. Instrumentación**

- Revisión, mantenimiento y calibración de las válvulas de control (ver 2.2.1.)
- Prueba estática del control de presión de descarga de la bomba de combustible diesel (ver 2.2.1.1.)

- Revisión, mantenimiento y calibración de la válvula de estrangulamiento de combustible diesel CV-11D  
(ver 2.2.1.2.)
- Revisión, mantenimiento y calibración del control de presión del gas combustible PC-5 (ver 2.2.1.3)
- Revisión estática del control de arranque con gas  
(ver 2.2.1.4.)
- Revisión, mantenimiento y calibración de la válvula de estrangulamiento de combustible gas CV-11G  
(ver 2.2.1.5.)
- Revisión, mantenimiento y calibración del control de presión del aceite lubricante
- Regulación de la presión y purga de la línea del aire de atomización
- Revisión, mantenimiento y calibración de los instrumentos indicadores como manómetros, termómetros, integradores
- Limpieza y eliminación de fugas de la línea de aire de señal de la presión de descarga del compresor axial
- Mantenimiento al secador de aire y boyas de drenaje de líquido
- Revisión y verificación de las características de la caja de control hidráulico (ver 2.2.2.)
- Revisión estática del control de temperatura de los gases de entrada a la turbina TC-1 (ver 2.2.3.)
- Revisión, mantenimiento y calibración del control de temperatura del aceite lubricante TC-5 (ver 2.2.4.)
- Revisión, mantenimiento y calibración de válvulas de seguridad y alivio (ver 2.2.5.)



- Prueba del sistema de disparo por sobrevelocidad  
(ver 2.2.6.)
- Verificación de los sensores, mantenimiento y calibración de los registradores de temperatura (ver 2.2.7.)
- Mantenimiento y calibración de los interruptores de presión (ver 2.2.8.)
- Mantenimiento y calibración del cambiador de velocidad  
(ver 2.2.9.)
- Revisión, mantenimiento y calibración de reguladores de aire (ver 2.2.10.)
- Revisión, mantenimiento y calibración de interruptores de nivel (ver 2.2.11.)
- Revisión y mantenimiento de interruptores de posición  
(ver 2.2.12.)
- Revisión, mantenimiento y calibración del sistema de monitoreo de vibraciones (ver 2.2.13.)
- Verificación del monitor e interruptores de velocidad  
(ver 2.2.14.)
- Revisión y mantenimiento de las válvulas solenoides  
(ver 2.2.15.)

**2.1.2.Electricidad.**

- Mantenimiento al generador y disyuntor principal  
(ver 2.2.16.).
- Mantenimiento a la excitatriz (ver 2.2.17.)
- Mantenimiento a los motores de los equipos auxiliares y cubículos del centro de control de motores (ver 2.2.18.)
- Mantenimiento y calibración de los relés de protección del generador (ver 2.2.19.)
- Mantenimiento al control local de la turbina y prueba del anunciador (ver 2.2.20.)
- Revisión de secuencia y cronométraje de temporizadores (ver 2.2.20.)
- Mantenimiento y prueba estática del regulador automático de voltaje (ver 2.2.21.)
- Prueba del sistema de ignición (ver 1.10.)

## 2.2. Procedimientos de calibración y registro de los valores finales de control

### 2.2.1. Valvulas de control.

Todas las válvulas de control, excepto las válvulas CV-6, CV-11D, CV-11G, deben ser retiradas e inspeccionadas en el Taller de Instrumentación en donde se les debe hacer las siguientes pruebas

- a.-Prueba hidrostática del cuerpo de la válvula en posición abierta.
- b.-Prueba de estanqueidad de la prensa estopa en posición abierta.
- c.-Prueba de estanqueidad de la válvula en posición cerrada la que permitirá detectar anomalías entre el tapón y el asiento.
- d.-Prueba del funcionamiento de la válvula en la cual se comprobará : punto inicial de arranque, linealidad entre la posición del vástago y la presión en el actuador, carrera del vástago y prueba con el posicionador si es que lo tuviese.

En la TABLA N<sup>o</sup> 1 se registran los valores de la presión del aire y/o aceite de suministro, la carrera con los puntos de calibración en las posiciones extremas, el N<sup>o</sup> local y la función de cada válvula.

**TABLA No 1 - RELACION DE LAS VALVULAS DE CONTROL.**

No LOCAL	NOMBRE	CALIBRACION (Kg/cm <sup>2</sup> )	FUNCION
CV-1D	Regulador de presión combustible diesel	(1) ver 2.2.1.1.1. (2) 0.4 (abierto) 2.0 (cerrado)	Regula la presión de la descarga de la bomba
CV-1G	Regulador de presión del gas	(1) ver 2.2.1.3. (2) 0.2 (cerrado) 1.0 (abierto)	Regula la presión del gas de suministro a la turbina
CV-2D	Valvula de llenado de diesel	0.2 (cerrado) 1.0 (abierto)	Se usa en los arranques con diesel y en las transferencias de gas a diesel
CV-2G	Valvula de arranque combustible gas	(1) ver 2.2.1.4. (2) 0.2 (cerrado) 1.0 (abierto)	Opera en un funcionamiento de la unidad con gas
CV-3D	Valvula de aislamiento combustible diesel	0.2 (cerrado) 1.0 (abierto)	Impide el flujo de combustible a los combustores
CV-3G	Valvula de aislamiento combustible gas	1.8 (cerrado) 3.0 (abierto)	Impide el flujo de combustible a los combustores
CV-4D	Valvula disparo so- brevelocidad -diesel	3.8 (abierto) 0.6 (cerrado)	Impide el paso de combustible cuando se produce una condición de falla
CV-4G	Valvula disparo so- brevelocidad-gas	3.8 (abierto) 0.6 (cerrado)	Impide el paso de combustible cuando se produce una condición de falla

Continuación....

Nº LOCAL	NOMBRE	CALIBRACION (Kg/cm2)	FUNCION
CV-6	Valvula de sangría del compresor	0.4(cerrada) 1.2(cerrada)	Impide desfogues del compresor a velo- cidades mayores que 4400 RPM
CV-7	Valvula de drenaje de los combustores	.035(abierta) .35(cerrada)	Drena el combustible de las cámaras luego de una parada normal
CV-8	Valvula de drenaje de manifold de diesel	0.2(abierta) 1.0(cerrada)	Drena combustible del manifold, se cierra a las 900 RPM.
CV-9	Control temperatura del aceite	0.2(cerrada) 1.0(abierta)	Controla la temperatura del aceite lu- bricante en 40°C antes del enfriador
CV-10	Regulador de presión aire de atomización	2.2Kg/cm2	Mantiene constante la presión diferen- cial del aire de atomización
CV-11D	Valvula de estrangulamiento- diesel	Ver 2.2.1.2.	Controla el flujo de combustible diesel como una función de la presión de sali- da del aceite de control
CV-11G	Valvula de estrangulamiento-gas.	Ver 2.2.1.5.	Controla el flujo de combustible gas como una función del aceite de control
CV-12	Regulador de presión aceite lubricante.	Fija 7.5Kg/cm2	Mantiene la presión alta del aceite lu- bricante, durante el arranque
CV-13	Regulador de presión aire de suministro.	Fija 22Kg/cm2	Regula la presión del aire en el tanque de alta

Continuación....

N <sup>o</sup> LOCAL	NOMBRE	CALIBRACION (Kg/cm2)	FUNCION
CV-14	Valvula de emergencia; de sobrepaso	Fija 1.0Kg/cm2	Suministra aceite a los cojinetes en caso de emergencia
CV-21	Valvula de suministro aire de barrido	0.2(cerrada) 1.0(abierta)	Suministra aire barrido a línea diesel, máquina está operando a gas
CV-22	Valvula de aislamien- to -aire de barrido	0.2(cerrada) 1.0(abierta)	Suministra aire barrido a línea diesel, máquina está operando a gas
CV-23	Valvula de venteo aire de barrido.	0.2(abierta) 1.0(cerrada)	Ventea aire de barrido a la atmósfera, la máquina está operando a gas
CV-24	Valvula de suministro aire de barrido.	0.2(cerrada) 1.6(abierta)	Suministra aire barrido a línea de gas, la máquina opera a diesel
CV-25	Valvula de aislamien- to-aire de barrido	0.2(cerrada) 1.6(abierta)	Suministra aire barrido a línea de gas, la máquina está operando a diesel
CV-26	Valvula de venteo aire de barrido	0.2(abierta) 1.0(cerrada)	Ventea aire de barrido a la atmósfera, la máquina está operando a diesel

### 2.2.1.1. Control de presión de descarga de la bomba de combustible diesel.

Este lazo de control, mostrado en la Fig. 18 controla la presión de descarga de la bomba de combustible diesel, durante el proceso de arranque, para fijar los puntos de calibración de los diferentes componentes se sigue el siguiente procedimiento:

#### a.-Verificación del funcionamiento de válvula CV-1D.

Posicionador		Carrera del vástago
Entrada	Salida	
0.2 Kg/cm <sup>2</sup>	0.4 Kg/cm <sup>2</sup>	0% (cerrada-00mm)
1.0 Kg/cm <sup>2</sup>	2.0 Kg/cm <sup>2</sup>	100% (abierta-25mm)

Con 0 Kg/cm<sup>2</sup> en el posicionador y la bomba funcionando fijar y enganchar el manubrio de la CV-1D para obtener 13 Kg/cm<sup>2</sup> en la descarga de la bomba.

#### b.-Calibración del transmisor de presión de descarga de la bomba de combustible, PX-1.

Entrada	Salida	Calibración
0 Kg/cm <sup>2</sup>	0.2 Kg/cm <sup>2</sup>	Cero.
50 Kg/cm <sup>2</sup>	0.6 Kg/cm <sup>2</sup>	(Verific.)
80 Kg/cm <sup>2</sup>	1.0 Kg/cm <sup>2</sup>	Alcance

#### c.-Calibración del transmisor de presión de descarga del compresor axial, PX-3.

-El tornillo de ajuste del relé de límite bajo instalado entre el regulador R-12 y PX-3, debe estar completamente fuera para la verificación de PX-3.

Entrada (R-12)	Salida (PX-3)	Calibración
0.10 Kg/cm <sup>2</sup>	0.33 Kg/cm <sup>2</sup>	Cero
0.90 Kg/cm <sup>2</sup>	0.70 Kg/cm <sup>2</sup>	Alcance

Luego de esta prueba, reajustar el relé de límite bajo para mantener 0.33Kg/cm<sup>2</sup> en la salida de PX-3 con una entrada de 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> en el regulador R-12.

**d.-Fijación del controlador de la presión de descarga de la bomba de combustible diesel PC-1.**

-Colocar el selector de acción en la posición de acción directa

-Fijar

Banda Proporcional - 60%

Tiempo Integral = 0.2minutos

Resorte de Polarización en un punto tal que la presión indicada en el manómetro del punto de consigna se iguale a la presión que sale del capacitor de volumen VC-2.

**e.-Calibración del límite superior de la presión de descarga.**

-Con una presión de entrada de 1.Kg/cm<sup>2</sup> a R-12, calibrar el regulador de aire R-11 para, limitar el punto de consigna del controlador PC-1 a 0.7Kg/cm<sup>2</sup>, es decir a 50 Kg/cm<sup>2</sup> en la descarga de la bomba.

-En la Fig. 19 se muestra en forma gráfica la relación que existe entre los ajustes de los instrumentos que conforman este lazo de control.



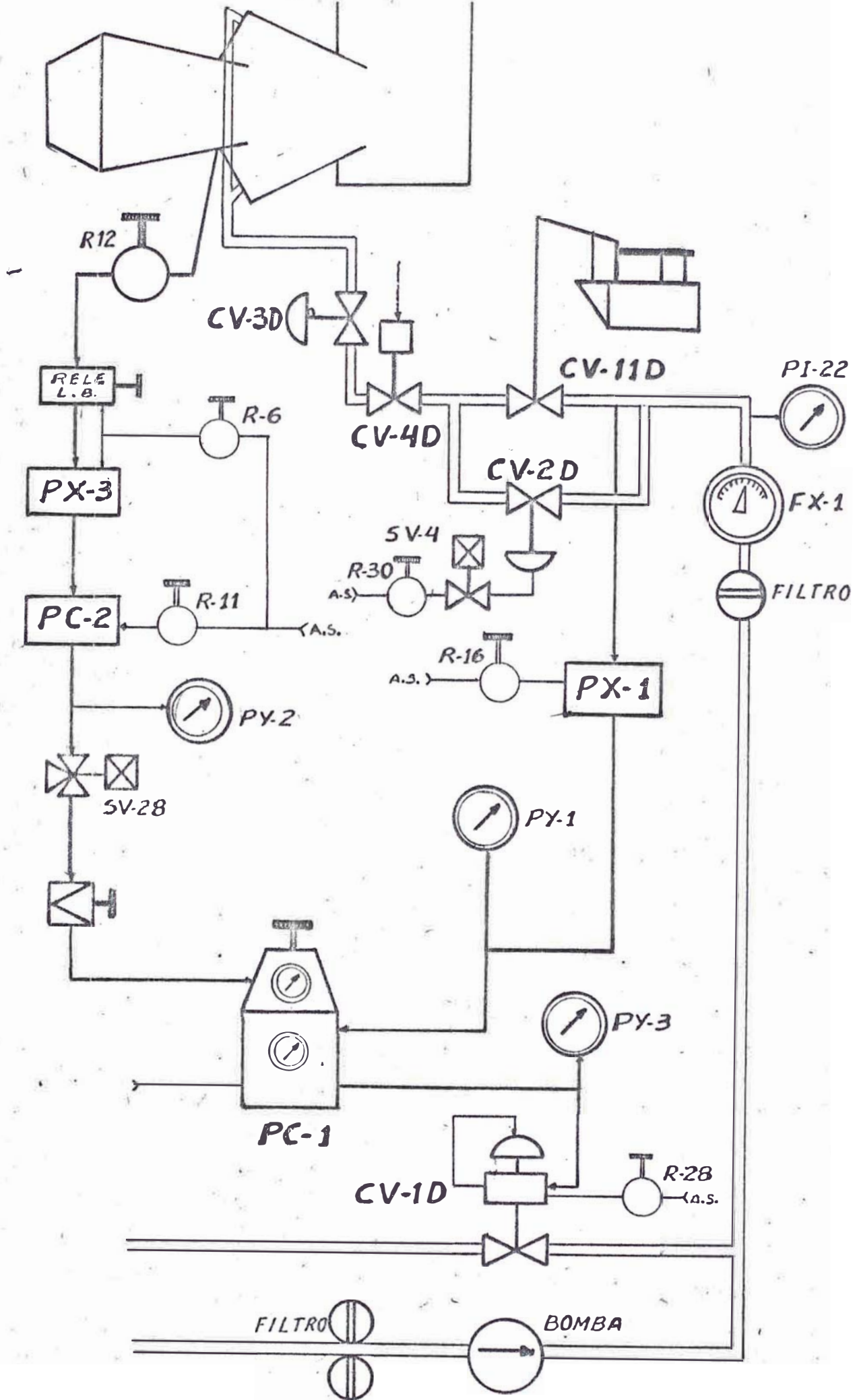


FIG.18 LAZO DE CONTROL DE PRESION DE DESCARGA-BOMBA DIESEL

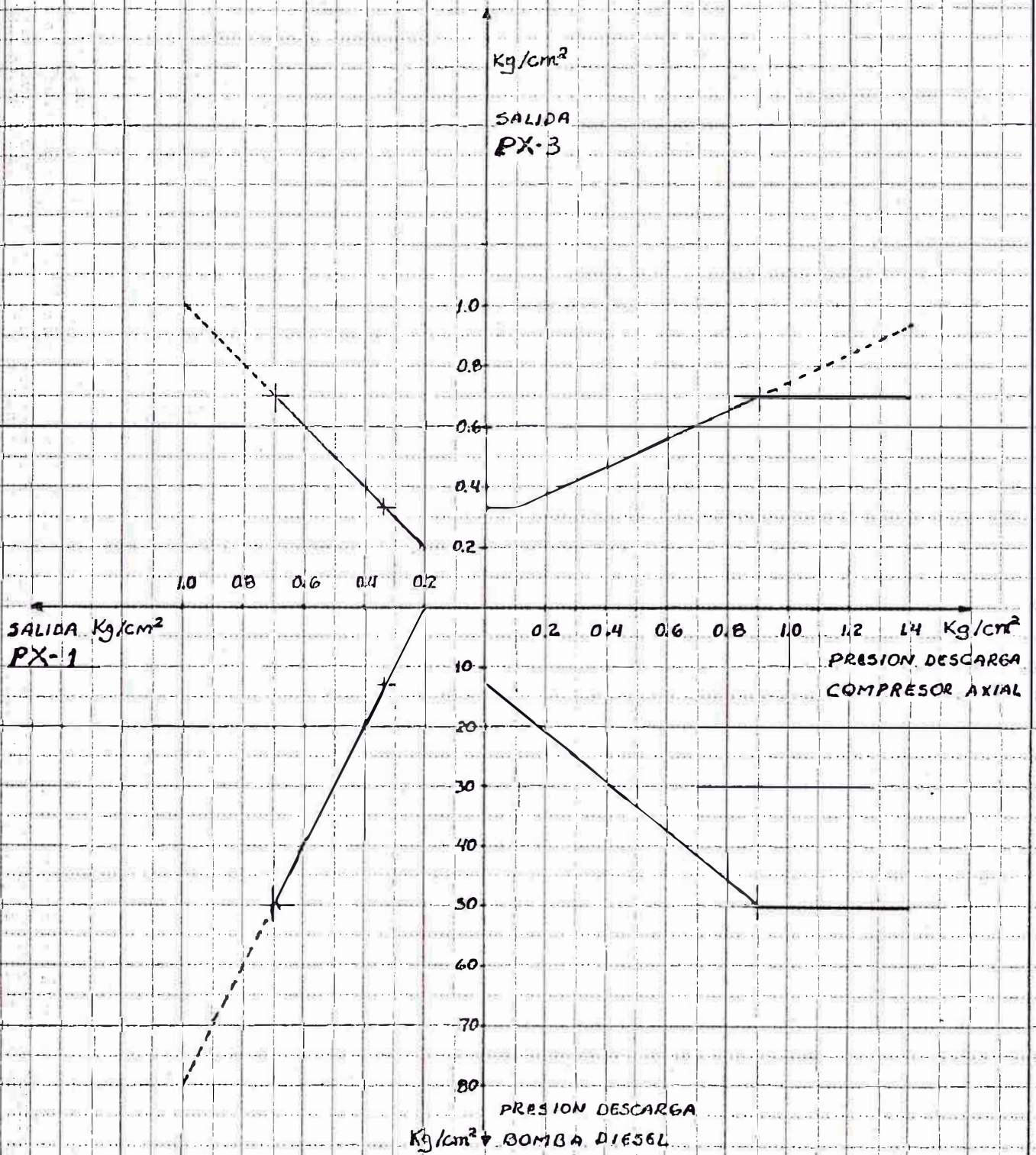


FIG. 19 CONTROL DE PRESION DE DESCARGA - BOMBA DIESEL

### 2.2.1.2. Calibración de válvula de estrangulamiento CV-11D y servomotor, comustible diesel.

Para ejecutar esta calibración es necesario operar la turbina en el modo "Spin" es decir, impulsada únicamente por el motor primo, hasta que la presión del aceite de alta alcance los 7.0 Kg/cm<sup>2</sup>, luego realizar los siguientes pasos

#### a.-Apertura inicial

Fijar la apertura inicial en 2.3 mm con una presión de 7.0 Kg/cm<sup>2</sup> indicada en PI-5 (aceite de alta presión) y de 0.0 Kg/cm<sup>2</sup> indicada en PI-7 (aceite de control).

#### b.-Servomotor

-Tener como referencia el diagrama de la Fig. 4

Presión -control (PI-7)	Apertura de válvula
1.30 Kg/cm <sup>2</sup>	0.0 (2.30) mm
2.80 Kg/cm <sup>2</sup>	20.9 (23.2) mm

-Ajustar la tuerca del límite inferior (19), de manera que el vástago inicie su movimiento con una presión de control de 1.3 Kg/cm<sup>2</sup>, tener presente que la presión inicial aumenta o disminuye según se ajuste la tuerca hacia abajo o hacia arriba respectivamente.

-Para obtener la apertura de la válvula en función de la presión del aceite de control como se estipula líneas arriba se ajusta la posición de la guía (18) y del rodillo (17).

-El ajuste de la guía (18) mueve la curva en forma paralela hacia arriba o hacia abajo según la guía se mueva hacia abajo o hacia arriba respectivamente.

-El ajuste de la posición del rodillo (17) cambia la pendiente de la curva, tener presente que ésta aumenta o disminuye según el rodillo se mueva hacia el fuelle (48) o hacia el pistón respectivamente.

-La variación de la presión del aceite de control se debe hacer en intervalos de 0.1 Kg/cm<sup>2</sup> y medir el desplazamiento del vástago en forma ascendente y descendente, la máxima diferencia no debe ser mayor que 0.05mm de lo contrario se pueden producir problemas de oscilación.

### **c.-Límite de parada superior**

Ajustar el límite de parada superior (20) de tal manera que pare mecánicamente al vástago del fuelle (19) a una presión de control de 2.8 Kg/cm<sup>2</sup>, esto limitará la potencia de salida de la turbina, dentro de los límites de máxima temperatura segura, en la Fig. 20 se muestra la curva del recorrido o apertura de la válvula en función de la presión del aceite de control.

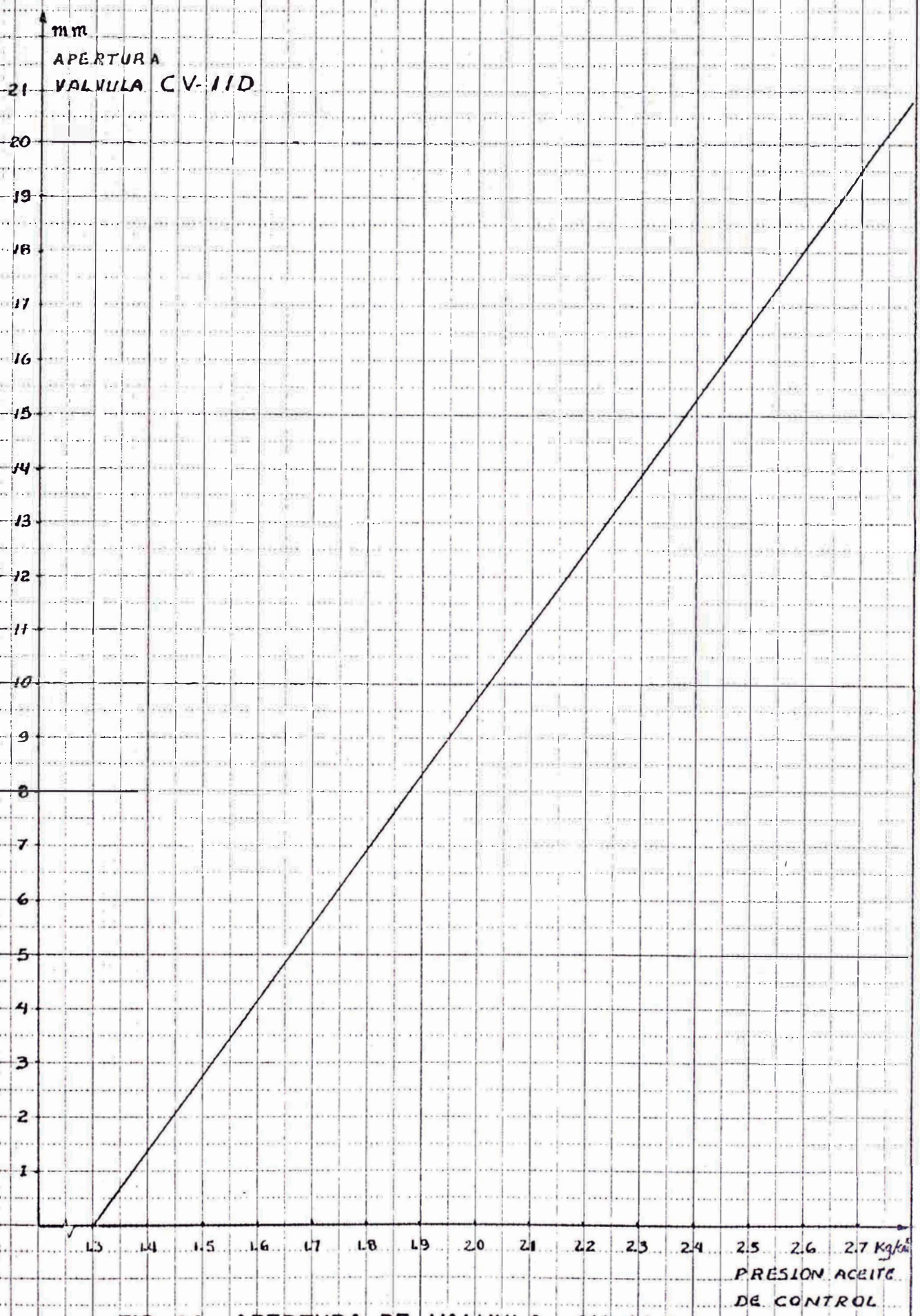


FIG. 20 APERTURA DE VALVULA CV-11 D.

**2.2.1.3. Válvula reguladora de presión del gas combustible de suministro, CV-1G.**

**a.-Controlador de presión PC-5.**

Entrada	Salida	Calibración
0 Kg/cm <sup>2</sup>	0.2 Kg/cm <sup>2</sup>	Cero
10 Kg/cm <sup>2</sup>	0.6 Kg/cm <sup>2</sup>	(Verific.)
20 Kg/cm <sup>2</sup>	1.0 Kg/cm <sup>2</sup>	Alcance

-Acción : inversa

-Banda proporcional : 100%

-Tiempo integral : 1 minuto

-Punto de consigna : 10 Kg/cm<sup>2</sup>

Nota : la presión del gas de suministro es normalmente 10 Kg/cm<sup>2</sup>.

**b.-Verificación del funcionamiento de la válvula de control CV-1G.**

Posicionador		Carrera del vástago
Entrada	Salida	
0.2 Kg/cm <sup>2</sup>	0.2 Kg/cm <sup>2</sup>	0% (cerrada)
1.0 Kg/cm <sup>2</sup>	1.0 Kg/cm <sup>2</sup>	100% (abierta)

#### 2.2.1.4. Control de presión del gas de arranque, válvula CV-2G.

Este lazo de control mostrado en la Fig. 21 controla la presión del gas combustible durante el proceso de arranque, para fijar los puntos de ajuste de los instrumentos que conforman este lazo se siguen los siguientes pasos

##### a.-Calibración del transmisor de presión de descarga del compresor axial PC-6.

-El tornillo de ajuste del relé de límite bajo, instalado entre el regulador R-12 y el controlador PC-6, debe estar completamente fuera para la calibración del controlador PC-6.

Entrada (R-12)	Salida (PC-6)	Calibración
0.10 Kg/cm <sup>2</sup>	0.47 Kg/cm <sup>2</sup>	Cero
0.50 Kg/cm <sup>2</sup>	0.74 Kg/cm <sup>2</sup>	(Verific.)
0.90 Kg/cm <sup>2</sup>	1.00 Kg/cm <sup>2</sup>	Alcance

Luego de esta prueba reajustar el relé de límite bajo para mantener una presión de 0.47 Kg/cm<sup>2</sup> en la salida del controlador PC-6 con una señal de 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> en la entrada del regulador R-12.

**b.-Verificación del funcionamiento de la válvula de control CV-2G.**

Posicionador		Carrera del vástago
Entrada	Salida	
0.20 Kg/cm <sup>2</sup>	0.20 Kg/cm <sup>2</sup>	0% (cerrada- 0 mm)
1.00 Kg/cm <sup>2</sup>	1.00 Kg/cm <sup>2</sup>	100% (abierta-13 mm)

-El tope manual es fijado y enganchado para limitar la carrera de la válvula en 13 mm, en la Fig. 22 se muestra en forma gráfica el ajuste de este lazo de control.



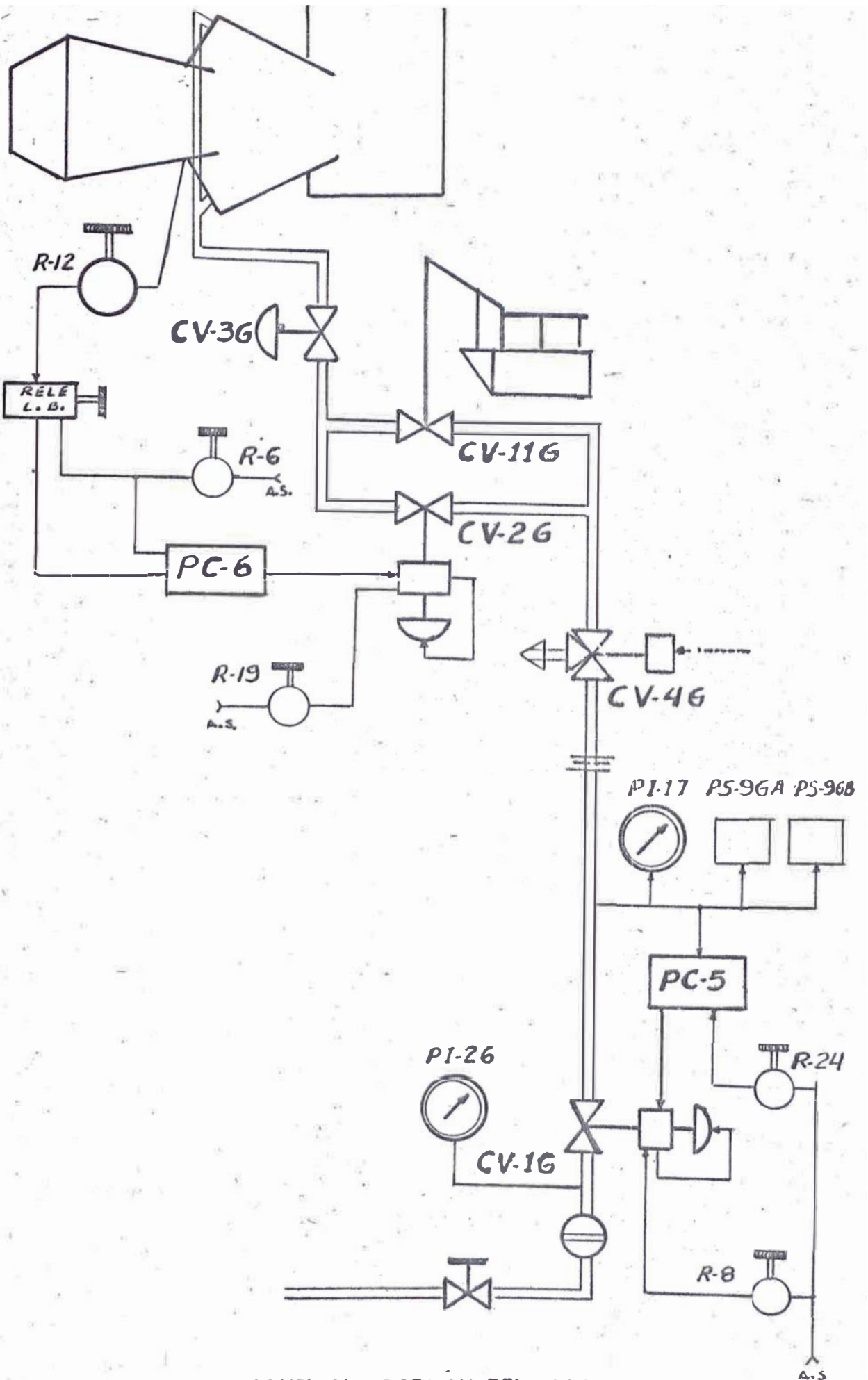


FIG. 21 LAZO DE CONTROL - PRESION DEL GAS DE ARRANQUE.

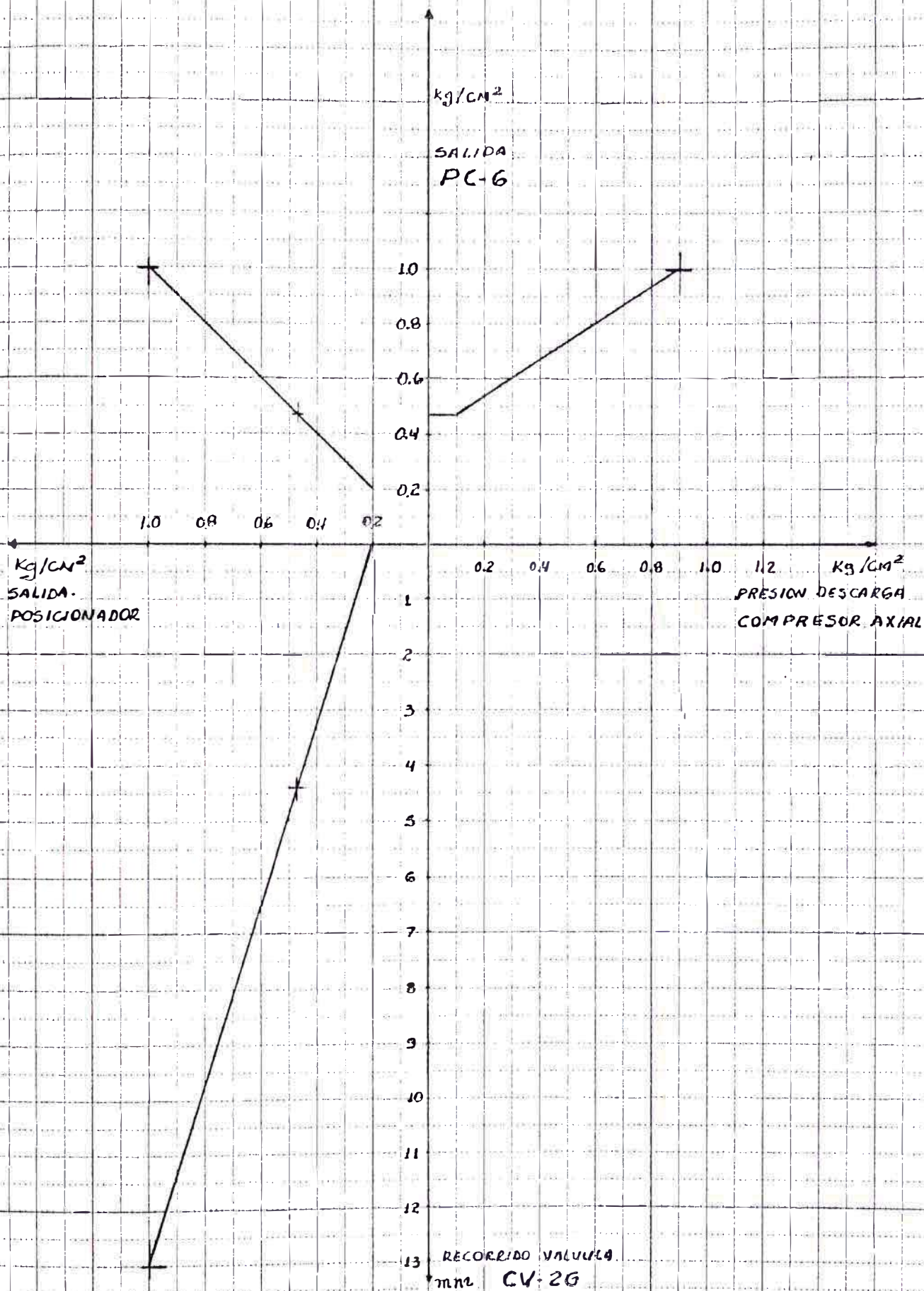


FIG. 22 CONTROL DE PRESION DEL GAS DE ARRANQUE

### **2.2.1.5. Calibración de válvula de estrangulamiento CV-11G y servomotor de combustible gas.**

Como se estipuló en el párrafo 1.4.1., esta válvula controla el flujo del gas combustible hacia los combustores, por lo que se tiene que tener mucho cuidado en su calibración, para esto se siguen los siguientes pasos

#### **a.-Verificación de luces de los puntos de corte, válvula CV-11G.**

Tener como referencia la FIG. 5 fijando las tuercas de levantamiento para obtener las siguientes medidas;

$$A0 = 3.56 \text{ mm}$$

$$B1 = 1.00 \text{ mm}$$

$$B2 = 8.14 \text{ mm}$$

$$B3 = 15.28 \text{ mm}$$

#### **b.-Servomotor**

Para hacer esta calibración es necesario tener como referencia la Fig. 4 y operar la turbina en el modo "Spin", para obtener 7.0 Kg/cm<sup>2</sup> de presión en el aceite de alta, leída en el manómetro PI-5, luego suministrar aceite de control, variando la presión con el dispositivo (regulador) de prueba, y medir el desplazamiento del vástago de la válvula, se tiene que obtener la siguiente relación :

Presión de control (PI-7)	Apertura de válvula
1.30 Kg/cm <sup>2</sup>	0.00 mm
2.80 Kg/cm <sup>2</sup>	22.70 mm

-Ajustar la tuerca del límite inferior (19), hasta que el vástago del fuelle inicie su movimiento con una presión de 1.3 Kg/cm<sup>2</sup>.

-Para obtener los valores estipulados ajustar la posición de la guía (18) y la posición del rodillo (17)

-El ajuste de la guía da un movimiento paralelo a la curva y el ajuste de la posición del rodillo origina un cambio de la pendiente, de igual manera como se ha mencionado en la calibración de la válvula CV-11D (2.2.1.2.), así mismo la histéresis no debe exceder de 0.05 mm cuando se hace la prueba en forma ascendente y descendente con incrementos en la presión de control de 0.1 Kg/cm<sup>2</sup> para cada punto.

### **c.-Límite de parada superior**

Ajuste el límite de parada superior (20) de tal manera que pare mecánicamente al vástago del fuelle a una presión de 2.8 Kg/cm<sup>2</sup>, esto limitará la potencia de salida de la turbina dentro de los límites de máxima temperatura segura en la Fig. 23 se muestra un gráfico entre la presión de control y la apertura de la válvula CV-11G.

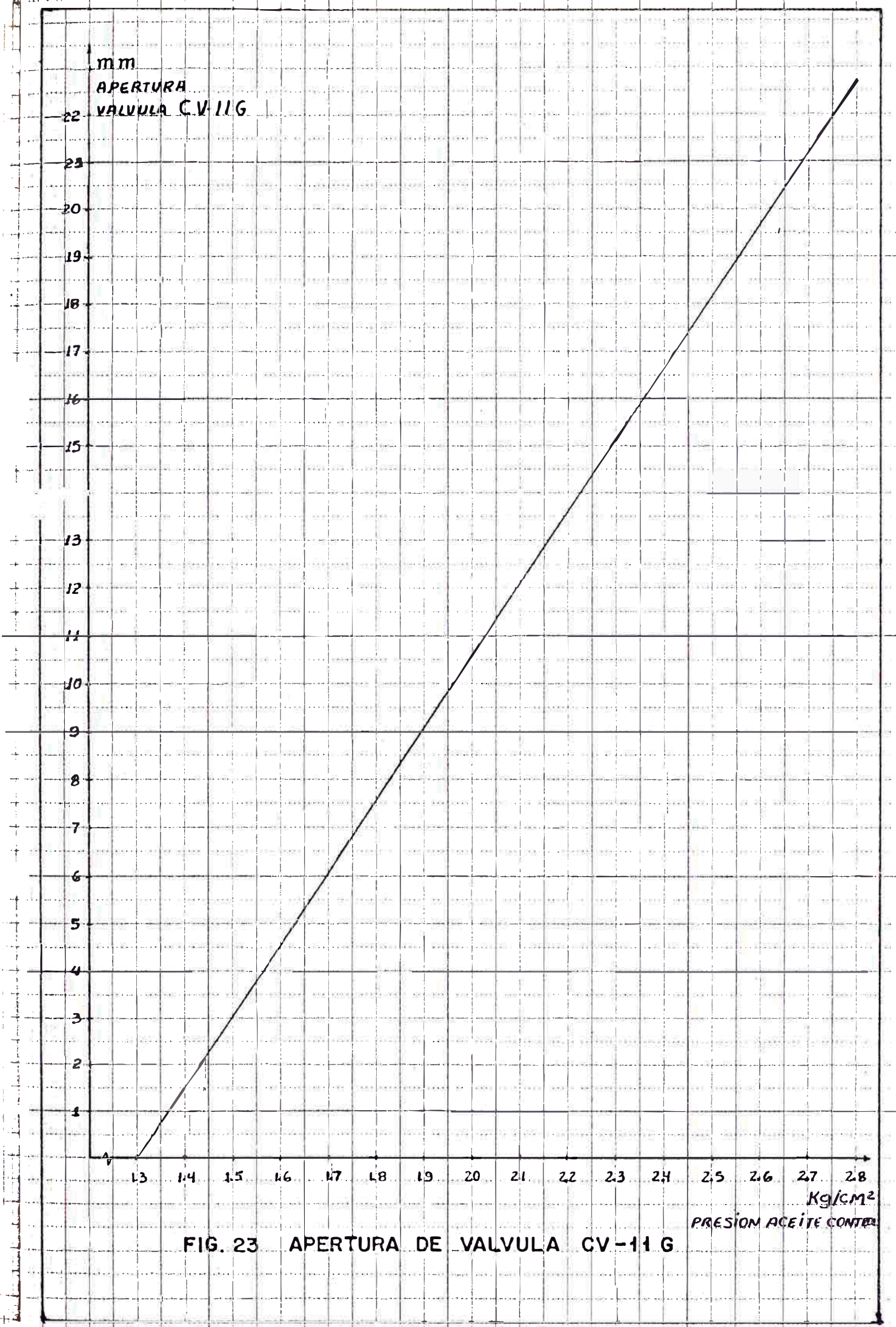


FIG. 23 APERTURA DE VALVULA CV-11 G

## **2.2.2 Caja de control hidráulico.**

Como se explicó en el punto 1.3.2., la caja de control hidráulico genera la presión de control que gobierna a las válvulas de estrangulamiento CV-11D y CV-11G las cuales controlan el flujo del combustible, tiene tres barras que se calibran en forma independiente de la siguiente manera :

### **a.-Medición de los pernos de ajuste.**

-Para efectuar esta medición utilizar un vernier de precisión, medir las distancias que hay entre la base y el tope de los pernos, las cuales deben estar alrededor de:

Gobernador = 33.0 mm

Aceleración = 39.7 mm

Temperatura = 41.0 mm

-También registrar las distancias de los pernos que regulan el drenaje y la realimentación a la barra del gobernador

-Registrar los valores realmente medidos, servirán de referencia si es que se tenga que realizar algún ajuste posterior.

### **b.-Limitador de aceleración**

Para comprobar el funcionamiento de esta barra y de las otras dos es necesario operar la turbina en el

modo "Spin" para tener una fuente de aceite de alta presión y también un aceite impelente cuya presión se regulará con el dispositivo de prueba, se debe tener presente que cuando se está trabajando sobre una barra, las válvulas de copa de las otras barras deben ser aseguradas sobre sus respectivos asientos de tal manera que no se produzca derrame de aceite de control, en la Fig. 24 se muestra un diagrama que permite apreciar con más precisión la distribución real de las líneas y válvulas manuales involucradas tanto en la calibración de la caja de control hidráulica así como en la calibración de las válvulas de estrangulamiento.

Presión A. impulsor (Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión A. de control (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.60 (2500 R.P.M.)	1.30 (ajuste perno)
1.40 (4000 R.P.M.)	2.10 (comprobación)
2.15 (4913 R.P.M.)	2.85 (comprobación)

### c. -Gobernador

Presión A. impulsor (Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión de aire camb. velocidad (Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión A. control (Kg/cm <sup>2</sup> )
2.15 (fijo)	2.02 (fijo)	2.8 (perno)
2.41 (fijo)	2.02 (fijo)	1.7 (perno)
0.60 (fijo)	0.25 (fijo)	1.3 (perno)

**d.-Límite de temperatura**

Presión aire de TC-1 (Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión A. de control (Kg/cm <sup>2</sup> )
1.00 (fijo)	2.85 (ajustar perno)
0.00 (fijo)	1.90 (comprobación)

En la Fig. 25 se muestra un gráfico de las curvas de estos ajustes.



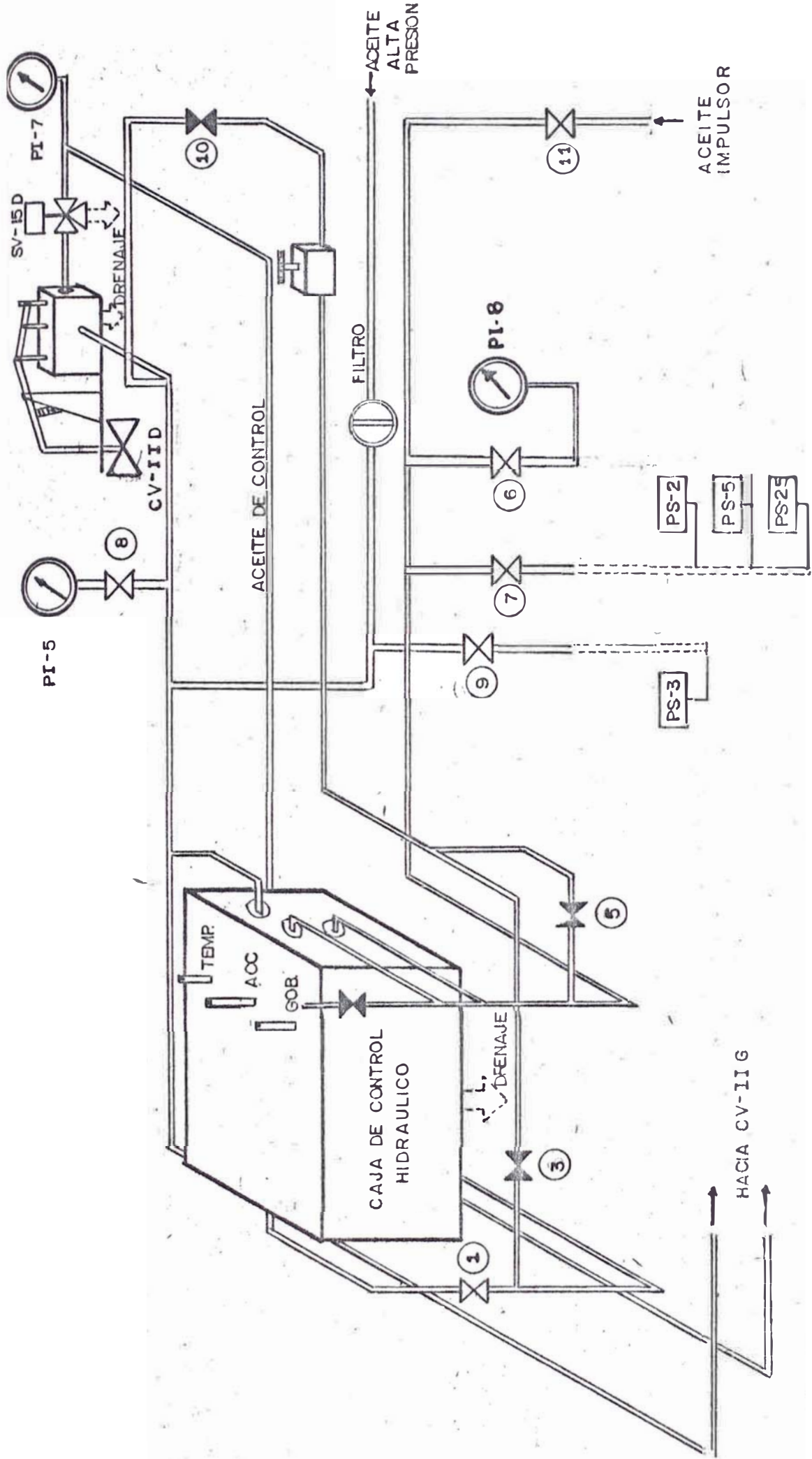


FIG. 24 VISTA ISOMETRICA DE LA CAJA DE CONTROL HIDRAULICO

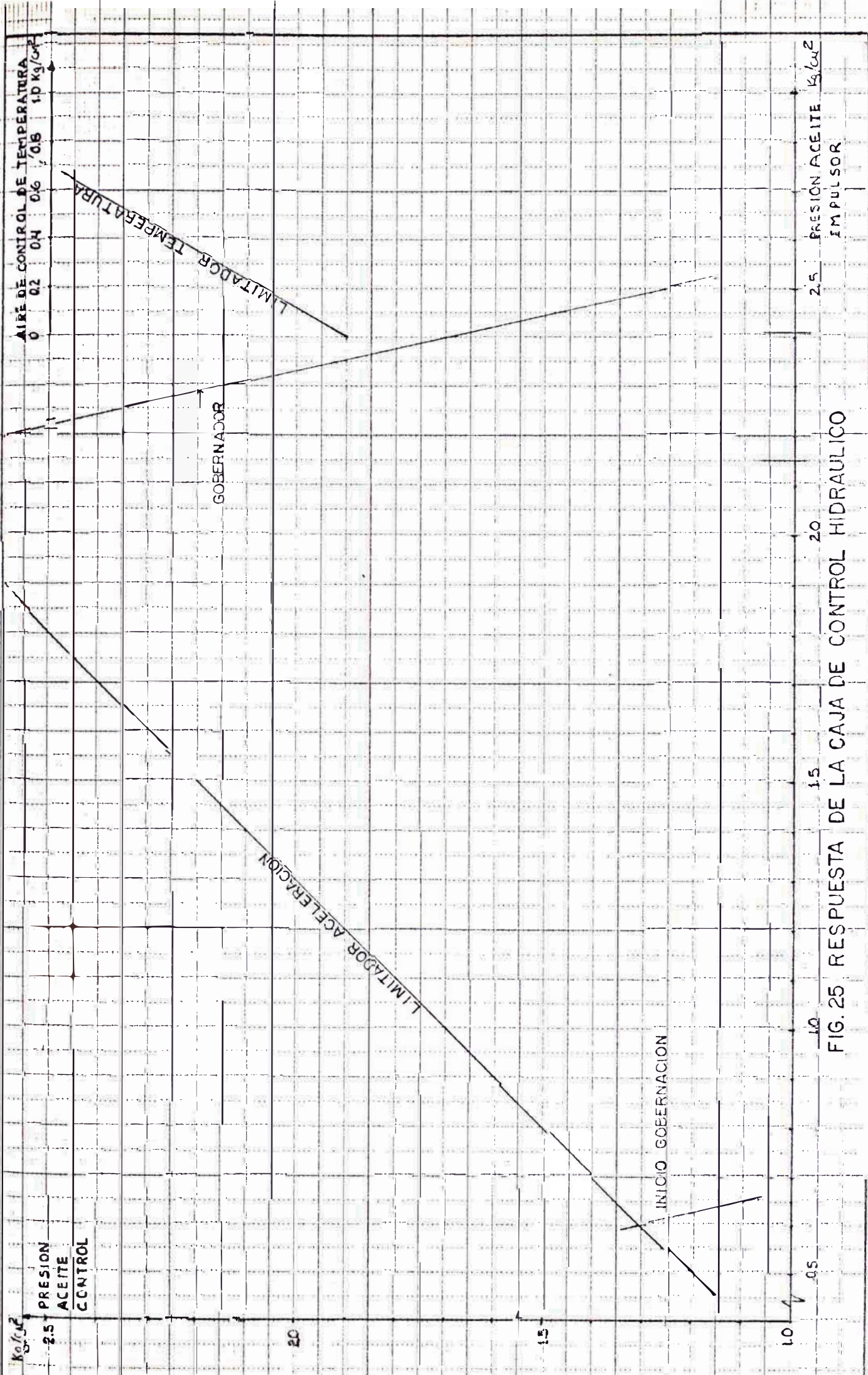


FIG. 25 RESPUESTA DE LA CAJA DE CONTROL HIDRAULICO

### 2.2.3. Control de temperatura de los gases de entrada a la turbina.

Este lazo mostrado en la Fig. 26 controla la temperatura de los gases de entrada a la turbina valiéndose de la temperatura de los gases de escape que es una mezcla mucho más uniforme, cuando la temperatura sensada es alta el control actúa sobre la caja de control hidráulico para que reduzca la presión del aceite de control y el flujo de combustible, disminuyendo en consecuencia la temperatura de entrada a la turbina, los pasos que se siguen para fijar los puntos de control de este lazo son los siguientes :

#### a.-Calibración del transmisor de presión de la descarga del compresor axial PX-4.

Entrada(CDP) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Salida(PX-4) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Calibración (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.20	Cero
1.87	0.40	(Verific.)
7.50	1.00	Alcance

La salida de PX-4 la denominaremos señal A.

#### b.-Calibración del transmisor de temperatura de los gases de escape TX-1

Este transmisor recibe la señal promedio de las termocuplas TE-8 A, B, C, D, tipo cromel-alumel, y su salida es neumática.

Entrada	Salida de TX-1
360 °C (14.712 - mVjf)	1.00 Kg/cm <sup>2</sup>
410 °C (16.816 - mVjf)	0.60 Kg/cm <sup>2</sup>
460 °C (18.938 - mVjf)	0.20 Kg/cm <sup>2</sup>

mVjf = Es el valor en mV D.C. correspondiente a la temperatura ambiente.

### c.-Calibración del generador del punto de consigna.

#### -Cargadores manuales (señal C)

TC-4A (carga base)	Regular en 0.36 Kg/cm <sup>2</sup> (20%)
TC-4B (carga pico)	Regular en 0.20 Kg/cm <sup>2</sup> (0%)

#### -Regulador de supresión de cero R-12A (señal B)

Fijar R-12A preliminarmente en 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>

#### -Relé de computación TC-2

La salida de este relé, que la denominaremos señal D, está dada por la siguiente fórmula:

$$D = (A - B) \text{ Ganancia} + C$$

La ganancia de TC-2 y la regulación de R-12A se deben hacer para obtener la siguiente relación

#### -Base

Entrada a TC-2 (A)	Salida de TC-2 (D)	Calibración
0.78 Kg/cm <sup>2</sup>	0.36 Kg/cm <sup>2</sup>	Ganancia TC-2
0.88 Kg/cm <sup>2</sup>	0.50 Kg/cm <sup>2</sup>	(comprobación)
1.00 Kg/cm <sup>2</sup>	0.66 Kg/cm <sup>2</sup>	R-12

**-Pico:**

Entrada a TC-2 (A)	Salida de TC-2 (D)	Calibración
0.78 Kg/cm <sup>2</sup>	0.20 Kg/cm <sup>2</sup>	(verificación)
0.88 Kg/cm <sup>2</sup>	0.34 Kg/cm <sup>2</sup>	(verificación)
1.00Kg/cm <sup>2</sup>	0.50 Kg/cm <sup>2</sup>	(verificación)

**d.-Fijación del controlador de temperatura TC-1**

-Banda proporcional - 50 %

-Tiempo integral = 0.25 minutos

-Regular el resorte de polarización positiva de manera que la presión indicada en el manómetro del punto de consigna se iguale a la presión de la señal D, la Banda Proporcional y el Tiempo Integral pueden ser reajustados posteriormente

En la Fig. 27 se muestra las curvas que relacionan los puntos de ajuste de este lazo de control.

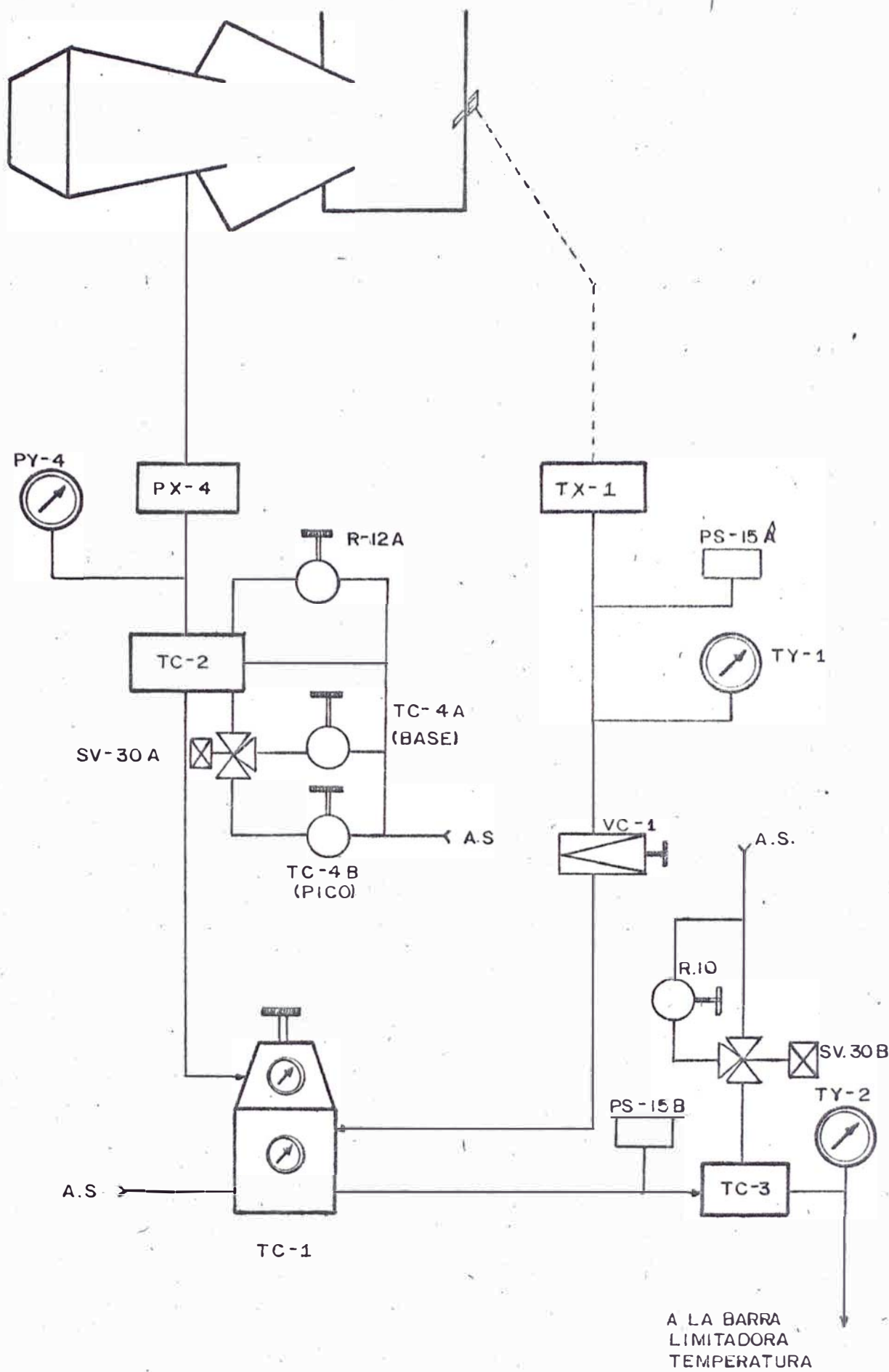


FIG.26 LAZO DE CONTROL DE TEMPERATURA DE GASES DE ENTRADA A LA TURBINA

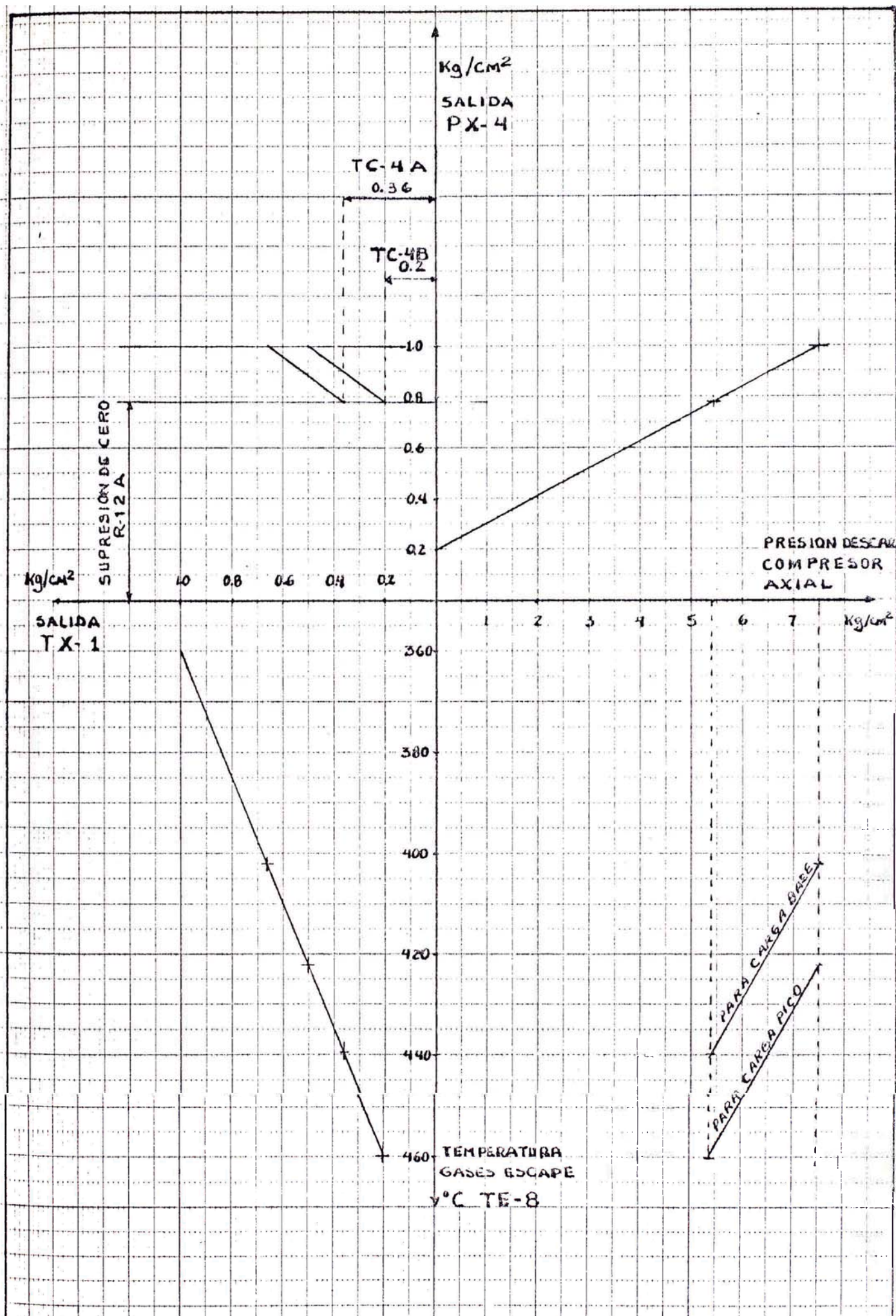


FIG. 27 CONTROL DE TEMPERATURA DE ENTRADA A LA TURBINA

#### 2.2.4. Control de temperatura del aceite lubricante.

##### a.-Calibración del controlador de temperatura TC-5

Entrada	Salida	Calibración
0°C	0.2 Kg/cm <sup>2</sup>	Cero
50°C	0.6 Kg/cm <sup>2</sup>	(Verific.)
100°C	1.0 Kg/cm <sup>2</sup>	Alcance

- Acción = Inversa
- Banda proporcional = 50 %
- Tiempo integral = 0.5 seg.
- Punto de consigna = 40 °C

b.-Este control actúa con la válvula de control CV-9 por lo tanto es necesario comprobar el accionamiento de la válvula enviando señal desde el controlador.



### 2.2.5.Valvulas de seguridad y válvulas de alivio

Estas válvulas deben ser inspeccionadas y calibradas en el taller de calderería a las presiones que se estipulan en la Tabla No 2.

**TABLA No 2 RELACION DE VALVULAS DE SEGURIDAD Y ALIVIO**

<u>NoLOC.</u>	<u>NOMBRE/SERVICIO</u>	<u>CALIBRACION</u>
RV-1	Descarga -bomba auxiliar aceite	1.35 Kg/cm <sup>2</sup>
RV-2	Descarga -bomba principal diesel	62.0 Kg/cm <sup>2</sup>
RV-3-1	Inter etapa compresor de aire	6.00 Kg/cm <sup>2</sup>
RV-3-2	Receptor compresor de aire	22.0 Kg/cm <sup>2</sup>
RV-4	Tanque de aire de alta presión	22.0 Kg/cm <sup>2</sup>
RV-5	Tanque de aire de baja presión	22.0 Kg/cm <sup>2</sup>
RV-6	Aceite de cojinetes	1.2 Kg/cm <sup>2</sup>
RV-7	Válvula disparo sobrevelocidad	5.0 Kg/cm <sup>2</sup>
RV-8	Descarga bomba principal aceite	10.0 Kg/cm <sup>2</sup>
RV-9	Bomba de drenaje	2.7 Kg/cm <sup>2</sup>

### **2.2.6. Disparo por sobrevelocidad.**

Esta calibración o comprobación del mecanismo de disparo por sobrevelocidad debe hacerse, en forma manual, antes de cualquier prueba de arranque y luego en las pruebas de arranque de la la unidad, se debe verificar el accionamiento del mecanismo por medio de la fuerza centrífuga, tener presente que cada ranura del tornillo de ajuste incrementa o disminuye en 12.5 R.P.M. el disparo, el tornillo tiene un total de 16 ranuras.

Fijar el el disparo por sobrevelocidad en 5,405 +54 R.P.M. del eje de la Turbina

### **2.2.7. Sensores y registradores de temperatura.**

#### **a.-Pautas para la calibración de los registradores TR-1, TR-2**

-Medir la temperatura en la caja de los registradores con un termómetro de vidrio y determinar en la tabla correspondiente los mV. equivalentes, este valor se denomina temperatura de la unión fría del instrumento y se utilizará como valor para la autocompensación.

-Con un potenciómetro enviar una señal en mV. equivalente a la diferencia algebraica entre los valores correspondientes a la temperatura a monitorear y el de la unión fría.

**b.-Calibración del registrador de altas temperaturas  
TR-1.**

-Tipo de termocupla = Cromel-alumel (K)  
 -Rango = 0 - 1200 °C  
 -Temperatura de la unión fría = mVjf

Temperatura Entrada	Registrador	
(mV)	(°C)	Calibración
0 °C ( 0.000 - mVjf)	0 °C	Cero
600 °C (24.902 - mVjf)	600 °C	(verificac.)
1200 °C (48.828 - mVjf)	1200 °C	Alcance

**c.-Calibración del registrador de bajas temperaturas  
TR-2.**

-Tipo de termocupla = Cromel-constantan (E)  
 -Rango = 0 - 150 °C  
 -Temperatura de la unión fría = mVjf

Temperatura entrada	Registrador	
(mV)	(°C)	Calibración
0 °C ( 0.00 - mVjf)	0 °C	Cero
75 °C (4.655 - mVjf)	75 °C	(Verific.)
150 °C (9.787 - mVjf)	150 °C	Alcance

**d.-Calibración de interruptores de temperatura TS-NN.**

Los interruptores de temperatura montados en los registradores TR-1, 2, deben ser calibrados al mismo tiempo que estos, los interruptores del motor diesel,

convertidor de torque y detector de fuego deben ser calibrados en un baño de temperatura, en la Tabla No 3 se dan los valores de calibración.

**TABLA No3 INTERRUPTORES DE TEMPERTURA**

<b>No1OC.</b>	<b>NOMBRE/SERVICIO</b>	<b>CALIBRACION</b>
TS-1	Gases salida combustores (TE-1/6)	920°C(D)
TS-2	Gases salida combustores (TE-1/6)	900°C(A)
TS-3	Gases salida combustores (TE-1/6)	700°C(D)*
TS-4	Gases salida combustores (TE-1/6)	600°C **
TS-5	Temperatura diferencial entre las salidas de combustores y c.axial	110°C(D)
TS-6	Aceite entrada a cojinetes (TE-10)	80°C(D)
TS-7	Aceite entrada a cojinetes (TE-10)	60°C(A)
TS-8	Aceite drenaje cojinetes(TE-12/19)	100°C(D)
TS-9	Aceite drenaje cojinetes(TE-12/19)	80°C(A)
TS-12	Agua enfriamiento motor diesel	95°C(ON)* 90°C(OFF)
TS-13	Aceite descarga convertidor torque	110°C(ON)* 100°C(OFF)
TS-14	Calentador de agua motor diesel	30°C(ON) 40°C(OFF)
TS-15	Detector de fuego	200°C(D)

Nota :- (A) Alarma

-(D) Disparo

-\*Solamente durante el ciclo de arranque

-\*\*Impide que se incremente la velocidad durante el ciclo de arranque.

### e.-Calibración del convertidor mV/mA TS-5A.

Este convertidor recibe la señal diferencial en mV y envía una señal en mA al interruptor TS-5

Entrada	Salida	Calibración
0.0 mV	4.0 mA	Cero
5.0 mV	12.0 mA	(Verificac.)
10.0 mV	20.0 mA	Alcance

-Se verifica la calibración del interruptor TS-5 en 110°C al enviar una señal de 4.508 mV a la entrada del convertidor TS-5A.

### 2.2.8. Interruptores de presión (PS-NN)

Para la calibración de estos instrumentos se tiene que tener las siguientes consideraciones:

- Fluido de calibración debe ser igual que el fluido de operación.
- Posición de calibración debe ser la misma que tiene el instrumento en operación.
- Se debe usar manómetros de precisión y un multitester para comprobar el accionamiento de los contactos eléctricos.
- En la Tabla No 4 se da la relación de todos los interruptores de presión así como los valores de calibración.

TABLA No4 RELACION DE INTERRUPTORES DE PRESION.

No LOC.	NOMBRE	CALIBRACION (Kg/cm <sup>2</sup> )		FUNCION	
		ABRE	CIERRA; PLANO		
PS-1	Aceite de cojinetes	0.70	0.95	L-13	Proteje a la turbina por baja presión
PS-2	Aceite impulsor	0.78	0.65	T-50	Para motor diesel a 2900 R.P.M.Turb.
PS-3	Aceite alta presión	4.00	4.50	L-13	Monitorea baja presión aceite control
PS-4	Aceite de cojinetes	0.42	0.70	L-10	Bloquea operación del engranaje rotación lenta por baja presión aceite
PS-5	Aceite impulsor	0.50	0.60	T-50	Energiza cambiador velocidad a 2500 R.P.M.Turbina
PS-6	Aire de descarga compresor axial	*300	*350	T-50	Inicia ignición a 900 R.P.M.Turbina, * (las unidades son mmaq).
PS-7	Aceite del diafragma disparo sobrevelocidad	3.50	3.90	T-15	Monitorea posición de válvulas CV-4D, CV4G.
PS-8	Aire de descarga compresor axial	3.80	3.94	T-25	Controla apertura y cierre de válvula de sangría CV-6 (4300, 4400 R.P.M.)
PS-9D	Presión diferencial inyector diesel	0.70	1.00	T-21	Monitorea baja presión diferencial entre: descarga compresor-presión diesel

Continuación . . . .

No LOC.	NOMBRE	CALIBRACION(Kg/cm2)		FUNCION	
		ABRE	CIERRA; PLANO		
PS-9GA	Gas de suministro	7.40	7.90	T-21	Monitorea baja presión del gas-Alarma
PS-9GB	Gas de suministro	6.40	7.50	T-21	Monitorea baja presión de gas-Disparo
PS-9GC	Gas de suministro	6.90	7.40	T-21	Transferencia automática combustible de gas a diesel
PS-11	Aire -instrumentos	3.75	3.50	T-50	Monitorea baja presión de aire-Alarma
PS-14A	Aire de embrague	1.80	12.30	T-08	Monitorea baja presión de aire-Alarma
PS-14B	Aire de embrague	0.60	1.00	T-08	Confirma caída-presión aire embrague
PS-14C	Aire de embrague	12.50	13.50	T-08	Monitorea presión del aire en el reservorio de alta.
PS-15A	Temperatura de gases de escape	0.35	0.20	T-50	Monitorea alta temperatura de gases de escape-Disparo (360°C, 460°C)
PS-15B	Tempertura de gases de escape	0.95	0.90	T-50	Impide que el cambiador de velocidad incremente su salida-Alarma.
PS-19	Salida cambiador de velocidad	0.25	0.20	T-30	Confirma posición mínima del cambiador de velocidad.
PS-20A	Succibn bomba diesel	0.46	0.78	L-20	Protección de la bomba de diesel.

Continuacion . . . .

No LOC.	NOMBRE	CALIBRACION (Kg/cm <sup>2</sup> )		FUNCION	
		ABRE	CIERRA PLANO		
PS-20B	Succion bomba diesel	-4.00	-2.50	L-20	Protección de bomba por caída presión (las unidades son mtAQ)
PS-22	Descarga de bomba combustible diesel	42.50	45.00	T-25	Confirma la estabilidad de presión del diesel en la transferencia.
PS-25	Aceite del impulsor	2.00	2.15	T-25	Descenergiza cambiador de velocidad a las 4,850 R.P.M.Turbina.
PS-26	Aceite cojinetes	1.10	1.00	L-13	Inicia arranque de la bomba auxiliar de aceite lubricante.
PS-34	Aceite cojinetes motor diesel	2.00	1.50	T-11	Proteje al motor diesel por baja presión de aceite lubricante.
PS-35	Aceite convertidor de torque	6.50	6.00	T-11	Detecta caída de presión en convertidor de torque.
PS-36	Aire reservorio alta	20.00	18.00	T-30	Control arranque y parada compresor.
PS-37	Aire reservorio baja	5.50	6.00	T-50	Monitorea presión aire instrumentos.



### 2.2.9. Cambiador de velocidad.

Tener como referencia los planos T-30 y T-31, como este instrumento es un regulador de aire movido por un motor eléctrico la regulación se determina fijando los tiempos de los relés temporizados: 66RGOV, 66R2GOV, 66L1GOV y 66L2GOV

Así mismo se tienen que verificar los siguientes parámetros:

	Tiempo (minutos)	Calibración	
		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup> /min.
-Subida velocidad automática(2500-4850)	9.5	0.25-1.75	0.158 (250RPM/min)
-Subida velocidad manual	-	0.25-1.75	0.40 (670RPM/min)
-Sincronización	-	-	0.40
-Descarga automática	10	2.02-1.75	0.027 (1500Kw/min)
Carga o descarga	-	1.75-2.02	0.27 (2000Kw/min)

-Aire de suministro = 2.40 Kg/cm<sup>2</sup>

-Regulación del tope mecánico = 2.20 Kg/cm<sup>2</sup>

-Regulación del tope eléctrico = 2.02 Kg/cm<sup>2</sup>

-Regular el temporizador 2-65 entre 2 y 3 segundos de tal manera que la toma instantánea de carga no sea muy significativa (entre 2 y 3 MW)

### **2.2.10.Reguladores de aire.**

Por la función que cumplen estos instrumentos para con los demás es necesario hacer su calibración con mucha exactitud para lo cual se deben emplear manómetros de precisión, también se deben calibrar los manómetros que vienen incorporados en los mismos reguladores.

En la Tabla N<sup>o</sup> 5 se dan los valores a los cuales deben calibrarse los reguladores de aire.

**TABLA No 5 RELACION DE LOS REGULADORES DE AIRE.**

NoLOC.	NOMBRE/SERVICIO	CALIBRAC. (Kg/cm2)	FUNCION
R-1	Aire de embrague	14.20	Limita presión de aire de suministro al embrague
R-2	Aire de atomización	5.00	Suministra aire constante a válvula CV-10
R-3	Aire de instrumentos	4.00	Suministra aire constante del reservorio de aire
R-4	Aire de instrumentos	3.80	Suministra aire constante al manifold local
R-5	Valvula solenoide	2.40	Suministra aire constante a la válvula SV-1D
R-6	Transmisor/controlador	1.40	Suministra aire constante a:PX-3,PX-4,PC-6,R-11
R-7	Aire de purga	0.05	Suministra aire purga al sensor vibraciones SE-1
R-8	Aire de instrumentos	1.50	Suministra aire constante al manifold del campo
R-9	Cambiador de velocidad	2.40	Suministra aire constante cambiador de velocidad
R-10	Controlador temperatura	1.00	Repone aire de temperatura de gases escape TC-3
R-11	Controlador de presión	0.70	Fija punto de selección a PC-2
R-12	Valvula de control	1.40	Fija el punto de selección de CV-7

Continuación . . . .

NOLOC.	NOMBRE/SERVICIO	CALIBRAC. (KG/cm <sup>2</sup> )	FUNCION
R-12A	Relé TC-2 (ver 3.2.3.)		Suministra señal de supresión de cero a TC-2
R-13	Valvula solenoide	3.50	Suministra aire constante a vál
R-16	Transmisor presión	1.40	Suministra aire constante
R-17	Controlador temperatura	1.40	Suministra aire constante a
R-18	Valvula de control	1.40	Suministra aire constante
R-19	Valvula de control	1.40	Suministra aire constante
R-20	Valvula solenoide	3.50	Suministra aire constante
R-21	Valvula solenoide	2.40	Suministra aire constante
R-22	Valvula solenoide	2.40	Suministra aire constante
R-23	Valvula solenoide	2.40	Suministra aire
R-24	Controlador	1.40	Suministra aire constante
R-28	Valvula de control	2.40	Suministra aire constante
R-30	Valvula solenoide	1.40	Suministra aire constante

Continuación . . . .

NOLOC.	NOMBRE/SERVICIO	CALIBRAC. (Kg/cm2)	FUNCION
R-31	Selector de alta	1.60	Fija la presión al selectorde alta TC-7
R-32	Valvula solenoide	2.40	Suministra aire constante a SV-31A
R-34	Aire de purga	0.05	Suministra aire de purga caja de terminales TB-2

### 2.2.11. Interruptores de nivel.

Son accionados por flotadores y sensan el nivel del tanque en el cual estan instalados, en la Tabla No 6 se da la relación de los interruptores, la distancia a la cual deben accionar y el No del plano en cual se comprobará su accionamiento.

**TABLA No6 RELACION DE INTERRUPTORES DE NIVEL.**

<u>NoLOCAL</u>	<u>NOMBRE/SERVICIO</u>	<u>CALIBRAC</u>	<u>PLANO</u>
LS 1LA	Monitorea bajo nivel del tanque de diesel-Alarma	850mm	L-22
LS-1LB	Monitorea bajo nivel del tanque de diesel-Disparo	250mm	L-22
LS-2L	Monitorea nivel bajo tanque drenaje, para bomba drenaje	150mm	L-25
LS-2H1	Monitorea nivel alto tanque drenaje, arranca bomba drenaje	250mm	L-25
LS-2H2	Monitorea nivel tanque de drenaje-Alarma por exceso	300mm	L-25
LS-3L1	Monitorea nivel bajo tanque aceite lubricante-Alarma	665mm	T-50
LS-3L2	Monitorea nivel bajo tanque aceite lubricante-Disparo	615mm	T-04
LS-4L	Monitorea bajo nivel tanque combustible motor arranque.	150mm	N-24

-La distancia de calibración se toma desde el fondo del tanque.

### 2.2.12. Interruptores de posición

Estos instrumentos forman parte del enclavamiento de otros equipos por lo que es indispensable verificar su accionamiento individual así como el accionamiento en el circuito de enclavamiento, en la Tabla No 7 se da la relación y la acción de cada interruptor.

**TABLA No7 RELACION DE LOS INTERRUPTORES DE POSICION**

NoLOC.	NOMBRE/SERVICIO	ACCION	PLANO
MS-1	Limite superior para cambiador. de velocidad.	abre	T-30
MS-2	Limite inferior enclavamiento del cambiador de velocidad	cierra	T-30
MS-3A	Valvula de sangria CV-6 abierta	cierra	T-25
MS-3B	Valvula de sangria CV-6 cerrada	abre	T-25
MS-4	Encroche del engranaje de giro lento y el eje Turbina	abre	T-37
MS-5A	Valvula aislamiento diesel CV-3D totalmentae abierta	abre	T-18
MS-6A	Valvula aislamiento gas CV-3G totalmente abierta	abre	T-18

### **2.2.13. Monitor de vibraciones.**

A los equipos que conforman el monitor de vibraciones se les hace las siguientes pruebas

#### **-Curva de respuesta en frecuencia.**

Con el objeto de verificar el adecuado funcionamiento de todos sus componentes y compararlas con las respectivas curvas teóricas, estas curvas nos permiten determinar las frecuencias de corte en el filtro y en el control en las tablas N<sup>o</sup> 9 y N<sup>o</sup> 10 se dan los valores obtenidos en la última inspección general a la unidad "C" realizada en 1989 y que pueden servir de patrón para el registrador de vibraciones de las otras unidades.

#### **-Calibración**

Teniendo como referencia los datos de respuesta de los sensores (pick-ups) de voltaje VS vibraciones a la frecuencia de rotación del eje de la turbina que es 82 HZ, equivalentes a las 4,913 R.P.M.

La calibración se debe efectuar secuencialmente empezando por el registrador luego adicionar el control de vibraciones y finalmente incorporar el filtro, para cada canal en forma independiente.



**-Fijación de puntos de alarma y disparo**

Fijar en el control de vibraciones, SX-1, los puntos de alarma en 0.070 mm y los puntos de disparo en 0.120 mm, así mismo el nivel de la señal de prueba se debe fijar en 0.050 mm para cada canal.

-Verificar el valor óhmico de las bobinas de los sensores y cuando la unidad este en pruebas de arranque comprobar la señal de salida de estos sensores con un osciloscopio.

**-Calibración****a.-Registrador de vibraciones SR-1.**

Esta calibración se debe hacer desconectando los cables que vienen del control de vibraciones, es decir solamente se probará el registrador.

<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	<b>Calibración</b>
2.5 mV.D.C.	0.000 mm	Cero
10.0 mV.D.C.	0.050 mm	(verificación)
17.5 mV.D.C.	0.100 mm	(verificación)
25.0 mV.D.C.	0.150 mm	(verificación)
32.5 mV.D.C.	0.200 mm	(verificación)
40.0 mV.D.C.	0.250 mm	Alcance

**b.-Control de vibraciones SX-1.**

Ejecutar la presente calibración, conectando la salida del control al registrador, enviar señales senoidales con una frecuencia de 82 HZ.

Control SX-1			Registrador SR-1
Entrada mV A.C.	Salida mV.D.C	Calibración	Indicación mm
0.00	2.50	Cero (VR-201)	0.000
40.00	10.0	(verificación)	0.050
56.00	13.0	Alarma (VR-103)	0.070 **
80.00	17.5	(verificación)	0.100
96.00	20.5	Disparo(VR-203)	0.120 **
120.00	25.0	(verificación)	0.150
160.00	32.5	(verificación)	0.200
200.00	40.0	Ganancia(VR-101)	0.250

\*\* Estos potenciómetros se calibran, con la señal de entrada estipulada, hasta que se activen las lámparas que señalarán la alarma y el disparo respectivamente.

**c.-Filtro SX-1A.**

Para ejecutar esta prueba, se debe conectar la salida del filtro al control y enviar señales, a la entrada del filtro, con frecuencia de 82 HZ.

Entrada mV.A.C.	Filtro		Control	Registrador
	Salida mV.A.C.	SX-1A P. Ajuste	SX-1 Salida mV.D.C.	SR-1 Indicaciòn mm
0.0	0.0	Cero	2.5	0.000
40.0	40.0	(verific.)	10.0	0.050
80.0	80.0	(verific.)	17.5	0.100
120.0	120.0	(verific.)	25.0	0.150
160.0	160.0	(verific.)	32.5	0.200
200.0	200.0	Ganancia	40.0	0.250

Las puebas a, b y c se hacen para cada canal en forma independiente.

#### **d.-Tarjeta de prueba del control**

Presionar el botón de prueba (PB-1), y calibrar el potenciómetro de la tarjeta de prueba (VR-1) de tal manera que la indicación en el registrador de ambas plumas sea de 0.050 mm, si hubiese alguna diferencia de lecturas entre las plumas, ajustar con el potenciómetro (VR-102) de la tarjeta del amplificador.

#### **e.-Prueba de respuesta en frecuencia**

Para efectuar la prueba de la respuesta en frecuencia del filtro en vacío y de todos los equipos conectados se envía con el generador una señal de amplitud constante igual a 100 mVrms, ver Tabla N<sup>o</sup> 8 y Tabla N<sup>o</sup> 9.

**TABLA No 8 RESPUESTA EN FRECUENCIA DEL FILTRO (VACIO)**

ENTRADA (100mVrms)	SALIDA (Filtro)			
	CANAL No1		CANAL No2	
	Hz.	mVmrs.	dB.	mVmrs.
10	1	-40.00	1	-40.00
20	5	-26.00	4	-27.96
40	44	-7.13	43	-7.33
50	96	-0.35	88	-1.11
60	152	3.64	154	3.75
70	189	5.53	193	5.71
75	192	5.66	194	5.76
80	188	5.48	187	5.44
100	148	3.41	146	3.30
120	115	1.21	112	0.98
140	91	-0.82	89	-1.01
160	75	-2.50	73	-2.73
180	62	-4.20	60	-4.44
200	52	-5.70	50	-6.02
250	35	-9.10	34	-9.40

Nota: Los dB se hallan utilizando la ecuación sgte.

$$\text{dB} = 20 \text{ Log (salida/entrada)}$$

**TABLA No 9 RESPUESTA EN FRECUENCIA DEL MONITOR  
COMPLETO (FILTRO +CONTROL+REGISTRADOR)**

ENTRADA		SALIDA(Registrador)			
(100mVrms)		CANAL No1		CANAL No2	
HZ	mm(**)	mm	dB	mm	dB
10	1.0250	0.000	-∞	0.000	-∞
20	0.5125	0.003	-44.65	0.003	-44.65
40	0.2563	0.034	-17.54	0.035	-17.29
50	0.2050	0.068	-9.58	0.070	-9.33
60	0.1708	0.104	-4.31	0.106	-4.15
70	0.1464	0.124	-1.44	0.125	-1.44
80	0.1281	0.126	-0.14	0.127	-0.15
100	0.1025	0.110	0.61	0.108	0.45
120	0.0854	0.092	0.65	0.089	0.36
140	0.732	0.076	0.33	0.075	0.21
160	0.0641	0.064	-0.01	0.064	-0.01
180	0.0569	0.055	-0.30	0.055	-0.30
200	0.0512	0.048	-0.57	0.048	-0.57
250	0.041	0.034	-1.63	0.034	-1.63

\*\*El cálculo de la vibración en mm correspondiente a una señal de amplitud A (mVrms) y una frecuencia F (Hz) se hace con la siguiente fórmula :

$$U(\text{mm}) = \frac{A(\text{mVrms}) \times 82}{800 \times F(\text{hz})}$$

Deducida de los datos suministrados por el fabricante de los sensores de vibraciones.

Los datos de las Tablas N<sup>o</sup> 9 y N<sup>o</sup> 10 están mostrados graficamente en las Figs. N<sup>o</sup> 28y N<sup>o</sup> 29 respectivamente.

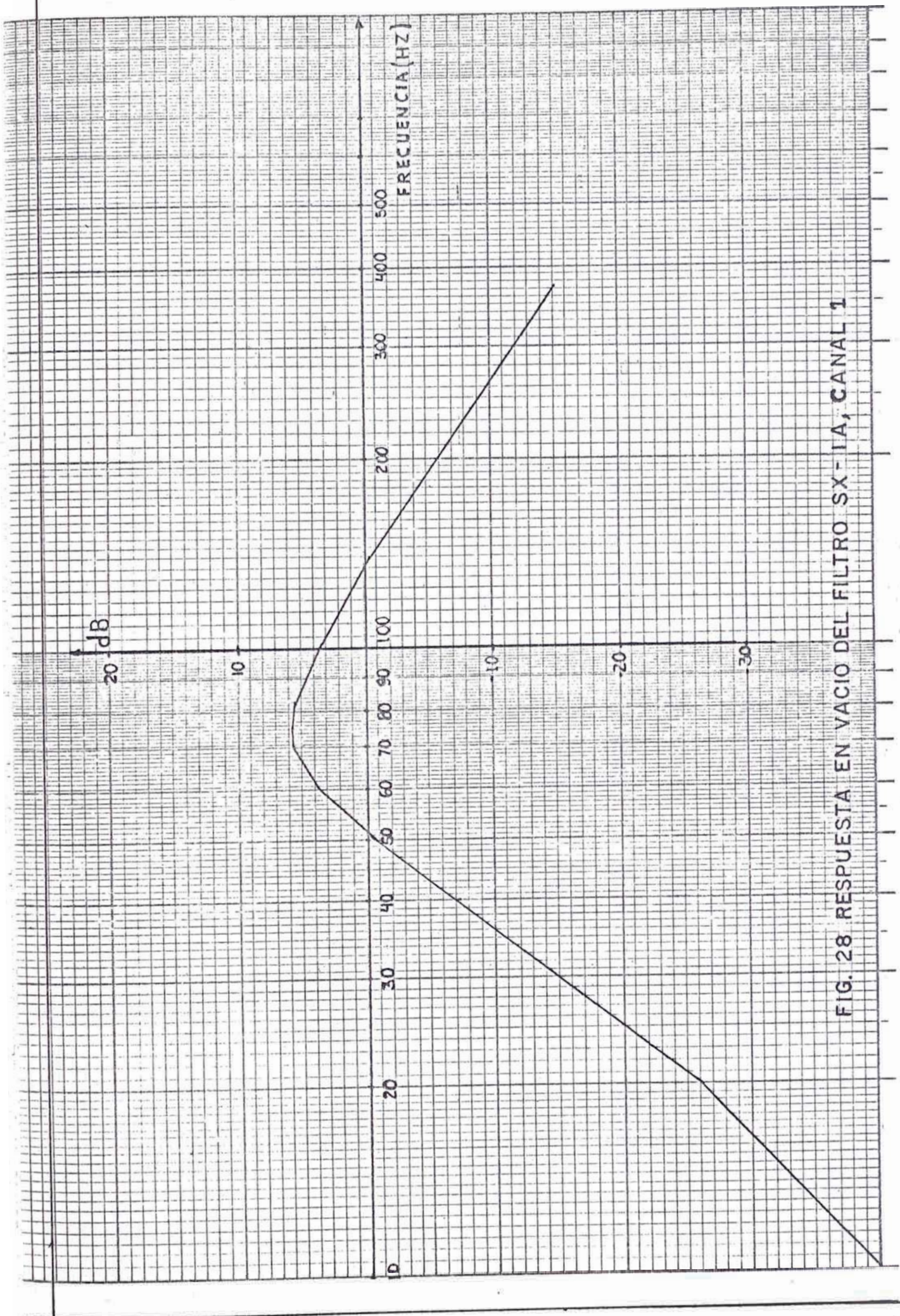


FIG. 28 RESPUESTA EN VACIO DEL FILTRO SX-1A, CANAL 1

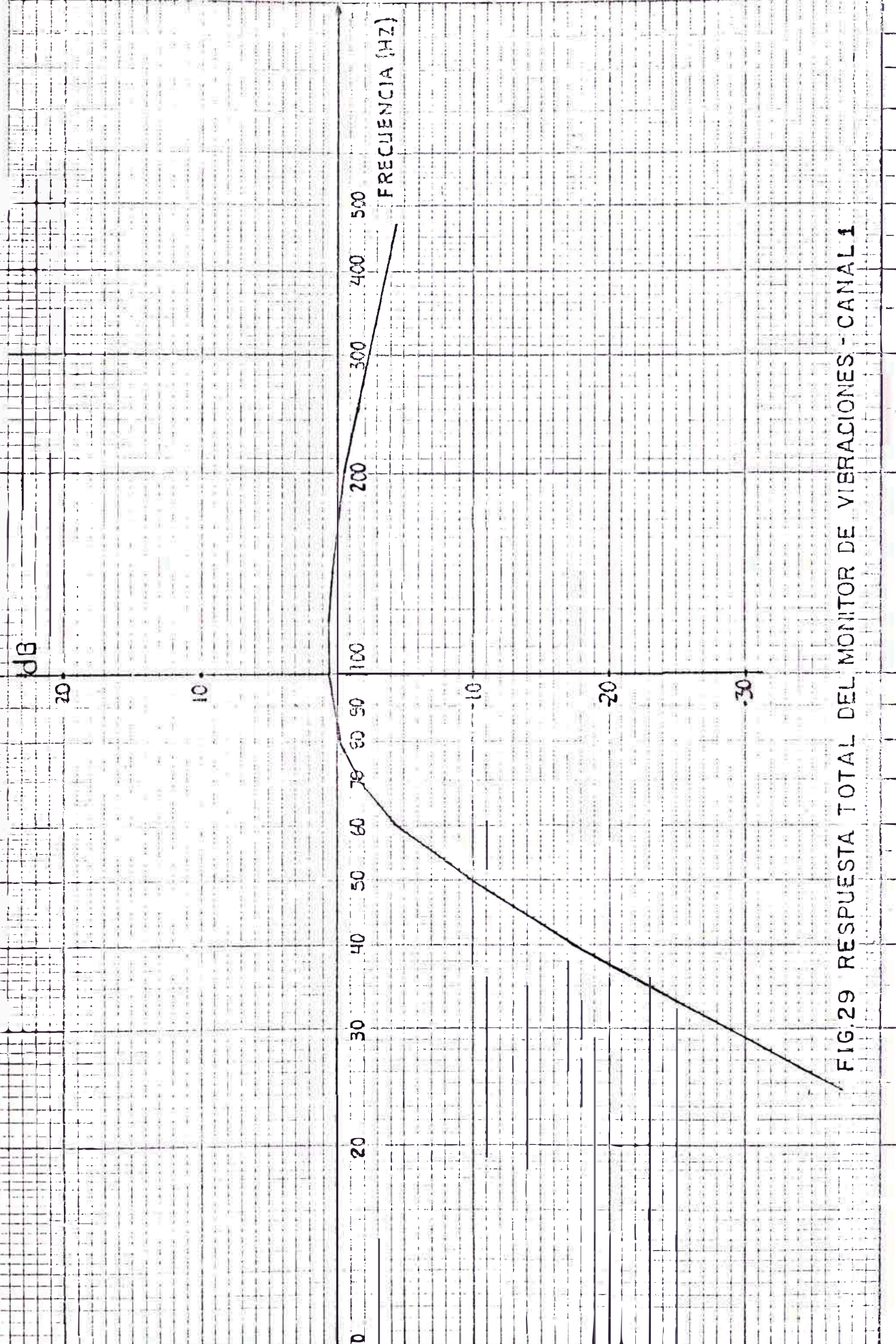


FIG.29 RESPUESTA TOTAL DEL MONITOR DE VIBRACIONES - CANAL 1



### 2.2.14. Monitor de velocidad.

Este monitoréo conta de los siguientes componentes:

- SE-3 : Sensor de alta velocidad
- SE-4 : Sensor de baja velocidad
- SE-3A : Pre amplificador
- SX-3 : Control de velocidad
- SY-3 (2) : Indicadores local y remoto

Para verificar el funcionamiento de estos instrumentos se siguen los siguientes pasos :

#### a.- Sensores de velocidad SE-3 , SE-4

-Verificar el valor ohmmico de las bobinas de los sensores, debe ser 380 ohm.

#### b.- Pre amplificador SX-3A

-Verificar en el osciloscopio su salida, que es una onda cuadrada de 20 V p-p para velocidades mayores que 4 R.P.M. y cero para velocidades menores que ésta

#### c.- Control de velocidad

-Verificar su respuesta, conectando en la salida una resistencia de 100 ohm y aplicando en la entrada señales senoidales de 30 V p-p de amplitud y frecuencia dada por la siguiente fórmula

$$F(\text{hz}) = \frac{n \times R}{60}$$

Donde : n = Son las R.P.M. de la turbina

R = Numero de ranuras del excitador, que en nuestro caso es 60

La respuesta esperada será

Entrada (Hz)	Salida mA D.C.
1000	0.83
2000	1.63
3000	2.50
4000	3.32
5000	4.15
6000	5.00

-Verificar el funcionamiento de los interruptores de velocidad, que deben de actuar a 4 R.P.M el de baja y a 3,550 R.P.M. el de alta.

#### d.- Indicadores de velocidad SY-3

-Medir la resistencia de la bobina, debe ser 50 ohm

-Aplicar 5 mA D.C., el instrumento debe indicar 6000 R.P.M.

### 2.2.15. Válvulas solenoides.

Estos instrumentos sirven como elementos de paso o bloqueo de aire u otro fluido cuando son energizados o descenergizados dependiendo de su función en el circuito de control, durante una inspección general de la turbina se tiene que realizar las siguientes pruebas

- Hermeticidad cuando la válvula está en condición cerrada
- Bloqueo de una vía, cuando la válvula es de tres vías.
- Libertad del paso del fluido cuando la válvula está en la condición abierta.
- También es necesario comprobar el accionamiento de la válvula solenoide simulando la condición eléctrica que lo hará actuar desde el panel local.

En la Tabla N<sup>o</sup> 10 se da la relación de las válvulas solenoides.

**TABLA N° 10 RELACION DE LAS VALVULAS SOLENOIDES.**

!N° LOCAL!	!FUNCION!	!VIAS!	!PLANO!	!ESTADO/ENERGIZADO!
!SV-1D!	!Valvula aislamiento combustible diesel, CV-3D!	! 3!	! T-17!	! Abierta!
!SV-1G!	!Valvula aislamiento combustible gas, CV-3G!	! 3!	! T-17!	! Abierta!
!SV-2A!	!Valvula de disparo por sobrevelocidad, CV-4D/G!	! 2!	! T-15!	! Cerrada!
!SV-2B!	!Valvula de drenaje combustible diesel, CV-8!	! 3!	! T-15!	! Abierta!
!SV-3A!	!Sumistro de aire de embrague!	! 3!	! T-08!	! Abierta!
!SV-3B!	!Descarga del aire de embrague!	! 2!	! T-08!	! Cerrada!
!SV-4!	!Valvula de arranque combustible diesel!	! 3!	! T-19!	! Abierta!
!SV-6!	!Drena señal de aire descarga compresor axial!	! 2!	! T-37!	! Abierta!
!SV-11!	!Suministra aire de instrumentos en arranque!	! 2!	! T-38!	! Cerrada!
!SV-15D!	!Valvula de estrangulamiento diesel, CV-11D!	! 3!	! T-19!	! Abierta!
!SV-15G!	!Valvula de estrangulamiento gas, CV-11G!	! 3!	! T-19!	! Abierta!
!SV-17!	!Suministro aire de atomización!	! 2!	! T-17!	! Abierta!

Continuación . . . . .

!Nº LOCAL!	!FUNCION!	!VIAS!	!PLANO!	!ESTADO/ENERGIZADO!
!SV-21	!Aire de barrido inyectoros diesel CV-21, 22, 23	! 3	! T-19	! Abierta
!SV-24	!Aire de barrido inyectoros gas CV-24, 25, 26	! 3	! T-19	! Abierta
!SV-25	!Enganche del engranaje de rotación lenta	! 3	! T-37	! Abierta
!SV-28	!Punto de consigna presión combustible diesel	! 3	! L-20	! Abierta
!SV-30A	!Selección de condición de operación Base/Pico	! 3	! T-31	! Abierta
!SV-30B	!Limitador de temperatura de los gases escape	! 3	! T-19	! Abierta
!SV-31	!Valvula de sangría del compresor, CV-6	! 3	! T-25	! Abierta
!SV-35	!Convertidor de torque	! 3	! T-10	! Abierta
!SV-36	!Control del compresor de aire	! 2	! L-30	! Cerrada
!SV-20A	!Aire de arranque del motor diesel	! 2	! T-11	! Abierta
!SV-15S	!Velocidad en vacío del motor diesel	! 2	! T-11	! Abierta
!SV-5S	!Parada del motor diesel	! 2	! T-11	! Cerrada

### 2.2.16. Generador y breaker (Interruptor) principal.

Luego de ejecutar el mantenimiento respectivo a estos equipos se deben tomar los siguientes datos:

#### A.-Generador.

- Resistencia del bobinado del estator, medir la resistencia de cada fase con un puente weston.
- Resistencia de aislamiento del bobinado del rotor, debe ser mayor que 1 Mgohm a 75 °C, este valor será el doble por cada 15 °C menos, por lo que a 30 °C debe ser mayor que 16 Mgohm.
- Aislamiento con respecto a tierra del bobinado del estator, se debe utilizar un Megger de 5000 V.D.C (tener en cuenta que la medición se debe efectuar despues de un minuto de haber aplicado el voltaje, medir la tempertura), este valor debe ser mayor que el valor dado por la siguiente fórmula:

$$R(\text{Mgohm}) = \frac{E}{\frac{\text{KVA}}{100} + 1000}$$

- Donde: - E = Voltaje nominal del generador, en voltios.  
 - KVA = Potencia aparente, en vol-amps.

El valor de R está referido a una temperatura de 75°C, por lo que es necesario retraerlo a la tempertura a la cual se esta haciendo la medición, teniendo en cuenta que

por cada 18 °C menos el valor debe ser mayor que el doble, en nuestro caso concreto, E=13200V., KVA=24188 VA, por lo que : R(Mgohm) = 10.625 a 75°C  
= 21.250 a 57°C  
= 42.500 a 39°C  
= 85.000 a 21°C

-Aislamiento con respecto a tierra de otros puntos : cojinete del lado de la turbina, cojinete del lado de la excitatriz, pernos del nucleo del estator, eje rotòrico ensamblado, calentadores del generador, cables de salida del generador.

#### **B.-Interruptor (breaker) principal.**

-Resistencia de aislamiento con respecto a tierra de cada polo de cada una de las tres fases, tanto en el lado del generador como en el lado de la barra, utilizar megger de 1000 V.D.C..

-Resistencia de aislamiento entre los polos de cada fase cuando el interruptor està abierto.

-Comprobaciòn del mando de apertura y cierre en la posiciòn de prueba.

-Comprobaciòn del accionamiento mecànico de los contactos auxiliares.

### 2.2.17.-Excitatriz.

Despues de haber efectuado el mantenimiento de este equipo se deben tomar los siguientes datos:

- Resistencia del bobinado del campo, utilizando un puente weston (valor entre 10.5 y 11.5 ohms).
- Resistencia de aislamiento con respecto a tierra del estator y del rotor utilizando un megger de 500 V.D.C. (mayor que 1 Mgohm).
- En el puente rectificador se debe tomar el valor de la resistencia de los diodos de silicio, directa(de 4 a 5 ohms) e inversa (menor que 300 mA en 1200 V.D.C), de los resistores (3000 ohms) y comprobar el estado de los fusibles.

### 2.2.18.Motores de equipos auxiliares y cubiculos del centro de control.

Los motores de los equipos auxiliares deben ser inspeccionados en los talleres considerando los siguientes aspectos :

- Cojinetes
- Alineamiento y balanceo del rotor
- Aislamiento y estado del bobinado estatorico
- Alojamiento de cojinetes



En cuanto a los cubículos del centro de control, se les debe efectuar un minucioso chequeo y mantenimiento, considerando entre otras cosas lo siguiente:

- Prueba del circuito de mando en las condiciones de "Manual" y "Automático", referirse a los respectivos diagramas desde L10 a L62.
- Prueba del relé de protección por sobrecarga.
- Aislamiento de los cables de fuerza que van hacia los motores.
- Verificación del Amperímetro.

Luego de la reinstalación de los equipos auxiliares se deben tomar datos de amperaje y aislamiento para llenar la Tabla N<sup>o</sup> 11 que se muestra a continuación:

**TABLA No 11 RELACION DE MOTORES DE EQUIPOS AUXILIARES**

CUBIC.	SERVICIO	POT. (kw)	CORR. (amp)	CORRIENTE CARGA *			AISLAMIENTO *		
				R	S	T	R	S	T
1D	Bomba combustible diesel	30.0	46.0	15.0	15.0	15.0	100	100	100
1G	Bomba de drenaje diesel	0.4	1.1	0.8	0.8	0.8	190	190	190
1K	Rot. lenta(turning gear)	3.7	6.6	3.2	3.2	3.2	50	50	50
1N	Compresor de aire	7.5	12.5	10.3	10.3	10.3	100	100	100
2A	Ventilador No1 E. Aceite	2.2	3.8	3.8	3.9	3.8	90	90	90
2D	Ventilador No2.E. Aceite	2.2	3.8	3.8	3.9	3.9	150	150	150
2G	Ventilador No3.E. Aceite	2.2	3.8	4.3	4.3	4.2	130	130	130
2K	Ventilador No4.E. Aceite	2.2	3.8	4.3	4.0	4.2	200	200	200
2N	Ventilador No5.E. Aceite	2.2	3.8	4.1	4.1	4.0	150	150	150
2R	Ventilador No6.E. Aceite	2.2	3.8	4.0	4.2	4.0	500	500	500
3D	Ventilador No1 Cab. Turb.	1.5	2.9	2.4	2.4	2.4	130	130	130
3G	Ventilador No2 Cab. Turb.	1.5	2.9	2.4	2.4	2.4	125	125	125
3K	Ventilador No3 Comp. Auxi.	1.5	2.9	2.4	2.4	2.4	700	700	700

Continuación . . . .

CUBIC.	SERVICIO	POT. (kw)	CORR. (amp)	CORRIENTE CARGA *			AISLAMIENTO *		
				R	S	T	R	S	T
3N	Ventilador N°4 Comp.Aux1.	1.5	2.9	2.4	2.4	2.4	60	60	60
4D	Bomba cebado Motor diesel	1.5	3.1	2.7	2.7	2.7	150	150	150
1E	Ventilador N°5 Cab. Turb.	1.5	20 D.C.	16.0			(R)50	(C) 250	
1L	Bomba Aux.Aceite Lubric.	4.2	45 D.C.	40.0			(R)50	(C) 250	

Nota :

Estos datos fueron tomados en la Inspección de la Unidad B año 1988,  
el valor de la corriente está en Amperios y el aislamiento en M ohm

(R) = Rotor

(C) = Campo

### 2.2.19.- Relés de Protección del Generador.

A estos dispositivos de protección se les hace un mantenimiento minucioso (limpieza, lubricación, revisión de los contactos ) por la gran importancia que tienen en la protección del generador.

Luego, se deberá hacer la calibración utilizando el equipo Probador de relés, con el cual se debe verificar lo siguiente:

- Corriente y/o Voltaje de inicio (Pick-up), los cuales deben coincidir con el valor del tap al cual están fijados, según el tipo de relé.
- Tiempo de accionamiento, el cual deberá estar dentro de un margen de  $\pm 3\%$  del valor dado en las curvas respectivas.
- Accionamiento del Indicador, circulando a través de su bobina la corriente continua necesaria.

Luego de su reinstalación se deberá comprobar su acción sobre el Interruptor principal.

A continuación, en la Tabla N<sup>o</sup> 12, se da la relación de los relés de protección del generador.

**TABLA No 12 RELES DE PROTECCION DEL GENERADOR**

NRO LOC.	SERVICIO/FUNCION	TIPO	AJUSTE
51G(1)	Sobrecorriente	CO-8	Tap=5 , Dial=6
51G(2)	Sobrecorriente	CO-8	Tap=5 , Dial=6
59G	Sobre Voltaje	CV-5	Tap=128, Dial=1
46G	Inversión de Fase	COQ	Tap=3.5, Dial=3
57-G1	Potencia	CW-13D	P(A)=2, S(%)=40
67-G2	Potencia Inversa	CW-11D	V=110, A=0.14, 30°
87-G(1)	Diferencial	CAG-D	Sensitividad=10%
87-G(2)	Diferencial	CAG-D	Sensitividad=10%
87-G(3)	Diferencial	CAG-D	Sensitividad=10%
87-GG	Difer. a Tierra	CWR-2	0.5 volt, 25 mA.

### 2.2.20.-Panel de control local y temporizadores.

Entre las actividades más significativas dentro de este apartado se encuentran

- Limpieza y revisión de las regletas y relés auxiliares dentro de la consola de control local
- Prueba del Anunciador, simulando todas las condiciones de alarma y disparo, según los planos del secuenciado respectivo.
- Cronometraje de los temporizadores, en la Tabla No 13, que se muestra a continuación se da esta relación.

**TABLA No13 RELACION DE TEMPORIZADORES**

NRO. LOCAL	SERVICIO	PLAN	TIPO	TIEMPO (Seg.)	
				DISEÑO	ACTUAL *
				ON	OFF
2-SV3.	Confirma la descarga aire de embrague	T08	SRTD-N	5	2.8
2-DS	Período pre calentamiento motor diesel	T10	SRTD-N	20	21.6
2D-DS	Tiempo del arrancador neumático M.diesel	T10	SRTD-F	15	11.4
48-DS	Falla de arranque del motor diesel	T10	DMT	45	47.0
2C-DS	Tiempo de parada arrancador M. diesel	T10	SRTD-N	3	3.8
2-16-DS	Velocidad de vacío motor diesel	T10	DMT	5	6.0
2-16X-DS	Tiempo parada baja presión Conv.torque	T10	SRTD-N	10	11.0
16-DS	Velocidad de vacío motor diesel	T10	SRTD-N	20	17.0
2-14-DS	Establecimiento presión aceite M.diesel	T10	SRTD-N	60	70.0
62-DS	Enfriamiento en parada motor disele	T11	DMT	120	120.0
5Y-DS	Tiempo de parada emergencia M. diesel	T11	SRTD-N	30	20.0
2-SV17	Suministro aire atomización -Oper. normal	T17	TDS	30	60.0

Continuación . . . .

NRO. LOCAL	SERVICIO	PLAN	TIPO	TIEMPO (Seg.)	
				DISEÑO	ACTUAL *
				ON	OFF
:2-SV17R	:Intervalo de suministro aire atomización.	:T17	:DMT	:900	:900
:2-SV117T	:Suministro de aire atomización en parada	:T17	:DMT	:300	:600.0
:2-SV17X	:Intervalo suministro aire atomización	:T17	:SRTD-F	:5	:3.0
:SV1DY	:Tiempo de drenaje de combustible diesel	:T17	:SRTD-F	:2	:1.6
:62FD	:Fin de transferencia Comb.diesel-gas	:T18	:SRT-F	:10	:5.0
:62FG	:Fin de transferencia Comb. gas-diesel	:T18	:SRTD-F	:10	:5.8
:FDZ	:Aire atomización transferencia Comb. G/D	:T18	:SRTD-N	:5	:7.3
:2-SV15DT	:Retrasa desactivación de SV15D en Transf.	:T19	:SRTD-F	:1	:0.8
:2-SV15GT	:Retrasa desactivación de SV15G en Transf.	:T19	:SRTD-N	:2	:2.0
:2-SV15R	:Inicia transferencia Comb.diesel-gas	:T19	:SRTD-N	:5	:0.0
:2-SV15S	:Inicia transferencia Comb. gas-diesel	:T19	:SRTD-N	:5	:9.0
:2-SV21	:Aire de barrido a manifold de diesel	:T19	:SRTD-N	:10	:7.0
:2-SV24	:Aire de barrido a manifold de gas	:T19	:SRTD-N	:10	:11.0

Continuación . . . .

NRO. LOCAL	SERVICIO	PLAN	TIPO	TIEMPO (Seg.)	
				DISEÑO	ACTUAL *
				ON	OFF
:2-SV4	:Apertura válvula CV2D en Transf. de Comb.	:T19	:DMT	:10	:8.0
:2-SV4S	:Apertura válvula CV2D en arranque diesel.	:T19	:DMT	:30	:23.0
:CHANGE Y	:Señaliza condición anormal de Transferen.	:T20	:SRTD-F	:0	:0.0
:48FD	:Falla de transferencia Comb. gas-diesel	:T20	:SRTD-N	:10	:124.0
:48FG	:Falla de transferencia Comb. diesel-gas	:T20	:SRTD-N	:10	:12.0
:48XFD	:Limpieza transferencia Comb. gas-diesel	:T20	:SRTD-N	:2	:2.9
:48XFG	:Limpieza transferencia Comb. diesel-gas	:T20	:SRTD-N	:2	:2.0
:PS9DX	:Establecimiento presión manifold diesel	:T21	:SRTD-N	:5	:5.0
:2-IG	:Tiempo de ignición	:T22	:DMT	:120	:60.0
:2-IO	:Calentamiento en vacío	:T25	:DMT	:600	:600.0
:66L1GOV	:Disminución de carga en secuencia parada	:T31	:SRTD-N	:3	:4.0
:66L2GOV	:Disminución de carga en secuencia parada	:T31	:SRTD-N	:2	:1.0



Continuación . . . .

NRO. LOCAL	SERVICIO	PLAN	TIPO	TIEMPO (Seg.)	
				DISEÑO	ACTUAL *
				ON	OFF
66R1GOV	Razón de Aumento aceleración de Turbina	T31	SRTD-N	3	1.2
66R2GOV	Razón de aumento aceleración de Turbina	T31	SRTD-N	1	1.8
2-65	Toma de carga inicial	T31	SRTD-N	5	2.4
86GTZ	Tiempo de parada en carga pico	T31	SRTD-N	2	1.8
62GT	Enfriamiento en vacío secuencia parada	T35	DMT	10	11.0
2-14	Confirmación de velocidad cero eje Turb.	T37	DMT	10	23.0
2-PS6	Retardo para detector velocidad cero-eje	T37	DMT	600	560.0
2-SV25	Enganche del engranaje de rotación lenta	T37	SRTD-N	10	7.8
2-TG	Arranque motor de engranaje de rot.lenta	T37	SRTD-N	10	8.3
62-PS6	Revisión engranaje giro despues de parada	T37	DMT	900	204.0
48TG	Falla de inicio engranaje de Rot. lenta	T37	SRTD-N	180	52.0
62-TG1	Periodo engranaje de giro luego de parada	T38	SYS-R	24H	24.H
62-TG2	Periodo engranaje de giro luego de parada	T38	SYS-R	24H	24.H

Continuación . . . .

NRO. LOCAL	SERVICIO	PLAN	TIPO	TIEMPO (Seg.)	
				DISEÑO	ACTUAL *
				ON	OFF
62-TG3	Periodo engranaje de giro luego de parada	T38	SYS-R	24H	24.H
2-27	Falla de alimentación energía A.C.control	T50	SRT-N	10	5.6
2-TS5	Retraso de disparo por combustor apagado	T50	SRT-F	5	1.5
AOPX	Establecimiento presión aceite-cojinetes	L13	SRTD-N	10	10.0
G2RFA	Funcionamiento de ventiladores (parada)	L15	DMT	900	796.0
2-FOP	Bomba diesel	L20	SRTD-N	5	4.6
G2-FOP	Bomba diesel	L20	SRT-F	5	5.3
88PT1	Ciclo bomba cebado motor arranque	L40	DMT	6 H	6.30 H
88PT2	Ciclo bomba cebado motor arranque	L40	DMT	600	622.8
88PX	Ciclo bomba cebado motor arranque	L40	SRTD-N	1	1.0
COUNTXN	Contador de arranques	R05	SRTD-N	1	1.0

\* Valores finales en la unidad "B" Mantenimiento General 1988

### 2.2.21.-Regulador automático de voltaje.

Para realizar este trabajo debe retirarse la alimentación D.C. (Interruptor BH-50), y abrir el seccionador D.S. que alimenta al transformador de excitación.

#### A.-Mantenimiento e inspección del cubículo del AVR

Tomar como referencia los planos E20, E21 y E25 y ejecutar lo siguiente :

-Remover el polvo del cubículo con una aspiradora.

-Limpiar y verificar el funcionamiento de contactores 90AX, 90MX, y escobillas del motor 90RM.

-Revisar la cantidad y calidad de grasa (SKF Alfalub Light 3/1) en el reductor.

-Revisar los rectificadores REC-1/2/31, SR-10/11, SA, los supresores SP-1/2, los diodos Zener Z-1/2/3.

-Revisar y medir la resistencia de campo R entre los terminales A y E y entre los terminales E y K.

#### B.-Equipo e instrumentos de prueba.

-01 Transformador de voltaje de salida variable (TR EXT), rango: 0-220 V.A.C entrada, 0-260 VAC salida. Será la fuente de energía en lugar del secundario del transformador de excitación (TR).

- 02 Voltímetros digitales rango : 0-300 V.A.C. (V1 salida del transformador variable, V3 salida del regulador manual 90M).
- 01 Voltímetro D.C. rango : 0-100 V.D.C. (V2 voltaje de campo de la excitatriz A.C.).
- 01 Amperímetro D.C. rango : 0-10 A.D.C. (A2 corriente de campo de excitatriz A.C.).
- 01 Amperímetro D.C. rango : 5 A.D.C. (A3 corriente de salida del AVR.).
- 01 Miliamperímetro D.C. rango : 0-1 mA. D.C. (A4 corriente del arrollamiento de control magnético).
- 01 Miliamperímetro D.C. rango : 0-30 mA D.C. (A1 corriente del arrollamiento de polarización magnético)
- 01 Bateria seca de 6 voltios o 04 pilas secas de 1.5 voltios c/u. (Bat. simula la corriente del circuito de sensado).
- 01 Potenciómetro de 5 Kohm/10 mA (POT. regulación de la corriente del arrollamiento de control).
- 01 Osciloscopio, para la observación y verificación de las señales.

-100 Mt.de cable flexible, que servirá para hacer el conecionado de los instrumentos en el circuito de prueba respectivo.

**C.- Disposición de instrumentos en el circuito de prueba.**

-Desconectar los cables de las regletas e instalar los diferentes instrumentos y dispositivos según se muestra en el circuito de prueba, Figura N<sup>o</sup> 30, asegurarse que las conexiones se hagan en forma adecuada evitando falsos contactos.

**D.-Pueba estática del regulador automático (AVR) de voltaje.**

**D1.-Característica del arrollamiento de polarización.**

-Incrementar en forma gradual la salida del transformador TR EXT., leida en el voltímetro V1, y tomar la corriente en el amperímetro A1

-Anotar los valores de voltaje y corriente como se muestra en la Tabla N<sup>o</sup> 14.

-Hacer la gráfica correspondiente de corriente de polarización versus el voltaje de entrada.

**D2.-Característica de la excitación manual-90M.**

-Interruptor de control 43-90, en posición "Manual".

- Contactor 90MX en posición "ON", contactor 90AX en posición "OFF".
- Interruptor magnético 41E en posición "ON".
- Cursor del regulador manual 90M en la posición "0"
- Graduar la salida del transformador TR EXT. en 220 V.A.C., este valor se debe mantener durante toda la prueba.
- Incrementar gradualmente la salida del 90M, leída en el voltímetro V3 (Máximo valor de salida será 60 voltios) y tomar las lecturas de los instrumentos de precisión A2 y V2, así como los valores indicados en los instrumentos A y V del panel del generador.
- Anotar los valores como se muestra en la Tabla No 15

### **D.3.-Característica del regulador automático de voltaje-AVR.**

- Interruptor de control 43-90 en posición "AUTO".
- Contactor 90MX en posición "OFF".
- Contactor 90AX en posición "ON".
- Interruptor magnético 41E en posición "ON".
- Fijar la salida del transformador TR EXT en 220 V.A.C.
- Abrir el circuito desconectando el terminal positivo de la batería y tome los datos indicados en los instrumentos A2, A3 y V3.

- Conectar el cable desconectado y tomar los datos nuevamente.
- Variar lentamente el potenciómetro, POT, de 5Kohm aumentando de esta manera la corriente leída en el amperímetro A4 anotando los datos en la Tabla N<sup>o</sup>16 (Primera parte).
- Conectar el osciloscopio entre los terminales C2-G2, y C1-G1 para observar la variación del ángulo de disparo de los tiristores, como consecuencia del aumento o disminución de la corriente de control.
- Invierta los cables conectados a la resistencia R13 y el terminal 5 del ZPM, variar la corriente con el potenciómetro y anotar los datos en la Tabla N<sup>o</sup>16 (Segunda parte).
- Graficar la corriente de campo(A2), y la salida del AVR(A3) versus la corriente de control(A4).

En las tablas N<sup>o</sup>14, 15, 16, se muestra el resumen de los datos obtenidos en este procedimiento.

#### **E.-Normalización del cubículo del AVR.**

-Luego de terminar con todas las pruebas reconectar los cables desconectados, teniendo cuidado de ajustar adecuadamente los tornillos y verificando los diagramas de los planos E20, E21, E25.

**TABLA No 14. CORRIENTE DE POLARIZACION**

SALIDA DEL TRANSFORMADOR TR EXT -V1 (Voltios A.C.)	CORRIENTE DE POLARIZACION (mA)-A1
5.00	0.80
10.00	1.70
20.00	3.60
30.00	4.90
40.00	7.00
50.00	8.80
60.00	10.40
70.00	10.75
80.00	10.80
100.00	10.85
120.00	10.90
140.00	10.90
160.00	10.95
180.00	11.00
200.00	11.00
220.00	11.00
240.00	11.00
260.00	11.00



**TABLA N<sup>o</sup>15 CARACTERISTICA DE EXCITACION MANUAL**

SALIDA 90M V3(V.A.C)	VOLTAJE DE CAMPO		CORRIENTE DE CAMPO	
	V2(Presc.)	V(P.Gen.)	A2(Presc.)	A(P.Gen.)
0.00	0.00		0.00	
9.30	11.70		1.00	
17.50	23.20		2.00	
26.00	35.00		3.00	
35.00	46.60		4.00	
44.00	58.60		5.00	
53.80	70.40		6.00	
60.00	81.50		6.70	

**TABLA N°16 CARACTERISTICAS DEL AVR.**

Primera parte

CORRIENTE DE CONTROL 5 -> R13 A4 (A D.C)	CORRIENTE DE SALIDA AVR A3 (A.D.C.)	CORRIENTE DE CAMPO A2 (A.D.C.)	VOLTAJE DE CAMPO V2 (V.D.C.)
0 (C.A)	1.00	2.70	31.50
0 (C.C)	0.32	1.10	12.60
100.00	0.60	1.80	21.20
200.00	0.90	2.50	29.30
300.00	1.28	3.20	37.40
400.00	1.70	3.90	45.10
500.00	2.20	4.60	53.40
600.00	2.70	5.10	60.30
700.00	3.17	5.55	66.10
800.00	3.60	6.00	71.00

Segunda parte

Corriente de Control 5 -> R13 A4 (A D.C)	Corriente de Salida AVR A3 (A.D.C.)	Corriente de Campo A2 (A.D.C.)	Voltaje de Campo V2 (V.D.C.)
100.00	0.20	0.60	7.00
200.00	0.10	0.20	2.10
300.00	0.00	0.00	0.00
400.00	0.00	0.00	0.00

Nota : Los valores de A1, V2.A2 y A3 de las Tablas N°14, N°15, N°16, son referenciales, registrados en el Mantenimiento General de la Uniads "B" año 1988.

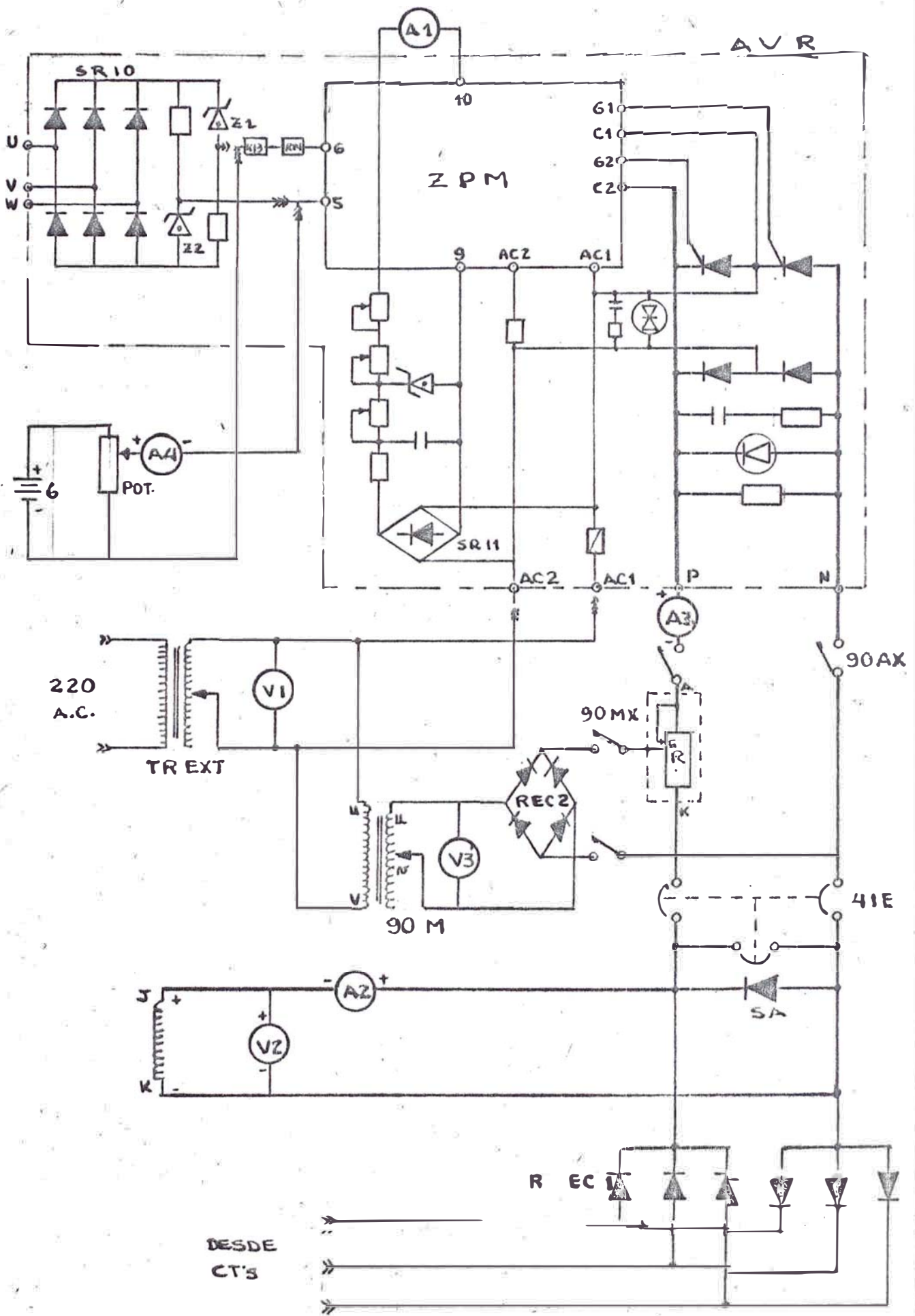


FIG.30 CIRCUITO DE PRUEBA DEL AVR

### III

#### PUESTA EN MARCHA

En este Capítulo se describen las consideraciones y pautas generales de operación, así como las pruebas desde el arranque de la unidad hasta el momento en que ésta queda en un estado de funcionamiento confiable y es recepcionada por el personal operativo.

##### 3.1. Consideraciones generales de operación

El operador de la planta es responsable de una operación segura del turbogenerador debe estar familiarizado con los límites y características de operación, así como estar capacitado para tomar la acción correctiva necesaria según sea requerida por una condición de operación anormal. Ante cualquier duda de los límites de seguridad, que ocurriese en cualquier fase de la operación, la turbina será parada tan rápido como sea posible. Si hay duda sobre las condiciones internas de la turbina, independientemente de la habilidad para arrancarla y operarla nuevamente con seguridad, las áreas cuestionadas deben ser inspeccionadas y revisadas

minuciosamente antes de ejecutar cualquier acción adicional.

En primer lugar mencionaremos el procedimiento de arranque y operación de la unidad y después, en forma más detallada, la secuencia lógica de todas las fases que tienen lugar durante el proceso de arranque, cuando se utiliza combustible diesel.

### **3.1.1. Procedimiento de arranque y operación**

A continuación mencionaremos las pautas generales que debe tener en cuenta el personal operativo y de mantenimiento para una operación segura de la unidad

#### **A.-Condiciones previas**

a.-Seleccionar y suministrar el combustible, gas o diesel, al sistema de medición de la turbina

b.-Suministrar energía eléctrica a

- Bomba de lubricación auxiliar
- Compresor de aire
- Engranaje de giro lento
- Ventiladores del enfriador de aceite lubricante
- Ventiladores de la caseta de la turbina
- Controles D.C.
- Controles A.C.
- Bomba de drenaje de combustible diesel
- Motor de arranque

-Secador de aire para instrumentos

- c.-Verificar que la válvula de disparo por sobrevelocidad este abierta
- d.-Limpiar el anunciador si es necesario
- e.-Colocar todos los interruptores en posición "AUTO"
- f.-Colocar el interruptor del motor del engranaje de rotación lenta en la posición "ON"
- g.-Colocar el interruptor selector de operación en la posición "LOCAL"

## **B.-Secuencia**

El encendido de la lámpara "READY TO START" muestra que la unidad está lista para el arranque, al presionar el botón "START" la turbina arrancará automáticamente e irá incrementando su velocidad en forma progresiva hasta que este cercana a la velocidad de sincronismo. Durante el proceso de arranque se irán activando las siguientes lámparas que mostrarán en forma secuencial las sucesivas etapas de este proceso :

- "TURNING"** : Muestra que la unidad está rotando a la velocidad del engranaje de giro lento.
- "READY TO START"** Muestra que la unidad está lista para arrancar.

- "MASTER RELAY"** : Muestra que la unidad ha sido arrancada y se ha activado el relé maestro el cual inicia todo el proceso.
- "STARTING DEVICE ON"** : Muestra que el motor diesel a iniciado su arranque.
- "IGNITION ON"** : Muestra que el ignitor es energizado por un periodo pre fijado.
- "FIRED"** : Muestra que el combustible ha sido encendido y está siendo quemado .
- "SPEED CHANGER ON"** : Muestra la aceleración de la turbina es controlada por el gobernador.
- "WARMING IDLE"** : Muestra que la unidad ha alcanzado su velocidad de vacío y se mantiene en este estado durante diez minutos, con propósitos de calentamiento.
- "READY TO LOAD"** : Muestra que la unidad está lista para entrar en línea.
- "RUNING"** : Muestra que la unidad está con carga.

### **C.-Tiempos de arranque**

Durante todo el proceso de arranque los siguientes tiempos son recomendados:

- Hasta alcanzar la velocidad nominal : 15 minutos
- Periodo de calentamiento : 10 minutos

-Hasta tomar la carga nominal : 10 minutos

Tiempo total : 35 minutos

#### **D.-Operación en paralelo**

En una operación en paralelo la variación de frecuencia debido a los cambios de carga dependerán de la regulación del gobernador de cada unidad. Carga igualmente dividida se recomienda cuando las unidades están en paralelo, la razón de esta condición es para reducir la carga transferida a las otras unidades cuando ocurra algún disparo de emergencia en cualesquiera de las unidades.

La carga máxima permitida que puede ser transferida a las unidades que están trabajando desde la unidad disparada es aproximadamente 6 MW.

La carga máxima pico permitida con el interruptor de selección en la posición "PEAK LOAD" no debe excederse de 500 Hrs/año, estas horas deberán ser contadas y deben utilizarse como una guía del factor de mantenimiento de los componentes de la turbina.

#### **3.1.2.Perfil de arranque**

Como se explicó en el punto anterior hay etapas sobresalientes durante el arranque de la turbina y que su ocurrencia nos indicará en forma secuencial en que fase se encuentra este proceso, el cual desarrollamos en forma más detallado en este punto, utilizando combustible



diesel, haciendo notar que cuando se utiliza combustible gas el proceso es en forma general el mismo con la única diferencia de que actuarán las válvulas CV-1G, CV-2G, CV-11G en lugar de las válvulas CV-1D, CV-2D, CV-11D.

Todo el proceso de arranque se basa fundamentalmente en las señales de la descarga del compresor axial y de la presión del aceite impulsor, ambas dependientes de la velocidad que va adquiriendo la turbina en forma progresiva, hasta llegar a la velocidad nominal (4913 R.P.M.).

#### **A.-Condiciones previas**

- a.-Colocar todos los interruptores y selectores del panel local en la posición "AUTO".
- b.-Energizar todos los instrumentos y/o equipos auxiliares.
- c.-El engranaje de rotación lenta debe estar operativo, lámpara "TURNING" activada.
- d.-Seleccionar el combustible diesel con la perilla 3-FS, hasta que se active la lámpara "OIL".
- e.-Seleccionar el panel de control local con la perilla 3-RL, se activará la lámpara "LOCAL CONTROL".
- f.-La bomba auxiliar de aceite lubricante debe estar funcionando, estará activada la lámpara "DC AUX OIL PUMP START".

g.-Luego se activará el relé 4A, indicando mediante la lámpara "READY TO START" que la unidad está lista para ser arrancada.

### **B.-Arranque**

Al presionar el pulsador "START", se produce lo siguiente:

a.-Energiza el relé Maestro 4, activándose la lámpara "MASTER RELAY".

b.-Se desactivan las lámparas "TURNING" y "READY TO START"

c.-Arrancan los motores eléctricos de los ventiladores del radiador de aceite lubricante

d.-Se desenergiza válvula solenoide SV-11, suministrando aire de instrumentos

e.-Arranca motor de bomba de refuerzo, Booster, de combustible diesel

f.-Energizan válvulas solenoides SV-3A y SV-3B, que suministran aire al embrague neumático

g.-Comienza el arranque del motor diesel activándose el pre-calentador 72-HDS y la lámpara "STARTING DEVICE ON". Luego de 20 segundos (Temporizador 2-DS) se activará solenoide SV-20A, que suministra aire al arrancador neumático del motor diesel por 20 segundos

(Temporizadores 2D-DS + 2C-DS), empezando el giro del motor.

Si éste no alcanza la velocidad de vacío (542 R.P.M.) en menos de 45 seg., figado por el temporizador 48DS, se produce el disparo por "FALLA DE ARRANQUE" del motor diesel activándose la lámpara "S/D START FAILURE".

- h.-Después de que el motor alcanza la velocidad de vacío se energiza la válvula solenoide SV-15S, que actúa sobre el varillaje del gobernador hasta llevar al motor a la velocidad de régimen, 1800 R.P.M., durante 25 segundos (Temporizadores 2-16DS + 16-DS).
- i.-A continuación se energiza la solenoide SV-35, que suministra aire al convertidor de torque, empezando el giro de la turbina llevado por el motor diesel.
- j.-Cuando la velocidad del eje de la turbina es mayor que la velocidad del eje de salida del engranaje de giro lento (22 R.P.M.), éste es desenganchado en forma automática, desactivándose el interruptor de posición MS-4, el cual para al motor eléctrico del engranaje de giro lento.
- k.-La turbina, llevada por el motor diesel, sigue incrementando su velocidad, en consecuencia aumentan la presión de la descarga del compresor axial y la presión del aceite impulsor.

### C.-Ignición y encendido

Cuando la turbina alcanza la velocidad de ignición, entre 900 y 980 R.P.M., la descarga del compresor tendrá una presión de 350 mm.A.Q., la que activará al interruptor de presión PS-6, originando:

- a.-Energice la válvula solenoide SV-2B, que suministra aire para cerrar la válvula de drenaje del manifold de diesel, CV-8D.
- b.-Energice la válvula solenoide SV-2A, que permite el incremento de la presión del aceite de sobrevelocidad en función del incremento de la velocidad del eje de la turbina, comenzando a abrirse las válvulas de sobrevelocidad CV-4D y CV-4G.
- c.-Capacite el disparo por alta temperatura de los gases de salida de los seis combustores durante el arranque (700 °C).
- d.-Cuando la presión del aceite de sobrevelocidad es 3.9 Kg/cm<sup>2</sup>, aproximadamente a las 1100 R.P.M., se activa el interruptor de presión PS-7, originando que
  - Se energice la válvula solenoide SV-17, que suministra el aire de atomización, regulado por la válvula de control CV-10.
  - Arranque la bomba de combustible diesel, después de 5 seg. fijado por el temporizador 2-FOP se energiza

la válvula solenoide SV-28, la que pone en servicio el lazo de control de presión de descarga de la bomba (PX-3, PX-1, PC-1, CV-1D), en función de la presión de descarga del compresor axial.

-Se energice temporizador 2-IG, que activa el circuito de ignición durante 120 seg. activándose la lámpara "IGNITION ON".

-Se energice la válvula solenoide SV-4 temporizado por 2-SV4S (De 20 a 30 seg.) suministrándose de esta manera aire para abrir la válvula de arranque CV-2D.

-Se energice la válvula solenoide SV-15D, que permite el paso del aceite de control hacia la válvula de estrangulamiento, la cual comenzará a abrirse cuando esta presión tenga un valor de 1.3 Kg/cm<sup>2</sup>, aproximadamente a las 2500 R.P.M.

-Se energice la válvula solenoide SV-1D, que suministra aire para abrir la válvula de aislamiento CV-3D, la cual permite el paso del combustible diesel que fluye por las válvulas CV-2D y CV-11D (Apertura inicial de 2.3 mm.), hacia los combustores iniciándose de esta manera la combustión y por lo tanto la turbina comienza a autoimpulsarse.

-Se energice el contador de arranque MQ-5 el cual avanza en una unidad su cuenta.

e.-Después que la llama se ha establecido en los seis

combustores, es decir, que la diferencia de temperaturas entre los gases de salida de estos y el aire de descarga del compresor axial es mayor que  $110^{\circ}\text{C}$ , se activará la lámpara "**FIRED**", por acción del interruptor de temperatura TS-5 indicándonos que se ha producido un encendido satisfactorio.

Es importante indicar que durante este proceso de encendido la temperatura de los gases en la salida de los combustores no debe ser mayor que  $700^{\circ}\text{C}$ , de lo contrario se producirá el disparo de la turbina por sobretemperatura, asimismo la diferencia de  $110^{\circ}\text{C}$  debe mantenerse de lo contrario, si ésta cae por debajo de este valor durante más de dos segundos la turbina se disparará por falla de ignición, activándose la lámpara "IGNICION FAILURE".

#### **D.-Aceleración**

Cuando la presión del aceite impulsor alcanza el valor de  $0.6 \text{ Kg/cm}^2$  (Aproximadamente a 2500 R.P.M.) se activa el interruptor de presión PS-5, originando que:

a.-Active el mando eléctrico del cambiador de velocidad (Speed changer), que controla la barra del gobernador dentro de la caja de control hidráulico, iniciándose el control de la apertura de la válvula de estrangulamiento CV-11D y en consecuencia el control del flujo de combustible e incremento de velocidad, hasta que la turbina alcance la velocidad de vacío.

El incremento de velocidad se detendrá, solo si la temperatura de los gases de salida de los combustores es mayor que 600 °C.

b.-Se activa lámpara señalizadora : "SPEED CHANGER ON"

c.-Cuando la presión del aceite impulsor es 0.78 Kg/cm<sup>2</sup> (Aproximadamente a los 2900 R.P.M.) se activa al interruptor de presión PS-2, el cual originará :

-Se active el control temporizado del intervalo de aire de atomización (2-SV17R).

-Se energice las solenoides SV-3A, SV-3B cortándose el suministro de aire al embrague y enviándose a la atmósfera el residual. Si la presión de este aire residual detectado por el interruptor de presión PS-14B, es mayor que 0.6 Kg/cm<sup>2</sup>, después de 5 segundos (Temporizador 2-SV3) se producirá el disparo de la turbina por aire impropio en el embrague, activándose la lámpara "CLUTCH AIR IMPROPER".

d.-Producido el desenganche entre la turbina y el motor de arranque, éste sigue funcionando con fines de enfriamiento durante un tiempo de dos minutos (Temporizador 62-DS), después del cual el motor es parado.

e.-La turbina sigue aumentando su velocidad, controlada por el cambiador de velocidad, cuando la presión del aire en la descarga del compresor axial alcanza el

valor de 3.94 Kg/cm<sup>2</sup> (Aproximadamente a los 4,400 R.P.M.), actúa el interruptor PS-8 que energiza a la válvula solenoide SV-31 que suministra aire para cerrar la válvula de sangría CV-6, aprovechándose en consecuencia una mayor cantidad de aire para la combustión.

f.-Cuando la turbina alcanza los 4,500 R.P.M., la presión del aceite de lubricación de los cojinetes alcanza el valor de 1.1 Kg/cm<sup>2</sup>, que desactiva al interruptor PS-26 que para al motor de la bomba auxiliar del aceite lubricante.

#### **E.-Velocidad de vacío**

Cuando la velocidad de la turbina es mayor que 4,850 R.P.M., cercana a la velocidad de sincronismo (4,913 R.P.M.), la presión del aceite impulsor alcanza el valor de 2.15 Kg/cm<sup>2</sup> activándose el interruptor de presión PS-25 o se activará el interruptor del monitor de velocidad (13) originando que :

a.-Se desenergice el mando automático de incremento del cambiador de velocidad.

b.-Se energice el circuito del interruptor de excitación 41E.

c.-Se energice el temporizador 2-10 que controla el tiempo de calentamiento en vacío (10 minutos) de la unidad.



d.-Se active la lámpara señalizadora "WARNING IDLE"

### **F.-Puesta en línea**

Después de concluido el tiempo de calentamiento en vacío se activa el relé 2-IOX y en consecuencia :

a.-Se activa la lámpara "READY TO LOAD", que nos indica que la unidad está lista para entrar en línea.

b.-En el instante que la unidad se pone en línea, se energiza el temporizador 2-65, que controla el tiempo de toma de carga inicial, impidiéndose de esta manera la motorización del generador.

c.-Se activa la lámpara de señalización "RUNNING" indicándonos que la unidad está funcionando con carga.

### **3.1.3.Procedimiento de parada**

#### **A.-Normal**

Cuando el interruptor del gobernador está en la posición "AUTO" y bajo la operación paralela, la carga de la unidad será reducida automáticamente hasta la condición de carga mínima, momento en el cual se presionará el botón de parada, entonces el Interruptor del generador será aperturado y continuará operando, con fines de enfriamiento, por un lapso de diez minutos, luego del cual la unidad debe pararse.

El operador debe vigilar el consumo de carga del sistema y lo debe operar manualmente cuando la unidad está siendo parada.

Cuando el operador desea parar la unidad manualmente, él reducirá la carga por intermedio del interruptor del gobernador, a través del control de supervisión, hasta que la unidad este en la condición de vacío, colocando el interruptor "MASTER CONTROL" a la posición "OFF", se iniciará un periodo de enfriamiento de duración fija, se encenderá la lámpara de "SHEDULE STOP", al final de este periodo de tiempo se iniciará la parada.

La turbina entonces entrará automáticamente en giro lento y debe permanecer en este estado por 72 horas y/o hasta que la temperatura de escape este debajo de 60°C.

#### **B.-Emergencia**

Presionar momentaneamente el boton "EMERGENCY STOP BOTTON" localizado en el panel de control de la turbina a gas o disparar manualmente la palanca de la válvula de disparo por sobrevelocidad. La turbina parará y entrará en forma automática el engranaje de giro lento como lo indica el punto A. El mismo procedimiento ocurrirá por una parada debido a un mal funcionamiento o al colocar el interruptor selector del "MASTER CONTROL" en la posición "OFF".

En la Fig. 31 se puede apreciar el comportamiento de la Unidad, en función del tiempo, en un arranque y parada normales.

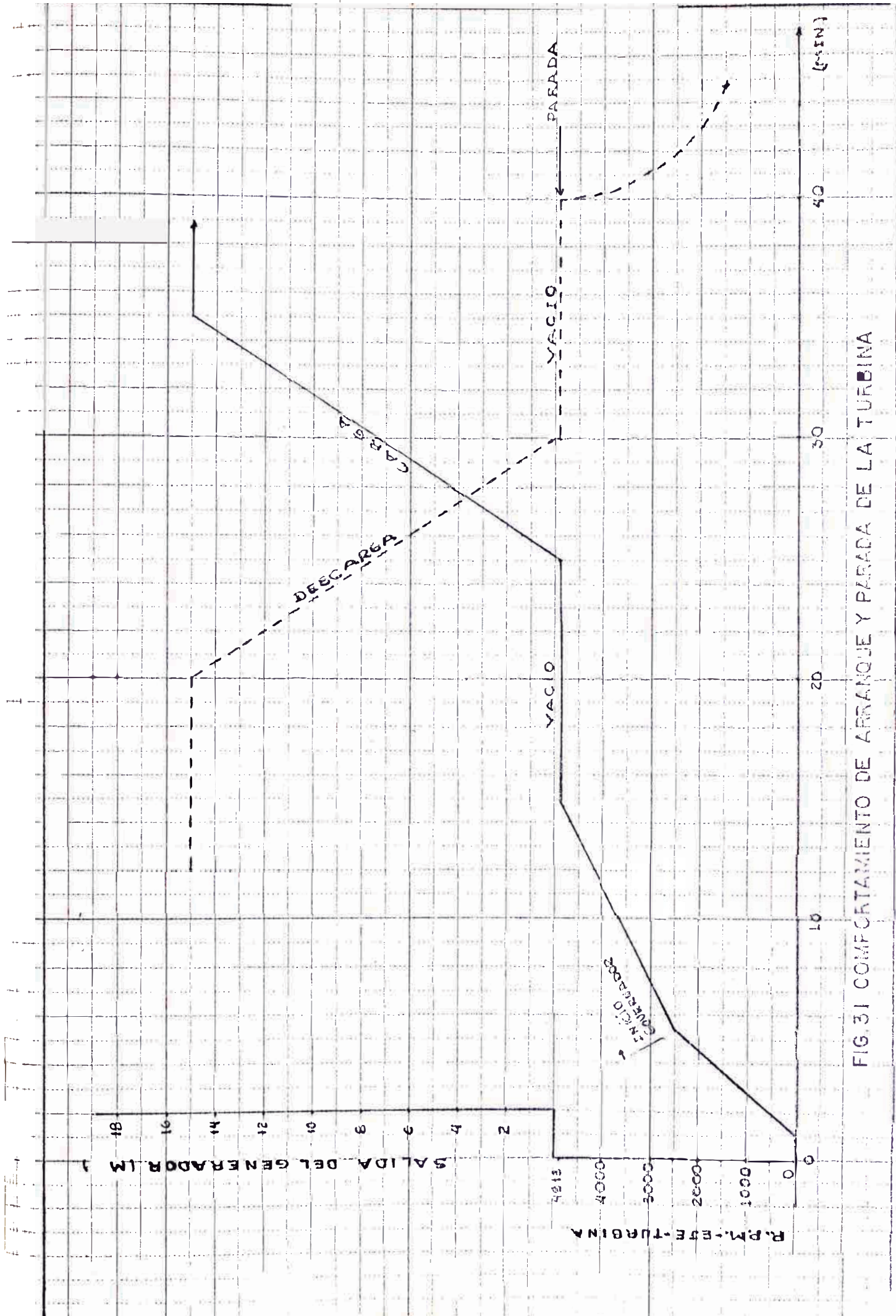


FIG. 31 COMPORTAMIENTO DE ARRANQUE Y PARADA DE LA TURBINA

### 3.1.4.-Operación del engranaje de rotación lenta

El mecanismo del engranaje de rotación está provisto para girar el rotor de la turbina impidiendo de esta manera la deflexión del eje luego de un parada y también con el objeto de habilitar un nuevo arranque sin dañar la turbina; también funciona como ayuda del motor diesel en romper el torque inicial del rotor .

En el inicio del ciclo de arranque el motor del engranaje de rotación está energizado, luego de que la turbina es acelerada hasta una velocidad pre-fijada, el embrague del engranaje de rotación es desenganchado y el motor desenergizado permaneciendo así en la operación normal de la turbina.

En el ciclo de parada el motor del engranaje de rotación es energizado automáticamente al final del periodo de enfriamiento, el embrague enganchado permaneciendo en operación hasta que la temperatura de los gases de escape disminuyan por debajo de 60 °C.

Si ocurre deflexión térmica como resultado de no usar el engranaje de rotación, para enderezar el eje será necesario arrancar el motor diesel manualmente por un periodo determinado.

Cuando la unidad es parada y no se dispone de energía eléctrica el operador deberá girar el rotor de la turbina manualmente por medio de la palanca suministrada al final

del eje del engranaje de rotación, debe girarse a una razón de  $180^\circ$  cada 20 minutos hasta que la condición de deflexión sea eliminado.

### 3.2. Pruebas finales

En esta fase del Mantenimiento General se fijan los parámetros finales de control. Es importante mencionar que los parámetros fijados para los instrumentos que conforman los diferentes lazos de control, como se ha indicado en el Capítulo II, es una muy buena aproximación. Según el comportamiento de las diferentes variables, que se van registrando durante el proceso de arranque, algunos parámetros se modificarán ligeramente.

Después del mantenimiento, calibración, reinstalación, verificación del sistema de control y equipo eléctrico y haber concluido el montaje de todas las partes mecánicas se iniciarán las pruebas de arranque, que duran aproximadamente 15 días.

Antes de comenzar las pruebas de arranque propiamente dichas, es decir, con encendido de combustible, es necesario recalcar que se deben efectuar las siguientes actividades

- Prueba manual del motor diesel de arranque
- Recirculación y limpieza de la línea de aceite lubricante y de la línea de combustible diesel.

- Purgas de las líneas del aire de atomización y de la señal de la presión de descarga del compresor axial
- Revisión y prueba del disparo por sobrevelocidad
- Funcionamiento del engranaje de rotación lenta, para eliminar la deflexión del rotor, así como para detectar ruidos y rozamientos anormales por un período de 48 a 72 horas
- Calibración de válvulas de estrangulamiento CV-11D/G y verificación de la caja de control hidráulico, (Ver 3.2.1.3/5 ; 3.2.2.) operando la unidad en "SPIN"

A continuación se mencionan las pautas que deben seguirse en las diferentes pruebas finales :

#### **A.-Arranque**

- a.-Las pruebas de arranque deben iniciarse utilizando, combustible gas, por la confiabilidad del proceso, que nos permitirá detectar anomalías que puedan ser corregidas a tiempo, luego usar combustible diesel y finalmente hacer las transferencias de combustible.
- b.- Antes de un arranque con combustible diesel se debe hacer una recirculación en la línea entre el tanque diario y la unidad, para eliminar en los filtros la escoria y suciedad que originan el taponéo de los inyectores, impidiendo así un buen encendido en los combustores.

c.-Cuando se efectúan las pruebas de arranque (Ambos combustibles) es indispensable registrar en cada intento y en función del tiempo (Cada 20 segundos) las siguientes variables:

- Velocidad de la turbina
- Presión del aire de descarga del compresor axial
- Presión del aceite de : control, impulsor y de alta.
- Presión del aire de salida del cambiador de velocidad
- Presión de descarga de la bomba de combustible diesel
- Temperatura de los gases de salida de los seis combustores.
- Apertura de las válvulas de estrangulamiento CV-11D/G
- Salida de los transmisores PX-3 y PC-6

Para tomar los valores de estas variables simultáneamente, es necesario sincronizar los cronómetros en el preciso instante de presionar el pulsador de arranque. El registro de estas variables se hacen con el objeto de analizar el proceso de arranque e ir mejorándolo, modificando las regulaciones de los instrumentos, hasta lograr un arranque óptimo dentro de los parámetros de diseño.

d.-No someter a la unidad a temperaturas superiores a 600°C en los gases de salida de los combustores, los



cambios bruscos de temperatura disminuyen la vida útil de las partes de la turbina que están en contacto con los gases calientes (Combustores, alabes, diafragmas).

Reajustar de ser necesario los instrumentos que conforman los lazos que controlan el flujo de combustible (Ver 2.2.1.1/4).

## **B.-Transferencia de combustible**

- a.-Es requisito indispensable efectuar estas pruebas de transferencia de combustible, de gas a diesel y de diesel a gas.
- b.-La transferencia de combustible se debe efectuar operando la maquina en vacío, a pesar de que la lógica está diseñada para efectuarlo con carga, la razón se debe a la lentitud de la respuesta de los servomotores que originaría grandes variaciones en la frecuencia desestabilizando la red del sistema.
- c.-La variación de frecuencia debe ser como máximo 4Hz.
- d.-En la Fig.No 32 se muestra graficamente la secuencia lógica de la transferencia de combustible de gas a diesel, referirse a los planos T18, T19, T20 y T21.

**C.-Carga**

- a.-Antes de hacer la prueba con carga se recomienda operar la unidad de vacío durante ocho (8) horas.
- b.-Esta prueba debe hacerse con combustible gas y combustible diesel.
- c.-El incremento de carga debe ser de 2 MW por cada hora, registrando los valores de todas las variables, hasta llegar a la condición de carga máxima (en Talara 15 MW).

**D.-Toma de carga repentina**

Esta prueba se hace con el objeto de verificar la respuesta de la caja de control hidráulico y consiste en suministrar carga en forma repentina a dos unidades, igualmente cargadas, una de las cuales ha sido intervenida en el mantenimiento general, desde la tercera unidad a la cual se saca de línea (Se hace tres pruebas con 2, 3 y 4 MW). En la Tabla N<sup>o</sup> 17 se muestra la prueba efectuada con la unidad "B" el 22-01-88, fecha desde la cual se comenzó a ejecutar estas pruebas.

**TABLA N o 17 PRUEBA DE TOMA DE CARGA REPENTINA**

NRO. PRUEBA	UNIDAD	CARGA (MW)		
		INICIAL	TO	TF
1	A	10.0		11.7
	B	10.0		10.3
	C	2.0	0.0	0.0
2	A	2.2	0.0	0.0
	B	10.0		10.2
	C	10.0		12.0
3	A	9.5		11.3
	B	9.7		10.7
	C	2.8	0.0	0.0
4	A	9.2		11.5
	B	9.0		10.7
	C	4.0	0.0	0.0

TO : Instante en que se saca fuera de línea la unidad

TF : Tiempo en el cual se toman las cargas finales

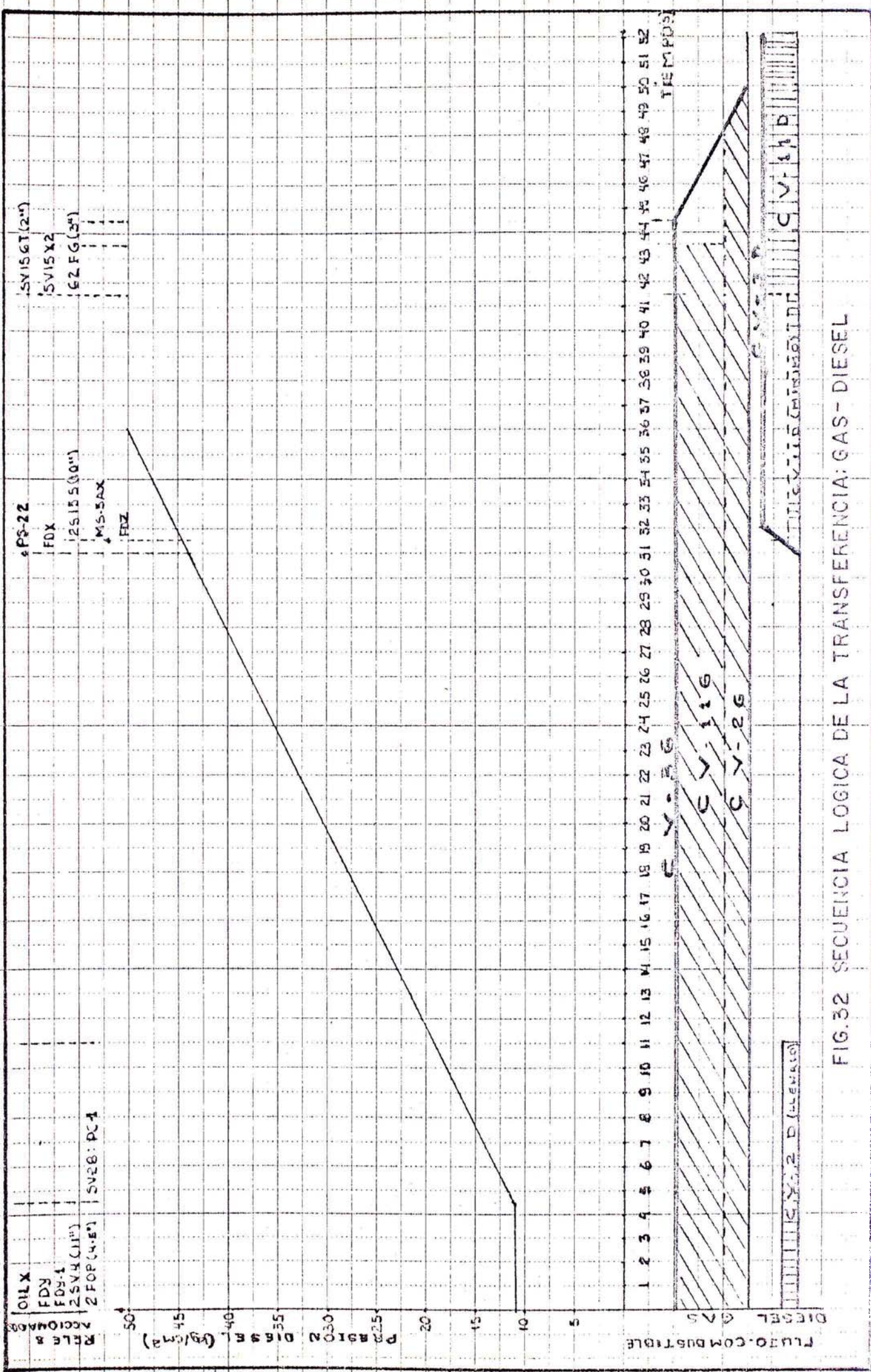


FIG.32 SECUENCIA LOGICA DE LA TRANSFERENCIA: GAS- DIESEL

## IV

### ANALISIS ECONOMICO

En este capítulo se hace una comparación entre los costos estimados, que demanda la ejecución de este trabajo, contando con asesoría de técnicos extranjeros y el hacerlo con personal de la Empresa.

#### 4.1. Costo de asesoría extranjera

Como se mencionó en la introducción, el mantenimiento general de estos turbogeneradores se efectuaba con la asesoría técnica de la firma Mitsubishi Corporation Japon.

Desde el año 1985 (Mantenimiento general Unidad "C") hasta el año 1987 (Mantenimiento General de unidad "B"), se contaba con la asesoría técnica de la firma Westinghouse Canada Inc. (WECAN), diseñadora y dueña de la patente de los turbogeneradores modelo MW191G, por ser su oferta la más económica. Estos contratos se firmaban considerando

**A.-Justificaciones**

- No se contaba con el personal técnico calificado
- La ausencia de dicho servicio compromete en forma directa el proceso productivo de PETROPERU ONO.
- El Decreto Supremo N<sup>o</sup> 021-87-EF, expedido el 06-12-87 establece en su artículo primero que, las Empresas Estatales de derecho privado podrán celebrar directamente, y en vías de excepción contratos de servicios no personales, vinculados genuinamente a sus procesos productivos u operativos.

**B.-Términos de referencia**

**B1-EQUIPO :** Turbogenerador marca MITSUBISHI, Modelo MW191-G, Central Eléctrica Malacas Talara Perú

**B2-DESCRIPCION:** Asistencia Técnica en el Mantenimiento General y Arranque del Turbogenerador

**B3-CONDICIONES DEL SERVICIO:**

- Modalidad del contrato : A tarifa diaria
- Duración del servicio : Según cronograma propuesto por contratista (85 días).
- PETROPERU proporcionará: Pasaje aéreo ida y vuelta a Talara, alojamiento, movilidad y alimentación.

**B4-OFERTA TECNICA :** Ingenieros con amplia experiencia y Cronograma de Trabajo

**B5-OFERTA ECONOMICA :**

-El contratista podrá presentar su oferta económica en intis o en moneda extranjera considerando :

- Tarifa por día laborable
- Tarifa por hora extra de día laborable
- Tarifa por hora de día no laborable

**C.-Costo estimado de Asesoría Extranjera**

Este presupuesto se ha elaborado teniendo en consideración la oferta económica de la firma WECAN presentada en Junio de 1988.

**C1-Monto estimado de Contratación**

**-PERSONAL**

Dos (2) Ingenieros:

- Un (1) Ingeniero Mecánico (60 días-hombre)
- Un (1) Ingeniero Electricista-Instrumentista  
(25 días-hombre)

**-DURACION ESTIMADA**

Ochenta y cinco (85) días - hombre, es decir 61 días laborables y 24 días no laborables.

**-CONDICIONES DE TRABAJO**

Días útiles: 8 horas de trabajo + 4 horas extras  
Días Sábados o Domingos : 12 horas extras

**-COSTOS HONORARIOS (Dos Ingenieros)**

Días laborables: 61 x U.S.\$ 723 = U.S.\$ 44,103.0

Horas extras (días laborables) = U.S.\$ 25,186.0

(4 x 61 x U.S.\$ 104.86)

Días no laborables (12 horas) = U.S.\$ 47,552.0

24 (12xU.S.\$ 104.86 + U.S.\$ 723)

TOTAL = U.S.\$ 117,241.0

**-COSTO DE PASAJES AEREOS**

Canada - Perú - Canada = U.S.\$ 4,080.0

-SUB-TOTAL = U.S.\$ 121,321.0

**-IMPREVISTOS Y OTROS**

10% Del SUB-TOTAL = U.S.\$ 12,132.0

-GRAN TOTAL = U.S.\$ 133,453.0

-MONTO ESTIMADO = U.S.\$ 133,453.0

**-C2-Gastos locales**

-Alojamiento y Alimentación = U.S.\$ 5,093.0

85(U.S.\$ 15 + 1.21 x U.S.\$ 35)

-Movilidad (vehículo alquilado) = U.S.\$ 4,565.0

-Pasajes LIM-TAL-LIM = U.S.\$ 170.0

Costo estimado gastos locales = U.S.\$ 9,728.0

Por lo tanto el costo estimado de la Asesoría Extranjera será :

= U.S.\$ 133 453.0 + U.S.\$ 9, 728.0

**Costo con personal extranjero = U.S.\$ 143,181.0**



#### 4.2. Costo con personal de la Empresa

Teniendo como base los conocimientos y experiencia adquiridos en mantenimientos generales anteriores en los que se contaba con la asesoría extranjera, se decidió por parte de la administración de PETROPERU ejecutar este trabajo con personal propio, lográndose resultados satisfactorios en las intervenciones en las que han participado como son :

- Arranque Unidad "B"(Enero-88)
- Mantenimiento General Unidad "A"(Jun/Set 88)
- Mantenimiento General Unidad "C"(Set 89/ en trabajo)

Para hacer el cálculo del costo estimado con personal de la Empresa se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones :

- Dedicación exclusiva de dos (02) supervisores durante el tiempo que dura el mantenimiento (Aprox. 85 días)
- Jornada de trabajo de 12 horas / día
- U.S.\$ . 12/hora-hombre, valor que PETROPERU considera como costo para su personal supervisor, en el cual se incluye sueldo y beneficios (vivienda, asistencia médica, etc, )
- Costo estimado con personal propio = U.S.\$ . 24,480.0  
( 2 x 85 x 12 x U.S.\$ . 12 )

**4.3.-Ahorro neto de la Empresa**

Logicamente es la diferencia entre el, costo estimado de la Asesoría Extranjera y el costo estimado con personal propio

AHORRO NETO = U.S.\$ .143,181.0 - U.S.\$ .24,480.0

**Ahorro Neto de la Empresa = U.S.\$ .118,701.0**

## CONCLUSIONES

- 1.- Los procedimientos desarrollados en la presente Tesis se han aplicado en forma satisfactoria en las siguientes intervenciones:
  - Arranque Unidad "B"- 1,988
  - Mantenimiento General Unidad "A"- 1,988
  - Mantenimiento General Unidad "C"- 1,990, en trabajo
  
- 2.- Los instrumentos de los diferentes lazos, calibrados con los procedimientos expuestos, no han presentado fallas, garantizando la confiabilidad de operaci3n de los Turbogeneradores.
  
- 3.- En los proximos Mantenimientos Generales de los Turbogeneradores ya no se requerir'a de Asesores Extranjeros, ahorr'andose una cantidad significativa de divisas.

- 4.- Toda Empresa del Perú que contrate Asesoría Técnica Extranjera, debería condicionarla a una efectiva transferencia de conocimientos hacia los Ingenieros y Técnicos Peruanos.
  
- 5.- La capacitación permanente de los Profesionales y Técnicos Peruanos permitirán una menor dependencia del extranjero.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.- TEC ENGINEERING DOCUMENT OF FERTILIZER COMPLEX FOR  
M/S PETROPERU, JOB N °7138, JAPAN 1973 :  
-VOL II - III TECHNICAL DOCUMENT POWER GENERATION  
FACILITY  
  
-VOL III - III INSTRUCTION FOR OPERATION AND  
MAINTENANCE POWER GENERATION FACILITY
- 2.- MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD., JAPAN :  
-OVERHAUL AND INSPECTION REPORT UNIT "A" -1976,1980,  
1984  
  
-OVERHAUL AND INSPECTION REPORT UNIT "B" -1977,1979,  
1984  
  
-OVERHAUL AND INSPECTION REPORT UNIT "C" -1877,1980,
- 3.- MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION, JAPAN 1973 :  
-TEST REPORT AND TEST RECORD
- 4.- WECAN FIELD INSTALATION AND TURBINE SERVICE, TURBINE  
AND GENERATOR DIVISION :  
-GAS TURBINE INSPECTION CONTROL AND ELECTRICAL  
REPORT UNIT "C" -1985  
  
-GAS TURBINE INSPECTION CONTROL AND ELECTRICAL  
REPORT UNIT "B" -1987
- 5.- CREUS SOLE : INSTRUMENTACION INDUSTRIAL,PUBLICACIONES  
MARCOMBO, MEXICO -1981
- 6.- KATSUHIKO OGATA      INGENIERIA DE CONTROL MODERNA,  
EDITORIAL PRENTICE HALL  
INTERNACIONAL -1974.