



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ARAGÓN"**

**REEMBOBINADO DE UN GENERADOR  
ELÉCTRICO DE 300 MEGA WATTS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A:**

**CARLOS ALBERTO MENDEZ MARTINEZ**

**ASESOR: ING. ABEL VERDE CRUZ**



**MÉXICO**

**2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**REEMBOBINADO DE UN  
GENERADOR ELÉCTRICO  
DE 300 MEGAWATTS DE LA  
CENTRAL  
TERMOELÉCTRICA  
“VALLE DE MÉXICO”  
DE LA COMISIÓN FEDERAL DE  
ELECTRICIDAD**

## **Agradecimientos**

De todas las cosas agradecibles les agradezco a mis padres CHANITO Y REBE el hecho de existir y el haber aguantado todos los problemas que les di de más joven, a mi hermano y hermanas por estar siempre que me metía en problemas de verdad gracias.

A mis hijas DANI, NATI Y SOFI y esposa por ser la razón de superarme.

Para todas las personas involucradas en este mantenimiento ingenieros, técnicos extranjeros y compañeros que laboramos en este mantenimiento.

Doy gracias a todos jefes de mantenimiento, técnicos, ayudantes y a todos los que me enseñaron alguna cosa buena o mala a todas las personas que me ayudaron cuando tenía tarea, a todo el taller eléctrico.

Una mención especial para el jefe Miguel Bustamante Teobal por sus consejos y por su privilegiada memoria, al jefe Ernesto Medina Juárez por sus regaños y por ser un amigo de verdad, al jefe Luis Jiménez Cuenca por ser como es, y mi maestro Avelino Rodríguez Pérez por ser mi maestro, al ING Gabriel Castillo Avilés al ING Daniel Salazar García, al ING Juan Urbano, ING José Luis Morales a mi amigo el ING Alberto Salas García.

A todos mis amigos de la calle Mina, a los futuros, a los que juegan o jugaron en mi equipo el Monterrey a mis amigos venado y velos que ya se me adelantaron, a todos mis amigos de la escuela el chay, el güero, el miguel, calucha, Eliot, froy, y todos con los que tomaron alcohol conmigo, así como a todos los antros de la escuela por ser centro de esparcimiento ja ja.

Y le doy las gracias a la FES ARAGÓN por darme oportunidad de estudiar en sus aulas y darme lo que ahora tengo.

Al lugar en el que trabajo “La Central Termoeléctrica Valle De México” por ser la proveedora del bienestar de mi familia.

***A todos gracias totales.***



## INTRODUCCION

A través del tiempo el 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.

Por tal motivo 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.

La C.T. Valle de México se encuentra ubicada en el norte de la Ciudad de México en el km. 38.0 de la carretera Transmetropolitana, tramo San Bernardino-Guadalupe Victoria, en el municipio de Acolman, Estado de México; sobre una superficie de 24.6 hectáreas y a una altura de 2283 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son 19° 37' 02' latitud Norte y 98° 58' 51' longitud Oeste. Que consta de 7 unidades, 3 de 150 MW (1,2,3) cada una; 3 turbo gas de 83 MW (5,6,7) cada una con su recuperador de calor y la unidad 4 que es de 300 MW y que en este caso en particular nos ocupa.

Por 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 de realizar mantenimientos preventivos mensuales, trimestrales, semestrales, anuales y mayores a todo el equipo en general de cada unidad, para así satisfacer una mayor eficiencia y aumentar la aportación de energía al sistema.

Daremos una especial importancia al Mantenimiento Mayor, realizado propiamente al conjunto de sistemas que conforman esta unidad generadora y en específico el rebobinado del estator alargando su vida útil dentro de esta central Termoeléctrica, ya que es un equipo principal dentro de la generación de energía eléctrica.

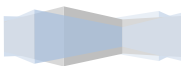




## OBJETIVO

Es notorio que durante el desarrollo del mantenimiento mayor al generador de 300MW de la Central Termoeléctrica Valle de México, se requiere de técnicos especializados contratados de la compañía Alstom para la supervisión de estos trabajos, por ser la compañía que tiene la patente de este tipo de generadores, y 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 esté al alcance de todo el personal interesado en la Central Termoeléctrica y además que sirva como libro de consulta 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.





REEMBOBINADO DE UN GENERADOR ELÉCTRICO  
DE 300 MW DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA "VALLE DE MÉXICO"  
DE LA COMISION FEDERAL DE ELECTRIDAD.

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

ÍNDICE

**CAPÍTULO I**

**Principios básicos de funcionamiento**

- 1.1 Marco Teórico
- 1.2 Ley de Faraday
- 1.3 Ley de Lens
- 1.4 Ley de Ampere
- 1.5 Ley de Biot-Savart
- 1.6 Formas de realizar la generación
- 1.7 Parámetros y Diagramas Vectoriales
- 1.8 Operación en Paralelo

**CAPÍTULO II**

**Características físicas del generador y equipos auxiliares**

- 2.1. Parámetros del generador eléctrico unidad 4
- 2.2. Descripción del generador de 300 mw
- 2.3. Descripción del estator
- 2.4. Descripción del rotor
- 2.5. Sistema de excitación
- 2.6. Auxiliares
  - 2.6.1. Curva de capavilidad
  - 2.6.2. Sistemas de enfriamiento al generador
  - 2.6.3. Sistema de aceite de sellos
  - 2.6.4. Protecciones de generador



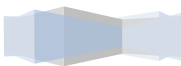


### CAPÍTULO III

#### Pruebas realizadas en campo

Prueba de baja inducción (ELCID) No de procedimiento HTGG600591  
 Prueba de resistencia de aislamiento No de procedimiento HTGG600571  
 Pruebas de alta tensión No de procedimiento HTGG600570  
 Prueba de factor de potencia  
 Prueba del Toroide

Prueba de resistencias de aislamiento en barras nuevas	No de procedimiento HTGG600571	No
Prueba de alta tensión a barras nuevas	No de procedimiento HTGG600509	
Inspección visual de barras de devanados	No de procedimiento HTGG600553	
Chequeo de limpieza de canales	No de procedimiento HTGG600631	
Chuqueo del asiento de barras	No de procedimiento HTCM629446	
Pruebas de alta tensión	No de procedimiento HTGG600570	
Pruebas de RTD's	No de procedimiento HTGG600629 No de procedimiento HTGG600630	
Inspección visual de juntas soldadas	No de procedimiento HTGG600626	
Chequeo de la deflexión de los canales de cuñas	No de procedimiento HTGG601555 No de procedimiento HTGG601556	
Chequeo de cuñas	No de procedimiento HTGY620075 No de procedimiento HTGG600625	
Inspección visual de cabezales de enfriamiento	No de procedimiento HTGG600633	
Chequeo del sistema	No de procedimiento HTGG600573	
Pruebas de fugas	No de procedimiento HTGG600628 No de procedimiento HTGG600602	







## CAPÍTULO IV

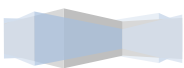
Procedimiento para el mantenimiento del generador

Programa de diagnostico

1. Agentes influyentes en el funcionamiento
2. Planeación
3. Actividades preliminares
  - 5.1 Desensamble de partes del generador
  - 5.2 Desensamble de la carcasa
  - 5.3 Desensamble del sistema de enfriamiento:
  - 5.4 Desensamble de las tapas y chumaceras
  - 5.5 Desensamble de cojinetes del generador
  - 5.6 Desmontaje de los enfriadores de hidrógeno
  - 5.7 Extracción del rotor
6. Preparativos que se llevaron a cabo antes de un reembobinado
7. Trabajos del reembobinado

## CAPÍTULO V

Conclusiones





## Principios básicos de funcionamiento

### 1.1 MARCO TEÓRICO:

Durante la vida operacional de las grandes máquinas rotatorias es necesario aplicar mantenimientos programados para asegurar la operación confiable y minimizar las salidas no programadas, estos mantenimientos varían en detalle y extensión dependiendo del tipo del aparato y sus componentes involucrados.

En mantenimientos en los cuales se detectan aflojamientos en el estator, que fueron detectados y corregidos durante las salidas programadas de mantenimiento. El mantenimiento correctivo involucra procedimientos bien definidos tal que, pueden reapretarse las partes flojas localizadas en la inspección, restaurar el laminado y torquear o reapretar los pernos pasantes y de montaje o soporte.

Las pruebas dieléctricas a los devanados del estator durante las salidas de mantenimiento, han sido exitosas para la detección de posibles condiciones de falla incipientes; como la degradación del aislamiento y sobrecalentamiento en las conexiones de las bobinas.

La detección de fugas durante las salidas a mantenimiento en muchos casos, nos ayuda a impedir las fugas de hidrógeno durante la operación. Los intervalos de mantenimientos mayores varían de acuerdo a su filosofía de operación, experiencia de mantenimiento, demanda del sistema y disponibilidad de la máquina.

Es recomendable realizar una revisión del generador inmediatamente después que este estuvo sometido a condiciones severas de falla tales como un corto circuito trifásico, o de línea a neutro, o una sincronización fuera de fase, ya que los esfuerzos mecánicos en los extremos de los devanados pueden deformarlos o “stressarlos”, así como sus soportes en varias veces más durante las condiciones de fallas que en las condiciones normales. En el caso de una motorización (sin excitación del campo), se recomienda una inspección con particular atención a los componentes del rotor, tales como anillos de retención o campanas, cuñas y huelgos.

Toda estrategia de mantenimiento de centrales eléctricas debe tener por objetivo principal el asegurar la disponibilidad de la instalación a un costo razonable y evitar pérdidas de producción imprevistas con los consiguientes gastos suplementarios al tener que disponer de energía alternativa aumentando los gastos.

En este tema describiremos los componentes del generador eléctrico, interpretar las leyes y los principios que rigen el funcionamiento de los generadores eléctricos de polos lisos. La naturaleza de los fenómenos electromagnéticos nos provee de los medios necesarios para que a través de los avances tecnológicos mejoremos día a día nuestra calidad de vida.





El principio de operación de los generadores de C.A, se basa en la aplicación de las siguientes leyes:

### 1.2 Ley de Faraday

La Ley de inducción electromagnética de Faraday :La fuerza electromotriz inducida en un circuito es directamente proporcional a la variación del flujo magnético e inversamente proporcional al tiempo que dura dicha variación" o lo que es lo mismo "La fuerza electromotriz inducida es directamente proporcional a la rapidez con que varía el flujo magnético."

$$e = \frac{d\Phi}{dt}$$

Fig 1.1.- Ecuacion del campo electrico

En donde si " $\Phi$ " esta dado en Maxwell o líneas de flujo magnético y "t" en segundos, entonces:

$$e = \frac{d\Phi}{dt} \times 10^{-8} \text{volts}$$

Fig 1.2.- Ecuacion del campo eléctrico dado en Maxwell

Ésta es una de las ecuaciones de Maxwell, las cuales conforman las ecuaciones fundamentales del electromagnetismo. La ley de Faraday, junto con las otras leyes del electromagnetismo, fue incorporada en las ecuaciones de Maxwell, unificando así al electromagnetismo.

En el caso de un inductor con  $N$  vueltas de alambre, la fórmula anterior se transforma en:

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Fig 1.3.- Ecuacion del campo eléctrico por el numero de vueltas

Donde  $e$  es la fuerza electromotriz inducida y  $d\Phi/dt$  es la tasa de variación temporal del flujo magnético  $\Phi$ . La dirección de la fuerza electromotriz (el signo negativo en la fórmula) se debe a la ley de Lenz.

### 1.3 Ley de Lenz

Los estudios sobre inducción electromagnética, realizados por Michael Faraday nos permiten determinar el sentido de la corriente inducida y por lo tanto de la fuerza electromotriz inducida conociendo la forma en que varía el campo magnético.

La corriente inducida tiene un sentido tal que tiende a oponerse a la causa que la produce.



La **Ley de Lenz** nos dice que las fuerzas electromotrices o las corrientes inducidas serán de un sentido tal que se opongan a la variación del flujo magnético que las produjo. Esta ley es una consecuencia del principio de conservación de la energía.

En este caso la Ley de Faraday afirma que la FEM inducida en cada instante tiene por valor:

$$E = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Fig 1.4.- Ecuación del campo eléctrico (FEM) EL signo menos de esta ecuación significa que la dirección de la fem en una espira es tal que si sus terminales se cortocircuitan se genera una corriente que a su vez producirá un campo magnético de sentido opuesto a la variación original de flujo.

El signo '-' de la expresión anterior indica que la FEM inducida se opone a la variación del flujo que la produce. Este signo corresponde a la ley de Lenz.

#### 1.4 Ley de Ampere

**Ley de Ampere**, también conocida como **efecto Oersted**, establece que la integral de línea de intensidad del campo magnético a lo largo de una trayectoria cerrada es igual a la suma de los ampere-espira con las que esta trayectoria esta enlazada.

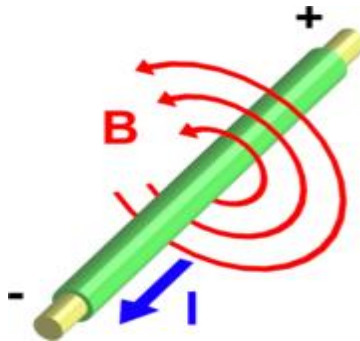


Fig 1.5.- Una corriente eléctrica produce un campo magnético, siguiendo la Ley de Ampère.

Una corriente eléctrica produce un campo magnético, siguiendo la Ley de Ampere.

Ecuación de la relación intensidad de corriente con un campo magnético

$$\mu_0 i = \int B dl \quad \text{para conductores rectilíneos}$$

$$\mu_0 i = \int B dl \cos \theta \quad \text{para espiras}$$



$\mu_0$  = Constante de permeabilidad magnética

$i$  = Intensidad de la corriente

$B$  = Campo magnético

$d\mathbf{l}$  = Diferencial de longitud del circuito que se toma alrededor del conductor

$\theta$  = Angulo formado con el diferencial de longitud

La ley de ampere mantiene una relación similar a la ecuación de la inducción electromagnética pero para un circuito magnético cerrado que conduce un flujo magnético.

### Ley de Biot-Savart

Establece que todo conductor bajo la acción de un campo magnético y por el cual circula una corriente eléctrica, queda sometido a la acción de una fuerza que lo hace desplazarse a través del campo. Es una ecuación que permite calcular el campo magnético  $\mathbf{B}$  creado por un circuito de forma cualquiera recorrido por una corriente de intensidad  $i$ .

Puede escribirse en forma vectorial y diferencial, a conductores de cualquier forma y longitud ; suponemos para ello que el campo magnético total  $\mathbf{B}$  es debido a la contribución de elementos de conductor  $d\mathbf{l}$  considerados como un vector en la dirección y sentido de la corriente.

$$\bar{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi} \oint \frac{d\bar{\mathbf{l}} \times \bar{\mathbf{r}}}{r^3}$$

$$d\bar{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{d\bar{\mathbf{l}} \times \bar{\mathbf{r}}}{r^3}$$

Fig 1.6.- Ecuacion para determinar el campo magnetico en su forma vectorial y diferencial

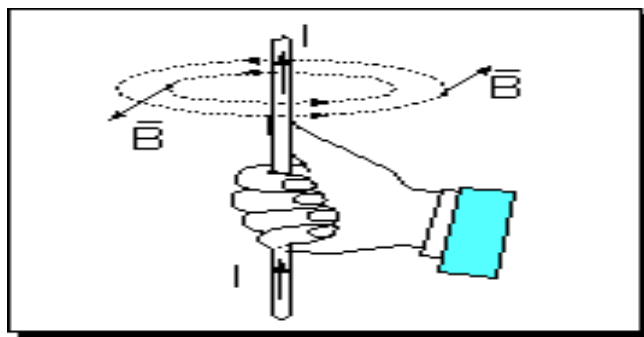


Fig 1.7.-Esta expresión podemos aplicarla ahora al caso de un conductor recto y largo (longitud tomada como infinita)

Este campo viene definido por una magnitud vectorial llamada **densidad de flujo magnético** infinitesimal y, cuyo símbolo es  $d\bar{\mathbf{B}}$ .

### 1.6 Formas de realizar la generación

De acuerdo al principio de funcionamiento del generador de C.A., se requiere que exista un movimiento relativo entre los polos magnéticos del inductor y las bobinas del inducido, lo cual se puede lograr de acuerdo con las alternativas siguientes:

1. Que las bobinas del inducido permanezcan en el estator y que los polos se encuentre en el rotor como se muestra en la fig.1.8
2. Que los polos queden fijos en el estator y las bobinas del inducido estén en movimiento en el rotor como se muestra en la fig 1.9.

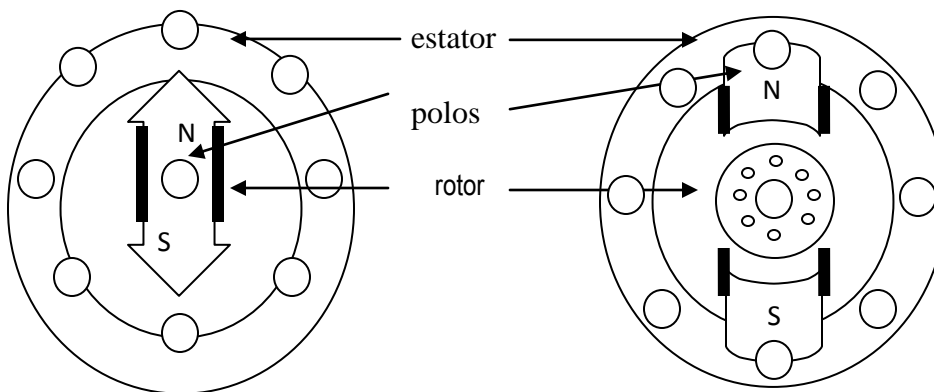


Fig 1.8.-Polos en el rotor

fig 1.9.-Polos en el estator

#### Para la generación de C.A. se prefiere la primera alternativa

Los voltajes de generación en los sistemas de potencia son del orden de los 20 KV en la actualidad, comparado con estos voltajes con los que se tienen en C.D. los cuales son del orden de los 700 volts, se comprende que las conexiones al exterior deben quedar perfectamente fijas y aisladas. Si se usaran anillos rozantes con estos valores de voltaje, la maquina se destruiría.

En los generadores de C.A. el circuito de excitación se encuentra en el rotor y es de corriente directa del orden de los 400 volts, valor que es factible transmitir a través de anillos rozantes.

Como ya se menciona para producir una fem deberá de existir un movimiento relativo entre los conductores y el campo magnético.

- a. El flujo polar total es entrelazado por la bobina.



- b. La bobina se ha desplazado cierto ángulo y toma solo una parte del flujo total.
- c. La bobina se desplace 90° y flujo que toma será cero.

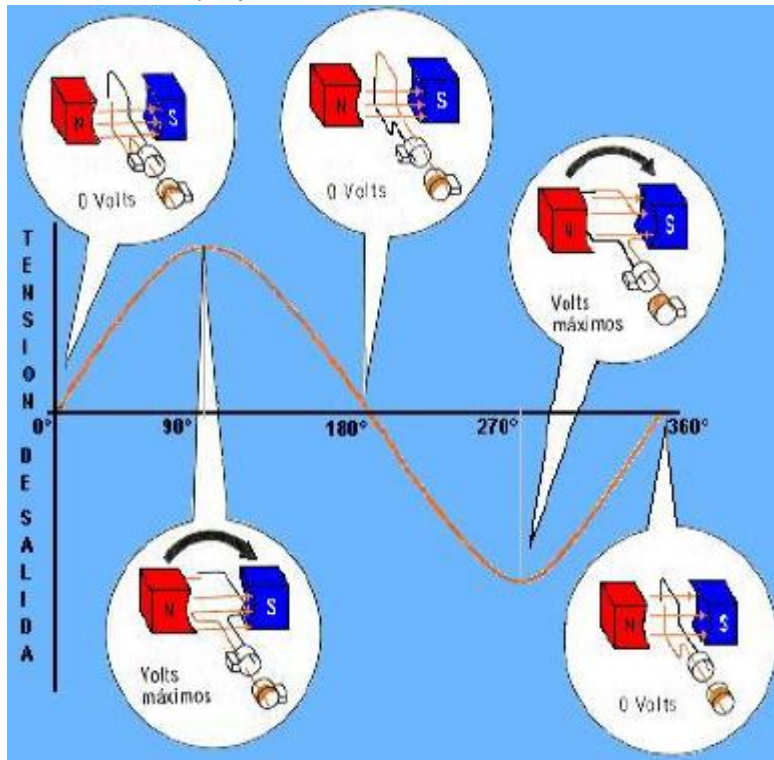


Fig 1.10.-Representación de la onda senoidal producida por la rotación de un conductor dentro de un campo magnético

De esto se deduce la ecuación de la fem.

$$\text{Entrelazado} = \Phi_{total} \times \cos \alpha$$

Sabemos:

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \times 10^{-8} \text{ volts}$$

Entonces:

$$e = \frac{d(\Phi_{total} \times \cos \alpha)}{dt} \times 10^{-8} \text{ volts}$$

$$e = -\Phi_{total} \times (-\sin \alpha) \frac{d\alpha}{dt} \times 10^{-8}$$





Pero:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega = 2\pi f = \text{velocidad angular en rad/seg}$$

$$e = \Phi_{total} \times \omega \times \sin \alpha \times 10^{-8} \text{volts}$$

Para  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\sin \alpha = 1$  y se tiene el valor máximo para la fem inducida.

$$e_{max} = 2\pi f \Phi_{total} \times 10^{-8} \text{ volts}$$

Para obtener el valor eficaz de una onda senoidal se recordara que es  $\frac{\text{valor maximo}}{\sqrt{2}}$

Entonces el valor eficaz de la fem inducida es:

$$e_{eficaz} = 4.44 f N (\Phi_{total} \times 10^{-8}) [\text{volts}]$$

Para cuando la bobina está formada por “N” numero de espiras

**f** = frecuencia en Hertz o cps

**N**=numero de espira por bobina

$\Phi_{total}$ =flujo total en maxwell o líneas de flujo magnético.

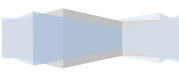
### 1.7 Parámetros y diagramas vectoriales

Una vez que al generador eléctrico le conectamos cargas en sus terminales, se presentan fenómenos que es necesario considerar para la adecuada operación y mantenimiento del mismo.

Tratando los conceptos de resistencia eficaz, reactancia y diagramas vectoriales para el factor de potencia unitario, factor de potencia atrasado y factor de potencia adelantado.

#### Resistencia eficaz

A un conductor se le mide su resistencia usando una fuente de C.A., la corriente que circula por el conductor origina un flujo alterno, el cual produce en el conductor lo que se conoce como “efecto piel o skin”. Debido a este efecto se producen corrientes parasitas, que hacen que la corriente alterna no se distribuya uniformemente en el conductor, de tal forma que; del área transversal se ocupa una sola parte.







Se puede obtener o medir con un wattmetro y un amperímetro

$$R = \frac{W}{I^2}$$

Cuando se trata de un alternador en el cual los conductores están circundados por un núcleo magnético o sea dentro de una ranura, las pérdidas medidas por un wattmetro no son debidas únicamente al cobre sino también al entre hierro, por lo tanto, la medida es errónea; para evitar esto se utiliza un factor que relaciona la resistencia de C.D y la resistencia de C.A. cuyo valor se ha tomado como 1.6.

$$R_{CA} = 1.6R_{CD} = \text{Resistencia eficaz}$$

*Reactancia de dispersión*

Al circular una corriente alterna fluye a través de un devanado, origina un flujo magnético el cual tiene dos componentes:

- a. El flujo efectivo que se enlaza con el flujo polar.
- b. El flujo de dispersión que está presente en los cabezales y en los conductores dentro de la ranura.

El flujo de dispersión en las ranuras está presente en el conductor de boca de ranura y del fondo de ranura; puesto que ambos conductores los rodean medios diferentes (aire y hierro), esto implica distintas reluctancias para cada costado de la bobina, para balancear esta diferencia se realiza la transposición de los costados de la bobina, o sea que una bobina tiene un costado en el fondo de la ranura y el otro en la boca de la ranura.

Como ya se sabe:

$$\left. \begin{aligned} e &= \frac{d\Phi}{dt} \\ e &= \frac{d\Phi}{dt} \times \frac{di}{di} \end{aligned} \right\} \text{ volts}$$

$$e = \frac{d\Phi}{dt} = L \text{ Coeficiente de autoinductancia}$$





Entonces

$$e = L \frac{di}{dt}$$

Representa la caída de tensión por el flujo disperso, la cual está representada por una reactancia denominada de dispersión dada por la expresión:

$$X_d = L\omega[\text{ohms}]$$

Pero  $\omega=2\pi f$

$$X_d = 2\pi fl[\text{ohms}]$$

$X_d$ = Reactancia inductiva en ohmios

$l$ = Inductancia en henrios

$f$ = Frecuencia en hercios

$\omega$ = Frecuencia angular

La reactancia de dispersión ( $X_d$ ) esta dada por fase y su magnitud no cambia con la temperatura ya que únicamente depende del arreglo físico entre bobina, armadura y polos.

*Reacción de armadura:*

La influencia del flujo de armadura que se enlaza con el flujo polar, origina la **reacción de armadura**; y depende del tipo de carga que se encuentra conectada en las terminales del generador de C.A.

**Si se trata de una carga resistiva se tiene un flujo de reacción de armadura que es transversal al flujo polar y distorsiona los flujos, cuando la carga es capacitiva se tiene un flujo de reacción de armadura de tal sentido que incrementa al flujo polar o sea que produce un efecto magnetizante.**

Para los cálculos de regulación de voltaje, el efecto de la reacción de armadura, se considera como una caída de tensión en una reactancia que se presenta por  $X_f$  denominada reactancia ficticia, que combinada con la reactancia de dispersión ( $X_d$ ), forma la llamada reactancia síncrona ( $X_s$ ), la caída de tensión correspondiente a cada reactancia puede obtenerse en forma separada en el método del "Triangulo de Portier".

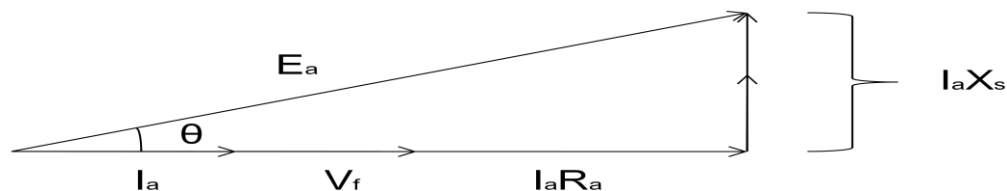


Diagrama vectorial de tensiones para un factor de potencia unitario F.P.=1

Fig 1.11.-Factor de potencia unitario





Donde:

$E_0$  = Tensión del generador de C.A.....en vacío

$V_f$  = Tensión por fase (con carga).

$I_a X_d$  = Caída de tensión por reactancia de dispersión.

$I_a X_f$  = Caída de tensión por reactancia de armadura.

$R_a$  = Resistencia eficaz de armadura por fase

Si:

$X_s = X_d + X_f$  reactancia sincrónica

De la suma vectorial de  $R_a$  y  $X_s$  se obtiene la impedancia sincrónica  $Z_s$ :

$$Z_s = \sqrt{R_a^2 + X_s^2}$$

$$E_0 = \sqrt{(V_f + I_a R_a)^2 + (I_a X_s)^2}$$

Fig 1.12.-Ecuaciones para un factor de potencia unitario

Para un factor de potencia atrasado se ve como sigue:

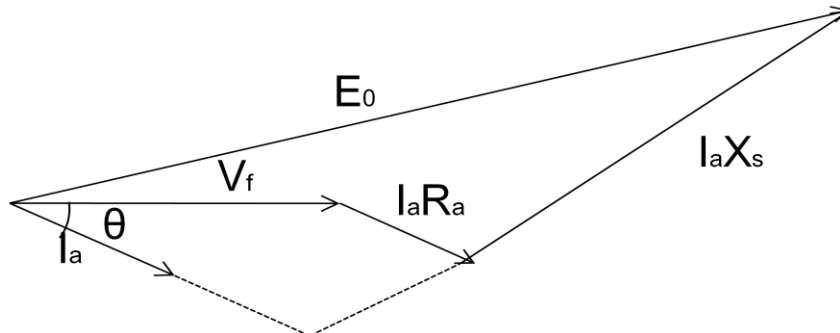


Diagrama vectorial de tensiones para un factor de potencia atrasado

Fig 1.13.-Factor de potencia atrasado

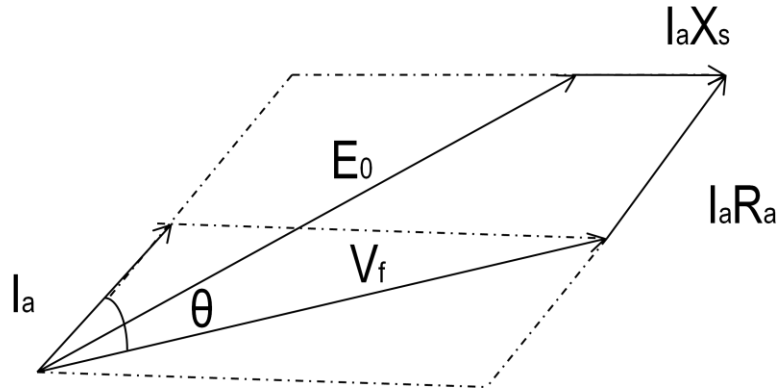
De donde se puede deducir que:

$$E_0 = \sqrt{(V_f \cos \theta + I_a R_a)^2 + (V_f \sin \theta + I_a X_s)^2}$$

Fig 1.14.-Ecuaciones para un factor de potencia atrasado



Para el caso del factor de potencia adelantado es como sigue:



## Diagrama vectorial de tensiones para un factor de potencia adelantado

Fig 1.15.-Factor de potencia adelantado

De donde se deduce su ecuacion:

$$E_0 = \sqrt{(V_f \cos \theta + I_a R_a)^2 + (V_f \sin \theta - I_a X_s)^2}$$

Fig 1.16.-Ecuaciones para un factor de potencia adelantado

En la operación de y mantenimiento de generadores eléctricos, es importante tomar en cuenta los parámetros ya mencionados ya que dependiendo del comportamiento de la carga conectada; los componentes del generador sufren diferentes esfuerzos que deterioran su aislamiento.

### 1.1 Operación en paralelo

En nuestro sistema eléctrico nacional se tienen los generadores de energía eléctrica conectados en paralelo, con el fin brindarle robustez y flexibilidad compensando la demanda de energía dentro del sistema al cual esta enlazada una central generadora.

La demanda de energía cambia constantemente durante el día y durante todo el año la cual debe satisfacerse para que los usuarios obtengan un buen servicio. La flexibilidad del sistema se da cuando con un porcentaje menor de maquinas, se cubre la demanda de cierto momento o temporada y así programar mantenimientos preventivos la posibilidad de mantenimientos correctivos ordenados, que implica sean menores y esto representa una buena economía, todo sin poner en riesgo el sistema eléctrico nacional.





La desventaja de la conexión en paralelo de generadores de C.A. es que aumenta la corriente de corto circuito en los diferentes puntos del sistema, ocasionando nuevos estudios de corto circuito y de flujos de carga, además se incrementa la inestabilidad cuando ocurre una falla en el sistema. Para conectar en paralelo un generador eléctrico se deben tomar en cuenta los siguientes requisitos:

- a) Que las tensiones por fase sean de igual magnitud y vectorialmente en fase.
- b) Que la frecuencia sea del mismo valor.
- c) Que la secuencia de fases sea la misma.

**Si se tienen diferentes magnitudes de tensión, es necesario incrementar o disminuir la corriente de excitación mediante el regulador de voltaje de campo (A.V.R). Si se llevara a cabo la conexión del generador al sistema cuando las tensiones por fase son de diferente magnitud, se origina una corriente circulante que puede tener un valor peligroso. Se dice que dos sistemas o generadores tienen la misma frecuencia cuando la rotación de los vectores de las tensiones respectivas es a la misma velocidad angular. Si estos tienen diferentes frecuencias, es necesario incrementar o disminuir la velocidad del turbo grupo variando la admisión del vapor a la turbina esto se realiza con el gobernador de la turbina.**

#### Tipos de secuencia

Se tienen dos tipos de secuencia de fases en los generadores de C.A., dependiendo como se tome el orden de las fases. Para lograr que las tensiones de los generadores por sincronizar estén en fase, debe adelantarse o atrasarse un turbo generador.





## Capítulo II

### Características Físicas Del Generador Y Equipos Auxiliares.

#### 2.1 PARÁMETROS DE GENERADOR ELÉCTRICO UNIDAD 4

MARCA: TECNOMACIO ITALIANO  
 BROUN BOVERI – MILANO – ITALY  
 GENERADOR SINCRONO TRIFÁSICO 50/60 HZ TIPO: WT 205-090 AF3  
 ENFRIAMIENTO CON HIDRÓGENO Y CIRCULACIÓN DE AGUA EN EL ESTATOR  
 ASA – C 50.1 No. T 510 162 AÑO: 1971

Fig 2.1. Características Físicas Del Generador

	CAPACIDAD	NORMAL	CAPACIDAD	CAPACIDAD
Frecuencia Hertz	50	60	60	60
$H_2Kg/cm^2$	3.16	3.16	3.52	1.05
KVA	260000	340160	356000	130000
Corriente de armadura A	9000	9830	10290	3760
Voltaje de armadura V	16700	20000	20000	20000
Corriente de campo A	3060	3340	3340	2100
Voltaje de campo V	370	405	420	260
Factor de potencia	0.90	0.90	0.90	0.90
Velocidad RPM	3000	3600	3600	3600
Temp. Máx. del $H_2$ a la salida de los enfriadores 40° C				
Temp. Máx. del agua a la entrada del devanado del estator 40° C				
Sobre velocidad 4320 rpm				
Longitud del laminado del estator	4.42 m			
Diámetro del estator	1.19 m			
No. de ranuras	60			
Ancho del diente	32 mm			
Fondo de ranura	191 mm			
Ancho de ranura	30 mm			



## 2.2 DESCRIPCION DEL GENERADOR DE 300 MW

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 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.

Todo el equipo auxiliar de una Central Termoeléctrica tiene como objetivo, lograr la correcta operación del generador, puesto que es quien genera la energía eléctrica.

Tenemos:

- a. La corriente eléctrica es un flujo de electrones impulsado por una F.E.M. fuerza electromotriz o voltaje.
- b. Para que un conductor se genere una fuerza electromotriz, se requiere que dicho conductor se encuentre en movimiento dentro de un campo magnético que sea variable. 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 adquiera 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 con retorno al generador en el caso de una falla a tierra.

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

Para disipar el calor que se produce en el interior del generador, se emplea un sistema de refrigeración por **H<sub>2</sub> y uno de circulación de agua en el estator**; el hidrógeno fluye por las 2 partes donde se une la flecha del rotor con la cubierta, se utiliza el sistema de sellos a base de aceite.



### 2.3 DESCRIPCIÓN 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 un F.E.M. que al sumarse todas ellas produce una mayor potencia de salida del generador.

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

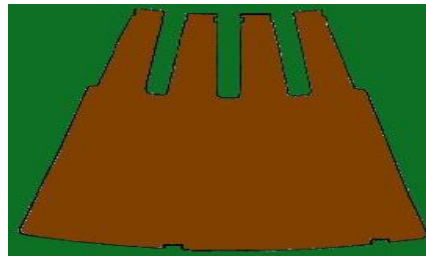


Fig 2.2.-. Sección del laminado del estator

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 2 pasos, localizado en el extremo del rotor lado excitador.

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 presentará una explosión interna por causa de la inflamación del hidrogeno.

En esta cubierta se encuentran soportados el núcleo del estator y los enfriadores de hidrogeno, 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.

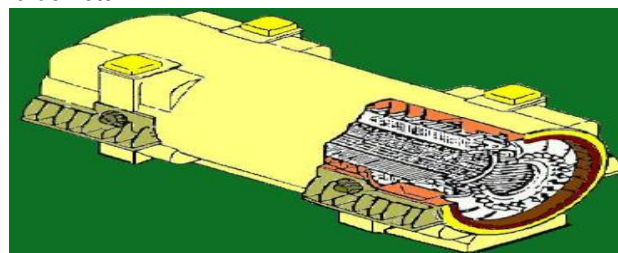


Fig 2.3.-. Vista de las partes del estator





## 2.4 DESCRIPCION DEL ROTOR

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.

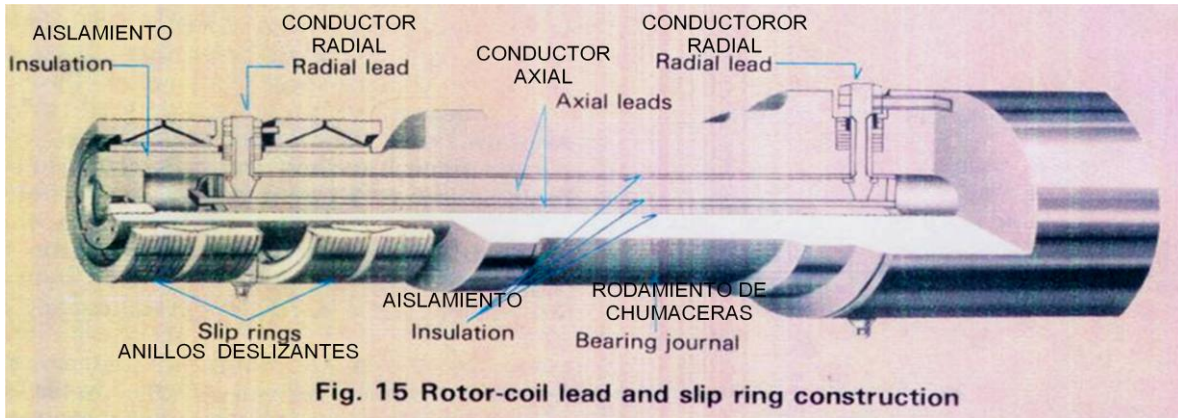


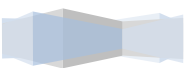
Fig 2.4.-.Construcción del rotor , embobinado y anillos deslizantes

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.



Fig 2.5.-. Vista de los anillos rozantes

Como se menciona anteriormente, en el extremo del rotor lado turbina, se encuentra montado en 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.



## CHUMACERAS.

El rotor del generador se encuentra soportado en sus extremos por chumaceras. 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 BABBIT antifricción y lubricadas por aceite a presión del sistema de lubricación de la turbina.

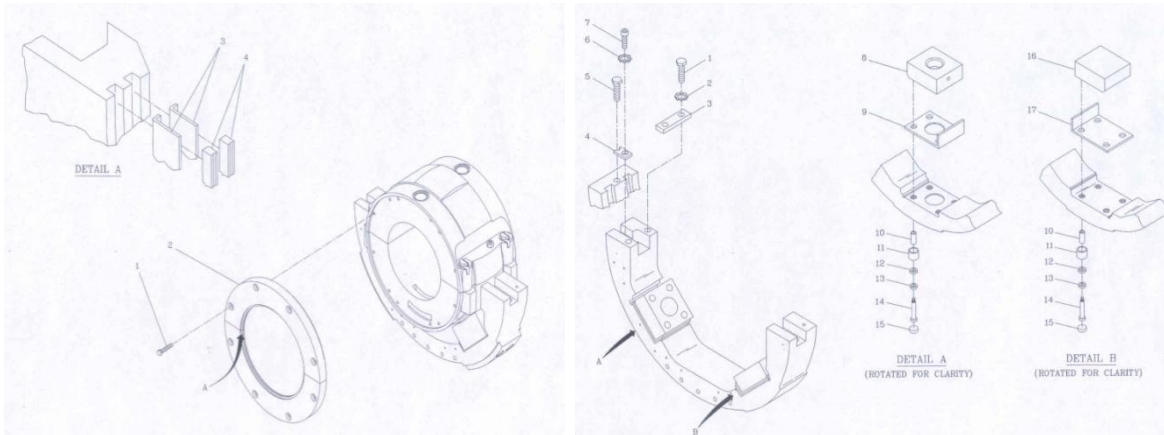


Fig 2.6.-. Partes de una chumacera

En los soportes de las chumaceras, se encuentran soportados los elementos para formar los sellos de aceite que evitan que el hidrógeno escape del interior del generador.

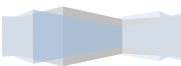
## 2.5 SISTEMA DE EXCITACIÓN

El sistema de excitación de un generador eléctrico, tiene la función de producir regular y suministrar la corriente directa (corriente de excitación) que se suministra a las bobinas del rotor generador (devanado de campo), 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 sistema de excitación con que cuenta el generador es del tipo estático.

MARCA: **ABB**

- MODELO (DESIGNACIÓN COMERCIAL DEL FABICANTE) : **UNITROL 5000**
- NÚMERO DE BANCOS DE TIRISTORES : **3 BANCOS DE TIRISTORES**
- CAPACIDAD MÁXIMA CONTINUA DE CADA BANCO : **3569 Kw**





La función del sistema de excitación (Regulador Automático de Tensión AVR por sus siglas en inglés), es la de aplicar corriente directa a los anillos rozantes, para alimentar (a través de la flecha), a las bobinas del campo del rotor.

Está formado por 3 gabinetes de mando, de tiristores o convertidores y del de des excitación hasta finalmente proporcionar la corriente necesaria para el campo magnético en el rotor del generador eléctrico.

El equipo de excitación comprende el gabinete del regulador (EP), las unidades de convertidores (EG) y la unidad de excitación (EE). El gabinete del regulador EG se encuentra a la izquierda.

Las unidades convertidores en el centro y la unidad de excitación a la derecha El gabinete del regulador contiene, sobre su parte frontal, los compartimentos electrónicos también contienen los elementos de regulación y mando y los módulos de entrada y salida binario.

Las unidades de convertidor (EG) contienen los puentes de tiristores con sus componentes auxiliares. Estos son los ventiladores, transmisores de impulso de encendido.

La unidad de excitación (EE) contiene los componentes del circuito de campo, se trata: interruptor de cambio dispositivo de des excitación, dispositivo de cebado de tensión.

Las conexiones binarias de mando y de señalización entre las unidades ER-GG-EE. Se efectúa principalmente por los módulos de entrada y de salida de tipo electrónico computarizado. En el frente del gabinete de regulación se tiene el canal 1 canal automática y canal 2 corresponde al mando manual.

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

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 rija las condiciones de operación

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, el regulador de voltaje responde con un cambio proporcional de la potencia reactiva del generador.

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.

Mantener un factor de potencia constante durante la operación.





## UNITROL 5000.

### INTRODUCCION

El R.A.V. Unitrol 5000 es un sistema de control basado en microprocesadores. La plataforma de desarrollo implica el control electrónico y cuenta con características de comunicación y diagnóstico mediante una computadora.

El corazón de la electrónica es la tarjeta de control (COB control board) la que tiene las funciones de control y regulación así como a generación de los pulsos para los tiristores. La tarjeta de medición (MUB measuring unit board) con su procesador digital acelera el proceso de los valores actuales de medición.

El R.A.V. de la unidad 4 es un sistema redundante por tener dispositivo dual, es decir los canales 1 y 2 son iguales conteniendo cada uno un modo de control manual y otro automático y separados mecánicamente para facilitar su mantenimiento en línea.

Los dispositivos de interfase tales como la tarjeta FAST I/O y la convertidora de interfase, se usan con separación galvánica para las señales de control. La comunicación dentro del sistema de excitación se realiza con el sistema ARCnet field bus (cableado de intercomunicación entre tarjetas)

### DESCRIPCION FUNCIONAL.

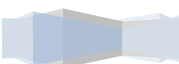
El sistema de regulación estático regula el voltaje en terminales y el flujo de potencia reactiva de la maquina sincronía por control directo de la corriente de campo usando los convertidores de los tiristores. De acuerdo al diagrama de bloques del UNITROL 5000 para 3200 A , el sistema puede ser dividido en 4 grupos:

- Transformador de excitación.
- Módulos de excitación con control de la electrónica
- Unidades convertidoras de tiristores.
- Excitación inicial y equipo de desexcitación.

En sistemas de excitación estáticos, la potencia se toma de las terminales del generador y vía el transformador de excitación, la quebradora de campo y los convertidores pasa el flujo de la corriente de campo al generador.

### Tarjeta de control (COB)

Esta tarjeta implementa la regulación, los limitadores y las funciones de control y protección. Su microprocesador es de aplicaciones específicas y almacena e intercambia datos, controla la generación de los pulsos y realiza la conversión e interfaseo de las señales A/D o D/A con los otros dispositivos dentro del sistema desexcitación. Esta soporta la comunicación con la microterminal, el panel local o vía la computadora CMT. Además esta tarjeta cuenta con un display para indicar las alarmas.



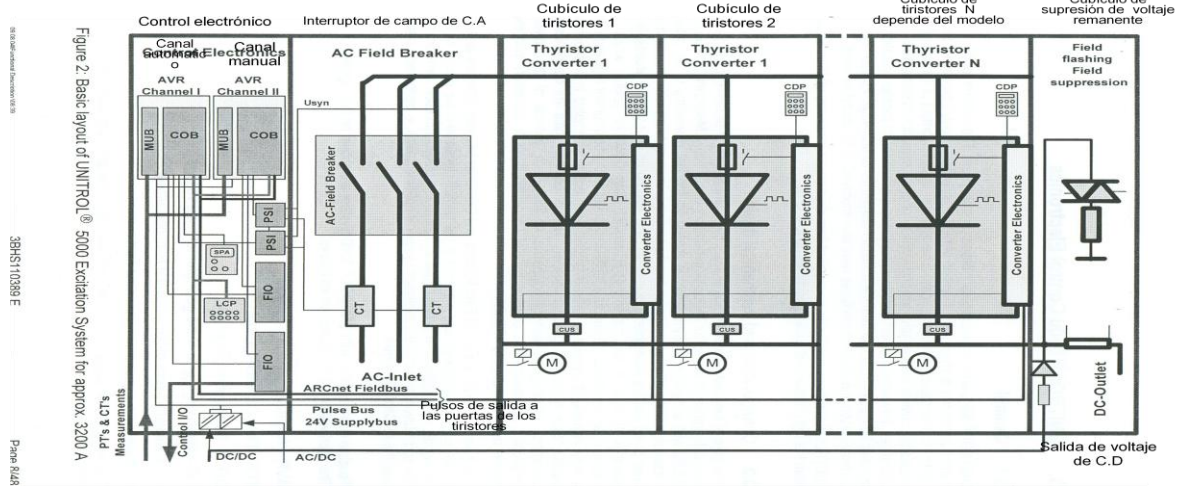


Fig 2.7.-. Disposición básica del Unitrol 5000 de 3200 A

## SECCIÓN DEL CONVERTIDOR PUENTES DE TIRISTORES

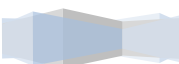
Cada una de las unidades de mando UN 0663 del canal Automático y del canal MANUAL suministra 6 señales de impulso de encendido para operación de los puentes de convertidores de 6 impulsos. Las señales, de impulso de pequeña potencia de estas unidades de mando se amplifican en las etapas intermedias de impulsas ON 0096.

El equipo del convertidor lo conforman 3 bloques independientes G31, G32, G33 y cada bloque compone un puente completamente controlado. En el caso de falla de un puente o bloque, Los restantes están capacitados para asumir la corriente total del circuito de excitación. En operación normal, todos los bloques están en servicio y trabajando en "paralelo" Si se presenta la falla de 2 puentes de tiristores, entonces el circuito de excitación se desconecta y dispara. El conjunto convertidor puede sobrecargarse durante un periodo de tiempo corto con una corriente mayor a la nominal. Esta sobre corriente transitoria se limita en operación AUTOMATICA por el limitador de corriente máxima de campo.

Cuando en un bloque se presente alguna falla que ponga en peligro la operación segura y confiable del mismo o que pueda causar daños secundarios, este bloque se desactiva automáticamente, es decir, se bloquearan los pulsos de encendido del puente de tiristores con la falla.

Ello puede suceder en caso de:

- ◆ Fusión de un fusible de un tiristor.
- ◆ Falla. en la etapa final de pulsos.
- ◆ Falla en la alimentación o en el propio ventilador.
- ◆ Falla o potencia insuficiente del flujo de aire del ventilador, censado por el Interruptor de presión de aire de enfriamiento.





- ◆ Fusibles fundidos en la protección de sobre tensión de c. a.

#### INTERRUPTOR DE CAMPO (YU103).

El interruptor de campo instalado en el circuito de campo sirve para separar el circuito del rotor del equipo convertidor. Este dispositivo sirve para desconectarla maquina sincrónica cuando se encuentra a plena carga y se presenta la condición máxima de cortocircuito trifásico. Además de los contactos principales, el interruptor de campo posee un contacto des excitación con el cual se puede disipar la energía térmica y eléctrica acumulada en el rotor a través de la resistencia de desexcitación.

El interruptor de campo se cierra por la fuerza. Electromagnética y un gatillo mecánico mantiene el interruptor en la posición de cerrado. El gatillo se libera mediante la activación de la bobina de disparo y, entonces el interruptor abre.

#### TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN.

El transformador de excitación toma el suministro de c.a. para alimentar al conjunto rectificador que alimentará a los circuitos de la electrónica y protección del sistema de excitación. Sirve igualmente como una reactancia de conmutación para el convertidor (puentes de tiristores).

### PUESTA EN SERVICIO MODO AUTOMATICO

#### 1) Condiciones previas

- ◆ El interruptor de la quebradora de campo debe estar en la posición abierto (luz verde encendida). y operada la alarma correspondiente.
  - ◆ El selector MANUAL - AUTO debe estar en la posición AUTO.
  - ◆ Se debe tener rodando el turbo grupo a la velocidad de sincronismo (3600 r.p.m.)
- 2) Cerrar la quebradora de campo (enciende luz roja y se apaga la luz verde) aumentando el voltaje a la salida del generador hasta 20 KV.
- 3) La alarma de "quebradora de campo abierta" debe restablecer. Nota En esta condición, el voltaje y los reactivos de la unidad se ajustaran por medio del interruptor "control regulador de voltaje automático" .

#### PROTECCIONES

Los dispositivos de protección del sistema de excitación tienen la misión de desconectar la excitación (de forma rápida) en el caso de algún peligro en el transformador de excitación, el conjunto convertidor o en el alternador.



DESCRIPCIÓN OPERATIVA.

El equipo de excitación estático regula la tensión (y/o el flujo de potencia reactiva durante la operación en paralelo) de la maquina síncrona (alternador) por la influencia directa de la corriente del rotor (corriente de campo) mediante convertidores de potencia (estáticos) de tiristores.

Toda la instalación puede subdividirse en 4 grupos principales:

- ◆ Transformador de excitación.
- ◆ Unidad de regulación y de mando ER.
- ◆ Convertidor EG
- ◆ Equipo de cebado en tensión y dispositivo de desexcitación EE
- ◆ En el caso de la excitación en derivación, la potencia de excitación.

La desexcitación puede subdividirse en las fases siguientes

- a) El convertidor se dirige hacia su posición límite de ondulador (posición mínima), el interruptor de campo recibe la orden de apertura.
  - b) El contacto de des excitación se cierra y aplica la tensión de campo a la resistencia de des excitación.
  - c) Inmediatamente después, los contactos principales empiezan a abrirse en el interruptor de campo
- a) La corriente de campo disminuye con una determinada constante de tiempo.

La figura muestra una curva típica de potencia de una maquina de polos salientes con sus correspondientes limites de operación para condiciones estables y con 1 p.u. de voltaje Terminal.

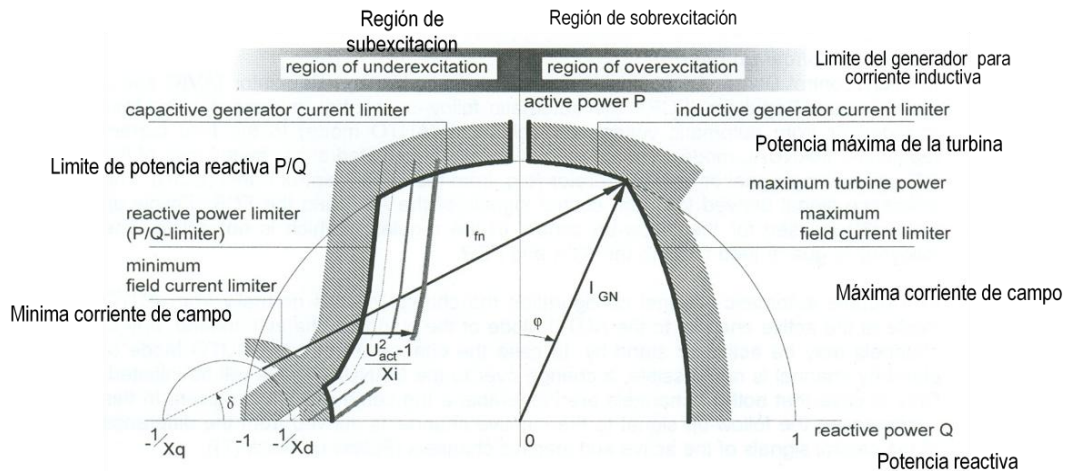


Fig. 17: Power chart of a salient pole synchronous machine

Fig 2.8.-Curva de límites máximos de operación para generadores de polos lisos



El sistema de excitación Unitrol 5000 provee limitadores con las siguientes funciones:

- Limitador de sobreexcitación OEL.
- Limitador de corriente máxima de campo.
- Limitador de corriente de sobreexcitación del estator.
- Limitador de subexcitación MEL.
- Limitador P/Q .
- Limitador de corriente de subexcitación del estator.
- Limitador de mínima corriente de campo.

Nota: En resumen, se puede decir que el regulador automático de voltaje debe realizar las siguientes funciones

- ◆ Permite llevar al generador al voltaje adecuado para realizar su sincronización y mantenerlo estable cuando este se sincronice al sistema.
- ◆ Una vez sincronizado el generador al sistema, permite controlar la generación de reactivos dentro de sus límites de operación, ayudando a mantener un voltaje adecuado y estable en el generador.
- ◆ El RAV mantiene el voltaje del alternador, dentro de los límites de seguridad, durante disturbios y condiciones anormales de operación, mediante limitadores y señales adicionales para el control y supervisión del sistema de excitación

**Lo que ocurre cuando se varía el voltaje de excitación de referencia estando en servicio el generador sincronizado al sistema, es que varía la aportación o consumo de potencia reactiva, del generador al sistema.**





## 2.6 Equipos Auxiliares

Los sistemas auxiliares son necesarios para la correcta operación del generador y por tanto hacerlo confiable para el sistema interconectado nacional

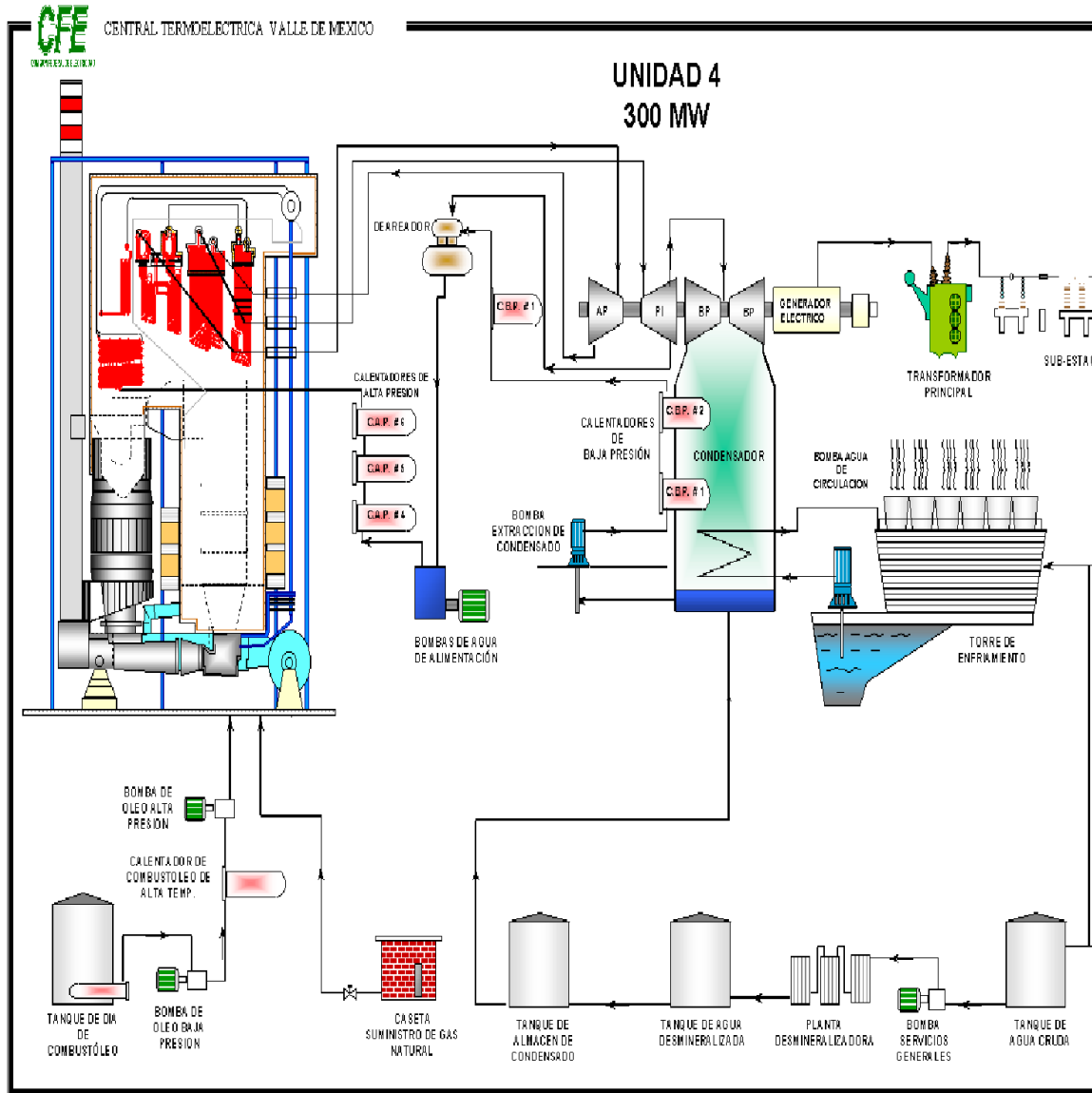


Fig 2.9.- Diagrama del ciclo Rankine se observan los equipos auxiliares necesarios para la generación de energía eléctrica.

### 2.6.1. Curva De Capabilidad.

Los cambios en la corriente de excitación a su campo, se reflejaran como variaciones de la tensión de generación. Al incrementarse la corriente de excitación se incrementa la tensión en terminales, y viceversa. Una variación en la corriente de excitación se manifestara en el sistema como una variación en la potencia reactiva.

Si la corriente de excitación aumenta se “vera” en terminales del generador una potencia reactiva que “sale” (ó “entra menos”). Si la corriente de excitación disminuye, se “vera” en terminales del generador una potencia reactiva que “entra” (ó “sale menos”).

Se establece la relación entre la potencia reactiva y la potencia activa para una condición operativa dada. La operación de un generador en un sistema de potencia, está determinada por una curva que relaciona las magnitudes de la potencia activa y reactiva

*El concepto es un anglicismo y que podría ser traducido como la “habilidad” que tiene un generador de operar a diferentes cargas. En esta curva se muestran los límites operativos del generador para cualquier condición operativa que le demande el sistema*

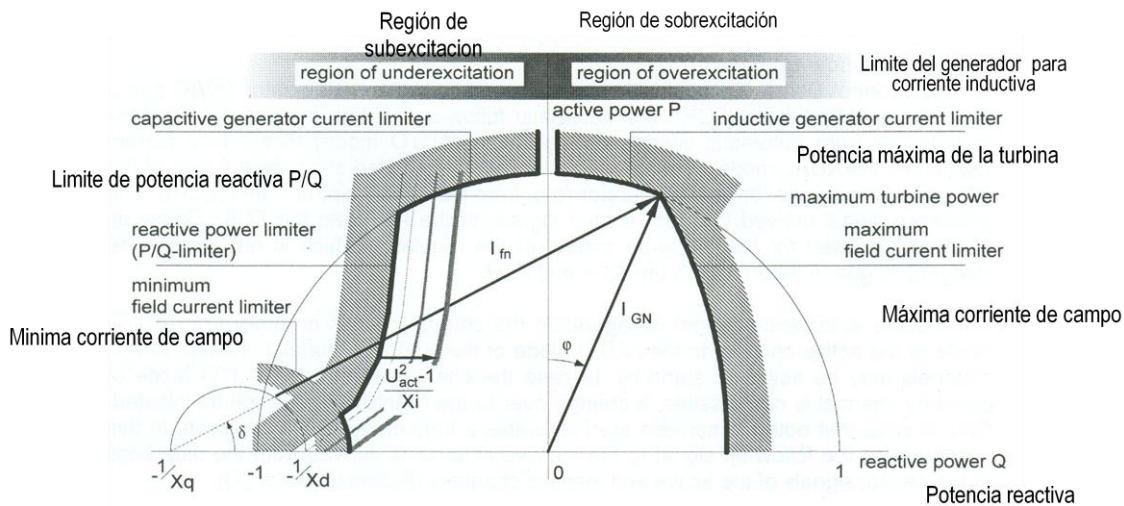


Fig. 17: Power chart of a salient pole synchronous machine

Fig 2.10.-Curva de capacidad

### 2.6.2. Sistemas De enfriamiento al generador

El enfriamiento del estator y del rotor del generador eléctrico se efectúa con gas hidrógeno, ya que este posee baja densidad y propiedades superiores para enfriar con respecto al; su densidad es 14 veces menor que la del aire, por lo que se reducen las pérdidas por fricción y siendo su conductividad térmica, mayor que la del aire y su poder de transferencia de calor es de aproximadamente 50% mejor, resulta adecuado para el enfriamiento de los devanados de generador. Sin embargo, el uso de este gas implica el tener los dispositivos necesarios para su manejo y control ya que es extremadamente peligroso al mezclarse con el aire, formando mezclas explosivas, y Por la tanto, es necesario evitar su contacto directo con el aire.

Para elevar la vida útil del aislamiento de cualquier parte del equipo eléctrico del generador, es necesario operarlo siempre dentro de los límites de temperatura permisibles para los cuales fueran diseñados.

El hidrógeno circula formando un sistema cerrado, debiendo poner únicamente la cantidad necesaria para mantener la presión en el sistema. Esta pérdida de presión es ocasionada por fugas que se tienen presentes ya que el sistema no es completamente hermético.

El suministro de hidrogeno al generador eléctrico, comienza en la estación de suministro de un cabezal de inyección para hasta 6 cilindros de hidrogeno. El gas pasa atravez de la válvula reguladora, las válvulas de bloqueo y regulador de presión, que mantiene la presión en el sistema de suministro en 3 kg/cm<sup>2</sup>. Las válvulas de desvío se operan en caso de falla del regulador, finalmente el hidrogeno pasa atravez de los filtros y llega al tubo de distribución que lo alimenta a lo largo del generador proporcionando un enfriamiento uniforme al mismo.

Para la operación del sistema se cuenta con el apoyo de un analizador de gases el cual se emplea en los periodos de llenado o barrido de gases en el alternador y cuenta con escalas para la medición en porcentaje del gas bióxido de carbono o CO<sub>2</sub>, aire e hidrogeno en el mismo además un medidor de flujo

El secador de gases en forma continua toma una parte de alta presión del generador, le elimina la humedad y retorna a la toma de baja presión del mismo. El sistema cuenta también con un indicador de presión y un medidor de pureza de hidrogeno y del CO<sub>2</sub>.

### Componentes

#### Enfriadores de hidrogeno

Consisten de un grupo en haz de tubos con aletas exteriores, con planchas de apoyo intermedias y cabezales en cada extremo dispuestos dentro de una armazón de acero. Estos enfriadores se montan en posición vertical en cada esquina del generador en forma simétrica con las conexiones del agua de refrigeración fuera de la carcasa del Generador.

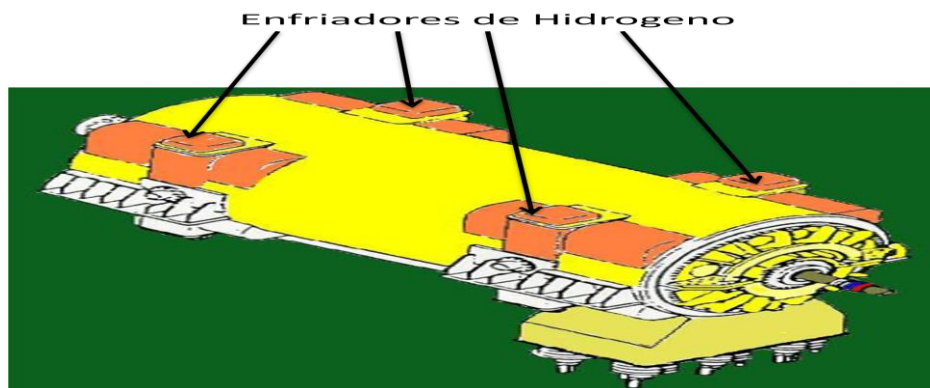


Fig 2.11.-. Posición de los enfriadores en un generador

Cada uno de los 4 enfriadores cuenta con una línea de suministro de agua, y otra de descarga, 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. 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, en cada una de sus cajas de agua inferiores y un venteo, en su caja de agua superior

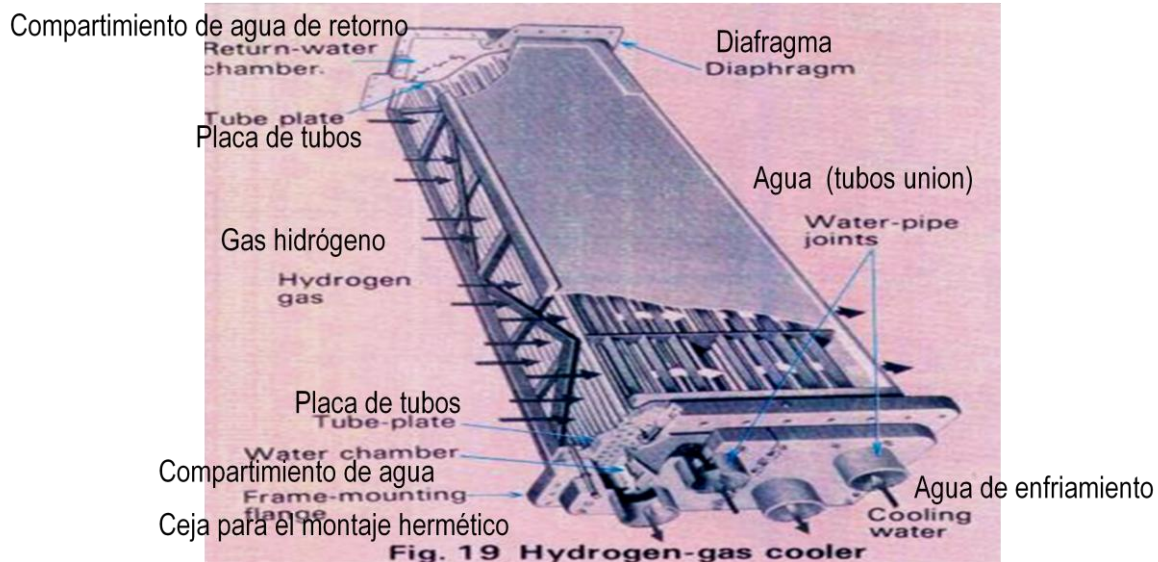


Fig 2.12.-. Partes de un enfriador de hidrógeno

### Secadores de hidrogeno

Es un recipiente que consta de una resistencia eléctrica y de sílica es, la resistencia eléctrica es para suministrar calor para la regeneración de la sílica esta última es de un compuesto orgánico con las características del oxido de aluminio y que tiene las propiedades de absorber la humedad contenida en el hidrogeno pero hasta cierto límite.

Cuando la sílice se satura de humedad, el color de la alúmina se torna rosa y es cuando se requiere ponerla en proceso de regeneración hasta desecarla totalmente. Cuando la alúmina está seca volverá a su color normal que es el azul.

### Condiciones previas

- ◆ No tener licencia alguna sobre el equipo
- ◆ Mantener normalizado el sistema de agua de circulación
- ◆ Tener girando en torna flecha el turbogenerador
- ◆ Contar con la disponibilidad de un mínimo de 20 cilindros de gas CO2
- ◆ Para el caso del llenado con gas hidrogeno, entonces contar con al menos 20 cilindros de gas hidrogeno
- ◆ Disponer del analizador de gases previamente calibrado.

### SISTEMA DE LLENADO Y EXPULSIÓN DE GASES U-4

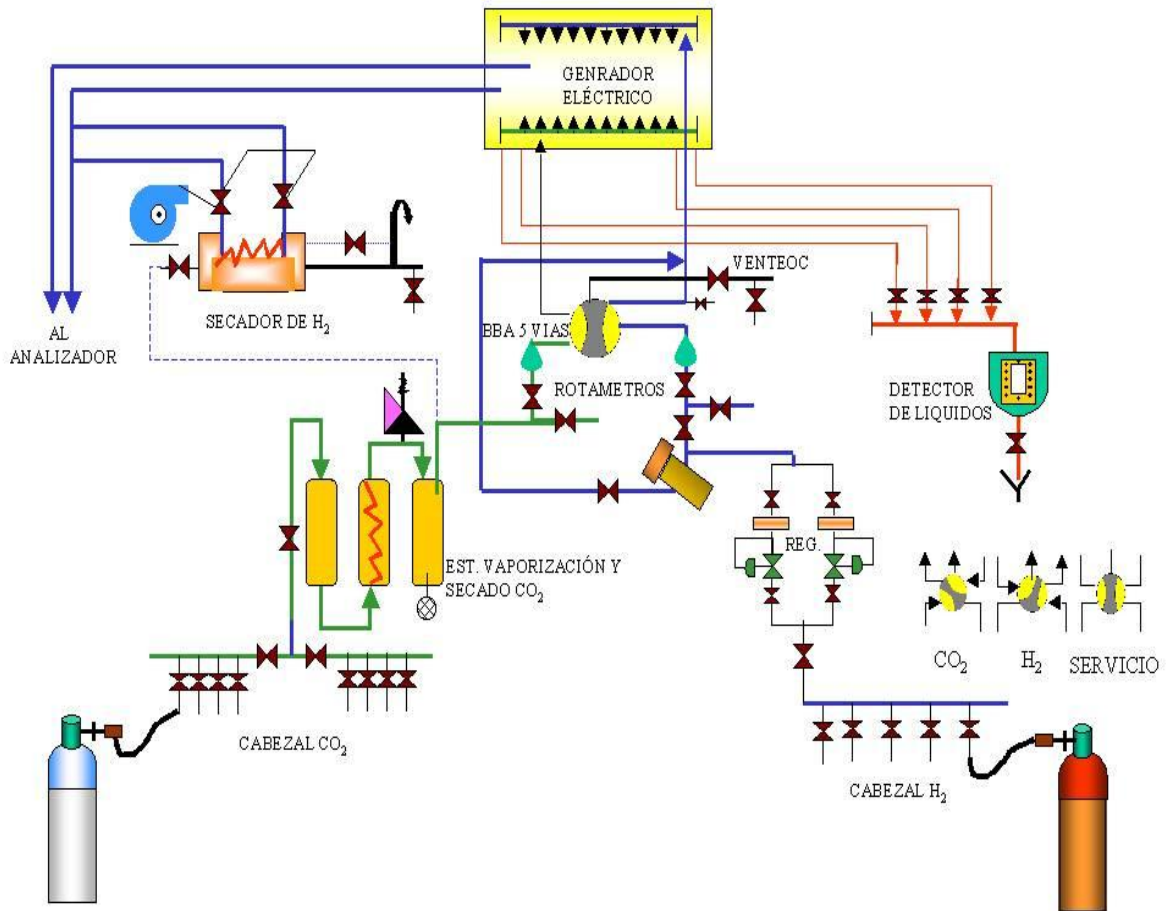


Fig 2.12.- Sistema de gases (hidrógeno, bióxido de carbono y aire )

#### Enfriamiento al estator por agua

En generadores de grandes potencias no solo es suficiente con el enfriamiento de los devanados del generador eléctrico por medio del gas hidrogeno sino que se requiere del auxilio de otro medio adicional que contribuya, al adecuado enfriamiento de tales aislamientos. Debido a que también en cuestiones de diseño los devanados del estator serian de un gran tamaño, las actuales construcciones utilizan el método de barras huecas en cuyo interior de las cuales se hace circular agua con características especiales, esta es, des ionizada y de baja conductividad. La ventaja de usar este tipo de enfriamiento estriba en el hecho de que las pérdidas se eliminan en el mismo lugar donde ocurren y, al mismo tiempo, la resistencia generada por el calor en el aislamiento entre el cobre y el fierro se hace inefectiva. Esto es, para que los generadores eléctricos con potencias superiores a los 250mw dispongan de un rango de sobrecalentamiento dentro de los límites permisibles de operación y también resulte económico su funcionamiento.



## **Componentes y su función.**

### **Bomba principal de c.a.**

La función principal de esta bomba es la suministrar, el flujo de agua desmineralizada suficiente para realizar el enfriamiento de los devanados del estator.

El agua que se usa para este sistema debe ser desonzada con el objeto de evitar la. Posible conducción y cortocircuito a través de la misma. Además otra de sus funciones es la de proporcionar un enfriamiento adicional a los devanados del generador y de este modo incrementar la eficiencia de la unidad generadora.

El agua de enfriamiento se hace pasar por las barras huecas de los devanados del estator los cuales le transfieren el calor desarrollado por la corriente eléctrica a través del cobre.

### **Bomba auxiliar de c.a.**

Al igual que la bomba principal, la bomba auxiliar suministra el agua requerida manteniendo un flujo que sirve para eliminar las pérdidas por calor que se tienen en los devanados del estator.

El interruptor de mando de esta bomba se posiciona en AUTO para que se tenga como respaldo en el caso de que llegue a fallar la bomba principal y entre en servicio sin que en ningún momento se queden sin enfriamiento los devanados del alternador

### **Bomba de emergencia de c.d.**

La bomba de emergencia, tiene su alimentación del bus de 250 volts de c.d. y es el 2do. Respaldo en el suministro de agua para enfriamiento en el caso de que se tenga falla. Alguna en las 2 bombas de c.a. o si ocurriese una pérdida de potencial en la unidad.

### **Válvula de control de presión diferencial.**

Esta válvula tiene como funciones la de mantener una presión diferencial entre el agua desmineralizada que fluye por el circuito y el gas hidrogeno que circula en el interior del generador eléctrico.

Además nos proporciona el flujo de agua necesario para realizar el enfriamiento adecuado de los devanados del estator. La señal de presión la toma del cabezal de entrada de agua hacia las barras del estator y compara como se menciona anteriormente la señal del agua de enf. Con la señal del gas hidrogeno.

### **Tanque de expansión.**

Su objetivo es la de proporcionar el nivel de agua requerido para la succión de las bombas. También nos proporciona el medio para que soporte las contracciones o dilataciones que se tengan en el agua por el efecto de los cambios en la presión y temperatura de la misma.





### Enfriadores de agua.

Este es un intercambiador de calor de tipo superficie y la finalidad del mismo es la de enfriar de modo indirecto el agua tratada que se emplea en este circuito. Por el interior de los tubos del enfriador pasar el agua negra la cual absorber el calor transferido por el agua desmineralizada. En el sistema se cuenta con 2 enfriadores, siendo uno de uso normal y el otro de reserva teniendo ambos una capacidad de enfriamiento del 100%.

#### Filtros

El circuito de enfriamiento de los devanados del estator también cuenta con 2 filtros dúplex uno de malla fina o otro normal y que se encuentran después de la descarga de las bombas. Su función es la de retener las posibles partículas sólidas que pudiesen estar contenidas en el agua tratada.

#### Intercambiador iónico

La finalidad de este equipo es la de proporcionar un tratamiento química al agua dado que se requiere que dicha agua sea de ciertas condiciones especiales. En este, mediante el uso de una resina se le retiran los iones al agua reduciendo a un mínimo su conductividad eliminando la capacidad conductora del agua para no presentar el riesgo de algún posible cortocircuito en los devanados del estator.

#### Operación del sistema.

El agua que se emplea para este sistema debe de reunir ciertas características especiales, esto es, no debe ser eléctricamente conductora. Con el fin de asegurar una correcta operación a altos voltajes, la conductividad no debe de exceder de 1 - 2 mmhos

Esta condición sólo se cumple si se suministra agua desmineralizada al sistema y la cual denominaremos posteriormente como agua tratada de circulación dentro del circuito cerrado que forma.

El sistema cuenta con 2 bombas de c.a. una de uso normal y la otra de reserva y con una de respaldo compuesta por la bomba de c.d.

Las perdidas por el calor de los devanados del estator se disipan en los enfriadores de agua-agua del sistema de enfriamiento. Antes de entrar el agua desmineralizada al interior de los devanados del estator, esta pasa a través de un filtro en donde retiene algunas de las partículas que estén contenidas en el agua y además reduce los efectos de una posible contaminación del sistema con el agua negra de enfriamiento.

El agua desionizada continua su paso por cabezales y tubos (cubiertos interiormente con aislamiento de telón) hasta llegar a las barras de los devanados. El sistema se encuentra aislado del contacto con el medio ambiente exterior pero en su interior se ha sometido a una presión de hidrogeno ligeramente mayor a la del agua y, por lo tanto, esta agua está libre de oxígeno pero saturada en hidrogeno.

Se hace pasar una pequeña cantidad del flujo de agua a través de una derivación hacia un intercambiador de iones en donde y de forma permanente, se le proporciona un tratamiento químico.



En el caso muy especial de que se tuviera una pérdida total del flujo de agua tratada, entonces la unidad se pone f/s automáticamente luego de transcurrir 60 segundos al operar el interruptor el cual también manda señal de apertura al interruptor de máquina y al equipo de excitación dentro de su lógica de operación

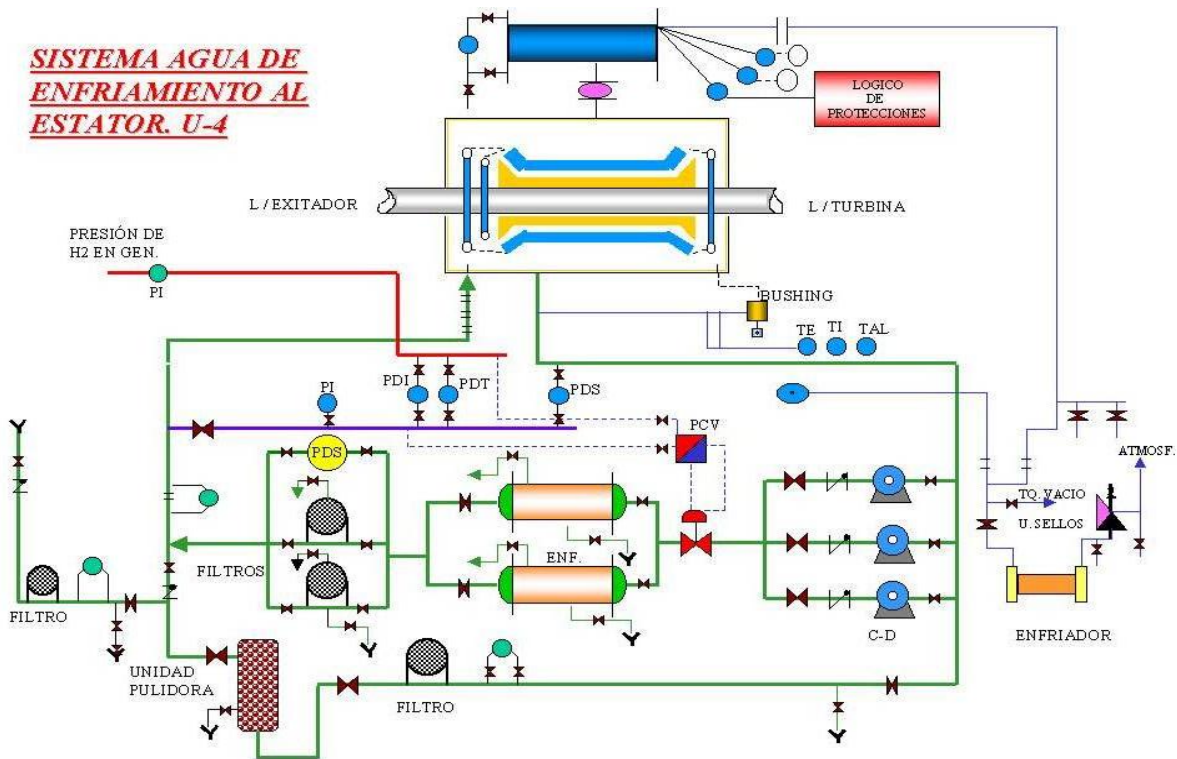


Fig 2.13.- Sistema de agua de enfriamiento a los devanados del generador electrico



### 2.6.3 Sistema De Aceite De Sellos

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 cubierta del generador), un dispositivo de sellado 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.

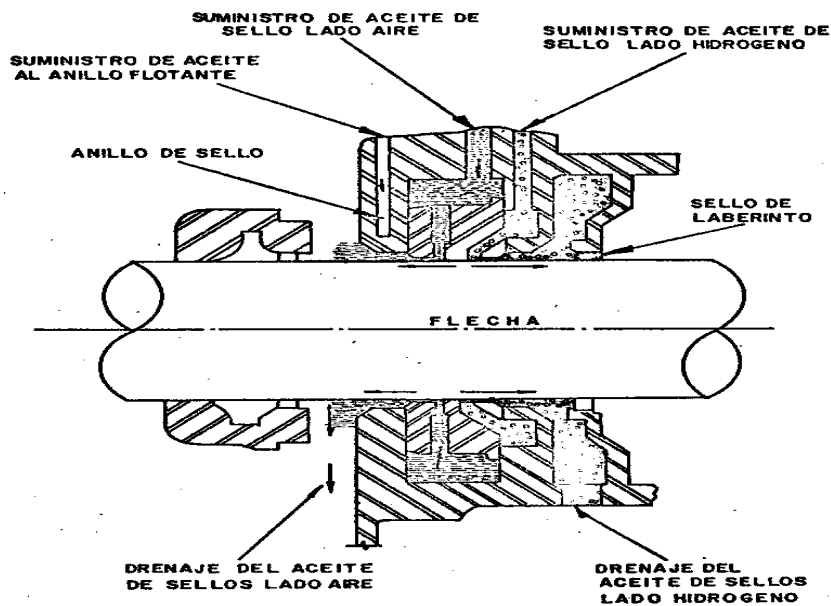
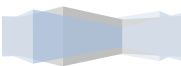


FIG. NO. 2-f

Fig 2.14.- Acción del sistema de aceite de sellos sobre chumacera y flecha del rotor del generador

El dispositivo de sellado, recibe normalmente 2 suministros de aceite, denominado uno aceite de sellos lado aire y el otro aceite de sellos 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 atmósfera y la entrada de aire al generador a través del aceite.

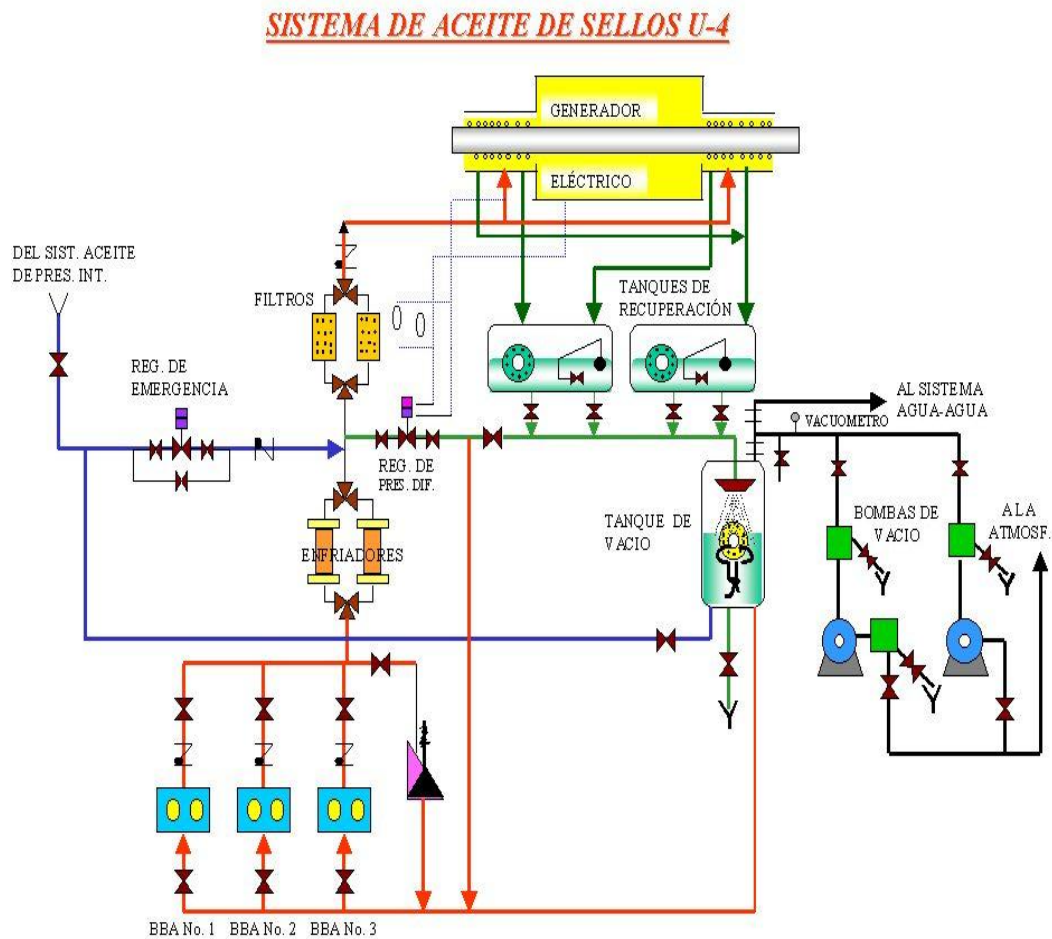


Fig 2.15.-

.Sistema de aceite de sellos y sus componentes

*Descripción del equipo del sistema de aceite de sellos.*

1 El gas hidrogeno por las características que posee, se utiliza actualmente para el enfriamiento de los devanados del alternador en generadores de gran capacidad además de un sistema adicional que se usa para el enfriamiento de los devanados del estator por medio de agua desmineralizada en circuito cerrado.



Las características que posee el hidrogeno son:

- Es más fácil de manejo que otros.
- Posee mayor capacidad de absorción de calor.
- Es más ligero que el aire.
- Es más económico ya que no es necesario usar equipo muy voluminoso.

*Como una desventaja que presenta es que en condiciones con el aire en una reacción de (siete a uno), forma una mezcla altamente explosivo y por consiguiente peligrosa.*

Es por esto que se dispone de un sistema cerrado de aceite que es suministrar por medio de las bombas de la unidad de aceite de sellos hacia los espacios axiales (sellos mecánicos) en la flecha y en ambos extremos del generador, formando una película suficiente para sellar y evitar la fuga al exterior del gas hidrogeno.

#### DESCRIPCION:

Se cuenta con un sistema de suministro de emergencia a los sellos del generador, (proviene del sistema de lubricación a chumacera del turbogenerador), a través de la válvula reguladora, también de este suministro se tiene una derivación para reposición de aceite hacia el tanque de vacío por medio de una válvula.

En condiciones normales de operación las bombas de aceite de la parte inferior del tanque de vacío y la bomba principal descarga el aceite a (4 a 5 Kg/Cm<sup>2</sup>) y el excedente de aceite retorna a la succión de la bombas o al tanque de vacío por medio de la válvula de alivio.

El aceite descargado pasa posteriormente a través de una válvula reguladora de presión diferencial que recibe dos señales (una del aceite a la llegada a sellos y otra del gas hidrogeno de la parte interna del generador calibrada de tal manera que mantenga la presión diferencial constante en 0.06 Kg/Cm<sup>2</sup>, mayor la presión del aceite que la del gas hidrogeno.

El aceite pasa luego a través de la válvula de 3 vías para que esta de acuerdo a la posición seleccionada envíe el aceite a través del enfriador y luego en un arreglo semejante pasara el aceite a través del filtro donde se le eliminan las impurezas sólidas que contengan y continuara hasta llegar a las cámaras de los sellos.

Aquí el aceite forma una película entre los claros formando por los anillos y la flecha en ambos lados de la cámara (lado aire y lado hidrogeno), evitando con ellos que el hidrogeno pase a lo largo del sello y escape a la atmósfera. El dren de aceite se divide en 2 secciones de la cámara inferior (lado aire y lado hidrogeno) una de ellos drena hacia el compartimento separador de aire – aceite y la otra descarga hacia el compartimento separador de gas hidrogeno – aceite.

Los drenajes de ambos tanques de vacío en donde por medio de la bomba de vacío en donde por medio de la bomba de vacío se extraen el aire e hidrogeno que contenga el aceite y es expulsado hacia el exterior de casa de máquina, quedando el aceite liquido en la parte baja del tanque de vacío.





## Componentes y función

### TANQUE DE VACIO:

El propósito de este tanque es el de separar el hidrogeno y el aire que vienen contenidos en el aceite, por medio de la bomba de vacío extraerlos y sacarlos a la atmósfera, quedando el aceite purificado para que pueda volver a ser usado en el sistema de sellos.

### BOMBA PRINCIPAL DE C.A.

Esta bomba es de tipo tornillo y tiene una capacidad de envío de 10 veces más para las partes a sellar, el exceso de esta cantidad de aceite, es retornada a la succión de las bombas por medio de una válvula de alivio.

Su función básica es la de suministrar el aceite a la presión necesaria para los sellos en la flecha del generador en condiciones normales de operación.

Se tienen dos bombas de C.A, de características similares, una de ellas trabaja en operación normal y otra esta de reserva y en automático para que en caso de baje a menos de  $0.30 \text{ Kg/Cm}^2$ , la presión diferencial, esta arranque automáticamente, actuando la alarma de falta presión aceite de sellos “(parar turbina)” al mismo tiempo se energiza el relee temporizado de disparo, es decir que la presión diferencial debe normalizarse dentro de este tiempo para evitar un disparo de unidad.

### Bomba aceite de sellos de emergencia.

Esta bomba es del tipo de engranes y es, movida por un motor de corriente directa su función principal es la de suministrar el aceite de sellos en el caso de una falla en las bombas de corriente alterna.

Cuenta con un interruptor de presión calibrado de tal manera que cuando presión diferencial sea de  $0.20 \text{ Kg/Cm}^2$ , entrara automáticamente, actuando la alarma “falla presión aceite de sellos” para turbina.

Si no se logra restablecer la presión y las bombas de corriente alterna, es necesario parar la unidad ya que de que fallar la bomba de corriente directa por la válvula (FSV-9300) la cual abre solamente al encender el disparo de turbogenerador por baja presión de aceite de sellos (relee temporizado).

### Bomba de vacío.

La bomba de vacío es del tipo rotativo y tiene como función impulsar al exterior los vapores condensables como lo son del: agua, los solventes orgánicos y los gases. Se tiene otra bomba de vacío la cual se mantiene de reserva para en caso de falla de la primera. Para tratar de mantener, siempre  $100 \text{ mm de HG}$ , en el vacuometro en operación normal. Durante el arranque inicial y con turbina parada se recomienda mantener un vacío de  $300 \text{ mm de HG}$ .



## Regulador automático de la presión de aceite

El regulador es esencial una válvula reguladora con la cual se mantiene una presión de aceite en los sellos de la flecha, más alta que la presión del hidrogeno en el interior del generador esta presión al ser mayor, evita que el gas hidrogeno se fugué al exterior.



Fig 2.16.- Sistema de aceite de sellos

La válvula está constituida por dos fuelles en la parte interna y presiona directamente el aceite de sellos y por la parte externa de fuelle la presión de hidrogeno, por medio de un tornillo e ajuste se acciona un resorte el cual ara el trabajo de regulación para aumentar o disminuir la presión diferencial la cual se recomienda mantener a  $0.60 \text{ Kg/CM}^2$  arriba la presión del aceite sobre la del gas hidrogeno. El propósito de regular este resorte es para mantener las características elásticas de los fuelles a un valor constante.

El aceite de sello que regresa conjuntamente con el aceite de lubricación del 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 hidrogeno, 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 re circulando una parte del aceite de descarga hacia la succión de la bomba a través de la válvula manual, para que después de que el aceite paso por el enfriador y por el filtro, las válvulas, Se encarguen de darle el ajuste final de tal forma que la presión sea igual a la del aceite lado aire, lleguen al anillo de sello y fluye a través del 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 hidrogeno 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 hidrogeno 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 el, evita que el hidrogeno 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.

#### 2.6.4 Protecciones De Generador

Los tres equipos principales que se utilizan en una central generadora son la caldera la turbina y el generador eléctrico. En este tema les daremos relevancia a los dispositivos de protección que se emplean tanto en la turbina como en el generador eléctrico; Estos dispositivos los veremos en tres partes que son:

- \* Supervisorio de turbina.
- \* Protección de turbina.
- \* Protección de generador.

Cabe señalar que también se le dará al participante un resumen de lo que el sistema de excitación, por lo que es este tema una importante herramienta de consulta e información relevante.

#### SUPERVISORIO DE TURBINA

Durante la operación de las turbinas de vapor, se requiere mucho mayor supervisión de las mismas por parte de los operadores, puesto que los cambios de las condiciones de vapor (presión, flujo y temperatura) dentro de la turbina ocasionan que. Los huelgos, la fuerza de empuje, las vibraciones y la expansión térmica de los componentes se vean afectados. Cualquier cambio insignificante en la operación debe ser observado.

Dificultades ligeras de operación dentro de la turbina si no son detectadas, pueden llevar a serios daños. En muchos casos esos casos pueden ser de modo gradual y que el operador no advierta que dichos cambios están efectuándose, a menos que un registro continuo esté disponible para análisis posterior.

Los operadores son dependientes de los instrumentos, que les mostrará de las condiciones internas y los previene de cualquier evolución anormal. Adicionalmente a la información obtenida de la familia de instrumentos o indicadores de temperaturas, distribución de presión, etc., hay por lo menos 8 factores que son extremadamente importantes en el arranque y operación de la turbina. Existen instrumentos que están disponibles para registrar e indicar las siguientes variables:

1. Excentricidad del rotor cuando arranca.
2. Expansión térmica (rotor y carcasa).
3. Expansión diferencial entre las partes rotatorias y estacionarias.





4. Posición de la flecha relativa a los elementos estacionarios.
5. Magnitud de las vibraciones de la flecha.
6. Posición de las válvulas de gobierno.
7. Velocidad.
8. Diferenciales de temperatura.

#### EXCENRICIDAD

Cuando la turbina se pone fuera de servicio, el vapor caliente se deposita en la parte media superior de la carcasa, manteniendo en estado caliente la parte media superior del rotor, debido a que la parte inferior del mismo tiene influencia de enfriamiento por el condensador principal en forma directa, así como por los drenes de las extracciones y de la turbina esto hace que haya una distribución desigual de temperaturas, entre la parte media superior e inferior, lo cual da como resultado una flexión o excentricidad del rotor o flecha, y con ello la reducción de los huelgos radiales. Para reducir la flexión total, se hace girar el rotor lentamente con el torna flecha, a una velocidad de 47 R.P.M. mientras la unidad es enfriada uniformemente, la alarma opera en .05 milésimas

La flecha de la unidad debe ser rodada y mantenida a baja velocidad 400 R.P.M. mientras las partes son uniformemente calentadas y la flecha es enderezada.

#### EXPANSIÓN DE CARCAZA.

Cuando se arranca la turbina de una condición de estado frío y se lleva a un estado caliente de carga del 100%, los incrementos de presión, velocidad y temperatura de vapor que se presentan en las carcasas, ocasionan que los coeficientes de transmisión de calor se eleven y por lo tanto que éstas se expandan.

La carcasa interna de la turbina de alta presión e intermedia, así como la de baja presión, están soportadas por sus respectivas carcasas exteriores, por medio de guías longitudinales y transversales, las cuales conducen su libre expansión (expansión volumétrica).

#### EXPANSION DIFERENCIAL

Cuando se admite vapor a la turbina, las partes rotativas y fijas se expandirán. Como se menciono anteriormente, si éstas se dilataran en el mismo régimen, no existiría ningún problema de expansión diferencial. Pero, por razón de geometría, masa y por la movilidad del rotor, hace que su coeficiente de transmisión de calor sea más grande que el de la carcasa; esto hace que el rotor se expanda más aprisa en los procesos de calentamiento (rodado y carga) y se contraiga más rápido en los procesos de enfriamiento (descarga). Si bien existen huelgos axiales entre las parte rotativas y estacionarias, que permiten la expansión diferencial en la turbina hasta cierto grado, pueden ocurrir rozamientos entre estas partes si se exceden los límites de expansión diferencial permisibles, siendo éstos en los primeros pasos de la turbina de baja presión.

Recordando lo que ya se mencionó en el tema de expansión de carcasa, que la carcasa de T.A.P., está acoplada rígidamente a la carcasa base de la turbina de baja presión y con libertar de expansión hacia y con el pedestal del gobernador.





El pedestal de la chumacera de empuje, está rígidamente unido al pedestal del Gobernador, en esta forma el extremo libre de la carcasa y el rotor se desplazarán siempre juntos y el rotor tendrá libertad de expansionarse hacia la zona del generador.

Cuando se reducen los tiempos de arranque e incremento de carga se producen grandes cambios de temperatura en la turbina, lo que provoca que el rotor se dilate antes que la carcasa, dando como resultado una ALTA EXPANSION DIFERENCIAL o "rotor largo". Al efectuarse decrementos de carga rápidos, que provocan que la temperatura del vapor en turbina descienda en forma brusca, ocasiona que el rotor se contraiga antes que la carcasa provocando la BAJA EXPANSION DIFERENCIAL ó "carcasa larga".

De lo anteriormente visto se puede concluir que, tanto en una alta como en una baja expansión diferencial se corre el riesgo de agotar los huelgos axiales y por lo consiguiente de rozamiento inminente.

Expansión diferencial 50% (+1.5), 100% (+1.75), alarma +5, hacia el generador -4.75, menos hacia al frente estándar.

#### POSICION DEL ROTOR

En las turbinas de reacción no existen las ruedas; los árabes móviles están montados sobre tambos ó ejes sólidos, que según su diseño pueden recibir un empuje considerable por la diferencia de presiones que actúan sobre él. Como en los álabes móviles el vapor se expansiona, se produce una diferencia de presiones entre la entrada y la salida de la rueda de álabes, ocasionando un empuje de tal magnitud que hay que disponer de pistón 6 pistones de equilibrio que sirvan para compensar este empuje axial.

Aún cuando existen arreglos de turbinas de flujos opuestos, éste empuje no es balanceado totalmente, por lo que siempre existe una fuerza resultante que tiende a desplazar axialmente el rotor. Para mantener la posición axial de la flecha de la turbina, respecto a las partes estacionarias de tal manera que no haya rozamiento, las turbinas están provistas de una chumacera denominada "chumacera de empuje", compuesta por un collar y zapata de empuje.

La posición del rotor debe ser aproximadamente igual para cada condición dada (carga, presión temperatura del vapor principal, vacío, etc.). Cualquier variación en la posición establecida por la chumacera de empuje, puede significar una carga excesiva o desgaste de la misma y debe investigarse en forma inmediata, -0.3 MILÉSIMAS y más 0.7 MILÉSIMAS (alarma -0.6 MILÉSIMAS, +0.95 MILÉSIMAS).

#### VIBRACIONES

Se llama VIBRACION MECANICA de un sistema que posee masa y elasticidad, al movimiento que se repite en un intervalo de tiempo definido.







### VIBRACIONES LIBRES

Son movimientos en un sistema sobre el que actúan sus fuerzas interiores, tales como los pasos de los elementos componentes, muelles u otros componentes elásticos.

### VIBRACIONES FORZADAS

Son movimientos de un sistema sobre el que actúan fuerzas exteriores periódicas.

### VIBRACIONES TRANSITORIAS

Son movimientos que desaparecen con el tiempo Las vibraciones libres son de carácter transitorio.

### VIBRACIONES PERMANENTES

Son las que se repiten continuamente en función del tiempo. Las vibraciones forzadas son ejemplos de vibraciones permanentes.

### PERIODO

Es el tiempo que tarda en repetirse la vibración

### CICLO

Es cada repetición del movimiento completo, realizado durante el periodo.

### FRECUENCIA

Es el número de ciclos por unidad de tiempo

### FRECUENCIA NATURAL

Es la frecuencia de un sistema sometido a vibraciones libres.

### RESONANCIA

Son movimientos que aparecen cuando la frecuencia de las vibraciones forzadas coincide o por lo menos, se aproxima a la frecuencia natural del sistema ó a un múltiplo de ella. Vibraciones (50% carga 100% milésimas, 100% 380), alarma 50% 0.26, 100% 0.38, alarma 00.5 pulgadas.

### POSICION DE LAS VALVULAS DE GOBIERNO

Durante el proceso de arranque del turbogenerador, es deseable contar con un registro e indicación de la posición de las válvulas de gobierno, para poder determinar la velocidad en la cual se efectúa la transferencia del control de la misma (de válvulas de estrangulamiento a las de gobierno o de arco pleno a parcial), Cuando el generador está en línea, la posición de las válvulas será de utilidad, para tener un índice de la carga entregada al sistema.





## VELOCIDAD

Durante la operación normal del turbogenerador, se considera la velocidad del mismo casi constante, pero cuando existen pérdidas repentinas de carga o de generación, se presentan variaciones de velocidad muy pronunciadas, debido a estas situaciones es necesario contar con un registro permanente de esta variable, la cual permita supervisar la operación del turbo grupo, bajo condiciones de baja o alta velocidad que consumen la vida útil de los últimos pasos de la turbina.

Otro objetivo de medir esa variable, es el de supervisar la velocidad de rotación del rotor durante el proceso de arranque, y así poder controlar los escalones e incrementos de velocidad (durante el rodado) requeridos para efectuar el calentamiento adecuado de los componentes de la turbina, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

## DIFERENCIAL DE TEMPERATURAS PARTE SUPERIOR E INFERIOR CARCAZA EXTERIOR

La experiencia ha mostrado, que pueden ocurrir serios daños en las partes de alta temperatura de la turbina, como consecuencia de la entrada de agua a la misma, cuando ésta se encuentra caliente, rodando o en torna flecha. Cuando esto llega a ocurrir, resultan sobre esfuerzos y deformaciones de las cubiertas, fricciones en las partes internas y una flexión permanente del rotor, siendo necesario desensamblar la turbina.

Las posibles fuentes de agua son: líneas de vapor principal y líneas de RH recalentado frío (debido a las válvulas de atemperación de recalentado, que pueden fallar al cerrar), inundación de calentadores combinada con la falla de las válvulas de no retorno y corte, agua regresando hacia arriba en los drenes, tuberías no drenadas, etc. Como se ve, hay varias posibilidades e identificar la fuente resulta una tarea difícil. Para ayudar en la detección y corrección de esta clase de problemas, se ha provisto a la unidad con termopares, los cuales ayudan en la identificación de la presencia y posible fuente de agua. Estos termopares están arreglados en pares, uno arriba y otro abajo, en la cámara de la carcasa exterior.

## PROTECCIONES DEL GENERADOR

Los generadores, tienen características especiales que exigen esquemas de protección, distintos a los empleados por otros equipos que integran el sistema eléctrico. Algunas razones son las siguientes:

- ◆ Una falla en el generador generalmente es de carácter permanente, y su reparación requiere de tiempo y es costosa.
  - ◆ El margen de sobrecarga, o tolerancia para operar fuera de sus límites nominales, es menor en generadores que en cualquier otro equipo eléctrico
  - ◆ La gran importancia de los generadores dentro del sistema eléctrico.
- Debido a lo anterior, se justifica emplear protecciones lo más sensibles y completas posibles, que protejan al generador contra fallas internas y externas.





#### PROTECCION DIFERENCIAL DEL GENERADOR (87G).

La protección diferencial protege al generador, contra cortos circuitos entre fases del estator. Estas fallas pueden ser originadas por el deterioro del aislamiento en las bobinas del estator

#### PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA DEL GENERADOR (64G)

Esta protección detecta fallas a tierra en los devanados del estator, y es originada por el contacto de los devanados con las laminaciones del estator, al presentarse un bajo valor de aislamiento. Así como también detecta faltas a tierra en el bus ducto y devanados de los transformadores principal y auxiliar.

#### PROTECCION DIFERENCIAL DEL GENERADOR – TRANSFORMADOR PRINCIPAL (87GT).

Este revelador protege al grupo; generador, transformador principal y transformador auxiliar contra cortos circuitos entre fases de sus devanados, al presentarse falla en su aislamiento.

#### PROTECCION CONTRA DESBALANCE DE FASES (46G)

Esta protección impide el sobre calentamiento del rotor del generador, como consecuencia de corrientes des balanceadas a:

Fallas asimétricas en alta tensión, una fase abierta en algún circuito alimentado por el generador, o por cargas des balanceadas.

#### PROTECCION DE DISTANCIA (21G)

Este dispositivo protege al generador contra fallas externas que no hayan sido libera oportunamente- es decir, esta protección sirve de respaldo a los relevadores 87G, 87GT y 64G. Las fallas contra las cuales protege al generador pueden ser cortocircuito entre fases y de fase a tierra.

#### PROTECCION DE BAJA FRECUENCIA (81G).

La protección de baja frecuencia se utiliza en turbo generadores de gran capacidad, esto es debido a los problemas de vibración que presentan los últimos álabes de las turbinas de baja presión. Por tanto, este relevador evita la operación del generador a baja frecuencia, la cual se ocasional principalmente por una sobre carga en el sistema, o bien puede presentarse transitoriamente cuando se subdivide el sistema eléctrico.

#### PROTECCION CONTRA BAJA POTENCIA (37G)

Esta protección opera cuando la corriente de línea, o el flujo de potencia en el generador, se reduce por debajo de un valor determinado,- de esta manera se impide tomar el generador a muy baja carga para prevenir que este se motorice este relevador también es utilizado para proporcionar la señal que es proporcional a la carga del generador, la cual es utilizada por el anticipador de rechazo de carga.

#### PROTECCIÓN CONTRA SOBREEXCITACION DEL GENERADOR (59G)

La protección contra sobre excitación, es propiamente de los transformadores principales de la unidad, ya que al presentarse un sobre voltaje a frecuencia baja, causa una corriente de magnetización muy alta en los transformadores principales, pudiendo ocasionar daños por calentamiento excesivo en tiempos relativamente cortos.

#### PROTECCION CONTRA PERDIDA DE CAMPO (40G)

Protege al generador contra una pérdida de campo, tiene como función detectar una excitación anormalmente baja, dar alarma o disparo del generador antes de que su operación cause disturbios en el sistema eléctrico, al cual se encuentra conectado





#### PROTECCION DE VOLTAJE BALANCEADO (60G)

A menos que se tomen medidas especiales, al fundirse un fusible de un transformador de potencia, este puede ocasionar que ciertos relevadores operen, provocando el disparo del generador. Esta falla se puede manifestar en dos circuitos diferentes.

- ◆ Fusible fundido del lado de excitación, produciendo sobre excitación del generador (disparo por sobre voltaje).
- ◆ Fusible fundido en el lado de protección, produciendo disparo equivocado de algunas protecciones.

#### RELEVADOR SOBRECORRIENTE (50)

Relevar instantáneo de sobre corriente o de régimen de variación de la corriente, relevador que funciona instantáneamente al alcanzar la corriente un valor excesivo o sí la corriente aumenta con demasiada rapidez, lo cual es señal de que ha habido una falla en el aparato o en el circuito protegido.

#### RELEVADOR SOBRE CORRIENTE (51)

Relevador de sobre corriente de C.A. de tiempo diferido, relevador de acción retardada que funciona cuando la corriente alterna de un circuito excede de un valor determinado.

El retraso puede variar en función inversa a la intensidad de la corriente o puede ser en función de tiempo definido.

#### RELEVADOR SOBRE EXCITACIÓN (53)

Relevador de excitatriz o de generador de corriente continua, relevador que hace que suba la excitación del campo de una máquina de corriente continua durante el arranque o que funciona cuando la tensión de la máquina ha subido a un valor determinado

|





### CAPITULO III

#### Pruebas realizadas en campo

**Estas pruebas son aplicadas a bobinas de turbogeneradores con el sistema de aislamientos tipo MICADUR de Alsthom Power**

##### 1.- Prueba de baja inducción (ELCID)

No de procedimiento HTGG600591

###### 1.- Propósito

La base del estator es checada por medio de la prueba de bajo flujo de inducción y es para verificar el aislamiento de la laminación para una confiable operación del estator.

###### 2.-Tiempo de la prueba

Esta prueba es realizada a generadores nuevos y después aproximadamente cada tres años en operación normal. es recomendable que después de una reparación al laminado del estator se realice la prueba de bajo flujo de inducción o después de una falla en alguna ranura.

###### 3.-prueba

Depende del tamaño y tipo de generador

###### Descripción:

Esta prueba se realiza con un equipo denominado "EL CID" (electromagnetic core imperfection detector) y es para pruebas a generadores.

El objetivo primordial de esta prueba es localizar laminaciones en corto-circuito, que en un momento dado pueden provocar un calor local excesivo, el cual al no poder ser disipado por el enfriamiento propio del generador, puede provocar más fallas interlaminares. EL CID usa solo una pequeña fracción del campo eléctrico nominal, para generar las corrientes de fuga dentro del cuerpo del núcleo, las cuales son medidas a través de una bobina captadora.

Esta prueba proporciona beneficios tales como:

1. Una grafica de las corrientes de fuga a lo largo de la ranura, paquete por paquete y que se integran al historial de la máquina para su comparación en futuras pruebas.
2. Evita el daño innecesario, provocado por la prueba de alta excitación, mientras que el núcleo se enfría.
3. Alta sensibilidad para detectar fallas incluso menores que no afectarían nunca la confiabilidad del generador.
4. Medios para estimar la disipación de energía en zonas de fallas, bajo condiciones de operación.



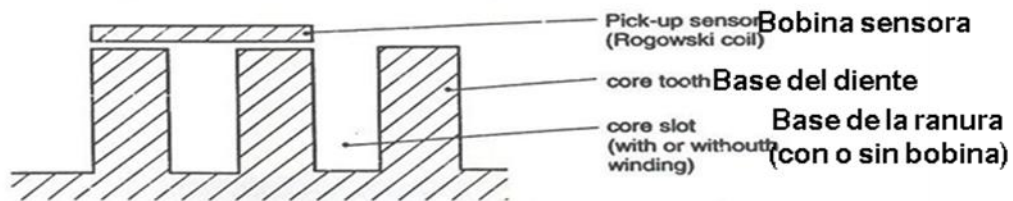
### Teoría de ELCID

El "EL CID" funciona usando un toroide de baja potencia, conectado por medio de un transformador variable de 3 KVA, este excita al núcleo a aproximadamente el 4% del flujo nominal del generador, produciendo un campo eléctrico a lo largo del núcleo, dado como resultado que pequeñas fugas de corriente circulen a través de áreas dañadas. Estas pequeñas fugas de corriente son captadas electromagnéticamente usando una bobina de recolección llamada chattock. La señal captada por la chattock es enviada a una unidad de procesamiento de señal (UPS) la cual la amplifica y convierte en una señal de voltaje de corriente directa, proporcional a la corriente de fuga y en fase con la corriente de excitación. **En base a la experiencia se ha establecido un umbral práctico de fugas de corriente de 100mA con el 4% de flujo nominal.**

Para alcanzar el 4% del flujo nominal del generador, se recomienda calcular un voltaje inducido de 5 volts por metro lineal en la longitud del estator.

**Arreglo esquemático de la bobina sensora**

Fig. 1: Schematic arrangement of the sensor coil



**Diagrama esquemático, metodo de prueba y equipo**

Fig. 2: Schematic diagram of the test method and equipment

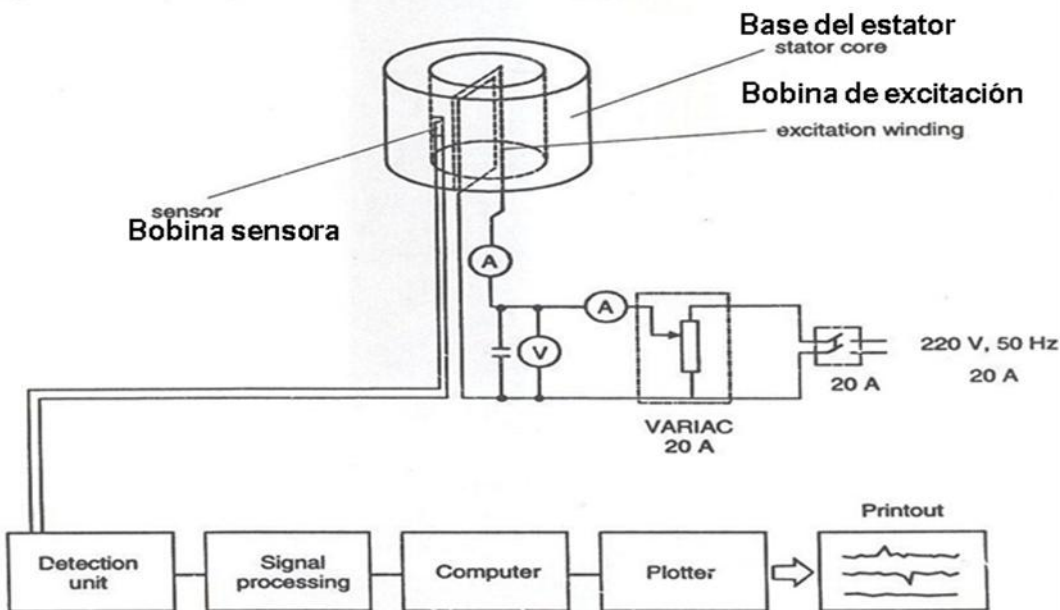


Fig 3.1.-Diagrama elemental del equipo de prueba de "ELCID"

### Evaluación de los resultados de la prueba

Por comparación de los resultados de la prueba a una señal producida por un sistema calibrado, el número de laminaciones afectadas por defectos en el aislamiento pueden ser determinados.

La calibración del sistema consiste en un lazo (conductor) de prueba que se monta sobre un diente del estator y se inyecta una corriente de prueba. La corriente de prueba es un equivalente a la corriente en la base del estator en caso de una falla del aislamiento en la longitud de la laminación.

Las mediciones consideradas aceptables en caso de que el aislamiento fallara no debe de exceder los límites.

Base del yugo del generador

Máxima longitud de laminación

Probado

con aislamiento dañado

$< 300mm$

$< 5 mm$

$\geq 300mm$

$< 3 mm$



Fig 3.2.-.Realización de prueba de "ELCID" para determinar el estado del laminado antes del reembobinado





## 2.-Prueba de resistencia de aislamiento

No de procedimiento HTGG600571

### Propósito:

La medición de resistencia de aislamiento se realiza antes y después de la prueba de alto voltaje en las bobinas instaladas.

Si la temperatura de las bobinas es ( $> \pm 5^{\circ}\text{C}$ ) de la temperatura ambiente tendrá una desviación considerable y tendrá que ajustarse a una referencia de  $20^{\circ}\text{C}$  con un constante K.

### Circuito de medición:

Se usa voltaje de CD, el valor de la resistencia de aislamiento de la bobina se mide del inicio de esta contra en estator aterrizado (con las otras bobinas cortocircuitadas y a tierra) con un minuto de duración.

### Voltaje de medición:

Será de 2,500 C CD por un minuto.

Teoría general:

La resistencia de aislamiento se define como la resistencia en (megohms) que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado, medido a partir de la aplicación del mismo, como referencia se utilizan valores de 1 a 10 min

## CORRIENTE DE AISLAMIENTO.

Esta corriente de aislamiento y consiste en dos componentes principales:

- A) corriente capacitiva.-Es una corriente de magnitud comparativamente alta y de corta duración que decrece rápidamente a un valor depreciable conforme se carga el aislamiento y es la responsable del bajo valor inicial de la resistencia de aislamiento. Su efecto es notorio en los equipos que tienen capacitancia alta.
- B) Corriente de absorción dieléctrica: Decrece gradualmente con el tiempo, hasta llegar a un valor cerca de cero dependiendo del tipo y volumen del aislamiento para efecto de prueba de megger puede despreciarse y normalmente ocurre a los 10 min.

A la curva obtenida cuando se grafican valores de resistencia de aislamiento contra el tiempo, se le denomina curva de absorción dieléctrica y su pendiente indica el grado relativo de secado o suciedad del aislamiento.







*Índice de absorción y polarización*

A la relación de 30 a 60 segundos se le conoce como INDICE DE ABSORCION, y a la relación de 1 a 10 min como INDICE DE POLARIACION.

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 maquinas rotatorias.

*Potencial de prueba aplicado.*

La medición de la resistencia de aislamiento es en sí misma una prueba de potencial y debe por tanto registrarse a valores apropiados que dependan de la tención nominal de la operación del equipo que se va a someter a prueba y de las condiciones de las que se encuentra el aislamiento. Los potenciales de prueba más comúnmente utilizados son de 500 a 5000 volts de CD.

## Valores de voltaje para la prueba de resistencia de aislamiento

• Voltaje nominal* (volts C.A)	• Voltaje aplicado (megger)
<1,000 V	500 volts
1,000 - 2,500 V	1,000 volts
2,501 - 5,000 V	2,500 volts
5,001 - 12,000 V	5,000 volts
> 12,000 V	10,000 volts

\*Maquinas 3F:fase-fase. Maquinas 1F: fase-neutro. Maquinas C.D y bobinas de campo: voltaje nominal.  
Fuente : IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery, P43, Draft-october 14, 1996.

*Fig 3.3.- Valores de voltaje para una prueba de resistencia de aislamiento de acuerdo al voltaje nominal del sujeto a probar*

### 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 pueda energizar el equipo bajo prueba. Se deberán efectuar pruebas para verificar que no tienen voltajes inducidos., conecte sus tierras si es necesario desconectar el neutro o alguna otra conexión a tierra, asegúrese antes que no lleve corriente.

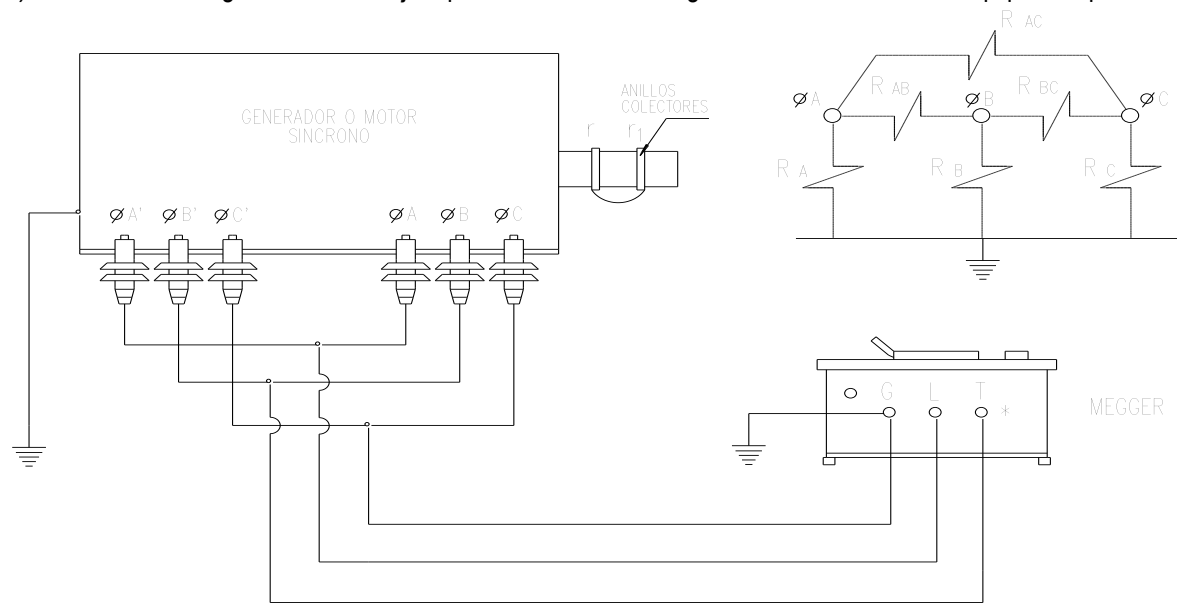
Al conectar las terminales del megger y al operarlo, se deberá usar guantes aislantes. Al efectuar pruebas de absorción en equipo con volumen grande de aislamiento, se deberá tomar la precaución de descargarlo de toda la corriente capacitiva y de absorción después de la prueba y antes de remover las terminales de prueba.



### Interpretación de los resultados de las pruebas a los aislamientos.

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.

- No hay por qué preocuparse si los valores son altos, regulares y bien sostenidos
- Si los valores son regulares o altos, pero tienen tendencia a bajar, deberán localizarse y eliminarse la causa.
- Si los valores son bajos pero sostenidos, es probable de que todo este correcto, pero debe investigarse la causa.
- Si los valores son tan bajos que caen en lo inseguro, deberá reacondicionarse el equipo, antes de ponerlo en servicio.
- 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.
- Si los valores llegan a ser tan bajos que se consideren inseguros se deberá retirar el equipo de operación.



PRUEBA	CONEXION DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	A	C <sub>1</sub>	B	R <sub>AB</sub>
2	B	A <sub>1</sub>	C	R <sub>BC</sub>
3	C	B <sub>1</sub>	A	R <sub>AC</sub>

Fig 3.4.-Diagrama elemental de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento





RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE GENERADORES

DATOS DEL GENERADOR :

DATOS DE LA PRUEBA :

Form fields for generator data (Clave de la instalación, Nombre de la instalación, etc.) and test data (Fecha de la prueba, Temperatura devanado, etc.).

Table with columns for Test No., Voltage, Connections (A Línea, A Tierra), Phases (A, B, C), Time (1/4, 1/2, 3/4, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10), and Readings (Lectura, K, MEGAOHMS).

----- INSTRUCCIONES GENERALES -----

----- OBSERVACIONES -----

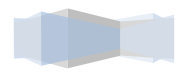
- 1. DESCARGAR A TIERRA LA FASE POR PROBAR DURANTE 5 MINUTOS ANTES DE LA PRUEBA.
2. LOS CABLES DE PRUEBA NO DEBERAN TOCARSE ENTRE SI, NI TOCAR NINGÚN OTRO ELEMENTO DE LA INSTALACIÓN.
3. LA TERMINAL "GROUND" DEL MEGGER, SE CONECTA A TIERRA EFECTIVA EN TODAS LAS PRUEBAS
4. CUANDO UNA LECTURA SE REPITA MÁS DE TRES VECES CONSECUTIVAMENTE PUEDE DARSE POR TERMINADA LA PRUEBA.
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 CONECTA A TIERRA LA CARCAZA DEL ESTATOR
7. EN LA PRUEBA No. 5 SE CONECTAN CARBONES Y SE PRUEBA EL CAMPO DESDE LOS ANILLOS COLECTORES, SE PUNTEAN Y SE PONE LA LAMINACIÓN DEL ROTOR A TIERRA.
8. LOS DEVANADOS SE PRUEBAN SOLOS, ABRIENDO LAS TERMINALES DE LÍNEA Y DE NEUTRO, Y SOLO EN CASOS ESPECIALES SE INCLUYE EN LA PRUEBA OTRO EQUIPO, EL CUAL SE REPORTA.

Blank lines for recording observations during the test.

CONDICIÓN DEL AISLAMIENTO : BUENO \_\_\_\_\_ MALO \_\_\_\_\_ DUDOSO \_\_\_\_\_
PRUEBA EFECTUADA POR :

NOMBRE Y FIRMA

Fig 3.5.-Tabla para la toma de lecturas de la prueba de resistencia de aislamiento





### Prueba de alta tensión

El voltaje de la prueba es aplicado entre el conductor de la barra o pieza de la bobina a probar con su capa de pintura conductora conectada a tierra, o al marco del estator. Otras piezas de la bobina no conectadas con el voltaje y todos los elementos de medición de temperatura deben ser cortocircuitados y conectados a tierra siempre.

Después de que el voltaje se haya cambiado de barra o bobina debe ser inmediatamente limpiada y conectada visiblemente a tierra.

Es conveniente conectar un resistor protector entre el transformador de prueba y el artículo bajo prueba para prevenir descargas.

Las pruebas se realizan normalmente bajo condiciones ambiente

Nota: se debe de realizar la prueba de resistencia de aislamiento antes de realizar la de alto voltaje; la prueba de alto voltaje puede no realizarse si se observa un bajo valor de resistencia.

### Voltaje de prueba

El voltaje de prueba es de C.A sinusoidal con una frecuencia de entre 40 Hz y 60Hz y un valor de pico efectivo de  $\sqrt{2} \pm 5\%$ : 1. La frecuencia local suele estar de entre 50 Hz o 60 Hz que para la prueba es esencial. Además es necesario que el voltaje no fluctué durante la prueba su variación no de ser  $\pm 5\%$ .

El voltaje aceptado es:

$$U_{AP} = 2U_N + 1000 \text{ Volts}$$

$$U_N = \text{voltaje nominal}$$

El voltaje de prueba debe iniciar con un voltaje menor al 50% del voltaje prescrito para la prueba que entonces se aumenta uniformemente a un índice de 1-2 kV/s (caso normal), o en pasos de no más del 5% del voltaje previsto en la prueba el tiempo total aumentando el voltaje desde la mitad al valor completo del voltaje de la prueba debe ser por lo menos 10 segundos. A menos que se tengan otras especificaciones. El voltaje completo de la prueba se debe mantener por 1 minuto, por 10 segundos solamente, después de esto el voltaje se debe ser llevado a cero tan suavemente y rápidamente como sea posible.

-Si una descarga causa una chispa o se ven las trayectorias de la(s) descargas la prueba será detenida inmediatamente. Se debe encontrar la causa y tomar medidas para prevenirlas. Si las trayectorias de las chispas causaron daños estos deben ser reparados.

-Al repetir una prueba generalmente no se realiza con el mismo nivel de voltaje.

- Sin embargo un período de espera de 24 horas en las condiciones ambiente debe transcurrir antes de que se realice una prueba alto voltaje. Después de que las bobinas se hayan tratado con los barnices de



Protección contra efecto corona (separadores de fase). O después de que los amarres pre-impregnados se hayan tensado (secado).

Tipo de prueba A

- Se divide el final de la barra en 5 partes iguales para checar los huecos que existan entre la capa de barniz de la ranura y la manga del fin de la barra.
- Cada una de las cajas aumenta el voltaje hasta 45 KV

$$U_{zp} \leq 90 \text{ KV} : 2 \text{ Cajas}$$

$$U_{zp} > 90 \leq 135 \text{ KV} : 3 \text{ Cajas}$$

$$U_{zp} = \text{VOLTAJE DE PRUEBA}$$

Fig. 1: Test arrangement  
Arreglo de la prueba

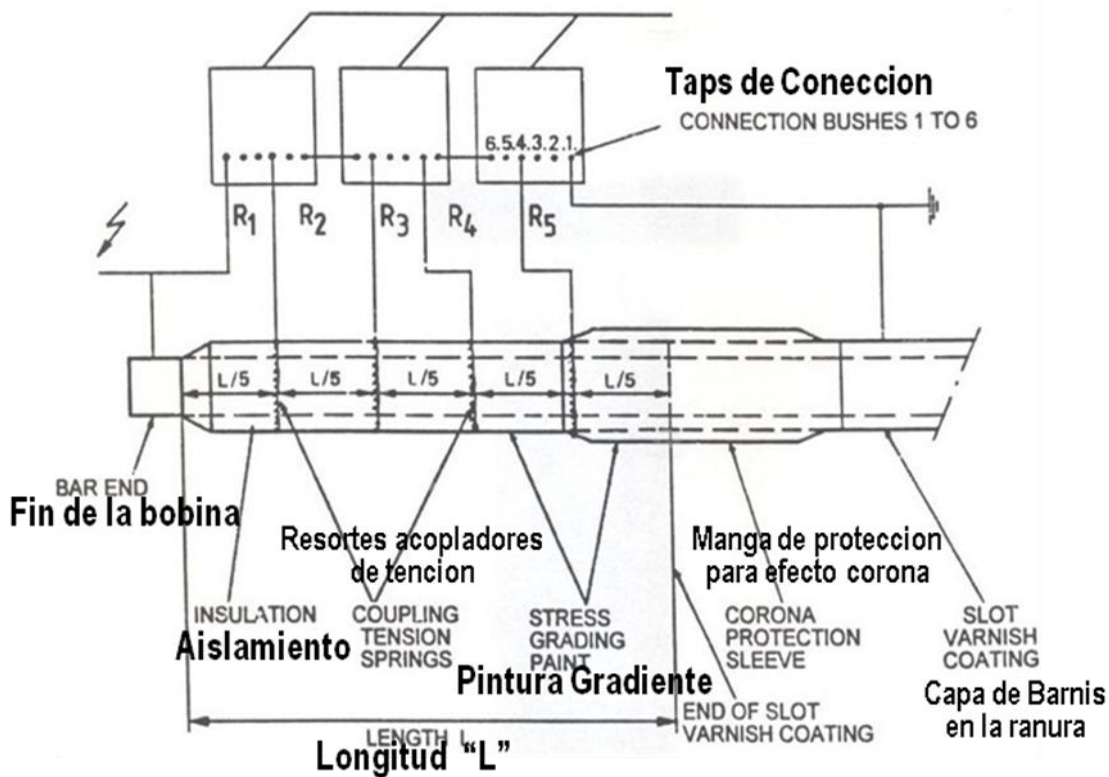
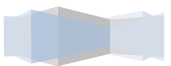


Fig 3.6.-Prueba de alto voltaje para bobinas o bastones antes de instalarse en las ranuras del estator.



Arreglo de la prueba  
**Fig. 2: Test arrangement**

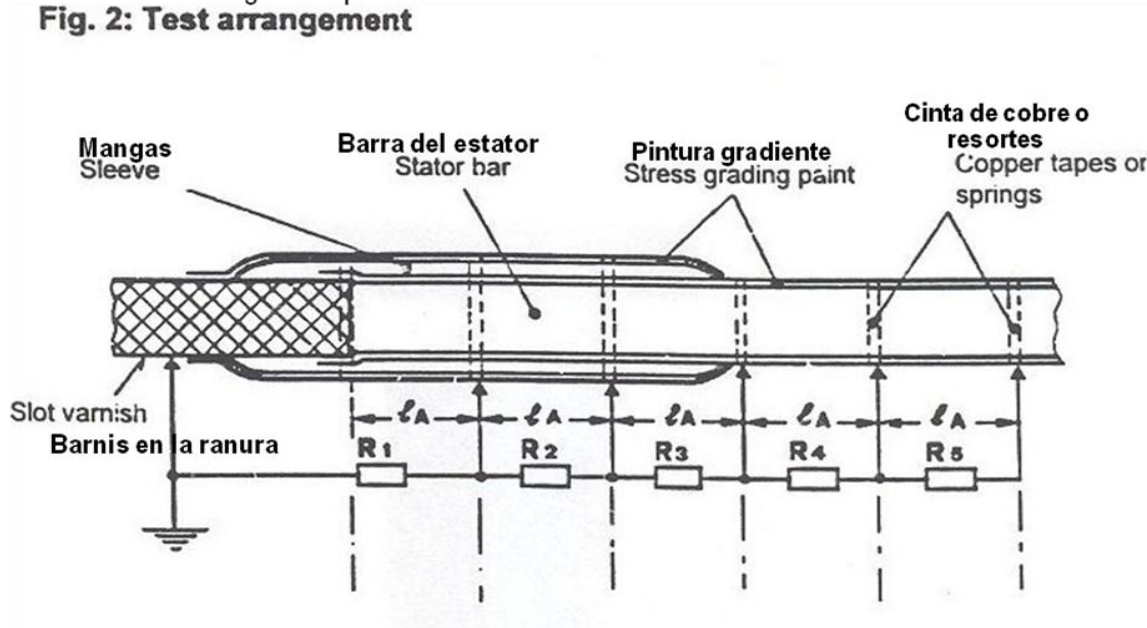


Fig 3.6.-Prueba de alto voltaje para bobinas o bastones ya instaladas en las ranuras del estator.

$$f_A \approx 0,15 \times U \quad f_A = \text{Lonitud entre los puntos de coneccion en mm}$$

$$U = \text{perimetro de la barra en mm}$$

Las 6 terminales de las cajas son conectadas al final de la barra en secciones de  $\leq 5 \text{ mm}$  hechas de cinta de cobre o resortes aplicados alrededor de la protección por efecto corona.

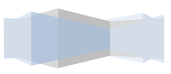
Nota:

La pintura gradiente es para uniformizar el gradiente de los campos eléctricos en esquinas o puntas de un conductor.

Las capas de pintura gradiente deben estar limpias.

### Porque de la prueba

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 que del generador este totalmente armado. Si los transformadores, reguladores y esferas de descarga no se encuentran a mano, pueden rentarse 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 mas 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 aumentarse gradualmente en un minuto hasta llegar al valor de voltaje de prueba y mantenerse a ese valor a un minuto.

1. prueba de voltaje en TP 34000/120 volts
2. prueba voltmetro de esferas
3. conexión a tierra de rtd
4. referencia a tierra de aisladores
5. prueba de aislamiento del generador.

#### EQUIPO NECESARIO:

- UN TRANSFORMADOR ELEVADOR DE 480V A 50000V, DE 250 KVA, TIPO E0V25. voltmetro de esfera, transformador de potencial de 34000 a 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 de tal manera que se conecta a una fase y con el tablero de control se va incrementando el voltaje hasta llegar al requerido, durante un minuto, haciendo las mediciones respectivas como:

Corriente del primario y secundario del transformador de 250 kV, voltaje del secundario y con la relación de transformación de TP, podríamos saber si realmente estamos aplicando 50 KV para cada fase.

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 puede detectar una perforación en el mismo, esta prueba se llevara a cabo, según se explica en la prueba de aislamiento. Si los resultados obtenidos en dichas pruebas son satisfactorios entonces consideramos la prueba de alta tensión correcta.



Fig 3..7.-Equipo de prueba para alto al generador recién embobinado.

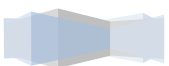




Fig 3.8.-Equipo de monitoreo y paro de emergencia.

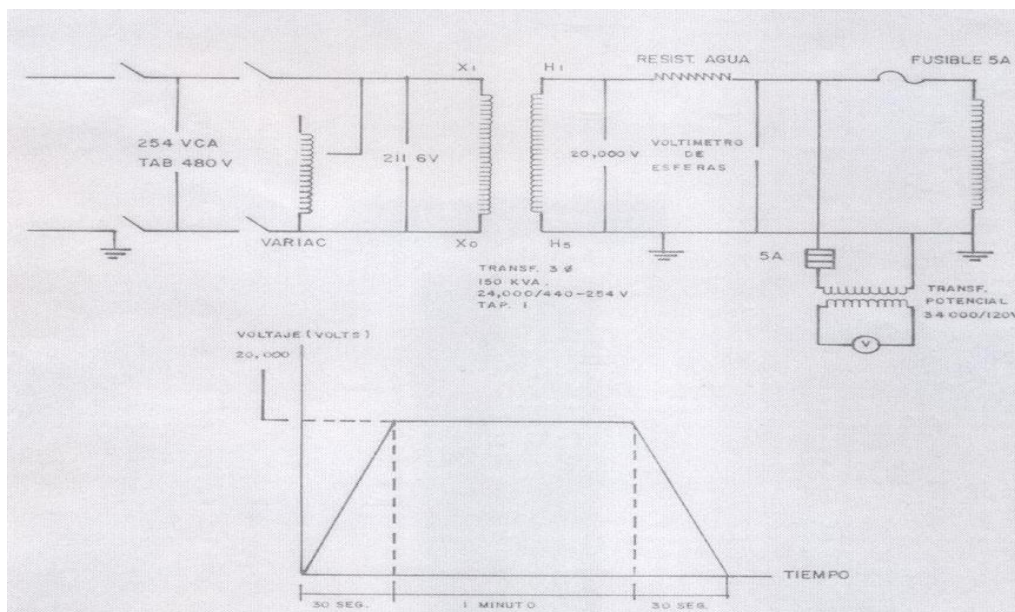


Fig 3.9.- Diagrama Esquemático del equipo usado para la prueba de Alto Voltaje

## 2.-PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA

### Teoría general

Los aislantes eléctricos dentro de sus características, tienen la de mostrar perdidas al ser aplicado un voltaje. Estas pérdidas son función de lo perfecto o imperfecto del aislamiento, y las causas que deterioran un aislamiento consecuentemente afectaran numéricamente la perdida en watts que tenga el mismo. La medición de estas pérdidas y la relación que guardan con el producto de los volts por los amperes de carga, nos define el factor de potencia del aislamiento.





Numéricamente se expresa como el coseno del ángulo de fase del dieléctrico o también como el seno del ángulo de pérdida.

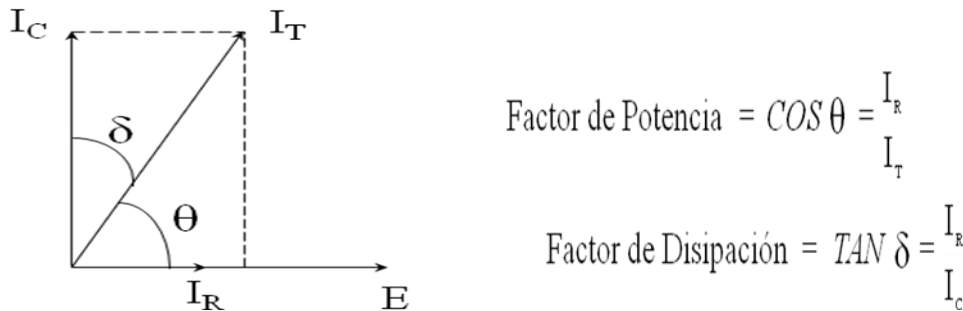


Fig 3.10.- Ecuación para el factor de potencia

En la medición de watts de pérdida, volts y amperes efectivos para el cálculo del factor de potencia del aislamiento, consiste el principio de la prueba, ya que por ser variables esos parámetros de acuerdo con la condición del aislamiento, nos dará una indicación del estado del mismo. Otra de las características de los aislamientos, es la del incremento en las pérdidas, cuando el voltaje aplicado alcanza un valor en el cual se produce ionización en las cavidades internas de los aislamientos. Basándose en esta característica se podrá conocer al medir las pérdidas o factor de potencia de un aislamiento, si existen cavidades en el.

#### EQUIPO DE PRUEBA

Para esta prueba se usa actualmente un equipo llamado M4000 que es computarizado y que se usa en conjunto con un resonador, tiene un capacidad de 200 mili amperes y hasta 10KV. Para el uso de este equipo se requieren normas de seguridad adicionales dado que el voltaje es elevado.

#### CONEXIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA

##### a) Conexión de tierra:

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

##### b) Cable de alto voltaje

Conéctese en el lado derecho de la caja del transformador, y 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 1cc en off en el M4000

d) Alimentación

Conectar el cable de alimentación 120 volts, 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 2 switchs de seguridad que impedirán que el equipo sea energizado si ambos no están cerrados, oprimidos normalmente un ayudante o dos de la persona que están 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 proporciona para efectuar la prueba.

El M4000, está diseñado de tal forma que debe tener conectadas 2 tierras para que puedan ser operadas. La primera de ellas es por medio de la conexión tipo U polarizadas del cable de alimentación a 120V., 60 Hz y la segunda a la conexión que debe ser cable de cobre calibre No. 6 AWG, como Mínimo.

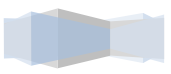
f) Puentear las terminales de cada fase del alternador.

g) Conectar el gancho del cable de alta tensión al puente de la fase que se va a probar, cuidando que el anillo de guarda no esté en contacto con ninguna parte de la máquina a o tierra.

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

REALIZACION DE LA PRUEBA

- a) Elevar el voltaje a 10KV
- b) Verificar los miliampers girando el selector a la izquierda.
- c) Ajustar la perilla Current Multiplier, para ver la escala de miliampers en 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 ajust, 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".



Incrementan apreciablemente estas pérdidas tenemos la primer indicación de que el aislamiento sufre un deterioro, la ventaja de expresar el valor de las perdidas como un cociente a dimensional está 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 e 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 de tensión en KV – FP. La pendiente de la curva crecerá 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 crecerá con una pendiente suave apreciándose una coincidencia entre las curvas de cada fase y las que se dibujan entre fases.

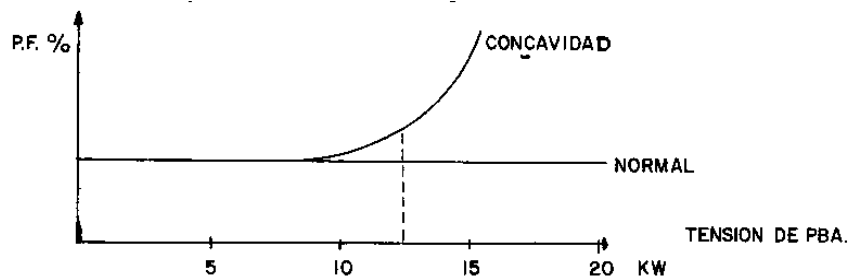


Fig. No. 1

Fig 3.11.- curva que desarrolla cuando existe una cavidad en el aislamiento

Para esta prueba se usa actualmente un equipo llamado M4000 que es computarizado y que se usa en conjunto con un resonador, tiene un capacidad de 200 mili amperes y hasta 10KV. Para el uso de este equipo se requieren normas de seguridad adicionales dado que el voltaje es elevado.

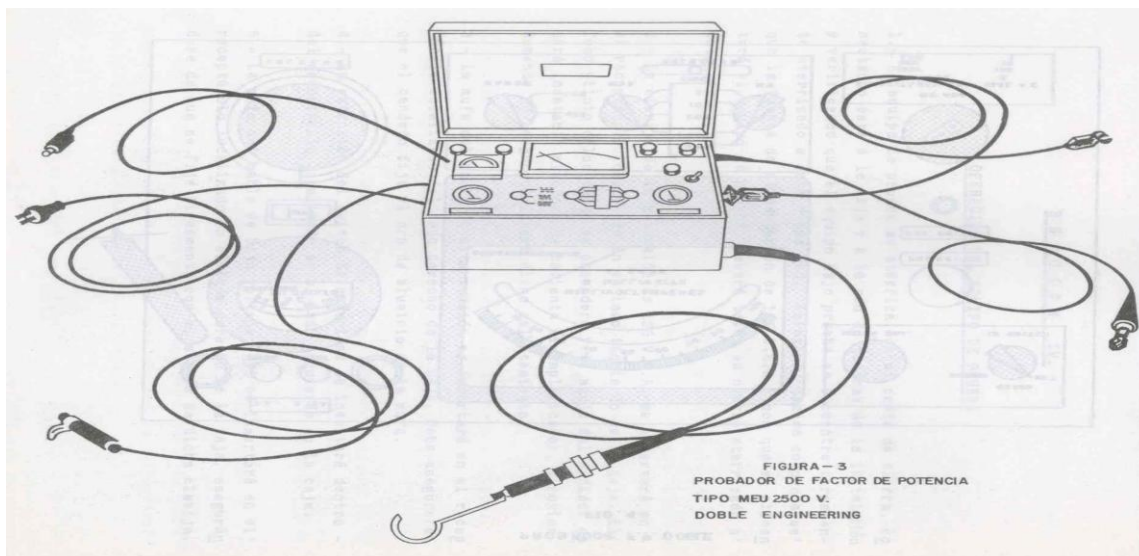


FIGURA - 3  
PROBADOR DE FACTOR DE POTENCIA  
TIPO MEU 2500 V.  
DOBLE ENGINEERING

Fig 3.12.-Equipo de prueba M4000

Nota: un resonador es un inductor con doble núcleo de hierro con un entre hierro de aire, con capacidad de resonar cualquier capacitancia dentro de un rango de 0.05 a un micro farad.

Componentes de circuitos de pruebas

- Fuente
- Medidor de Corrientes y Perdidas
- Cable de Alto-Voltaje
- Cables de Bajo-Voltaje
- Espécimen
- Referencia de tierra

La operación del equipo de pruebas se basa en la configuración de la prueba:

- Grounded Specimen Test (GST)
- Ungrounded Specimen Test (UST)

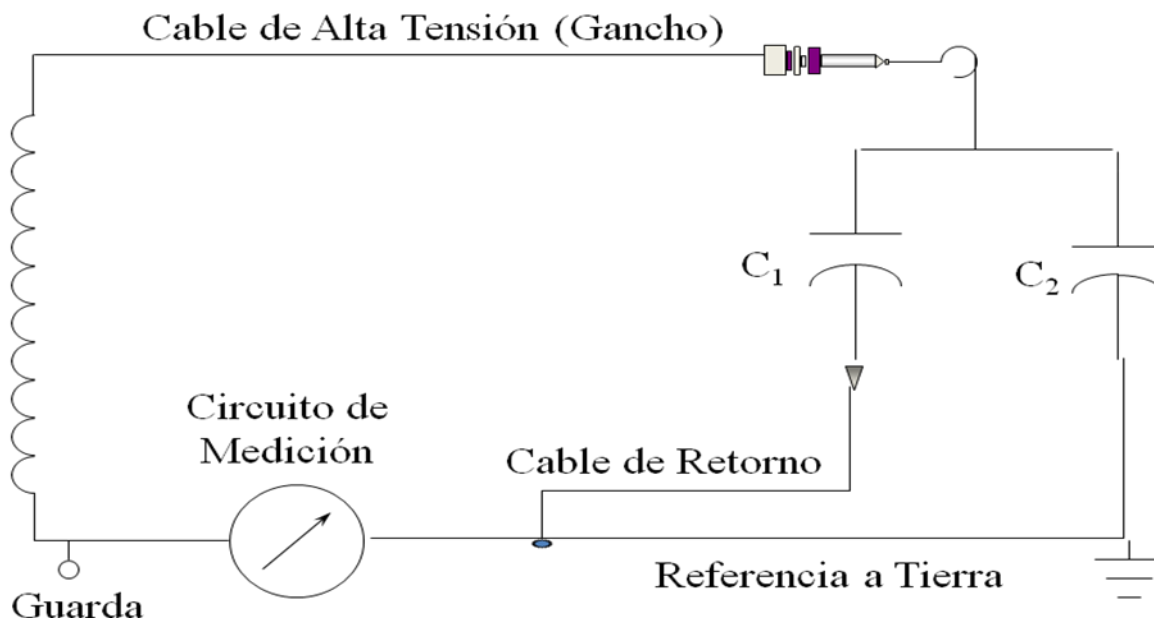
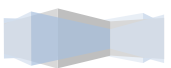


Fig 3.13.- Espécimen Aterrizado (GST-ground)



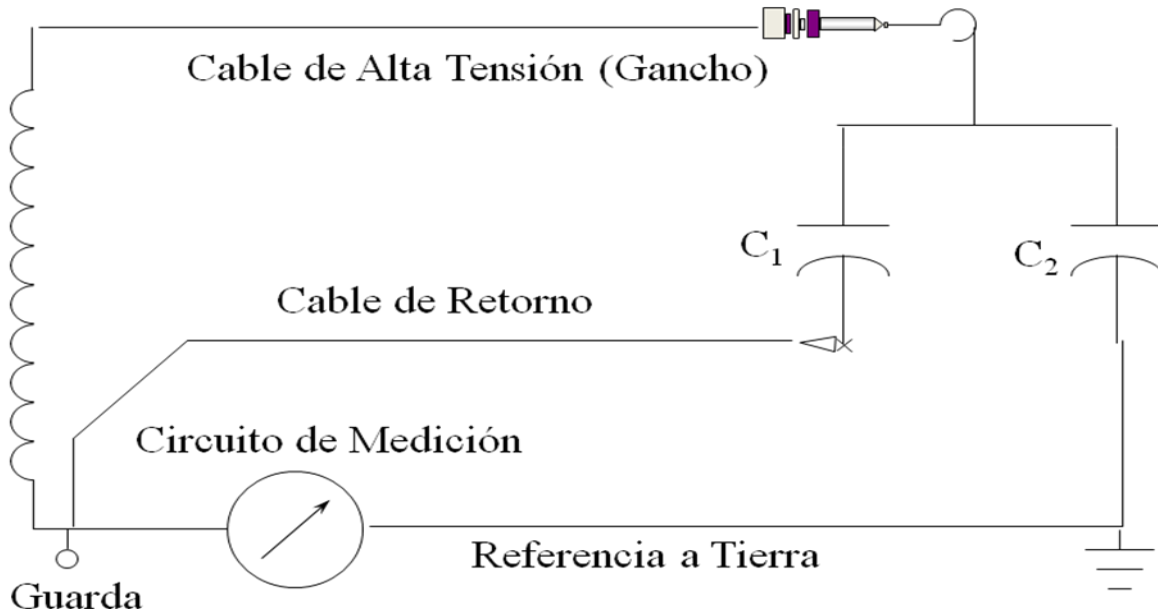


Fig 3.14.- Espécimen Aterrizado en Guarda (GST-guard)

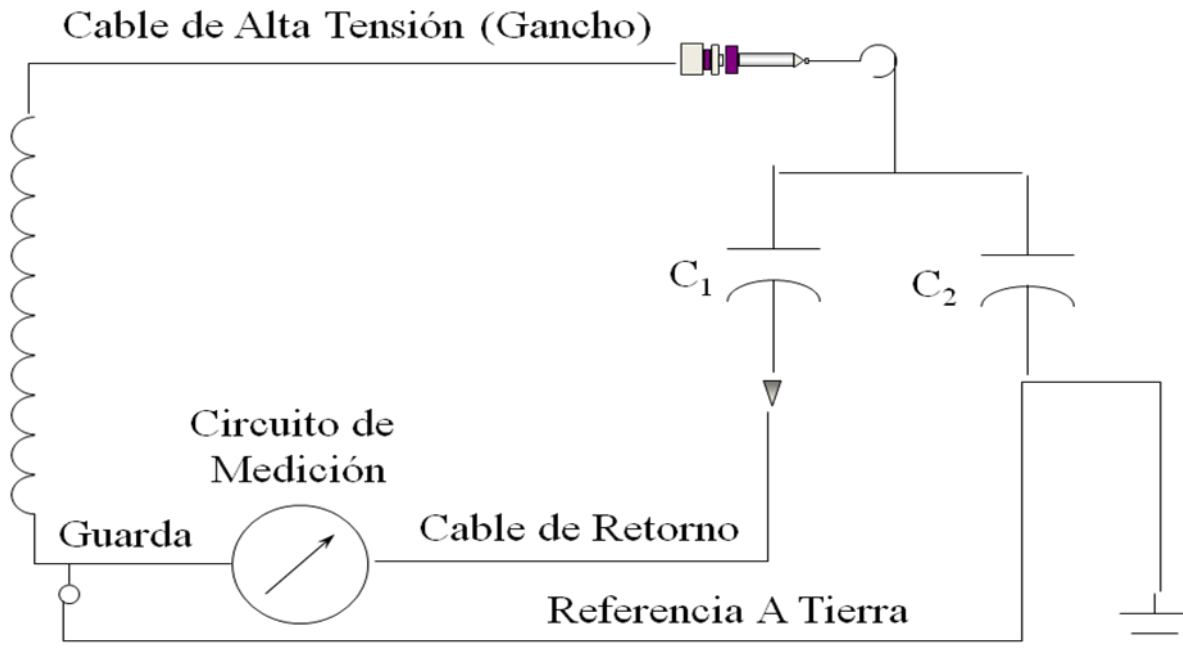
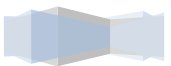
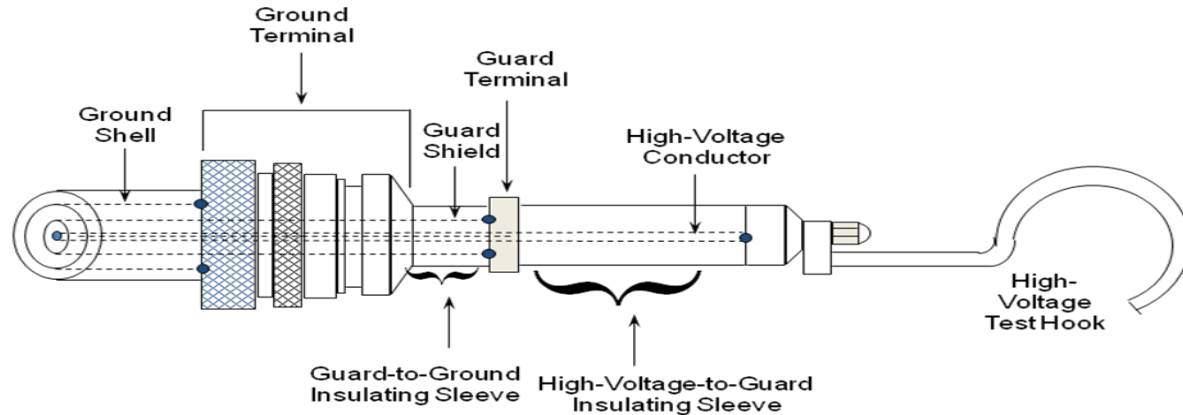


Fig 3.15.- Espécimen sin Aterrizar (UST)



## Outboard Pothead



## PRUBA DE TOROIDE

Esta prueba se hace a los núcleos de los generadores o motores cuando por alguna causa se presumen que se tienen laminaciones en corto circuito lo que provoca calentamiento entre ellas por circulación de corrientes parasitas, las láminas deben estar aisladas eléctricamente entre sí.

Este procedimiento se aplica siempre y cuando las laminaciones del núcleo tengan un espesor comprendido entre 0.6 y 1 mm y que el material sea de acero magnético al silicio. El aislamiento de las láminas puede ser de:

1. Papel
2. Capa de oxido
3. Barniz
4. Vidrio liquido

Esta prueba se realiza cuando a una maquina se rebobina o cuando se cambia alguna o algunas bobinas que al fallar dañaron el laminado fundiéndolo y poniéndolo en corto circuito interlaminar.

### *Causas de daño*

### **Las causa por las cuales un laminado se daña son:**

- Falla a tierra de las bobinas
- Falla entre fases de bobinas
- Abrasión
- Desbalance
- Retirando o instalando el rotor
- Quemadura del devanado
- Protecciones lentas
- Rozamiento entre rotor y estator



Esta prueba consiste en checar las perdidas en el hierro por medio de la densidad de flujo  $\beta$  en un toroide cuyo núcleo es de acero al silicio y que son conocidas, al devanar el núcleo del estator en forma de toroide se usa un método para calcular el número de vueltas (T), de acuerdo con el voltaje de C.A. disponible (E) a la densidad de flujo especificada ( $\beta$ ); también se obtendrá el valor de la corriente (I).

Al aplicar el voltaje de C.A el núcleo se comporta como un toroide y las partes dañadas se sobrecalientan con respecto al resto del núcleo.

$$ERMS = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$WT\phi_{CRESTA} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$2\pi f T \phi_{CRESTA}$$

$$ERMS = 4.44$$

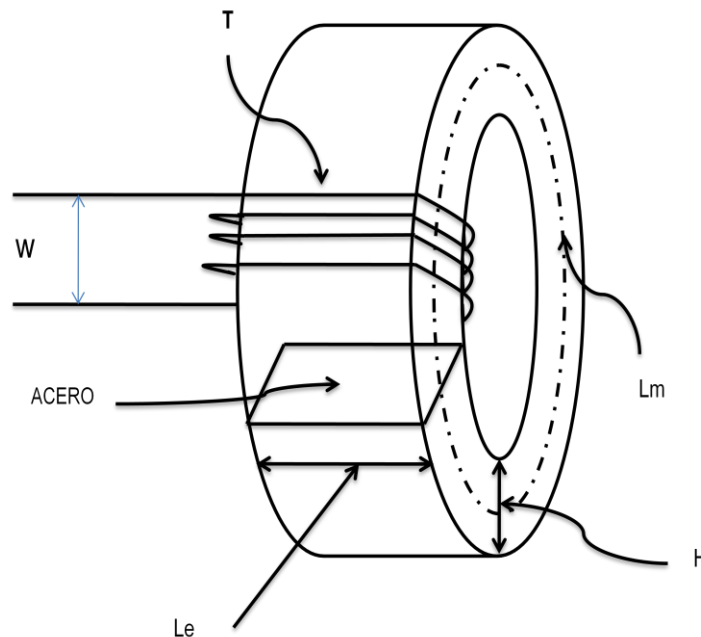
$$f T \phi_{CRESTA}$$

Donde:  $\phi$ = flujo (webers)

E= voltaje disponible (volts)

f = frecuencia del sistema (Hz)

- $\phi$ =flujo (webers)
- E= Voltaje disponible(volts)
- f = frecuencia del sistema(hz)
- B =densidad del flujo (webers/m<sup>2</sup>)
- A = area (m<sup>2</sup>)
- T = Numero de vueltas
- H = Excitacion magenetica (amper-vueltas/m)



Entonces

$$T = \frac{E}{4.44 f \phi}$$

Para la corriente de excitación y calibre del conductor en la siguiente tabla (**Para un toroide de acero al silicio con laminas de entre 0.6y 1.0 mm.**) se indican valores para  $\beta$  contra WL y H con  $\beta$  (densidad de flujo magnético webers); se estima la corriente de magnetización H (intensidad de campo en Amper –vuelta/m) y también la componente de perdidas en watts (WL) perdidas magnéticas en watts/kg).

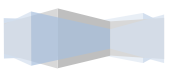




Tabla β-H

β	Densidad de flujo	Webers/m <sup>2</sup>	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.34
H	Intensidad	$\frac{\text{amper} - \text{vuelatas}}{m}$	45	57	75	95	120	160	220	350	765	1000
WL	Perdidas	Watts/Kg	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.1

El calibre del conductor en MCM se obtiene dividiendo el valor de la corriente entre dos para conductor de cobre; el aislamiento debe de ser de acuerdo al voltaje que se tenga disponible.

Geometría del núcleo del estator:

Para estimar los valores geométricos del núcleo será necesario contar con los siguientes datos.

- He = altura efectiva del núcleo (m)
- S = altura de la ranura (m)
- ID = diámetro interior (m)
- Dm = diámetro medio (m)
- OM = diámetro exterior (m)
- Le = longitud efectiva del núcleo (m)
- Lc = longitud total del núcleo (m)
- Wd = altura del ducto de ventilación (m)
- 0.93 = factor de altura de ductos
- d = numero de ductos

Calculo:

Para calcular el número de vueltas (T) y la corriente del circuito (I<sub>exc</sub>) en función del voltaje aplicado (E) y la frecuencia (f); será necesario conocer el área transversal del núcleo; que se comporta como toroide.

Entonces:

$$Le = 0.93 (Lc - dW_d)$$

$$He = \frac{OD - (ID + 2S)}{2}$$







Y el área transversal:

$$Ac = He \times Le$$

Calculada el área y conociendo la densidad de flujo por tabla ( $\beta$ ) se obtiene el flujo ( $\emptyset$ ), multiplicando:

$$\emptyset = \beta \times Ac$$

Con este valor de flujo  $\emptyset$ ; se sustituye en la formula:

$$T = \frac{E}{4.44 \times f \times \emptyset}$$

Obteniéndose el número de vueltas necesarias; si el resultado es fraccionario se redondea. De los datos geométricos del estator se obtiene el diámetro medio ( $Dm$ ).

$$Dm = ID + 2S He$$

Después la longitud media del toroide:

$$Lm = Dm \times \pi$$

Con este dato y el valor de H; se obtiene los Amper-vuelta (AT)

$$A \times H \times Lm = \frac{AT}{m} \times Lm$$

Una vez obtenido lo anterior se despeja el valor de la corriente de magnetización.

$$Imag = \frac{AT}{T} = Amps$$

DATOS:

- Longitud del núcleo ( $Lc$ ) = 5.20 m
- No. ductos de ventilación ( $nd$ ) = 66
- Diámetro exterior ( $Do$ ) = 2.492 m
- Frecuencia ( $f$ ) = 60 Hz
- Profundidad de ranura ( $ds$ ) = 25.5 cm
- Diámetro interior ( $Dg$ ) = 1.12m
- Longitud ducto de ventilación ( $Wd$ ) = 4 mm
- Tensión nom estática ( $VI$ ) = 20 kV
- No. vueltas serie/fase ( $Tph$ ) = 9 vueltas por fase





- A) Flujo total que cruza el entrehierro
- B) El flujo que circula en la sección de acero
- C) La sección transversal de la trayectoria del flujo en el núcleo
- D) La longitud de la trayectoria del flujo
- E) El número de vueltas que requiere el toroide

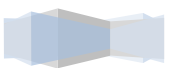
Del valor anterior  $B_c = 1.3144 \text{ T}$ , se tiene que  $H_e = 300 \text{ A-vueltas/m}$

- F) Por lo que los ampere-vueltas son:
- G) La corriente de magnetización es:
- H) La corriente resistiva
- I) La corriente de excitación
- J) Cálculo de los VA del transformador
- K) Calibre del conductor
- L) Los volts-vuelta = 693, aislamiento recomendado  $1.5 \times 693 = 1039.5 \text{ volts}$

$$T = \frac{E}{4.44 \times f \times \emptyset}$$

**Nota:**

Esta prueba se realiza en la actualidad a generadores, a los que se les cambio el laminado por tener el inconveniente del diámetro del conductor con que se forma la bobina del toroide que lo vuelve demasiado voluminoso y pesado además que el voltaje elevado la hace peligrosa y también puede causar daño al estator.



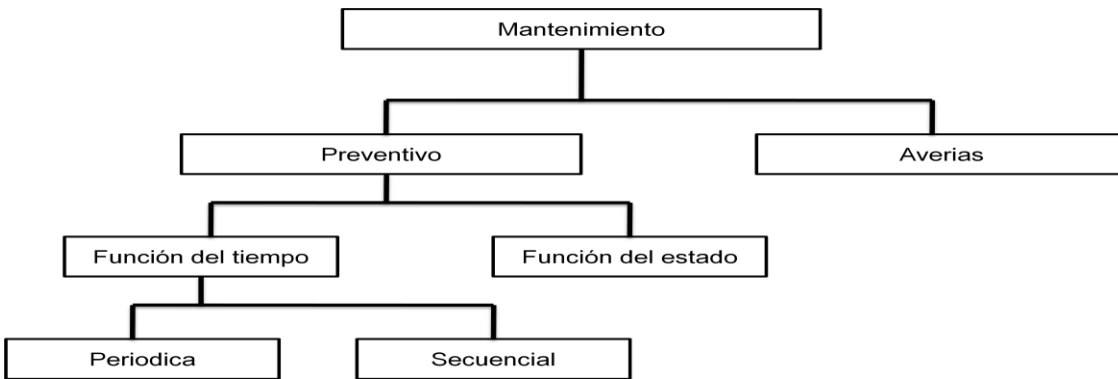
## CAPITULO IV

### Programa de diagnostico

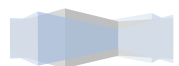
Toda estrategia de mantenimiento de centrales eléctricas debe tener por objetivo principal el asegurar la disponibilidad de la instalación a un costo razonable y evitar pérdidas de producción imprevistas con los consiguientes gastos suplementarios al tener que disponer de energía alternativa aumentando los gastos.

Se iniciara el programa de diagnostico del devanado del estator, consideraremos que se trata de uno de los programas más importantes, sin olvidar evidentemente los otros, elementos que conforman una unidad generadora, pues este resulta ser el verdadero corazón de la maquina.

Se fijaran los diferentes parámetros que afectan en envejecimiento y su influencia.



Se estudiaran los elementos que forman parte integral de un generador, y las repercusiones dentro de los aislamientos, cojinetes, cuerpo magnético y uniones atornilladas.





## Agentes influyentes en el funcionamiento

### AISLAMIENTOS

El aislamiento de las maquinas eléctricas está formado por la combinación de distintos materiales, antiguamente de asfalto y mica y modernamente por resinas sintéticas y cinta de mica. La influencia de la temperatura sobre la duración del aislamiento es compleja sin embargo no solo la temperatura absoluta es la que afecta al aislamiento, sino también por los efectos de dilatación y contracción.

En casos de esfuerzos electromecánicos fuertes, o sea corto circuitos, provoca esfuerzos suplementarios sobre las cabezas de las bobinas, que dañan mecánicamente al aislamiento. Y por ultimo un calado defectuoso de las bobinas en las ranuras bien por holgura lateral o aflojamiento de las cuñas provoca movimientos en las bobinas que con su roce con la capa daña el aislamiento.

La temperatura afecta de forma indirecta la vida del paquete de laminaciones del estator provocando corto circuitos magnéticos, locales y por consiguiente aumentos muy fuertes de temperatura que afectaran al propio paquete y al bobinado. Las vibraciones y el mal apriete en el paquete provoca fuertes vibraciones en los dientes, por causa de la inducción con deterioro del paquete e inclusive del devanado.

Materiales aislantes utilizados en la reparación de generadores eléctricos

Se presenta a continuación una relación de materiales aislantes más comúnmente usados en re embobinados de generadores:

1. Barnices y resinas aislantes
2. Cintas y cordones de amarre
3. Laminas aislantes
4. Pinturas conductoras y semiconductoras

#### 1.- Barnices y resinas aislantes

Se utilizan como recubrimiento final a los devanados del estator y polos del rotor para protegerlos del polvo y humedad, algunas de sus propiedades son:

- Resistencia química al agua, aceite ácidos y álcalis.
- Penetración, flexibilidad y adhesión.

Aunque existen diferentes tipos de resinas la que se utiliza normalmente en los mantenimientos son las epoxicas de curado a temperatura ambiente. Estas resinas que vienen en dos partes: la parte "A" que es la resina y la parte "B" que es el catalizador o endurecedor, son plásticos termo fijos de fácil manejo y aplicación. Que deben ser mezclados correctamente hasta que cambie su viscosidad y estará listo para su aplicación.

Esta resina se utiliza principalmente en aislamiento de los cabezales de las bobinas. Se impregnan con esta resina la cinta de mica o la cinta de fibra de vidrio, con lo anterior se logra un cuerpo rígido y se evitan cavidades que a la larga produzcan el efecto corona.





Otro tipo de resina epoxica que es de alta penetración utilizada para impregnar y aislar las laminaciones de los estatores que han sido afectadas por falla eléctrica o por golpes. Esta resina se aplica después de haber reparado la falla y limpiando perfectamente el laminado, como aislamiento y protección final.

### 1. Cintas y cordones de amarre

Cinta de mica: esta constituye el aislamiento básico de las bobinas de los generadores por sus altas propiedades dieléctricas, térmicas y resistencia al efecto corona, etc.

Una bobina lleva de aislamiento básico alrededor de 15 capas de cinta de mica de 0.0045" de distintos anchos, combinada con resina epoxica.

Cinta de fibra de vidrio: tiene magnificas propiedades mecánicas, térmicas y dieléctricas por lo que se emplea como el aislamiento final en las bobinas de los generadores, para darles mayor protección mecánica.

Cordones de amarre: en generadores de gran capacidad se emplean generalmente dos tipos: cordón de fibra de vidrio (está integrado por muchas fibras de seda de vidrio que se impregna con resinas catalizadas y termoendurecible ) y cinta dacron termo contráctil (es una cinta que tiene excelentes características mecánicas cuando se le aplica calor se contrae consiguiendo un mayor apriete en los amarres de los cabezales de las bobinas.

### 2. Laminas aislantes

Se utilizan principalmente para lograr el apriete adecuado de las cuñas de las bobinas del estator y apriete de bobinas de polos del rotor se dan en diferentes tamaños y espesores.

### 3. Pinturas conductoras y semiconductoras

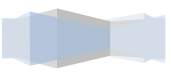
La aplicación de pinturas semiconductoras tiene como finalidad poner a tierra firmemente la superficie exterior del aislamiento de los lados activos de las bobinas que se encuentran dentro de las ranuras, y lograr una distribución uniforme del potencial de la superficie de los cabezales de las bobinas hacia el cuerpo de hierro.

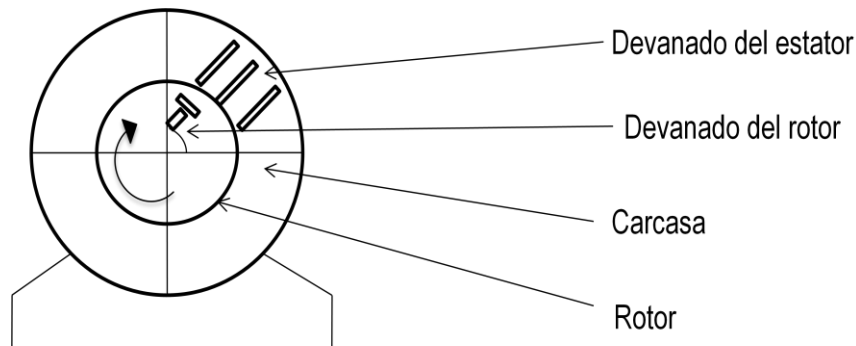
Los lados de las bobinas que se encuentran dentro de las ranuras reciben una pintura conductora (laca a base de grafito) y los cabezales de las bobinas reciben una pintura semiconductora; en algunos casos se utiliza en vez de la laca a base de grafito, papel grafitado con el que se enrollan los lados de las bobinas que van dentro de las ranuras.

La pintura a base de grafito deberá sobre salir a ambos lados del estator a una longitud de 2 ½" y la pintura a base de grafito deberá traslaparse con la otra pintura en ½ "lo cual variara según la tención o el diseño del fabricante.

En la aplicación de las pinturas es muy importante revolver muy bien antes de su aplicación-

La pintura conductora está diseñada para uniformizar esfuerzos de voltaje en las superficies de aislamiento y para prevenir daños por efecto coronase usa principalmente para aplicarse en las superficies exteriores de las bobinas en la parte que está alojada en el laminado y aproximadamente 2 o 3 centímetros fuera del laminado En ambos extremos de la bobina dependiendo del voltaje de operación





AGENTES INFLUYENTES	GAMA	INFLUENCIA SOBRE ENVEJECIMIENTO
TENCION	<ul style="list-style-type: none"> <li>•3.3+ 15KV CONTINUO</li> <li>•15 + 60KV MOMENTANE</li> </ul>	IMPORTANTE MEDIANO
TEMPERATURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>○HASTA 150° C</li> <li>○HASTA 120° C</li> </ul>	MEDIANO (CLASE F) IMPORTANTE (CLASE B)
MECANICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪DEPENDE DE LA POTENCIA DE LA MAQUINA</li> </ul>	DE MEDIANO A IMPORTANTE
MEDIO AMBIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖DEPENDE DE LA MAQUINA</li> </ul>	MEDIANO

Las pruebas dieléctricas no afectan tanto al devanado como su trabajo continuo, la temperatura afecta más a los devanados antiguos de clase B, aun cuando no sobrepasen su temperatura de servicio, que los nuevos sistemas clase F.

#### PLANEACIÓN

- Determinar el tipo de mantenimiento:
  - Semestral
  - Anual
  - **Mayor**
- Determinar el alcance del mantenimiento.





Para el diagnóstico del estado del generador se realizan pruebas al estado del aislamiento como son:

1. El CID (electromagnetic core imperfection detector)
2. Prueba de resistencia de aislamiento (MEGGER)
3. Pruebas de alta tensión
  - Revisión de historial del generador eléctrico.

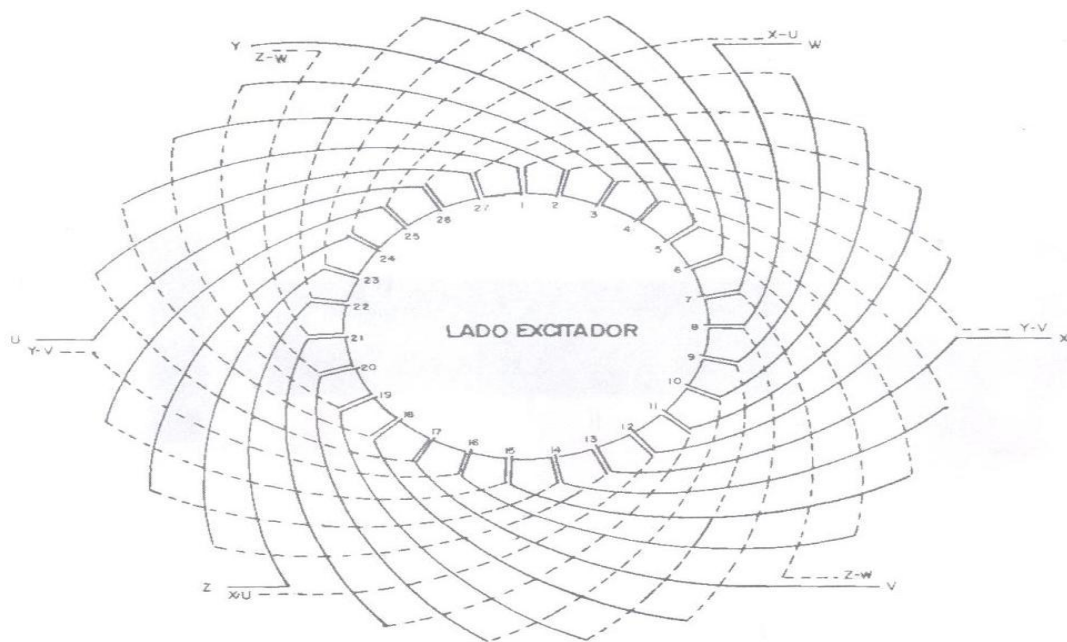
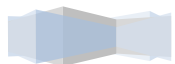


DIAGRAMA DE CONEXION DE LAS BOBINAS DEL GENERADOR (LADO EXCITADOR)

### ACTIVIDADES PRELIMINARES

- 1 Reducción de la carga del Generador.
- 2 Desconexión del sistema
- 3 Medición de impedancia de Rotor.
- 3.1 Dinámica con 120V. C. A. y escalones de voltaje de 100 V.
- 4 Al llegar a velocidad cercana a cero enganchar y rodar con torna flecha.
- 5 Paro de equipo torna flecha cuando la temperatura en el primer paso de la turbina sea de 175 °C ó menos.
- 6 Posicionar el rotor con sus caras polares en dirección vertical.
- 7 Evacuar el hidrogeno del generador.
- 8 Paro de la unidad de aceite de sellos.





- 9 Destapar registros hombre y dejar ventilar.
- 10 Paro y drenaje de los sistemas de agua de enfriamiento (Sistemas de los enfriadores de hidrogeno y del sistema de agua de enfriamiento del estator, si se cuenta con este.)

#### DESENSAMBLE DE PARTES DEL GENERADOR

Se describirán 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 facilitara el ensamble y obviamente se tiene menos riesgo de que algunas maniobras salgan mal.

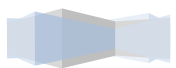
También es importante mencionar que todas las piezas del generador son muy delicadas por el ensamble y asentamiento que deben cumplir, ya que como es sabido el generador durante su operación es sometido a presión de hidrogeno interiormente para su enfriamiento, motivo por el cual debe estar operando herméticamente 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 desensambladas, de esta manera se logrará mayor seguridad en las partes importantes de las piezas

#### DESENSAMBLE DE LA CARCAZA

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

- a) Extraer los tornillos que unen a la carcasa con el sello de aire del 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 carcasa.
- c) Verificar que no exista ninguna conexión eléctrica hacia el alumbrado y control del excitador.
- d) Extraer los tornillos de fijación de la carcasa
- e) Quitar todos los instrumentos de medición como son: termopares, termómetros, y detectores de vibración.







#### MANIOBRA:

Con el auxilio de gancho chico de la grúa un diferencial de 10 toneladas y un estrobo de una pulgada de diámetro y cuatro metros de largo y un grillete de una pulgada, se efectuará esta maniobra.

Una vez que el gancho de la grúa es colocado correctamente, se estroba la carcasa, se tensan estrobo y diferencial, para luego el operador de la grúa acciona debidamente el gancho chico subiendo hasta despegar la carcasa 10 cm., checando estas lecturas en las cuatro esquinas y si hay diferencia, se corrige con el diferencial nivelándola, después el operador accionara la grúa subiendo lentamente la carcasa verificando que no haya dificultad de despegue checando las barras guías colocadas en las esquinas de la base de la carcasa, para que no exista rozamiento en ellas. Una vez que la carcasa se ha levantado 60 cm. al parejo, no habrá dificultad para subirla y colocarla en el lugar designado.

#### DESENSAMBLE DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:

Todas las partes que componen el sistema de enfriamiento se quitan 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.

#### DESACLOPAMIENTO DEL PORTA ESCOBILLAS DEL GENERADOR.

Antes de desacoplar el excitador del generador se tomaran lecturas de alineación en el acoplamiento, tanto radiales como axiales para tener antecedentes respecto a su alineamiento y comprobarlos con los nuevos al volver a acoplar, se aflojaran los tornillos del acoplamiento y se desconectaran las terminales de excitación para tener libertad de correr el excitador hacia el lado contrario del generador y así despegarlo completamente., para realizar lo anterior, se colocara un soporte, en el extremo del rotor del excitador junto al acoplamiento para que al despegar este soporte, sostenga el excitador.

#### DESENSAMBLE DE LAS 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 CO<sub>2</sub> tal como se explico en el capitulo anterior, entonces se quitan las capas de los registros hombre, tanto del lado turbina como del lado excitador para lograr que el CO<sub>2</sub> salga. Completamente se colocara un ventilador en un registro hombre lado excitador de esta forma se presurizará.

#### 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 grúa, diferencial de 2 Toneladas, un grillete de una pulgada, un cárcamo de 20mm que unen la parte superior con la inferior del cojinete, se utiliza dado de 46 mm. Con madera de fuerza., una vez que sea quitado los tornillos y colocado los accesorios, la grúa quitara el medio cojinete y lo colocara sobre una base





De madera para que este no se dañe, enseguida si es posible se tapara con polietileno, para que esté libre de polvo y así proteger el metal.

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

#### DESMONTAJE DE LOS ENFRIADORES DE HIDROGENO

Para poder desmontar los enfriadores de hidrógeno se verifica que la entrada de agua a los mismos este bloqueada, 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 aumento de las mismas.

#### MANIOBRA:

Para la maniobra se hace antes lo siguiente:

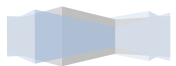
- a) Desacoplar la tubería que se tienen para probar la temperatura de agua.
- b) Despegar el enfriador de su asentamiento con un tornillo de 30 mm Ø y 50 – 60 mm de largo.

Se coloca el accesorio No. Sujetado con los mismos tornillos o espárragos de las tapas superiores, tal como lo muestra la figura, mientras tanto ya tiene preparado el gancho chico de la grúa colocado en este un diferencial de 10 Toneladas, luego se estroba y con el diferencial se despegara completamente y la grúa hará el resto de la maniobra, una vez que el enfriador esta fuera totalmente y junto a la parte que se va a colocar, con la ayuda del gancho grande de la grúa y un estrobo de ½ " y 3mts. De largo se acostara el enfriador de tal manera que este quede sobre dos polines de madera y preparado para su mantenimiento.

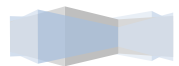
#### 5.5. EXTRACCION DEL ROTOR

#### MANIOBRAS:

- a) Se preparan los accesorios que se utilizaran en la extracción del rotor,
- b) Se coloca el accesorio, que servirá para sostener al diferencial de 10 toneladas en el rotor.
- c) e colocan dos 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 montacargas de 3 toneladas en la parte superior de lado sur del generador con un cáncamo de 24 mm para sacar media chumacera inferior lado sur, al mismo tiempo se levanta el rotor del generador y un estrobo de 50mm por 4 metros.
- f) Se quita chumacera inferior lado sur y se utilizan dos cáncamos de 24 mm. Un estrobo de ½ " y el montacargas de 3 toneladas y la grúa.
- g) Al levantar el rotor se coloca la cuña internamente, entre rotor y estator.
- h) Se quita cojinetes de chumaceras, para este se utiliza la grúa, montacargas de 3ton, un estrobo de ½" 2 cáncamos de 24mm; 2 grilletes de ¾.

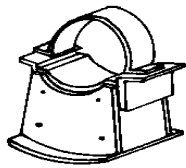


- i) Se baja tapa exterior e inferior lado sur del generador y se utiliza 2 montacargas de 3 Ton. cada uno, 4 cárcamo de 30mm., 4 grilletes de 1" y para grúa un estrobo de 50mm. X 4metros.
- j) Se extrae el canalizador de gas hidrógeno baffle, es decir la parte de donde sujetan las tapas de sello interiores lado sur del generador, para esta maniobra se utiliza el accesorio 1; montacargas de 3 toneladas, 1 estrobo de ½", un grillete de 1" y grúa.
- k) Se mete la placa metálica donde desliza el rotor, con la ayuda de la grúa y un estrobo de 50mm x 4mts.
- l) Una vez que la placa esta dentro, se procede a poner las cuñas donde asentará el rotor y también se coloca soporte patín, 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 ¾ parte del rotor, se acoplan estrobos a la grúa para que esta termine de hecho la maniobra.



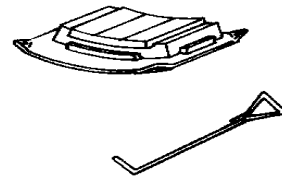


Figuras de piezas de apoyo para el mantenimiento



PATÍN SOPORTE

FIG. 5.5.1. a



SOPORTE ST00013192



CAMA O PLACA METALICA

FIG. 5.5.1. b

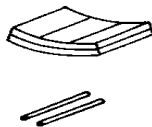


FIG. 5.5.1. c

CUÑAS SOPORTE Y VARILLAS

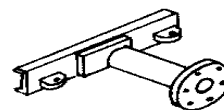
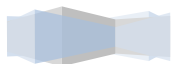
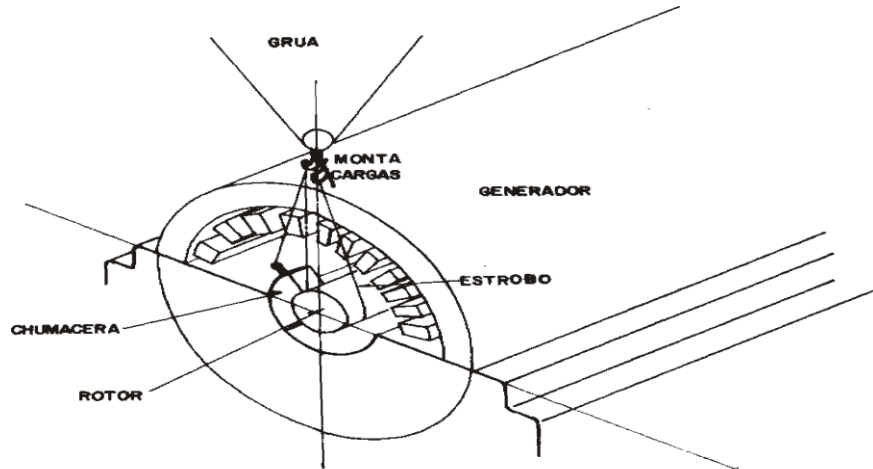


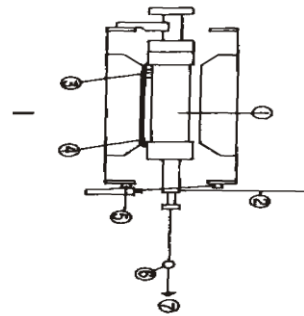
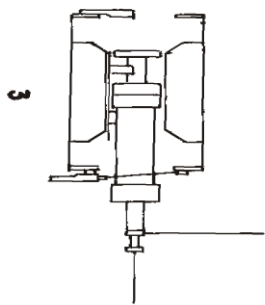
FIG. 5.5.1. d

ACCESORIO PARA JALAR EL ROTOR

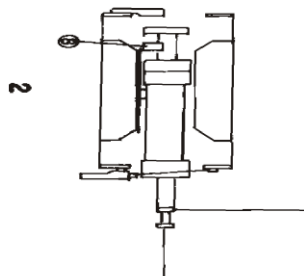
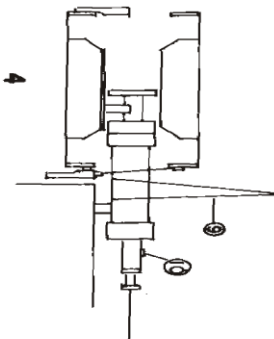




- 1.- TURBO/GEN. ROTOR
- 2.- GRUA
- 3.- SOPORTE DE ROTOR
- 4.- PLACA PARA EXTRACCION ROTOR
- 5.- MADERA

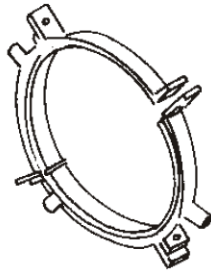


- 6.- DIFERENCIAL 10 TON.
- 7.- SACAR
- 8.- SOPORTE DE ROTOR
- 9.- SUBIR ROTOR
- 10.- NIVEL

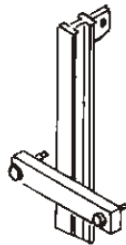




Accesorio para desensamblar el soplador de H<sub>2</sub>

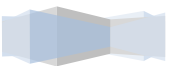


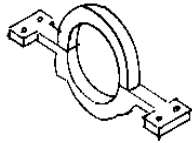
Accesorio para ensamblar el soplador de hidrogeno



ØT00013242

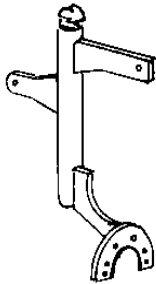
Accesorio para ensamblar la tapa superior de la turbina del generador



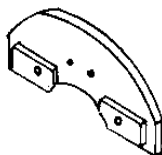


ØTD001321 Z

Accesorio para ensamblar y desensamblar membrana de sello.



Accesorio para ensamblar y desensamblar cojinetes



Accesorio para ensamblar y desensamblar el baffle



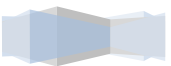


8T0001315 Z



8T0001315 Z

Accesorios para suspender tapas del generador





Preparativos que se llevaron a cabo antes de iniciar las actividades del re embobinado

- Se montaron 3 casetas, una para alojar la herramienta, otra para guardar los materiales y una tercera para utilizarla como oficina para los supervisores alemanes la cual se equipó con escritorio, aire acondicionado, teléfono e Internet; las medidas fueron de 4.50 x 7.00 m.



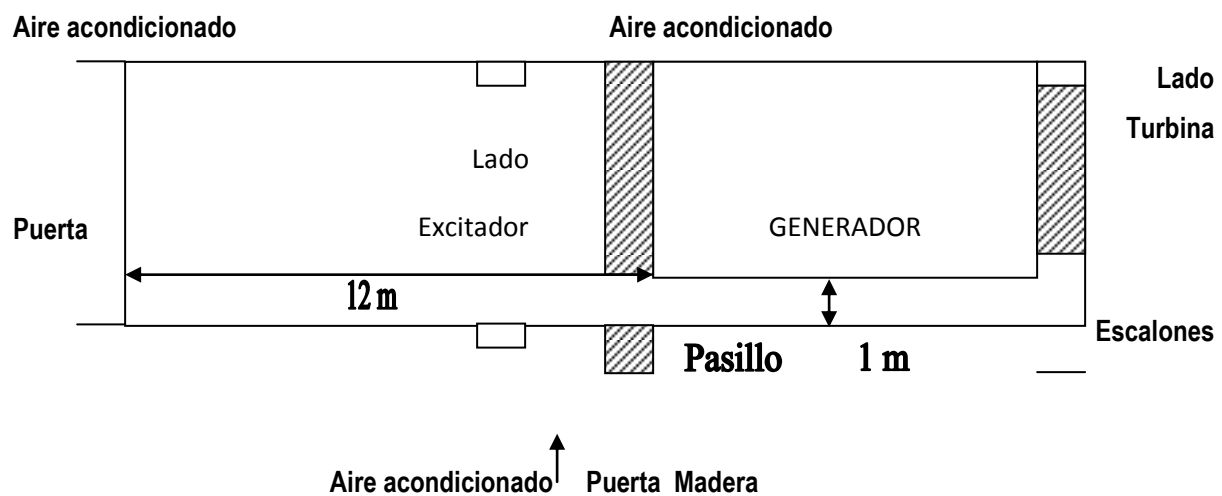
- Se rentó herramienta con la Cía. ALSTOM para el re embobinado de la cual se tienen los listados en el departamento eléctrico de esta central.



- Se prepararon 10 soportes para las bobinas nuevas, estas tienen las siguientes medidas: 2.50 m x 1.20 de alto y 85 cm abierto.



- El departamento Civil con apoyo de sus carpinteros colocaron madera triplay en las entradas de lado excitador y lado turbina así como también instalaron andamio abajo del generador para dismantelar los bushings.



- Se habilitó una caseta de plástico y madera con las dimensiones especificadas en el dibujo 1, además se instaló aire acondicionado para aislar el generador y que el personal labore cómodamente.

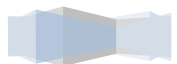
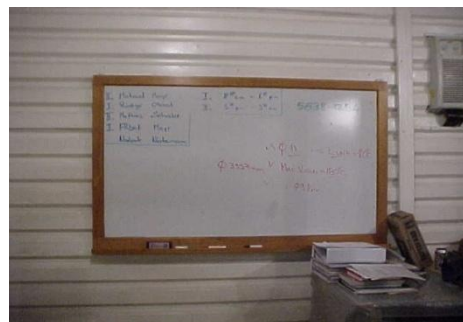


- La Cía. ALSTOM facilitó los anaqueles para acomodar los materiales y la herramienta en las casetas. (ver fotografías)



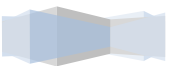
- Se colocaron dos pizarrones en casetas del cuarto de herramienta y materiales, también se colocó un enfriador de agua junto a la caseta de herramienta, habiendo un consumo de 1 garrafón diario aproximadamente.

Se prepararon cuatro mesas de trabajo de 2.40 x 80 m para realizar actividades del re embobinado.





- Se llevó a cabo el movimiento de 60 cajas con refacciones y herramientas del almacén al área y después del área al almacén, utilizando montacargas, camión con grúa y grúa viajera apoyándose con 4 personas del departamento Civil.







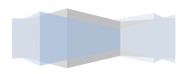
### 7. Trabajos Del Re embobinado




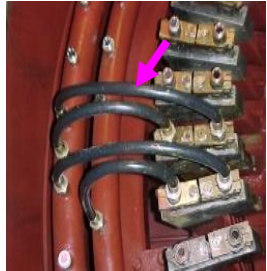
Las actividades que se realizaron y se mencionan fueron ejecutadas secuencialmente y en algunos casos se llevaron a cabo simultáneamente y las fotografías que se presentan dan una idea de los trabajos que se hicieron para re embobinar el Generador de la U4 de la Central Valle de México.

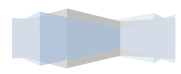
ACTIVIDAD	CANTIDAD	HERRAMIENTA	FOTOGRAFÍA
<p>La CIA. Cimex realizo las pruebas siguientes al rotor del generador eléctrico de u-4.</p> <p>A).-líquidos penetrantes a campanas o anillos de retención.</p> <p>B).-líquidos penetrantes a anillos colectores.</p> <p>C).-líquidos penetrantes y ultrasonido llevado a cabo por muestreo a las cuñas</p> <p>D).-partículas magnéticas a muñones del rotor.</p> <p>E).-líquidos penetrantes a los huecos del copleé del rotor.</p>			 
<p>Se comenzó a retirar el transformador neutro del generador eléctrico y la envoltante de aluminio del bus ducto del neutro.</p>	<p>2 pz</p>	<p>Llaves de ¾, 15/16 Matraca y dados ¾, ½ 15/16</p>	 



<p>Se retiraron las cubiertas metálicas de las terminales de alto voltaje de salida del generador y se desconectaron y marcaron todos los cables de control de los transformadores de corriente, cuidando su polaridad</p>	<p>6 pz</p>	<p>Llaves de <math>\frac{3}{4}</math>, 15/16 Matraca y dados <math>\frac{3}{4}</math>, <math>\frac{1}{2}</math> 15/16, 1"1/4</p>	
<p>Se retiraron los transformadores de corriente de salida del generador eléctrico. Así como del neutro</p>	<p>-Neutro cuenta con 2 donas -Tc´s lado fase cuentan con 3 donas</p>	<p>Llaves de <math>\frac{3}{4}</math>, 15/16, 10mm Matraca y dados <math>\frac{3}{4}</math>, <math>\frac{1}{2}</math> 15/16</p>	
<p>Retiro del silicón impregnado alrededor de los bushings dentro de la caja de terminales, cada bushing tiene una ranura de 1 cm de ancho por 5 cm de profundidad y el diámetro de la entrada de la boquilla es de 200 mm.</p>	<p>6</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuchilla</li> <li>- Desarmador plano</li> <li>- Formón</li> </ul>	
<p>Se retiraron los bushings terminales de alta tensión de salida del generador</p>	<p>6 pz 3 de salida 3 de neutro</p>	<p>Llaves de <math>\frac{3}{4}</math>, 15/16 Matraca y dados <math>\frac{3}{4}</math>, <math>\frac{1}{2}</math> 15/16, 1"1/4</p>	











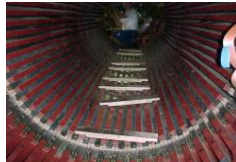


<p>Personal de lapem concluyeron la prueba del “cid” al núcleo del estator, reportando que las pruebas salieron satisfactorias a menos de 100 mili amperes de corriente máxima en el laminado.</p>	<p>60 ranuras</p>		
<p>Fueron retirados los candados de fibra de vidrio con resina epoxi que sujetaban las tuercas de los conectores de las mangueras del sistema de enfriamiento.</p>	<p>60 de lado turbina y 54 de lado excitador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formón</li> <li>- Mazo de plástico</li> </ul>	
<p>Retiro de las mangueras del sistema de enfriamiento lado turbina.</p>	<p>120 pz</p>	<p>Llave española doblada 90° de 36 mm y llave española de 30 mm.</p>	
<p>Retiro de las mangueras del sistema de enfriamiento lado excitador.</p>	<p>108 pz</p>	<p>Llave española doblada 90° de 36 mm y llave española de 30 mm.</p>	









<p>Retiro de anillos fabricados con cordón de fibra de vidrio de 50 mm de espesor, diámetro de 1.47 m colocados en los cabezales de ambos lados, a 20-23 cm del conector de la bobina hacia adentro del estator.</p>	<p>2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formón</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Segueta</li> <li>- Cuñas de madera</li> </ul>	
<p>Retiro de los tubos de acero inoxidable de las conexiones hidráulicas de fase y neutro.</p>	<p>120 lado turbina, 96 lado excitador</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarmador plano</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Dado de 13 mm</li> <li>- Dado de 17 mm</li> <li>- Matraca entrada 1/2"</li> </ul>	
<p>Retiro de los candados soporte de material latón, que sujetan las boquillas de las bobinas, lo cual con el nuevo diseño de las boquillas ya no es necesario volverlos a colocar. Llevaban 216 tornillos de 8 x 35 mm y 216 tornillos de 10 x 30 mm con su respectivo candado.</p>	<p>12</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lave española de 30 mm</li> <li>- Lave española de 36 mm doblada 40°</li> </ul>	
<p>Retiro de los capuchones de fibra de vidrio del lado turbina y del lado excitador, los cuales protegen los cabezales de las fases y neutro, son 3 tipos de capuchón: 12 - iguales de lado turbina, 6 - salida de fase, 6 - salida de neutro.</p>	<p>24</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formón</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Cuchilla</li> <li>- Palancas de fibra de vidrio</li> <li>- Cuñas de madera</li> </ul>	


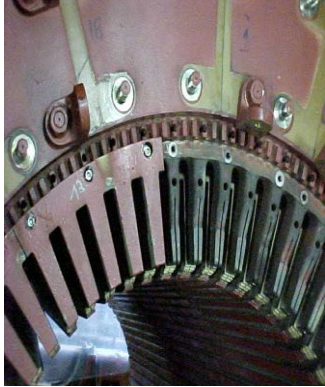




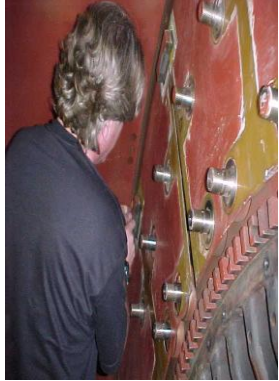

<p>Retiro de tornillos de los conectores principales de los cabezales, tornillo cabeza plana de 8 mm de diámetro por 40 mm de largo.</p>	<p>480</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matraca entrada 3/8</li> <li>- Dado de 13 mm</li> <li>- Desarmador plano doblado en la punta 90°</li> </ul>	
<p>Desensamble de los anillos de fibra de vidrio que ensamblan con el canalizador de Hidrógeno, estos anillos van fijados con 24 pernos de fibra de vidrio de 20 mm de diámetro por 28 mm de largo impregnados con resina epoxi.</p>	<p>2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taladro de 3/8</li> <li>- Broca de 6 mm</li> <li>- Broca de 17 mm</li> <li>- Formón de 1/2</li> <li>- Cuñas de fibra de vidrio</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Aspiradora</li> </ul>	
<p>Retiro de los soportes tipo yugo que sujetan las terminales de las fases y neutro, hechos de micarta y 3 amarres con hilo de fibra de vidrio de 2 mm de espesor y 12 vueltas, impregnado con resina epoxi.</p>	<p>20</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formón</li> <li>- Mazo de plástico</li> </ul>	
<p>Fueron retiradas las cuñas del estator las cuales eran de fibra de vidrio. Longitud cuñas normales 155 mm, 20 x ranura. Longitud cuñas verificación 155 mm con 7 orificios de 1 mm de diámetro, 6 x ranura. Longitud de cuñas chicas 105 mm, 2 x ranura las cuales van en el extremo lado excitador. Para llevar el avance del desacuñado se auxilió del formato 1.</p>	<p>1200 cuñas normales. 360 cuñas verificación. 120 cuñas chicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formón</li> <li>- Botador de micarta</li> <li>- Cuchilla</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Aspiradora</li> <li>- Cajas de plástico</li> </ul>	



<p>Desoldado de conectores de los cabezales de las bobinas tanto lado excitador como lado turbina, se ocupa una soldadora, la cual fue proporcionada por la Cía. ALSTOM. Además se utilizó un extractor que también fue prestado por la misma compañía. La máquina soldadora estaba alimentada por un transformador de 100 KVA 125 A y 440 V de la Cía. ALSTOM. NOTA: Estos conectores ya no se instalaron debido a que cambió el diseño de las conexiones de las bobinas nuevas.</p>	<p>60 lado excitador.  60 lado turbina.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soldadora</li> <li>- Inductor</li> <li>- Extractor</li> <li>- Cuñas de fibra de vidrio</li> <li>- Desarmador doblado 90°</li> <li>- Matraca chica</li> <li>- Dado de 13 mm</li> <li>- Aspiradora</li> <li>- Cubeta con agua fría</li> <li>- Pinzas tipo perico</li> <li>- Charolas de aluminio</li> <li>- Cinta de fibra de vidrio de ¾"</li> </ul>	  
<p>EXTRACCIÓN DE BOBINAS SUPERIORES. Para esta actividad se retiraron los amarres entre bobinas de los cabezales de ambos lados del estator, se aflojaron y se levantaron las bobinas 36, 37, 38, 39, 40 para iniciar a sacar la no. 41 en sentido contrario a las manecillas del reloj visto desde lado excitador. EXTRACCIÓN DE BOBINAS INFERIORES. Se hace el mismo procedimiento, la diferencia es que se aflojan y levantan las bobinas 39, 38, 37, 36 y 35 para luego sacar la no. 34, continuando la extracción en el sentido de las manecillas del reloj visto desde lado excitador. NOTA: Durante la extracción de las bobinas salió dañada la bobina no. 21 superior por estar muy prensada en la ranura. Para llevar el seguimiento de la extracción de bobinas</p>	<p>60 bobinas superiores.  60 bobinas inferiores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 roda cargas de 4 m de largo y 2 de ancho</li> <li>- 2 mazos de plástico</li> <li>- 2 barras de fibra de vidrio</li> <li>- 2 formones de 1"</li> <li>- 2 pinzas</li> <li>- 2 desarmadores</li> <li>- 6 rodillos dúplex</li> <li>- Soportes o burros. 20 piezas</li> <li>- 20 m de lazo de polipropileno de ½"</li> </ul>	   

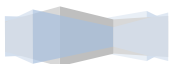
<p>Se efectuó la desconexión de RTD'S de las ranuras 1, 11, 21, 31, 41, 51, 5, 15, 25, 35, 45, 55 visto desde lado turbina.</p>	<p>12</p>	<p>Pinzas</p>													
<p>RETIRO DE AROS DE FIBRA DE VIDRIO.</p> <table border="1" data-bbox="201 940 583 1192"> <thead> <tr> <th>AROS</th> <th>DIAMETRO</th> <th>ESPESOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Chico</td> <td>1.68 m</td> <td>5 cm</td> </tr> <tr> <td>Mediano</td> <td>1.84 m</td> <td>5 cm</td> </tr> <tr> <td>Grande</td> <td>2.00 m</td> <td>5 cm</td> </tr> </tbody> </table>	AROS	DIAMETRO	ESPESOR	Chico	1.68 m	5 cm	Mediano	1.84 m	5 cm	Grande	2.00 m	5 cm	<p>3 lado excitador. 3 lado turbina.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pinzas</li> <li>- Desarmador plano</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Formón de <math>\frac{3}{4}</math></li> <li>- Tijeras</li> </ul>	
AROS	DIAMETRO	ESPESOR													
Chico	1.68 m	5 cm													
Mediano	1.84 m	5 cm													
Grande	2.00 m	5 cm													
<p>Desmontaje de las terminales de fase y neutro. Orden en el que se desmontaron:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Terminal Z</li> <li>b) Terminal Y</li> <li>c) Terminal X</li> <li>d) Fase B</li> <li>e) Fase A</li> <li>f) Fase C</li> </ol>	<p>6</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 roda cargas</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Palancas de fibra de vidrio</li> <li>- Prensa mecánica</li> <li>- Lazo de polipropileno</li> <li>- Formón de <math>\frac{3}{4}</math></li> </ul>													

<p>Antes de desmontar los anillos se checan medidas de la posición que tienen con respecto al laminado. Se anexa copia de la hoja de lecturas.</p>	<p>6</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escuadra grande</li> <li>- Flexómetro</li> </ul>	
<p>Se efectuó limpieza al laminado con formón retirando los restos del relleno semiconductor y después se aplicó acetona con trapo limpio. También se realizó aspirado y sopleteado. No de procedimiento HTGG600631 No de procedimiento HTGG601555 No de procedimiento HTGG601556</p>	<p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formones</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Aspiradora</li> <li>- Manguera tramada de 1/2"</li> </ul>	
<p>PRUEBA DE BOBINAS INFERIORES. Se metieron 6 bobinas en las ranuras 30, 31, 32, 40, 41, 42, se verifica el centrado en la ranura y la separación que existe entre ellas en ambos cabezales, quedando 17 mm por lado y 1 cm respectivamente.</p>	<p>6</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Flexómetros</li> <li>- 2 roda cargas</li> <li>- Cuñas de madera</li> <li>- Hojas de teflón</li> </ul>	
<p>Retiro de los soportes triangulares de micarta tanto del lado turbina como del lado excitador. Los soportes ya no se van a utilizar y se cambian por unos de fibra de vidrio.</p>	<p>20 lado turbina. 18 lado excitador</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llave española de 30 mm</li> <li>- Llave española de 45 cm</li> <li>- Dado de 30 mm</li> <li>- Dado de 45 mm</li> <li>- Dado de 24 mm y matracas para estos tamaños de las tuercas.</li> </ul>	

<p>Limpieza de las terminales de fase y neutro, quitando el barniz rojo y la pintura semiconductor.</p>	<p>6</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulidor con carda cónica</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Formón</li> <li>- Acetona</li> <li>- Aspiradora</li> <li>- Presas mecánicas</li> </ul>	
<p>Retiro de las piezas aislantes de final de ranura, para efectuarle limpieza. Lleva 36 tornillos de cabeza allen de 12 mm por 44 mm.</p>	<p>24</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Formón</li> <li>- Llave allen de 10 mm</li> </ul>	
<p>Adaptación de los soportes triangulares de ambos lados del estator. Para esta actividad se tuvieron que hacer los siguientes barrenos a cada soporte nuevo:</p> <p>         2 de 22 mm          1 de 40 mm          1 de 18 mm       </p> <p style="margin-left: 150px;">} lado turbina</p> <p>         4 de 18 mm          4 de 40 mm          2 de 22 mm       </p> <p style="margin-left: 150px;">} lado excitador</p>	<p>20 lado turbina. 18 lado excitador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taladro magnético</li> <li>- Broca de 22 mm</li> <li>- Broca de 40 mm</li> <li>- Broca de 18 mm</li> <li>- Torno</li> </ul>	 

<p>Retiro de placas aislantes de final de laminado.</p> <p>Esta actividad se llevó a cabo sólo en la sección de lado excitador y fue realizado para verificar el apriete y que no existiera fractura de la soldadura en los seguros de los tornillos que presan el laminado.</p>	<p>2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarmador plano</li> <li>- Formón</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Llave española de 17 mm</li> </ul>																											
<p>Retiro del aislamiento de las terminales de fase y neutro como se indica a continuación:</p> <table border="1" data-bbox="203 955 571 1333"> <tr> <td rowspan="6">FASE</td> <td>U1</td> <td>32 cm</td> </tr> <tr> <td>U2</td> <td>40.5 cm</td> </tr> <tr> <td>V1</td> <td>25.5 cm</td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>24 cm</td> </tr> <tr> <td>W1</td> <td>37.5 cm</td> </tr> <tr> <td>W2</td> <td>25 cm</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="203 1386 571 1696"> <tr> <td rowspan="6">NEUTRO</td> <td>X1</td> <td>64 cm</td> </tr> <tr> <td>X2</td> <td>68 cm</td> </tr> <tr> <td>Y1</td> <td>66 cm</td> </tr> <tr> <td>Y2</td> <td>47 cm</td> </tr> <tr> <td>Z1</td> <td>45.5 cm</td> </tr> <tr> <td>Z2</td> <td>48 cm</td> </tr> </table> <p>Lo anterior es para poder soldar el conector a cada conexión.</p>	FASE	U1	32 cm	U2	40.5 cm	V1	25.5 cm	V2	24 cm	W1	37.5 cm	W2	25 cm	NEUTRO	X1	64 cm	X2	68 cm	Y1	66 cm	Y2	47 cm	Z1	45.5 cm	Z2	48 cm	<p>12</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Segueta</li> <li>- Formón</li> <li>- Mazo de plástico</li> </ul>	
FASE		U1	32 cm																										
		U2	40.5 cm																										
		V1	25.5 cm																										
		V2	24 cm																										
		W1	37.5 cm																										
	W2	25 cm																											
NEUTRO	X1	64 cm																											
	X2	68 cm																											
	Y1	66 cm																											
	Y2	47 cm																											
	Z1	45.5 cm																											
	Z2	48 cm																											




<p>Limpieza de partes del generador:</p> <p>Soportes tipo yugo 20</p> <p>Separadores entre bobinas 38</p> <p>Tornillería en general 500 piezas aprox.</p>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Pulidor</li><li>- Formón</li><li>- Mazo de plástico</li><li>- Prensa</li></ul>	
<p>Corte de las terminales de fase y neutro.</p> <p>Se llevaron a cabo 12 cortes de 12.5 cm a cada conexión de las fases y neutro.</p>	<p>12</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Prensas</li><li>- Sierra</li><li>- Disco para cobre</li><li>- Aspiradora</li><li>- Mazo de plástico</li></ul>	








Aplicación de pinturas a las diferentes partes del estator del generador.		
PARTES	TIPO	CANTIDAD
Piezas de micarta de final de ranura	Bocamin Bügellack F-6542 (10) Docamin Leitlack F-6540 (1)	24
Anillos de fibra de vidrio		6
Terminales de fase y neutro		6
Rellenos de fibra de vidrio y parte de los soportes triangulares		38
Separadores entre camas de bobinas		38
Relleno entre cabezales de bobinas de fase	Pintura graduadora LL 10 (un solo componente)	24
Relleno entre aros de fibra de vidrio y bobinas inferiores		18+20+60+54
Relleno entre bobinas superiores y bobinas inferiores		38+38
Rellenos de fondo de ranura	Pintura semiconductor Docamin Leitlack F-6540 (1)	60
Parte recta de las bobinas, solamente detalles	Docamin Nutlack F-6541 (10)	120


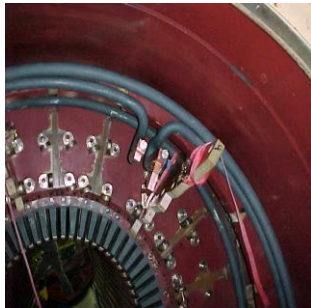


- Brocha
- Rodillo
- Charola
- Agitador



<p>Montaje de los soportes triangulares. Se montaron los soportes nuevos de lado turbina y lado excitador, colocando roldanas de bronce de 37 mm de diámetro interior y 68 mm de diámetro exterior a los tornillos de las piezas tipo L apretándolos a 375 N-m.</p> <p>También se colocaron roldanas de latón a los pernos que sujetan el soporte de 25 mm de diámetro interior, 48 mm de diámetro exterior y apretando los tornillos a 200 N-m.</p> <p>A todos los tornillos se les puso LOCTITE 290 color verde.</p>	<p>18 lado excitador 20 lado turbina</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dado de 46 mm</li> <li>- Dado de 30 mm</li> <li>- Llave de 46 mm</li> <li>- Llave de 30 mm</li> <li>- Torquímetro 0-500 N-m</li> <li>- Matraca entrada de 3/4"</li> <li>- Extensión 3/4"</li> </ul>	
<p>Soldado de conectores de las terminales de fase y neutro.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza la misma máquina que se uso para desoldar.</li> <li>• Tipo de soldadura SILFOS de 1 mm de diámetro.</li> <li>• Se colocan 3 laines de soldadura dentro del conector (cada soldadura dura 5 min.), operando la máquina de soldar a 245 A.</li> <li>• Se usó mica entre el inductor y el conector y también N2 para enfriar.</li> <li>• Temperatura de fusión 750° C.</li> </ul> <p>No de procedimiento HTGG600626</p>	<p>12</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Máquina de soldar</li> <li>- Equipo con nitrógeno</li> <li>- prensas</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Inductor redondo</li> </ul>	
<p>Desensamble de bridas del generador eléctrico. Esta actividad se lleva a cabo para realizar cambio del empaque de neopreno que sella la brida ya que existía fuga de gas H2.</p> <p>Se quitaron todos los tornillos aproximadamente 100 piezas y los pernos del centro de ambos lados se quedan, únicamente se quita la tuerca de un lado.</p> <p>Lado oeste se pudo separar 210 mm</p> <p>Lado este (excitador)</p>			


<p>Reparación del laminado.</p> <p>Se aplicó resina Araldit LY1025 con HY840-1 proporción (100 g y 70 g respectivamente), a los paquetes de laminación del extremo lado turbina en las ranuras 25, 30, 36, 40, 42, 45, 50, 55 y 57.</p> <p>Y a las ranuras 36, 41 y 57 se les metió lanas de 5 mm de fibra de vidrio con resina Araldit debido a que al checar fácilmente se introdujo la hoja de una navaja.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Martillo</li> <li>- Tijeras</li> <li>- Lámpara</li> </ul>	
<p>Se realizó limpieza del área de ensamble del aro de fibra de vidrio de sección cuadrada con los soportes triangulares.</p>	<p>38</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espátula</li> <li>- Formón</li> <li>- Mazo de plástico</li> </ul>	
<p>Encintado de terminales de fase y neutro aplicando aproximadamente 15 capas de cinta 602 SAMICOTHERM 366.28 marca ALSTOM con resina Araldit. Primeramente haciendo punta de lápiz en el aislamiento original para recuperar el espesor de 6-8 mm.</p> <p>Mezcal de la resina:</p> <p>Araldit LY1025 CH 50%</p> <p>Harter HY840-1 50%</p>	<p>12</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Burros para soportar la terminal</li> <li>- Tijeras</li> <li>- Vasos de cera para mezcla de resina</li> </ul>	

<p>Todos los anillos de interconexión fueron forrados de papel aluminio delgado y amarrado con alambre magneto para la prueba de alto potencial de c.a.</p> <p>Personal de lapem realizo las pruebas de alto potencial de c.a. Aplicando 34 kv a 1 minuto y pruebas de resistencia de aislamiento antes y después de la prueba de alto potencial aplicando 2500 vcd a 1 minutos los 6 anillos de interconexión del cabezal lado excitador obteniendo resultados favorables.</p> <p>Después de realizar las pruebas de alto potencial a los anillos de interconexión se retira el papel aluminio que cubría las terminales</p> <p>No de procedimiento HTGG600570 No de procedimiento HTGG600571</p>	<p>6 pz</p>	<p>- Equipo de prueba para alto potencial</p>	
<p>Plateado de conexiones de fase y neutro con electroplak utilizando el método por electrólisis, aplicando 12 volts de Cd.</p>	<p>6</p>	<p>- Cargador 0-24 volts - Electroplak</p>	
<p>Colocación de piezas de micarta de final de ranura. Con reina Araldit LY1025 CH 50% y Harter HY840-1 50% se pegan los aumentos de cada pieza.</p> <p>A cada tornillo se le pone Loctite 290 color verde, después se le aplica silicón en la cabeza del tornillo y finalmente se rellenan con resina.</p> <p>Araldit LY1025 CH 100 % Harter HY840-1 40%</p>	<p>24</p>	<p>- Llave allen de 10 mm - Espátula</p>	

<p>Instalación de RTD's. Se cambió cableado de los RTD's de las ranuras 27 y 31 y de los termopares del cabezal del agua W, W2, W3, W4, W5 y W6.</p> <p>A los demás solamente se cambiaron las terminales a la llegada de la caja de conexiones.</p> <p>Finalmente quedaron instalados en las ranuras 1, 7, 11, 17, 21, 27, 31, 37, 41, 47, 51 y 52.</p> <p>RTD's de platino 100</p> <p>No de procedimiento HTGG600629 No de procedimiento HTGG600630</p>	<p>12 en ranuras</p> <p>6 en cabezal del agua</p>	<p>Cautín</p>	
<p>Montaje de las terminales de fases y neutro. El orden del montaje fue:</p> <p>Fase U Fase W Fase V</p> <p>Colocación del aro de sección cuadrada y luego:</p> <p>Terminal X Terminal Y Terminal Z</p>	<p>6</p>		
<p>Colocación de placas de acero inoxidable Se aplica Loctite 290 color verde a los tornillos que sujetan estas placas, únicamente las lleve del lado turbina y es para fijar el aro de fibra de vidrio de sección cuadrada contra los soportes.</p>	<p>20 piezas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dado de 24 mm</li> <li>- Matraca entrada de 1/2"</li> <li>- Loctite 290 color verde</li> </ul>	
<p>Colocación de aros de fibra de vidrio. Se llevó a cabo la instalación de los aros de fibra de vidrio verificando que coincidieran las medidas que se tomaron antes de retirarlos.</p> <p>Para fijar los aros se fabricaron piezas de fibra de vidrio y se pegaron a los soportes con pernos del mismo material.</p>	<p>6</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Escuadra grande</li> </ul>	

Fabricación de rellenos. Hechos con lanas, colcha de 1 mm de espesor, tela de fibra de vidrio, resina EP19 componente A, EP19 componente B (100 y 50%) y pintura graduadora LL10.			
UBICACIÓN	LADO	MED en mm	CANT
Entre soportes triangulares y bobinas inferiores	Turbina	675x40x14 y 7	18
	Excitador	675x40x20 y 7	20
Entre aros de fibra de vidrio y bobinas inferiores	Turbina	CH 210x50x7	20
		M 225x50x8	20
		G 280x50x12	20
	Excitador	CH 280x50x10	6
		CH 220x50x10	12
		M 330x50x13.6	6
		M 230x50x13.6	12
		G 360x50x19	6
		G 255x50x19	12
	Entre bobinas inferiores y separador y entre este y bobinas superiores	Turbina	640x50x5
Excitador		40	

- Tijeras
- Brochas
- Sierra vertical



<p>Se llevó a cabo el rectificado de las piezas de micarta de final de ranura debido a que impedían bajar totalmente las bobinas inferiores. 5 mm en cada ranura. No de procedimiento HTCM629446</p>	<p>120</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formón</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Rectificador neumático</li> <li>- Fresas</li> </ul>	
<p>Se instalaron los rellenos semiconductores en el fondo de la ranura fijándolos con pegamento de contacto (FURIA). Dimensiones del relleno: 4.52 m x 29 mm x 1 mm. No de procedimiento HTCM629446</p>	<p>60</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Madera</li> </ul>	
<p><b>INSERCIÓN DE BOBINAS</b> <b>- INFERIORES</b></p> <p>Se instalaron las bobinas de la capa inferior iniciando por la ranura No. 41 y terminando con la 42. Se levantaron previamente las bobinas 36, 37, 38, 39, 40 y 41.</p> <p><b>SUPERIORES</b></p> <p>Se instalaron las bobinas de la capa superior, iniciando por la ranura 17 y terminando con la 16. Antes se levantaron las bobinas de las ranuras 22, 21, 20, 19, 18 y 17.</p> <p>Son 60 bobinas.</p> <p>Para llevar el seguimiento de la inserción de bobinas se auxilió de los diagramas de conexiones lado excitador y lado turbina del generador. No de procedimiento HTGG600553</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gatos</li> <li>- Prensas especiales</li> <li>- Mazos de plástico</li> <li>- Poleas</li> <li>- Flexómetros</li> <li>- Palancas</li> <li>- Rodillos</li> <li>- Soportes</li> <li>- Eslingas</li> <li>- Madera</li> <li>- Lazo de polipropileno</li> </ul>	 	

**SECUENCIA DE INSTALACIÓN DE LAS BOBINAS NUEVAS AL ESTATOR DEL GENERADOR ELÉCTRICO U4 C.T. VALLE DE MÉXICO**

INFERIORES			SUPERIORES		
No. de ranura	No. de bobina	Conexión	No. de ranura	No. de bobina	Conexión
41	244 6/1	Z1	17	244 61/2	X2
40	244 35/3		18	244 80/4	
39	244 22/3		19	244 120/4	
38	244 57/3		20	244 83/4	
37	244 25/3		21	244 106/4	
36	244 47/3		22	244 112/4	
35	244 42/3		23	244 107/4	
34	244 12/3		24	244 75/4	
33	244 31/3		25	244 103/4	
32	244 39/3		26	244 104/4	
31	244 5/1	V2	27	244 64/2	V1
30	244 45/3		28	244 98/4	
29	244 23/3		29	244 68/4	
28	244 60/3		30	244 113/4	
27	244 21/3		31	244 89/4	
26	244 8/3		32	244 111/4	
25	244 37/3		33	244 76/4	
24	244 30/3		34	244 101/4	
23	244 44/3		35	244 119/4	
22	244 28/3		36	244 102/4	
21	244 121/1	X1	37	244 65/2	Z2
20	244 52/3		38	244 81/4	
19	244 51/3		39	244 70/4	
18	244 43/3		40	244 97/4	
17	244 18/3		41	244 61/2	
16	244 49/3		42	244 62/4	
15	244 26/3		43	244 73/4	
14	244 24/3		44	244 79/4	

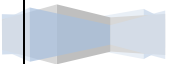


Reembolsado de un generador eléctrico de 300MW CFE






7	244 54/3		51	244 128/4	
6	244 25/3		52	244 78/4	
5	244 20/3		53	244 88/4	
4	244 17/3		54	244 67/4	
3	244 36/3		55	244 90/4	
2	244 124/3		56	244 69/4	
1	244 4/1	Y1	57	244 R2/2	Y2
60	244 58/3		58	244 115/4	
59	244 7/3		59	244 129/4	
58	244 50/3		60	244 118/4	
57	244 59/3		1	244 116/4	
56	244 38/3		2	244 114/4	
55	244 16/3		3	244 71/4	
54	244 13/3		4	244 93/4	
53	244 10/3		5	244 99/4	
52	244 29/3		6	244 108/4	
51	244 3/1	U2	7	244 63/2	W1
50	244 33/3		8	244 100/4	
49	244 41/3		9	244 105/4	
48	244 53/3		10	244 91/4	
47	244 19/3		11	244 72/4	
46	244 34/3		12	244 109/4	
45	244 11/3		13	244 94/4	
44	244 40/3		14	244 85/4	
43	244 14/3		15	244 74/4	
42	244 09/3		16	244 86/4	



Reembobinado de un generador eléctrico de 300MW CFE





<p>Colocación de los rellenos semiconductores laterales. Quedaron prensadas las bobinas superiores e inferiores con los rellenos semiconductores de las siguientes medidas:</p> <p>77 x 500 x 0.2 mm 0.3 mm 0.4 mm 0.5 mm</p> <p>Con espesor entre 1.2 y 1.4 mm tanto en la cama inferior como la superior.</p>	<p>600</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Herramienta especial</li> <li>- Cuñas de fibra de vidrio</li> <li>- Caja</li> </ul>	
<p>Se llevó a cabo la alineación de las bobinas inferiores con respecto al aro de fibra de vidrio de sección cuadrada, tanto lado excitador como lado turbina para hacer que todos los cabezales estuvieran en la misma distancia entre el conector y el aro amarrándolas y así mantener su posición correcta.</p>	<p>60</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 60 cinturones ajustables</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Palanca de fibra de vidrio</li> </ul>	 
<p>Se fabricaron y colocaron los rellenos entre bobinas de la cama inferior.</p> <p>1-2, 11-12, 21-22, 31-32, 41-42, y 51-52 tanto lado turbina como lado excitador, y de la cama superior 6-7, 16-17, 26-27, 36-37, 46-47 y 56-57. Ver diagrama de conexiones del generador donde se muestra la posición de los rellenos. Materiales, colcha de fibra de vidrio de 700 x 1030 mm, lana de 1 mm de espesor x 50 mm de ancho. Curva de acuerdo al contorno del cabezal de la bobina.</p>	<p>12</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Cuña</li> <li>- Tijeras</li> <li>- Sierra</li> </ul>	 

Se lleva a cabo la prueba de alto potencial a la primera cama de bobinas

Se hacen los preparativos para realizar la prueba de alta tensión de c.a. conectando un transformador elevador de 480v a 50000v, de 250 kva, tipo e0v25.

-se realiza la prueba de megger a la cama inferior de bobinas aplicando 5000 vcd, obteniendo 1.9 gigaohms, índice de polarización de 2.72

-se inicia la prueba de alta tensión.

10 kv sin novedad

25 kv sin novedad

45 kv arquea en rellenos de bobinas 21-22 lado turbina, se corrige falla y continúa.

25 kv arquea entre terminales y2-u1

36 kv arquea entre terminales y2-u1

38 kv arquea entre terminales x2-y2

Se decide hacer la prueba solamente a 10 bobinas de la 42 a la 51.

Volvió a arquear entre las bobinas 21-22 lado turbina.

Se toma la decisión de retirar el puente entre terminales de salida del generador, quedando los anillos de interconexión flotando sin referencia de tierra, se realiza la prueba de alto potencial a 49 kv y a los 30 seg. Se origina un corto circuito entre las bobinas 21-22 de cabezal lado turbina.

Con lija para madera se retira el carbón de la parte superior de ambas barras, se limpia con trapo y acetona, se impregna el área con pintura graduadora f6542 y se vuelve a hacer el amarre con cinta de fibra de vidrio. Se retiraron todas las pequeñas cuñas que sujetaban los amarres de los rellenos entre bobinas del cabezal lado excitador y se regeneraron los daños hechos por las cuñas con pintura GRADUADORA F6542.





<p>Obteniendo los resultados satisfactorios siguientes:</p> <p>Voltaje aplicado i alim. I variac i inductor v inductor</p> <p>25 kv      210      44      529      204</p> <p>48 kv      820      98      1012      390</p> <p>Durante 60 seg , 28.7°c , 42% de humedad relativa, 48 kv=2.35 v alta de acuerdo a especificaciones de CFE., se aplico prueba de resistencia de aislamiento antes y después de la prueba de alta tensión.</p>	TIEMPO	ANTES ( MEGAOHMS)	DESPUES(MEGAOHMS)
	15	332	314
	30	482	444
	45	590	560
	1	720	695
	2	1160	1140
	3	1490	1480
	4	1680	1660
	5	1820	1760
	6	1890	1810
	7	1900	1830
	8	1940	1850
	9	1960	1870
	10	1950	1860
I.P.	2.7	2.7	
C	.50UF	.50UF	



AMARRADO DE CABEZALES		
AMARRES CAMA INFERIOR		
PARTES	CANTIDAD	MATERIALES
Entre bobinas y aros de fibra de vidrio de ambos lados del estator.  Ver diagrama GME0130107	360	Cinta de fibra de vidrio de 15 mm de espesor, impregnada con resina.  EP19 A 100% EP19 B 50%
Entre bobinas de ambos cabezales.  Ver diagrama GME0130107	72 capa inferior 72 capa superior	- Cinta de fibra de vidrio de 3/4" de ancho impregnada con resina componente A 100% y componente B 50% y pintura LL10 y rematado con resina ARALDIT.  - Relleno de fibra de vidrio de 50 x 80 x 1.5 mm impregnado con pintura F6542 y F6540 (10 a 1).
AMARRES CAMA SUPERIOR		
PARTE	CANTIDAD	MATERIALES
Entre bobinas superiores y soportes triangulares.  Ver diagrama GME0102129	38	Cordón de fibra de vidrio de 17 mm de diámetro x 8 metros de largo.  11 vueltas cada uno.

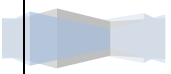



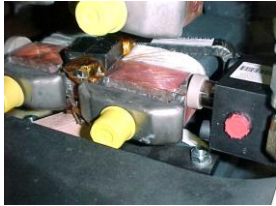


<p>Instalación de los rellenos semiconductores alojados entre bobinas y fijados con pegamento de contacto.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rellenos semiconductores entre bobinas</th> <th>MEDIDAS (mm)</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ranura con RTD</td> <td>3850 x 30 x 6</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Ranura sin RTD</td> <td>4040 x 30 x 6</td> <td>48</td> </tr> </tbody> </table>			Rellenos semiconductores entre bobinas	MEDIDAS (mm)	CANTIDAD	Ranura con RTD	3850 x 30 x 6	12	Ranura sin RTD	4040 x 30 x 6	48	<p>- Madera</p>																	
Rellenos semiconductores entre bobinas	MEDIDAS (mm)	CANTIDAD																											
Ranura con RTD	3850 x 30 x 6	12																											
Ranura sin RTD	4040 x 30 x 6	48																											
<p>Reacañado del estator.          No. de cuñas normales: 60x38= 2280          No. de cuñas finales: 60x2= 120          No. de cuñas de ajuste: 60x40= 2400</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RELLENOS</th> <th>MEDIDAS (mm)</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Rellenos base</td> <td>0.5 x 29 x 2210</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>1.0 x 29 x 1170</td> <td>240</td> </tr> <tr> <td>1.5 x 29 x 740</td> <td>360</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Rellenos de ajuste Deben estar entre 1.7 y 3.7 mm.</td> <td>0.1 x 29 x 110</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.2 x 29 x 110</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.3 x 29 x 110</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.4 x 29 x 110</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.5 x 29 x 110</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.0 x 29 x 110</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.5 x 29 x 110</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Deben tomarse dos mediciones por cada cuña.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El ajuste inicial entre la cuña superior y la cuña inferior después de empujarla debe estar entre 45 y 49 mm.</li> <li>El apriete o inclinación de la cuña superior es entre 0.12-0.13 mm.</li> </ul> <p>Todos los materiales son de fibra de vidrio.</p> <p>No de procedimiento HTGY620075          No de procedimiento HTGG600625</p>			RELLENOS	MEDIDAS (mm)	CANTIDAD	Rellenos base	0.5 x 29 x 2210	120	1.0 x 29 x 1170	240	1.5 x 29 x 740	360	Rellenos de ajuste Deben estar entre 1.7 y 3.7 mm.	0.1 x 29 x 110		0.2 x 29 x 110		0.3 x 29 x 110		0.4 x 29 x 110		0.5 x 29 x 110		1.0 x 29 x 110		1.5 x 29 x 110		<p>- Gato hidráulico          - Mazo de plástico          - Herramienta especial con resorte          - Aspiradora          - Formón          - Madera para meter cuñas</p>	    
RELLENOS	MEDIDAS (mm)	CANTIDAD																											
Rellenos base	0.5 x 29 x 2210	120																											
	1.0 x 29 x 1170	240																											
	1.5 x 29 x 740	360																											
Rellenos de ajuste Deben estar entre 1.7 y 3.7 mm.	0.1 x 29 x 110																												
	0.2 x 29 x 110																												
	0.3 x 29 x 110																												
	0.4 x 29 x 110																												
	0.5 x 29 x 110																												
	1.0 x 29 x 110																												
	1.5 x 29 x 110																												

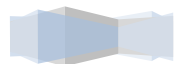
<p>Se concluye la actividad de insertar los rellenos laterales semiconductores a la segunda cama de barras del estator.</p> <p>Se hicieron los preparativos para la prueba de alta tensión al devanado completo, por lo que no se retiraron las prensas metálicas de los cabezales.</p> <p>Se realiza prueba de resistencia de aislamiento a 2500 vcd, antes de realizar la prueba de alta tensión a 46 kv, a 10 min. 1.62 gigaohms y el índice de polarización 2.6</p> <p>Se instalo el equipo de lapem y se realizo la prueba llegando a 45.7 kv, arqueando en lado turbina.</p> <p>En la segunda prueba a 44.8 kv arqueo en la parte superior de la barra no. 1 del relleno largo del cabezal lado turbina.</p> <p>Reparado el arqueo o brinco de voltaje en la parte superior de la bobina no. 1 del cabezal lado turbina, se retiro parte de la colcha de fibra de vidrio en la parte superior de la barra , se realizo limpieza con acetona se instalo otro pedazo de colcha impregnada con pintura graduadora f6540 y f6540</p> <p>Se realiza la segunda prueba a 46kv durante 1 minuto resultado satisfactorio, a 26.4 °c, 40% de humedad relativa.</p> <p>No de procedimiento HTGG600571 No de procedimiento HTGG600570</p>	<p>Antes de la prueba</p> <p>15 SEGUNDOS – 280 MΩ 30 SEGUNDOS – 410 MΩ 45 SEGUNDOS – 505 MΩ 60 SEGUNDOS – 575 MΩ 2 MINUTOS – 820 MΩ 3 MINUTOS – 1030 MΩ 4 MINUTOS – 1210 MΩ 5 MINUTOS – 1340 MΩ 6 MINUTOS – 1450 MΩ 7 MINUTOS – 1530 MΩ 8 MINUTOS – 1600 MΩ 9 MINUTOS – 1650 MΩ 10 MINUTOS – 1680 MΩ</p> <p>IP – 2.92 C – 0.99 μF</p> <p>Después de la prueba</p> <p>15 SEG – 208 MΩ 30 SEG – 348 MΩ 45 SEG – 394 MΩ 1 MINUTOS – 454 MΩ 2 MINUTOS – 680 MΩ 3 MINUTOS – 885 MΩ 4 MINUTOS – 1070 MΩ 5 MINUTOS – 1220 MΩ 6 MINUTOS – 1350 MΩ 7 MINUTOS – 1440 MΩ 8 MINUTOS – 1520 MΩ 9 MINUTOS – 1560 MΩ 10 MINUTOS – 1600 MΩ</p> <p>IP – 3.52 C – 0.99 μF</p>	  
--	---	--







<p>Se realizo prueba de megger a los 12 rtd's.</p> <p>La prueba anterior fue a 1 minuto y el valor es en <math>g\Omega</math> (1000 vcd).</p> <p><i>-posteriormente se realizo la prueba de voltaje aplicado (2000 vca) a todos los rtd's juntos siendo la prueba satisfactoria con ayuda del factor de potencia.</i></p> <p>-se realiza la segunda prueba de megger aplicando 1000 vcd a 1 minuto y resultado en gigaohms.</p> <p>Se realizo resistencia óhmica a cada uno de los rtd's (valor en ohm)</p>	La prueba fue a 1 minuto y el valor es en $g\Omega$ (1000 vcd).					
	NO. RTD	15 SEGUNDOS	30 SEGUNDOS	45 SEGUNDOS	60 SEGUNDOS	
	1	6.4	10.1	12.6	14.3	
	7	7.2	11.6	14.5	16.5	
	11	7.5	12.5	15.4	16.7	
	17	7.1	11.5	14.5	16.6	
	21	7.0	11.5	15.0	17.3	
	27	7.0	11.9	15.0	16.9	
	31	7.0	11.8	14.9	16.9	
	37	7.3	12.6	15.6	18.2	
	41	7.8	13.2	16.4	19.2	
	47	8.2	13.8	16.9	20.0	
	51	6.8	11.7	14.6	16.9	
	57	7.3	12.0	15.3	17.8	
	Después del voltaje de C.A Aplicando 1000 vcd a 1 minuto y resultado en gigaohms.					
	NO. DE RTD	15 SEGUNDOS	30 SEGUNDOS	45 SEGUNDOS	60 SEGUNDOS	
	1	4.6	6.9	9.3	10.6	
	7	5.6	8.6	10.4	12.0	
	11	5.6	8.7	10.8	12.2	
	17	6.0	9.7	12.0	14.1	
21	5.8	9.7	12.3	14.4		
27	5.9	9.6	12.7	14.5		
31	6.0	9.8	12.5	14.4		
37	6.1	9.8	12.4	14.5		
41	5.7	9.2	12.2	14.1		
47	6.0	9.6	12.6	14.7		
51	5.9	9.8	12.4	14.4		
57	Rebobinado de un generador eléctrico de 300MW CFE					

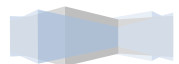






<p><b>SOLDADO DE CONECTORES DE BOBINAS</b></p> <p>Se llevó a cabo el soldado de conectores entre bobinas inferiores con superiores.</p> <p>Por cada soldadura se utilizó una lana de plata de 40 x 34 x 0.4 mm y al momento de fundirla se aplicó soldadura de alambre SILFOS en la unión de los conectores.</p> <p>Se ocupó la misma soldadora que se utilizó para desoldar los conectores antiguos; ahora toma 40% y 54 Kw.</p> <p>Temperatura de fusión: 660° C. Tarda aproximadamente un minuto la aplicación de la soldadura.</p> <p>No de procedimiento HTGG600626</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 108 entre bobinas inferiores con superiores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soldadora</li> <li>- Prensa neumática</li> <li>- Aspiradora</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Cuñas de madera</li> <li>- Lámpara</li> <li>- Formón</li> </ul>	 
<p>Se hace rectificado en los soportes para alojar correctamente las terminales (aros de interconexión). Tenían un diámetro de 54 mm y se hicieron de 64 mm. Se utilizó rectificador neumático y fresa para fibra de vidrio.</p>	<p>13 lado excitador</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rectificador neumático</li> <li>- Aspiradora</li> <li>- Fresas para fibra de vidrio</li> </ul>	
<p>Se coloca cinta adhesiva de 38 mm en los conectores de las bobinas tanto lado excitador como lado turbina, dejando entre 5-10 mm descubierto el cobre hacia el aislamiento para aplicar pintura graduadora.</p>	<p>54 lado excitador 60 lado turbina</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tijeras</li> </ul>	





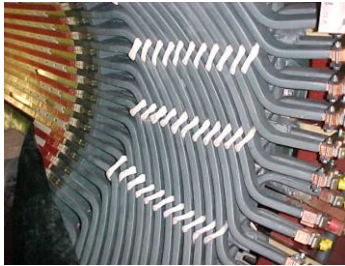
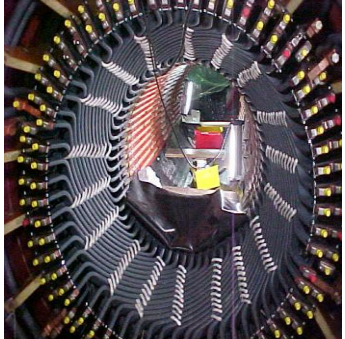

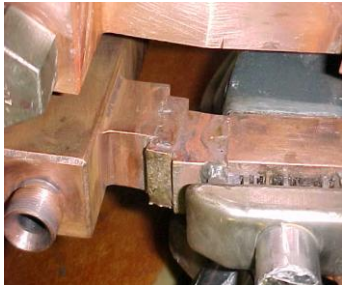
<p>Rectificado de piezas de micarta tipo L donde asientan los aros de interconexión o terminales de fase y neutro, que van colocados entre estos y los soportes triangulares. Se desbastan 5 mm.</p>			
<p><b>AMARRADO DE CABEZALES</b> Lado turbina, bobinas inferiores.</p> <p>Con cordón de fibra de vidrio de 17 mm de diámetro y 20 m de largo se hace el amarre cada 10 bobinas entre fases, es decir, queda libre donde van los rellenos de colcha.</p> <p>Son dos vueltas en el exterior y una en el interior, luego lleva 5 vueltas de apriete entre bobina y bobina.</p> <p>Para las bobinas superiores se realizó lo mismo con la diferencia que son 4 vueltas entre bobina y bobina.</p>	<p>6 en bobinas inferiores</p> <p>6 en bobinas superiores</p>	<p>- Tijeras</p>	 
<p>Amarrado de las terminales de neutro. Con cordón de fibra de vidrio de 16 mm de espesor x 4 metros de largo de 3 vueltas. Cada amarre dos por soporte triangular.</p>	<p>36</p>		





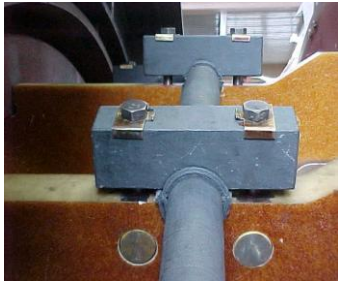


<p>Se instalan separadores bipartidos que sujetan las terminales de fases y neutro. Antes se colocan una o dos capas de felpa impregnado con pintura LL10 y se hacen tres amarres con tres vueltas cada uno de cinta de fibra de vidrio de 10 mm de ancho, impregnada con resina componente A (2) y componente B (1).</p>	<p>10 neutro 4 fases</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prensa</li> <li>- Tijeras</li> </ul>	
<p>Fijación de las terminales de fase colocando felpa impregnada con pintura LL10 entre el yugo y la terminal y atornillando contra el soporte triangular asegurando con arandela y seguro de fibra de vidrio en el soporte.</p>	<p>13</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llave de 24 mm</li> <li>- Desarmador plano</li> <li>- Mazo de plástico</li> </ul>	
<p>Soldado de conectores de terminales de fase y neutro haciendo el mismo procedimiento que para los conectores de bobinas con las diferencias siguientes: Se utiliza un inductor más largo.</p> <p>Se fabrican rellenos de cobre según se requiera en la conexión.</p> <p>Se aplica aire a presión por el interior de la terminal mientras se está soldando.</p> <p>No de procedimiento HTGG600626</p>	<p>12</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soldadora</li> <li>- Prensa neumática</li> <li>- Cuñas de madera</li> <li>- Mazo de plástico</li> <li>- Aspiradora</li> <li>- Manguera con conexión</li> </ul>	
<p>Prensado de amarres de cabezales de bobinas, con dos maderas y dos tornillos de 12 mm por 100 mm. Esta actividad se realiza antes del secado.</p>	<p>216</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maderas</li> <li>- Tornillos</li> </ul>	





<p>Se inicia reacuñado del estator comenzando del centro del laminado hacia el excitador y colocando las cuñas maestras al centro de cada ranura (2 cuñas), 29 ranuras de 2 cuñas cada una.</p> <p>-se coloca un relleno base de 0.5 mm de espesor y 29 mm de ancho dos por ranura, y luego el relleno de ajuste es de 3.2 ~ 4.5 mm después otro relleno base de 1.5 mm.</p> <p>Cuña inferior o de ajuste y por último la cuña superior.</p> <p>No de procedimiento HTGY620075 No de procedimiento HTGG600625</p>		<p>Martillo de nailamin Piezas de baquelita Micrómetro de reloj</p>	
<p>Se comenzaron a soldar los tubos de acero inoxidable que unen las bobinas superiores e inferiores del cabezal lado excitador</p> <p>marcando el bastón de la ranura no.1 en sentido horario, para que el pailero-soldador ajusten una por una las soldaduras de los tubos</p> <p>No de procedimiento HTGG600626</p>		<p>- GAS ARGON + SOLDADURA ER 316 LSI</p>	

<p>Se inician los amarres entre bobinas superiores y soportes triangulares de lado excitador, formados por 11 vueltas de cordón de fibra de vidrio de 17 mm de diámetro y aproximadamente 8 metros de largo, se hicieron 9 amarres.</p>	<p>19 por lado</p>	<p>- Aguja de acero inoxidable</p>	 
<p>Se realizan las soldaduras de las terminales w2,v1,u2,x2,z1,v2 y w1, para este fin se fabricaron los rellenos de cobre de diferente espesor y ajustar la conexión y al soldarla se colocan dos lanas de soldadura de plata aplicando aire a presión por la terminal correspondiente</p> <p>No de procedimiento HTGG600626</p>	<p>6 pz</p>	<p>- Pistola de inducción - pinzas</p>	 



<p>Se comenzaron a instalar los soportes que sujetan a través de dos tornillos pasados hasta el soporte triangular y amarran a los anillos de interconexión de las fases, cabe mencionar que entre los dos soportes se instalan dos capas de felpa impregnada con pintura graduadora LL10.</p>		<ul style="list-style-type: none"><li>- 2 llaves de 17mm</li><li>- Prensa neumática</li><li>- Prensas mecánicas</li></ul>	    
--	--	---	--

<p>Se inician los amarres con Cordón de fibra de vidrio de 17 mm de espesor entre separadores y triángulos soportes para fijar los anillos de interconexión del lado neutro en cabezal l/excitatriz</p> <p>Y todo el diámetro del fin de las bobinas</p> <p>Y se probaron las mangueras de teflón</p>			 
<p>Se realizaron los preparativos y conexiones para realizar la prueba de alto potencial a 32 kv a 1 minuto, por fase al estator del generador eléctrico u4, con ayuda de los siguientes componentes:</p> <p>A).- transformador elevador de 0-50 kv de 250 kva de capacidad.</p> <p>B).- dos inductancias de 1 milihenrrio cada una, aunque se tomo un tap de una de ellas para que las sumaran 1.5 milihenrrios debido a que se efectuara la prueba por fase.</p> <p>C).- autotransformador variable (variac) capacidad 100 kva, 262 a, 380 v primario.</p> <p>Se procedió primeramente a la instalación de los capuchones de fibra de vidrio (isulations sleeves) separadores de fase contra fase en forma provisional para la realización de la prueba.</p> <p>-se realizo una limpieza con trapo limpio y acetona a los 2 cabezales del estator.</p> <p>No de procedimiento HTGG600509</p>		<p>-Un transformador elevador de 0-50 kv de 250 kva de capacidad. -Dos inductancias de 1 milihenrrio cada una, - un autotransformador variable</p>	

<p>Se realiza prueba de resistencia de aislamiento antes de hacer la de alto potencial, a 26.8 °c, 46% humedad relativa, 26.1 °c devanado. Se inyecta voltaje a una fase y las otras 2 fases se puentean y se refieren a tierra.</p> <p>No de procedimiento HTGG600571</p>	<p>- Megger de 5000V</p>		∅ C	∅ B	∅ A	A 2500 VCD
		1/4	510	505	505	A 2500 VCD
		1/2	940	950	925	A 2500 VCD
		3/4	1140	1170	1120	A 2500 VCD
		1	1250	1280	1220	A 2500 VCD
		2	1430	1480	1370	A 2500 VCD
		3	1510	1550	1420	A 2500 VCD
		4	1550	1600	1460	A 2500 VCD
		5	1570	1620	1470	A 2500 VCD
		6	1590	1640	1490	A 2500 VCD
		7	1600	1650	1500	A 2500 VCD
		8	1610	1660	1500	A 2500 VCD
		9	1620	1670	1510	A 2500 VCD
		10	1620	1680	1500	A 2500 VCD
IP	1.30	1.31	1.23			
C	0.39 μF	0.39 μF	0.39 μF			
<p>Se realizo la prueba de potencial aplicado a 32 kv según plan de pruebas alemán.</p> <p>-26.4 °c dev., 27.4 °c amb., 44% humedad relativa aplico 32 kv a fase "c" (w) con 4.08 a, 336.5 nf=c, fd=4.07%</p> <p>-aplico 32 kv a fase "b" (v) con 4.02 a, 335.8 nf=c, fd=3.96%</p> <p>-aplico 32 kv a fase "a" (v) con 4.08 a, c=335 nf, fd=4.11% siendo todas las pruebas anteriores satisfactorias.</p>	 					



<p>Realiza la prueba de resistencia de aislamiento a 26.8 °c dev. 28.4 °c amp., 42% humedad relativa, aplicando un voltaje de 2500 vcd.  <b>Se observa que el aislamiento sigue permaneciendo húmedo, ya que el ip debe de ser mayor de 2.</b></p> <p>No de procedimiento HTGG600571</p>	<p>- Megger de 5000v</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>(U) MΩ</th> <th>(V) MΩ</th> <th>(W) MΩ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>¼</td><td>515</td><td>505</td><td>520</td></tr> <tr><td>½</td><td>895</td><td>935</td><td>940</td></tr> <tr><td>¾</td><td>1090</td><td>1140</td><td>1150</td></tr> <tr><td>1</td><td>1170</td><td>1250</td><td>1250</td></tr> <tr><td>2</td><td>1330</td><td>1430</td><td>1420</td></tr> <tr><td>3</td><td>1400</td><td>1510</td><td>1490</td></tr> <tr><td>4</td><td>1430</td><td>1550</td><td>1530</td></tr> <tr><td>5</td><td>1460</td><td>1580</td><td>1550</td></tr> <tr><td>6</td><td>1470</td><td>1600</td><td>1570</td></tr> <tr><td>7</td><td>1480</td><td>1600</td><td>1580</td></tr> <tr><td>8</td><td>1490</td><td>1620</td><td>1580</td></tr> <tr><td>9</td><td>1500</td><td>1630</td><td>1590</td></tr> <tr><td>10</td><td>1500</td><td>1640</td><td>1600</td></tr> <tr><td>IP</td><td>1.28</td><td>1.31</td><td>1.28</td></tr> <tr><td>C</td><td>0.39 μF</td><td>0.39 μF</td><td>0.39 μF</td></tr> </tbody> </table>		(U) MΩ	(V) MΩ	(W) MΩ	¼	515	505	520	½	895	935	940	¾	1090	1140	1150	1	1170	1250	1250	2	1330	1430	1420	3	1400	1510	1490	4	1430	1550	1530	5	1460	1580	1550	6	1470	1600	1570	7	1480	1600	1580	8	1490	1620	1580	9	1500	1630	1590	10	1500	1640	1600	IP	1.28	1.31	1.28	C	0.39 μF	0.39 μF	0.39 μF
	(U) MΩ	(V) MΩ	(W) MΩ																																																															
¼	515	505	520																																																															
½	895	935	940																																																															
¾	1090	1140	1150																																																															
1	1170	1250	1250																																																															
2	1330	1430	1420																																																															
3	1400	1510	1490																																																															
4	1430	1550	1530																																																															
5	1460	1580	1550																																																															
6	1470	1600	1570																																																															
7	1480	1600	1580																																																															
8	1490	1620	1580																																																															
9	1500	1630	1590																																																															
10	1500	1640	1600																																																															
IP	1.28	1.31	1.28																																																															
C	0.39 μF	0.39 μF	0.39 μF																																																															
<p>Se procede al retiro de los capuchones de fibra de vidrio (isulations sleeves).          se realizo prueba de resistencia óhmica a los 12 rtd's          No de procedimiento HTGG600571</p>	<p>- Puente wheatstone de</p>	<p>1 – 111 Ω, 111.2 Ω          7 – 111 Ω, 111 Ω          11 – 111 Ω, 111 Ω          17 – 110.8 Ω, 110.8 Ω          21 – 110.7 Ω, 110.7 Ω          27 – 110.6 Ω, 110.6 Ω          31 – 110.6 Ω, 110.5 Ω          37 – 110.5 Ω, 110.5 Ω          41 – 110.7 Ω, 110.7 Ω          47 – 110.7 Ω, 110.7 Ω          51 – 110.9 Ω, 110.9 Ω          57 – 111 Ω, 111 Ω</p>																																																																




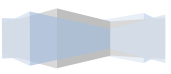




<p>Se realizo prueba de resistencia de aislamiento a los 12 rtd's aplicando 1000 vcd (1 minuto).</p> <p>No de procedimiento HTGG600571</p>	<p>- Megger de 5000v</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>15 SEGUNDOS</th> <th>30 SEGUNDOS</th> <th>45 SEGUNDOS</th> <th>1 MINUTO</th> <th>G Ω</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.54</td> <td>8.3</td> <td>10.1</td> <td>11.6</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>5.65</td> <td>8.85</td> <td>11.2</td> <td>12.9</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>5.95</td> <td>10.1</td> <td>12.3</td> <td>14.2</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>7.10</td> <td>11.6</td> <td>14.3</td> <td>15.9</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>5.05</td> <td>8.4</td> <td>10.5</td> <td>12.4</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>5.60</td> <td>9.3</td> <td>11.9</td> <td>13.6</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>5.7</td> <td>9.4</td> <td>12.0</td> <td>13.6</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>37</td> <td>5.65</td> <td>9.35</td> <td>11.6</td> <td>13.7</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>6.0</td> <td>9.25</td> <td>12.4</td> <td>14.3</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>47</td> <td>6.10</td> <td>9.90</td> <td>12.6</td> <td>14.8</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>51</td> <td>6.15</td> <td>9.75</td> <td>12.3</td> <td>14.4</td> <td>G Ω</td> </tr> <tr> <td>57</td> <td>6.05</td> <td>9.65</td> <td>12.6</td> <td>14.5</td> <td>G Ω</td> </tr> </tbody> </table>		15 SEGUNDOS	30 SEGUNDOS	45 SEGUNDOS	1 MINUTO	G Ω	1	4.54	8.3	10.1	11.6	G Ω	7	5.65	8.85	11.2	12.9	G Ω	11	5.95	10.1	12.3	14.2	G Ω	17	7.10	11.6	14.3	15.9	G Ω	21	5.05	8.4	10.5	12.4	G Ω	27	5.60	9.3	11.9	13.6	G Ω	31	5.7	9.4	12.0	13.6	G Ω	37	5.65	9.35	11.6	13.7	G Ω	41	6.0	9.25	12.4	14.3	G Ω	47	6.10	9.90	12.6	14.8	G Ω	51	6.15	9.75	12.3	14.4	G Ω	57	6.05	9.65	12.6	14.5	G Ω
			15 SEGUNDOS	30 SEGUNDOS	45 SEGUNDOS	1 MINUTO	G Ω																																																																									
		1	4.54	8.3	10.1	11.6	G Ω																																																																									
		7	5.65	8.85	11.2	12.9	G Ω																																																																									
		11	5.95	10.1	12.3	14.2	G Ω																																																																									
		17	7.10	11.6	14.3	15.9	G Ω																																																																									
		21	5.05	8.4	10.5	12.4	G Ω																																																																									
		27	5.60	9.3	11.9	13.6	G Ω																																																																									
		31	5.7	9.4	12.0	13.6	G Ω																																																																									
		37	5.65	9.35	11.6	13.7	G Ω																																																																									
		41	6.0	9.25	12.4	14.3	G Ω																																																																									
		47	6.10	9.90	12.6	14.8	G Ω																																																																									
		51	6.15	9.75	12.3	14.4	G Ω																																																																									
57	6.05	9.65	12.6	14.5	G Ω																																																																											
<p>Poniendo todos los rtd's en corto circuito se aplico 2000 vca durante 1 minuto con ayuda del factor de potencia siendo el resultado satisfactorio</p> <p>-prueba de resistencia óhmica después del potencial aplicado a los rtd's.</p> <p>No de procedimiento HTGG600571</p>	<p>- Equipo de factor de potencia - Puente de wheatstone</p>	<p>1 – 111 Ω, 111 Ω 7 - 111 Ω, 111 Ω 11 – 111.1 Ω, 111.1 Ω 17 – 110.9 Ω, 110.9 Ω 21 – 110.8 Ω, 110.8 Ω 27 – 110.6 Ω, 110.6 Ω 31 – 110.6 Ω, 110.6 Ω 37 – 110.5 Ω, 110.5 Ω 41 – 110.7 Ω, 110.7 Ω 47 – 110.8 Ω, 110.8 Ω 51 – 110.9 Ω, 110.9 Ω 57 – 111.1 Ω, 111.1 Ω</p>																																																																														

		15 SEGUNDOS	30 SEGUNDOS	45 SEGUNDOS	1 MIN	
<p>Se realizo la prueba de resistencia de aislamiento después del potencial aplicado inyectando 1000 vcd a 1 minuto.</p> <p>Las pruebas resultaron satisfactorias</p> <p>No de procedimiento HTGG600571</p>	- Megger	1	3.68	5.70	7.10	8.7
		7	4.32	6.85	8.10	8.7
		11	3.74	5.20	7.05	7.6
		17	3.86	5.70	7.40	7.7
		21	4.58	7.40	9.05	10.0
		27	4.02	6.30	8.0	10.0
		31	4.06	6.55	8.20	9.7
		37	4.24	6.70	8.5	9.7
		41	4.16	6.90	8.9	10.0
		47	4.14	6.65	8.4	9.7
		51	4.16	6.90	8.95	10.0
		57	4.02	6.65	8.30	9.8
		<p>Se colocaron cuñas temporales al final de la ranura lado excitador (para llevar a cabo la polimerización).</p> <p><i>Se inicio de abajo hacia arriba</i></p> <p>Aplicación de resina componente A (2) y componente B (1) a los amarres de cordón de fibra de vidrio utilizando un equipo que trabaja con presión de aire tipo engrasadora.</p> <p>Para esta actividad se utiliza un traje impermeable especial y careta.</p>	<p>Lado turbina 20, 12</p> <p>Lado excitador 18, 12, 22</p>	- Equipo para inyectar resina		
<p>Se coloca los amares restantes rededor de las bobinas superiores e inferiores y se colocan los capuchones de fase</p> <p>Se comenzaron a colocar las maderas en forma de cuña que sirve para oprimir y hacer paralelos los amarres superiores e inferiores en cabezal lado turbina, estas maderas se presionan con 2 tornillos pasados de 17 mm</p>		-				

<p>Se inicia la aplicación de resina en los amarres de lado excitador</p>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Bomba de presión</li><li>- Jeringa</li></ul>	
---	--	--	--

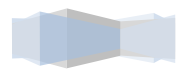


<p>Quedaron colocadas las maderas en forma de cuña que sirven para poner en paralelo los amarres superiores e inferiores del cabezal lado excitador, todas las maderas utilizadas Fueron cortadas en la sierra por ambos lados para poder utilizarse.</p> <p>-las 2 aperturas de la carcasa del generador quedaron cubiertas con una lona de fibra de vidrio color gris para evitar las fugas de calor.</p> <p>-se realizo limpieza con trapo limpio y acetona en ambos cabezales del generador.</p> <p>-se instalaron las 2 tapas de madera en los extremos del generador para llevara a cabo la polimerización del estator.</p> <p>-se colocaron en su posición las 2 maquinas sopladoras de aire caliente probando rotación de los equipos.</p> <p>-se instalaron termopares en bobinas de ambos cabezales para registrar la temperatura durante la polimerización, los 2 aparatos registradores de temperatura no funcionaron en forma correcta, por lo que no es posible llevar el control de las temperaturas.</p> <p>Las maquinas sopladoras de aire caliente quedaron instaladas de la forma siguiente:</p>	<p>108 pz de madera</p> <p>5 termopares</p> <p>2 maquinas sopladoras de aire caliente</p>	   
---	---	--



Aproximadamente a la 0:30 am fueron arrancadas las 2 maquinas que realizaran el calentamiento (polimerización).

FECHA	ZEIT	WICKLUNG AS	ENDVERDO AS	EISEN AS	LUFTSCHLITZ AS	LUFTSCHLITZ NS	EISEN NS	WICKLUNG NS	ENDVERDO NS	RUNDVERB NS
		PT 1	PT 2	PT 3	PT 4	PT 5	PT 6	PT 7	PT 8	PT 9
19/08/02	0:30	40.9	39.2	41.5	48.7	39.7	37.5	40.9	39.7	38.7
	1:30	47.8	46.3	45.9	53.6	43.2	38.7	44.5	42.6	40.0
	2:30	50.8	48.9	49.7	59.5	48.8	39.8	49.3	47.1	44.1
	3:30	55.5	50.2	52.1	62.2	55.4	41.0	55.0	50.3	47.3
	4:30	61.7	51.3	55.2	68.4	63.2	43.1	61.3	55.5	50.1
	5:30	68.4	52.5	56.8	73.2	65.3	46.9	68.9	62.3	53.6
	6:30	75.2	54.6	59.6	81.1	70.1	49.3	73.5	69.7	57.3
	7:30	81.0	58.6	62.4	84.0	76.9	51.2	79.6	73.8	62.9
	8:30	84.9	62.9	64.8	87.4	79.6	54.6	82.1	76.7	65.5
	9:30	87.7	66.5	66.7	90.3	82.0	56.6	83.6	78.9	67.7
	10:30	90.0	69.5	68.9	92.7	82.4	57.1	86.7	81.7	70.8
	11:30	95.9	71.9	72.7	97.7	83.6	58.7	86.2	81.6	72.0
	12:30	99.6	74.1	75.1	100.4	84.6	60.2	86.7	82.2	73.2
	13:30	99.5	75.3	75.8	98.4	87.6	63.0	89.7	84.4	75.0
	14:30	99.9	76.4	77.5	100.2	89.8	64.4	91.9	86.6	76.7
	15:30	100.5	77.8	78.8	101.2	92.6	66.7	93.9	88.5	78.6
	16:30	101.3	78.7	79.9	101.3	95.2	68.8	96.5	91.0	80.8
	17:30	102.3	80.2	81.5	102.5	96.6	71.7	99.0	93.5	83.3
	18:30	103.2	81.5	82.7	103.6	98.2	71.9	100.3	95.1	85.1
	19:30	104.3	82.5	84.5	104.7	99.4	74.2	101.5	96.5	86.7
	20:30	108.0	84.5	87.2	108.0	99.4	74.7	102.5	97.5	88.2
	21:30	109.1	85.8	88.6	109.3	101.2	76.8	103.3	98.7	89.0
	22:30	109.0	86.7	89.6	108.9	102.0	77.9	103.9	99.4	90.1
	23:30	110.9	87.6	91.5	111.5	102.2	78.9	104.6	100.6	90.7





20/08/02	0:30	110.8	88.4	92.5	111.1	103.5	80.4	105.0	100.9	91.7
	1:30	110.9	89	93.2	111.5	104.1	80.4	105.5	101.5	92.5
	2:30	111.0	89.5	94.1	111.8	106.5	84.1	107.6	103.1	93.3
	3:30	111.7	90.2	95.4	112.9	107.4	85.0	109.1	104.6	94.4
	4:30	111.8	90.7	96.2	112.7	100.4	86.0	110.1	105.6	95.5
	5:30	112.4	91.0	97.0	112.9	109.3	87.5	110.8	106.5	96.5
	6:30	112.1	91.1	97.4	113.3	110.2	88.6	111.6	107.2	97.2
	7:30	111.8	91.6	98.1	112.8	110.5	89.9	111.9	107.8	97.8
	8:30	111.7	91.7	98.5	112.6	111.1	90.6	112.3	108.2	98.3
	9:30	112.3	92.3	99.1	114.1	110.9	91.4	112.6	108.5	98.6
	10:30	112.7	92.8	100.6	114.5	111.7	92.3	113.0	108.8	99.1
	11:30	112.3	92.7	100.6	114.1	109.6	92.2	111.1	107.9	98.9
	12:30	112.9	93.0	101.4	112.3	107.4	91.6	108.7	105.9	98.2
	13:30	112.7	93.5	101.6	114.5	107.3	92.3	107.5	104.4	97.5
	14:30	113.3	93.7	102.2	114.6	107.4	93.0	107.5	104.4	97.2
	15:30	113.5	94.1	102.7	115.3	107.3	93.5	107.5	104.3	97.2
	16:30	113.7	94.3	103.0	114.2	107.5	94.2	107.2	104.2	96.0
	17:30	113.4	94.4	103.2	113.7	107.7	94.5	107.2	104.2	96.8
	18:30	112.3	94.3	103.2	114.1	107.9	95.0	107.5	104.3	97.0
	19:30	106.5	92.5	101.1	110.9	107.7	95.8	107.5	104.2	96.8
	20:30	106.9	92.3	101.0	109.8	107.9	95.9	107.4	104.3	96.8
	21:30	108.1	92.2	101.9	113.1	107.8	96.0	107.4	104.3	96.8
	22:30	110.8	92.9	103.4	118.1	107.9	96.8	107.6	104.4	96.7
	23:30	109.7	92.4	103.3	112.4	107.8	97.0	107.3	104.4	96.6
21/08/02	0:30	110.0	92.7	103.4	114.6	108.5	97.3	107.4	104.3	96.5
	1:30	106.0	91.5	101.9	110.1	107.9	97.7	107.4	104.1	96.7
	2:30	108.8	92.0	103.5	110.9	107.9	97.8	107.4	104.3	96.6
	3:30	109.2	92.2	103.2	113.9	108.1	98.4	107.4	104.3	96.5





	4:30	108.3	92.3	103.0	111.3	108.1	98.4	107.4	104.3	96.4
	5:30	108.8	92.2	103.7	113.2	108.2	98.5	107.4	104.3	96.4
	6:30	108.0	92.1	103.4	111.3	108.0	98.7	107.3	104.1	96.3
	7:30	110.0	92.4	104.2	112.0	108.0	99.3	107.0	103.9	96.7
	8:30	109.5	92.3	104.1	111.3	108.1	98.9	107.0	104.0	96.1
	SE APAGARON LAS RESISTENCIAS DE LOS 2 CALENTADORES, LOS VENTILADORES QUEDARON EN SERVICIO									
	9:30	92.0	87.3	93.9	87.5	96.1	93.6	98.8	98.8	94.4
	10:30	82.7	82.7	90.3	82.2	90.0	92.0	90.7	91.8	90.9
	11:30	78.5	79.3	87.9	79.5	85.1	90.1	84.4	85.3	86.3
	12:30	73.6	75.8	85.3	75.3	81.5	88.5	80.8	80.7	82.7
	13:30	70.5	72.8	82.9	72.4	79.1	87.3	76.9	77.2	79.5
	14:30	61.4	66.4	79.1	65.5	71.1	84.4	68.8	10.5	14.8
	A LAS 15:00 SE RETIRARON LAS TAPAS DE MADERA DEL ESTATOR									
	15:30	48.1	44.3	80.3	74.5	68.3	82.1	52.2	63.7	67.6
	16:30	42.6	38.2	79.1	75.7	65.2	78.1	46.9	59.3	59.8
	17:30	47.5	40.0	50.0	44.4	61.3	78.6	48.9	53.7	46.1
	18:30	47.6	38.7	48.9	43.4	56.4	73.2	45.0	40.0	44.1



Se retiraron las maderas que prensaban los amarres de los cabezales tanto lado excitador como lado turbina.

-se llevo a cabo el rasurado de los remates de los amarres así como el lijado de los fillos de los mismos.

-se realizo limpieza a todas las boquillas de las entradas de agua de las bobinas lado turbina así como de los cabezales de entrada y salida de agua.

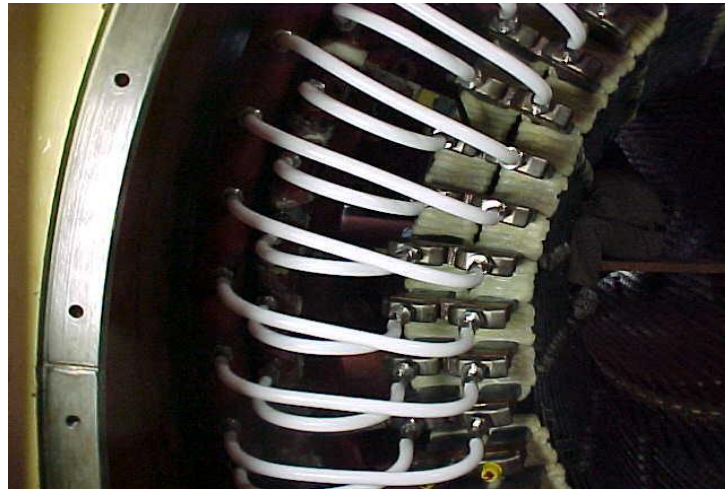
-se retiraron 3 termopares del cabezal de agua caliente.

Se comenzaron a colocar las mangueras de material teflón r1= pz., r2=56 pz. Y r3=7 pz. A las 2 conexiones (atrás de la cuerda de las mangueras) se les adhiere molykote para que giren con suavidad, a las cuerdas de los conectores de las bobinas se adhiere un poco de grasa pasta molykote para alta presión de color blanco y al avellanado de los conectores de las barras se le hace una limpieza con trapo y acetona. El apriete de las mangueras de teflón es 145 newton metro (torquimetro).





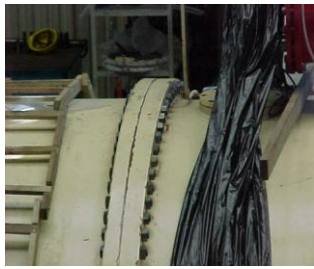
-después de limpiar el avellanado de los conectores se le adhiere con el dedo un poco de sellador loctite 567.



Se comenzó el reapriete de cuñas del estator después del secado, tomando mediciones con el micrómetro obteniendo 10, 11, 12, 13, 14 centésimas de milímetro en promedio, quedando el reapriete de la ranura no. 60% del total.

No de procedimiento HTGG600633







<p>El personal de CIA. Cimex realizo pruebas de líquidos penetrantes a los tubos de acero inoxidable cabezal lado excitador. No de procedimiento HTGG600626</p>	<p>48 PZ.</p>		 
<p>Quedo cerrada la carcasa lado excitador y del lado turbina del generador y se instalo un o ´ring redondo color negro de 11.2 mm de grueso, la carcasa lado turbina se cerrara el lunes.</p>			  

<p>Quedaron instalados los bushings de salida del generador Mca haefely trench Tipo vfh 24/60 -11 Test bil/sil/ac 125/ - /60 kv Serie 98/so 117, coolant water. Ur – 24 kv Ir – 11000 a Fr – 50 hz. Mass – 90 kg Se concluyo el apriete de la tornillería que sujeta los bushing de salida del generador con apriete de 110 newton metro.</p>	<p>6</p>		
<p>Se inicia a colocar las conexiones de acero inoxidable en el lado excitador poniéndoles grasa molykote a las cuerdas de las boquillas y loctite 597 al avellanado y apretando con torquímetro a 145 newton metro y llave de 36 mm.</p>			



<p>Instalación de las cuñas finales de cada ranura de ambos extremos del estator aplicando resina araldit ly1025 ch (50%) y harter 840-1 (50%) a los rellenos de ajuste entre si y entre estos y los rellenos base. Se perforaron las cuñas finales de cabezal lado turbina y lado excitador a 11 mm y se cortaron los rellenos sobrantes</p>		<p>Taladro</p>	
<p>Se inicia el encintado de tuercas y sección central de mangueras de teflón del sistema de enfriamiento lado turbina y lado excitador</p>			



<p>Se coloca al rotor en la base de balanceo y agregarle 2.8 kg para su balanceo</p>			
<p>Se realiza la prueba de hermeticidad a las bobinas se inyecta nitrógeno (3.3 bares) al sistema de agua-agua hasta salir satisfactoria. Checando con detector de gases, jabonadura No de procedimiento HTGG600628 No de procedimiento HTGG600602</p>			





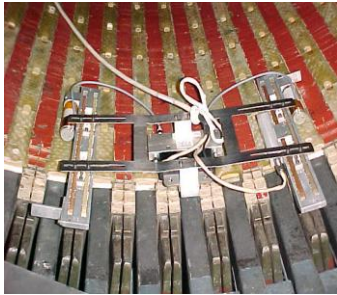

Todos los conectores de salida de las bobinas y bridas del generador eléctrico fueron envueltas con bolsas de hule, con el motivo de que si existiera una fuga de gas hidrogeno quedaran en el interior del envolvente y en un tiempo de una hora se perforan dichas bolsas y se inserta la punta del detector de alójenos localizando una fuga en una de las bridas inferiores del generador, detectando fuga también en un detector de temperatura parte superior del tubo de salida del sistema agua-agua cabezal lado turbina.





No de procedimiento HTGG600628

No de procedimiento HTGG600602

Queda concluida la prueba de hermeticidad de las bobinas del estator con resultados satisfactorios.

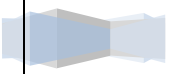
HORA	PRESION	NS			AS		PRESION BAROMETRICA HG MM
		TEMP. 1	TEMP. 2	TEMP. 3	TEMP. 4	TEMP. 5	
02:00	3.335	25.8	25.8	26.1	25.3	24.6	
03:00	3.332	25.7	25.7	25.8	25.8	24.7	
04:00	3.330	25.6	25.4	25.7	25.7	24.2	
05:00	3.325	25.3	25.1	25.1	25.0	23.7	
06:00	3.324	25.3	25.2	25.2	25.1	24.4	
07:00	3.322	25.3	25.2	25.3	25.2	24.0	
08:00	3.318	24.1	24.0	24.1	24.0	23.4	572.0
09:00	3.314	24.2	24.0	24.4	24.2	23.2	573.3
10:00	3.314	25.2	24.1	25.2	25.2	24.0	571.9
11:00	3.314	25.3	25.4	25.3	24.8	25.2	574.6
12:00	3.314	25.5	25.5	25.5	25.6	25.1	576.1
13:00	3.314	25.8	25.5	26.0	26.1	25.1	574.6
14:00	3.318	26.0	25.9	26.4	26.6	25.8	579.4
15:00	3.322	26.0	25.9	26.4	26.8	25.9	579.5
16:00	3.327	26.2	26.0	26.5	26.8	25.9	579.4
17:00	3.327	26.2	26.0	26.7	26.8	26.0	578.1
18:00	3.325	26.2	26.2	26.7	26.8	26.0	578.1
19:00	3.325	26.2	26.1	26.8	26.8	25.9	574.6
20:00	3.324	26.1	26.2	26.8	26.8	25.6	577.7
21:00	3.330	26.1	26.1	26.5	26.6	25.4	576.2
22:00	3.327	26.1	26.0	26.4	26.4	25.3	577.3
23:00	3.324	26.0	26.0	26.2	26.2	25.0	577.0
24:00	3.324	26.2	26.2	25.9	25.8	24.7	575.4
01:00	3.322	25.8	25.7	25.9	25.9	24.5	575.1
02:00	3.320	25.6	25.5	25.6	25.7	24.4	575.0
03:00	3.317	25.5	25.4	25.4	25.4	24.0	573.7
04:00	3.315	25.4	25.3	25.2	25.3	23.9	574.6
05:00	3.314	25.3	25.2	25.1	25.1	23.9	573.5
06:00	3.312	25.2	25.1	25.0	24.9	23.8	572.6
07:00	3.304	24.0	24.1	22.8	23.8	23.6	573.2
08:00	3.302	24.6	24.7	23.4	23.8	23.7	573.4
09:00	3.304	24.6	24.6	23.2	23.6	23.8	574.0

<p>Se realizaron los preparativos de conexiones del equipo para checar el apriete de cuñas en todas las ranuras del estator</p> <p>La prueba del apriete de cuñas queda concluida al 100%</p> <p>No de procedimiento HTGY620075 No de procedimiento HTGG600625</p> <p>Prueba de diris equivalente al "cid" imperfecciones electromagnéticas en el núcleo.</p> <p>No de procedimiento HTGG600591</p>			  
<p>Se colocaron los conectores principales entre anillos de interconexión y bushings de salida del generador, siendo los tornillos de 16 mm de espesor y llevan un apriete de 120 nm.</p>	<p>6</p>	<p>Llave allen 16 mm</p>	

<p>Se realizo la conexión de los bushing Con los conectores principales entre los anillos de interconexión y los bushings de salida del generador con un apriete de 120 nm.</p>	<p>6</p>	<p>Llaves de <math>\frac{3}{4}</math>, <math>\frac{15}{16}</math> Matraca y dados <math>\frac{3}{4}</math>, <math>\frac{1}{2}</math> <math>\frac{15}{16}</math>, <math>1\frac{1}{4}</math></p>	   
---	----------	--	--



		Prueba de resistencia de aislamiento de antes del alto voltaje			
		TIEMPO	ØU (MΩ)	ØV (MΩ)	ØW (MΩ)
		¼	675	655	630
		½	1100	1050	1030
		¾	1370	1340	1300
		1	1630	1580	1540
		2	2360	2360	2260
		3	2840	2880	2780
		4	3180	3280	3120
		5	3360	3560	3360
		6	3520	3780	3500
		7	3620	3960	3600
		8	3720	4060	3680
		9	3880	4140	3700
		10	3880	4240	3740
		IP	2.38	2.68	2.44
		C	0.33 µf	0.33 µf	0.33 µf
		Prueba de resistencia de aislamiento de después del alto voltaje			
		TIEMPO	ØU (MΩ)	ØV (MΩ)	ØW (MΩ)
		¼	675	655	630
		½	1100	1050	1030
		¾	1370	1340	1300
		1	1630	1580	1540
		2	2360	2360	2260
		3	2840	2880	2780
		4	3180	3280	3120
		5	3360	3560	3360
		6	3520	3780	3500
		7	3620	3960	3600
		8	3720	4060	3680
		9	3880	4140	3700
		10	3880	4240	3740
		IP	2.38	2.68	2.44
		C	0.33 µf	0.33 µf	0.33 µf
<p>Se realizan preparativos para realizar la prueba de potencial aplicado a 41 kv de c.a. A las 3 fases del estator</p> <p><b>con resultados satisfactorios</b></p> <p>Realizando también la prueba de resistencia de aislamiento antes y después a 2500 vcd (por fase) al estator</p> <p>No de procedimiento HTGG600571 No de procedimiento HTGG600570</p>					
		Reembobinado de un generador eléctrico de 300MW CFE			





<p>Se pinto el laminado del estator cubriendo las cuñas de color marfil.</p> <p>Se sopleteo con aire a presión todo el núcleo del estator, después se limpio con trapo limpio y acetona, y se están realizando los preparativos para pintar la laminación del núcleo del estator, instalando cinta de masking tape sobre las cuñas de todas las ranuras, comenzando a pintar el núcleo con pintura esmalte alquidálico 31003 color marfil</p>			   
---	--	--	--

<p>Se instalo la base del deflector de hidrogeno (diafragma de entrehierro del cabezal lado excitador).</p>	<p>1</p>		
<p>Se dan por terminados los trabajos de re embobinado del generador con la prueba de todo el sistema de enfriamiento se realiza la prueba de hermeticidad inyectando nitrógeno a 3.3 var, con resultados satisfactorios. No de procedimiento HTGG600628 No de procedimiento HTGG600602</p>			

<p>Se inician maniobras de inserción del rotor para prueba de todos los sistemas auxiliares (aceite, agua de enfriamiento, gases de enfriamiento H<sub>2</sub>, AVR etc) y pruebas de puesta en servicio.</p>			
---	--	--	--





## CONCLUSIONES

Al hacer el desarrollo de esta tesis se pudo obtener la información necesaria para tener un panorama general sobre las partes que conforman a un generador de gran tamaño, en así como también se verifico su utilización y colocación de los equipos auxiliares en el propio generador teniendo en cuenta el grado de dificultad para el ensamble y desensamble 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.





## BIBLIOGRAFÍA

Central escuela Celaya, 1990, Instructivo centrales termoeléctricas CEC-A-001-0.

Manual de mantenimiento a generadores tomo I y II

Tesis del ING. Juan Urbano

Reporte del rebobinado del generador de la unidad # 4 por los ING. Daniel Salazar García e ING Juan Urbano

Curso de ayudantes de turbina unidad # 4

