

29
24
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "CUAUTITLAN"



PROGRAMACION Y EJECUCION DEL MANTENIMIENTO
MAYOR PREVENTIVO DE UN GENERADOR DE 346 MVA
DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA "FRANCISCO -
PEREZ RIOS" DE LA COMISION FEDERAL DE ELEC-
TRICIDAD.

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

ROBERTO PEREZ LUGO
JUAN URBANO GARCIA

CUAUTITLAN IZCALLI,
EDO. DE MEXICO

NOVIEMBRE DE 1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INTRODUCCION

Se ha observado a través del tiempo que gran parte del desarrollo de nuestro país se debe al aspecto industrial, pero a la vez este requiere de materias primas y fuentes de energía y una de ellas es la electricidad, por tal razón en los últimos regímenes gubernamentales se ha preocupado constantemente por impulsar el sector eléctrico, por ser un factor de primer orden, tanto para la industria como para la electrificación de los rincones de las comunidades rurales y ampliación de zonas urbanas. Además se crean nuevas fuentes de trabajo con las que el individuo mejora su nivel de vida y condiciones humanas.

Por tal motivo el Gobierno Federal a través de la Comisión Federal de Electricidad y sus diferentes órganos trata por todos los medios posibles de resolver los problemas de electrificación por medio de la construcción de nuevas Plantas Generadoras de Energía Eléctrica en diferentes regiones del país.

Por ahora se trata de la Planta Termoeléctrica "Francisco Pérez Ríos" de Tula, Hgo., que consta de 5 Unidades de 346 MVA cada una y que están en operación.

Por todo lo anterior, es necesario que todas las Unidades de esta Central Termoeléctrica y las restantes del Sistema Eléctrico Nacional estén en constante operación y para lograr esto se deben realizar mantenimientos preventivos, mensuales, trimestrales, semestrales, anuales y mayores a todo el equipo en general de cada Unidad, para así tener una mayor eficiencia y aumentar la aportación de energía al sistema.

Daremos una especial importancia al Mantenimiento Mayor, por ser este más completo y detallado, dedicado a los generadores de esta Central Termoeléctrica, ya que es el equipo principal.

O B J E T I V O

Es notorio que durante el desarrollo de los mantenimientos mayores del Generador de 346 MVA, de la Central Termoeléctrica "Francisco Pérez Ríos", se requiere de técnicos japoneses para la supervisión de estos trabajos, por ser la Industria Mitsubishi Electric Co., la que provee de estos generadores a México.

Entonces el objetivo primordial de este tema de tesis, es elaborar un manual que sea de fácil manejo y este al alcance de todo el personal interesado en la Central Termoeléctrica y además que sirva como libro de consulta a la Biblioteca de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, y así ayudar a que el personal se capacite y desarrolle estos trabajos con mayor eficiencia para que la dependencia de tecnología extranjera en nuestro país, cada día disminuya más.

PROGRAMACION Y EJECUCION DEL MANTENIMIENTO MAYOR
PREVENTIVO DE UN GENERADOR DE 346 MVA DE LA CENTRAL
TERMoeLECTRICA "FRANCISCO PEREZ RIOS", DE LA COMI-
SION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.

INTRODUCCION

OBJETIVO

INDICE

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES

- 1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO
- 1.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO
- 1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO
- 1.4 MANTENIMIENTO SUSTITUTIVO
- 1.5 MANTENIMIENTO MAYOR PREVENTIVO REFERIDO A UN
GENERADOR DE 346 MVA.
- 1.6 MANTENIMIENTO PROGRAMADO RUTINARIO
- 1.7 CAUSAS QUE ORIGINAN QUE SE EFECTUE UN MANTENI-
MIENTO MAYOR PREVENTIVO
- 1.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN MANTENIMIENTO MA-
YOR PREVENTIVO.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL GENERADOR DE 346 MVA.

- 2.1 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
- 2.2 DESCRIPCION DEL ESTATOR
- 2.3 DESCRIPCION DEL ROTOR.

- 2.4 SISTEMA DE EXCITACION
- 2.5 EQUIPO AUXILIAR DEL GENERADOR

CAPITULO III

PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO MAYOR PREVENTIVO DEL GENERADOR DE 346 MVA.

- 3.1 PROGRAMA POR ACTIVIDADES Y POR DIA
- 3.2 CALCULO DE PRESUPUESTO
- 3.3 ACTIVIDADES A DESARROLLAR DURANTE EL MANTE-
NIMIENTO.
- 3.4 EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES UTILIZADOS
DURANTE EL MANTENIMIENTO.
- 3.5 PERSONAL QUE SE REQUIERE PARA UN MANTENIMIEN-
TO DE ESTE TIPO.

CAPITULO IV

PRUEBAS REALIZADAS AL GENERADOR ANTES DE SU MANTENIMIENTO

- 4.1 PRUEBA DE HERMETICIDAD
- 4.2 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (MEGGER)
- 4.3 BARRIDO DE HIDROGENO Y BIOXIDO DE CARBONO (H_2
Y CO_2) RESPECTIVAMENTE.

CAPITULO V

DESENSAMBLE DE PARTES DEL GENERADOR

- 5.1 DESENSAMBLE DEL EXCITADOR
- 5.2 DESENSAMBLE DE TAPAS Y CHUMACERAS
- 5.3 DESMONTAJE DE LOS ENFRIADORES DE HIDROGENO
- 5.4 DESMONTAJE DEL VENTILADOR DE HIDROGENO
- 5.5 EXTRACCION DEL ROTOR DEL GENERADOR.

CAPITULO VI

MANTENIMIENTO EFECTUADO AL GENERADOR

- 6.1 MANTENIMIENTO QUE SE HACE AL ESTATOR
- 6.2 MANTENIMIENTO QUE SE HACE AL ROTOR
- 6.3 MANTENIMIENTO QUE SE HACE AL EXCITADOR
- 6.4 MANTENIMIENTO QUE SE HACE AL EQUIPO AUXILIAR DEL GENERADOR.

CAPITULO VII

PRUEBAS EFECTUADAS DURANTE EL MANTENIMIENTO

- 7.1 PRUEBAS DE AISLAMIENTO A FASES DEL GENERADOR
- 7.2 PRUEBAS DE ALTA TENSION DE CORRIENTE ALTERNA
- 7.3 PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA
- 7.4 PRUEBAS DE AISLAMIENTO DE SOPORTES DE BOBINAS.

CAPITULO VIII

ENSAMBLE DE PARTES DEL GENERADOR DESPUES DE SU MANTENIMIENTO

- 8.1 INTRODUCCION DEL ROTOR
- 8.2 ENSAMBLE DE TAPAS Y COJINETES
- 8.3 MONTAJE DEL VENTILADOR DE HIDROGENO
- 8.4 MONTAJE DEL SISTEMA DE SELLOS
- 8.5 MONTAJE DEL EXCITADOR
- 8.6 ALINEACION DE GENERADOR-TURBINA DE BAJA PRESION.
- 8.7 ALINEACION DEL EXCITADOR - GENERADOR

CAPITULO IX

PRUEBAS FINALES EFECTUADAS AL GENERADOR.

- 9.1 RESULTADO FINAL DE SU RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
- 9.2 BALANCEO
- 9.3 VERIFICACION DE REGISTRADORES DE TEMPERATURA
- 9.4 COMPROBACION DE HERMETICIDAD.

CAPITULO X

SINCRONIZACION DEL GENERADOR DE 346 MVA. AL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL

- 10.1 CONDICIONES PARA SINCRONIZAR EN PARALELO UN GENERADOR.

CAPITULO I

DESCRIPCION DE MANTENIMIENTO

- 1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO
- 1.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO
- 1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO
- 1.4 MANTENIMIENTO SUSTITUTIVO
- 1.5 MANTENIMIENTO MAYOR PREVENTIVO A UN GENERADOR DE 346 MVA.
- 1.6 CAUSAS QUE ORIGINAN QUE SE EFECTUE UN MANTE-
NIMIENTO MAYOR PREVENTIVO.
- 1.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN MANTENIMIENTO -
MAYOR PREVENTIVO.

CAPITULO I

I. CONCEPTOS GENERALES:

Dentro de la industria en general y en particular, dentro de la Industria Eléctrica, la ingeniería de mantenimiento no depende directamente de la alta dirección, sino que depende de las gerencias de producción o gerencias de planta.

Se le conoce como ingeniero de planta, Superintendente de Mantenimiento, Ingeniero de Area de Mantenimiento, etc., a la persona encargada de desarrollar actividades destinadas al buen funcionamiento del equipo en operación de determinadas areas.

Se auxilia para el desempeño de su trabajo de: Mayordomo de area, Mayordomo de Patio, Ayudantes Técnicos, Maestros de Taller o Especialidad, Operarios Especialistas, Cuadrillas de Mantenimiento y Ayudantes.

Como primer paso de una buena ingeniería de mantenimiento se debe tener como base la Ingeniería de Investigación. Esta ingeniería puede subdividirse en Ingeniería de Investigación Pura o Ingeniería de Investigación Aplicada.

La Ingeniería de Desarrollo lo cubre la fase exploratoria del procesamiento de materiales.

La Ingeniería de Diseño implica la transferencia de nuevos procesos desarrollados en planos completos y especificados que se utilizan en la fabricación de equipo.

La Ingeniería de Construcción o Instalación, emplea estos planos y especificaciones para la construcción y la instalación de equipo y máquinas.

La Ingeniería de Mantenimiento se aplica en la conservación de las máquinas y equipos en condiciones óptimas de operación. Aún cuando la Ingeniería de Mantenimiento se considera como el último eslabón en la cadena de la Ingeniería, en realidad, la experiencia adquirida en la operación, durante toda la vida de las máquinas, sirve como base para la modificación de conceptos en las nuevas ideas que se tendrán para la Ingeniería de Investigación Aplicada y de Diseño, obteniéndose mejores máquinas y equipos, contribuyendo así al avance tecnológico.

1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El Mantenimiento Preventivo ha sido definido como una serie sistemática de operaciones preformadas periódicamente en los equipos e instalaciones con el objeto de prevenir la suspensión del servicio o la operación.

Las actividades básicas son:

- a). Inspección periodica (diaria) de las máquinas y equipos de la Planta o sistema, para descubrir condiciones que puedan ocasionar paros imprevistos de producción, incluye también el trabajo a intervalos definidos cuando el equipo no esta funcionando por otras razones.

- b). Conservar las máquinas o equipos para evitar daños y adaptarlos o repararlos cuando se encuentren en etapa incipiente.

1.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Se refiere a que basado en datos estadísticos y teniendo en cuenta las curvas de tendencia, se puede explorar y predecir con cierta seguridad el tiempo en que ocurrirá la falla o en que necesitará una reparación o acondicionamiento por estar en el límite de acuerdo a las normas preestablecidas.

Este tipo de mantenimiento ayuda en gran parte, ya que de esta manera siempre se contará con el equipo, refacciones y materiales que se necesitan en dicha reparación o acondicionamiento de determinada máquina.

1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Este se refiere a corregir los desperfectos ocasionados por una falla, cuyos resultados son graves, ya que ocasionan paro total de planta o suspensión general del servicio, entonces cabe mencionar que este mantenimiento se hace por fallas imprevistas o por no haber cumplido correctamente con los mantenimientos anteriores.

1.4 MANTENIMIENTO SUSTITUTIVO

Tiene por objeto evitar la suspensión de servicio o parada total de planta, y se basa en:

- a). Identificar los equipos críticos que al fallar o salir de operación ocasionan suspensión total del proceso o servicio. -- Estos deberán tener un duplicado o sustituto.

- b). Se establecerá una rotación en la operación de estos equipos y siempre deberán estar en óptimas condiciones.

Esto se logra vigilando el programa por personal ajeno al mantenimiento.

1.5 MANTENIMIENTO MAYOR PREVENTIVO A UN GENERADOR DE 346 MVA.

Este mantenimiento se refiere a hacer una inspección minuciosa y detallada del generador y equipo auxiliar desmantelando todas sus piezas sin llegar al desmontaje del mismo, normalmente tiene una duración de 75 días y se hace cada 4 años, después de haber estado en operación continua.

De las muchas actividades que se realizan mencionaremos algunas de las más importantes: Revisión de Estator, Revisión del Rotor, Calibración de Indicadores y Registradores, Ajuste del Sistema de Sello y Reacuñado del Estator y Limpieza de todas las piezas desmontadas.

1.6 MANTENIMIENTO PROGRAMADO O RUTINARIO

Se refiere al trabajo que pueda ejecutarse en intervalos regularmente cortos, cuando el equipo esta trabajando o cuando el equipo esta ocioso.

1.6.1 CONTAMINACION Y LIMPIEZA

Uno de los principales problemas actuales es la contaminación y en el caso particular de los equipos y máquinas eléctricas, es la contaminación por el ruido que producen las partes móviles y el campo magnético disperso, la excesiva temperatura por mala ventilación de los locales y la basura y desperdicios resultantes del mantenimiento y reparación.

Siempre que sea posible la máquina y equipo deberá aislarse contra ruidos y si no, en caso contrario aislar a los operarios de las máquinas ruidosas, proporcionándoles todas las comodidades y trato adecuado para el mejor desempeño de sus actividades.

En todos los casos debe tenerse el equipo siempre limpio, así como el área a su alrededor, ya que un lugar siempre es agradable para todo el personal que opera y mantiene el centro de trabajo.

1.6.1 RELACIONES HUMANAS

Para que un plan de mantenimiento tenga probabilidades de -

éxito, deberá tener en cuenta los principios básicos de las relaciones humanas, sin las cuales no podrá tener aplicación.

1.7 CAUSAS QUE ORIGINAN QUE SE EFECTUE UN MANTENIMIENTO MAYOR PREVENTIVO.

De acuerdo a las recomendaciones hechas por el fabricante, el generador deberá salir fuera de servicio cada 4 años para hacerle mantenimiento preventivo.

Como el generador es un equipo que depende de otro para su operación, como es la turbina de vapor, el generador de vapor, el sistema de excitación, etc., entonces si hay una falla imprevista en algunos de estos equipos principales mencionados y su reparación requiere de un tiempo mayor de 60 días y además coincide el tiempo que se tendrá que dar mantenimiento mayor preventivo a toda una Unidad, se aprovechará para efectuar mantenimiento mayor al generador.

1.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN MANTENIMIENTO MAYOR PREVENTIVO.

Debido a la gran necesidad de energía eléctrica en nuestro

pais se puede decir que siempre se obtendrán ventajas en un mantenimiento mayor de un Generador, de las muchas que existen, mencionaremos las siguientes:

- a). Disminuyen los paros imprevistos
- b). Disminuyen los costos por reparación normales
- c). Disminuyen los pagos por tiempo extra de reparación no -
previstos.
- d). Mejora el servicio de energía eléctrica al sector público.
- e). Disminuye el desembolso por reemplazo prematuro de pie -
zas y equipos debido al incremento de la vida probable.

1.8.1 FUNCIONES DE LA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO

I: FUNCIONES PRIMARIAS:

- a). Mantenimientos de equipos y sistemas existentes en la planta.
- b). Inspección y lubricación de equipos
- c). Modificaciones a los equipos y máquinas
- e). Mantenimiento a los equipos auxiliares
- f). Mantenimiento a los edificios que contienen las máquinas

II. FUNCIONES SECUNDARIAS:

- a). Protección a la máquina y edificios contra incendios
- b). Almacenamiento de equipo y refacciones
- c). Recuperación de equipos
- d). Control y disposición de desperdicios
- e). Administración de bienes, seguros, vigilancia, conasego, etc.
- f). Eliminación y control de la contaminación
- g). Otros servicios
- h). Reducción de los costos de mantenimiento en mano de obra y materiales.
- i). Mayor seguridad y protección para el Generador y para los trabajadores de la Planta
- j). Mejores relaciones industriales entre todos los trabajadores ya que aumenta las prestaciones por incentivos, debido a la disminución de paros imprevistos.
- k). Identificación de equipos, accesorios de alto costo de mantenimiento por: Aplicación inadecuada, mala operación, obsolescencia.

1.8.2 DESVENTAJAS:

Practicamente se puede considerar que no hay ninguna desventaja al hacer un mantenimiento mayor preventivo, excepto que la má-

quina se mantenga sin generar, pero siempre contará con una -
máquina de reserva que sustituya a la que va estar en manteni-
miento, además habiendo una buena coordinación de manteni- --
mientos, se evitará que dos o más generadores del sistema se -
les haga mantenimiento simultáneo.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL GENERADOR DE 346 MVA

- 2.1 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
- 2.2 DESCRIPCION DEL ESTATOR
- 2.3 DESCRIPCION DEL ROTOR
- 2.4 SISTEMA DE EXCITACION
- 2.5 EQUIPO AUXILIAR DEL GENERADOR

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL GENERADOR DE 346 MVA

En una Central Termoeléctrica se tienen tres transformaciones de energía. La primera consiste en transformar la energía química almacenada en el combustible en energía térmica, para poder producir vapor en la caldera; la segunda en convertir la energía térmica del vapor en energía mecánica, por medio de la turbina y la tercera consiste en transformar esta energía mecánica en energía eléctrica por medio del generador, de tal manera que la energía así obtenida se puede transportar o transmitir a grandes distancias para ser aprovechada en los centros de consumo. En el presente estudio observaremos porque se debe realizar el mantenimiento a un generador.

HACIENDO UN BREVE RECORDATORIO TENEMOS:

- a). La corriente eléctrica es un flujo de electrones impulsado por una F. E. M. (fuerza electromotriz) o voltaje.
- b). Para que en un conductor se genere una fuerza electromotriz, se requiere que dicho conductor se encuentre en movimiento dentro de un campo magnético sea varia-

ble. Este último caso es del que nos ocuparemos, ya que bajo este principio es que funcionan los grandes generadores de las Centrales Termoeléctricas.

- c). Para incrementar la potencia de los generadores (voltaje y amperaje) los polos magnéticos se construyen en el rotor del generador en donde se montan una serie de bobinas alimentadas con corriente directa, que producen un campo magnético fijo pero de mayor intensidad y que al girar el rotor, por acción de la turbina, dicho campo magnético adquiere la característica de un campo variable.

El generador de que nos ocuparemos, es un generador trifásico movido por una turbina de 300 MW. Las bobinas de su estator (inducido) se encuentran conectadas en estrella, con el neutro aterrizado a través de una impedancia (transformador con resistencia en derivación en el secundario), para limitar la corriente que retorne al generador en el caso de una falla a tierra.

Se conecta a la subestación de 230,000 Volts a través de un banco de 3 transformadores monofásicos, que elevan la tensión de generación de 20,000 Volts a 230,000 Volts.

Para disipar el calor que se produce en el interior del generador, se emplea un sistema de refrigeración por hidrógeno que fluye por las dos partes donde se une la flecha del rotor con la cubierta, se utiliza un sistema de sellos a base de aceite. Estos dos sistemas así como el de excitación se estudiarán más adelante.

2.1 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

Enfriadores de Hidrógeno. - El generador eléctrico dispone de 4 intercambiadores de calor, instalados en grupos de 2, en la cubierta del generador, del lado de la turbina, como se muestra en la Figura 2. a. Dichos intercambiadores de calor tienen la finalidad de extraerle el calor al gas hidrógeno, después de que éste ha recorrido los pasajes del estator y del rotor refrigerando los. Los enfriadores de hidrógeno, son intercambiadores de calor de superficie de 2 pasos, constituidos por una serie de tubos rectos, con aletas para incrementar la superficie de transmisión de calor. Por el interior de los tubos circula agua de enfriamiento y por el exterior el hidrógeno.

Cada uno de los 4 enfriadores (Fig. 2. a), cuenta con una línea de suministro de agua 4, y otra de descarga 5, localizadas en

la parte inferior de los enfriadores. Las líneas de descarga se unen en una sola tubería, en la cual se encuentra montada la válvula de control 6, encargada de regular el flujo de agua que pasa a través de los enfriadores de tal manera que el hidrógeno a la salida de los enfriadores, mantenga una temperatura aproximadamente de 40°C. También cada enfriador cuenta con un drenaje 3, en cada una de sus cajas de agua inferiores y un venteo 2, en su caja de agua superior.

Los enfriadores de hidrógeno, se encuentran fijos a la cubierta del generador en la parte inferior y en la parte superior — quedan libres para permitir las dilataciones y contracciones ocasionadas por los cambios de temperatura. Para evitar las fugas de hidrógeno por las uniones de los enfriadores, con la cubierta en la parte superior, se dispone de un sello de hule que permite la libre expansión de los enfriadores como se aprecia en la Figura 2. a

En la cámara que queda en la parte superior de los enfriadores, se tiene una línea igualadora de presión 1, que evita que dicha cámara se presurice o se forme vacío cuando los enfriadores se dilatan o se contraen respectivamente.

NOTA: Cuando se vaya a hacer limpieza de un enfriador, estando el generador lleno de hidrógeno, se deberá cerrar primero la válvula de la línea igualadora de presión 1, correspondiente antes de quitar la tapa del enfriador, ésto es para evitar que el hidrógeno se fuge por dicha línea.

2.2 DESCRIPCION DEL ESTATOR.

En el estator se montan varias bobinas formadas por muchas espiras conectadas en serie, de tal forma que al ser cortadas por el campo magnético giratorio del rotor, se induce en cada una de ellas una F. E. M., que al sumarse todas ellas produce una mayor potencia de salida del generador.

- a). Núcleo del estator. - Esta formado por delgadas laminillas de acero al silicio de pequeñas perdidas, las cuales son troqueladas para formar las ranuras donde van unidas por medio de una cuña después de haber recibido cada una de ellas un "baño" de barniz aislante con el fin de reducir las pérdidas por el efecto joule al inducirse fuerzas electromotrices que resultan de una repartición desigual del campo magnético.

A través del laminado del núcleo se tienen canales de ventilación que permiten el paso del hidrógeno refrigerante, el cual es impulsado por un ventilador de alta presión de dos pasos, localizado en el extremo del rotor lado turbina, como se muestra en la figura 2. b.

- b). Cubierta. - Consta de una estructura de acero de gran resistencia mecánica, diseñada para confinar el hidrógeno refrigerante en su interior y para resistir en el caso de que se presentara una explosión interna por causa de la inflamación del hidrógeno.

En esta cubierta se encuentran soportados el núcleo del estator y los enfriadores de hidrógeno, así como también los dispositivos de sellado con aceite que evitan que el hidrógeno fluya al exterior por las uniones de la cubierta con la flecha del rotor.

2.3 DESCRIPCION DEL ROTOR.

- a). Rotor. - Consta de un cilindro de acero forjado, montado en un eje que lo habilita para girar. El rotor al igual que el núcleo del estator se encuentra ranurado para alojar la bobina que forma el campo magnético (inductor).

Las salidas de la bobina de campo se llevan hasta el rotor de rectificadores por medio de boquillas aisladas -- unas de otras y del cilindro de acero y se prolongan a través de la flecha (que para este propósito es hueca) hasta el rotor de rectificadores que se encuentra montado en la misma flecha del generador.

Como se menciona anteriormente, en el extremo del rotor lado turbina, se encuentra montado un ventilador de flujo axial de 2 pasos, encargado de hacer circular el hidrógeno a través de todos los pasajes del generador, donde absorbe el calor generado, para posteriormente cederlo al agua de enfriamiento al pasar por los enfriadores de hidrógeno.

- b). Chumaceras. - El rotor del generador se encuentra soportado en sus extremos por las chumaceras Nos. 5 y 6, así como también el rotor de la excitatriz, por la chumacera No. 7, localizada entre el excitador piloto y el excitador de corriente alterna.

Para mantener a la flecha libre de esfuerzos indebidos

por causa de deflexión de la flecha o por un mal alineamiento, las chumaceras en su parte exterior son esféricas para que resulten autoalineables. Por su parte inferior las chumaceras están cubiertas por una camisa de metal BABBITT antifricción y lubricadas por aceite a presión del sistema de lubricación de la turbina.

En los soportes de las chumaceras Nos. 5 y 6, se encuentran soportados los elementos para formar los sellos de aceite que evitarán que el hidrógeno escape del interior del generador.

2.4 SISTEMA DE EXCITACION.

El sistema de excitación de un generador eléctrico, es el conjunto de elementos o máquinas, que generan y regulan la corriente directa que se suministra a las bobinas del rotor del generador, con el objeto de producir en ellas un campo magnético que induzca una F. E. M. en las bobinas del estator, que hará que por estas circule la corriente eléctrica, cuyas características, serán regidas por el sistema de excitación.

El generador , motivo de nuestro estudio, cuenta con un sistema de excitación del tipo semiestático sin escobillas, de operación continua y respuesta rápida, Las partes principales de que consta son las siguientes:

1. - Rectificador giratorio
2. - Excitador de corriente alterna
3. - Excitador piloto
4. - Regulador de voltaje

En las figuras 2. c. 1 y 2. c. 2, se puede observar la distribución de dichos equipos.

1. - El rectificador giratorio es trifásico, de onda completa y las características de éste son las siguientes:

Tipo: Rectificador de Silico

Salida: 1200 KW

Circuito rectificador trifásico de onda completa (1S-8P-6A).

La función del rectificador giratorio es la de convertir la corriente alterna proporcionada por el excitador de

C.A. en corriente directa, para alimentar (a través - de la flecha), a las bobinas del campo del generador -- (rotor), Dispone de un enfriador alimentado con agua de enfriamiento, para disipar el calor generado por los diodos rectificadores.

Este equipo se representa en la figura 2. d.

2. - El excitador de corriente alterna es un generador sincro no de alta frecuencia, que a diferencia de los generadores comunes, el inductor se encuentra en el estator y el inducido en el rotor. Las bobinas de campo del excitador de C.A., son alimentadas con corriente directa por dos bancos trifásicos de rectificadores controlados - - (THYRISTORES) de onda completa, los cuales tienen una capacidad de 160 volts y 100 amperes de C.D., Estos - rectificadores actúan por medio de la señal de control - que origina un generador de pulsos. En la figura 2. d, se hace una representación de lo antes mencionado.

NOTA: Un Thyristor o rectificador controlado es un - - elemento que tiene la característica de condu

cir la corriente (dejarla pasar), en un sólo sentido, sólo cuando recibe un pulso de disparo de su compuerta y que además en su salida se obtiene una ganancia.

Las características del excitador de corriente alterna son las siguientes:

Tipo : SAS
Salida: 1,330 KVA
Fases: 3
Frecuencia: 300 Hz.
No. de Polos: 10

La función principal del excitador de corriente alterna, es la de conducir la energía eléctrica del exterior, al rotor del generador sin la utilización de escobillas y anillo rozantes.

3. - El excitador es un generador de imanes permanentes, - acoplados a la flecha del generador y cuya función principal es alimentar al banco de rectificadores controlados (Thyristores) y al regulador de voltaje.

Las características del excitador piloto son las siguientes:

Tipo	Campo magnético permanente
Salida	20 KVA
Fases	3
Voltaje	125 Volts
Frecuencia	420 Hz
No. de Polos	14

4. - El regulador de voltaje está constituido por una serie de circuitos electromagnéticos, cada uno de los cuales desempeña una función específica, de las cuales se explicarán las de mayor importancia.

El regulador de voltaje tiene dos formas de ser operado, una es mediante el ajustador manual (reóstato 70E) y otra en forma automática mediante el ajustador automático (reóstato 90R), ambos controlados desde la sala de control. El rango de operación del ajustador manual (70E), es de 0 Kv., mientras que el del ajustador automático, (90R), es de 16 Kv. a 22 Kv. Las principa-

les funciones que desempeña el regulador de voltaje del generador son las siguientes:

- a). Regulador de voltaje de salida del generador de tal forma que permanezca constante. Cabe aclarar que cuando el generador se encuentra sincronizado al Sistema Eléctrico Nacional, esta característica pasa a segundo término, ya que éste será el que rijá las condiciones de generación.
- b). Repartir uniformemente la potencia reactiva. Cuando el generador se encuentra sincronizado al Sistema Eléctrico Nacional, se establece una característica entre la potencia reactiva del generador y el voltaje del sistema, de tal forma que al producirse un cambio en el voltaje del sistema, el regulador de voltaje responde con un cambio proporcional de la potencia reactiva del generador.
- c). Mejorar la estabilidad dinámica del generador cuando éste se encuentra sincronizado al Sistema Eléctrico Nacional, si las condiciones de trabajo obligan a operarlo subexcitado, con un valor de excitación cercano al límite de estabilidad del generador,

de tal forma que al presentarse un aumento de carga reactiva en el Sistema, el regulador de voltaje aumente la excitación del generador, para que este no rebase el límite de estabilidad y salga de sincronía.

- d). Mantener un factor de potencia constante durante la operación.

A continuación se describirá la función que desempeñan los circuitos principales que componen el regulador de voltaje.

- Circuito sensor de voltaje. - Este circuito tiene la función de sensar el voltaje y la corriente de salida del generador y proporcionar una señal adecuada de retroalimentación al regulador de voltaje, lo cual hace a través de transformadores de potencial y de corriente. En otras palabras este circuito le sirve al regulador de voltaje, para cuantificar el voltaje y la corriente de salida del generador y en base a ello se hacen los ajustes necesarios.
- Circuito generador de pulsos de disparo. - Este circuito tiene la finalidad de generar los pulsos

de disparo para las compuertas de los 2 bancos de rectificadores controlados (Thyristores), en base a la señal proporcionada por el ajustador manual 70E y el ajustador automático 90R.

- Circuito de amplificación por medio de Thyristores. - Este circuito es un amplificador de potencia de onda completa, formado por dos bancos de rectificadores controlados de silicio, con capacidad de 160 Volts y 100 Amps. de C.D.. Este amplificador de potencia es usado para alimentar las bobinas de campo del excitador de C. A., regulando su salida de acuerdo a la cantidad de Thyristores que son disparados.
- Circuito seguidor de voltaje. - La función de este circuito es la de hacer que el reóstato manual 70E, "siga" al reóstato automático 90R, cuando este se encuentra en servicio, de tal manera que cuando se hace la transferencia del 90R al 70 E, no existe señal de error que corregir.
- Circuito compensador de reactivos. - Este circuito tiene la finalidad de establecer una característica proporcional entre las variaciones de

potencia reactiva y el voltaje del generador , es-
tando éste sincronizado al Sistema Eléctrico Na-
cional. Este circuito hace que el generador va-
rfe su excitación de tal manera que consuma o -
genere mayor potencia reactiva cuando en el sis-
tema se presente una variación de ésta.

- Circuito limitador de baja excitación. - Este cir-
cuito fija un valor mfnimo de excitación del gene-
rador, evitando que cuando la demanda de poten-
cia reactiva del sistema se reduce, el generador
reduzca también su excitación (para tratar de -
consumir mayor cantidad de reactivos del siste-
ma), a tal grado que lleguen a producirse calen-
tamientos excesivos en las bobinas del estator o
llegar a la pérdida de sincronismo.
- Ajustador manual de voltaje 70E. - Es un reos--
tato o potenciómetro, movido por un motor eléc-
trico controlado desde la sala de control por HS-
4, se utiliza para regular la corriente de excita-
ción del generador manualmente. Generalmente
se usa al inicio de la excitación para llevar al -
generador desde 0 hasta 20 Kv. , (cuando se al--

canza n los 20 Kv. , normalmente se hace la - -
transferencia al ajustador automático 90R).

- Ajustador automático de voltaje 90R. - Al igual -
que el 70E, es un reóstato o potenciómetro accion
nado por un motor eléctrico que se gobierna desde
de la sala de control a través del HS-5. La fun-
ción que desempeña el 90R, cuando se encuentra
en servicio, es la de fijar el voltaje automático
de voltaje (A:V:R.) como referencia.

Lo que ocurre cuando se varia el voltaje de excita
ción de referencia (estando en servicio el 90R
y el generador sincronizado al sistema), es que
varia la aportación o consumo de potencia reac-
tiva, del generador al sistema.

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EXCITACION:

La explicación del funcionamiento del sistema de excitación -
se hará refiriéndose al diagrama de la Fig. 2.e. Este diagrama -
se ha simplificado para facilitar su comprensión, ya que para fines
de operación, no es necesario entrar más en detalles.

Al girar el excitador piloto (accionado por la flecha del turbo-

grupo genera la corriente alterna que alimenta al generador de -- pulso de disparo y al banco de thyristores.

El generador de pulsos de disparo, de acuerdo a la señal que recibe del ajustador manual 70E o automático 90R, activará un número determinado de thyristores. La salida del banco de thyristores será proporcional al número de thyristores que el generador de pulsos haya activado.

Con la corriente de salida del banco de thyristores, ya rectificada y regulada, se alimenta a las bobinas de campo del excitador principal a través de un interruptor denominado quebradora de campo (41E), a este interruptor se le llama así precisamente porque se utiliza para suspender la alimentación de C:D a las bobinas de campo del excitador principal y de esta manera, suspender la generación del generador principal.

Una vez formado el campo magnético en el estator del generador principal, en las bobinas de su rotor se inducirá una F.E.M. - (por el principio de inducción electromagnética), que hará circular una corriente eléctrica alterna, cuya magnitud será regulada por el ajustador de voltaje (70E o 90R), que se encuentre en servicio.

De esta forma ya se tiene la energía eléctrica de excitación - en el rotor del excitador, sin haber empleado escobillas ni anillos - rozantes para ello. La corriente alterna obtenida de la forma antes descrita, es llevada por medio de conductores aislados, por el interior de la flecha, hasta el rectificado giratorio, donde es convertida en corriente directa, la cual también es conducida por medio de conductores aislados por el interior de la flecha hasta las bobinas - de campo del generador.

2.5 EQUIPO AUXILIAR DEL GENERADOR

SISTEMA DE ACEITE DE SELLOS DEL GENERADOR

NOTA: La descripción de este sistema y su equipo se hace referido al diagrama anexo.

El sistema de aceite de sellos tiene la finalidad de impedir - que el hidrógeno contenido dentro del generador, escape a la atmósfera por las dos partes donde se une la flecha del rotor con la cubierta del generador.

En cada una de las partes donde se une la flecha del rotor, con la cubierta del generador, se encuentra instalado (en la cubier

ta del generador), un dispositivo de sellado como el mostrado en la Fig. 2. f., el cual requiere ser alimentado normalmente por 2 suministros diferentes de aceite y un tercero en forma eventual.

El equipo encargado de suministrar el aceite a los dispositivos de sellado del generador, se encuentra instalado en forma integral en un módulo localizado cerca del generador, y el cuadro de alarmas y los interruptores de control, se encuentran en el tablero del sistema de hidrógeno del generador.

El dispositivo de sellado mostrado en la Fig. 2. f, recibe normalmente 2 suministros de aceite, denominado uno aceite de sellado lado aire y el otro aceite de sellado lado hidrógeno, esto se debe a que el primero se encuentra en contacto y se mezcla con el aire y el segundo con el hidrógeno. Por lo tanto y debido a que el aceite lado aire y el aceite lado hidrógeno tienen la misma presión, en el momento de formar el sello sobre la flecha del rotor, la mezcla entre los dos aceites es mínima, evitándose de esta forma las fugas de hidrógeno a la atmosfera y la entrada de aire al generador a través del aceite. En la fig. 2. f, se puede apreciar la forma como se suministra el aceite para formar el sello.

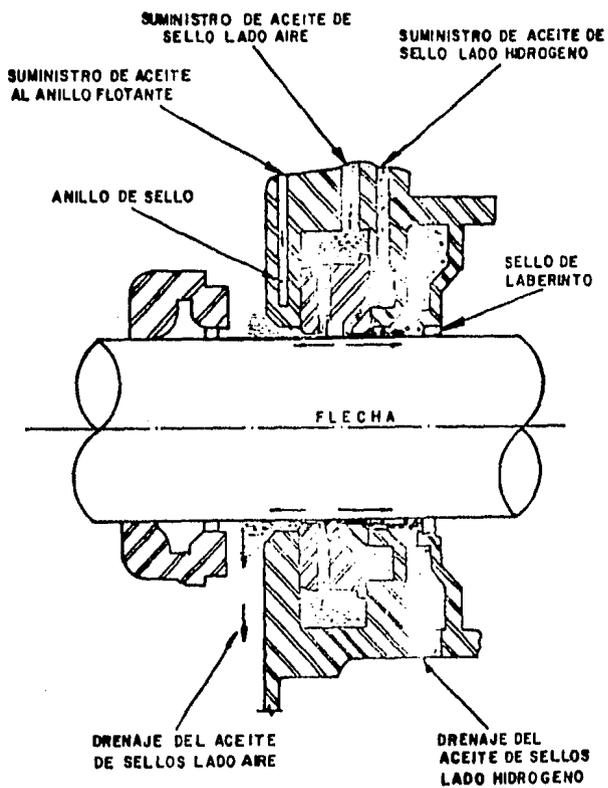


FIG. NO. 2.f

Descripción del equipo del sistema de aceite de sellos.

1. - Bomba de Aceite de Sellos Lado Aire. - Esta bomba es de tipo doble helicoidal de capacidad fija, por lo que suministra una presión constante al circuito de aceite de sellos lado aire.

Succiona del tanque desgasificador, una parte de la descarga de esta bomba se envía a través del enfriador de aceite al lado aire de los sellos. La otra parte del aceite de descarga, se recircula a la succión de la bomba, a través del regulador de presión diferencial (PDCV - 1644) el cual se encarga de mantener la presión de aceite lado aire en los sellos a 83.35 Kpa. arriba de la presión de hidrógeno.

2. - Bomba de respaldo de aceite de sellos lado aire. - Esta bomba es del mismo tipo que la anterior, con la diferencia de que es alimentada con corriente directa y se usa solo en casos de emergencia. Esta bomba arranca automáticamente cuando la diferencia entre la presión de aceite de sellos (en los sellos) y la presión del hidrógeno

disminuye a 34.32 Kpa.

3. - Bomba de Aceite de sellos lado Hidrógeno. - Esta bomba es del tipo de capacidad fija, de doble helicoidal (de contacto continuo en un punto). Suministra una presión constante al circuito de aceite de sellos lado hidrógeno, succiona del tanque regulador de drenajes lado hidrógeno. Una parte del aceite de descarga de la Bomba se recircula a la succión de la misma, a través de la válvula manual (de ajuste grueso) 242. La otra parte del aceite se suministra a los sellos lado hidrógeno a través del enfriador, del filtro y de las válvulas PDVC - 1625 y PDVC - 1626, - que se encargan de igualar la presión con la de los sellos lado aire.

4. - Bomba de Anillo Flotante o Antivibrante. - Esta bomba es del tipo de engranes. Se utiliza cuando se presentan vibraciones anormales en la flecha del generador, originadas al apretarse los anillos de sello. Esta bomba se arranca y para localmente desde el tablero de control del sistema de hidrógeno.

Cuando se presenta una vibración anormal en la flecha -
del generador, se deberá mandar poner en servicio la -
Bomba Anillo flotante y si al hacerlo las vibraciones no se
reducen se deberá sacar de servicio.

5. - Tanque desgasificador. - Este tanque tiene la finalidad de
evitar que llegue hidrógeno al tanque de almacenamiento -
de aceite lubricante de la turbina. Esto se debe a que la
descarga del aceite lubricante de las chumaceras (5 y 6),
del generador, se mezclan con la carga de los sellos de
aceite lado aire.

Para separar el hidrógeno del aceite, en el tanque desga
sificador se crea un vacío, producido por un extractor de
gases, localizado arriba del tanque, el cual descarga ha-
cia la atmosfera.

6. - Tanque regulador de Drenajes lado Hidrógeno. - En este
tanque se derrama el aceite de sellos lado hidrógeno pro
veniente de los 2 tanques despumadores. En este tanque
se mantiene un nivel de aceite que forma un sello, que -
impide la salida del hidrógeno del generador. Este tanque

también sirve para que el hidrógeno que haya sido arrastrado por el aceite, se separe de él y por burbujeo (al pasar por el tanque despumador), retorne al generador.

En el interior del tanque, se encuentran instalados dos juegos de válvulas flotadoras, las cuales abren y cierran automáticamente, La 231 abre para descargar el excedente de aceite, al sistema de aceite de sellos lado aire, - - cuando en el tanque se tiene alto nivel y la 232 abre para admitir aceite del sistema de sellos lado aire, cuando el nivel del tanque es bajo. Estas válvulas pueden ser accionadas manualmente cuando se tienen problemas con los flotadores.

En el extremo del tanque regulador, se encuentra instalado un interruptor magnético, que acciona una alarma cuando en el tanque se tiene bajo nivel de aceite.

7. - Tanques despumadores. - El aceite de los anillos de sello lado hidrógeno, fluye a dos tanques despumadores, localizados en la base de los soportes de cojinetes del generador, donde la mayor parte del hidrógeno que contiene,

se desprende de él. El nivel de aceite en los tanques - despumadores, se mantiene constante por las tuberías de derrame que descargan en el tanque regulador de drenaje.

En la línea de drenaje, entre los 2 tanques despumadores, se encuentra una trampa, para que la diferencia de presiones causada por el ventilador del generador en sus dos extremos, no cause la circulación de vapor de aceite a través de él.

En la parte superior de cada uno de los tanques despumadores, se encuentra instalado un interruptor de nivel, el cual es accionado al aumentar el nivel de aceite en el tanque, alrededor de 3 cms., arriba del nivel normal. Estos interruptores accionan una alarma en el tablero del sistema de hidrógeno que previene contra el derramamiento de aceite dentro del generador.

8. - Suministro de Aceite de Respaldo. - El sistema de Aceite de Sellos lado aire, cuenta con un suministro de aceite de respaldo que entra en servicio cuando la presión diferencial entre el aceite de sellos y el hidrógeno, se re-

duce de 83.35 Kpa, que es la normal a 54.84 Kpa.

El suministro de aceite de respaldo proviene del sistema de aceite de gobierno de la turbina, el cual se hace pasar por la válvula reductora de presión PCV - 1641, que le reduce la presión de 1451.6 Kpa. , a 836 Kpa. y después la válvula PDCV - 1643, será la que de el paso al aceite, - cuando la presión diferencial entre los sellos de aceite y el hidrógeno del generador, descienda a 58.84 Kpa. Después de la válvula reductora de presión, se encuentra instalado un interruptor de presión, que se cierra y hace sonar una alarma, cuando la presión de aceite de respaldo desciende a 637.43 Kpa.

9. - El sistema de aceite de sellos, cuenta con las siguientes alarmas:
- a). Alto nivel en los tanques despumadores.
 - b). Bomba de Aceite de Sellos Lado Aire fuera de Servicio.
 - c). Baja presión de Aceite de Sellos.
 - d). Bajo nivel de aceite en el Tanque Regulador de Drenes lado hidrógeno.

- c). Fuera de servicio Bomba de Anillo flotante
- f). Baja presión de aceite de respaldo del Sistema de Aceite de gobierno de la Turbina.
- g). Fuera de servicio Bomba de Aceite de Sellos lado Hidrógeno.
- h). Arranque de la Bomba de Emergencia (C. D.), de Aceite de Sellos Lado Aire.
- i). Sobrecarga de la Bomba de Emergencia (C. D.), - del Sistema de Aceite de Sello Lado Aire.

Funcionamiento del Sistema de Aceite de Sellos

En el circuito lado aire, el aceite de sellos es forzado por la bomba de aceite lado aire, a una presión de 83.35 Kpa. , más alta, que la presión del gas hidrógeno del generador.

Esta presión es mantenida por la válvula PDCV - 1644, después de la bomba de aceite circula por un enfriador, donde cede el calor que absorbió en los sellos y en la bomba al agua de enfriamiento, la cual circula por el interior de los tubos del enfriador. Al salir del enfriador en aceite, se hace pasar por un filtro que le elimina las impurezas que contiene. Adelante del filtro se encuen-

tra la bifuricación de la tubería mediante la cual se repone aceite al sistema lado hidrógeno. Después se encuentra la succión de la Bomba de Anillo Flotante, que se deberá poner en servicio (localmente), si se presentan vibraciones anormales en el rotor del generador, causadas porque el anillo de sello se haya pegado. Las 2 líneas que a continuación se bifurcan y que se unen con la descarga de la Bomba de anillo flotante, suministran la presión de aceite de trajo a la "cara", de trabajo al anillo de sello lado aire. La otra tubería suministra el aceite a los anillos de sello lado aire, en los cuales el aceite pasa a través de un pequeño agujero hasta la flecha del generador, de donde es forzado a fluir hacia fuera del generador, a lo largo del eje, ya que hacia el interior del generador se lo impide el aceite de sellos lado hidrógeno, debido a que los dos tienen la misma presión.

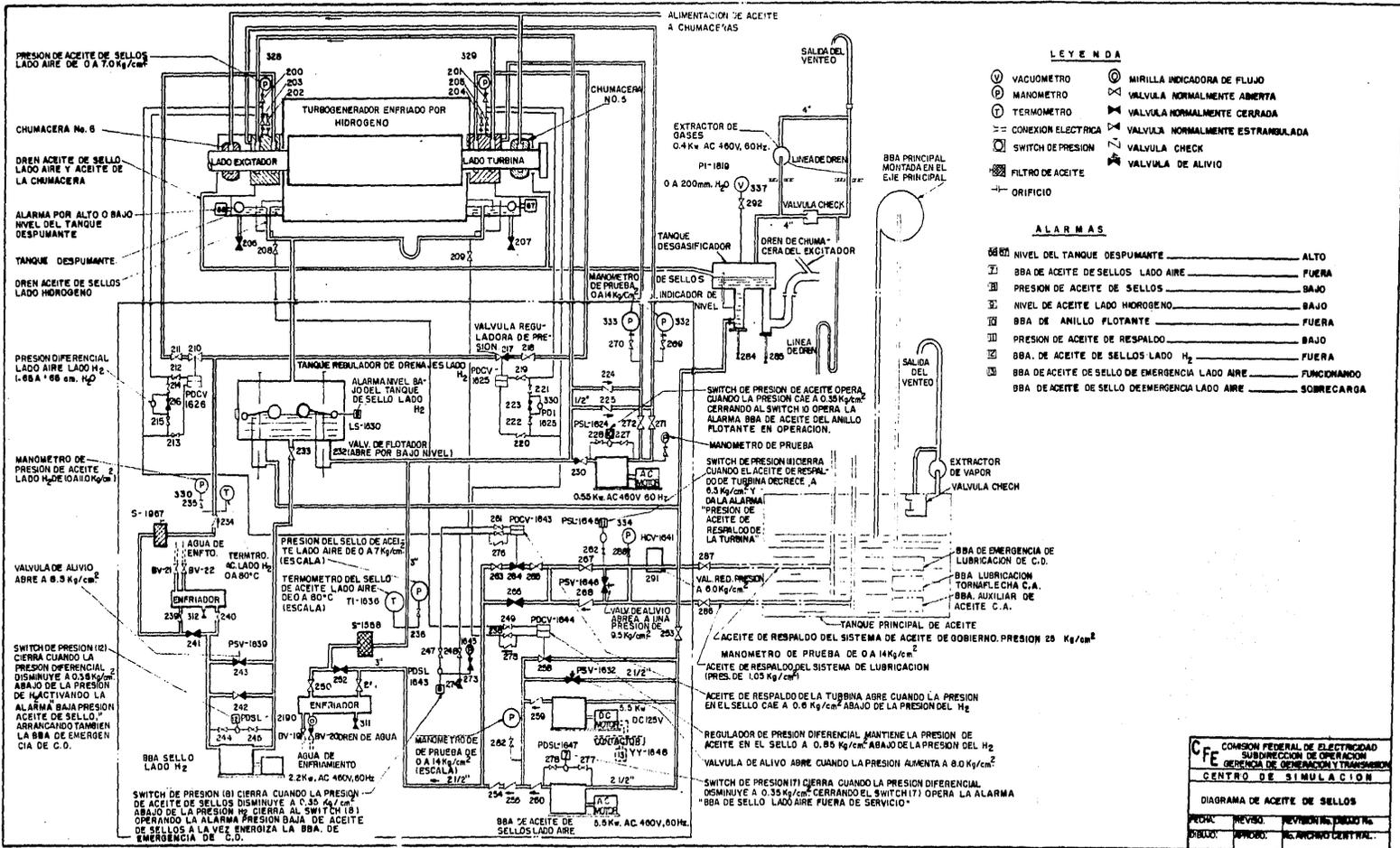
El aceite de sello que regresa conjuntamente con el aceite de lubricación de las chumaceras 5 y 6, pasa por el tanque desgasificador, donde se corrige el excedente o déficit de aceite, resultante del intercambio en los sellos. En este tanque también se separa el hidrógeno que haya sido arrastrado por el aceite lado hidrógeno, cuando se tiene alto nivel en el tanque regulador de drenes.

En el circuito de aceite de sellos lado hidrógeno, la bomba de este mismo nombre, suministra una presión constante, para que el aceite fluya a través de todo el circuito.

La presión de descarga de la bomba, se regula primero recirculando una parte del aceite de descarga hacia la succión de la bomba a través de la válvula manual 242, para que después de que el aceite paso por el enfriador y por el filtro, las válvulas P DVC-1626 y 1625, se encarguen de darle el ajuste final de tal forma que la presión sea igual a la del sistema de sellos lado aire, el aceite ya con una presión igual a la del aceite lado aire, llegue al anillo de sello y fluye a través de un pequeño agujero, hasta la flecha del generador y de ahí hacia el interior del generador a lo largo de la flecha, ya que hacia el exterior, se lo impide el aceite lado aire.

El aceite que fluye en los sellos lado hidrógeno cae por gravedad a los tanques despumadores, donde se eliminan la espuma y la turbulencia del aceite, que son las principales causas de que el hidrógeno sea arrastrado junto con el aceite. Después de los tanques despumadores el aceite fluye por el derrame, el tanque regulador de drenes, donde el nivel de aceite que existe en él, evita que el hidrógeno del generador se escape. En este tanque se -

mantiene el nivel correcto por la acción de las válvulas del flotador. Del tanque regulador de drenes succiona la bomba de aceite lado hidrógeno, con lo que se cierra el circuito de aceite lado hidrógeno.



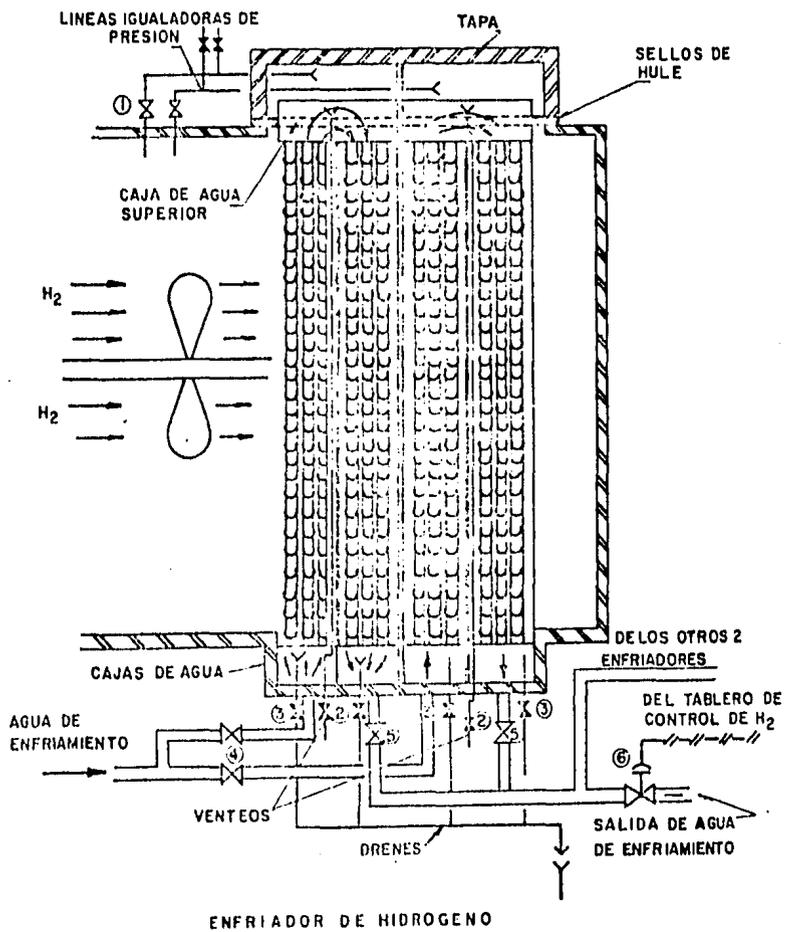
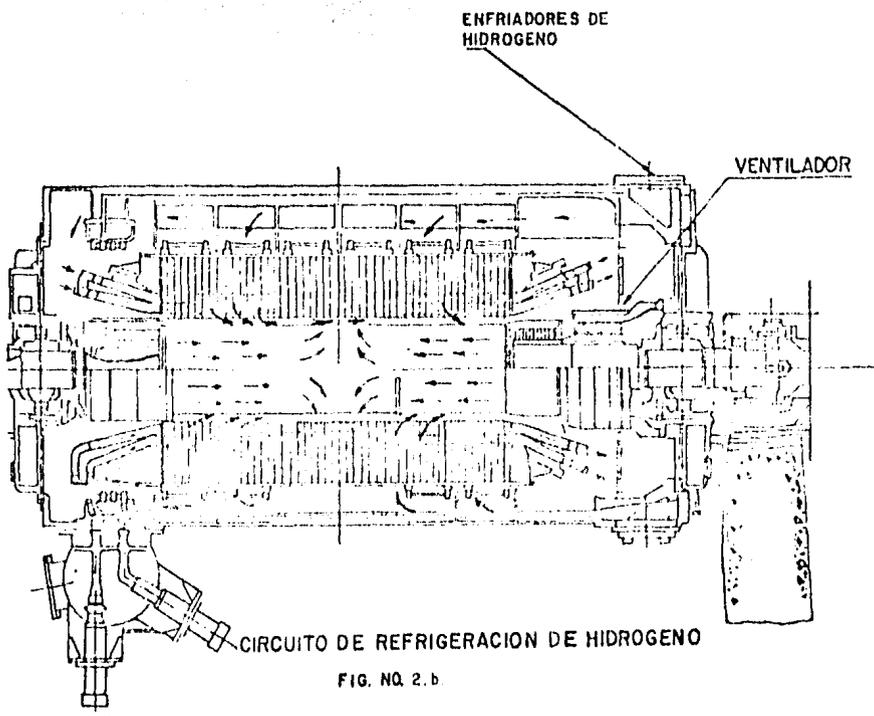


FIG. NO. 2.0



ENFRIADOR DEL RECTIFICADOR GIRATORIO

ENFRIADOR DE AIRE
DEL EXCITADOR

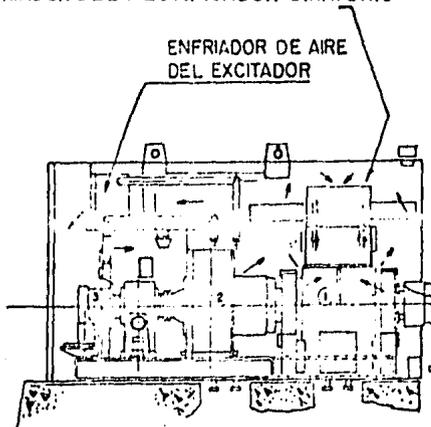


FIG. 2.c.1.

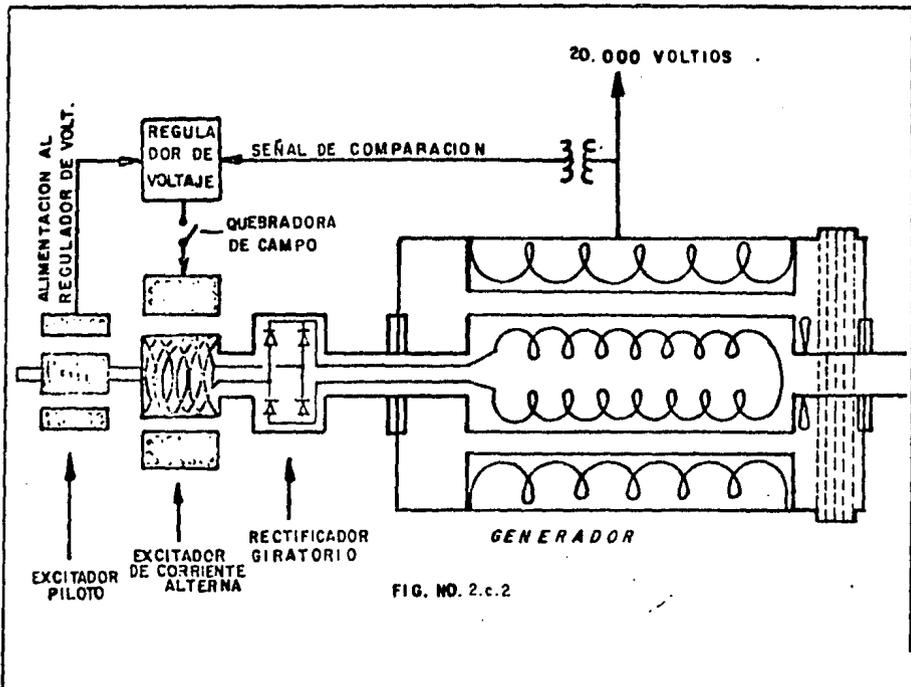


FIG. NO. 2.c.2

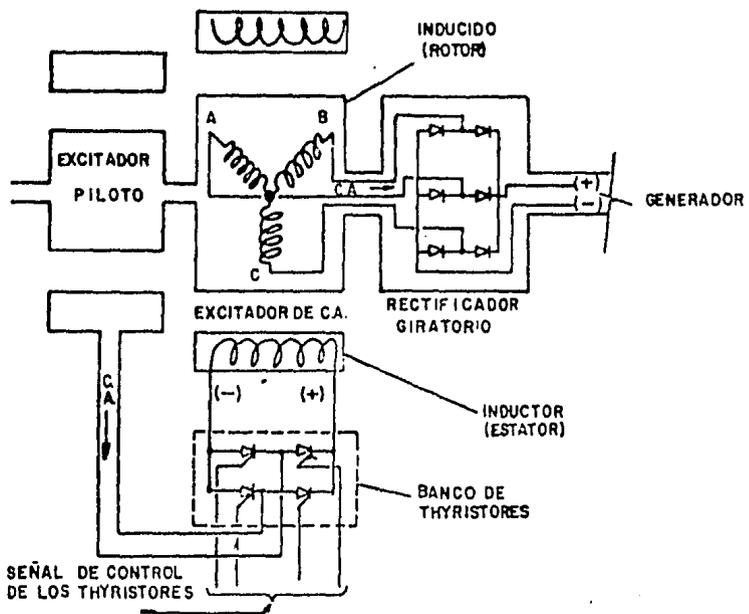
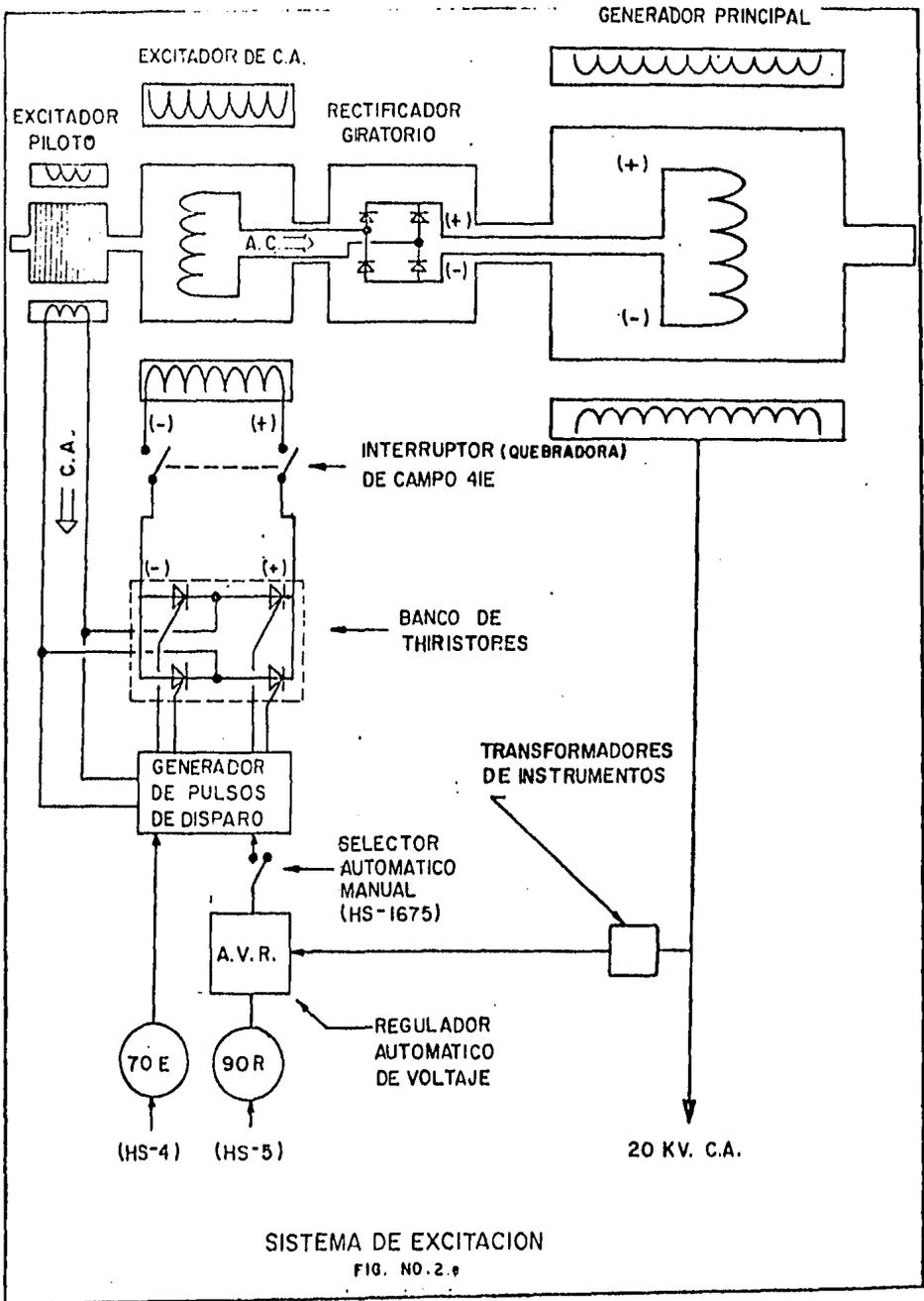


FIG. NO. 2.4.



SISTEMA DE EXCITACION

FIG. NO. 2.9

CAPITULO III

PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO MAYOR PREVENTIVO DEL GENERADOR DE 346 MVA.

- 3.1 PROGRAMA POR ACTIVIDAD Y POR DIA
- 3.2 CALCULO DE PRESUPUESTO MANO DE OBRA
- 3.3 ACTIVIDADES A DESARROLLAR DURANTE EL
MANTENIMIENTO.
- 3.4 EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES UTILI
ZADOS DURANTE EL MANTENIMIENTO
- 3.5 PERSONAL QUE SE REQUIERE PARA UN MAN-
TENIMIENTO DE ESTE TIPO.

CAPITULO III

PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO MAYOR PREVENTIVO DEL GENERADOR DE 346 MVA;

3.1 PROGRAMA POR ACTIVIDAD Y POR DIA (Anexo)

3.2 CALCULO DEL PRESUPUESTO

Cálculo de presupuesto del personal utilizado para el mantenimiento:

Número de días: 75

L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J		
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68

S D L M M J V

69 70 71 72 73 74 75

La siguiente tabla muestra el procedimiento:

Categorías	No. Pers.	Sal. Dia	P rest.	Tiempo Extra		
				Doble	Triple	Total
<u>Grupo Mecánico:</u>						
Superv. Mecánico	1					
Mec. Espc.	1					
Ofc. Mecánico	2					
Ayte. Mec. Espc.	1					
Ayte. Ofc. Mec.	2					
Op. Grua	1					
Ayte. Gral.	6					
Aux, Mantto.	1					
<u>Grupo Eléctrico:</u>						
Eléctr. Espc.	1					
Ofc. Eléctr.	2					
Ayte. E. Espc.	1					
Ayte. Eléctr. Ofc.	1					
Ayte. Gral.	2					

El reporte de tiempo extra trabajado se lleva a cabo semanalmente, entonces las primeras cuatro horas, se pagaran dobles y las siguientes triples.

NOTA: Para hacer el cálculo de tiempo extra, se tomaran en cuenta solo 4 horas diarias extras de lunes a viernes y 7 horas los sabados, por lo tanto las horas totales trabajadas para cada trabajador, excepto la categoría de Auxiliar de Mantenimiento, serán 240 horas, de las cuales 44 son dobles y 246 son triples.

El cálculo anterior se refiere a todo el personal que labora 45 horas normales a la semana. Para los que trabajan 40 horas a la semana como el auxiliar de mantenimiento tendra 32 horas extras a la semana, en total durante el mantenimiento mayor, serán 340 horas de las cuales 99 son dobles y 241 son triples.

Formula para obtener el valor de la hora doble y la hora triple:

Salario diario x 0.3 = valor de horas dobles

Salario diario x 0.45 = valor de la hora triple.

Ejemplo:

Mecánico Especial:

Dobles $1567.38 \times 44 \times 0.3 = \$20,689.41$

Triples $1567.38 \times 246 \times 0.45 = \$174,508.96$

Auxiliar de Mantenimiento:

Dobles $752.54 \times 44 \times 0.3 = \$9,966.53$

Triples $752.54 \times 241 \times 0.45 = \$82,107.96$

3.2.2 Cálculo de presupuesto para la supervisión de los trabajos - del Mantenimiento Mayor del Generador.

Una persona para desensamble y ensamble por 43 días

Una persona para reacuíado por 28 días.

Una persona para arranque de Unidad por 18 días

1. - Tarifa diaria:	Yens
\$60,000.00 por persona por 43 días	2'580,000.00
\$60,000.00 por persona por 18 días	2'160,000.00
2. - Tiempo extra, tarifa por persona	
\$9,400.00 por 4 horas por persona	
y por 43 días	1'616,800.00

\$9,400.00 por 4 horas por persona y por 18 días	1'353,600.00
3. - Tiempo regular del trabajo en días de descanso (sábados y domingos), tarifa por hora.	
\$9,400.00 por 12 horas por una per_ sona por 16 días	1'804,800.00
\$9,400.00 por 12 horas por dos per_ sonas por 8 días	1'804,800.00
4. - Tiempo de transporte (2 días), - México-Japón-México	
\$60,000.00 por 3 personas por 2 días	360,000.00
5. - Importe de pasajes de avión a razón de \$350,000 viaje redondó por 3 - personas.	1'050,000.00
6. - Impuesto (10% I:V:A:), sobre pasa_ je de avión	<u>105,000.00</u>
	12'835,000.00

NOTA: para convertir a moneda nacional, se toma el tipo de
cambio de Yens a Peso mexicano del día 10 de Noviem_
bre de 1981, que fué de un Yen = \$0.10.

Entonces tomando en consideración la nota anterior, se tiene un presupuesto de \$1,283,500.00, para el personal especializado que supervisa el mantenimiento del generador.

3.2.3 Costo de materiales y refacciones que se requieren para el mantenimiento, hace un costo aproximado de los materiales utilizados durante el mantenimiento, donde se enlistaran dado su descripción completa de acuerdo a la forma de requisición como lo hace la Comisión Federal de Electricidad, para sus mantenimientos mayores.

NOTA: Anexo el listado.

3.4 EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES UTILIZADOS DURANTE EL MANTENIMIENTO.

3.4.1 EQUIPOS:

Para realizar un mantenimiento mayor preventivo, es muy importante que se tengan todos los equipos eléctricos y mecánicos necesarios de tal manera que se debe procurar que estos equipos estén en buen estado y/o requisitarlos a tiempo, para no ocasionar un retraso en el mantenimiento.

Hay algunos equipos como el Factor de Potencia, Probador de Alta Tensión, que en ocasiones se encuentran en otra Planta Termoeléctrica, entonces se deben programar debidamente estas pruebas de tal manera que en el momento que se requiera el equipo se tenga al alcance y no haya necesidad de esperar determinado tiempo, ya que esto retrazaría el programa de mantenimiento.

Dentro de los equipos importantes que se necesitan para el mantenimiento del generador, son los siguientes:

- a). Probador de Alta Tensión
- b). Probador de Factor de Potencia
- c). Probador de Resistencia de Aislamiento (Megger)
- d). Detector de Fugas de Halógeno
- e). Detector de Fugas de Hidrógeno

En los capítulos IV y VII, daremos una explicación detallada del uso de los equipos mencionados.

Existen otros equipos que se utilizan durante el mantenimiento, las cuales denominaremos (equipos secundarios), pero que sí es importante mencionarlos, ya que son auxiliares -

para las pruebas principales, por lo tanto es necesario que se implementen o se tengan disponibles para cuando se requieran.

Equipo para prueba de hermeticidad del generador

Equipo para prueba de hermeticidad del rotor

Equipo para prueba de hermeticidad de Enfriadores de Hidrógeno.

Equipo para prueba de hermeticidad de Enfriadores de Aire.

Equipo para prueba de hermeticidad de Enfriadores de Aceite.

Equipo para reacuñado del Generador.

Todos los equipos anteriores son indispensables para el buen desarrollo del mantenimiento, aunque a veces por necesidades de trabajo y de maniobras requeridas, se tienen que implementar otras, pero éstas estarían fuera de programa y se consideran imprevistas.

3.4.2 Accesorios.

Hay un punto importante que no se debe olvidar dentro de este capítulo y se refiere a accesorios utilizados en maniobras

importantes durante el mantenimiento.

Para identificar estos accesorios se ha asignado un número - para localizarlos más fácilmente y se tendrán preparados en el momento que se requieran.

NOTA: Los dibujos que se anexan darán una idea de estos - accesorios y se menciona su uso e identificación para su fácil localización.

3. 4. 3 Herramientas utilizadas durante el mantenimiento.

NOTA: Es muy importante mencionar que toda la herramienta utilizada es milimétrica y si no la hay, se buscará el equivalente en la medida estándar.

HERRAMIENTAS PRINCIPALES

DESCRIPCION	CANTIDAD
Tornillo de Banco	1 Pza.
Esmeril de Banco	1 Pza.
Pulidoras de Mano	2 Pza.

DESCRIPCION	CANTIDAD
Diferencial con capacidad de 10 Ton.	2 Pza.
Diferencial con capacidad de 2 Ton.	2 Pza.
Montacarga de 3 Ton.	2 Pza.
Taladro entrada de $3/4''$ Ton.	1 Pza.
Taladro entrada de $1/2''$ Ton.	1 Pza.
Taladro entrada de $1/4''$ Ton.	1 Pza.
Torquimetro con capacidad de 0-24 Kg-m.	2 Pza.
Torquimetro con capacidad de 0-80 Kg-m	1 Pza.
Torquimetro con capacidad de 0-210 Kg-m.	1 Pza.
Eyector para sellar compound	2 Pza.

HERRAMIENTAS ESPECIALES

Dado de 95 mm entrada 1"	1 Pza.
Dado de 46 mm. entrada $3/4''$	1 Pza.
Dado de 55 mm. entrada $3/4''$	1 Pza.
Dado de $2.9/16''$ entrada de 1"	1 Pza.
Llave milimétrica Allen de 32 mm.	1 Pza.
Dado de 65 mm. entrada de 1"	1 Pza.
Broca de $3/16''$	4 Pza.
Cinceles pata de cabra de 7.9 mm.	1 Jgo.

DESCRIPCION	CANTIDAD
Punzón de 6 tam. de diametro por 250 mm de largo.	2 Pza.
Llave de 1 7/8" (cuitar tuercas de termina excitador)	2 Pza.
Llave de golpe de 36 mm.	6 Pza.

HERRAMIENTAS COMUNES

DESCRIPCION	CANTIDAD
Cancamos de 10, 12, 16, 20, 24, 30 y 36 mm.	4 Pza.
Dado de 1 9/16" entrada 1"	1 Pza.
Dado de 1 7/16" entrada 3/4"	1 Pza.
Estrobos acero de 1/2 y 2 m. de largo	4 Pza.
Estrobos de 3/8" y 2 m. de largo	4 Pza.
Estrobos de 1/4" y 3 m. de largo	2 Pza.
Estrobos de 1" y 4 m. de largo	2 Pza.
Estrobos de 1 1/2" y 4 m. de largo	2 Pza.
Grilletes de 1/4", 3/8", 1/2", 5/8", 3/4" y 1 1/2"	2 Pza.

DESCRIPCION	CANTIDAD
Machuelo de 15" mm.	1 Jgo.
Llave Allen de 19 mm.	1 Pza.
Dado de 30 mm. entrada 3/4"	1 Pza.
Limas varios tipos	1 Jgo.
Piedras de asentar	10 Pza.
Tijeras de corte diagonal (medida chica)	1 Pza.
Pinzas de punta y corte	1 Pza.
Compas corta empaques	2 Pza.
Tijeras corta empaques	2 Pza.
Sacabocados milimétricos y estandar de 6 - 30 mm. y 1/4 a 1 1/2" respectiva-- mente.	
Lámpara de mano	4 Pza.
Calibrador de hojas milimétricas	3 Pza.
Micrómetros (milimétricos)	3 Pza.
Puntos de golpe (tamaño normal)	1 Jgo.
Martillo chico de bola (alero)	4 Jgo.
Llaves Allen milimétricas	2 Jgo.
Marro de 8 Lbs.	2 Pza.
Marro de 6 Lbs.	2 Pza.

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENES JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
G-1 Asiento unión asbesto (Asbestos - Joint Seat, tl. 6-1270x3810), H2 Cooler Manhole.	3	Pz	- -	- - - -
G-2 Idem tratado con barniz (Ditto - - Varnish Treated, tl. 6-127x1270. - Gland Seal, Brg. Oil Seal)	1	Pz	- -	- - - -
G-3 Barniz Enthelite 4000 cc. (Enthalite Varnish, H2 Cooler, Mauhole Brg. - Oil Seal)	1	Pz	- -	- - - -
G-4 Permatex Aviation No. 3, 50 cc. - (Permatex Aviation, Gland Seal Brg Oil Seal)	1	Pz	- -	- - - -
G-5 Agente de conexión 15 gr. (Bonding Agent, Brg. Seat)	1	Pz	- -	- - - -
G-6 Idem P83 1 Kg. (Ditto)	1	Pz	- -	- - - -
G-7 Compuesto sellador 4.5 Kg. (Sealing Compound).				
G-8 Niple TH 1060A (Niple TH 1060A) Ditto.	4	Pz	- -	- - - -
G-9 Agente de conexión Alteoc (ACEEE) 60 cc (Bonding Agent) (Rt. and Sf. - Blade)	1	Pz	- -	- - - -
G-10 Agente de tratamiento KFB-40, 250 gr. (Treating Agent KFB-40, 250 gr. Ditto)	1	Pz	- -	- - - -
G-11 Fibra obstructora 50 x 200 x 10 (Fi- ber Bar, For Striking of Blade)	4	Pz	-	
G-12 Seguro SCREW (ARG19) (Rock Tight For Locking of belt)	1	Pz		

NOMBRE GENERAL DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
G-13 Arandela con lengüeta 30 (Tongued Washer, Brg)	8	Pz	--	----
G-14 Arandela Aislada T6-Ø32 x Ø64 (Insulating Washer, Gland Seal)	72	Pz	--	----
G-15 Tubo Aislado Ø24.5 x Ø30-66 (Insulating Tube, Ditto)	72	Pz	--	----
G-16 Arandela de resorte cónico (A570565 Conical Spring Washer Ditto).	144	Pz	--	----
G-17 Arandela aislada T6-Ø22 x Ø42 (Insulating Washer, Brg Oil Seal)	56	Pz	--	----
G-18 Tubo Aislado Ø16-5 x Ø21-28 (Insulating Tube, Ditto)	56	Pz	--	----
G-19 Arandela Aislada T6-Ø20.5 x Ø28 (Insulating Washer, Brg Seat)	16	Pz	--	----
G-20 Tubo aislado AE08870-2 (Insulating Tube, Ditto.)	16	Pz	--	----
G-21 Flug T6-Ø35 (Insulating Flug Ditto)	16	Pz	--	----
G-22 Arandela con lengüeta 20 (Tongued Washer, Ditto)	4	Pz	--	----
G-23 Idem 24 (Tongued Washer) Brg. Key	4	Pz	--	----
G-24 Idem 16 (Ditto Brg Insulating Seat)	8	Pz	--	----
G-25 Empaque (en forma de U), A570549 (Packing U Shape, Brg. Bracket).	4	Pz	--	----

NOMBRE GENÉRICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCIÓN COMPLETA DEL ARTÍCULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
TABLE 1-2 PARTS REQUIRED FOR THE FULL PERIODIC INSPECTION.				
(Partes requeridas para inspección periódica, "Generador")				
G-26 Asiento metálico 0-8-12 x 850 (Seating Metal, Rt. Blade)	20	Pz	--	-----
G-27 Asiento metálico 0-8-12 x 100 (Ditto St. Blade)	24	Pz	--	-----
G-28 Asiento de Goma 7 x 10-850 (Seating Rubber, Rt. Blade)	20	Pz	--	-----
G-29 Idem 7 x 10 - 1100 (Ditto, St. Blade)	24	Pz	--	-----
G-30 Tornillo asegurador A587315 (Lock Screw, Rt. Blade)	24	Pz	--	-----
G-31 Anillo Obturador AE-08847-4-14001 (Stopper Ring Ditto)	24	Pz	--	-----
G-32 Empaque de Neopreno AE-37646 (neoprene Gasket Shoround Support o A578574)	4	Pz	--	-----
G-33 Arandela con lengüeta 20 (Tongued Washer, St. Blower Shroud)	40	Pz	--	-----
G-34 Reten 16 (Pawl Washer Shoround Support)	24	Pz	--	-----
G-35 Arandela con lengüeta 20 (Tongued Washer, Spacer)	4	Pz	-	-----
G-36 Idem 16 (Ditto)	18	Pz	--	-----
G-37 Idem A588768 (Ditto)	6	Pz	--	-----
G-38 Idem 16 (Ditto, Shoround Support)	40	Pz	--	-----

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANT. REQUERIDA	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
G-39 Arandela con lengüeta 20 (Ditto, St Blower Shoround)	8	Pz	--	-----
G-40 Idem 24 (Tonqued Washer Air Gap Baffle)	10	Pz	--	-----
G-41 Ring Polycrylic Rubber DK-4000 - - 0-Ring. Ditto)	1	Pz	--	-----
G-42 Polvo de Teflon 10 grs. (Teflon Power Radial Conductor)	1	Pz	--	-----
G-43 Arandela con lengüeta de Bronce AM07128-3 (Brass Tongued Washer Ditto)	1	Pz	--	-----
G-44 Pasador Partido 5 x 80 (Split Pin, Radial Conductor)	4	Pz	--	-----
G-45 Empaque (lado Turbina) AMO 7127-3 (Gasket, Ditto)	12	Pz	--	-----
G-46 0-Ring. (Lado Turbiná Silicon Rubber G115 (T. Side) (Shaft End Plug) T. Side	1	Pz	--	-----
G-47 Idem lado excitador Idem G145 (Ditto) (E. Side) (E. End)	1	Pz	--	-----
G-48 Anodo Galvanico CPZ 3F (Galvánic Anode, H2 Cooler	4	Pz	--	-----
G-49 Anillo de goma 4BG-1 (Rubber Ring Ditto)	16	Pz	--	-----
G-50 Empaque de Neopreno (Neoprene Gasket, Ditto) AE-01959 4000 L.	4	Pz	--	-----
G-51 Idem AE01959 5501 (Ditto)	2	Pz	--	-----
G-52 Tornillo Aplastado 15 x 12 (Flat Screw, Ditto)	112	Pz	--	-----

NOMBRE GENÉRICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCIÓN COMPLETA DEL ARTÍCULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
TABLE 1 - 3 (GENERADOR)				
G-53 Arandela con lengüeta 8 (Tongued Washer, Shroud etc.)	50	Pz	--	-----
G-54 Idem 10 (Ditto)	50	Pz	--	-----
G-55 Idem 12 (Ditto)	50	Pz	--	-----
G-56 Idem 16 (Ditto)	200	Pz	--	-----
G-57 Idem 20 (Ditto)	50	Pz	--	-----
G-58 Idem 24 (Ditto)	50	Pz	--	-----
G-59 Idem 36 (Ditto Material Spec.)	50	Pz	--	-----
G-60 Ring Silicon Rubber ϕ 10-2 m. (Anillo Silicon o Gaucho ϕ - 10-2 m.)	1	Pz	--	-----
G-61 Bushing de seguridad AD41 590-1 (Locking Bush Ditto)	16	Pz	--	-----
G-62 Cinta sumi (Sumitape, CT lead 5 R/L)	5	Pz	--	-----
G-63 Empaque (Gasket, Sealing Compound Gun)	3	Pz	--	-----

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
TABLA 1-4 PARTES REQUERIDAS PARA UNA AMPLIA INSPECCION PERIODICA				
E-1 Bushin de seguridad A581658 (Loking Bush Gen-Exc. Coupling)	10	Pz	--	---
E-2 Arandela Reten AE25913-1 Pawl Washer, Bearing Cap.)	6	Pz	--	---
E-3 Alambre seguro SUS304W1 Ø16-4M (lock Mire, Bearing Pedestal)	1	Pz	--	---
E-4 Tubo aislado Nylon Ø4-1M (insulating Tube Ditto)	1	Pz	--	---
E-5 Compuesto encubridor 4.5 Kg. (Secrete Compuond Air Cooler)	1	Pz	--	---
E-6 Empaque AC73619-6 (Ditto)	4	Pz	--	---
E-7 Anodo galvanico CPZ-1F, 20 x 70 x 100 (Galvanic Anode, Air Cooler)	8	Pz	--	---
E-8 Anillo ahulado G1-2 1/2B (Rubber Ring, Ditto)	10	Pz	--	---
E-9 Perno ensanchador AJ38588-G01 (Reamer Bolt Upper And Lower Bed)	2	Pz	--	---
E-10 Idem G02 (Ditto)	2	Pz	--	---
E-11 Idem G03 (Ditto)	2	Pz	--	---
E-12 Idem G10 (Ditto)	2	Pz	--	---
E-13 Idem G11 (Ditto)	2	Pz	--	---
E-14 Idem G12 (Ditto)	2	Pz	--	---
E-15 Arandela con lengüeta M12 (Baffle para guía del Ventilador)	8	Pz	--	---

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
E-16 Pasador M12 x 30 (Bolt M12 x 30 Ditto)	8	Pz	-	--
E-17 Arandela con lengüeta M10 enclousure (Togued Washer M10)	124	Pz	--	--
E-18 Perno M10 x 25 Ditto	10	Pz	-	--
E-19 Arandel con lengüeta M10 guia del Vent. (Togued Waher M10 Fan Guide)	10	Pz	-	--
E-20 Tongued Washer M12 Ditto enclousure (Arandela con lengüeta M12)	14	Pz	-	--
E-21 Perno M10 x 16, Ditto Bolt	72	Pz	-	--
E-22 Perno M10 x 30, Ditto Bolt	20	Pz	-	--
E-23 Perno M12 x 30, Ditto Bolt	14	Pz	-	--
E-24 Perno M10 x 35, Ditto Bolt	32	Pz	-	--
E-25 Arandela Reten M20 (Pawl Washer M20 PMG FRAME)	4	Pz	-	--
E-26 Arandela con lengüeta M8 (Tongued Washer M8 Housing Cover)	32	Pz	-	--
E-27 Idem M10 (Ditto M10)	25	Pz	-	--
E-28 Perno M8 x 20 (Bolt Ditto)	32	Pz	-	--
E-29 Perno M10 x 25 (Bolt Ditto)	25	Pz	-	--
E-30 Empaque hule A985196-9 (Rubber A9 85196-9 Housing 12 M)	12	Mt	-	--
E-31 Empaque hule Neopreno AE06717-1 (Neopreno Rubber 16M)	16	Mt	-	--
E-32 Iden Hule A985196-5	24	Pz	-	--

NOMBRE GENÉRICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCIÓN COMPLETA DEL ARTÍCULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
E-33 Arandela Reten (Pawl Washer Hold Down Bolt).	4	Pz	-	- -

NOMBRE GENERAL DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
TABLA 1-5 (SISTEMA DE CONTROL DE SELLOS).				
S-1 Sello mecánico SC-250M	8	Pz	-	---
S-2 O ring P-28	8	Pz	-	---
S-3 Idem 37.5 x 45	8	Pz	-	---
S-4 Idem G-120	16	Pz	-	---
S-5 Sello mecánico SC-100M.	4	Pz	-	---
S-6 O ring P20	4	Pz	-	---
S-7 Idem 37.5 x 4.5	4	Pz	-	---
S-8 Idem G-90	8	Pz	-	---
S-9 Sello mecánico S-4300	4	Pz	-	---
S-10 O ring P-15	4	Pz	-	---
S-11 O ring P-22A	4	Pz	-	---
S-12 Idem IISW151116 P85	4	Pz	-	---
S-13 Empaque	4.8	Mt.	-	---
S-14 Anodo galvánico 500x200x20	16	Pz	-	---
S-15 O ring IISW1516G-13	8	Pz	-	---
S-16 Empaque	4.8	Mt	-	---
S-17 Anodo galvánico 500x200x90x20	16	Pz	-	---
S-18 O ring IISW1516G-13	8	Pz	-	---
S-19 Empaque casquillo prensa estopas 200x130x2.5 T.	32	Pz	-	---

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
S-20. O ring 11SW1516G-13	4	Pz	-	---
S-21 Empaque casquillo prensa estopas 200x 13 x 3.5 E	16	Pz	-	---
S-22 O ring G-170	4	Pz	-	---
S-23 Idem G-60	8	Pz	-	---
S-24 Idem P-20	4	Pz	-	---

NOMBRE GENÉRICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCIÓN COMPLETA DEL ARTÍCULO	CANTIDAD	UNIDADES	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
TABLA 1-6 (SISTEMA DE CONTROL DE ACEITE DE SELLOS)				
S-25 O ring G-170	8	Pz	-	---
S-26 Idem G-65	8	Pz	-	---
S-27 Idem G-55	4	Pz	-	---
S-28 Idem G-170	8	Pz	-	---
S-29 Idem G-65	8	Pz	-	---
S-30 Idem G-55	4	Pz	-	---
S-31 O ring P-14	32	Pz	-	---
S-32 Idem P-22A	16	Pz	-	---
S-33 Idem G-55	8	Pz	-	---
S-34 Idem P-60	8	Pz	-	---
S-35 Idem P-75	8	Pz	-	---
S-36 O ring G-35	8	Pz	-	---
S-37 Idem P-5	24	Pz	-	---
S-38 Idem P-16	12	Pz	-	---
S-39 Idem P-29	12	Pz	-	---
S-40 Idem P-39	16	Pz	-	---
S-41 O ring P-20	4	Pz	-	---
S-42 Idem G-70	4	Pz	-	---
S-43 Idem G-50	20	Pz	-	---
S-44 Idem G-105	20	Pz	-	---

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
S-45 O ring P-50	4	Pz	-	---
S-46 Idem G-80	4	Pz	-	---
S-47 O ring P-50	4	Pz	-	---
S-48 Idem P-80	4	Pz	-	---
S-49 Idem P-50	4	Pz	-	---
S-50 Idem G-80	4	Pz	-	---
S-51 Idem P-10	160	Pz.	-	---
S-52 Idem P-18	80	Pz	-	---
S-53 Idem P-10	32	Pz	-	---
S-54 Idem P-16	16	Pz	-	---

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
TARLA 1-7 (SISTEMA DE CONTROL DE ACEITE DE SELLOS)				
S-55 O ring P-10	16	Pz	-	---
S-56 Idem P-18	8	Pz	-	---
S-57 Idem P-10	64	Pz	-	---
S-58 Idem P-18	32	Pz	-	---
S-59 Idem P-14	16	Pz	-	---
S-60 Idem P-28	8	Pz	-	---
S-61 O ring P-49	8	Pz	-	---
S-62 Idem P-14	32	Pz	-	---
S-63 Idem P-28	16	Pz	-	---
S-64 Idem P-70	16	Pz	-	---
S-65 Idem P-18	32	Pz	-	---
S-66 O ring G-30	16	Pz	-	---
S-67 Idem G-105	16	Pz	-	---
S-68 Idem P-14	32	Pz	-	---
S-69 Idem G-35	16	Pz	-	---
S-70 Idem G-125	16	Pz	-	---
S-71 Idem P-14	8	Pz	-	---
S-72 Idem P-14	8	Pz	-	---
S-73 O ring P-28	4	Pz	-	---
S-74 Idem G-70	4	Pz	-	---

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
S-75 O ring P-11	24	Pz	-	---
S-76 Idem P-18	12	Pz	-	---
S-77 Empaque de asbesto 1270 x 1000x0.5	4	Pz	-	---
S-78 Empaque de asbesto 2 06x200x0.5	12	Pz	-	---
S-79 Chumacera	16	Pz	-	---
S-80 Chumacera	16	Pz	-	---
S-81 Chumacera	8	Pz	-	---
S-82 Chumacera	8	Pz	-	---
S-83 Chumacera	8	Pz	-	---

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
TABLA 1-8 (SISTEMA DE CONTROL DE GAS)				
H-1 O Ring V-325	4	Pz	-	--
H-2 Idem P-15	8	Pz	-	--
H-3 Idem G-75	8	Pz	-	--
H-4 Empaque GT- 48ø x 26ø	8	Pz	-	--
H-5 Empaque 2 x 3 -24ø x 2ø	8	pz	-	--
H-6 Diafragma	4	Pz	-	--
H-7 Diafragma	4	Pz	-	--
H-8 Asiento (alto)	4	Pz	-	--
H-9 Asiento (bajo)	4	Pz	-	--
H-10 O ring P-16	8	Pz	-	--
H-11 Idem P-29	8	Pz	-	--
H-12 Idem G-105	8	Pz	-	--
H-13 Asiento de válvula	8	Pz	-	--
H-14 Asiento de válvula	4	Pz	-	--
H-15 Asiento de válvula	52	Pz	-	--
H-16 O ring P-10	104	Pz	-	--
H-17 Idem P-10	8	Pz	-	--
H-18 Idem G-45	4	Pz	-	--

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
TABLA 1-9 (
T-1 Micrómetro de exteriores 375-400 mm.	2	Pz	-	--
T-2 Micrómetro de exteriores 0-25 mm.	2	Pz	-	--
T-3 Micrómetro de exteriores 25-50 mm	2	Pz	-	--
T-4 Palpado	2	Pz	-	--
T-5 Llave de torsión 0-70 (Kg. m)	2	Pz	-	--
T-6 Llave de torsión 0-170 (Kg. m)	2	Pz	-	--
T-7 Detector de fugas de alógeno	1	Pz	-	--
T-8 Detector de gas combustible H2	1	Pz	-	--

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
TABLÁ 1-10				
Z-1 Cojlnete Principal	3	Pz	-	--
Z-2 Empaque T1.6-1270x3810	1	Pz	-	--
Z-3 Escamas de mica #5 1/2 CBF II	4	Kg	-	--
Z-4 Cinta de mica SA15149-6 38mm-30m	1 00	R/L	-	--
Z-5 Válvula de gas # 520	1	Pz	-	--
Z-6 Válvula de gas # 521	1	Pz	-	--
Z-7 Válvula de gas # 522	1	Pz	-	--
Z-8 Asiento de teflon	20	Pz	-	--
Z-9 Idem	20	Pz	-	--
Z-10 Idem	20	Pz	-	--

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO Y DESCRIPCION COMPLETA DEL ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO EN YENS JAP.	
			UNITARIO	TOTAL
TABLA 2-1 Mejorar estructura del devanado del Estator				
R-1 Cuñas del estator 12 x 72.5 x 155.3	872	Pz	-	--
R-2 Idem 20 x 72.5 x 160	27	Pz	-	--
R-3 Resorte para desgargolar 61 x 152	899	Pz	-	--
R-4 Laina 0.25 x 62 x 1000	180	Pz	-	--
R-5 Laina 3 x 63 x 870	162	Pz	-	--
R-6 Laina 0.5 x 62 x 1000	180	Pz	-	--
R-7 Laina 0.8 x 62 x 1000	180	Pz	-	--
R-8 Mat (Tetron) 5 x 45 x 1000	10	Pz	-	--
R-9 Cinta de fibra de vidrio 0.18 x 25 x 30 mm.	5	R/L	-	--
R-10 3 Ø Rima	3	Pz	-	--
R-11 Cemento 70 grs.	2	Pz	-	--
R-12 Tollo SA1 7332-7 (20 Kgs.)	20	Kg	-	--
R-13 Barniz rojo SA16729-1	20	Kg	-	--
R-14 Cemento 815	10	Kg	-	--
R-15 Cemento B 002	5	Kg	-	--
R-16 Barniz SA16641-1	0.5	Kg	-	--
R-17 Thinner	20	Kg	-	--
R-18 Cinta 0.09 x 40 x 30 mm.	20	R/L	-	--

HERRAMIENTAS USADAS EN EL REACUÑADO

DESCRIPCION	CANTIDAD
Martillo de Bronce	2 Pza.
Mazos de plastico macizo	2 Pza.
Cuchillas	4 Pza.
Medidor de Profundidad	2 Pza.
Cinzel especial (acero)	2 Pza.
Cinzel especial (micarta)	2 Pza.

Todas las herramientas mencionadas son indispensables para llevar a cabo el mantenimiento del generador, existen otras que solo se usan en contadas ocasiones, por lo que no se mencionan, pero si hacemos incapie en que los técnicos que supervisan este tipo de mantenimiento usan tres herramientas especiales como son: Micrómetros, que solo ellos saben manejar y con los cuales hacen chequeo de partes del generador; los resultados quedan asentados en las hojas de reportes que ellos realizan una vez terminado el mantenimiento.

3.4.4. MATERIALES QUE SE REQUIEREN PARA EL MANTENIMIENTO.

En general todos los materiales requeridos para este tipo de mantenimiento son de importación, por tal razón se deben requisitar con anticipación para que haya existencia en almacén y así tener disponibles para cuando se utilicen.

Para la ejecución del mantenimiento, la industria Mitsubishi recomienda que se usen productos del Japón, ya que de esta manera ellos tienen mayor seguridad en el desarrollo de los trabajos y así podran garantizarlos, debido a que tanto las reparaciones como los materiales son originales. Los materiales usados, ya se mencionaron en el punto de "costos de materiales", por lo que no tiene caso volver a repetirlos, lo que si es importante es especificar que tipo de material es el más usado y en que partes se utilizan.

3.5 PERSONAL QUE SE REQUIERE PARA UN MANTENIMIENTO DE ESTE TIPO.

TECNICOS JAPONESES:

El generador es un equipo bastante costoso y delicado debido a su construcción y complejidad de sus accesorios, por lo tanto para llevar a cabo un mantenimiento de este tipo, se requiere personal capacitado para desempeñar eficazmente su trabajo y así obtener buenos resultados. La Comisión Federal de Electricidad basándose en la necesidad de energía eléctrica en nuestro país, requiere de los servicios de la tecnología japonesa y en especial de la Mitsubishi Electric Co., para los mantenimientos mayores del generador, pues existirá más confianza de que el mantenimiento resulte bueno, ya que es precisamente esta industria la que provee de generadores de alta capacidad a México. Normalmente son 3 los técnicos que se necesitan durante el mantenimiento, 1 técnico para el desensamble y ensamble de partes del generador, 1 técnico para la supervisión del reacuñado del estator y un técnico para las pruebas finales y arranque de la Unidad.

Estos técnicos se encargan de supervisar los trabajos durante todo el mantenimiento y son ellos quienes tienen la responsabilidad de la buena ejecución del mismo. Estos técnicos deberán hacer un reporte de todas las actividades en las

cuales asentaran los resultados obtenidos en mediciones y pruebas durante el mantenimiento, del cual dejaran una copia al Jefe responsable por parte de Comisión Federal de Electricidad.

SUPERVISOR MECANICO:

Como en toda buena organización, se requiere de una buena planeación del mantenimiento, entonces es indispensable contar con un supervisor, para que éste en relación con el técnico distribuya el trabajo a todo el personal laborando de acuerdo a su capacidad y obviamente a la categoría que tiene.

MECANICO ESPECIAL:

Esta persona se encarga de realizar las actividades programadas una vez que se ha puesto de acuerdo con el supervisor de mantenimiento y deberá tener amplio conocimiento sobre el área y sobre todo experiencia en este tipo de trabajo, para así facilitar la ejecución del mantenimiento.

MECANICO OFICIAL:

Esta persona normalmente auxilia al mecánico especial, - - asignandole trabajo que se requiere de menos conocimiento o de amplia experiencia en el área, pero que los trabajos realizados por esta persona deberan ser bien conocidos por el mecánico especial, pues en ocasiones es necesario que - lo consulte o bien debera dirigirse al supervisor mecánico.

Los ayudantes del mecánico especial y oficial, deberán tener amplio conocimiento, principalmente de herramientas y equipos utilizados durante el mantenimiento, pues son estas - personas las que generalmente proveen de herramienta a sus maestros en el momento de desarrollar los trabajos.

AYUDANTE GENERAL:

Estos trabajadores generalmente se dedican a la limpieza - de partes desmontadas y auxilian en maniobras de trabajo - pesado por ser la categoría más baja en esta área.

AUXILIAR DE MANTENIMIENTO

Normalmente es necesario que se cuente con ingenieros por parte de Comisión Federal de Electricidad, para que en unión con el técnico y supervisor efectuen los trabajos con mayor eficacia, pero si no se cuenta con una persona especializada en esta área, se debe asignar un auxiliar de mantenimiento, quien deberá llevar reportes de avance de las actividades de mantenimiento y auxiliara al técnico y supervisor e identificará equipos, refacciones y materiales utilizados durante el desarrollo del mantenimiento, así como en las pruebas efectuadas al equipo principal.

OPERADOR GRUA VIAJERA:

Durante el mantenimiento se debe contar con el auxilio de una grua viajera para realizar las maniobras de desensamble y ensamble de piezas pesadas del generador, por lo que es necesario que una persona opere esta grua adecuadamente.

Debido a la presión de las maniobras que se realizan en

esta área, el operador deberá tener pleno conocimiento del equipo con que trabaja y para esto deberá de conocer todo tipo de herramientas para maniobras como son: Estrobos, cancamos, grilletes, diferenciales, montacargas y accesorios, conociendo de esto la capacidad de peso que levanta, dándole normalmente una tolerancia de 10% al 20% por seguridad y uso de las herramientas.

Por la misma delicadeza de las maniobras, el operador deberá ponerse de acuerdo con el Ingeniero o Supervisor del área para realizar algunas maniobras y en el momento de efectuarlas, solo deberá recibir instrucciones del maniobrista, ya que ambos son los indicados y responsables por si hay alguna mala maniobra, para evitar lo anterior el operador contará con la suficiente experiencia en este tipo de maniobras, conociendo ampliamente las señales que hace el maniobrista, de esta manera se entenderán mejor y por consiguiente nunca se tendrán problemas ni accidentes que lamentar. También es necesario que el operador tenga conocimiento aunque sea mínimo del control eléctrico de la grúa, pues de esta manera se evitarán contratiempos en las maniobras por fallas eléctricas y por consiguiente el man-

tenimiento no sufre retrasos.

Para tener una idea de las maniobras que se realizan durante el mantenimiento, la Planta Termoeléctrica "Francisco - Pérez Ríos", cuenta con una grúa viajera con capacidad de 90 y 18 ton., se puede notar que la grúa es bastante grande, lo suficiente para levantar la parte desensamblada más pesada del generador, como lo es el rotor, que tiene un peso de 40 ton.

CAPITULO IV
PRUEBAS REALIZADAS AL GENERADOR
ANTES DE SU MANTENIMIENTO

4.1 PRUEBAS DE HERMETICIDAD

DETECCION DE FUGAS DE HIDROGENO.

Con la Unidad fuera de servicio y aún manteniendo la presión de hidrógeno dentro del generador, se verifica si no hay fugas, utilizando el detector de gas hidrógeno (explosímetro), en todas las partes donde existe unión de una pieza con otra principalmente las que van a ser desensambladas por ejemplo: tapas exteriores, registros hombre, caja de chumaceras, tapa de enfriadores, etc., si existiese alguna fuga, se tomará nota y al quitar la pieza se revisará cuidadosamente para corregir dicha fuga.

Es importante mencionar que hay regiones del generador, las cuales no se pueden inspeccionar debidamente durante su operación, tal es el caso de la Caja de Terminales, ya que es incomodo por el calor y alto voltaje a que se expone la persona encargada de la inspección.

Por lo anterior se debe colocar una plataforma de madera sobre las tapas de protección de la salida del generador para disminuir el riesgo si se quiere inspeccionar o detectar fugas, estando la máquina en servicio, aunque lo más recomendable es hacerlo con la máquina parada, así se evitan los riesgos y se checa debidamente .

Para mayor información sobre el chequeo de fugas de hidrógeno en el generador, se da a continuación el procedimiento, así como la operación correcta del detector de gas hidrógeno (explosímetro).

1. - Colocar la perilla en la posición BATT y checar el indicador o aguja que este dentro del rango, si no se encuentra dentro de dicho rango, se debe cargar el aparato con el eliminador alimentado a 100 V.C.A.
2. - Cambiar a la posición 20 de la perilla y verificar el ajuste a cero en la caratula con el ajustador cero en aire limpio, normalmente en el generador se utiliza la escala de 0-20 para tener un mayor rango de lectura.

3. - Proceder a checar las fugas y verificar que la alarma -
suene.
4. - Tener cuidado de no succionar agua en el detector
5. - Tener cuidado de no golpear el instrumento.
6. - Usar el aparato junto con el estuche para protegerlo con
tra los golpes.
7. - Si existe fuga, checar con agua y jabon para cerciorar-
se completamente y ver que tanto es la fuga.

NOTA: Se recomienda que se utilice un transformador de 127 a 100 Volts C:A., para alimentar el aparato de esta manera se logrará mayor eficiencia en su carga y por lo consiguiente mayor duración, ya que este aparato esta diseñado para cargarse con 100 V:C. A.

4.2 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (MEGGER)

Debido a la importancia de esta prueba en equipo princi-

pal se pondrá mayor interés, porque a ello se describe y se define en términos generales la resistencia de aislamiento, se revisan los efectos que la afectan o la cambian y se recomiendan el uso de métodos y conexiones para medirla junto con las precauciones necesarias para evitar resultados erroneos. Adicionalmente se señalan bases para interpretar los resultados de la prueba y representan datos para obtener valores mínimos recomendables.

4.2.1 TEORIA GENERAL

4.2.1.1 DEFINICION

La resistencia de aislamiento se define con la resistencia (megohms), que ofrecen un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado, medido a partir de las aplicaciones del mismo; como referencia se utilizan los valores de 1 a 10 minutos.

4.2.1.2 CORRIENTE DE AISLAMIENTO

A la corriente resultante de la aplicación del voltaje de corriente directa a un aislamiento, se le denomina corrien

te de aislamiento y consiste de dos componentes principales:

a). La corriente que fluye dentro del volumen de aislamiento compuesta de:

- Corriente capacitiva. - Es una corriente de magnitud comparativamente alta y de corta duración que decrece rápidamente a un valor despreciable (generalmente en un tiempo máximo de 15 seg.), conforme se carga el aislamiento y es la responsable del bajo valor inicial de la resistencia de aislamiento. Su efecto es notorio en aquellos equipos que tienen capacidad alta, como en cables de potencia de grandes longitudes.

- Corriente de absorción dieléctrica. - Esta corriente decrece gradualmente con el tiempo, desde un valor relativamente alto a un valor cercano a cero, siguiendo una función exponencial. Generalmente los valores de resistencia obtenidos en los primeros minutos de una prueba, quedan en gran parte determinados por una corriente de absorción, esta corriente tarda desde unos cuantos minutos a varias horas en alcanzar un valor despreciable, para efectos de prueba de --

megger puede despreciarse el cambio que ocurre -
después de 10 minutos.

- Corriente de conducción Irreversible. - Esta corrien
te fluye a través del aislamiento y es prácticame
nte constante y predomina después que la corrien
te de absorción se hace insignificante.

b). La corriente que fluye sobre la superficie de aislamien-
to y que se conoce como corriente de fuga. Esta corrien
te que al igual que la de conducción, permanece cons-
tante y ambas constituyen el factor primario para juzgar
las condiciones de un aislamiento.

4. 2. 1. 3 ABSORCION DIELECTRICA

La resistencia varia directamente con el espesor del aisl
amiento e inversamente al área del mismo; cuando re-
pentinamente se aplica un voltaje de corriente directa a
un aislamiento, la resistencia se inicia con un valor ba-
jo y gradualmente va aumentando hasta estabilizarse.

A la curva obtenida cuando se grafican valores de resisl
tencia de aislamiento contra tiempo, se le denomina --

curva de absorción dieléctrica y su pendiente indica el grado relativo de secado o suciedad del aislamiento. Si el aislamiento está húmedo o sucio, se alcanzará un valor estable en 1 o 2 minutos después de haber iniciado la prueba y se obtendrá una curva con baja pendiente.

4.2.1.4 INDICES DE ABSORCION Y POLARIZACION.

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica, puede expresarse mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamiento, tomando a diferentes intervalos de tiempo durante la misma prueba. A la relación de 60 segundos a 30 segundos se le conoce como Índice de Absorción, y a la relación de 10 minutos a 1 minuto como Índice de Polarización. El índice de polarización es muy útil para la evaluación del estado del aislamiento de devanados de Generadores y Transformadores, y es indispensable que se obtenga justamente antes de efectuar una prueba de alta tensión en máquinas rotatorias.

4.2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA

A menos que las mediciones de resistencia y absorción

dieléctrica se realice con suma habilidad, se presentarán -
fluctuaciones importantes provocadas por factores que se -
expondrán en los párrafos siguientes. Cada uno de estos párrafos puede ser causa de grandes errores en la medición de la resistencia de aislamiento, los cuales no deben considerarse como problemas del aparato de medición.

4.2.2.1 EFECTO DE LA CONDICION DE LA SUPERFICIE DEL AISLAMIENTO.

Los depósitos tales como carbon, polvo o aceite depositados en las superficies aislantes pueden bajar la resistencia de aislamiento. Este factor es particularmente importante cuando se tienen superficies aislantes relativamente grandes, expuestas al ambiente.

El polvo depositado sobre las superficies aislantes ordinariamente no es conductor cuando esta seco, pero cuando se expone a la humedad se vuelve parcialmente conductor y decrece entonces la resistencia de aislamiento por lo que se deberá eliminar toda materia extraña que esté depositada sobre el mismo antes de efectuar la prueba.

4. 2. 2. 2 EFECTO DE LA HUMEDAD

Una gran parte de los materiales utilizados en los sistemas de aislamiento como son el aceite, el papel, el cartón y algunas cintas, son hidrosco picos y por tanto capaces de absorber humedad y ocasionar una reducción en la resistencia de aislamiento.

Actualmente se construyen máquinas rotatorias con aislamiento que no absorven humedad, pero en caso de que la temperatura del devanado alcance un valor igual o inferior a la de punto de rocío, se puede formar una película de humedad sobre la superficie del aislamiento y así reducir su resistencia. El mismo fenómeno se presenta en las porcelanas de las boquillas de los transformadores e interruptores cuando se tiene alta humedad en el ambiente, y el problema es más grave si la superficie esta contaminada.

Es importante, sobre todo en el caso de las máquinas rotatorias, efectuar las pruebas cuando los devanados tengan una temperatura superior a la de punto de rocío: esto es necesario especialmente en el caso de equipo de importancia y para ello se efectuan mediciones de temperatura de

temperatura de bulbo humedo y bulbo seco, para determinar el punto de rocío y la humedad absoluta o relativa.

4.2.2.3 EFECTO DE LA TEMPERATURA.

La resistencia de aislamiento varfa inversamente con la temperatura en la mayor parte de los materiales aislantes. Para comparar aproximadamente las mediciones periódicas de resistencia de aislamiento, es necesario efectuar las mediciones a la misma temperatura, o convertir cada medición a una misma base. Esta conversión se efectua con la siguiente ecuación

$$R_c = K_t \times R_t$$

Donde:

R_c Resistencia de Aislamiento (en megohms) corregida a la temperatura base.

R_t Resistencia de Aislamiento a la temperatura en que se efectuó la prueba.

K_t Coeficiente de corrección por temperatura

Las bases de temperatura recomendadas por los comités de normas son de 40°C , para las máquinas rotatorias,

20°C, para los transformadores y 15.6°C para los cables.

En caso de máquinas rotatorias el efecto por temperatura en el índice de polarización generalmente es pequeño, si la temperatura de la máquina no cambia apreciablemente durante el tiempo en que se efectúan las lecturas.

4.2.2.4 POTENCIAL DE PRUEBA APLICADO.

La medición de la resistencia de aislamiento en sí, es una prueba de potencial y debe registrarse a valores apropiados que dependen de la tensión nominal de operación del equipo que se va a someter a la prueba y de las condiciones en que se encuentre su aislamiento. Esto es importante particularmente para máquinas pequeñas o de baja tensión y para transformadores sin su aceite aislante, que se encuentren húmedos. Si la tensión de prueba es alta, se puede provocar fatiga en el aislamiento. Posteriormente se mencionan valores de voltaje de pruebas recomendados de acuerdo a la tensión nominal del equipo.

Los potenciales de prueba más comúnmente utilizados son tensiones de corriente directa de 500 a 5,000 Volts.

Las lecturas de resistencia disminuyen normalmente al utilizarse potenciales más altos; sin embargo para aislamiento en buenas condiciones y perfectamente secos, se obtendrán valores muy próximos para diferentes tensiones de prueba, siempre que no se pase del valor nominal de operación del equipo al que se está sometiendo a prueba.

Si al aumentar el potencial de prueba se reduce significativamente los valores de resistencia de aislamiento, estos nos pueden indicar que existen imperfecciones o fracturas en el aislamiento, posiblemente agravadas por suciedad o humedad, aún cuando también la sola presencia de humedad con suciedad puede ocasionar este fenómeno.

4.2.2.5 EFECTO DE LA DURACION DE APLICACION DE VOLTAJE DE PRUEBA.

Este efecto tiene importancia notable en el caso de las grandes máquinas rotatorias y transformadores de potencia con aislamiento en buenas condiciones, sin embargo en el caso de los interruptores, apartarrayos y cables de pequeña longitud, este efecto carece de importancia y por lo tanto -

difiere de los primeros en que es recomendable efectuar las pruebas con duración mayor de un minuto.

4. 2. 2. 6 EFECTO DE LA CARGA RESIDUAL

Un factor que afecta las mediciones de resistencia de aislamiento y absorción dieléctrica, es la presencia de carga previa en el aislamiento. Esta carga puede originarse por que el equipo trabaja aislado de tierra o por una aplicación de voltaje de corriente directa en una prueba anterior. Por lo tanto es necesario que antes de efectuar las pruebas, se descarguen los aislamiento mediante una conexión a tierra.

4. 2. 2. 7 EFECTO DEL ENVEJECIMIENTO.

En el caso de aislamiento con aglutinantes semisólidos, tales como la mica con asfalto, se presenta un proceso de curado con el tiempo, el cual provoca un aumento en la corriente de absorción que toma el aislamiento y por lo mismo un decremento de la resistencia de aislamiento.

4. 2. 2. 8 TRATAMIENTOS ESPECIALES

Cuando los cabezales de una máquina se tratan con material semiconductor, para eliminación de efecto corona, normalmente se presenta una disminución en los valores de resistencia de aislamiento. Así también se tienen valores de resistencia de aislamiento muy reducidos, en los generadores que están refrigerados interiormente con H_2O

4.2.3 "MEGGER" DESCRIPCIÓN, PRINCIPIO y USO.

Básicamente existen 4 formas de medir resistencia de aislamiento:

- a). mediante un ohmímetro (megger) de indicación directa.
- b). Mediante un voltmetro y un amperímetro, utilizando una fuente de potencial de corriente directa.
- c). Mediante un voltmetro y una fuente de potencial de corriente directa.
- d). Mediante un puente de resistencia con batería y galvanómetro autocontenido.

Los siguientes párrafos se dedican al instructivo de indicación directa conocido como megger, que constituye el instrumento más práctico y común para medir la resisten-

cia del aislamiento.

4.2.3.1 DESCRIPCION

El megger ha sido el instrumento estandar para la verificación de la resistencia de aislamiento. Existe básicamente 3 tipos de instrumentos, los accionados manualmente, los accionados normalmente, los accionados por motor de tipo rectificador. (Ver Fig. 4.0)

El primer tipo es satisfactorio para efectuar pruebas de tiempo corto, pero no es recomendable para las pruebas rutinarias de absorción dieléctrica; puesto que es difícil mantener la velocidad adecuada que dura esta prueba. Para este fin deberá usarse cualquiera de los otros dos tipos, como el valor de la resistencia de aislamiento varia con el voltaje aplicado, es importante que el instrumento de prueba tenga suficiente capacidad para mantener su voltaje a su valor nominal constante durante los 10 minutos de prueba: por esta razón algunos de los aparatos pequeños no son aptos para efectuar pruebas en los transformadores y generadores grandes que toman una mayor corriente de absorción. Se recomienda usar un -

mismo instrumento para efectuar las pruebas periódicas en el equipo, ya que las diferentes características de salida pueden afectar las curvas de absorción dieléctrica, especialmente en los valores iniciales.

4.2.3.2 PRINCIPIO DE OPERACION.

Aún cuando existe una variedad de instrumentos para la medición de la resistencia de aislamiento, puede decirse que la gran mayoría utilizada en el elemento de medición de bobinas cruzadas, cuya principal característica es que su exactitud es independiente del voltaje aplicado en la prueba. El megohmetro consiste fundamentalmente de dos bobinas designadas como A y B que están montadas en un sistema móvil común, con una aguja indicadora unida a las mismas y con libertad para girar en un campo producido por un imán permanente. En el caso del megger, el sistema móvil está sustentado en joyas soportadas en resortes y está exento de las espirales de control que llevan otros aparatos como los amperímetros y voltímetros.

La alineación de señal a las bobinas se efectúa mediante ligamentos conductores que ofrecen la mínima restricción -

posible, en tal forma que cuando el instrumento esta nivelado y no podra quedar en reposo en cualquier posición de la - escala. Adicionalmente el elemento de medición, el megohmetro tiene un generador de corriente directa accionado manualmente o mediante un motor, el cual proporciona el voltaje necesario para efectuar la medición.

La bobina deflectora "A", esta conectada en serie con resistencia fija R, y la bobina de control esta conectada en serie con una resistencia de serie R, quedando la resistencia bajo prueba conectada entre las terminales línea y tierra del aparato. Las bobinas A y B, estan montadas en el sistema movil con el angulo fijo entre ellas y están conectadas en - tal forma que cuando se les alimenta corriente, desarrollan pares opuestos y tienden a girar el sistema movil en direcciones contrarias. Por tanto, la aguja indicadora se estabilizara en el punto donde los dos pares se balancean. Cuando el aislamiento es casi perfecto o cuando no se conecta nada a - las terminales de prueba, no habra flujo de corriente en la bobina A, sin embargo, por la bobina B, circulará un flujo de corriente y por tal razón, girará en contra de las manecillas del reloj hasta quedar colocado en el entrehierro en el

núcleo de hierro C. En esta posición la aguja indicadora es tará sobre la marca del infinito.

4.2.3.3 USO DE LA GUARDA.

Generalmente todos los aparatos megger con rango mayor de 1,000 Megohms, están equipados con terminal de guarda. El propósito de esta terminal es el conectar con un medio pa ra efectuar mediciones en mallas de tres terminales, en tal forma que pueda determinarse directamente el valor de una - de las dos trayectorias posibles. Además de esta finalidad - principal, dicha terminal hace posible que el megger se utili ce como una fuente de voltaje de corriente directa con buena regulación, aunque con capacidad de corriente limitada.

Concretamente puede decirse que la corriente de fuga de todo componente de un sistema de aislamiento conectado a la terminal de guarda no interviene en la medición. Así en el - caso de poder estar usando las conexiones indicadas, se medi ra la resistencia r_{12} , directamente ya que las otras 2 en - tran en la medición por estar conectada la terminal 3, a - guarda. Al usar la terminal de guarda, particularmente en el caso de los instrumentos accionados con motor o los de tipo

rectificador, deberá tener seguridad de que no existen posibilidades de que se produzca un arco eléctrico entre las terminales de la muestra bajo prueba, conectada a guarda y tierra.

4.2.3.4 INSTRUCCIONES GENERALES PARA USO DEL MEGGER.

A continuación se enumeran las instrucciones generales para el uso del megger.

- a). No se debe usar el probador cuyo voltaje en terminales sea superior al que se considera seguro aplicar al equipo que se va a probar.

Se sugieren los siguientes valores como seguros o normalmente permisibles:

Voltaje nominal del Probador	Voltaje nominal de corriente alterna que se va a probar.
100 y 250 Volts	Hasta 100 Volts incluye algunos tipos de equipo de señalización y control.
500 Volts	De 100 Volts en adelante
1000 Volts	De 400 Volts en adelante
2500 Volts	De 1000 Volts en adelante

De hecho estos valores representan un margen seguro, ya que el equipo se fabrica con un grado de seguridad considerable.

- b). Coloque el instrumento en una base firme bien nivelada. En el caso de instrumentos equipados con nivel, nivéle los centrando la burbuja en aquel. Evite las grandes masas de hierro y los campos magnéticos fuertes.
- c). Si el aparato es de voltaje múltiple gire el selector de - voltaje hasta el valor que se requiere para efectuar la - prueba.
- d). Verifique el Infinito, del aparato operando manualmente la manivela a la velocidad normal en los meggers manuales, o poniendo en operación el motor en los accionados por este medio o el rectificador en los de este tipo. En caso de que el instrumento tenga Switch de carga, colo- carlo en la posición Prueba.

Mientras se verifica el Infinito, gire el ajustador del índice hacia uno u otro lado, hasta que la aguja indicadora se estacione sobre la marca del infinito.

4. 2. 3. 5 MEDIDAS DE SEGURIDAD AL UTILIZAR EL MEGGER.

Antes de retirar cualquier equipo para efectuar pruebas, se deberá contar con la libranza respectiva. Se deberá tomar todas las precauciones necesarias para asegurar que no se puede energizar el equipo bajo prueba.

Se deberán efectuar pruebas para verificar que no tienen voltajes inducidos; conecte sus tierras, si es necesario des conectar el neutro o alguna otra conexión a tierra, asegure se antes que no lleve corriente.

Al conectar las terminales del megger y al operarlo, se debiera usar guantes aislantes.

Al efectuar pruebas de absorción en equipos con volumen grande de aislamiento, se deberá tomar la precaución de des cargarlo de toda la corriente capacitiva y de absorción después de la prueba y antes de remover las terminales de - - prueba.

4.2.3.6 APLICACION DE PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A MAQUINAS ROTATORIAS.

GENERALIDADES:

La medición de la resistencia de aislamiento ha sido recomendada y utilizada durante más de medio siglo en la evaluación en las condiciones del aislamiento de las máquinas rotatorias.

Esta prueba es de gran ayuda para determinar la presencia de humedad, aceite, polvo, corrosión, daños o deterioros del aislamiento. Se aplica también para el control del proceso de secamiento de las máquinas rotatorias.

LIMITACIONES:

Sin dejar de reconocer las ventajas de la prueba de megger como una guía útil en la evaluación de las condiciones del devanado en una máquina, ésta no debe tomarse como criterio exacto ya que tiene varias limitaciones, entre las cuales parecen las siguientes:

- a). La resistencia de aislamiento de un devanado no tiene una relación directa con su rigidez dieléctrica y por tanto es imposible predecir el valor de resistencia al que fallará.
- b). Aún cuando con base a la experiencia se ha definido

valores mínimos recomendables, existen máquinas que tienen superficies de aislamiento extremadamente grandes que pueden tener valores de resistencia inferiores a los mínimos recomendados, por más que sus devanados estén en buenas condiciones.

- c). Una medición aislada de resistencia de aislamiento a un voltaje deseado, no indica si la materia extraña responsable de la baja resistencia esta concentrada o distribuida.

PREPARACION DE LA MAQUINA PARA LA PRUEBA.

- a). Cuando se requiere información sobre la condición interna del aislamiento, sin que el valor se vea afectado por la condición superficial, deberá limpiarse y secarse el aislamiento. En ambientes húmedos es de gran importancia la limpieza de la superficie del aislamiento antes de efectuar la prueba.
- b). La temperatura del devanado debe estar por encima del punto de rocío, para evitar condensación de la humedad en la superficie del aislamiento.
- c). No es necesario que la máquina este parada para efectuar la prueba de megger; en ocasiones es deseable que

- la máquina este girando para que el devanado se sujete a las fuerzas centrífugas que ocurren en servicio.
- d). Descargar completamente toda carga residual antes de efectuar la prueba, conectando los devanados a tierra cuando menos 10 minutos antes de su indicación.
 - e). Es conveniente que la medición de la resistencia de aislamiento abarque exclusivamente los devanados de la máquina, para lo cual es necesario desconectar todo equipo externo a la misma.
 - f). En las máquinas con devanados enfriados por agua, deberá expulsarse el agua y secarse completamente el circuito interno con excepción de la prueba "tal como esta".

CIRCUITO DE PRUEBA.

Básicamente existen dos tipos de circuitos de prueba para la medición de resistencia de aislamiento en las máquinas rotatorias circuito de prueba utilizando la guarda y circuito de prueba sin utilizarla.

Dentro de estos tipos de circuitos existen varias conexiones, según sea el tipo de conexión que se requiere. En

las Figuras 4.1 y 4.2, se describen estas conexiones para máquinas rotatorias trifásicas con neutro accesible. Como se considera que las máquinas monofásicas que no tienen el neutro accesible y que son casos particulares que pueden derivarse fácilmente a partir de las anteriores, no se ve la necesidad de describir sus conexiones de prueba.

Se recomienda que siempre que sea posible y práctico se separen las fases y se prueben separadamente, ya que con ello se puede establecer una comparación entre las mismas que es muy útil para la evaluación de la condición presente y futura del devanado. Por otro lado la prueba de todas las fases a la vez (Fig. 4.1), tienen el inconveniente de que únicamente se prueba el aislamiento a tierra y se ómi te la prueba del aislamiento entre fases.

Cuando se prueben campos de generadores, deberán usarse un voltaje de prueba de 500 Volts, para evitar sobretensiones en el aislamiento.

INTERPRETACIONES DE LECTURA PARA LA EVALUACION DE LOS AISLAMIENTOS.

A continuación se dan algunas recomendaciones para auxiliar al personal de prueba en la evaluación de los resultados obtenidos en la prueba de megger. En ninguna forma se pretende que sea sustituido del buen criterio y experiencia de la persona, ya que se considera que para el análisis correcto de las lecturas y la anticipación de las fallas se requiere un criterio y una experiencia personal básicos, que desafortunadamente ameritan tiempo y esfuerzo para adquirirlos.

En general las lecturas de resistencia de aislamiento deben considerarse como relativas, a menos que el único interés sea el comprobar que los valores se mantengan por arriba de los mínimos recomendables, lo cual representaría un gran desperdicio en el aprovechamiento de la prueba.

Para que el análisis comparativo sea efectivo, todas las pruebas deberán hacerse al mismo potencial, las lecturas deberán corregirse a la misma base (40°C) y en lo posible bajo las mismas condiciones.

A continuación aparecen algunas indicaciones que de-

ben tomarse como auxilio en la interpretación de los valores obtenidos durante las pruebas periódicas efectuadas en un - equipo dado:

- a). No hay porque preocuparse si los valores son altos regulares y bien sostenidos.
- b). Si los valores son regulares o altos, pero tienen tendencia a bajar, deberán localizarse y eliminarse la causa.
- c). Si los valores son bajos pero sostenidos, es probable - que todo este correcto, pero debe investigarse la causa.
- d). Si los valores son tan bajos que caen en lo inseguro, debera reacondicionarse el equipo antes de ponerlo en servicio.
- e). Si los valores son regulares o altos, bien sostenidos en un principio, pero muestran una caída repentina, - conviene efectuar pruebas a intervalos más frecuentes hasta localizar las causas.
- f). Si los valores llegan a ser tan bajos que se consideren inseguros, se debe retirar el equipo de operación.

Conviene aclarar que estas indicaciones no deben ser tomadas como suplemento al criterio personal.

4.3 BARRIDO DEL HIDROGENO Y BIOXIDO DE CARBONO (H₂ y CO₂) RESPECTIVAMENTE.

La refrigeración por hidrógeno esta justificada para las máquinas de gran potencia y tanto más cuando mayor sea la velocidad de regimen.

A continuación, estudiaremos los dispositivos necesarios para el empleo del hidrógeno como fluido refrigerante. Como hemos visto anteriormente una mezcla de aire y de hidrógeno en proporciones determinadas puede ser explosiva. Por lo tanto el turbogenerador refrigerado por hidrógeno, esta construido dentro de las normas que se establecen, para que en marcha normal, no se produzca una mezcla explosiva. Para aumentar la seguridad, la carcaza y las tapas del generador refrigerado por hidrógeno estan construidas de tal forma que pueden soportar una presión interna de 7 Kgs/cm², sin deformación permanente, y una presión de 14 Kgs/cm² sin ruptura.

Con objeto de evitar cualquier mezcla explosiva para llenar o vaciar la máquina de hidrógeno, hay que utilizar un

gas inerte, por ejemplo, el anhídrico carbónico. Como es muy denso este gas ideal para la extracción del aire, antes de llenarlo de hidrógeno y la extracción de este último.

Los principales objetivos del sistema de control de hidrógeno son los siguientes:

- a). Permitir con toda seguridad, el llenado y el vaciado - del recinto del generador.
- b). Permitir el control del mantenimiento de la pureza del - hidrógeno dentro de los límites determinados de presi- ción, temperatura y humedad.
- c). Advertir al personal en caso de defecto en el circuito de gas o de aceite del turbogenerador o de falla en el sistema de control y de alarmas.

En la figura 13.2, se muestran las dos Unidades instaladas de alimentación, una correspondiente al sistema de - H_2 y la otra correspondiente al sistema CO_2 .

El hidrógeno para el generador se suministra en cilin- dro de 6 mts.² cada uno, de los cuales se conectan a un colector múltiple por medio de conexiones flexibles. De este

colector múltiple es suministrado al cabezal principal por medio de las válvulas (52A, 52B, 52C y 52D), en este cabezal está instalado un manómetro de presión de H_2 , el cual nos indica la presión en las botellas y un interruptor de presión que hace operar una alarma de baja presión en los cilindros de H_2 . El hidrógeno puede ser suministrado al generador, ya sea en forma manual o automática, realizándose esta operación por medio de la válvula (83), o por el regulador de presión. Ya regulada la presión, el hidrógeno suministrado por medio de la válvula de bloqueo (50), en la misma línea de suministro, existe una válvula de alivio (51), así como un manómetro (122). Para suministrar el hidrógeno dentro del generador, existe una última válvula (78), para que de ahí este sea suministrado a un cabezal localizado en la parte superior del generador y que corre a lo largo del mismo, la válvula (77), se utiliza durante la operación de ventear el hidrógeno.

De la misma manera, para el suministro de CO_2 al generador, los cilindros de suministro se colocan a un colector múltiple por medio de conexiones flexibles y estas alimentan a un cabezal común por medio de las válvulas (42A, 42B, ...

42C y 42D), pasando a través de una válvula de no retorno (44A) o en caso dado este cabezal común puede ser alimentado también de 4 botellas de CO₂, las cuales alimentan por medio de las válvulas (42E, 42F, 42G y 42H), pasando a través de la válvula de no retorno (44B), ya que el cabezal común se encuentra instalado un manómetro (128) y una válvula de alivio (41), y de ahí es alimentado el CO₂ por medio de la válvula (40), para que a través de la válvula (75), sea suministrado el CO₂ a un cabezal instalado en el interior del generador en la parte inferior y que corre a lo largo del mismo la válvula (76), se utiliza durante la operación de venteo del CO₂. El manómetro (131), nos indica la presión de hidrógeno en el generador y se encuentra localizado en las estaciones de alimentación.

Se tiene instalado un tablero de control de hidrógeno en donde se encuentran instalados los instrumentos de medición y control, tales como el medidor de pureza de H₂ y CO₂ (129), los manómetros indicadores de presión de hidrógeno y presión del ventilador (130), las alarmas de baja presión y alta presión de hidrógeno (138 y 139) respectivamente, el interruptor de presión de alarma de baja pureza, etc.

La válvula (74), se utiliza unicamente durante la purga del generador cuando esta alimentado CO_2 y este suministra al soplador medidor de pureza. La válvula (73), se utiliza durante el llenado del generador por hidrógeno y también alimenta al soplador medidor de pureza. Las válvulas (69 y 70), corresponden al suministro para los manómetros (130) indicadores de presión de hidrógeno del generador y presión del ventilador.

Existen 2 detectores de agua (141 y 142), con sus respectivas alarmas (LSH-904A y LSH-804B), las cuales nos indican cuando hay acumulación de agua dentro de ellos. Estos se encuentran instalados a cada extremo del generador.

Por último, este sistema esta provisto de una unidad secadora de gas hidrógeno, la cual se mantiene en servicio durante la operación normal del generador para quitarle la humedad al hidrógeno. Para mayor seguridad cuando el generador se llena, el aceite debe primero purgarse con gas bioxido de carbono CO_2 , y este después será removido por el gas hidrógeno que se agrega, debiendose evitar el contacto entre el hidrógeno y el aire. Similarmente cuando el generador se en

cuentra lleno de hidrógeno y necesita extraerse, este primero deberá expulsarse con bioxido de carbono y después el -
aire eliminará a este.

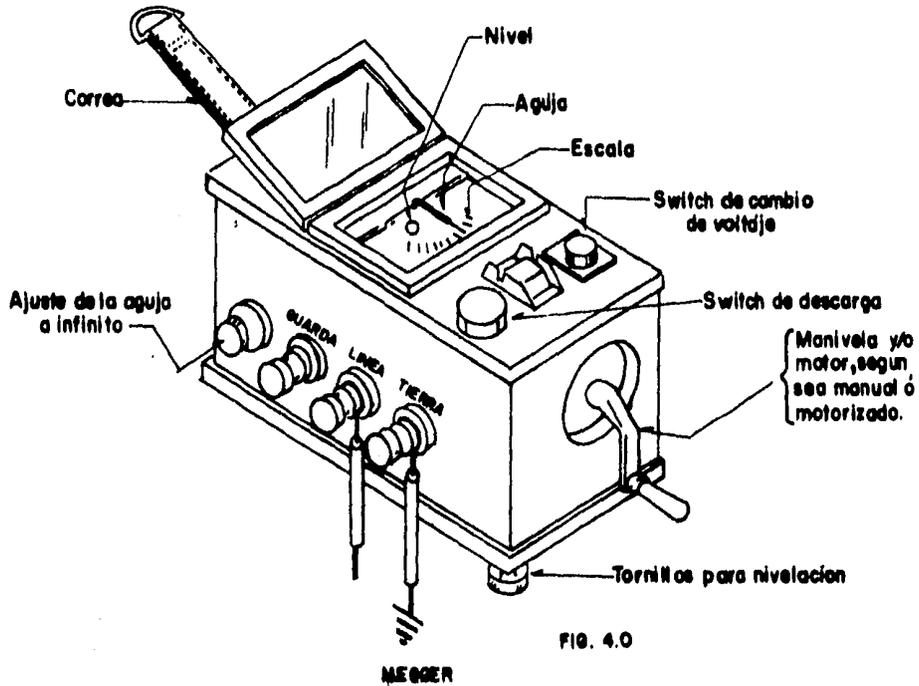
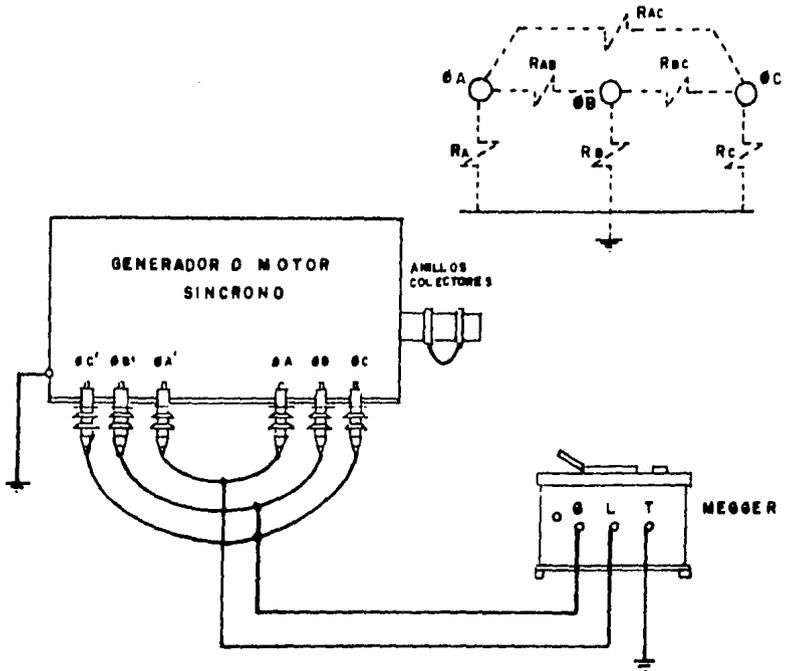


FIG. 4.0

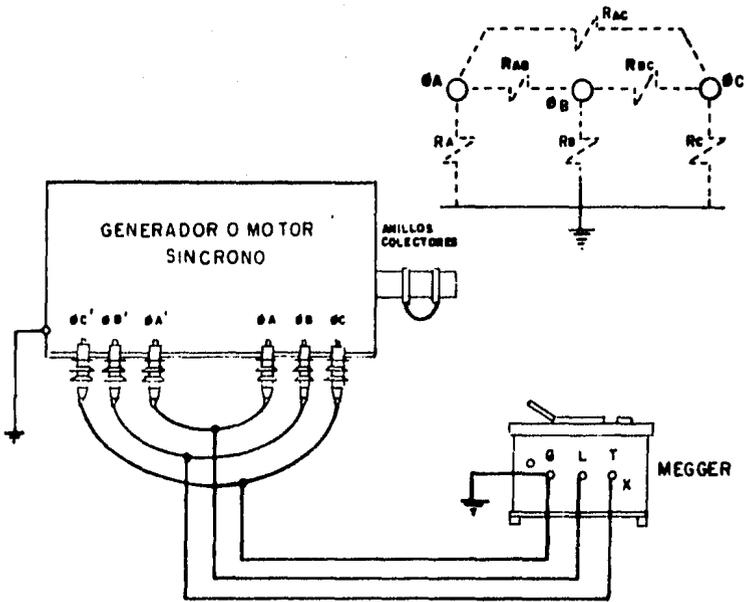
FIG. 4.I.



PRUEBA	CONEXION DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	A	B, C	↓	R_A
2	B	A, C	↓	R_B
3	C	A, C	↓	R_C

PRUEBAS DE GENERADOR O MOTOR SINCRONO UTILIZANDO GUARDA
 (SE MUESTRA PRUEBA 1, LOS PUENTES MOSTRADOS CON LINEA
 GRUESA DEBEN PERMANECER DURANTE TODAS LAS PRUEBAS)

FIG. 4.2



PRUEBA	CONEXION DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	A, A'	C ₁ ↓	B	R _{AB}
2	B, B'	A ₁ ±	C	R _{BC}
3	C, C'	B ₁ ±	A	R _{AC}

PRUEBAS EN GENERADOR O MOTOR SINCRONO UTILIZANDO GUARDA CONECTADA A TIERRA (SE MUESTRA PRUEBA No. 1).

X ANTES DE EFECTUAR LA PRUEBA VERIFICAR QUE LA CONEXION T NO ESTE CONECTADA A TIERRA

LOS PUENTES MOSTRADOS EN LINEA GRUESA DEBEN PERMANECER DURANTE TODAS LAS PRUEBAS

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE GENERADORES

DATOS DEL GENERADOR

CLAVE DE LA INSTALACION _____
 NOMBRE DE LA INSTALACION _____
 CLAVE DEL EQUIPO _____
 GENERADOR PROBADO _____
 MARCA _____
 No. DE SERIE _____
 CAPACIDAD NOMINAL MVA _____ MW
 FACTOR DE POTENCIA _____
 TENSION NOMINAL _____ KW
 CORRIENTE NOMINAL _____ AMP
 CONEXION DE NEUTRO _____
 CLASE DE AISLAMIENTO _____
 CONDICION DEL AISLAMIENTO (Limpio, Sucio) _____

DATOS DE PRUEBA

FIG. 4.3

FECHA DE LA PRUEBA _____
 TEMPERATURA DEVIADO _____ CAMPO _____
 TEMPERATURA AMBIENTE _____
 EQUIPO INCLUIDO EN LA PRUEBA (Ver Nota No. 8) _____

 MAGGER MOTORIZADO No _____
 MARCA _____
 RANGO _____

CONEXION	PRUEBA No						
	TENSION DE PRUEBA						
	A LINEA	FASE A	FASE B	FASE C	FASES A,B,C	DEVIADO CAMPO	
A GUARDA							
A TIERRA	FASES B,C	FASES A,C	FASES A,B				
TIEMPO MINUTOS	LECTURA	K MEGAOMLECTURA					
1/4							
1/2							
3/4							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
INDICE ABSORCION							
INDICE POLARIZACION							

INSTRUCCIONES GENERALES

- 1) DESCARGAR A TIERRA LA FASE POR PROBAR DURANTE 5 MINUTOS ANTES DE LA PRUEBA
- 2) LOS CABLES DE PRUEBA NO DEBEN TOCARSE ENTRE SI, NI TOCAR NINGUN OTRO ELEMENTO DE LA INSTALACION
- 3) EN TODAS LAS PRUEBAS SE CONECTARA A TIERRA EFECTIVA LA TERMINAL "GRUPO" DEL MEDIDA
- 4) CUANDO UNA LECTURA SE HECHTE MAS DE 3 VESES PUEDE DARSE POR TERMINADA LA PBA.
- 5) EN CASO DE USAR CABLE DE PRUEBA BLINDADO, CONECTAR LA CORAZA DEL MISMO A LA TERMINAL DE GUARDA DEL MISMO
- 6) EN TODAS LAS PRUEBAS SE CONECTARA A TIERRA LA CARCAZA DEL ESTATOR
- 7) EN LA PRUEBA No. 5 SE CONECTARAN CABLES Y SE PROBARA EL CAMPO DESDE LOS ANILLOS COLECTORES PLATEADOS Y PONER LA LAMINACION DEL MOTOR A TIERRA
- 8) LOS DEVIADOS SE PROBARAN SOLOS ABRIENDO LA TERMINALES DE LA LINEA Y DE NEUTRO Y EN EL CASO ESPECIAL EN LA LINEA DEL MOTOR EL CUAL SE RECONIENE

OBSERVACIONES

 CONEXION DEL AISLAMIENTO
 BUENO _____ MALO _____ SUCIOSO _____
 PRUEBA EFECTUADA POR _____

 NOMBRE Y FIRMA

CAPITULO V

DESENSAMBLE DE PARTES DEL GENERADOR

5.1 DESENSAMBLE DEL EXCITADOR

5.2 DESENSAMBLE DE TAPAS Y CHUMACERAS

5.3 DESMONTAJE DE LOS ENFRIADORES DE HIDROGENO

5.4 DESMONTAJE DEL VENTILADOR DE HIDROGENO

5.5 EXTRACCION DEL ROTOR DEL GENERADOR

CAPITULO V

DESENSAMBLE DEL GENERADOR

En este capítulo describimos con detalle únicamente las maniobras importantes, las cuales requieren de especial atención por la delicadeza de las mismas y además porque en el momento de ensamble se tengan los datos de referencia para que el montaje o ensamble se haga sin problemas. Por tal razón se sugiere que todas las piezas se marquen antes de desmontarlas.

Para empezar el desensamble se debe tener todo el equipo, herramienta y accesorios lo más cerca posible del área de trabajo, cuidando de no obstruir las maniobras, es decir dejar el área suficiente para que se coloquen las piezas desensambladas y ahí mismo hacer el mantenimiento a estas.

Para lograr lo anterior, es necesario hacer un cálculo de las dimensiones de las piezas a quitar y colocarlas en el orden en que se desensamblan, así se facilitará el ensamble y obviamente se tiene menos riesgo de que algunas maniobras

salgan mal.

También es importante mencionar que todas las piezas del generador son muy delicadas por el ensamble y asentamiento que deben cumplir, ya que como es sabido el generador durante su operación es sometido a presión de hidrógeno interiormente para su enfriamiento, motivo por el cual debe estar operando hermeticamente para poder impedir la salida del hidrógeno.

Para prevenir que alguna pieza se dañe, se debe contar con suficiente madera, adecuada para colocar las piezas de ensambladas, de esta manera se logrará mejor seguridad en las partes importantes de las piezas.

5.1 DESENSAMBLE DEL EXCITADOR.

DESENSAMBLE DE LA CARCAZA

Antes de hacer la maniobra, se debe checar que no haya nada que impida que la carcaza salga libremente, entonces se hace lo siguiente:

a). Extraer los tornillos que unen la carcaza con el sello -

de aire de lado del generador y los que unen los sellos - en la tubería de entrada y salida de aceite.

- b). Desacoplar la tubería de entrada y salida de agua al enfriador colocado en el cuerpo de la carcaza.
- c). Verificar que no exista ninguna conexión eléctrica hacia el alumbrado y control del excitador.
- d). Extraer los tornillos de fijación de la carcaza.
- e). Quitar todos los instrumentos de medición como son: termopares, termómetros y detectores de vibración.

MANIOBRA:

Con el auxilio del gancho chico de la grua, un diferencial de 10 toneladas y un estrobo de 1" de diametro y 4 mts. de largo y un grillete de 1", se efectuará esta maniobra.

Una vez que el gancho de la grua es colocado correctamente, se estroba la carcaza, se tensan estrobo y diferencial, para luego el operador de la grua acciona debidamente el gancho chico subiendolo hasta despegar la carcaza 10 cms, checando esta lectura en las 4 esouinas y si hay diferencia, se corrige con el diferencial nivelandola, después el operador accionará la grua subiendo lentamente la carcaza verifi-

cando que no haya dificultad de despegue chequeando las barras guías colocadas en las esquinas de la base de la carcaza, para que no exista rozamiento en ellas. Una vez que la carcaza se ha levantado 60 cms. al parejo, no habra dificultad para subirla y colocarla en el lugar designado.

DESENSAMBLE DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:

Todas las partes que componen el sistema de enfriamiento se quitarán después de haberlas marcado completamente para que al ensamblar no se tenga ningún problema.

El desensamble de estas piezas no es muy difícil, por lo que no se menciona con mucho detalle.

DESACOP LAMIENTO DEL EXCITADOR DEL GENERADOR:

Antes de desacoplar el excitador del generador, se tomarán lecturas de alineación en el acoplamiento, tanto radiales como axiales para tener antecedentes respecto a su alineamiento y compararlos con los nuevos al volver a acoplar, usando llave Allen milimétrica (32 mm.), tubo de hierro para hacer palanca, se aflojaran los 10 tornillos del

acoplamiento y se desconectarán las terminales de excitación para tener libertad de correr todo el excitador hacia el lado contrario del generador y así despegarlo completamente; para realizar lo anterior, se colocará un soporte No.

, en el extremo del rotor del excitador junto al acoplamiento para que al despegar este soporte, sostenga el excitador.

Se quitan los tornillos anclas que sujetan la base del rotor del excitador y entonces este quedará libre. Para desmontar el rotor junto con su base, se usan dos diferenciales de 10 toneladas cada uno 1 2 estrobos de 1" \emptyset y 4 mts. de largo, la colocación de estos accesorios será como lo muestra el dibujo 5. 1, al igual que el desmontaje de la carcasa se levantará de 3 a 4 cms. , para poder nivelarlo logrando lo anterior y la grua lo colocará en el lugar designado.

NOTA: Es muy importante que se marquen correctamente las lainas que se colocan entre la base y el piso, para que no se presente ningún problema al hacer el alineamiento.

5.2 DESENSAMBLE DE TAPAS Y CHUMACERAS

Para empezar a desensamblar las tapas y piezas del generador, se debe tomar en consideración que no exista presión en el interior del mismo, además se ventea todo el gas de CO₂ tal como se explico en el capítulo anterior, entonces se quitan las tapas de los registros hombre, tanto del lado turbina como del lado excitador para lograr que el CO₂, salga completamente se colocará un ventilador en un registro hombre lado excitador de esta forma se presurizará.

MANIOBRA DE DESENSAMBLE DE LAS TAPAS SUPERIORES Y EXTERIORES:

Estas tapas son muy delicadas, entonces el desensamblable se debe hacer con mucho cuidado para poder quitarlas, se calentarán los tornillos que unen ambas tapas superior e inferior con resistencias alimentadas a 220 Volts (aproximadamente durante 1 hora), también se usa el accesorio 8T00013247, 2 estrobos de 5/8 de ϕ , diferencial de 10 toneladas y gancho chico de la grua viajera.

Se coloca el accesorio junto con el diferencial al gan-

cho chico de la grua, posteriormente se acerca hacia la tapa para colocar los tornillos. Una vez que la tapa esta completamente floja y unida solamente por 2 o 3 tornillos, se quitan estos para que con el diferencial se despegue y así la grua realice la maniobra completamente. Las herramientas usadas para esta maniobra son: dado de 2 1/8" entrada 1", tubo de 2" ϕ y 2.5 mts. de largo para hacer palanca, maderal de fuerza y para despegarla se usaran 2 tornillos gatitos de 24 mm. de ϕ .

DESENSAMBLE DE COJINETES DEL GENERADOR:

El desensamble de los cojinetes es muy sencillo, pero a la vez delicado por ser piezas importantes del generador y la construcción de los mismos, para quitar los medios cojinetes superiores se utiliza el gancho chico de la grua, diferencial de 2 toneladas, 1 grillete de 1", 1 cancamo de 20 mm. estrobos de 1/2" y 2 mts. de largo para aflojar los tornillos que unen la parte superior con la inferior del cojinete, se utiliza dado de 46 mm. con maderal de fuerza, una vez que se han quitado los tornillos y colocado los accesorios, la grua quitará el medio cojinete y lo colocara sobre una base de maderal para que este no se dañe, enseguida si es posible se

tapará con polietileno, para que esté libre de polvo y así pro
teger el metal.

El desensamble de los medios cojinetes inferiores, se explicara en la extracción del rotor, ya que estos son los -
que lo soportan.

5.3 DESMONTAJ E DE LOS ENFRIADORES DE HIDROGENO:

Para poder desmontar los enfriadores de hidrógeno, se verificará que la entrada de agua a los mismos este bloouea
da, para esto se debe dar aviso al personal de operación -
para que auxilie en esta maniobra y sea este personal quien se encargue de hacer lo adecuado para posteriormente proceder a desacoplar la tubería de entrada y salida de agua y quitar las tapas superiores e inferiores y aumentos de las -
mismas.

MANIOBRA:

Para la maniobra, se hace antes lo siguiente:

- a). Desacoplar la tubería que se tiene para probar la tempe
ratura del agua.

b). Despegar el enfriador de su asentamiento con un tornillo gato de 30 mm ϕ y 50 a 60 mm. de largo.

Se coloca el accesorio No. sujetado con los mismos tornillos o esparragos de las tapas superiores, tal como lo muestra la Fig. , mientras tanto ya se tiene preparado el gancho chico de la grua, colocado en este diferencial de 10 toneladas, luego se estroba y con el diferencial se despegará completamente y la grua hará el resto de la maniobra, una vez que el enfriador esta fuera totalmente y junto a la parte donde se va a colocar, con la ayuda del gancho grande de la grua y un estrobo de 1/2" y 3 mts. de largo, se acostará el enfriador de tal manera que este quede sobre 2 polines de madera y preparado para su mantenimiento.

5. 4 DESMONTAJE DEL VENTILADOR DE HIDROGENO.

El ventilador de hidrógeno esta colocado en el extremo lado turbina del rotor del generador, consta de una parte móvil y otra fija, para poder desensamblarlo se quita primero la parte fija que consta de 4 secciones, colocadas simétricamente alrededor del rotor y en las que se encuentran los -

alabes fijos del ventilador. El funcionamiento de este ventilador, se explica en el capítulo II.

Para desensamblar la primera sección únicamente se -
quitan los tornillos que la sujetan con las demás secciones y
con la ayuda de la grúa, un diferencial de 2 toneladas y el
accesorio No. 8T00013257 y 8T00013227, Quitando la pri
mer sección de la carcasa del ventilador se procede a desen
samblar los alabes de la parte móvil.

DESMONTAJE DE LOS ALABES DEL VENTILADOR, PAR- TE MOVIL:

La parte móvil del Ventilador de Hidrógeno, consta de
5 pasos y cada paso tiene 128 alabes, lo cual indica que se
tienen 640 alabes en esta parte móvil, pero antes de quitar-
los se enumeran de 1 a 128 consecutivamente, colocando en
cada alabe el paso a que corresponden, de tal forma que al
ensamblar nuevamente no existan cambios, ver Ffg. No.

, también el ventilador se puede identificar por seccio
nes, aunque así cabe mencionar que no es recomendable -
para desensamblar, ya que son 4 secciones con 170 alabes -
cada uno separados por cuñas de acero metidas en la ranura

y es por donde salen los alabes.

MODO DE DESENSAMBLE.

Una vez que ya esta todo marcado, primeramente se -
cuidan los tornillos que sujetan las cuñas que separan las -
secciones para que haya libre acceso de los alabes, luego se
procede a sacarlos empezando por el paso 1, numerados con
anterioridad de lado turbina a lado generador, y posterior- -
mente los del paso 2 y así consecutivamente de tal manera -
que una vez que se ha sacado toda la primer sección, se gi-
rará el rotor con el auxilio de la grua viajera y un estrobo -
colocado en el cople de lado turbina, para luego continuar con
la segunda sección.

Para no dañar los alabes al desensamblarlos, se utili-
za una cuña especial (material blando), con un martillo de
bronce o cobre, además se tendrá preparada una caja con 5
compartimientos para separar los alabes por pasos y así fa-
cilitar su ensamble y chequeo de los mismos.

DESENSAMBLE DE LAS TRES SECCIONES RESTANTES DE
LA PARTE FIJA DEL VENTILADOR.

DESENSAMBLE DE LAS TRES SECCIONES RESTANTES DE LA PARTE FIJA DEL VENTILADOR.

Para esta maniobra se usan motacargas de 3 toneladas cada uno, 2 abrazaderas las cuales sirven para girar las secciones de la carcaza.

MANIOBRA:

Se colocan las abrazaderas en las dos ranuras centrales o sea las del segundo y cuarto paso donde se alojan los alabes móviles en el rotor del generador, se colocan los dos tornillos que unen la abrazadera con la sección de la carcaza del ventilador, entonces se tirará de un lado con el montacarga para girar la sección a 45° y colocarla en la posición de la primera sección y así sacarla como se hizo con esta.

Esta maniobra se hace similar tanto para la izquierda como para la derecha; para la sección opuesta a la primera sección o inferior, se hace lo mismo con la diferencia de que aquí se usan 2 montacargas, ya que uno la tensa y otro la sujeta, tirando y aflojando uno y otro respectivamente.

5.5 EXTRACCION DEL ROTOR

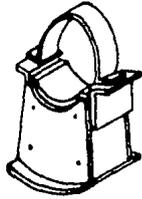
MANIOBRAS:

- a). Se preparan los accesorios que se utilizarán en la extracción del rotor (ver Figs. 5.5.1.a, 5.5.1.b y 5.5.1.c)
- b). Se coloca el accesorio (ver Fig. 5.5.1.d), que servira para sostener al diferencial de 10 toneladas en el rotor.
- c). Se colocan 2 diferenciales de 10 toneladas acoplados al accesorio pegado al rotor y sujetados del espacio que existe en el piso junto a la turbina.
- d). Se le pone grasa con Molivon a la placa donde deslizará el rotor.
- e). Se coloca el montacarga de 3 toneladas en la parte superior central del lado sur del generador con un cancamo de 24 mm. para sacar media chumacera inferior lado sur, al mismo tiempo se levanta el rotor del generador con la grua y un estrobo de 50 mm. x 4 mts. (ver Fg. 5.5.1.e).
- f). Se quita chumacera inferior lado Sur y se utilizan 2 cancamos de 24 mm. un estrobo de 1/2" y el montacarga de 3 toneladas y la grua.
- g). Al levantar el rotor se coloca la cuña internamente, en-

tre rotor y estator.

- h). Se quita cojinetes de chumaceras, para esto se utiliza la grua, montacargas de 3 toneladas, 1 estrobo de 1/2" 2 carcamos de 24 mm., 2 grilletes de 3/4" (ver Fig. 5.5.1.f).
- i). Se baja tapa exterior e inferior lado sur del generador y se utilizan 2 montacargas de 3 toneladas cada uno, 4 - carcamos de 30 mm., 4 grilletes de 1" y para la grua un estrobo de 50 mm. x 4 mts. (Ver Fig. 5.5.1.g).
- j). Se extrae el canalizador de gas hidrógeno (Baffle), ver Fig. 5.5.1.h, es decir la parte donde se sujetan las tapas de sello interiores lado sur del generador, para esta maniobra se utiliza el accesorio (1); montacargas de 3 toneladas, 1 estrobo de 1/2", 1 grillete de 1" y grua.
- k). Se mete la placa metálica donde desliza el rotor, con la ayuda de la grua y un estrobo de 50 mm. por 4 mts. - (ver Fig. 5.5.1.i).
- i). Una vez que la placa esta dentro, se procede a poner las cuñas donde asentará el rotor y también se coloca soporte patin (Fig. 5.5.1.a), en la parte norte del rotor, ya que se han colocado todos los accesorios se procede a - jalar por medio de los diferenciales y cuando salen las

3/4 partes del rotor, se acoplan estrobos a la grua para que esta termine de hecho la maniobra.



PATIN SOPORTE

FIG. 5.5.1. a



SOPORTE



8T0001319Z



CAMA O PLACA METALICA

FIG. 5.5.1. b



FIG. 5.5.1. c

CUÑAS SOPORTE Y VARILLAS

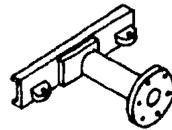


FIG. 5.5.1. d

ACCESORIO PARA JALAR EL ROTOR

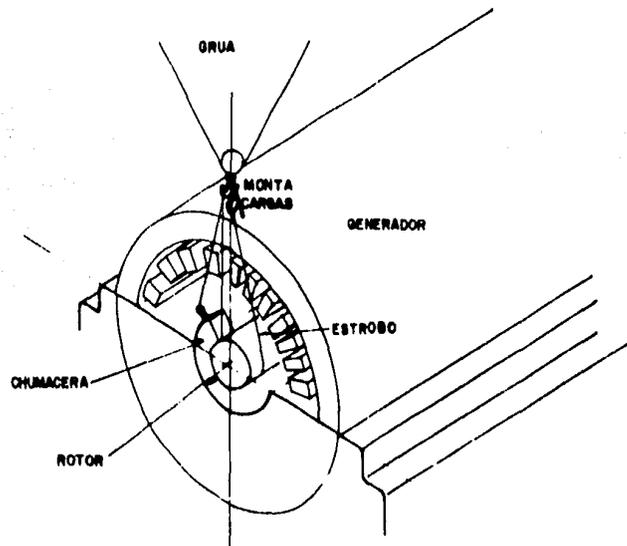


FIG. No. 5.5.1. ●

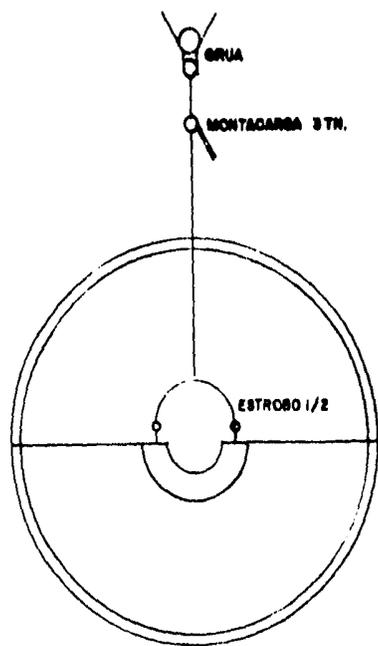


FIG. 5.5.1.f

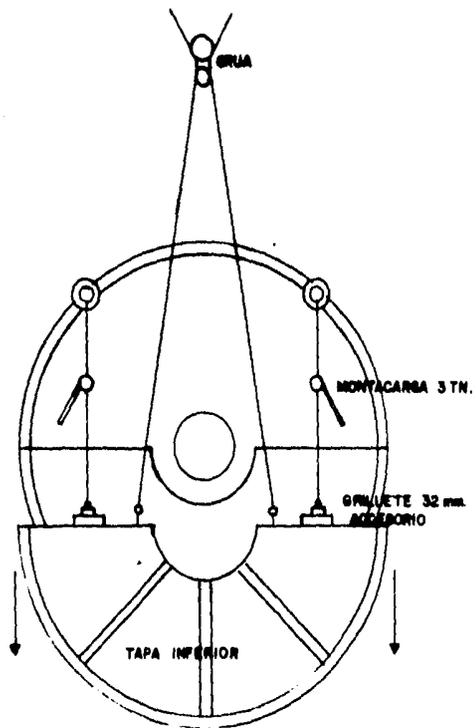
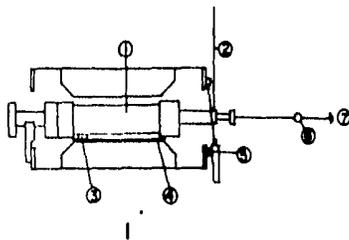
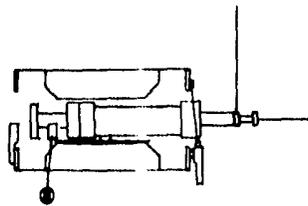


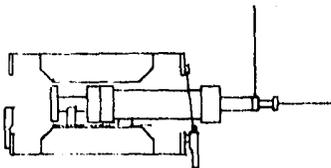
FIG. 5.5.1.g



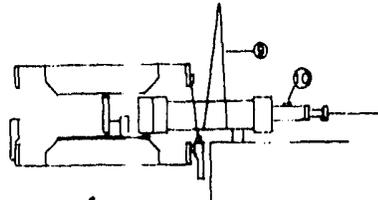
1



2



3



4

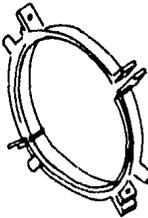
1.- TURBO/GEN. ROTOR
 2.- GRUA
 3.- SOPORTE DE ROTOR
 4.- PLACA PARA EXTRACCION ROTOR
 5.- MADERA

6.- DIFERENCIAL 10 TON.
 7.- SACAR
 8.- SOPORTE DE ROTOR
 9.- SUBIR ROTOR
 10.- NIVEL

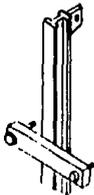
MANIOBRA PARA EXTRACCION DE ROTOR DEL GENERADOR



Accesorio para desensamblar el soplador de H₂

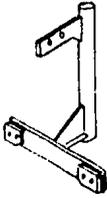


Accesorio para ensamblar el soplador de Hidrogeno



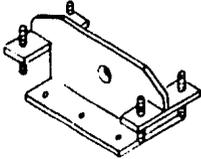
#130013242

Accesorio para ensamblar la tapa superior de la turbina del generador



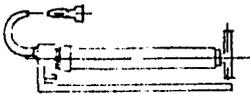
8T0001325Z

Accesorio para desensamblar el baffle, membrana de sello y explosor de H₂

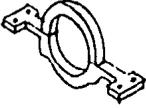


8T0001318Z

Accesorio para ensamblar los enfriadores de hidrogeno

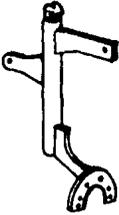


inyector de sellador compound del generador



BT0001121Z

Accesorio para ensamblar y desensamblar membrana de sello.



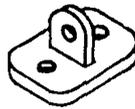
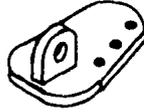
Accesorio para ensamblar y desensamblar cojinetes



Accesorio para ensamblar y desensamblar el baffle



8T0001315 Z



8T0001315 Z

Accesorios para suspender tapas del generador

CAPITULO VI

MANTENIMIENTO EFECTUADO AL GENERADOR

6.1 MANTENIMIENTO QUE SE HACE AL ESTATOR

6.2 MANTENIMIENTO QUE SE HACE AL ROTOR

6.3 MANTENIMIENTO QUE SE HACE EXCITADOR

6.4 MANTENIMIENTO QUE SE HACE AL EQUIPO
AUXILIAR DEL GENERADOR.

CAPITULO VI

MANTENIMIENTO EFECTUADO AL GENERADOR

6.1 MANTENIMIENTO QUE SE HACE AL ESTATOR

6.1.1 BOBINAS:

El bobinado será inspeccionado visualmente en los puntos siguientes:

- a). Existencia de grietas, erosión por rozamiento o huellas de golpes en el aislamiento.
- b). Existencia de hinchamiento y falta de adherencia entre las diferentes capas de aislamiento.
- c). Comprobar si hay indicios de vibración en las bobinas - en forma de polvo, producido por erosión del aislamiento en las zonas de contacto de las bobinas con los tacos de separación de amarres.
- d). Observar el estado del barniz superficial de acabado, - si se encuentra resquebrajado o falta en algunos puntos, se debe proceder a aplicar una nueva capa, de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

- e). Evidencias de sobrecalentamiento por la tonalidad del color del aislamiento.
- f). Medir la resistencia de aislamiento con megger de 1 Kv., el mínimo admisible de 50 megohms.
- g). Si al golpear los cabezales de bobinas, se observa polvo, muestras de aflojamiento, quitar el aislamiento para revisar cuidadosamente y luego volver a encintar, no necesariamente se quitaran todas las capas, únicamente las flojas.

6.1.2 CUÑAS:

Verificar el grado de apriete, según los siguientes puntos:

- a). En el impreso "Registro del estado de cuñas" (anexo 1), se indicarán con "X", aquellas cuñas que estén flojas o ligeramente flojas, se indicará con "0", aquellas que estén con sonido hueco, según se desprenda de la aplicación de los criterios que se indican a continuación.
- b). Con un martillo de bola de medio Kg o herramienta similar, se golpearán una por una las cuñas, para clasificar su grado de apriete según:

— Cuña Floja:

- . Cuando hay presencia de polvo a los lados o extremos de la cuña.
- . Cuando puede sentirse vibración significativa.
- . Cuando las cuñas pueden moverse axialmente.
- . Cuando el relleno bajo las cuñas finales se ha movido axialmente (más de 2 mm.)

— Cuña Ligeramente Floja:

- . Esta condición se tiene cuando al golpear la cuña, se detecta vibración fácilmente, sin embargo no hay indicio aparente de movimiento axial o polvo.
- . Cuando hay una pequeña evidencia de movimiento del relleno de las cuñas finales (2 mm. o menos)

— Cuña con ligero sonido hueco:

- . Cuando al golpear con un martillo de bola hay un ligero sonido y generalmente, pero no necesariamente es tá acompañado de una ligera vibración de frecuencia natural baja. Esta es una categoría donde la cuña no puede considerarse "apretada", pero donde la vibración y sonido producido es insuficiente para catalogar la cuña como floja. El juicio del Ingeniero que realice la inspección y una evaluación posterior de las cuñas permitirá decidir, si se clasifica como "ligera--

mente flojas", lo que dependerá del porcentaje de la cuña que se detecte con sonido hueco.

— Cuña Apretada:

- . En esta caso la cuña da un sonido sólido al golpear con un martillo de bola. Sin embargo puede sentirse una vibración muy ligera. La vibración y sonido producido serán de una frecuencia natural alta y además:
- . No hay evidencia de movimiento axial
- . No hay evidencia de movimiento del relleno
- . No hay evidencia de polvo de cuña

— Cuña muy Apretada:

Es valido lo mismo que para cuñas apretadas, excepto que se produce un sonido parecido a metal al golpear con un martillo de bola.

c). Con las comprobaciones anteriores se forma una estadística de cuñas flojas o ligeramente flojas y según los resultados se obrará de la forma siguiente:

- Reacuñar todo el estator si se encuentra el 30% de las cuñas flojas, o ligeramente flojas según lo indica el procedimiento siguiente:

6.1.3 REACUÑADO DEL ESTATOR DEL GENERADOR:

Siempre es deseable encontrar que todas las cuñas no tengan evidencia de aflojamiento o movimiento. La necesidad de esta condición se acentúa conforme se incrementa la capacidad de los generadores.

Como se sabe debido a condiciones mecánicas y térmicas, sufren cambios los materiales de relleno de ranuras, así como las cuñas, bobinas y núcleo. Estos cambios combinados con los efectos térmicos y cíclicos que se tienen durante operación, tienden a reducir el apriete de las cuñas originales.

Mitsubishi ha desarrollado un Muelle o Resorte ondulado para mejorar el sistema de fijación de las cuñas de las bobinas del estator, que permite evitar que estas se aflojen, ya que el resorte ondulado es insertado y comprimido bajo la cuña como se observa en la Fig. No. 6.1.3.a

Dicho resorte consiste en una placa aislante ondulada, hecha de trama de vidrio y resina epoxy con excelentes características de resistencia mecánica y al calor.

El propósito de este resorte ondulado es observar la componente de aflojamiento en la ranura del estator durante la operación y mantener una fuerza suficiente sobre la cuña contra la fuerza electromagnética ejercida sobre las bobinas del estator.

Las pruebas y experiencias de campo obtenidas por Mitsubishi, motivaron la ampliación de resortes ondulados en el diseño de nuevos generadores y la modificación de los que están ya en servicio.

Las ventajas que se obtienen con la aplicación de resortes ondulados, se resumen como sigue:

- a). Se mantiene una fuerza de compresión suficientemente mayor que la fuerza electromagnética ejercida sobre las cuñas por un periodo de tiempo largo, reduciéndose la vibración radial de las bobinas en la ranura, teniendo una mayor disponibilidad con respecto al asilamiento de las bobinas contra desgaste por rozamiento.
- b). Reducción de los trabajos de mantenimiento, ya que no se tiene que estar reajustando.

Sin los resortes ondulados, el reapriete de las cuñas del estator se hace necesario a un cierto tiempo de operación, especialmente en unidades grandes.

Se recomienda tomar en consideración el adaptar resortes ondulados, principalmente en los generadores de 300 MW., o mayores durante las primeras inspecciones periódicas cuando se extraiga el rotor. El hacer este arreglo toma normalmente 14 días, una vez extraído el rotor, contando con todos los materiales y equipos disponibles en planta. Pudiéndose realizar preferentemente durante algún mantenimiento mayor, ya que es cuando se hace la inspección general.

PROCEDIMIENTO PARA REACUÑADO DE UN GENERADOR MITSUBISHI DE 300 MW:

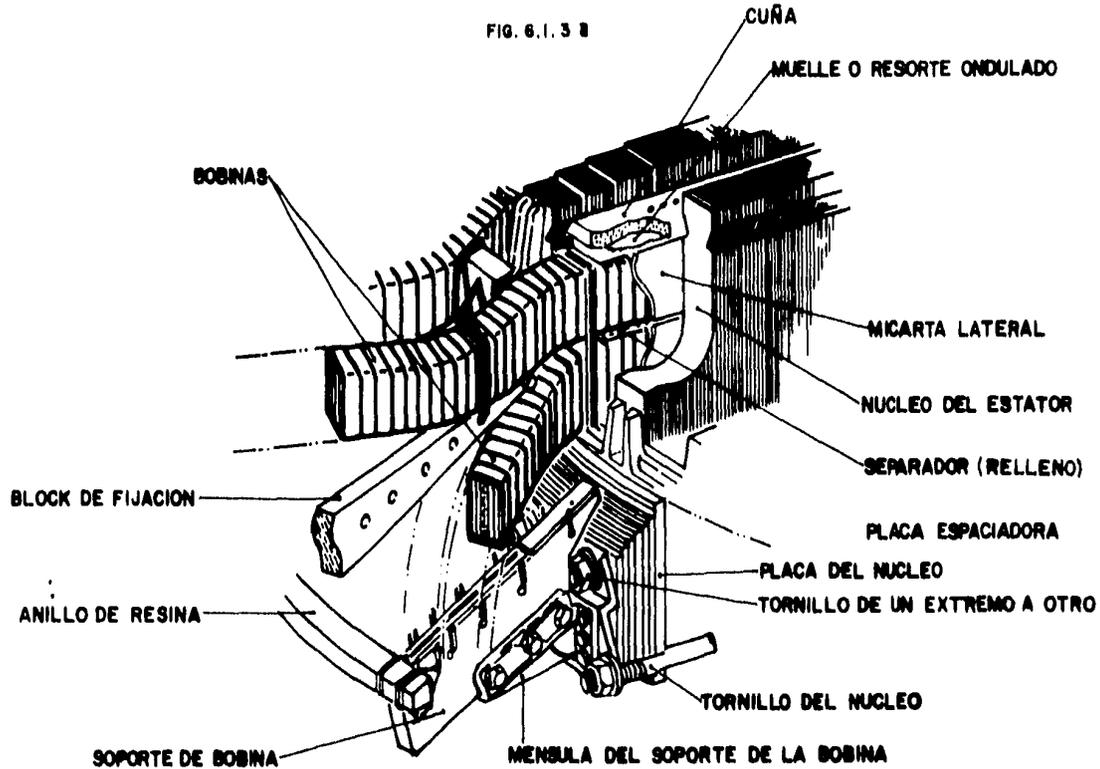
1. - MATERIALES NECESARIOS:

a). Resortes ondulados.

b). Cuñas:

- Cuña de verificación (cuña con 7 orificios para medir profundidad).

FIG. 6.1.3 8



BOBINAS DEL ESTATOR Y EXTREMO DE RANURA

- Cuñas normales
- Cuñas finales (27 piezas lado excitador).

c). Rellenos:

- Lámina de fibra de vidrio con resina epoxica
(0.8, 0.5 y 0.25 mm)

d). Cinta adhesiva de teflon

e). Barniz semiconductor (SA1-6641-1)

f). Resina Epoxy (de secado al natural) "815" y "B002"

g). Barniz Rojo

h). Solvente para barniz rojo

2. - HERRAMIENTAS:

a). Gato hidráulico (Fig. No. 6.1.3.b)

b). Block de micarta (dimensiones especiales)

c). Calibrador de profundidad.

d). Aspiradora

3. - PREPARACION PARA DESACUÑAR.

a). Efectuar inspección general inmediatamente después de extraer el rotor.

b). Efectuar una limpieza general del estator (no utilice zapato comun, use tenis y mantenga las bolsas

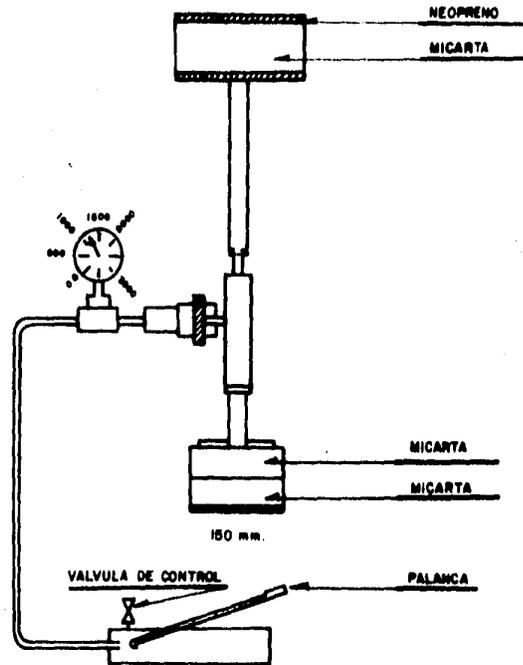


FIG. 6.1.3 b

**GATO HIDRAULICO Y ACCESORIOS
PARA PRENSADO DE BOBINAS**

del pantalón y camisola vacías, mientras permanezca dentro del generador.

- c). Identificar con numeración las 27 ranuras en ambos extremos del generador. Ver. Fig. 6.1.3.c
- d). Sacar una relación del estator real de apriete de las cuñas (cuñas flojas, ligero aflojamiento, ligero sonido, apretadas, muy apretadas).
- e). Romper amarres de las cuñas finales
- f). Extraer cuñas ranura por ranura, procurando no dejar descubierta la superficie de la bobina más que lo necesario para inspección y restauración.
- g). Quitar las partes sobresalientes de resina que existan sobre las superficies de las ranuras.

4. - PREPARACION PARA REACUÑADO:

- a). Limpie el núcleo y la superficie de las bobinas, quitando protuberancias hasta que una cuña pase libremente a todo lo largo de las ranuras. Utilice herramientas de materiales aislantes.
- b). Pinte la superficie de las bobinas con barniz semiconductor, así se requiere, de tal forma que la superficie sea completa, por ningún motivo aplique -

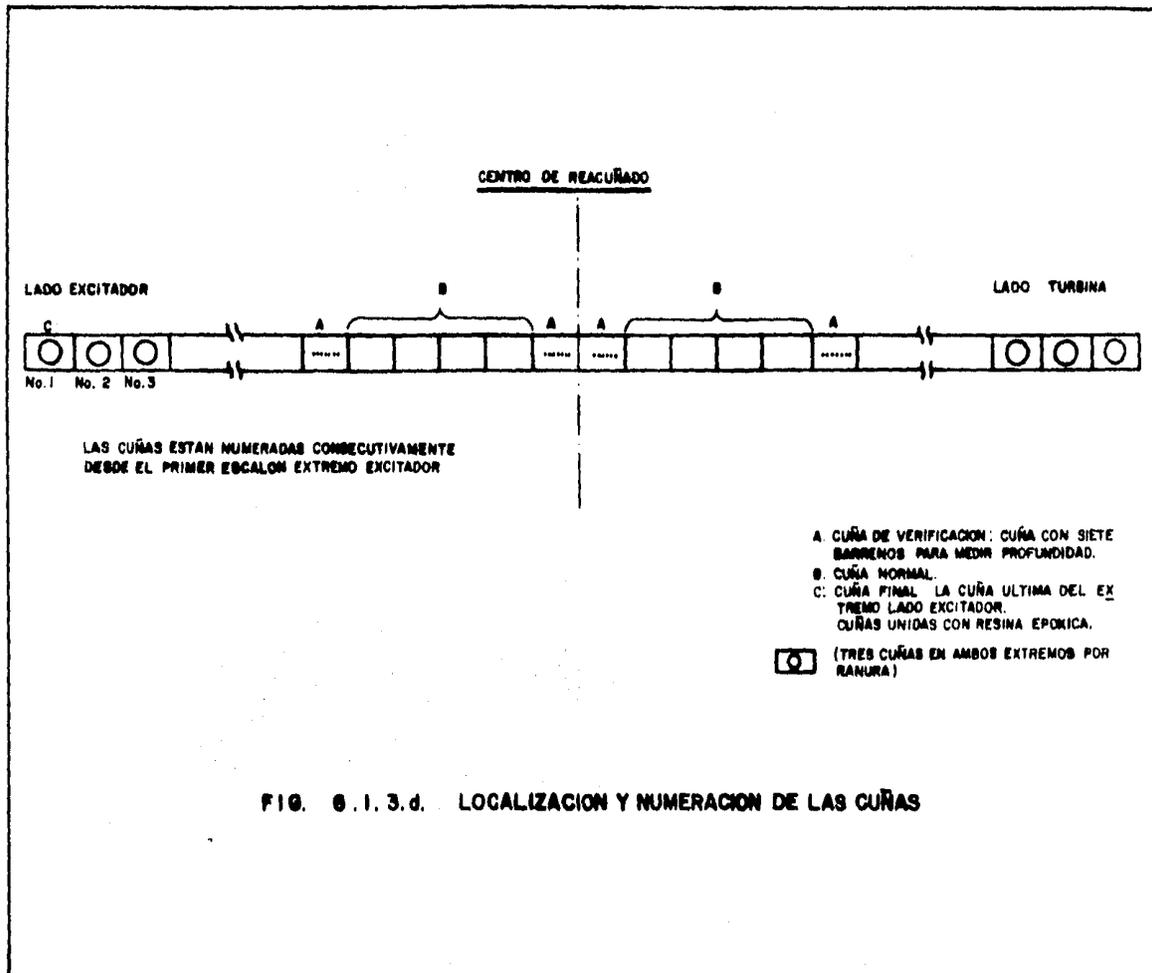


FIG. 6.1.3 c

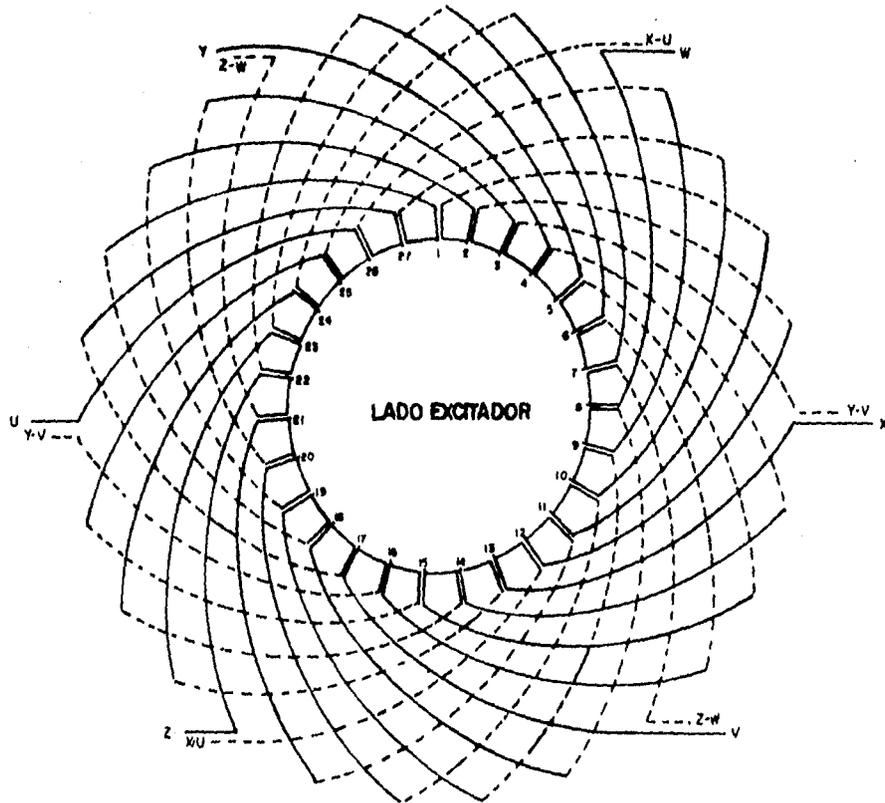


DIAGRAMA DE CONEXION DE LAS BOBINAS DEL GENERADOR (LADO EXCITADOR)

pintura semiconductora en la laminación; si llega a tocar limpie inmediatamente.

- c). Después de que el barniz semiconductor haya secado (5 horas), aplique cinta teflon adhesiva sobre la superficie superior de cada una de las bobinas.
- d). Presentar en una ranura las cuñas para localizar el centro del Generador (son 33 cuñas), cuidando de que queden 20 mm. libres en cada extremo y 1 mm. de separación entre cuñas (ver Fig. No. 6.2.3. d).
- e). Marcar con masking tape la posición de las cuñas.
- f). Colocar un relleno de 3 mm. de espesor, ranura por ranura, dejando 20 mm. libres en cada extremo.

5. Prensado de bobinas;

- a). Coloque un gato hidráulico a una longitud de una cuña con respecto al centro del estator para presionar la bobina, mientras se mete la cuña (ver. Fig No. 6.1.3. e)
- b). La presión máxima recomendada para bobinas de generadores Mitsubishi de 300 MW es de 14.4 Kg/

cm².

Dado que esta presión es uno de los factores determinantes en la eficiencia de este nuevo sistema de reacuñado, es importante considerar las dimensiones de las piezas que ejercerán dicha presión, así como el cálculo de la presión que deberá marcar el manómetro del gato hidráulico. Para esto deberán considerarse, tanto el área del cilindro de empuje o piston, así como el área de apoyo de la pieza que ejercerá la presión y el valor de presión que se desea imprimir sobre la superficie de la bobina, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\begin{array}{l} \text{Presión Gato} \\ \text{Hidráulico} \\ \text{(KG/cm}^2\text{)} \end{array} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Presión} \\ \text{Deseado} \\ \text{Kg/cm}^2 \end{array} \right) \left(\begin{array}{l} \text{Área de pieza que tiene} \\ \text{contacto con la bobina} \\ \text{(cm}^2\text{)} \end{array} \right)}{\text{Área del Piston (cm}^2\text{)}}$$

$$\begin{array}{l} \text{Ver diametro} \\ \text{del piston} \end{array} = 4.2 \text{ cm (area } \frac{d^2}{4} \text{)} \\ 13.84 \text{ cm}^2$$

Area de apoyo de la

pieza que tiene contacto 15 x 5 75 cm²

con la bobina

$$\frac{(14.4) (15 \times 5)}{13.84} = 78.2 \text{ Kg/cm}^2 \quad (1100 \text{ lb/pulg}^2)$$

6. - ENSAMBLE DEL RELLENO, RESORTE ONDULADO Y CUÑA:

- a). Determinar la cantidad de relleno del resorte ondulado como sigue:
- b). Colocar el relleno base (3 mm. de espesor), en toda su longitud sobre la superficie de la bobina. Coloque los rellenos de ajuste (0.25, 0.5 ó 0.8 mm.) en una longitud corta sobre el relleno base, según se requiera de tal forma de obtener una "Aplanamiento" del resorte ondulado, de acuerdo a los límites especificados en el parrafo (i).
- c). Tener cuidado de nunca aplicar resina epoxy contra la bobina, resorte ondulado, cuña o superficie del núcleo.
- c). Coloque el resorte ondulado sobre los rellenos.

- d). Inserte la primera cuña con orificios de medición.
- e). Inserte la primer cuña de verificación con un martillo de plastico y un block de micarta (ver Fig. - - 6.1.3.f).
- f). Presione la parte superior del resorte ondulado, - con objeto de prevenir que este se doble, mientras se mete la cuña.
- g). Si existe posibilidad de que el resorte ondulado se - doble, reduzca el relleno de ajuste aproximada- - mente 0.25 a 0.3 mm., sin embargo el relleno ba- se no debe reducirse.
- h). Mida el "Aplanamiento" del resorte andulado, utili- zando un indicador de profundidad a través de los - orificios de la cuña de verificación (ver. Fig. No. 6.1.3.g).

La diferencia máxima de lecturas para una cuña debe ser 0.3 mm. o menor. Verifique el aplanamiento del resorte andulado antes de que haya entrado - completamente la cuña.

Si la diferencia máxima de lectura es mayor de --

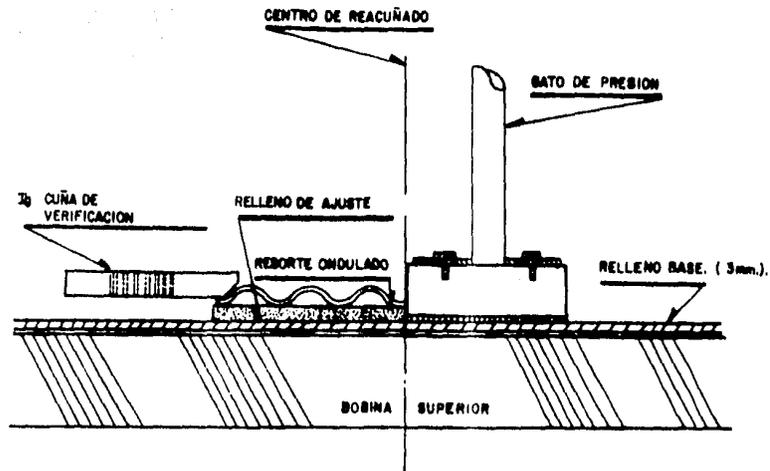


FIG. 6.1.3.f. REACUÑADO DE LA PRIMERA CUÑA DE VERIFICACION.

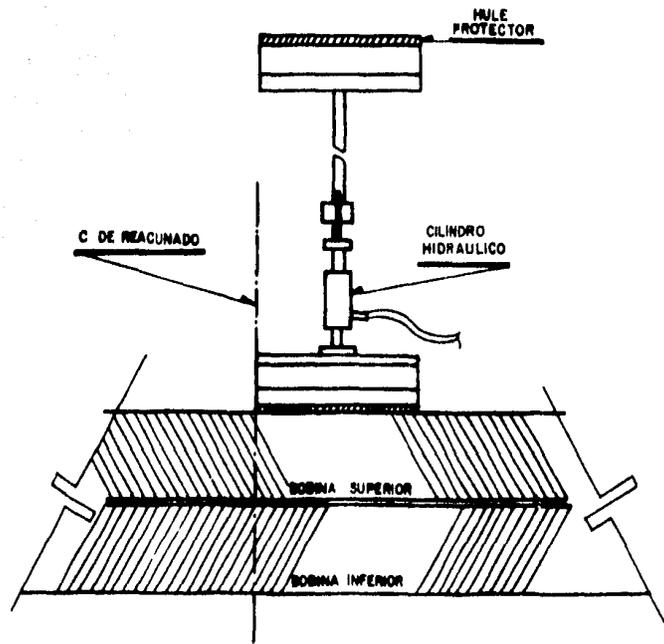
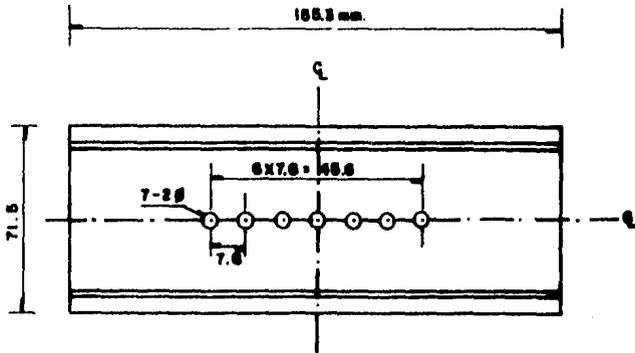
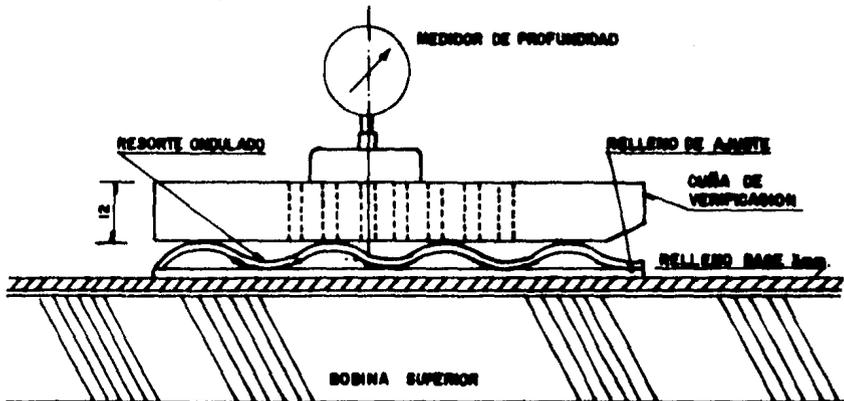


FIG. 6.1.3.e. GATO HIDRAULICO

FIG. 6.1.3.9.



TODAS LAS MEDIDAS SON EN mm.



APLANAMIENTO (MAX. DIFERENCIAL) = (LECTURA MAX. DE LOS 7 BARREROS) - LECTURA MIN. DE LOS 7 BARREROS

**MEDICION DEL APLANAMIENTO
PARA EL RESORTE ONDULADO**

0.3 mm, adicione un relleno de ajuste.

Después que la cuña este completamente adentro, finalmente mida el aplanamiento y registre el valor. Cubra los orificios de la cuña de verificación con cinta de papel adhesiva.

NOTA: Las cuñas de 7 orificios deberán colocarse cada 5 (cinco) cuñas axialmente y simétricamente en la ranura (ver Fig. 6.1.3. d)

- i). Meta las dos cuñas adyacentes por el mismo lado de la primera cuña central, utilizando rellenos como los que se determinaron para la cuña central, golpee la cuña "normal" (sin orificios) con un martillo de prueba y verifique el apriete antes de que la cuña haya entrado completamente o si la cuña esta suelta adicione un relleno de ajuste.
- j). Reacomode el gato en la siguiente ranura y coloque las 3 primeras cuñas en la forma descrita en el inciso "a" al "i", continúe la misma operación hasta que se hayan completado las tres primeras cuñas en todas las ranuras.
- k). Quite el gato y meta el resto de las cuñas en la - -

misma forma que para las tres primeras cuñas, -
exceptuando que no se usara gato (ver Fig. No. -
6.1.3.d).

7. - APLICACION DE BARNIZ

- a). Reemplace el masking tape, de las cuñas de verificación por un nuevo.
- b). Con barniz rojo barnizar la parte interna del núcleo y extremos de bobinas con una pistola de aire.
- c). Quite todos los masking tape, antes de meter el rotor.

6.1.4 RELLENO ENTRE BOBINAS:

Inspeccionar el aflojamiento del relleno entre las bobinas superior e inferior en el extremo de ranura (ver. - Fig. 6.1.3.a), punto 1 aplicando resina epoxy si es necesario.

6.1.5 ELEMENTOS PROXIMOS AL NUCLEO:

Inspeccionar el aflojamiento y abrasión del soporte de bobinas y anillo de micarta, ver. Fig 6.1.3.a punto 2).

**DIFERENCIAS MAXIMAS DE LECTURAS OBTENIDAS EN
LAS CUÑAS DE VERIFICACION DEL GENERADOR N^o.**

No. DE RANURA	CUÑAS DE VERIFICACION							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.14	0.21	0.12	0.19	0.29	0.21	0.24	0.23
2	0.13	0.18	0.25	0.25	0.25	0.24	0.22	0.21
3	0.12	0.28	0.16	0.20	0.29	0.21	0.27	0.17
4	0.19	0.27	0.17	0.28	0.27	0.27	0.18	0.30
5	0.29	0.28	0.30	0.30	0.29	0.19	0.25	0.18
6	0.10	0.28	0.10	0.17	0.14	0.30	0.22	0.23
7	0.13	0.18	0.30	0.13	0.27	0.18	0.28	0.22
8	0.10	0.14	0.28	0.15	0.30	0.28	0.23	0.20
9	0.17	0.25	0.23	0.30	0.30	0.29	0.21	0.27
10	0.22	0.20	0.18	0.20	0.22	0.21	0.18	0.16
11	0.20	0.24	0.18	0.22	0.27	0.18	0.23	0.17
12	0.15	0.20	0.28	0.24	0.21	0.21	0.21	0.28
13	0.18	0.19	0.30	0.30	0.18	0.27	0.18	0.20
14	0.19	0.17	0.30	0.20	0.21	0.20	0.20	0.28
15	0.17	0.21	0.28	0.28	0.14	0.28	0.22	0.14
16	0.18	0.22	0.27	0.21	0.20	0.23	0.28	0.22
17	0.18	0.28	0.22	0.18	0.27	0.18	0.30	0.30
18	0.16	0.23	0.12	0.22	0.21	0.21	0.20	0.24
19	0.28	0.18	0.22	0.24	0.14	0.21	0.29	0.23
20	0.23	0.20	0.20	0.21	0.27	0.17	0.30	0.23
21	0.18	0.11	0.23	0.28	0.21	0.21	0.21	0.23
22	0.20	0.17	0.10	0.22	0.24	0.18	0.21	0.24
23	0.18	0.15	0.15	0.28	0.18	0.21	0.18	0.30
24	0.30	0.16	0.18	0.21	0.18	0.20	0.22	0.13
25	0.11	0.25	0.21	0.15	0.21	0.18	0.28	0.30
26	0.17	0.21	0.28	0.19	0.24	0.21	0.24	0.14
27	0.28	0.18	0.15	0.12	0.28	0.18	0.20	0.10

La diferencia maxima de lecturas para una cuña debe ser de 0—03
No. de cuñas totales iguales a 891

6.1.6 SOPORTES DE MICARTA DE BOBINAS

Deberan ser inspeccionados los tornillos 1 y 2, - ver Ffg. 6.1.6.b, tanto de la parte del lado excitador, como de lado turbina, con un martillo de bola se golpea para identificar el grado de aflojamiento de acuerdo al siguiente esquema:

- a). Apretado: El sonido será agudo y metálico sin - percibirse vibración.
- b). Flojo: El sonido es hueco y apagado, se detecta - una ligera vibración al golpear.
- c). Muy flojo: El tornillo puede ser ligeramente movi- do cuando se golpea con el martillo.

Por haberse detectado problemas, se recomienda para este generador sustituir los seguros de estos tor- nillos en cada revisión general.

Efectuar el reapriete de los tornillos de acuerdo a los valores expresados en la tabla No. 1.

6.1.7 TENSADO DE AMARRES DE SOPORTES DE BOBINAS

Los amarres entre bobinas inferior de ranura y -

TABLA N° 1

PARES DE APRIETE RECOMENDADOS

(Kg-m)

TAMANO DEL TORNILLO (mm.)	MATERIAL	ACERO AL CARBON (SS-41)			BARILLA DE BRONCE (BBBF)		
	PAR	NORMAL	MAXIMO	MINIMO	NORMAL	MAXIMO	MINIMO
	12	3.6	4.0	3.2	1.5	1.7	1.3
	14	5.7	6.3	5.1	2.3	2.6	2.0
	16	6.6	9.5	7.7	3.6	3.9	3.1
	18	12	13	11	4.9	5.3	4.5
	20	17	19	15	7.0	7.6	6.2
	22	22	24	20	9.0	9.6	8.2
	24	29	32	26	12	13	11
	27	42	46	38	17	19	16
	30	57	63	51	23	26	20

TABLA N° 1

PARES DE APRIETE RECOMENDADOS

(Kg-m)

TAMANO DEL TORNILLO (mm.)	MATERIAL	ACERO AL CARBON (88-41)			BARILLA DE BRONCE (888PE)		
	PAR	NORMAL	MAXIMO	MINIMO	NORMAL	MAXIMO	MINIMO
12		3.6	4.0	3.2	1.8	1.7	1.3
14		5.7	6.3	5.1	2.3	2.6	2.0
16		6.6	9.5	7.7	3.8	3.9	3.1
18		12	13	11	4.9	5.3	4.5
20		17	19	18	7.0	7.8	6.2
22		22	24	20	9.0	9.8	8.2
24		29	32	26	12	13	11
27		42	46	38	17	19	16
30		57	63	51	23	26	20

placa soporte de micarta, fig. 6.1.b, punto 3, serán revisados en caso necesario si se efectuara el reamarre.

6.1.8 PIEZA EN "T" BAJO LA BOBINA INFERIOR DE RANURA

Se verificará el aflojamiento y abrasión de esta pieza - Fig. 6.1.3.a, punto 3, en caso de apreciarse aflojamiento se amarrará y aplicará resina epoxy.

6.1.9 BLOQUE DE AMARRE

Inspeccionar el posible aflojamiento y abrasión, reten-sado con cuerda de fibra de vidrio y pegando con resina epoxy si se observan huelgos entre el bloque y el relleno, ver. Fig. 6.1.b, punto 4.

6.1.10 DETECTORES DE TEMPERATURA

- a). Se inspeccionará el apriete de los tornillos que deberán quedar a 11 ± 1 Kg. m para las terminales tipo A y B, y 16 ± 1.5 Kg. m. las terminales tipo C
- b). Verificar la continuidad de conexiones.
- c). Revisar las tapas y cambiar si es necesario pernos y -

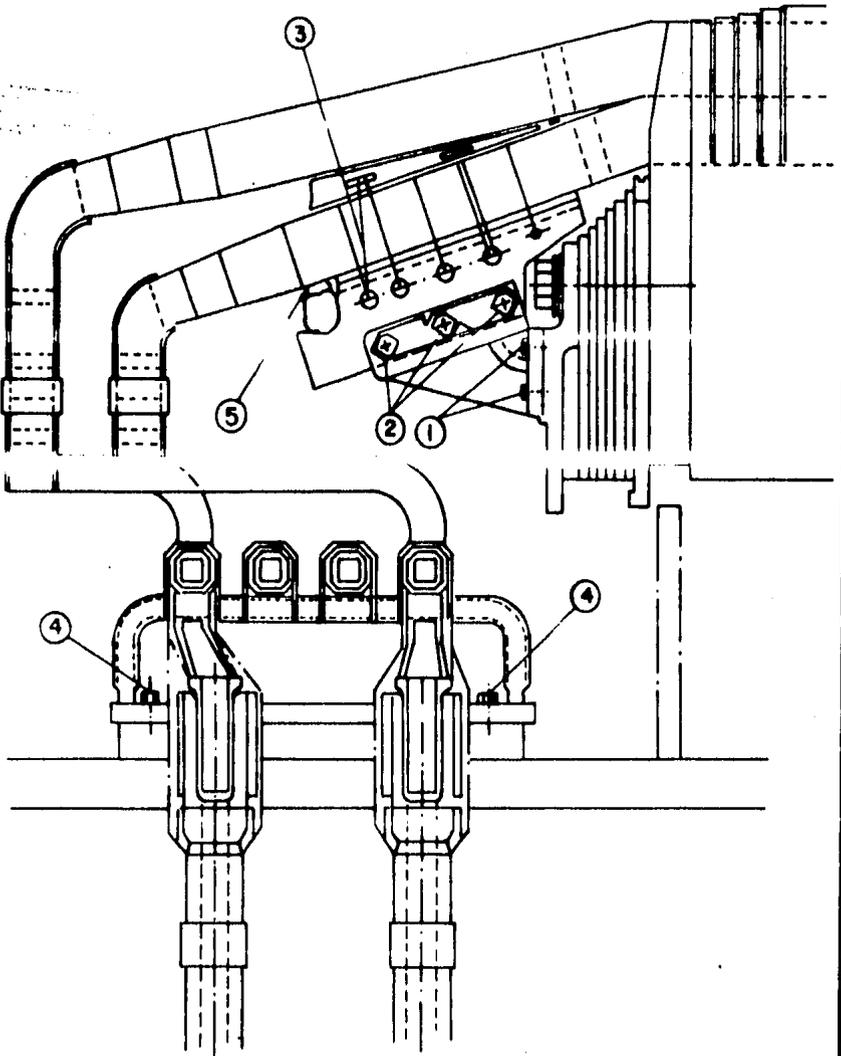


FIG. 6.1. b

ESTRUCTURA LADO EXCITATRIZ

empaques para evitar fugas de gas.

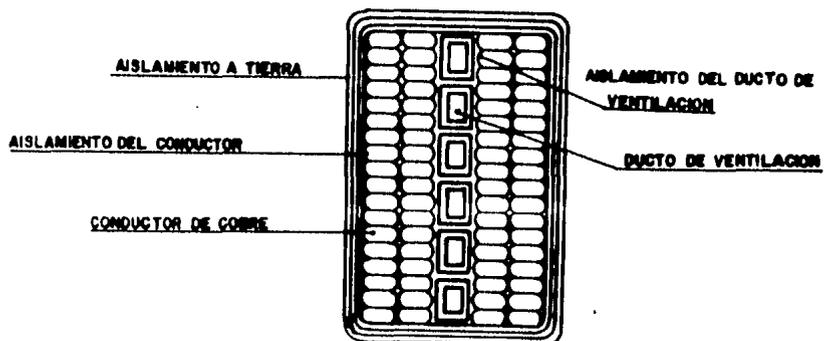
- d). Solicitar al Departamento de Instrumentación que verifique la correcta operación de los detectores y de los indicadores en Sala de Control y comprobado con un puente de Wehastone.

6.1.11 ANILLO SOPORTE BOBINAS

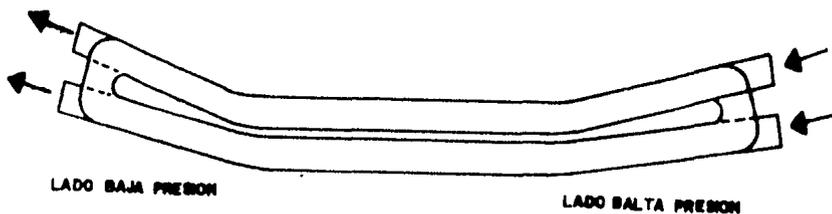
Será inspeccionado el aflojamiento de amarres y abrasión, ver Fig. 6.1.b punto 5, en caso de apreciarse huelgo en el relleno entre bobina y anillo, se pondrá nuevo relleno de felpa dacron, con resina epoxy envuelta en trozos de micarta y se retensarán los amarres.

6.1.12 TUBOS DE VENTILACION

Se inspeccionará en cada bobina, Fig. 6.1.c, si hay obstrucción con aire comprimido seco, así como deformaciones a la entrada y salida de gas en el tubo, en su caso se le dará la forma rectangular, insertando un punzón de la misma sección y golpeando con un martillo



SECCION TRANSVERSAL DE BOBINA



DIRECCION DE VENTILACION INT. DE BOBINAS

FIG. 6.1.c

6.1.13 CONDUCTORES PARALELOS Y SUS SOPORTES.

Se verificará si existe deformación provocada por algún corto circuito, desperfectos en el aislamiento, aflojamiento en los tornillos del soporte o aflojamiento en los amarres de los conductores al soporte, que se notará cuando el barniz aplicado al hilo se observe quebradizo, Ver Fig. 6.1.b, punto 4.

El apriete de los tornillos que se encuentren flojos, se efectuará de acuerdo a los pares de aprietes recogidos en la tabla I.

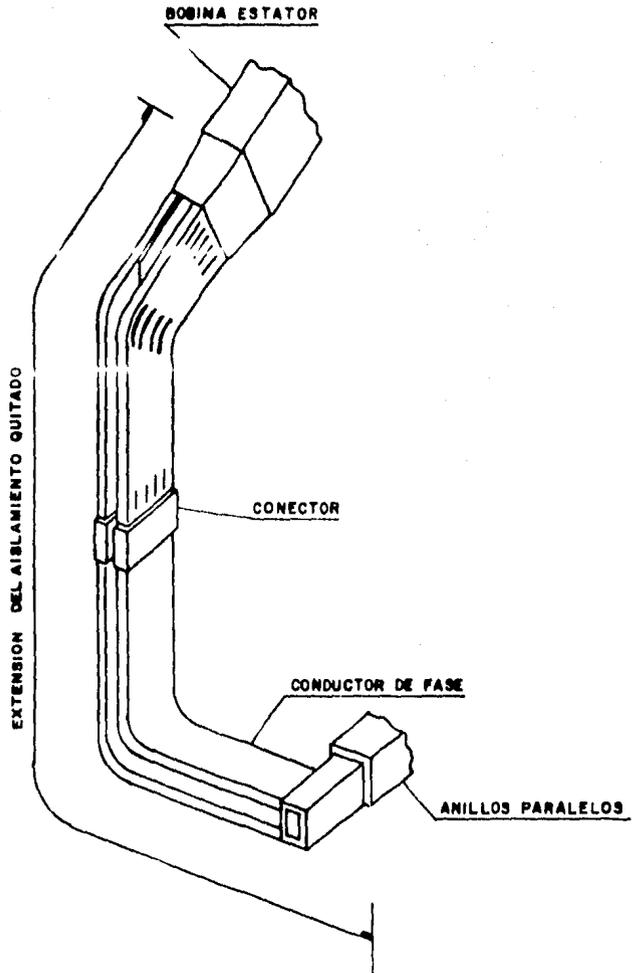
6.1.14 TORNILLOS PASANTES DEL NUCLEO.

Se inspeccionará el grado de aflojamiento y el estado de la arandela, efectuándose una medida de aislamiento a 1 Kv., que deberá dar no menos de 10 Megohms recogiendo en el impreso "medida de aislamiento de tornillos pasantes del núcleo", anexo II, ver Ffg. 6.1.3.a.

6.1.15 CONEXIONES ENTRE BOBINAS

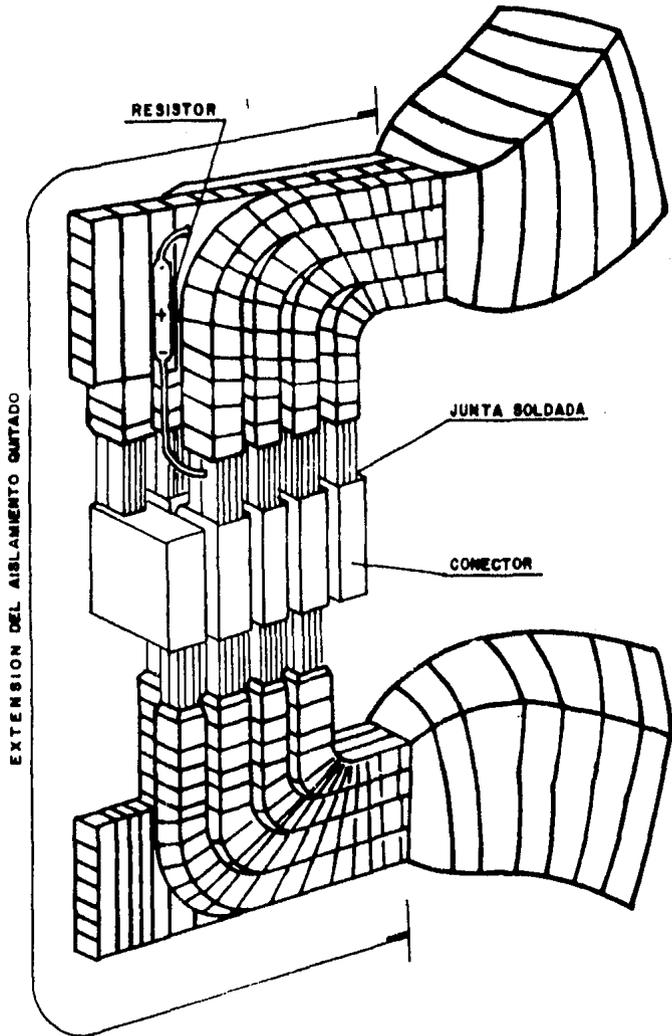
La inspección de las conexiones de las bobinas serie y de estas con los anillos de fase, debe realizarse cada 8 -

FIG. 6.1.d



INSPECCION DE CONEXIONES FASE

FIG. 6.1. d



INSPECCION DE CONEXIONES SERIE

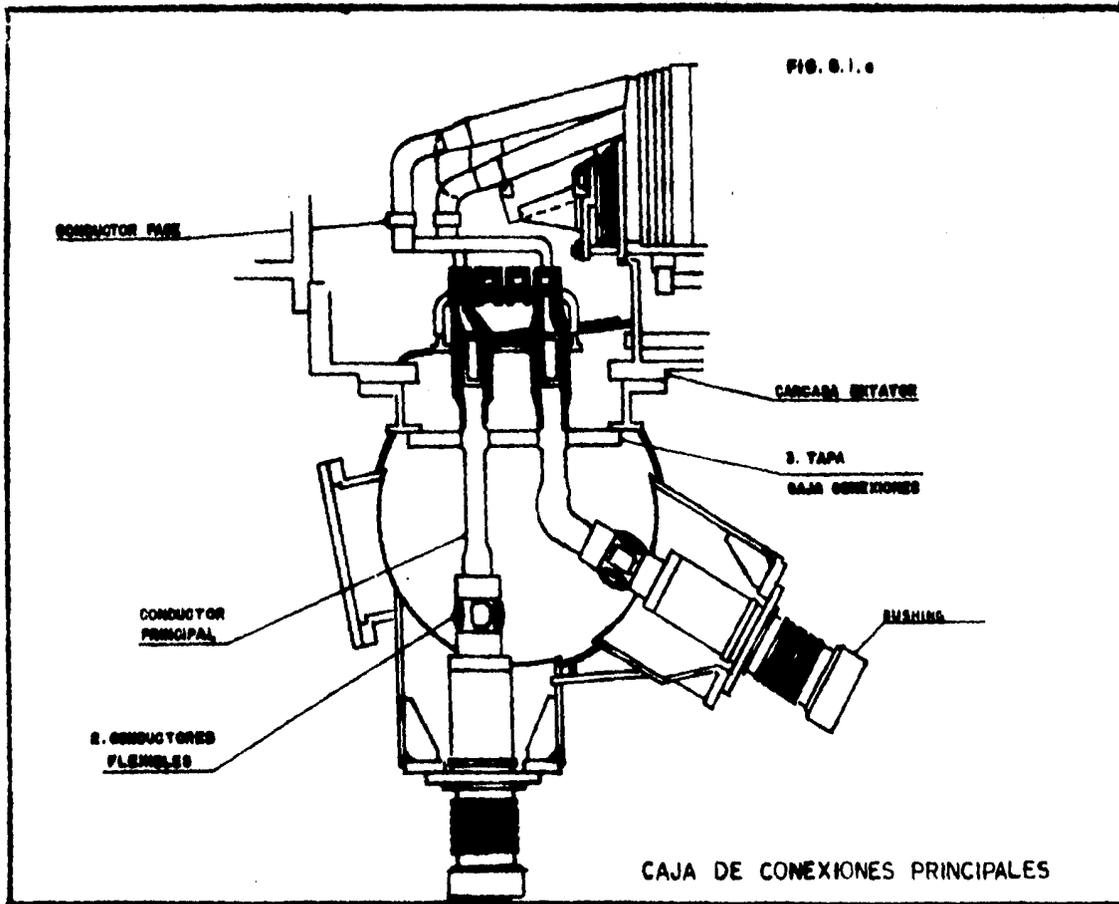
años, según el método indicado a continuación. No obstante si en la inspección de los cabezales de bobina, al golpear se observó la salida de polvo que denota flojidad de aislamiento, se recomienda descubrir los cabezales para efectuar la inspección.

- a). Seleccionar para una misma fase dos conexiones serie del lado excitador y dos del lado turbina.
- b). Eliminar una zona del aislamiento, según se ve en la Fig. 6.1.d
- c). Inspeccionar rotura o abrasión en las trenzas de cada conductor de la bobina.
- d). Inspeccionar el aislamiento de las trenzas de cada conductor de la bobina.
- e). Inspeccionar rotura, descolocación, fusión o grietas de la junta soldada del conector.
- f). Inspeccionar deformaciones en el conector.
- g). Inspeccionar los tubos de refrigeración entre la bobina.
- h). Inspeccionar la continuidad del resistor.
- i). Seleccionar todas las conexiones de bobina a conductores de fase.
- j). Eliminar el aislamiento, según se ve en la Fig. 6.1.d
- k). Inspeccionar los puntos a, b, c, d, f, g, anteriores en

estas conexiones.

1). Reconstrucción del aislamiento de los cabezales de las bobinas, para hacer la reconstrucción del aislamiento de las conexiones entre bobinas se hace lo siguiente:

- En las conexiones entre bobinas de un grupo se aplicará una capa de cinta de fibra de vidrio, 4 capas -- de cinta negra y una capa de cinta de fibra de vidrio, todas empapadas con resina epoxy 815 y B002 en proporción 2X1.
- En las conexiones de las salidas de terminales, tanto del neutro como de las fases del generador se aplicará una capa de cinta de fibra de vidrio, 12 capas - de cinta negra, 2 capas de cinta de mica de vidrio y una capa de cinta de fibra de vidrio en el orden mencionado con su respectiva aplicación de resina epoxy 815 y B002 en proporción 2 x 1.
- Bushings
Se efectuará la inspección para detectar desperfectos en la porcelana o daños en la superficie de conexión ver Fig. 6.1.e, punto 2
- Conductor flexible
Se inspeccionará tanto el apriete de los tornillos co-



mo los posibles desperfectos en el conductor. Se -
recomienda efectuar un replataado de la superficie -
de contacto de los conductores, ver Ffg. 6.1.e, pun
to 2

- Tapa:

Se efectuara la inspección de la tapa, comprobando
posibles desperfectos y aflojamiento de tornillos o -
separación de la pasta Compound de sellado.

COMPORTAMIENTO DEL NEUTRO:

- a). Se efectuará una inspección visual y una limpieza para
detectar posibles anomalías.
- b). Se cambiarán todos los seguros de la tornillería que su-
jetan las trenzas del neutro para evitar aflojamiento de
algún tornillo por la vibración a la que estan sometidos.

REVISION GENERAL DEL NUCLEO:

- a). Quitar las 7 tapas inferiores del alternador a fin de te-
ner facilidad de acceso a todas las partes del núcleo pa
ra su inspección.
- b). Comprobar que no hay huellas de erosión mecánica por
rozamiento del rotor o de algún elemento extraño.

- c). Comprobar el estado de limpieza de los canales de ventilación del núcleo.
- d). Verificar si aparecen indicios de vibración en chapas - que suelen originar un depósito rojizo.
- e). Observar cualquier variación de la coloración de la superficie del núcleo que denotaría calentamientos locales por corriente de Foucault al perderse el aislamiento entre chapas, probablemente por falta de apriete y vibración.
- f). Los posibles daños se repararán separando el laminado con una cuña metálica especial e introduciendo escamas de vidrio en resina epoxy 815 y B002, en proporción 2 x 1.

6.2 MANTENIMIENTO QUE SE HACE AL ROTOR:

6.2.1 MEDIDA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Con un megger de 500 V., comprobará el aislamiento - del campo. El valor mínimo admisible es de 10 megohms.

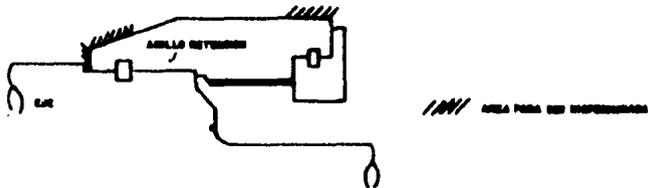


FIG. 6.2. a

ANILLO RETENCION ROTOR

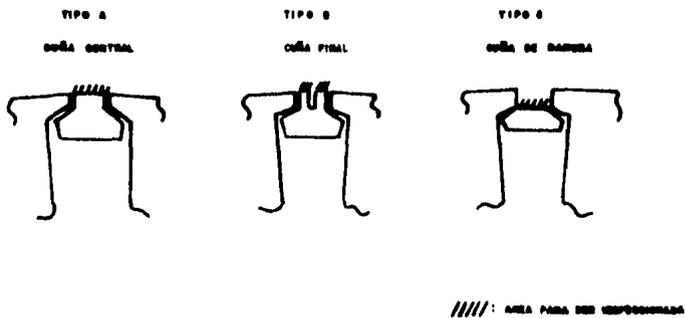


FIG. 6.2. b

CUÑAS DEL ROTOR

6.2.2 ANILLO DE RETENCION:

- a). Inspeccionar desperfectos en el anillo de retención
- b). Inspeccionar las posibles partes sueltas o desprendidas
- c). Inspeccionar las posibles deformaciones de los finales de bobina.
- d). Inspeccionar valiéndose de líquidos penetrantes o test - de ultrasonidos, las posibles grietas en el material, - ver Ffg. 6.2. a

6.2.3 MUÑON

Inspeccionar visualmente daños y desgastes del material así como posibles grietas usando el método de líquidos penetramiento y revelador.

6.2.4 ACOPLAMIENTO:

Inspeccionar en forma visual desgastes y desperfectos en el acoplamiento y usando el método de líquidos penetrantes o ultrasonidos la existencia de grietas en el material.

6.2.5 CUÑAS DEL ROTOR:

Inspeccionar su aflojamiento en forma análoga, el método seguido en las cuñas estatoricas.

Usando el método de líquidos penetrantes o ultrasonidos, verificar la posible existencia de grietas en el material, ver Ffg. 6.2. b

6.2.6 PESOS DE EQUILIBRADO:

Se deberá inspeccionar tanto el apretado de los pesos - como las tuercas de fijación.

6.2.7 PRUEBA DE HERMETICIDAD DEL TALADRO DEL ROTOR.

Verificar la hermeticidad del taladro del rotor, por medio del gas nitrógeno o presión.

Si se han cambiado las empaquetaduras la presión de prueba será 14 Kg/cm^2 y la caída permitida 0.35 Kg/cm , 2/h, durante 3 horas.

En caso de no haber sido cambiadas las empaquetadu--

ras, la presión de prueba será de 8 Kg/cm^2 , la caída permitida $0.15 \text{ Kg/cm}^2/\text{h}$, durante 6 horas

En caso de fugas importantes, desmontar y verificar las empaquetaduras del tapón del taladro, que es donde normalmente aparecen fugas.

Después del ensayo, el interior del taladro deberá llevarse a $750\text{-}760 \text{ mmHg}$ y será cargado con nitrógeno de 0.5 a 1 Kg/cm^2 .

6.2.8 CONDUCTORES AXIALES Y RADIALES

- a). Inspeccionar el apriete de los pernos, así como muestras de sobrecalentamiento o descolocación en su caso y reemplazarla si es necesario.
- b). Comprobar la arandela y tubo de aislamiento, cambiando las por unas nuevas en caso de estar dañadas.
- c). Partes de sello y empaquetaduras. Inspeccionar su grado de deterioro, reemplazando los elementos que sean necesarios, ver Fig. 6.2.c

6.3 MANTENIMIENTO QUE SE HACE AL EXCITADOR

6.3.1 REVISION GENERAL DEL ROTOR DE LA EXCITATRIZ

- a). Se medirá aislamiento con megger de 500 V., el valor mínimo aceptable será de 1 megohm
- b). Muñon. - Se inspeccionarán posibles daños, desgastes, usando el método de líquidos penetrantes o ultrasonidos, se verificará la posible existencia de grietas en el material
- c). Acoplamiento. - Se deberá inspeccionar la existencia de daños en el material, desgastes, usando líquidos penetrantes o ultrasonidos, se verificará si existen grietas en el material.
- d). Pesos de equilibrado. - Inspeccionar el estado de los pesos y su sujeción en caso de aflojamiento reapretar y trincar el tornillo con arandela antivibrante.
- e). Conductores flexibles y partes del acoplamiento. - Inspeccionar visualmente la existencia de desperfectos y verificar por percusión el grado de apriete de los tornillos, en caso de aflojamiento reapretar y trincar con seguros.

Verificar el estado del conductor flexible, si es preciso

desarmar y aplicar una capa de cinta de mica de vidrio con resina epoxy.

6.3.2 REVISION GENERAL DEL RECTIFICADOR ROTATIVO

La revisión general de la Unidad rectificadora, ver Fig. 6.3.2.a, se realiza mediante la inspección visual y en sayo que se indica seguidamente.

INSPECCIONES VISUALES:

Fusibles (ver Fig. 6.3.2.b)

- a). Inspeccionar el apriete de los tornillos por percusión, tanto el de la periferia (1), como el inferior del fusible (2).
- b). Inspeccionar visualmente el testigo (3) o en aquellos fusibles en los que este levantada, indicará que están fundidos.
- c). Inspeccionar visualmente el tubo de aislamiento (4), para detectar posibles daños. Los resultados de la inspección visual de fusibles del rectificador rotativo, se recogerán en el formato, anexo 3

Resistores (ver Ffg. 6.3.2. c)

- a). Inspeccionar la descolocación de los anillos de fijado (1).
- b). Inspeccionar visualmente si existen grietas en el barniz superficial de la resistencia (2).
- c). Inspeccionar puntos de soldadura (3), por si aparecen grietas o está dañada la superficie del barniz.
- d). Inspeccionar el tubo de aislamiento (4), para verificar posibles desperfectos.
- e). Inspeccionar si los conductores rozan con otras partes o tienen sobre alargamiento o rotura.
- f). Inspeccionar las posibles grietas en la parte soldada de los conductores (6).
- g). Inspeccionar por percusión el aflojamiento de los tornillos (7).
- h). Inspeccionar posibles desperfectos en el soporte de conductores (8). Los resultados de la inspección se recogerán en el formato "Inspección visual de resistencias del rectificador rotativo" Anexo 4.

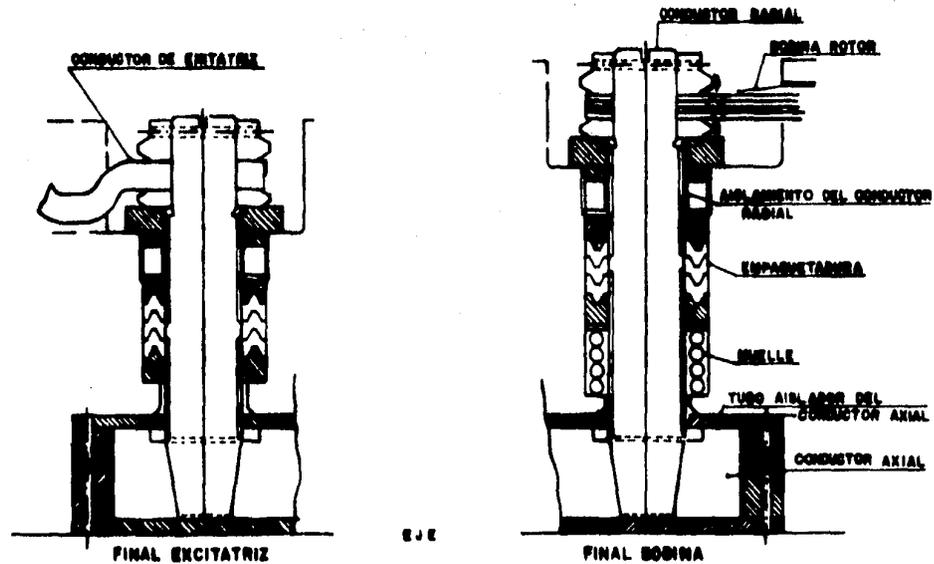


FIG. 6.2.8

CONDUCTORES AXIALES Y RADIALES DEL ROTOR

Diodo de Silicio (ver Frg. 6.3.2.d)

- a). Inspeccionar visualmente si existe rotura, descolocación o sobre calentamiento en el hilo conductor (1)
- b). Inspeccionar visualmente si existen desperfectos en las terminales de conductores (2)
- c). Inspeccionar visualmente si hay desperfectos en los soportes (3).
- d). Inspeccionar visualmente el aislador (4) por posibles grietas.
- e). Inspeccionar el apriete del tornillo de montaje (5)
- f). Inspeccionar la inserción de la aguja de trinca (6).

Los resultados de la inspección se recogerán en el formato "Impreso de Inspección visual de los diodos de silicio del rectificador rotativo" Anexo 5

Los apartados d, e, f, se efectuarán si se saca o cambia el diodo.

Disipador de Calor (ver Frg. 6.3.2.e)

- a). Inspeccionar el posible daño del aislador (1)
- b). Inspeccionar visualmente la decoloración, corrosión o sobrecalentamiento del disipador de calor (2).

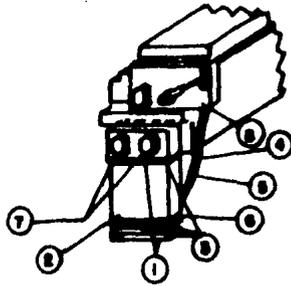


FIG. 6.3.2.c

RESISTOR

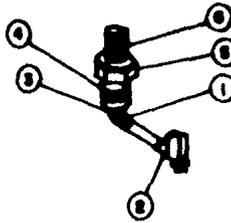


FIG. 6.3.2.d

DIODO SILICIO

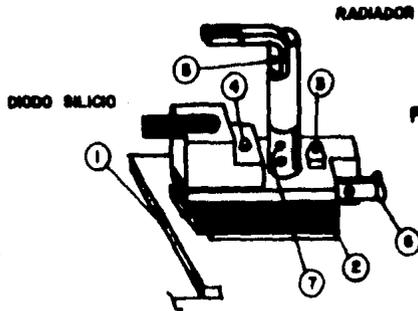
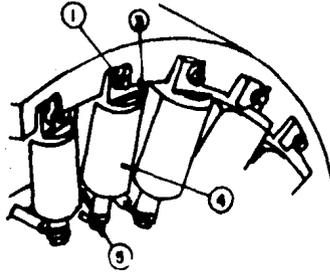


FIG. 6.3.2.e

DISIPADOR DE CALOR



FUSIBLES

FIG. 6.3.2.b

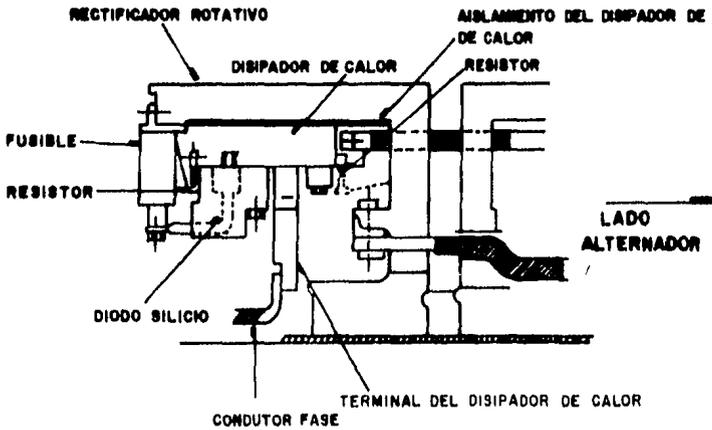


FIG. 6.3.2.a

RECTIFICADOR

- c). Inspeccionar por percusión el aflojamiento de los tornillos 3, 4, 5 y 7.
- d). Inspeccionar visualmente la deformación y aislamiento de los conductores (6). Los resultados de la inspección se recogerán en el formato "Impreso de Inspección visual del radiador del rectificador rotativo" Anexo 6.

Reapriete general:

Las fases de apriete de los distintos tornillos inspeccionados, se recogen en la tabla, ver Ffg. 16

Pruebas:

El objeto de estos ensayos es conocer antes de proceder al desmontaje del rectificador rotativo el estado de los fusibles, diodos y resistores. Una vez realizado el ensayo y la inspección restituyendo los elementos dañados y defectuosos, deberá realizarse de nuevo la medida de la resistencia de los resistores para asegurarse del montaje y correcto funcionamiento del rectificador rotativo.

Secuencia de Pruebas.

- a). Desconectar los conductores de la excitatr^{frz} del generador.
- b). Efectuar la medida de resistencia de los resistores, ver Fig. 6.3.2.f
- c). Desconectar el conductor al diodo (A), ver Fig. 6.3.2.f y efectuar la medida de resistencia de los fusibles y de la corriente de fuga de los diodos.
- d). Conectar de nuevo el conductor (A), y efectuar la medida final de los resistores

Medida de la Resistencia de Resistores, para cada polaridad:

- a). Con un circuito análogo Fig. 6.3.2.g, aplicar 10 V:C:D: entre el terminal del disipador de calor y el diodo - rotativo, midiendo para cada polaridad la resistencia.
- b). Comparar el valor obtenido con el nominal que deberá - estar entre 0.20 y 0.33 Megohms.
- c). Si no coinciden los valores, verificar la resistencia de cada resistor.
- d). Registrar los valores medidos en la forma "Medida de - resistencia de los resistores del rectificador rotativo"

Anexo 7.

Medida de resistencia de los fusibles.

Antes de efectuar la medición con un puente Kelvin, efectuar una limpieza de las terminales del fusible con papel de lija, usar terminales de mordaza para asegurar que la medida no esta influida por la presión manual ejercida sobre los contactos.

- a). Medir la resistencia con el Kelvin, el resultado admisible no será mayor de 300 micro ohms a 20°C.

Para aquellas medidas efectuadas a diferentes temperaturas, corregirlas a la de 20°C, aplicando la expresión:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 - 0.0038 (20 - t)}$$

Siendo:

R_{20} Resistencia a 20°C

R_t Resistencia a la medida de temperatura

t Temperatura de medida en °C.

- b). Recoger los resultados en la forma "Medida de resistencia de fusibles del rectificador rotativo" Anexo 8.
- c). Con la medida obtenida, entrar en la grafica de la Fig.

FIG. 6.3.2.1

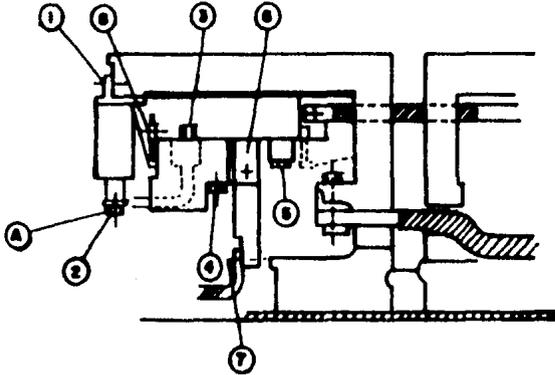
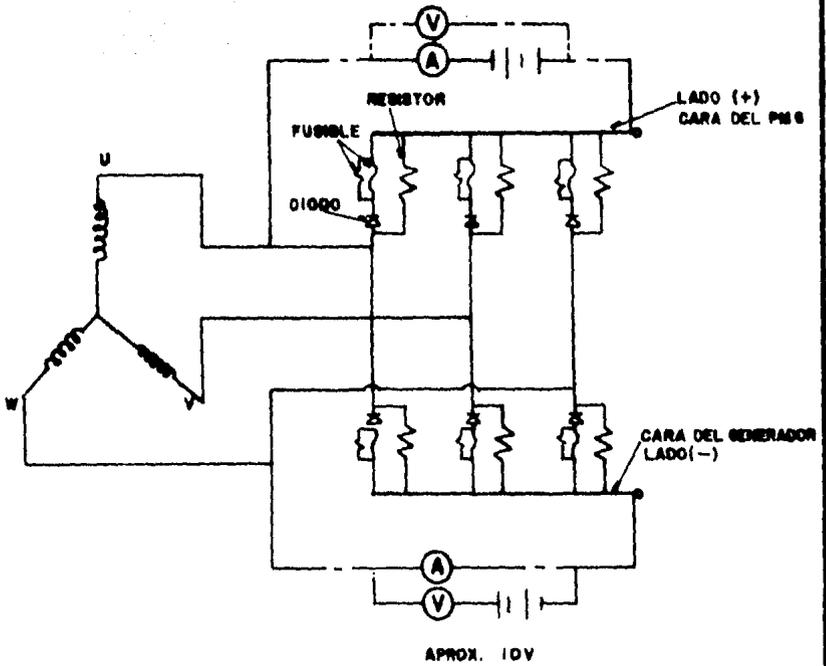


TABLA II

No.	ITEM	TIPO TORNILLO	TAMAÑO	ELEMENTO BLOQUEADOR	PAR DE APRIETE	No. DE TORNILLO
1	FUNDA	CABEZA HEY	M10	ARANDELA RAMURADA	1.9 ~ 2.3	48
2	CONDUCTOR DE DIODO	" " "	U8/88	ARANDELA RAMURADA	0.9 ~ 1.1	"
3	DIODO	—	M20 1.8	PASADOR NYLON	0.4	"
4	CONDUCTOR SOPORTE DIODO	CABEZA HEY	M8	ARANDELA RAMURADA	0.9 ~ 1.1	"
5	DISIPADOR DE CALOR	" " "	M12	LOC-TITE	3.2 ~ 4.0	48
6	TERMINAL DEL DISIPADOR DE CALOR	CABEZA HEY	M8	ARANDELA	0.9 ~ 1.1	"
7	CONDUCTOR FASE	CABEZA HEY	M8	ARANDELA RAMURADA	0.9 ~ 1.1	24
8	RESISTOR	CABEZA HEY	M8	LOC-TITE	0.38 0.47	48

FIG. 6.3.2.g



CIRCUITO DE MEDIDA
DE RESISTENCIA SIMPLIFICADA

6.3.2. h, para determinar los fusibles que son admisibles.

En los fusibles que no son aceptables se efectuará una segunda medición con el puente Kelvin, asegurándose que estén limpios los contactos del fusible.

Si el 20% de los fusibles sobrepasan el valor de la resistencia permitida, el fabricante recomienda cambiarlos todos.

Medida de corriente de fuga de diodos:

Si fuera necesario cambiar uno o más fusibles debido a que están dañados, se marcarán cuidadosamente para que al colocar los nuevos, estos sean igual o aproximadamente igual al peso de los usados, pues de no ser así, ocasionaríamos un desbalance en el rectificador, para esto se auxilia de una balanza, la cual tenga aproximaciones hasta de miligramos.

a). Se medirá con un comprobador de tiristores a 1000 V:C.

D:, aplicando corriente inversa a los diodos.

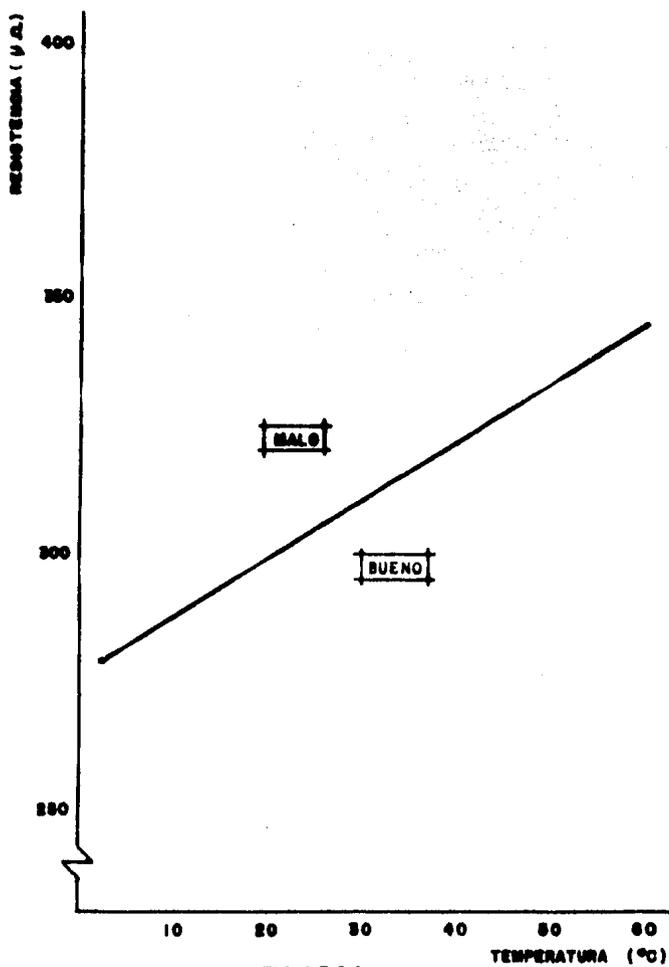


FIG. 6.3.2.h

**CARACTERISTICA RESISTENCIA-TEMPERATURA DE
LOS FUSIBLES DEL RECTIFICADOR ROTATIVO**

- b). La corriente de fuga deberá ser menor de 15 mA. ó de 17 mA. si se mide con 900 V.C; D; de corriente inversa.
- c). Anotar la medición en la forma "Medida de la Corriente de fuga de los diodos rotativos". Anexo 9

6.3.3 REVISION GENERAL DEL GENERADOR DE A. C.

Conductores de fase. (ver Ffg. 6.3.3.a)

Inspeccionar un posible daño o rotura, tanto en el tubo como en el conductor vertical especialmente en las zonas de anclaje, usando liquidos penetrantes para detectar posibles grietas. Recoger el resultado de la inspección en la forma "Inspección de los conductores de fase verticales del Generador A.C;" Anexo 10.

Si se observa cierto aflojamiento en el espacio se inyecta resina epoxy con una geringa ipodermica Fig. 6.3.3.a, para su corrección.

Bobinas:

- a). Medir la resistencia de aislamiento usando Megger de 500 V. el minimo valor admisible es de 1 Megohm.

b). Inspeccionar el estado de desperfectos del aislamiento.

- Aislamiento de campos
- Inspeccionar su estado de desperfectos
- Tornillos
- Inspeccionar mediante percusión el grado de aflojamiento y reapriete trincando con la arandela antivibrante.
- Entrehierro.
- Inspeccionar el ajuste del entrehierro entre estator y rotor. El valor admisible es $\pm 7\%$ de diferencia de huelgo entre caras opuestas.

REVISION GENERAL DEL GENERADOR DE IMANES PERMANENTES:

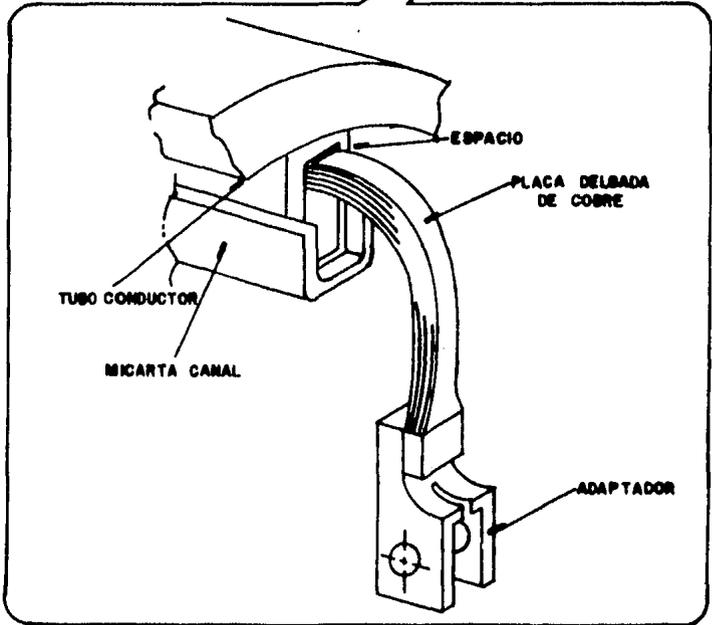
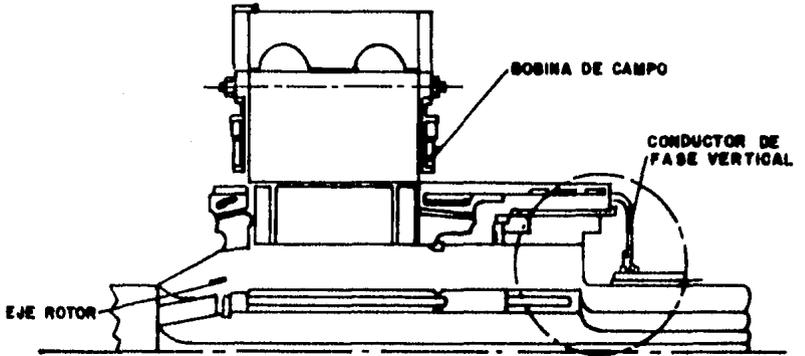
Estator:

Medir la resistencia de aislamiento con Megger de 500 V. el minimo valor admisible es 1 megohm.

Tornillos:

Inspección por percusión el grado de aflojamiento reapretando y trincando de nuevo con las arandelas antivibrantes.

FIG. 6.3.3.a.



Entrehierro:

Inspeccionar el huelgo entre los imanes y las bobinas del estator. El valor admisible es $\underline{=}$ 10%, de diferencia de huelgo entre caras opuestas. La medición se efectuará a todo lo largo de la dirección axial.

6.3.4 MANTENIMIENTO GENERAL DE PROTECTORES DE CORRIENTE DE FUGA EN EJE DEL ALTERNADOR Y EXCITATRIZ.

Se verificará con un Megger de 500 V., la resistencia de aislamiento en los siguientes elementos de protección de corriente de fuga en el eje.

- a). Tapas de sello exterior e inferior: Deberá dar como mínimo 3000 ohms.
- b). Anillo soporte de chumaceras del alternador, deberá dar 3000 ohms de aislamiento mínimo.
- c). Aislamiento del pedestal de chumacera de excitatriz, deberá dar 3000 ohms de aislamiento mínimo.

Recoger datos en el impreso "Aislamiento a tierra del alternador Anexo 12.

**MEDIDA DE RESISTENCIA DEL RESISTOR
DEL RECTIFICADOR ROTATIVO.**

ANEXO 7.

ETAPA	POLARIDAD	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	RESISTENCIA (R)
ANTES DE DESCONECTAR EL CONDUCTOR DEL DIODO	POSITIVA			
	NEGATIVA			
DESPUES DE RECONECTAR EL CONDUCTOR DEL DIODO	POSITIVA			
	NEGATIVA			

MEDIDA DE RESISTENCIA
DE FUSIBLES DEL
RECTIFICADOR ROTATIVO.

ANEXO 8

POLARIDAD FUSIBLE No.	POSITIVA			NEGATIVA		
	U	V	W	U'	V'	W'
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

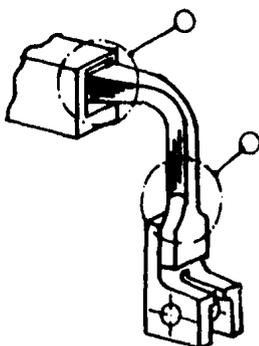
MEDICION DE LA CORRIENTE DE
FUGA DE DIODOS DEL
RECTIFICADOR ROTATIVO

ANEXO 9

POLARIDAD DIODO Nº.	POSITIVA			NEGATIVA		
	U	V	W	U'	V'	W'
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

**INSPECCION DE LOS CONDUCTORES
VERTICALES DE FASE DEL
GENERADOR DE A.C.**

ANEXO 10



No.	A	B	No.	A	B	No.	A	B
U1	U2		V1	V2		W1	W2	
U3	U4		V3	V4		W3	W4	
U5	U6		V5	V6		W5	W6	
U7	U8		V7	V8		W7	W8	
U9	U10		V9	V10		W9	W10	
U11	U12		V11	V12		W11	W12	
U13	U14		V13	V14		W13	W14	
U15	U16		V15	V16		W15	W16	

AISLAMIENTO A TIERRA DEL GENERADOR

ANEXO 12

11

ELEMENTO	AISLAMIENTO (S)
TAPA BELLO EXTERIOR LADO TURBINA	
TAPA BELLO INTERIOR LADO TURBINA	
TAPA BELLO EXTERIOR LADO EXCITATRIZ	
TAPA BELLO INTERIOR LADO EXCITATRIZ	
ANILLO SOPORTE CARRACERA LADO TURBINA	
ANILLO SOPORTE CARRACERA LADO EXCITATRIZ	
AISLAMIENTO CARRACERA EXCITATRIZ	

CAPITULO VII

PRUEBAS EFECTUADAS DURANTE EL MANTENIMIENTO

- 7.1 PRUEBAS DE AISLAMIENTO A FASES DEL GENERADOR.
- 7.2 PRUEBAS DE ALTA TENSION DE CORRIENTE ALTERNA.
- 7.3 PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA.
- 7.4 PRUEBAS DE AISLAMIENTO DE SOPORTES DE BOBINAS.

CAPITULO VII

PRUEBAS EFECTUADAS DURANTE EL MANTENIMIENTO MAYOR

De acuerdo a los requerimientos por el fabricante de estas máquinas, es necesario hacer los siguientes tipos de pruebas, ya que son muy importantes para saber en que condiciones se encuentra el generador.

De lo contrario se tendrfa duda en el momento de ponerse en operación, ya que no se tendrían datos para asegurar la continuidad de servicio.

7.1 PRUEBA DE AISLAMIENTO A FASES DEL GENERADOR

En este punto se hace la observación de que ya fué descrito en el capítulo IV, pero nuevamente se vuelve a mencionar en este capítulo, ya que tiene la finalidad de saber que si en un momento dado en las maniobras de extracción del rotor, - capítulo V, llegase a sufrir un daño el devanado del estator - (bobinas), pués es el momento de tomar una desición y hacer la respectiva corrección.

7.2 PRUEBA DE ALTA TENSION DE C. A.

Para asegurar que las bobinas no se dañaron durante el embarque, montaje y en este caso durante el mantenimiento, es practico recomendable el aplicar prueba de alta tensión a las bobinas, después del secado y después que el generador esta totalmente armado. Si los transformadores, reguladores y esferas de descarga no se encuentran a mano, pueden retarse a los fabricantes del generador o a la Compañía generadora de Luz y Fuerza de la localidad.

Las pruebas de este tipo que se hacen en la fabrica es dos veces el voltaje de placa más 1000 volts. De acuerdo con las normas, si el equipo es nuevo, las pruebas que se hacen en el campo deberán ser 75% de este valor.

Cuando se conecta el equipo y se ajustan las esferas de descarga a un valor no mayor de 20% de exceso de voltaje de prueba, la aplicación inicial no debe exceder del 50% del valor total de la prueba. El voltaje deberá entonces aumentarse gradualmente en un minuto hasta llegar al valor del voltaje de prueba y mantenerse a ese valor a un minuto. Después el vol-

taje se disminuye en un minuto a 50% del valor del voltaje de prueba antes de desconectar el equipo de prueba. Cuando se haga la prueba debe vigilarse la corriente de carga.

Esta prueba deberá hacerse a las tres fases conectadas si guiendo por la aplicación a cada fase con las otras dos fases conectadas a tierra.

La prueba de alto voltaje se considera satisfactoria si (1) la corriente de carga se mantuvo constante durante el periodo de prueba (2), si no hay descarga en el aislamiento o a través de las esferas de descarga durante la prueba. Después de la prueba el equipo se conectará a tierra, el tiempo suficiente para descargarlo estáticamente antes de continuar los trabajos en él.

PREPARACION:

Pruebas efectuadas antes de realizar la prueba de alta tensión

1. - Pintura estator del generador.
2. - Energización del tablero de prueba
3. - Prueba control del tablero
4. - Prueba energización transformador 150 Kva, 254/20000 V.

5. - Prueba de voltaje en T:P: 34000/120 Volts.
6. - Prueba voltmetro de esferas.
7. - Conexión a tierra de RTD'S
8. - Referencia a tierra de aisladores
9. - Prueba de aislamiento del generador.

EQUIPO NECESARIO

Transformador de 254/24000 Volts de 150 Kva., voltmetro de esferas, transformador de potencial 34000/120 Volts, resistencia de agua, aisladores de porcelana de 35 Kv. tablero de control.

REALIZACION DE LA PRUEBA:

Todos los elementos mencionados anteriormente se conectan según lo muestra el diagrama fig. 1, de tal manera que se conecta a una fase y con el tablero de control se va incrementando el voltaje hasta llegar a 20 Kv., durante un minuto, haciendo las mediciones respectivas como son: corriente del primario y secundario del transformador de 150 Kv, voltaje del secundario y con la relación de transformación de T:P:, podremos saber si realmente estamos aplicando 20 Kv. por cada fa

se, la aplicación del voltaje se hace como lo muestra el diagrama No. 2.

Una vez que se ha terminado la prueba se colocan las fases a tierra para descargar el generador, para luego hacer una prueba de resistencia de aislamiento, de tal manera que se pueda detectar alguna perforación en el mismo, esta prueba se llevara a cabo, según se explica en la prueba de aislamiento. Si los resultados obtenidos en dicha prueba son satisfactorios entonces consideramos la prueba de alta tensión correcta (se anexa diagrama de conexión y tabla de los resultados).

7.3 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia es el coseno del ángulo que forma el vector corriente de carga con el vector tensión aplicada. Es to se mide a través del cociente entre los watts de pérdidas del dieléctrico y los volts-amperes de carga.

La razón es que todo dieléctrico al ponerse bajo una tensión y frecuencia presenta pérdidas que son usualmente pequeñas, proporcionando al cuadro del voltaje aplicado. Cuando se in-

EQUIPO DE PRUEBA

Para el generador de 346 MVA, se emplea el tipo M2H de DOBBLE ENGINEERING COMPANY, de 10 Kv., con su resonador.

CONEXION DEL EQUIPO DE PRUEBA

a). Conexión de tierra:

Conectar al sistema de tierras de la estación preferiblemente en el equipo que se va a probar, la terminal con el clip del cable de tierra; conectar el otro extremo de este cable en el lado derecho del transformador del aparato, girando el conector media vuelta en el sentido de las manecillas del reloj, comprobando que quede asegurado, asimismo efectuar la conexión del resonador a tierra.

b). Cable de alto voltaje.

Conectese en el lado derecho de la caja del transformador, el cable de alto voltaje, comprobando que la ranura en el casquillo metálico de la mufa quede asegurado por el seguro de lengüeta. Esto previene que el cable pueda ser sacado inadvertidamente y además efectúa la conexión a tierra de la pantalla del cable.

c). Equipos

Conectar el transformador a la caja de instrumentos y poner el interruptor ICC en off en el M2H.

d). Alimentación

Conectar el cable de alimentación de 120 V. , 60 Hz. , en el receptáculo localizado en el lado derecho del panel del transformador el cable de alimentación a los equipos es del tipo polarizado y conectar una de las referencias a tierra necesarias.

e). Seguridad.

Conectar los dos switches de seguridad que impedirán que el equipo sea energizado si ambos no están cerrados, (oprimidos) normalmente un ayudante o dos de la persona que está efectuando la prueba los opera y tiene como objeto evitar daños a personal y equipo.

En el caso de ser utilizados, conectar los dos cables de bajo voltaje en la caja del transformador, respetando el código de colores. Se recomienda el uso de estos cables por la facilidad que proporcionan para efectuar la prueba.

- d). Verificar los watts girando el selector a la derecha, para ello variar la escala de la perilla Watts Multiplier, hasta conseguir una lectura máxima en la escala, posteriormente ajustar la aguja con la manija Watts Adjust, hasta fijarla y leer, entonces los watts indicados.
- e). Verificar la polaridad moviendo la perilla Polarity, a la derecha. Si la deflexión de la aguja es a la derecha, la polaridad es negativa (-), si es a la izquierda es positiva (+).
- f). Verificar de nuevo la lectura Watts y hacer lo mismo que en el inciso anterior, para luego sacar un promedio de ambos para hacer el cálculo del factor de potencia.
- g). Para medir la capacidad tomar la lectura del contador y multiplicar por Cap-Mult.
- h). Recoger los resultados en el formato de "Prueba de Factor de Potencia del Generador"

El M2H, está diseñado de tal forma que debe tener conec
tadas dos tierras para que puedan ser operadas. La pri
mera de ellas es por medio de la conexión tipo U polar
izadas del cable de alimentación a 120 V., 60 Hz., y la -
segunda a la conexión que debe ser cable de cobre cali
bre No. 6 AWG, como mínimo.

- f). Puentear las terminales de cada fase del alternador.
- g). Conectar el gancho del cable de alta tensión al puente de -
la fase que se va a probar, cuidando que el anillo de guar
da no este en contácto con ninguna parte de la máquina a
o tierra.

Si no se usan las terminales de bajo voltaje poner el man
do de bajo voltaje en Ground.

REALIZACION DE LA PRUEBA

- a). Elevar el voltaje a 10 Kv.
- b). Verificar los miliampers girando el selector a la izquier-
da.
- c). Ajustar la perilla Current Multiplier, para ver la escala
de miliamperes en la prueba.

crecientan apreciablemente estas pérdidas tenemos la primer indicación de que el aislamiento sufre un deterioro, la ventaja de expresar el valor de las pérdidas como un cociente adimensional esta en que la medida se hace independientemente de la cantidad de aislamiento bajo prueba.

A la medida de aislamiento con A.C., ofrece una mayor aproximación, ya que puede detectar capas de aislante deteriorado en serie con otras en buen estado y además no depende de la materia del tiempo de duración de la prueba, permite además detectar cavidades en el aislamiento cuando se haya la curva tensión en Kv- Fp. La pendiente de la curva crecera precisamente a una tensión dada si existe una cavidad por la ionización del gas contenido en su interior, si el aislamiento no sufre este defecto, la curva crecera con una pendiente suave apreciandose una coincidencia entre las curvas de cada fase y las que se dibujan entre fases Fig. 1

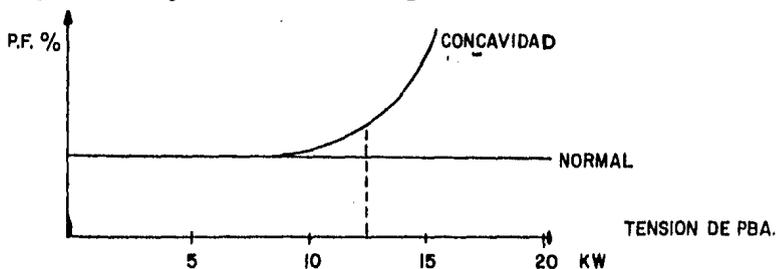
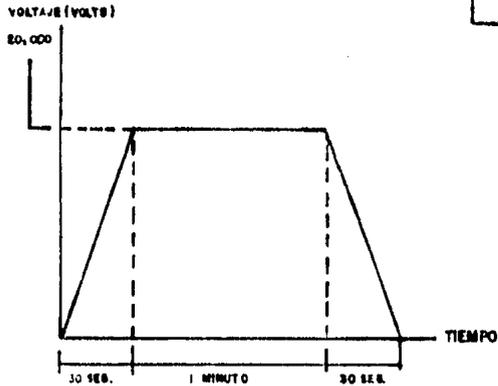
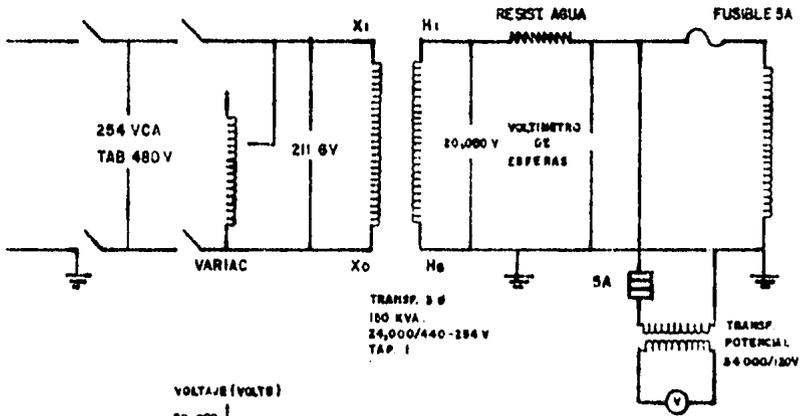


Fig. No. 1

DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL EQUIPO USADO PARA LAS PRUEBAS DE ALTA TENSION C. A. AL GENERADOR DE 346 MVA.



DATOS DE PRUEBA ALTA TENSION C. A. AL GENERADOR

FASE	TIEMPO DE PRUEBA	VOLTAJE APLICADO	VOLTAJE EN EL T.P.	AMPERES BAJA TENSION	AMP. A. T.	VOLTAJE REAL APLIC.
A	1 Min.	211 V	70.58 V	155 A	1.63 A	19935
B	1 Min.	213 V	70.58 V	153 A	1.63 A	20126
C	1 Min.	218 V	70.58 V	195 A	1.68 A	20596

CAPITULO VIII

ENSAMBLE DE PARTES DEL GENERADOR DESPUES DE SU MANTENIMIENTO

- 8.1 INTRODUCCION DEL ROTOR
- 8.2 ENSAMBLE DE TAPAS Y COJINETES
- 8.3 MONTAJE DEL VENTILADOR DE HIDROGENO
- 8.4 MONTAJE DEL SISTEMA DE SELLOS
- 8.5 MONTAJE DEL EXCITADOR
- 8.6 ALINEACION DE GENERADOR - TURBINA DE BAJA
PRESION.
- 8.7 ALINEACION DE EXCITADOR - GENERADOR

CAPITULO VIII

ENSAMBLE DE PARTES DEL GENERADOR

DESPUES DE SU MANTENIMIENTO

PREPARACION DE LA INTRODUCCION DEL ROTOR.

Este trabajo es efectuado después que se le ha dado mantenimiento al estator y al rotor, normalmente se realiza una vez que se hizo la prueba de alta tensión del generador.

- a). Preparar la tapa inferior de lado excitador para su ensamble completo que deberá realizarse después de ensablado el rotor.
- b). Verificar que no tenga ninguna obstrucción las cuñas perforadas debido a que estas se cubren durante el barnizado del rotor.
- c). Colocar el patin en el lado de turbina del rotor para que el rotor deslice sobre la placa metálica previamente embarrada con grasa.
- d). Preparar los diferenciales de 10 toneladas cada uno, suguados desde la carcasa del generador lado excitador, para después engancharlos con dos grilletes y dos carcamos de

32 mm. Ver. Fig. 8.1.2

- e). Nivelar el rotor, Fig. 8.1.1
- f). Levantar el rotor con el gancho grande de la grua viaje ra hasta colocarlo enfrente del lado excitador del generador.

8.1 INTRODUCCION DEL ROTOR

Efectuar las actividades siguientes:

- a). Una vez que la grua sostiene el rotor, se procede a introducirlo de tal manera que cuando entra toda la parte del muñon lado turbina, se asienta sobre la placa y el patin deslizante y en un durmiente por el lado excitador para que se quite la grua y se enganchen los diferenciales de tal manera que éstos continúen la maniobra
- b). Colocar estrobos en el extremo de la flecha del rotor lado excitador para que la grua siga auxiliando la maniobra, levantando y tirando hacia adentro del generador manteniendo el nivel del rotor.
- c). Una vez que el rotor ha entrado 3/4 partes, se procede a quitar estrobos colocados en la carcaza del generador para alargar los diferenciales, además se mete otro patin

plano para ayudar a deslizar el rotor con la ayuda de una tabla de 3 metros de largo y una cinta de 2" x 2" x 6 metros de largo, se continúa metiendo el rotor.

- d). Faltando solamente el muñon lado excitador se vuelven a alargar los diferenciales quitando dos estrobos más, de tal manera que solo los diferenciales continuen tirando — hasta terminar de meter el rotor, además se gira 180° el patín deslizante para que este no choque con la tapa inferior y exterior de lado turbina del generador.
- e). Colocando el rotor en su totalidad, se descansa por el lado excitador en cuñas o trozos de madera cuidadosamente puestos sobre las bobinas del estator del generador.

8.2 ENSAMBLE DE TAPAS Y COJINETES

8.2.1 COJINETES

Efectuar las siguientes actividades:

- a). Colocar el empaque de asbesto barnizado lado turbina y lado excitador, necesario para el sello de aceite situado entre la tapa exterior (superior e inferior) y las tapas inferiores
- b). Verificar el aislamiento del soporte que separa el coji-

nete de la ménsula para evitar fugas de corriente de la flecha a la chumacera.

- c). Colocar el soporte del cojinete lado turbina, utilizar dos diferenciales de dos toneladas, estrobos de 3/8" y de 5/8" y la grua. Antes de colocar la chumacera, se limpia con solvente, seguidamente se ponen los seguros del soporte y se empieza a ensamblar la media chumacera inferior lado turbina. Para esto se utilizan dos cárcamos de 20 mm, un cárcamo de 24 mm. estrobo de 3/8, dos grilletes de 1/2", diferencial de 2 toneladas y la grua, para girar la chumacera una vez que se coloca sobre el muñon se utiliza un montacargas de 3 toneladas colocando con un cárcamo de 24 mm. de la parte superior de la carcasa del generador.
- d). Levantar el rotor con la grua, del extremo excitador para sacar los trozos de madera que sostenian el rotor y los accesorios que fueron utilizados para la introducción de este.
- e). Nuevamente se vuelven a colocar los trozos de madera para descansar el rotor en el estator y efectuar el ensamble del baffle o canalizador de hidrógeno del generador utilizando el accesorio 8T0001325Z, dos tornillos gato de

20 mm. un diferencial de 2 toneladas, estrobos de 1/2" y d de 5/8" y un montacargas de 3 toneladas con dos carcamos de 24 mm., estrobos de 3/8", cárcamo de 24 mm. para poder colocar bien el baffle. Estos accesorios se mencionan en el capítulo V.

- f). Levantar las tapas inferior y exterior lado excitador para hacer limpieza en las partes donde sella, aplicándole sellador en la ranura de la tapa, en esta maniobra se utilizará grúa, dos estrobos de 1 1/8", 2 cárcamos de 32 mm.. El apriete de los tornillos es de 110 Kgs-m con dado de 2 1/8" entrada de 1" y un torquemetro de 0-210 Kgs-m.
- g). Colocar la base del cojinete lado excitador utilizando los mismos accesorios que el lado turbina, además se utiliza la grúa para levantar el rotor y sacar los trozos de madera una vez que la chumacera queda en su lugar. Colocar los seguros de la misma, el apriete es de 20 Kgs-m.
- h). Antes de colocar las medias chumaceras superiores, se colocan 3 hilos de plomo de 1 mm. de espesor sobre las superficies del muñon longitudinalmente y se aprietan como si fueran a quedar instalados definitivamente a 80 Kgs-

m, para efectuar la medición del huelgo de la chumacera.

- i). Verificar el centro magnético del rotor.
- j). Efectuar mediciones de aislamiento de la chumacera con la flecha con un megger de 500 Volts, la resistencia no debiera ser menor de 3000 ohms.

8.2.2 TAPAS

Para ensamblar se utiliza el accesorio No. 8T0001324Z, 2 estroso de 5/8", un diferencial de 10 toneladas, procediéndose a tapar el generador cuidando que ensamblen perfectamente las tapas y se efectue la de inyección del sellador en las juntas de sellado para evitar fugas de hidrógeno.

8.3 MONTAJE DEL VENTILADOR Y LOS ENFRIADORES DE HIDROGENO.

8.3.1 MONTAJE DEL VENTILADOR.

El ventilador es ensamblado en el lado turbina del generador, colocando la sección inferior y luego los laterales con la ayuda del accesorio No. 8T0001325Z y las abrazaderas, ver Fig. 8.4.1 y 8.4.2, que sirven para girarlas, usando dos montacargas de 3 toneladas cada uno. Una vez solocadas 3 secciones, se procede al montaje de los alabes móviles, empezando por el anillo 5 o sea la que se

encuentra dentro del generador y así sucesivamente hasta llegar a la sección No. 1, terminada una sección de alabes, se gira el rotor con la grua y un estrobo colocado en el cople de lado turbina y de esta forma terminar el montaje de álabes móviles y se coloca la última sección de la carcaza del ventilador

8.3.2 MONTAJE DE LOS ENFRIADORES DE HIDROGENO

Para esta maniobra se utiliza el accesorio No. 8T0001318Z, los tornillos de las tapas superiores del enfriador, la grua - con gancho chico y grande y un diferencial de 10 toneladas. Ver Fig. 8.5.1. Se sujeta el accesorio al enfriador con los tornillos esparragos de las tapas superiores y se levantan - de su posición horizontal a su posición vertical, utilizando - los dos ganchos Fig. 8.5.1

En el ensamble de los enfriadores hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- a). Las empaquetaduras que hay que usar deben ser nuevas y en buen estado para evitar fugas.
- b). Verificar el ensamble correcto del diafragma que sirve para amortiguar los esfuerzos térmicos del enfriador.

- c). Después del ensamble correcto del enfriador, es importante efectuar una prueba de hermeticidad a 1.5 Kg/cm², - arriba de la presión normal de trabajo para asegurarse de que no van a existir fugas.

8.4 MONTAJE DEL SISTEMA DE SELLOS

Efectuar las siguientes actividades:

- a). **Instalar** el accesorio 8T0001321Z, que servirá para girar el sello 180° una vez este sobre la flecha. Fig. 8.6.3
- b). **Utilizar** grúa y el accesorio 8T0001325Z, ver figura 8.6.1, para transportar la tapa y el sello desde el lugar en que se inspeccionó hasta colocarla sobre la flecha del rotor, - ver figs. 8.6.2 y 8.6.4
- c). Para girar el sello se utiliza un diferencial o montacargas de 2 toneladas que lo ira sosteniendo para que el giro no sea rápido, estando el diferencial sujetado a la carcasa del generador.
- d). Colocado en la posición correcta, se procedera a atornillar lo contra la media tapa inferior.

Se debe tener cuidado de no dañar el empaque barnizado, - ya que si este sufriera alguna fractura su cambio ocasionaria mucho retraso en el ensamble total del generador, de-

bido a que se tendrían que desmontar varias piezas para cambiarlo porque debe ir completo, de lo contrario se - pueden tener fugas de aceite en las chumaceras del generador.

- e). Una vez instaladas las tapas de sello interiores e inferiores, se colocan los anillos de sello y se efectúan las mediciones de huelgos permitidos en la caja donde va alojado.
- f). Una vez que se hayan colocado los sellos del generador, se tomarán mediciones de aislamientos que existe entre los siguientes puntos:
 - Chumaceras y carcazas
 - Carcaza y sello del generador
 - Anillo de sello aceite con la carcaza.

6.5 MONTAJE DEL EXCITADOR

Para efectuar la maniobra de montaje se deben verificar los siguientes puntos:

- a). Inspeccionar que la base del excitador esté completamente limpia, para que el aislamiento de las lanas sea lo más exacto posible.
- b). Verificar que las lanas que se van a instalar sean las mismas que tenía al desensamblar y que estén completa-

mente limpias.

- c). Sopletear toda la base del excitador con aire a presión, principalmente los barrenos donde se colocan los tornillos (anclas) y guías del soporte del excitador.
- d). Colocar las lanas antes mencionadas en la base del excitador y los tornillos anclas que sirven como guía. Levantar el excitador utilizando la grúa, do diferenciales de 4 toneladas cada uno, dos estrobos de 32 mm. de díametro y 4 metros de largo. Una vez que este bien limpia la parte de aislamiento con solvente y piedra de asentar, se coloca el excitador en su base, teniendo cuidado de que el soporte no dañe la cuerda de los tornillos anclas que serven como guía del excitador, utilizando la grua, 2 diferenciales de 4 toneladas cada uno, 2 estrobos de 32 mm. de diámetro y 4 metros de largo. Observar la Fig. 8.1.1. Una vez que este bien limpia la parte de asentamiento con solvente y piedra de asentar, se coloca el excitador en su base, teniendo cuidado de que el soporte no dañe la cuerda de los tornillos anclas.

8.6 ALINEACION GENERADOR - TURBINA BAJA PRESION.

Para efectuar la alineación, se aplicarán los procedimiento

tos del Departamento Mecánico, reflejándose los huelgos en los correspondientes a impresos Mitsubishi,

8.7 ALINEACION DE EXCITADOR - GENERADOR.

Una vez que se acoplado generador y turbina de baja presión, se procede a hacer lo mismo con la excitatriz.

En la alineación se disponen 6 soportes para colocar un gato hidráulico de 3 toneladas y de esta forma poder mover la base del excitador. Al alinear el excitador con la flecha del rotor del generador, se obtienen con el indicador de carátula las lecturas correspondientes, después se aprietan los tornillos Allen del acoplamiento del generador-excitador, en esta maniobra se utilizan 3 indicadores de carátula colocados en el muñon chumacera (7), en la parte inferior del muñon y el acoplamiento excitatriz lado generador.

- a). Levantar el rotor del excitador colocando un estrobo junto al muñon, con diferencial de 10 toneladas
- b). Mover la media chumacera inferior con un tubo metido a un cárcamo de 12 mm.
- c). Girar el rotor con grúa de tal manera que el indicador colocado en el muñon de la chumacera (7), se observe una -

lectura permanente en los ocho puntos marcados con ante
rioridad en el muñon de la chumacera.

- d). Si las lecturas no son las adecuadas, se aprietan los tor
nillos Allen, dependiendo de la variación que se tenga en
dichas lecturas.
- e). Después de varios ensayos y una vez que los tornillos -
Allen del acoplamiento quedan apretados, se obtienen las
últimas lecturas en el indicador de carátula.
- f). Se coloca nuevamente la media chumacera inferior (7).
- g). Quitar los soportes que sirvieron para colocar los gatos
hidráulicos de 10 toneladas, empleados en la alineación.

CAPITULO IX

PRUEBAS FINALES EFECTUADAS AL GENERADOR

- 9.1 RESULTADO FINAL DE SU RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
- 9.2 BALANCEO
- 9.3 VERIFICACION DE REGISTRADORES DE TEMPERATURA
- 9.4 COMPROBACION DE HERMETICIDAD

CAPITULO IX

PRUEBAS FINALES

9.1 PRUEBA DE AISLAMIENTO:

El objetivo de efectuar una prueba de Resistencia de Aislamiento Final al devanado del Generador, es para poder comprobar con la prueba inicial, o sea antes de realizar el mantenimiento y poder determinar las condiciones en que el devanado del generador queda después de su mantenimiento, ya que durante dicho mantenimiento en ocasiones es necesario reparar parcialmente o sustituir algunas bobinas, por lo tanto se debe tener la certeza de que el aislamiento fué aplicado correctamente, para que el nivel de aislamiento sea óptimo.

Otra razón por la que se debe hacer una prueba final de aislamiento, es para descartar la posibilidad de que se dañe el aislamiento de alguna bobina en el momento de estar haciendo maniobras en el ensamble de las partes del Generador.

9.2 BALANCEO:

Se dice que una máquina está desbalanceada cuando en movimiento produce vibración. El concepto de balanceo es contrarrestar con contrapesos colocados en posiciones adecuadas las fuerzas centrífugas que no están equilibradas.

Hay dos clases de desbalanceo: El estático y el Dinámico.

Desbalanceo Estático. - Es el producido por masas excéntricas es decir, que el centro de gravedad del cuerpo girando no coincide con el centro o eje de rotación.

Desbalanceo Dinámico. - Aún cuando el centro de gravedad coincida con el centro de giro de las fuerzas centrífugas de las diferentes masas del cuerpo, no están compensadas en el mismo plano y por tanto se produce un par resultante.

Balanceo Estático. - puede efectuarse simplemente colocando el rotor sobre dos paralelas, la parte más pesada tenderá a quedarse abajo y el contrapeso necesario para balancearla, deberá estar diametralmente opuesto.

Balaneo Dinámico. - Sólomente se puede llevar a cabo con fuerzas centrífugas, también producidas por contrapesos.

En la mayoría de los rotores desbalanceados se encuentran estos dos tipos de desbalance y dinámicamente, es decir, con pruebas en movimiento puede saberse la magnitud y la posición de los contrapesos necesarios para corregir separadamente o combinados los dos desbalanceos.

Se han construido máquinas que pueden balancear automáticamente rotores en muy corto tiempo, para producción en serie de rotores, estas máquinas son indispensables aún tratándose de rotores de diferentes tipos y medidas, es necesario hacer laboriosos ajustes y calibraciones, pero lo que si es altamente deseable es poder determinar balanceos cuando las observaciones de su comportamiento se toman en actual operación y girando sobre sus propias chumaceras.

En esta plática se describirán pasos necesarios para balancear en estas condiciones.

DESBALANCEO ESTÁTICO

Supongamos un disco delgado que gira en una flecha sobre dos chumaceras.

El centro del disco se ha desplazado del eje de giro una distancia e

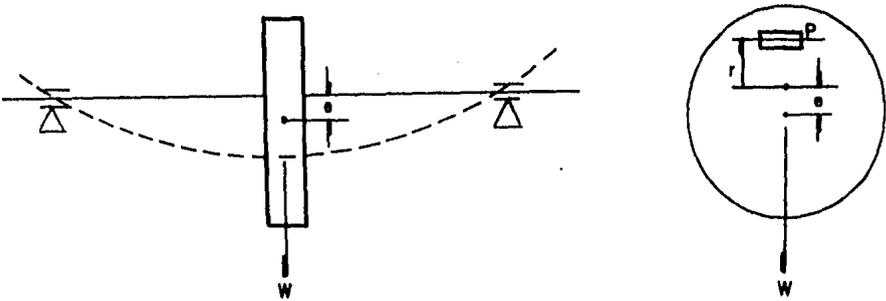


FIGURA No. 1

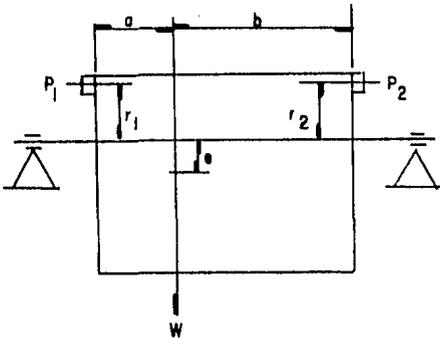
El desbalance puede considerarse como el producto del peso del disco multiplicado por la excentricidad e

Si se hace girar el disco, la excentricidad aumentará flexionando la flecha a medida que aumenta la fuerza centrífuga. Y producirá una vibración de frecuencia igual a la de rotación, la flecha tomará la forma de la línea punteada. El desbalanceo se corrige agregando un peso P , diametralmente opuesto a una distancia r , de -

manera que:

$$P \times r = W \times e$$

Si hacemos el disco largo, (Fig. No. 2) los contrapesos P_1 y P_2 colocados en los planos extremos y opuestos a W , balancearán el sistema cuando:



$$P_1 r_1 + P_2 r_2 = W \times e$$

$$P_1 r_1 a = P_2 r_2 b$$

FIGURA No. 2

Ambos casos son típicos de desbalanceo estático

DESBALANCEO DINAMICO

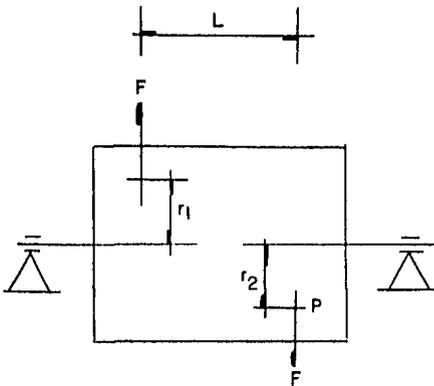


FIGURA No. 3

Si hay masas P , que no están colocadas diametralmente opuestas, sus fuerzas centrífugas F , ejercerán durante la rotación un par cuyo momento será FL

L , siendo la separación de los puntos de aplicación de las fuerzas, Estas fuerzas aparecen cuando el rotor está en rotación y aumentan con la velocidad. Se caracterizan por el producto $P \times r \times L$.

DESBALANCEO COMBINADO

Suponiendo sea P_e el desbalance estático y P_{dI} y P_{dII} , en las planas I y II sean desbalances.

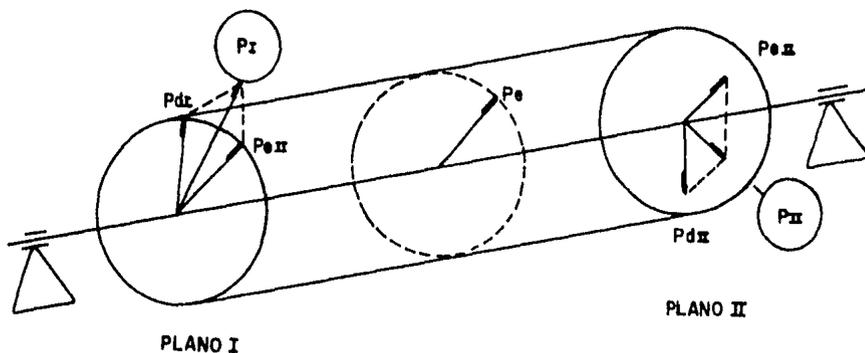


FIGURA No. 4

producidas por las fuerzas centrífugas originadas por el desbalanceo dinámico P_e , se puede descomponer en P_{eI} y P_{eII} , actuando en los planos I y II respectivamente.

La suma de los desbalances actuantes en cada plano serán P_I y P_{II} y el ángulo que forman entre sí dependerá de la dirección y magnitud de sus componentes.

En todos los balanceos se supone que la magnitud de los desbalanceos son proporcionados a las vibraciones producidas y en todos los cálculos se trabaja con las fuerzas medidas de unidades de desplazamiento.

Desbalanceo fuerza $K \times$ desplazamiento.
esto no es rigurosamente cierto, pero da resultados prácticos - aceptables.

La dirección del desplazamiento nunca coincide con la dirección de la fuerza que lo produce; es decir, si marcamos con lápiz el punto alto de la flecha, figura No. 5, de un rotor desbalanceado por una fuerza P (punto pesado), habrá un ángulo de atraso comprendido entre la dirección de la fuerza y la dirección del desplazamiento. A este ángulo se le conoce como ángulo de atraso.

Todos los instrumentos de balanceo determinan solamente el Punto Alto, El ángulo de atraso se puede determinar, hacien-

do una corrida con contrapesas de prueba y calculando los efectos como se verán más adelante.

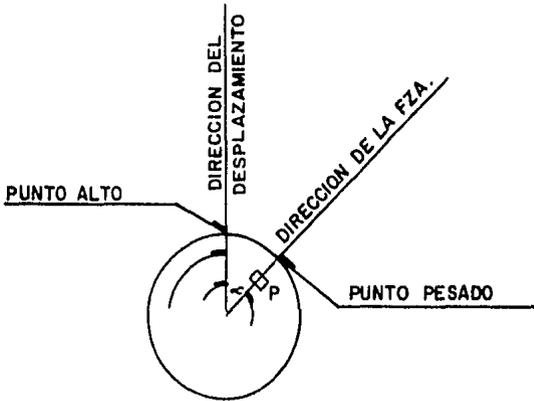


FIGURA No. 5

El contrapeso necesario para balancear el rotor deberá colocarse desde luego diametralmente opuesto al punto pesado.

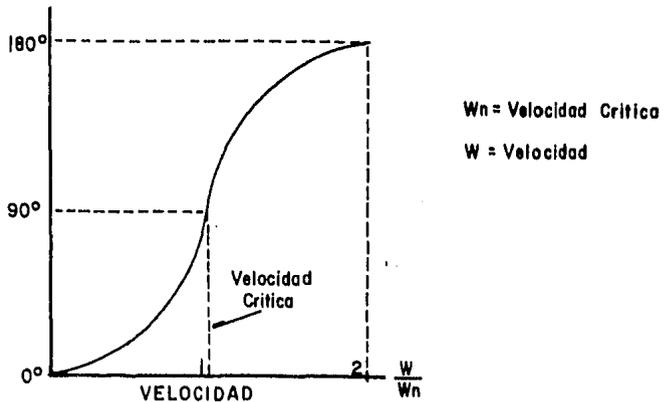
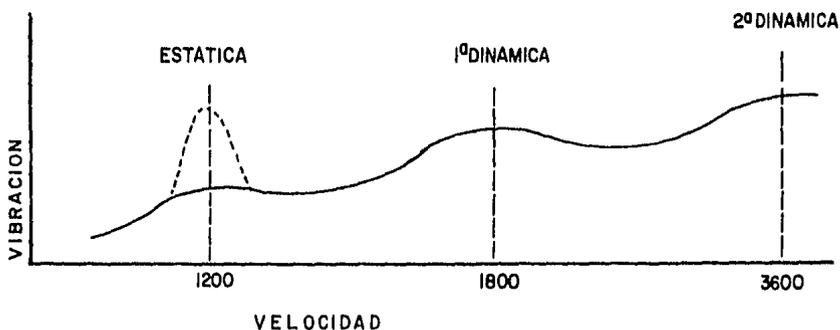


FIGURA No. 6

La curva de la Fig. No. 6, muestra la relación que existe entre el ángulo de atraso y la velocidad o lo que es lo mismo la relación entre el punto alto y el punto pesado al variar la velocidad.

VELOCIDADES CRITICAS:

Pueden determinarse midiendo la vibración de la máquina en todo su rango y velocidad y haciendo una curva vibración velocidad, tendremos como un ejemplo la siguiente figura



analizando la curva tendremos:

A 1200 RPM, donde entra en resonancia la frecuencia natural del rotor con la frecuencia de rotación, la dirección de las vibraciones en cada lado del rotor serán en el mismo sentido y podrán ser eliminadas o disminuidas colocando los contrapesos como se indica en la Fig. No. 2. Este balanceo deberá efectuarse

se a una velocidad inferior a la resonancia, con dos objetos:

1. - Tener la menor acción del par que produce la 1a. crítica dinámica y,
2. - Alejarse de la zona de inestabilidad que caracteriza al rotor girando en una velocidad crítica.

En la primera crítica dinámica a 1800 RPM, las direcciones de las fuerzas o vibraciones encontradas en los extremos del rotor estarán en direcciones opuestas y los contrapesos deberán ponerse también opuestos entre sí. La velocidad de balanceo deberá también ser menor que la de resonancia en esta crítica.

Solamente en rotores muy largos se encuentran críticas 2a. y 3a. y en general se diseñan las máquinas para trabajar, ya sea antes de la estática o después de la dinámica.

PROCESO DE BALANCEO:

1. - Tomar en los pedestales y en las flechas un juego de lecturas de vibración, a velocidad de operación y si es posible para toda la gama de velocidades de la máquina.
2. - Determinar las velocidades críticas.
3. - Hacer un análisis de las variaciones de la vibración con -

las velocidades y el paso de las críticas para definir las velocidades a que deberá balancearse primeramente la máquina.

4. - Programar el orden de pruebas y balanceos a seguir, es decir si es necesario corregir primeramente el desbalance estático o si es necesario solamente corregir el dinámico o ambos a la vez.
5. - Poner los contrapesos de prueba y calcular el ángulo de atraso.
6. - Calcular la magnitud y la posición del contrapeso o contrapesos finales. El método usado por C. F. E., para balancear los rotores de la turbina y generador es:

Primer método: Marcando la flecha para localizar los puntos altos. Consideramos un rotor en que las vibraciones en los planos I y II de balanceo están en el mismo sentido y de magnitud aproximadamente igual. Supongamos que el punto alto coincide con el barrenado No. 4, de la Fig. No. 8. La vibración original será de 0.008, que se pondrá a escala en la dirección del punto alto original, vector "a". Supongamos que la máquina gira a una velocidad menor de la crítica estática y en la curva de la Fig. No. 6, se estima el ángulo de 62° , entonces 62° en adelante deberá estar el

punto pesado (barreno No. 7), colocaremos contrapesos W , iguales en cada lado del rotor en el barreno No. 15, diametralmente opuesto al No. 17. Se hace una corrida del rotor en la misma velocidad de la prueba anterior y se toma la magnitud de la vibración. Se marca la flecha para determinar el nuevo punto alto.

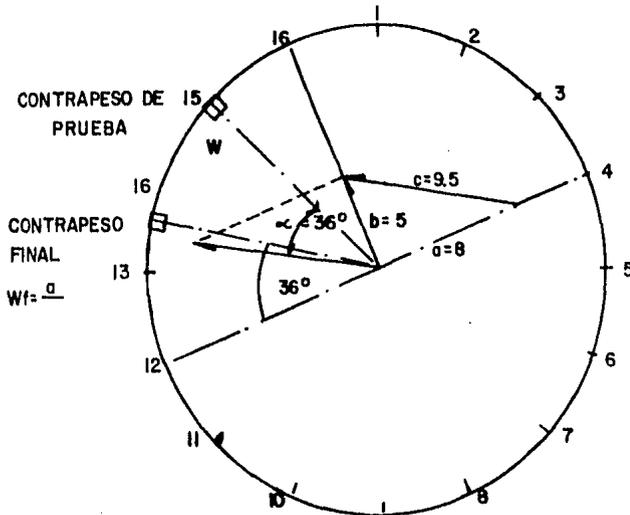


FIGURA No. 8

Supongamos que la nueva vibración es de $0.005''$ y el punto alto se encuentra en el barreno No. 16, dibujando a la misma escala anterior el vector "B"

El vector "B", es la suma de la vibración original más la vibración producida por el contrapeso "W", colocado el barreno No. 16.

$$b \quad a \quad c \quad \dots \quad c \quad b - a$$

El vector C es la vibración producida por el contrapeso W, y el ángulo de atraso real es el formado por la dirección del contrapeso y el vector c como se indic, su magnitud, tomada a escala, será de 0.0095"

El contrapeso final Wf, deberá producir una vibración igual y opuesta al vector a, es decir grados adelante del barren No. 12 (opuesto al vector a). La magnitud puede calcularse por la proporción:

$$\frac{W}{W_f} = \frac{c}{a} \therefore W_f = W \frac{a}{c} = W \times \frac{8}{9.5}$$

Los contrapesos Wf, colocados en ambos lados del rotor, deberán balancear el rotor o cuando menos disminuir la vibración. Si es necesario puede repetirse el proceso anterior hasta afinar la vibración en los límites deseados.

Se aplicará el mismo sistema de balanceo, para corregir el desbalance dinámico, pero colocando los contrapesos diametralmente opuestos.

Si el rotor es suficientemente largo, para que los contrapesos puestos en un lado no afecten sensiblemente el desbalance en el

otro, se puede primero balancear un lado y después otro y por último hacer una corrección en el primero.

Segundo Método. El segundo método de balanceo consiste en trabajar solamente con las amplitudes de vibración sin necesidad de determinar los puntos altos, como sigue:

Supongamos sea la vibración original \underline{a} 0.10", ponemos un contrapeso W de prueba en cualquier posición del rotor y medimos la nueva vibración, digamos sea el vector \underline{b} 0.009"

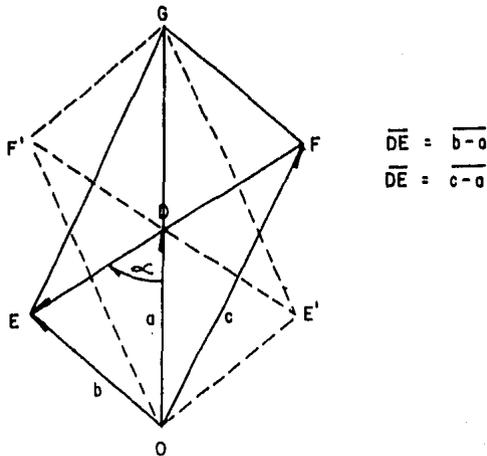


FIGURA No. 9

Colocamos el mismo contrapeso W en la dirección diametralmente opuesta que dará una vibración $C = 0.016''$

Como se indica más adelante, se puede hacer la Fig. No. 9, en donde el triángulo $O E F$ establece las relaciones de posición y magnitud de los contrapesos, es decir:

- OD Desbalanceo original
- OE Desbalanceo resultante, después de agregar un contrapeso de prueba W , en el lugar X del rotor.
- DE Desbalanceo producido exclusivamente por el contrapeso de prueba colocado en el lugar X .
- OF Desbalanceo del rotor con el mismo contrapeso W colocado en posición diametralmente opuesto a X .
- DF Desbalanceo producido exclusivamente por el contrapeso W colocado en la misma posición anterior.

Los vectores DE y DF , son iguales y opuestos, pero de magnitud desconocida al igual que el ángulo

Del triángulo $O E F$ se conocen dos lados y una mediana.

Por geometría se puede construir primero el triángulo OGF, -
 haciendo OG, igual a dos veces OD y FG igual a OE.

OE será paralelo a FG y EG paralelo e igual a OF.

Haciendo este dibujo a escala donde $a = 0.010''$; $b = 0.009''$
 y $c = 0.016''$ y conociendo el desbalance DE, el contrapeso --
 también conocido W, puede determinarse el contrapeso final -
 W_f con la simple proporción:

$$\frac{W}{W_f} = \frac{DE}{OD} \therefore W_f = W \frac{OD}{DE} = W \frac{10}{DE} \quad (\text{medido a escala}).$$

La posición del contrapeso W_f deberá ser tal, que su efec-
 to sea opuesto a OD, por lo tanto se colocará grados adelante o
 atrás de la posición X

Hay una ambigüedad en este procedimiento de balanceo, y es
 que la figura anterior puede construirse también como indican -
 las líneas punteadas OE' GF' y el ángulo puede estar a la -
 izquierda o a la derecha de OG, o lo que es lo mismo adelante
 o atrás grados del punto X, donde se colocó el contrapeso

de prueba.

El contrapeso final W_f , deberá colocarse en la zona del -- rotor que dé menor vibración grados adelante o atrás - del punto X. Posiblemente se requiera hacer una corrida más para saber cual de los lados es correcto.

A continuación se incluyen 2 gráficas de los límites permitidos de vibración, para lecturas medidas en las flechas y para vibración en los pedestales.

9.3 VERIFICACION DE REGISTRADORES DE TEMPERATURA,

TEMPERATURAS DEL GENERADOR.

Es conveniente que las temperaturas de los arrollamientos del generador se mantengan uniformes a fin de evitar las - expansiones que podrían influir adversamente en el aislamiento o dañar el embobinado. La fuerza centrífuga puede apretar - tan fuertemente las bobinas contra el filo de las ranuras que el aislamiento sea cortado o que el cobre del embobinado no - pueda dilatarse en relación al acero del rotor, pudiendose origi ginar que los conductores se estrangulen. En los más resisten tes diseños de los Generadores se intenta eliminar esta difi-

cultad por medio de enfriamiento y construcción especial del rotor y de las bobinas. Por medio del ajuste del agua de enfriamiento a los enfriadores de aire o del hidrógeno medida que el calor desprendido por el embobinado y las temperaturas aumentan. El incrementar la presión de hidrógeno en el sistema ayuda en cierto grado a mantener bajas las temperaturas del embobinado del generador. El mantener una temperatura del embobinado del generador completamente uniforme es imposible, pero debe ser el objetivo de un buen operador.

TERMOPARES:

Probablemente el principio de medición más común del principio de "expansión", usado en los termómetros bimetalicos, termómetros de indicación remota, termómetros capilares de cristal es el termopar, en el cual el voltaje producido por dos metales diferentes que estan unidos y expuestos a temperaturas elevadas, se usa para accionar un instrumento indicador de temperaturas o la plumilla de un registrador. El voltaje producido es pequeño, pero es proporcional a la diferencia de temperatura entre el punto de medición y el otro punto de unión de los alambres en el instrumento, llamada "punta fría". El voltaje producido es afectado por los metales que se usan en

el termopar; y es necesario asegurarse de que el termopar usado corresponda a la escala de temperatura si es el instrumento que se usa es de medición directa; también se puede mediante una tabla de conversión; convertir las temperaturas en milivoltios, en caso de que el instrumento las proporcione o temperaturas.

Los termopares más usados son los formados por cobre-constantán; hierro-constantán; cromelalumel y platino-iridio, los cuales en el orden citado aumentan su capacidad para soportar altas temperaturas; respectivamente las máximas temperaturas recomendadas para su uso son: 800°F , 1600°F , 2000°F y 2600°F , los gases con frecuencia encontrados en los hogares de las calderas afectan adversamente sobre el material de los termopares haciéndolo quebradizo, después de una exposición prolongada por esta razón los termopares deben fijarse adecuadamente en su posición para evitar su movimiento dentro del hogar.

La unión de los dos alambres debe estar bien hecha a fin de que ofrezca la menor resistencia posible al paso de la corriente, se recomienda que la unión se efectúe por soldadura

o retorciendo los alambres, de preferencia lo primero, que la unión sea pequeña corta.

Aparentemente la soldadura del metal o el uso de mercurio en un paso de prueba no afecta el voltaje generado por el termopar. La temperatura producida es aquella correspondiente a la parte final de la unión, la cual debiera estar en el nivel superior del mercurio, en caso de que se use este metal para llenar el pozo de prueba y obtener una mejor respuesta - en los cambios de temperatura. Los alambres del termopar deben estar aislados uno del otro, excepto en la "unión" caliente, de no ser así el voltaje generado en la unión cortocircuitara y la fuerza electromotriz indicando será la correspondiente a la de algún otro punto de contacto.

Si el metal usado en el alambre del termopar, no es lo suficientemente puro, se podrá originar una fuerza electromotriz ligeramente inexacta y en caso de que se requiera una exactitud rigurosa se podran usar alambres o termopares ya - calibrados de fabrica.

Algunas veces, cuando se necesita transmisión a distan-

cias mayores, se puede usar un alambre menos caro de otro material, esto, sin embargo puede producir un error si la temperatura en el punto de empalme de los dos materiales no es la misma que la existente en la "unión fría". En algunas instalaciones múltiples todas las terminales de los pares se hacen llegar a una caja de conexión común, formándose un par de alambres del termopar para operar un compensador en el instrumento que corrige todas las lecturas por la diferencia de temperaturas entre la caja de conexión y la "unión fría".

En todos los equipos que se usan termopares, el voltaje producido es comparado con un voltaje patrón obtenido generalmente de una batería de voltaje y por medio de alguna forma de puente de Wheaststone. Si las temperaturas ambiente son muy bajas o muy altas, la batería o pila usada puede suministrar un voltaje diferente al de diseño o pueden dañarse permanentemente. Es necesario el contar con otra fuente de voltaje, generalmente una o dos pilas secas comerciales del No. 6, a fin de compararlo con la batería patrón y para suministrar la corriente usada físicamente al operar el puente. Para obtener mediciones exactas de temperaturas, el potenciómetro usado para balancear el circuito deberá calibrarse cuidadosamente a

"cero", ajustando posteriormente el voltaje de la batería el potenciómetro calibrará minuciosamente haciendo a continuación las lecturas de la fuerza electromotriz correspondiente a la temperatura de la unión fría, se debe estar seguro de usar las tablas apropiadas ya sea de 32°F ó 0°F .

Para determinar el ajuste correcto, se cuenta con un ajuste automático de temperatura a la junta fría, se sugiere esperar algunos minutos para permitir que el aparato se ajuste asimismo a la temperatura ambiente.

APARATOS REGISTRADORES:

Cuando se trata de aparatos registradores se debe tener cuidado de calibrar el instrumento a "cero", de tal modo que corresponda con la línea "cero", de la gráfica. Frecuentemente los cambios de humedad hacen que las gráficas se encojan o se dilaten con los errores consiguientes en el registro de las temperaturas, especialmente si las gráficas no son hechas de un material específicamente tratado para este fin. La mayoría de fabricantes de estos equipos, suministran también estas gráficas especiales. Elementos que ayudan a obtener regis-

tros precisos y que son frecuentemente olvidados, son el uso de gráficas a las escalas adecuadas y la correcta colocación con respecto a la hora.

9.4 COMPROBACION DE HERMETICIDAD:

Después de que el generador esta ensamblado completamente, se hace una prueba de hermeticidad antes de cargarlo con hidrógeno. Metiendo aire comprimido dentro de la máquina, checando que no existan fugas y si las hay marcarlas para luego corregirlas conforme aumenta la carga, es necesario aumentar la presión del gas al máximo, el cual setoma de una tubería diseñada para este fin.

El gas que se usa en esta prueba deberá estar libre de humedad para no dañar el aislamiento y también para que cuando se este obteniendo la medida de la presión no haya variación durante un determinado tiempo debido al cambio de temperatura. Inspeccionar el lugar de las fugas usando bastante espuma de jabon, simultaneamente se checa con el detector de gas freón, después de que se ha metido una pequeña cantidad de este gas a la máquina.

Cuando se ha hecho un chequeo completo y se han identificado las fugas, se hace la corrección de las mismas y se repone la cantidad correcta de gas perdido, enseguida se toman las lecturas del cambio de temperatura del gas y la presión atmosférica para observar la caída de presión del gas dentro de la máquina, Entonces la fuga es determinada por la diferencia de las cantidades casi equivalentes, si es necesario la medida de la caída de presión dentro de la máquina será obtenida mediante una columna de mercurio y el cambio de temperatura se obtendrá mediante un indicador de presión.

La fuga puede ser obtenida por la siguiente formula:

$$L = 0.4 \text{ Vg} \frac{P_1}{273} \frac{B_1}{T_1} - \frac{P_2}{273} \frac{B_2}{T_2} \times \frac{24}{T_n}$$

Donde:

L Fuga (m³/día)

P1 B1 Presión del gas y presión atmosférica del inicio de la prueba (MMHg)

P2 B2 Presión del gas y presión atmosférica al final de la prueba (mmHg).

T1 T2 El valor promedio en °C, de la temperatura del gas al inicio y al final de la prueba.

Vg Volumen del generador (m^3)

Tn El tiempo que dura la prueba (hr).

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA DE HERMETICIDAD:

1. - Preparación previa a la introducción del aire comprimido

- a). Operar el sistema de aceite de sello normalmente y - confirmar si no hay fugas de aceite o alguna otra anomalía, es decir debe ponerse en servicio la bomba de aceite de sello lado aire, lado hidrógeno, extractor de vapor del tanque de aceite de sellos, así como la alimentación de la bomba de emergencia de C:D.
- b). Checar todas las alarmas y sistemas de seguridad - para confirmar si todo esta normal.
- c). No colocar la tapa superior y exterior de los cojinetes para inspeccionar si no hay fuga en la caja de la chumacera.
- d). No colocar la cubierta superior del enfriador de gas, para poder checar si existen fugas así afirmar que no existen en esta sección del enfriador
- e). Prohibir la entrada del personal colocando anuncios en ambos lados del generador y al rededor de la Unidad

suministradora del aceite de sello para así indicar que se esta llevando a cabo la prueba de hermeticidad.

f). Confirmar si la operación de la valvula para gas es normal (referencia en el dibujo del diagrama del gas).

2. - Introducción del Aire Comprimido.

a), meter el aire comprimido deshidratado desde la sección removible el sistema de suministro de hidrógeno.

b). Para la entrada de aire cuando la presión dentro de la máquina es de 1 Kg/cm^2 , y confirmar si hay un decremento de la presión después de haber transcurrido 10 minutos.

c). Si no existe ningún decremento de presión dentro de la máquina, cambie la entrada de aire a la entrada de gas freon y eleve la presión de 10 a 20 mmHg con este gas.

d). Quitar la entrada de gas freón y colocar la de aire para continuar elevando la presión.

e). Parar la entrada de gas cuando la presión es de 2 Kg/cm^2 .

f). Checar las fugas con el detector de gas freón, sobre la parte superior de los enfriadores de gas, y si no existen colocar las tapas superiores.

- g). Abrir las válvulas que balancean la presión que se encuentran en la parte superior de los enfriadores de gas y así proteger el diafragma del enfriador.
- h). Si no hay ninguna anomalía en general, meter aire comprimido otra vez y elevar la presión hasta 3 Kg/cm^2 y así dejar cargado el generador.
- i). Confirmar si no hay fugas de aceite en el sistema de aceite de sello y/u otras.

3. - Prueba de fuga.

- a). Checar el lugar de las fugas con detector de gas freón y espuma de jabón.
- b). Las secciones importantes son: Tapas exteriores, tablero de control de hidrógeno, enfriador de gas, caja principal, tablero blindado, tablero de terminales de termometro, válvulas instaladas en la sección, penetración de los conductores al rotor, tubería, etc.
- b). Si no se observo nada anormal como resultado de la prueba de hermeticidad, tomar un record del cálculo de la fuga. Tomar el record por hora, la presión del gas y la temperatura de la máquina, presión atmosférica, aceite de sello, etc.

- c). Tomar el record durante 24 horas y hacer el calculo de fugas cada 4 horas.
- d). Si en la prueba de la fuga observada durante 12 horas, esta dentro de $1 \text{ M}^3 / \text{Día}$, esto quiere decir que la hermeticidad es buena y si no, es necesario que se vuelva a checar otra vez, el lugar donde aparecieron las fugas inicialmente.

4. - Complementación de la prueba de hermeticidad.

Disminuir la presión del gas dentro de la máquina desde el valor fijado hasta 0.0 Kgs/cm^2 , por cada 1 Kg/cm^2 . Tomar lecturas de las características del regulador de presión diferencial y así verificar si la operación de este regulador es la correcta.

CAPITULO X

SINCRONIZACION DEL GENERADOR DE 346 MVA AL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL

10.1 CONDICIONES PARA SINCRONIZAR EN PARALELO UN - GENERADOR.

CAPITULO X

SINCRONIZACION DEL GENERADOR DE 346 MVA, AL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL

Los sistemas eléctricos de potencia se interconectan extensamente para dar una economía y confiabilidad de operación. La interconexión de sistemas de potencia de C.A., requieren generadores sincrónicos operando en paralelo entre sí, y es común para una planta generadora eléctrica en donde dos o más generadores están conectados a un mismo Bus y por medio de transformadores y líneas de transmisión, con otras plantas generadoras diseminadas sobre una área que es prácticamente la nación. Bajo condiciones normales de operación, todos los generadores y motores sincrónicos en un sistema interconectado operan en sincronismo entre sí. Las frecuencias de todas las máquinas sincrónicas son exactamente iguales, excepto durante cambios momentáneos en carga o excitación. Si una o varias máquinas sincrónicas grandes se salen de sincronismo respecto al resto del sistema, resulta una perturbación severa, y a menos que pasos preventivos se tomen inmediatamente el sistema se vuelve no estable, una condición que puede tener como

resultado un paro completo del sistema.

El comportamiento de generadores sincronicos operando en paralelo, es por lo tanto de importancia fundamental en el estudio de operaci3n de sistemas de potencia.

10.1 CONDICIONES PARA SINCRONIZAR EN PARALELO UN GENERADOR.

Es una practica com3n la de sincronizar un generador o condensador sincronico grande con el sistema antes de conectarlo al sistema. La sincronizaci3n requiere de las siguientes condiciones de la nueva m3quina:

1. - Secuencia correcta de fases.
2. - Los voltajes deben estar en fase con aquellos del sistema.
3. - La frecuencia debe ser casi exactamente igual a la del sistema.
4. - El voltaje de la m3quina debe ser aproximadamente igual al voltaje del sistema.

La secuencia de fases del generador, generalmente se revisan cuidadosamente durante el tiempo de su instalaci3n. Las condiciones (1) y (2), se aseguran por medio de un medidor de

ángulo de fase conocido como un sincronoscopio que compara el voltaje de una fase de la máquina de entrada con aquel de la fase correspondiente del sistema trifásico. La posición del indicador del sincronoscopio compara el voltaje de una fase de la máquina y el defasamiento con el voltaje de la fase correspondiente del sistema trifásico. La posición del indicador del sincronoscopio muestra el ángulo de fase entre el generador y los voltajes del sistema. Cuando las frecuencias son iguales el indicador se estaciona. Cuando las frecuencias difieren el indicador gira en una dirección o en otra, dependiendo de lo que el generador este girando aprisa o despacio, a una razón igual a la diferencia entre su frecuencia y la del sistema. Las posiciones de fase y la frecuencia se controlan ajustando la velocidad de la turbina moviendo el mando del generador.

Si el cierre del interruptor se efectuará con frecuencia iguales y voltajes en fase, condición que se observaría cuando la aguja del sincronoscopio estuviese en posición de la marca a 0° y sin moverse, la máquina se conectaría al sistema sin efectuarlo.

Sin embargo dicha condición casi nunca es posible, por -

lo que el cierre del interruptor se realiza cuando la máquina va ligeramente arriba o abajo de la frecuencia del sistema y pasa por la posición de 0° de ángulo entre tensiones del sistema y de la máquina.

Si se sincroniza con frecuencia superior a la del sistema, o sea con la aguja girando en sentido FAST, la máquina tomará carga real o sea, entrará como generador.

Si se sincroniza con frecuencia inferior a la del sistema o sea con la aguja girando en el sentido SLOW, la máquina tomará energía del sistema y entrará como motor. En esta condición se requiere que de inmediato el operador tome carga y que en caso de no hacerlo, puede operar el relevador de potencia inversa y disparar la unidad.

Si la máquina entra con voltaje menor que el voltaje del sistema, tomará bruscamente reactivos (MVAR entrando) tiende a bajar el voltaje de barras.

Si la máquina entra con voltaje superior al del sistema, entra generando reactivos (MVAR saliendo), tiende a elevar

la tensión de las barras en donde se conecta.

En una sincronización siempre existe el riesgo de no efectuarla con un ángulo 0° , si el ángulo de cierre es mayor a 15° , producirá una sobrecarga brusca a la máquina de tal modo que si se llega a valores entre 40° y 180° de diferencia, la máquina se conectará en cortocircuito con el sistema y se dañara severamente.

Una sincronización a 180° , provoca una falla de cortocircuito semejante a conectar en paralelo dos baterías o generadores de C. D. con polaridades inversas.

Durante el arranque de toda nueva Unidad generadora, sus señales de sincronoscopio y secuencia debe ser verificada cuidadosamente.

CONCLUSIONES

Al hacer el desarrollo de esta tesis se pudo obtener la información necesaria para tener un panorama general sobre las partes que forman las máquinas de gran tamaño, - en este caso de Generadores Eléctricos, así como también se verificó su utilización y colocación en el propio generador teniendo en cuenta el grado de dificultad para el ensamblaje y desensamblaje de sus partes, así como el mantenimiento adecuado de cada una de ellas.

Con este documento se puede mejorar el nivel técnico del personal interesado en este tipo de actividades, ya que es una recopilación de instructivos, manuales y sobre todo las experiencias propias del área a la que se refiere este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- INSTRUCTIVO DE MITSUBISHI
- APUNTES DEL ING: ENRIQUE YAÑES DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA SALAMANCA DE C.F. E.
- APUNTES DEL CENTRO DE ADIESTRAMIENTO PARA OPERADORES IZTAPANTONGO SIMULADOR.