



PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ**

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

### **INGENIERIA ELECTRICA**

*RESIDENCIA PROFESIONAL*

#### **“PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO ELECTRICO A LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA C. H. BOMBANÁ”**

- ALEGRIA DIAZ ARICELA No. Control: 05270325
- VILLATORO CRUZ ISRRAEL ABDENAGO No. Control: 05270363

**IX SEMESTRE**

#### ***ASESOR INTERNO:***

ING. ANGEL REYES ALBORES

#### ***ASESORES EXTERNO:***

ING. EDUARDO F. OROPEZA TREJO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Diciembre 17 del 2009

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

**CFE** Una empresa  
de clase mundial

Subdirección de Generación  
Gerencia Regional de Producción Sureste  
Subgerencia Regional de Generación Hidro-Grijaiva

"2009. Año de la Reforma Liberal"

OFICIO No. SRGHG – 1314

CAPACITACIÓN – 154/2009

FECHA: 18 de Diciembre de 2009



**Dr. Daniel Samayoa Penagos**

Jefe Depto. de Gestión Tecnológica y Vinculación  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Por medio del presente se hace constar que la alumna **Isrrael Abdenago Villatoro Cruz** con numero de control **05270363** de la carrera de **Ingeniería Eléctrica** del **Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez**; **terminó satisfactoriamente su Residencia Profesional** mismo que prestó durante el periodo comprendido del **17 de Agosto al 4 de Diciembre de 2009**, asignada a la Central Hidroeléctrica Bombaná de esta Subgerencia, donde realizó actividades de apoyo en la especialidad de Lunes a Viernes cubriendo las **680 horas** establecidas por la Institución a su digno cargo.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**Atentamente**

**Ing. Fernando J. Calderón de la Cruz**  
Subgerente Regional



Copias:  
C.P. Héctor León Domínguez.- Administrador Regional  
Lic. Eduardo Ramírez Rivera.- Jefe Depto. Reg. de Personal y Servicios  
Ing. Eduardo F. Oropeza Trejo.- Superintendente General C.H. Bombaná  
Ing. Roger A. Blanco Gómez.- Jefe Oficina Regional de Capacitación  
C.P. Luis Alfredo Acuña Araujo.- Secretario General del SUTERM, Sección 47  
FJCC/RAB

5ª. Av. Norte Poniente, Num. 2050, C.P. 29020 Tuxtla Gutiérrez Chiapas  
Tel. (01961) 61 792 00 Ext. 76585

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## INDICE

INTRODUCCIÓN	3	
JUSTIFICACIÓN	4	
OBJETIVO GENERAL	5	
Objetivos específicos	5	
PROBLEMAS A RESOLVER	6	
ALCANCES Y LIMITACIONES	6	
HISTORIA DEL MANTENIMIENTO	7	
Tipos de mantenimiento	8	
CENTRAL HIDROELECTRICA BOMBANA		11
Origen y ubicación		11
Elementos de una Central Hidroeléctrica		13
EQUIPO ELECTRICO	14	
GENERADOR	14	
Clasificación de los generadores		15
Generadores de la C. H. Bombaná		17
Pruebas a generadores	18	
Prueba de resistencia de aislamiento		19
Prueba de factor de potencia		23
Prueba de descargas parciales		24
Prueba de resistencia Óhmica		25
Procedimiento para mantenimiento de los generadores		26
Mantenimiento rutinario		27
Inspección semestral o paro de unidad		30
Recomendaciones		32
Mantenimiento anual		33
EQUIPO AUXILIAR		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA		35
Pruebas a transformadores		37
Prueba TTR		37
Prueba de Factor de Potencia		39
Cromatografía de gases disueltos en aceite		40
Prueba de rigidez dieléctrica al aceite		44
Mantenimiento a transformadores		46
Mantenimiento preventivo		46
Desarrollo de actividades		47
CONCLUSIONES	52	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	52	

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## INTRODUCCION

En una central hidroeléctrica pequeña es importante tener un control de todo el equipo eléctrico necesario para su buen funcionamiento, el cual nos proporcione datos para saber la vida útil de dicho equipo, el deterioro que ha sufrido, las correctas conexiones, las fallas mas comunes, etc.

Esta información es importante porque ayuda a saber el estado del equipo y poderle dar el mantenimiento correcto.

El mantenimiento preventivo varía para cada equipo eléctrico y es indispensable para evitar pérdidas de materiales, pérdidas económicas y en todos los casos, pérdidas humanas.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## JUSTIFICACION

En todas las centrales hidroeléctricas es necesario tener un orden, un control de las actividades realizadas, ya que es un lugar en donde se encuentran equipos eléctricos que por su uso tienen un alto costo es necesario mantenerlos en buen estado y evitar pérdidas de todo tipo (humana, económica y material). La realización de este proyecto es importante ya que en ella se encontrará el procedimiento adecuado para que la persona indicada de hacer el mantenimiento tenga una guía en el que pueda apoyarse.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un procedimiento para el mantenimiento de los Generadores y Auxiliares de la C. H. Bomboná de manera práctica y concisa.

## ***OBJETIVOS ESPECIFICOS***

- ✓ Evitar el mantenimiento correctivo.
- ✓ Mantener en condiciones apropiadas al equipo eléctrico.
- ✓ Evitar perdidas económicas al tener que parar la planta por fallas mayores.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## PROBLEMAS A RESOLVER

La C. H. Bombaná no cuenta con un procedimiento completo para realizar el mantenimiento rutinario eléctrico de la misma, por lo tanto, se toma en consideración para iniciar elaborando un procedimiento con bases en textos científicos, documentales, mantenimientos ya establecidos y comparándolos con el trabajo que el personal de dicha Central lleva a cabo.

## ALCANCES Y LIMITACIONES

La siguiente investigación sobre los generadores de la C. H. Bombaná se realiza haciendo un análisis sobre el equipo eléctrico que existe en dicha central.

En una Central Hidroeléctrica existen muchos elementos auxiliares de la misma como son:

- ✓ TC's (transformadores de corriente)
- ✓ TP's (transformadores de potencial)
- ✓ Banco de baterías
- ✓ Interruptores
- ✓ Cuchillas, entre otros.

De lo anterior se llega a la conclusión de analizar solamente al *GENERADOR* como equipo principal y al *TRANSFORMADOR DE POTENCIA* como equipo auxiliar por el tiempo empleado en la Residencia profesional.

El tipo de mantenimiento que se estudia es el Mantenimiento Rutinario.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones.

Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción.

Desde el principio de los tiempos, el Hombre siempre ha sentido la necesidad de mantener su equipo, aún las más rudimentarias herramientas o aparatos. La mayoría de las fallas que se experimentaban eran el resultado del abuso y esto sigue sucediendo en la actualidad.

Al principio solo se hacía mantenimiento cuando ya era imposible seguir usando el equipo. A eso se le llamaba "*Mantenimiento de Ruptura o Reactivo*"

Fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos.

Esta nueva tendencia se llamó "*Mantenimiento Preventivo*". Como resultado, los gerentes de planta se interesaron en hacer que sus supervisores, mecánicos, electricistas y otros técnicos, desarrollaran programas para lubricar y hacer observaciones clave para prevenir daños al equipo.

### BREVE DEFINICION DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento... (No es Reparación)

El Mantenimiento es una profesión que se dedica a la conservación de equipo de producción, para asegurar que éste se encuentre constantemente y por el mayor tiempo posible, en óptimas condiciones de confiabilidad y que sea seguro de operar.

La función del mantenimiento ha sido históricamente considerada como un costo necesario en los negocios. Sin embargo, al paso del tiempo, nuevas tecnologías y prácticas innovadoras están colocando a la función del mantenimiento como una parte



## PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA C. H. BOMBANÁ

---

integral de la productividad total en muchos negocios.

Es tarea de todos en las empresas buscar oportunidades para hacer nuestro trabajo de una manera más eficiente cada día, y esto representa hacerlo con mayor calidad y a menor costo. Una de las tareas más críticas de mantenimiento es sin duda el Mantenimiento Preventivo. La optimización de esa tarea ha demostrado ser una fuente de grandes ahorros y aumento importante de la disponibilidad y confiabilidad del equipo.

El reto para los gerentes de hoy y para los profesionales de la confiabilidad y todos los que estamos involucrados en la profesión del mantenimiento, es descubrir estas nuevas oportunidades. Esto requiere que establezcamos estándares para las prácticas de mantenimiento y confiabilidad, creando un sistema adecuado de información para reunir los hechos y generar el entusiasmo, e iniciando planes que impulsen la acción.

Mantenimiento es una actividad verdaderamente crucial en las empresas de hoy.

### ***TIPOS DE MANTENIMIENTO***

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así tenemos:

- **Mantenimiento Correctivo**

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- ✓ Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- ✓ Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- ✓ Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

- ✓ La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

- Mantenimiento Preventivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido. Tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- ✓ Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- ✓ Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- ✓ Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- ✓ Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- ✓ Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- ✓ Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema

- Mantenimiento Predictivo

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que

## PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA C. H. BOMBANÁ

---

juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- ✓ Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- ✓ Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- ✓ Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- ✓ Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- ✓ Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

- Mantenimiento Proactivo

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## CENTRAL HIDROELECTRICA BOMBANA

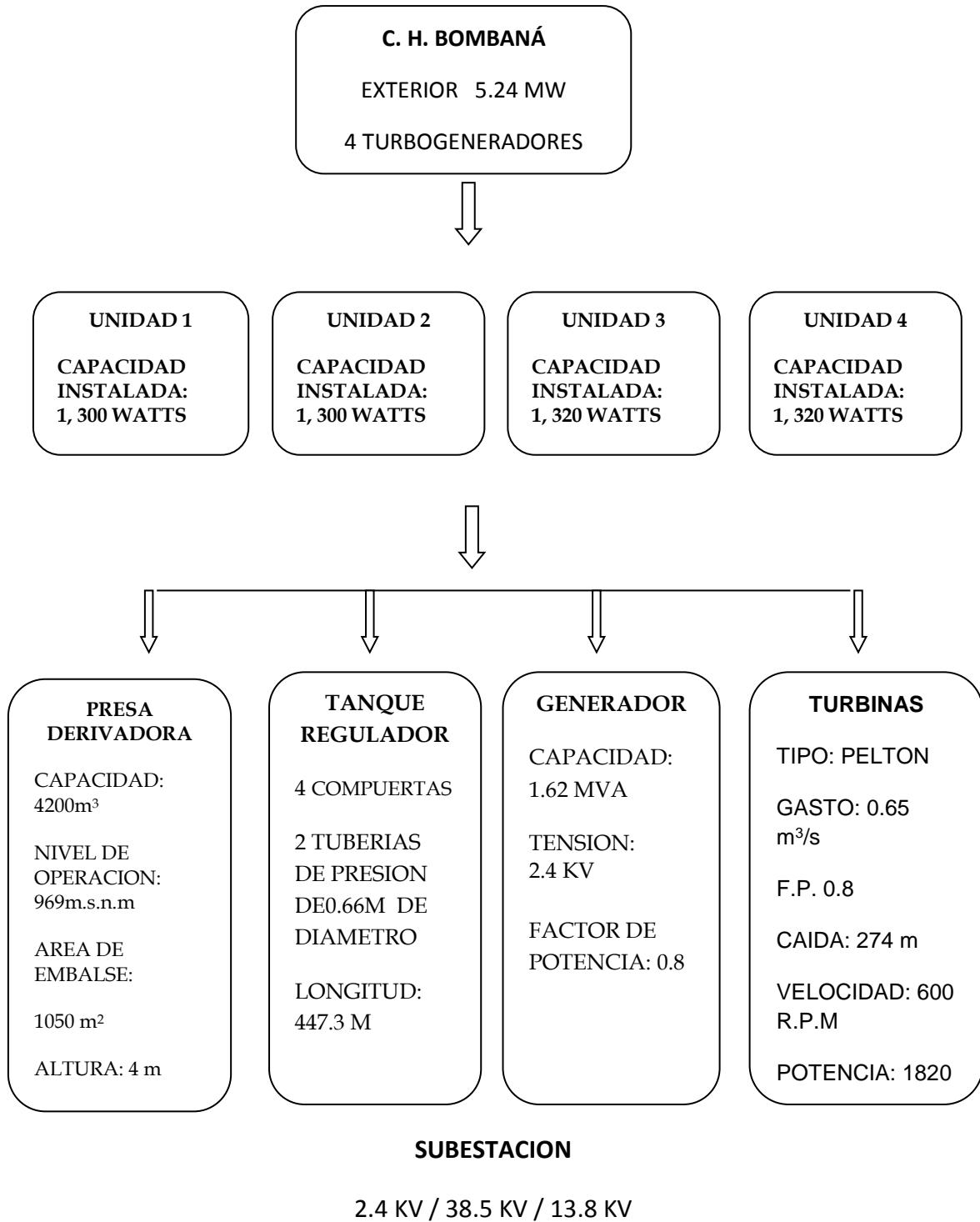


### ORIGEN Y UBICACIÓN

La Central Hidroeléctrica Bombaná, fundada el día 03 de marzo de 1951, por la empresa Comisión Federal de Electricidad (CFE), Se encuentra ubicada en la Colonia Francisco Sarabia, Municipio de Soyaló, Chiapas.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---



## PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA C. H. BOMBANÁ

---

Los elementos que componen a la Central Hidroeléctrica de Bombaná son:

### Bocatoma

Es la obra mediante la cual se toma el caudal que se requiere para obtener la potencia de diseño, su construcción es sólida, ya que debe soportar las crecidas del río.

### Obra de conducción

Se encarga de conducir el canal desde la bocatoma hasta el tanque de presión, posee una pequeña pendiente, en la mayoría de los casos suele ser un acanal, aunque también un túnel o tubería.

### Desarenador

Es necesario que las partículas en suspensión que lleva el agua sean decantadas, por ello al final de la obra de conducción se construye un tanque de mayores dimensiones que el canal, para que las partículas pierdan velocidad y caigan al fondo desarenador.

### Tanque de presión

En esta obra, la velocidad del agua es prácticamente cero, empalma con la tubería de presión, sus dimensiones deben garantizar que no ingresen burbujas de aire en la tubería de presión, permitir el fácil arranque del grupo turbina-generator y amortiguar el golpe de ariete.

### Tubería de presión

Mediante la tubería de presión se conduce el caudal de diseño hasta la turbina; está apoyada en anclajes que le ayudan a soportar la presión generada por el agua y la dilatación que le ocurre por variación de temperatura.

### Casa de máquinas

En ella encontramos la turbina que es encargada de transformar la energía hidráulica en mecánica, la mecánica en eléctrica y mediante el sistema de transmisión llevarla al usuario.

Aunque también se encuentran otros elementos como, válvulas, reguladores de velocidad, reguladores de voltaje tablero de control y protecciones, subestación.

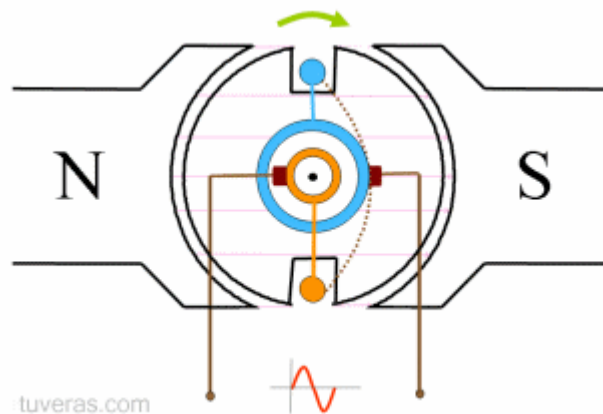
PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## EQUIPO ELECTRICO

### GENERADOR

Es el equipo primario donde se convierte la energía mecánica de la turbina en energía eléctrica, siendo este el medio más importante para la producción de energía eléctrica en la actualidad. Este se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones de potencia debido a la facilidad con que puede ser transformada, los alternadores requieren para su operación, de la acción de una bobina cortando líneas de fuerza dentro de un campo magnético cruzado a través de la bobina, siempre que exista un movimiento relativo entre la bobina y el campo se generara un voltaje.



### PARTES PRINCIPALES DE UN GENERADOR

- 1.- ESTATOR
- 2.- ROTOR
- 3.- DEVANADO
- 4.- ANILLOS ROSANTES

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

### **CLASIFICACION DE LOS GENERADORES**

❖ Por su aplicación:

- ✓ *Generadores para turbinas hidráulicas.*
- ✓ Generadores para turbinas de vapor y de gas.
- ✓ Generadores para maquinas de combustión interna.

❖ Por la posición de su flecha:

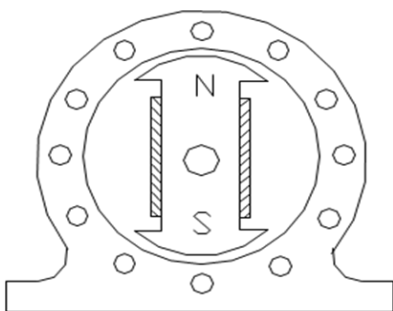
- ✓ Generadores verticales.
- ✓ *Generadores horizontales*

❖ Por la forma de los polos:

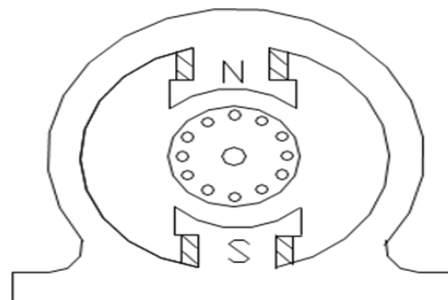
- ✓ De rotor de polos salientes
- ✓ De rotor de polos lisos

### **FORMAS DE REALIZAR LA GENERACION**

- *Bobinas del inducido en el estator y polos en el rotor (1ª. Alternativa)*
- Polos fijos en el estator y bobinas del inducido en el rotor (2ª. Alternativa)



1a. ALTERNATIVA

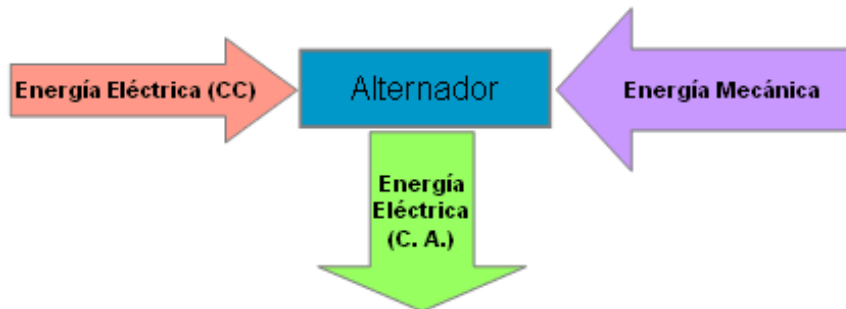
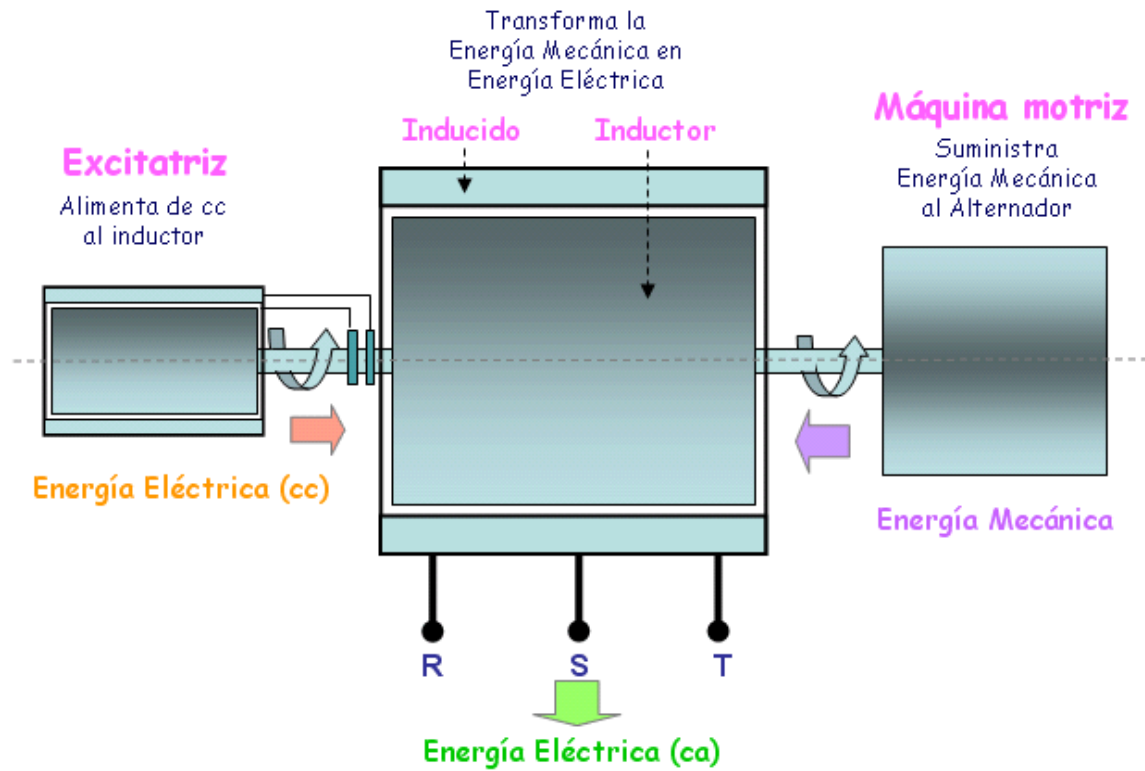


2a. ALTERNATIVA



PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---



PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

**GENERADORES C. H. BOMBANA**



**Datos de Placa**

CARACTERISTICAS	G-1	G-2	G-3	G-4
MARCA	ACEC	ACEC	WESTINGHOSE	WESTINGHOSE
SERIE			2S30P375	2S30P375
TIPO	AMA180-64	AMA180-64		
KVA	1650 ∞ 0.8	1650 ∞ 0.8	1625	1625
VOLTS			2400	2400
FASES	3	3	3	3
FREC.	60	60	60	60
AMP			391	391
RPM	600	600	600	600
°C TEMP RISE			60	60
% F. P.			80	80
EXC. AMP			120	120
EXC. VOLTS	2400-397	2400-397	125	125
ESTAT. VOLTS-AMP	63-276	63-276		
ROT. VOLTS-AMP	ESTRELLA	ESTRELLA		
CONEXION				
INST. BOOK			5442	5442

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

### ***PRUEBAS A GENERADORES***

Las pruebas que el personal eléctrico de una central Hidroeléctrica puede realizar son las siguientes:

1. resistencia de aislamiento
2. factor de potencia
3. descargas parciales
4. resistencia óhmica

Antes de iniciar con las pruebas es necesario conocer algunos conceptos fundamentales:

La corriente que fluye dentro del volumen de aislamiento compuesta de:

- INDICE DE ABSORCIÓN Y POLARIZACION

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica puede expresarse mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamiento, tomadas a diferentes intervalos de tiempo durante la misma prueba. A la relación de 60 segundos a 30 segundos se le conoce como INDICE DE ABSORCIÓN, y a la relación de 10 minutos a 1 minuto como INDICE DE POLARIZACIÓN.

El índice de polarización es muy útil para la evaluación del estado del aislamiento de devanados de generadores y transformadores, y es indispensable que se obtenga justamente antes de efectuar una prueba de alta tensión en máquinas rotatorias.

- EFECTO CORONA

El efecto corona es un caso particular del fenómeno de descargas parciales. Este fenómeno se puede oír y ver como una crepitación y luminosidad respectivamente que se produce sobre la superficie desnuda de un conductor, cuando el gradiente de tensión en la superficie alcanza un valor que excede la rigidez dieléctrica del aire que le rodea.

#### CONSECUENCIA DEL EFECTO CORONA.

- Producción de ozono, debido a la presencia de campos eléctricos intensos.
- Campo eléctrico alrededor de un conductor.
- Corona visual.
- Radio interferencia.
- Radio audición.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## **PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

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 los valores de 1 a 10 minutos.

### **METODOS DE MEDICION**

Existen tres métodos prácticos para medir la resistencia de aislamiento mediante un Megger;

- (1) el método de tiempo corto o lectura única;
- (2) el método de tiempo – resistencia o absorción dieléctrica;
- (3) el método de voltajes múltiples.

#### ***METODO DE TIEMPO CORTO***

El método de tiempo corto consiste en conectar el Megger a través del aislamiento que se va a probar, operarlo durante el tiempo corto y ver la lectura final.

Este método es bueno para una prueba de rutina rápida. Anteriormente existía confusión respecto a cuando detener la prueba, puesto que generalmente el valor de la resistencia aumenta con el tiempo; sin embargo, eso únicamente tiene importancia para aquellos que estén interesados en el valor exacto en el momento de efectuar la prueba.

Para fines de normalización se recomienda aplicar voltaje de prueba durante 60 segundos, con el objeto de poder efectuar comparaciones bajo la misma base con los datos de pruebas existentes y futuras.

Este método tiene su principal aplicación en equipos pequeños y en aquellos que no tienen una característica notable de absorción como son los interruptores, cables, apartarrayos, etc.

#### ***METODO, TIEMPO – RESISTENCIA O ABSORCIÓN DIELECTRICA***

Este método consiste en aplicar el voltaje de prueba durante un período de 10 minutos, tomando lecturas a intervalos de 1 min. En el caso de Megger manualmente se aplica el voltaje durante 1 minuto y se toman lecturas a los 30 y 60 segundos.

Su aplicación se basa en las características de absorción del aislamiento y proporciona una buena referencia para evaluar el estado de los aislamientos en aquellos equipos con características de absorción notable, como son las grandes máquinas rotatorias y transformadores de potencia, sobre todo cuando no existe historial de pruebas anteriores.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

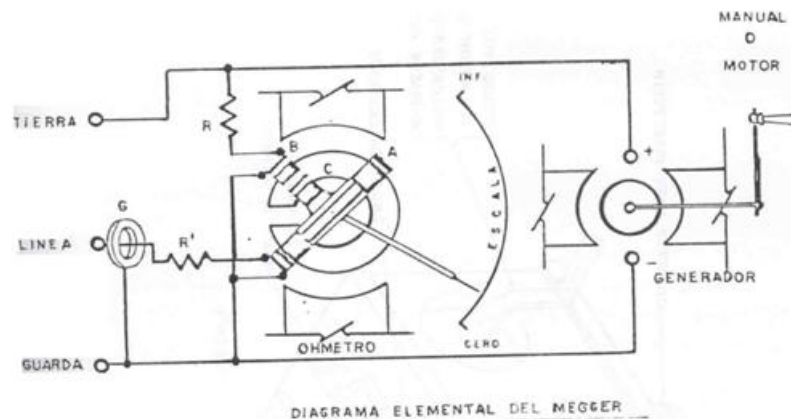
---



Equipo usado en la prueba: MEGGER ANALOGICO No. 207460  
Rango: 0 – 2500 VCD  
Características de calibración: CUMPLE PARCIALMENTE  
Fecha de última calibración: 27 DE BRIL DEL 2009.

Accesorios incluidos:

- ✓ 2 cables de alimentación
  - ✓ 1 caimán para puentes
  - ✓ 1 cable de prueba de conexión tierra
  - ✓ 1 cable de prueba de conexión fases
- \*para esta prueba es necesario usar un reloj con cronometro porque el MEGGER es analógico y no tiene medidor de tiempo.



## PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA C. H. BOMBANÁ

---



NOTA: Evite las grandes masas de hierro y los campos magnéticos fuertes.

### Descripción practica de la prueba

1.- La prueba se inicia nivelando el MEGGER y se giran las bases de tal manera que la burbuja quede dentro del círculo.

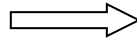


Círculo de nivel

2.- el siguiente paso es conectar la alimentación y los cables de prueba de tierra y fases, asegurándose que queden bien conectados. Las borneras de conexión se encuentran en un costado.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---



Conexión      G --- NEGRO (tierra)  
                  L --- ROJO (fase)  
                  E --- GUARDA

3.- Lo que sigue es la conexión de los cables de fases o tierra respectivamente para probar cada fase. *Al conectar las terminales del Megger y al operarlo, se deberá usar guantes aislantes.*

En el formato de prueba de resistencia de aislamiento se señala la fase que se esta probando y cual debe ser la conexión correcta en la fila de *conexión de prueba*. A continuación se presenta un ejemplo:

**PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ**

-----

EQUIPO: ESTATOR	UNIDAD: 1
LOCALIZACION: CASA DE MAQUINAS	MARCA: ACEC
VOLTAJE: 2, 400 VCA	FRECUENCIA: 60 HZ
KVA: 1650	FECHA: 06-SEP-09
TIEMPO DE OPERACIÓN:	HORA: 10:05 AM

TEMP (°C)	FA			FB			FB (DESDE NEUTRO)			FC		
PARTE PROBADA	FA			FB			FB (DESDE NEUTRO)			FC		
VOLTAJE DE PRUEBA	1500 VCD			1500 VCD			1500 VCD			1500 VCD		
CONEXIÓN DE PRUEBA	L --- FA			L --- FB			L --- FB			L --- FC		
	T --- FB + FC + G			T --- FA + FC + G			T --- FA + FC + G			T --- FA + FB + G		
TIEMPO	LEC	K	M	LEC	K	M	LEC	K	M	LEC	K	M
15 seg	.5M			.18M			.23M			22M		
30 seg	.6M			.18M			.24M			28M		
45 seg	.75M			.18M			.25M			28M		
1 min	.9M			.18M			.26M			30M		
2 min	1.1M			.18M			.28M			30M		
3 min	1.4M			.18M			.38M			32M		
4 min	1.5M			.18M			.41M			32M		
5 min	1.8M			.18M			.44M			32M		
6 min	1.9M			.18M			.45M			32M		
7 min	2.2M			.18M			.45M			32M		
8 min	2.4M			.18M			.45M			32M		
9 min	2.5			.18M			.45M			32M		
10 min	2.8M			.18M			.45M			32M		

### PRUEBA DEL FACTOR DE POTENCIA

La prueba consiste en aplicar un potencial determinado al aislamiento que se desea probar, medir la potencia en Watts que se disipa a través de él y medir la carga del mismo en Volts - Amperes. El Factor de Potencia se calcula dividiendo los Watts entre los Volts - Amperes y el resultado se multiplica por 100.

#### FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA.

Entre los factores que afectan la prueba y tienden a aumentar el valor de factor de potencia de los aislamientos de una manera notable son: la suciedad, la humedad relativa, la temperatura y la inducción electromagnética.



PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

-----

**CONSIDERACIONES.**

Para la interpretación de resultados de prueba, es necesario el conocimiento de valores básicos de Factor de Potencia de materiales aislantes. Como referencia, se presentan valores de Factor de Potencia y constantes dieléctricas de algunos materiales.

EQUIPO	% F.P. a 20° C	MATERIAL	% FP A 20°C	CONST. DIELECTRICA.
Boquillas tipo condensador en aceite	0.5	Aire	0.0	1.0
Boquillas en compound	2.0	Aceite	0.1	2.1
Transformadores en aceite	1.0	Papel	0.5	2.0
Transformadores nuevos en aceite	0.5	Porcelana	2.0	7.0
Cables con aislamiento de papel	0.3	Hule	4.0	3.6
Cables con aislamiento de barniz cambray	4.0 - 5.0	Barniz Cambray	4.0 - 8.0	4.5
Cables con aislamiento de hule	4.0 - 5.0	Agua	100.0	81.0

El principio fundamental de las pruebas es la detección de algunos cambios de la característica del aislamiento, producidos por envejecimiento y contaminación del mismo, como resultado del tiempo y condiciones de operación del equipo y los producidos por el efecto corona.

**PRUEBA DE DESCARGAS PARCIALES**

Cuando el sistema de aislamiento eléctrico tiene pequeñas fallas, se producen descargas, y, cuando éstas son muy frecuentes, terminan afectando al aislamiento sólido. Con el tiempo, lo que en un principio habían sido un deterioro muy leve se pueden agravar, llegando a destruir el aislamiento. Precisamente, los fallos prematuros de los aislamientos se suelen atribuir a pequeñas descarga.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## **PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA**

Los puntos con alta resistencia en partes de conducción, son fuente de problemas en los circuitos eléctricos, ya que originan caídas de voltaje, fuentes de calor, pérdidas de potencia, etc.; ésta prueba nos detecta esos puntos.

En general, ésta se utiliza en todo circuito eléctrico en el que existen puntos de contacto a presión deslizables, tales circuitos se encuentran en interruptores, restauradores, dedos de contacto de reguladores, o de cambiadores de derivaciones y cuchillas seccionadoras.

Resistencia Óhmica de Devanados.

Esta prueba tiene la finalidad de verificar la Resistencia Óhmica de los Devanados.

Con su aplicación se detectan los falsos contactos y espiras en corto circuito al compararse con los datos anteriores en caso de no tenerlos considerarlos como iniciales.

Recomendación.

Para el análisis de los resultados del conjunto de pruebas, se integra el expediente de cada equipo, para vigilar su tendencia durante su vida en operación, haciendo uso de los formatos establecidos.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

***PROCEDIMIENTO PARA MANTENIMIENTO DEL GENERADOR***

Cabe mencionar que la C. H. Bombaná realiza semanalmente el mantenimiento rutinario programado previamente mediante el siguiente orden:

1. El Superintendente realiza el seguimiento de las unidades generadoras y establece según el tiempo de trabajo de las maquinas la periodicidad del mantenimiento de las mismas.
2. El encargado de la sala de tableros (operador de la central) debe informar a la sub-área sobre los días que pretende realizar mantenimiento para que le sea otorgada una licencia que ampara el permiso de la unidad.
3. El mantenimiento debe ser de acuerdo al horario que la Sub-área establezca.
4. Una vez realizado el mantenimiento y quedando la unidad en servicio y conectada al sistema, se procede a retirar la licencia para que Sub-área esté enterada que la unidad esta de nuevo generando.

GENERALIDADES

El mantenimiento rutinario de los generadores hidroeléctricos es una de las actividades principales que desarrolla el ingeniero de mantenimiento.

El mantenimiento consiste en preservar en condiciones de operación el equipo instalado y que se encuentra convirtiendo la energía de la turbina a energía eléctrica.

Por razones de su constante actividad, éste sufre deterioros en sus diversas partes componentes, por lo que es necesario restituir sus condiciones a valores permisibles para que pueda seguir operando sin riesgos.

Las constantes variaciones de temperatura, operar con altas temperaturas, la vibración continua, los esfuerzos mecánicos, sobre corriente y sobre tensiones que se producen durante las fallas, contaminación de polvo combinado con vapores de aceite o vapores de otra índole, la humedad en el circuito de aire, fugas de agua en los circuitos de enfriamiento, etc., son factores de forma aislada o combinadamente provocan el deterioro paulatino de las condiciones; traduciéndose en: envejecimiento del aislamiento y fallas en los devanados al disminuir la resistencia de aislamiento a valores tan bajos cuando la humedad en el circuito de enfriamiento es tal, que no soporta la tensión nominal. Los esfuerzos mecánicos, sobre corriente y sobre tensiones que provocan fallas en los devanados ya sea en su conductor o en su aislamiento, favoreciendo descargas

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

luminosas de efecto corona, cuando se producen sobre voltajes que deterioran la vida del aislamiento, aflojamiento de cuñas, soportes y amarres; así como: Aflojamiento de tornillos, tuercas o soldadura de las diferentes partes componentes, etc.

En función de las condiciones y sobre todo el tiempo que tenga en operación, se deberá formular un adecuado programa de mantenimiento preventivo que contemple todos los componentes para programar las actividades correspondientes.

### **MANTENIMIENTO RUTINARIO**

Partes principales del generador sujetas a inspección



Fig 1. Vista de los anillos rozantes

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

*Inspección y mantenimiento de anillos colectores*

Los puntos que deben estar sujetos a inspección y mantenimiento en relación a los anillos colectores son:

- Presión de escobillas,
- la presencia de escobillas vibrando,
- chisporroteo,
- sobrecalentamiento en la colilla del carbón,
- checar si no hay abrasión en el carbón,
- la apariencia del carbón y portaescobilla,
- condición de la superficie de anillos rozantes medición de resistencia de aislamiento y,
- medición del claro entre el portaescobilla y anillos rozantes.

Puntos de inspección semanal (cada mantenimiento rutinario)



Fig 2. Vista del portaescobilla

*1. Presión de la escobilla.*

Un ajuste insuficiente en la presión de la escobilla puede provocar daño en los anillos colectores por arqueo, este problema se atribuye en su mayor parte al ajuste incorrecto en la presión de la escobilla.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

*II. Vibración de la escobilla*

Se puede detectar una vibración anormal cuando se presenta golpeteo en la escobilla. Cualquier escobilla en que se presenta golpeteo deberá ser extraída de su alojamiento y revisar si tiene daño, la condición de su superficie si puede moverse libremente en la portaescobilla y reajustar su presión.

*III. Chisporroteo*

Bajando el nivel de iluminación alrededor de la zona de los anillos colectores y desde el lado de la escobilla sostenga un espejo de dentista para inspeccionar. La escobilla al desgastarse desprende polvo de carbón.

Después de un largo período de uso, el polvo se adhiere entre el portaescobilla y escobilla, dificultando su libre desplazamiento lo que da por resultado la emisión de chispas.

*IV. Sobre calentamiento en la colilla.*

La colilla se caliente cuando tiene un contacto pobre, entre carbón y anillos o la conexión carbón colilla; en el primer caso aumente la presión de contacto y en el segundo reemplácela.

*V. Revisión de abrasión en la escobilla*

Las escobillas que están desgastadas hasta la línea límite de uso, deberán reponerse; para remplazarse deberá asentarse en un escantillón del diámetro adecuado. No reemplace todas las escobillas a la vez, porque no estarán apropiadamente asentadas. Se recomienda utilizar una sola marca de escobillas.

*VI. Apariencia de la escobilla y del portaescobilla.*

El desprendimiento de polvo en operación en estas condiciones, será la causa principal de chisporroteo y la corriente fluirá entre la escobilla y el portacarbón, y los lados de la escobilla y el interior del portaescobilla se corroen eléctricamente. Verifique que la escobilla corra libremente en el portaescobilla. Cuando se efectúe esto en operación, tenga cuidado con las descargas eléctricas. Use guantes y zapatos bien aislados y asegúrese de que todas las partes del cuerpo están protegidas contra las descargas eléctricas.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

**INSPECCION SEMESTRAL O EN PARO DE UNIDAD.**

*I. Condición de la superficie de los anillos.*

Examine para ver si hay rugosidades en la superficie de los anillos colectores.

*II. Medición de resistencia de aislamiento.*

La resistencia de aislamiento del devanado del rotor se bajará debido a la presencia de polvo de carbón, dado que el anillo colector y la escobilla no son de material aislantes. Mida la resistencia de aislamiento antes y después de la limpieza y regístrelas para futuras referencias. A continuación se presenta un ejemplo:

EQUIPO: ANILLOS ROSANTES

LOCALIZACION: CASA DE MAQUINAS

VOLTAJE: KVA:

TIEMPO DE OPERACIÓN:

UNIDAD: 1

MARCA: ACEC

FRECUENCIA: 60 HZ

FECHA: 02-SEP-09

HORA:

TEMP (°C)									
PARTE PROBADA	ANILLOS ROSANTES								
VOLTAJE DE PRUEBA	500 VCD								
CONEXIÓN DE PRUEBA	ANILLOS VS GROUND								
TIEMPO	LEC	K	M	LEC	K	M	LEC	K	M
15 seg	1.1K								
30 seg	1.7K								
45 seg	2.2K								
1 min	2.5K								
2 min	3.1K								
3 min	3.6K								
4 min	3.8K								
5 min	3.9K								
6 min	4.0K								
7 min	4.2K								
8 min	4.2K								
9 min	4.2K								
10 min	4.2K								

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

-----

*III. Limpieza de los anillos colectores*

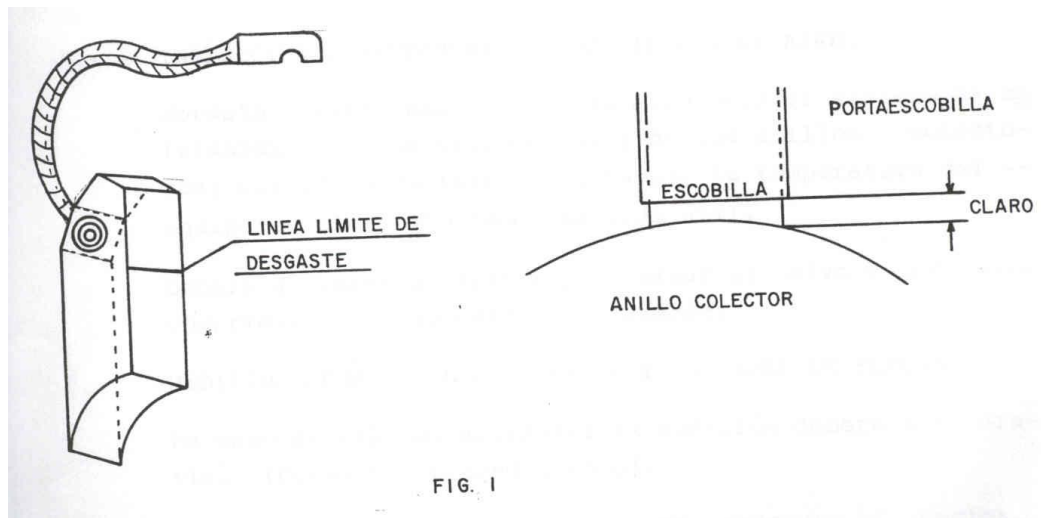
Limpie el polvo del carbón y el polvo entre las escobillas y el portaescobilla y sobre los anillos colectores con un trapo limpio, seco, libre de aceite, grasa u otro solvente que elimine la pátina.

*IV. Medición del claro entre el portaescobilla y el anillo colector.*

El barreno para instalar el tornillo al anillo bus del portaescobilla está hecho en forma rectangular para permitir al portaescobilla moverse un poco en dirección radial y poder ajustar el claro. El claro es ajustado aproximadamente 3 mm. Deberá ajustarse a este valor cuando el espacio ha aumentado debido a la abrasión del anillo colector durante la operación.

*V. Inspección de anillos rozantes*

Deberá verificar el ranurado helicoidal.



Inspeccionar periódicamente los sistemas de enfriamiento del generador, en este caso sería los ventiladores, que estén siempre funcionando.

*VI. Alambrado de control*

Una verificación periódica del apriete de las terminales de todo el alambrado de control es necesaria para garantizar la ausencia de falsos contactos; ya que las mismas se aflojan por la vibración y movimientos constantes cuando está operando.



PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

La programación de esta revisión debe hacerse en función de las horas de trabajo de la unidad.

*VII. Devanados del estator*

Una inspección rutinaria del estado eléctrico que guardan los devanados del generador, consistirá en efectuar una prueba de aislamiento y compararla con valores anteriores; desde luego debe estar por encima de los valores mínimos permisibles. Cuando se encuentre una falla a tierra del devanado será necesario el paro de la unidad por el arreglo del devanado.

*VIII. Inspección visual de cabezales desplazamiento de devanados y cuñas extremas*

Debe establecerse una inspección rutinaria al interior del generador buscando cualquier tipo de rastro de efecto corona en cabezales debido a deterioro de pinturas semiconductoras o aislamiento. También se verá si no ha habido desplazamiento del devanado, aflojamiento y salida de cuñas extremas o de material de relleno. En caso de detectarse alguno de estos problemas se deberá evaluar la magnitud del daño, decidir si se puede continuar o no en operación y si se requiere programar un mantenimiento.

**RECOMENDACIONES:**

- se recomienda durante los mantenimientos rutinarios y menores de las unidades de la central se revise el estado que guardan los soportes de las terminales de salida del generador así como las condiciones del aislamiento de las terminales en las demás unidades.
- mantener el generador con calor antes de su puesta en servicio debido a que la humedad del ambiente disminuye considerablemente los valores de resistencia de aislamiento según lo observado en sitio
- *es recomendable que anualmente se lleve a cabo el mantenimiento mayor de cada unidad alternadamente.*

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

**MANTENIMIENTO ANUAL**

Anualmente realizar la limpieza del estator con dielectrol a presión.



Fig 3. Limpieza del estator con Dielectrol

Una vez limpiado el estator se procede al secado con lámparas incandescentes de 100 watts, y tapado con una lona para conservar el calor, haciendo periódicamente pruebas de resistencia de aislamiento para conectarlo al sistema.

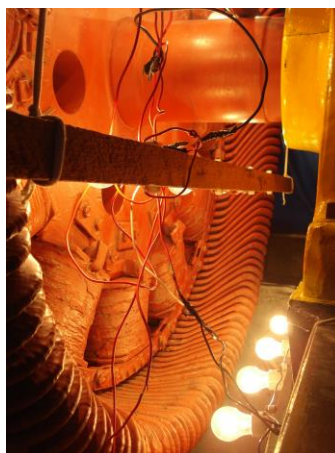


Fig 4. Secado del generador con lámparas

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

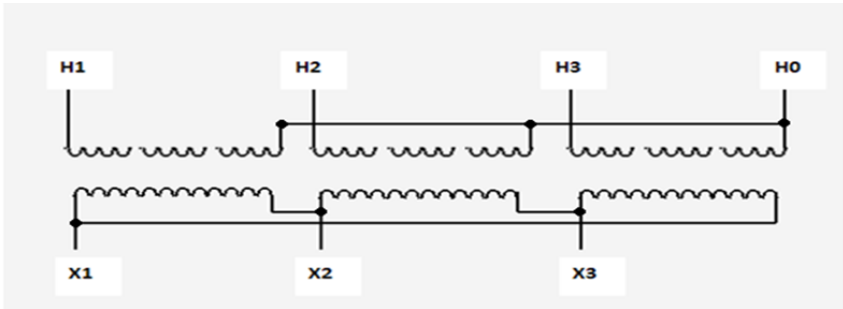
---

*En el mantenimiento anual se recomienda efectuar las siguientes actividades:*

1. Análisis de los parámetros del generador en operación.
2. Pruebas eléctricas incluyendo las de resistencia de aislamiento de chumacera, que deben ser mayor de 10 Megohms y prueba de resistencia de aislamiento fase por fase.
3. Inspección y mantenimiento de boquillas terminales
4. Verificar y corregir en su caso, la excentricidad de los anillos colectores
5. Inspección del generador de imanes permanentes y pruebas eléctricas.
6. Inspección del generador de C.A. del sistema de excitación y pruebas eléctricas.
7. Verificación y ajuste de todos los relevadores del generador
8. Inspección de caja de terminales de salida, T.C.'S, cables tablillas terminales, empaquetaduras de la caja.
9. Inspección y pruebas eléctricas del bus ducto.
10. Conexión a tierra
11. Tornillería y unión de sección de barras de cobre
12. Inspección y pruebas eléctricas al gabinete de potenciales y protección del generador.
13. Transformadores de potencial incluyendo la verificación de mecanismos de deslizamiento
14. Apartarrayos
15. Capacitores
16. Fusibles
17. Cables y tablillas terminales
18. Inspección y pruebas eléctricas al interruptor de campo, incluyendo la resistencia de descarga.
19. Sistema de excitación y regulador automático de voltaje.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

## EQUIPO AUXILIAR TRANSFORMADOR

TRANSFORMADOR T-1 = T-4						
1500 KVA	LTS. ACEITE: 2835	55 °C ( ELEVACION DE TEMPERATURA A PLENA CARGA CONTINUA A 1000 MSNM.			TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO SL	
33000 AMP	SERIE: 24-5086-2					
2400 VOLTS	IMP. %: 5.6					
60 CICLOS	A LA CAPACIDAD Y VOLTAJE INDICADOS					
		ESPEC. L-2940				
LIBRO DE INSTRUCCIONES: 5086						
NIVEL DE IMPULSO. ONDA COMPLETA: ALTA TENSION: 200 KV. BAJA TENSION: 60 KV						
PESO APROXIMADO EN KGS.						
TRANSFORMADOR	2784	PATS. 1490229 - 1565532 - 1601308 - 1621039 - 1699763 1725078 - 1834114 - 1899720-1931373 - 1973073				
TANQUE	2453					
ACEITE	2642					
<b>TOTAL</b>	<b>7879</b>					
 <p style="text-align: center;">Conexiones de baja tensión</p>						
			CAMBIADOR DE CONEXIONES			
DEVANADO	VOLTS	AMP	POS	CONEC. EN CADA FASE		
<b>ALTA TENSION EN ESTRELLA</b>	34650	25.0	1	5	CON	6
	33825	25.6	2	4	CON	6
	33000	26.22	3	4	CON	7
	32175	26.92	4	3	CON	7
	31350	27.91	5	3	CON	8
	30525	28.39	6	2	CON	8
	29700	29.17	7	2	CON	9
<b>BAJA TENSION EN DELTA</b>	2400	361.5				
POLARIDAD						

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

<b>TRANSFORMADOR T-2 = T-3</b>										
MARCA: WESTINGHOUSE										
60 CYCLES		SERIAL: 4081359		55 °C FULL LOAD CONTINUOUSLY						
33000 TO		GALLONS OIL: 645		PESO APROX. EN LBS.						
2400 VOLTS		L. SPEC. 446367								
				TRANSF		5600				
				CASE		3700				
				OIL		4850				
				TOTAL		14150				
<b>CONEXIONES A. T.</b>										
<b>CONEXIONES B.T.</b>										
WIDDING	VOLTS	AMP	TAP CHANGER "A"				TAP CHANGER "B"			
			POS	CONEC. IN EACH PHASE		POS	CONEC. IN EACH PHASE			
<b>WYE HIGH VOLTAJE</b>	34650	25.0	1	8	WITH	9	1	8	WITH	9
	33825	25.6	1	8	WITH	9	1	8	WITH	9
	33000	26.2	2	8	WITH	10	2	8	WITH	10
	32175	26.9	2	8	WITH	10	2	8	WITH	10
	31350	27.6	2	8	WITH	10	2	8	WITH	10
	30525	28.4	2	8	WITH	10	2	8	WITH	10
	29700	29.2	2	8	WITH	10	2	8	WITH	10
<b>DELTA LOW VOLTAJE</b>	2400	361								
POLARIDAD										

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

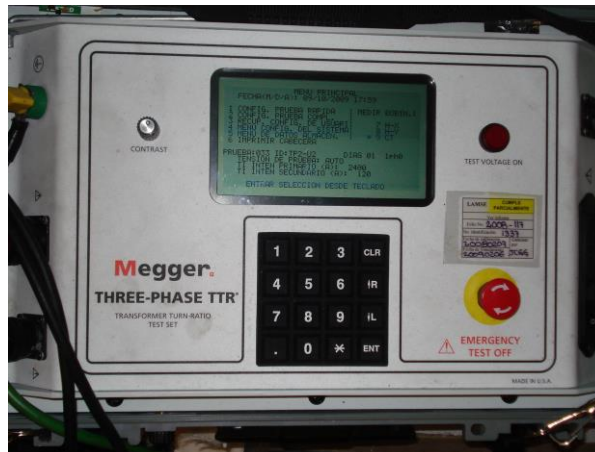
-----

En la C. H. Bombaná los transformadores de potencial se encuentran conectados en paralelo. Las condiciones teóricas son las siguientes:

- ❖ Idénticas relaciones de espiras y valores de tensiones
- ❖ Iguales porcentajes de impedancias
- ❖ Igual relación de resistencias a reactivancias
- ❖ Misma polaridad
- ❖ Mismo ángulo de desplazamiento de fase
- ❖ Misma rotación de fases.

### ***PRUEBAS A TRANSFORMADORES***

#### **PRUEBAS DE TTR (RELACION DE TRANSFORMACION)**



Equipo usado: MEGGER THREE – PHASE TTR (transformer turn-ratio test set)

Marca: MEGGER

Características de calibración: CUMPLE PARCIALMENTE

Esta prueba permite checar la posibilidad de cortocircuitos entre espiras de los devanados o bien el aterrizamiento de las mismas hacia el núcleo, ya que esta prueba corrobora que el voltaje aplicado el devanado primario se transfiera correctamente al devanado secundario acorde al número de vueltas del conductor en los devanados primario y secundario.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

Para iniciar la prueba TTR iniciamos a conectar los accesorios del instrumento de medición correctamente.



Puntas de prueba

La prueba de TTR se realiza con un equipo de medición trifásico marca MEGGER digital, el cual proporciona directamente la relación de transformación de un solo paso, lo único que necesita es indicar las características del equipo para la impresión final.



PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## PRUEBAS DE FACTOR DE POTENCIA

Los devanados de los transformadores de potencia así como la mayor parte de los transformadores de distribución se encuentran inmersos en aceite con todo y núcleo, esto con la finalidad de proporcionar un medio refrigerante que permita la disipación del calor generado por la circulación de corriente en los devanados del mismo el cual en transformadores pequeños se hace circular por convección natural mediante serpentinas colocadas en forma lateral en los tanques del transformador, al contacto con el aire el aceite se enfría y regresa nuevamente al tanque para enfriar los devanados.

En transformadores de potencia, se colocan en estas serpentinas ventiladores con aire forzado para enfriar con mayor rapidez el aceite y así permitirle al transformador una mayor capacidad de entrega de potencia. La peculiaridad de este aceite es que presenta una rigidez dieléctrica considerablemente grande por lo que al aplicarle una diferencia de potencial el consumo de potencia es mínimo y a su vez, esta potencia al estar puro el aceite es solamente capacitiva implicando un Factor de Potencia muy bajo cercano a cero. Al contaminarse este aceite debido a las partículas de carbón o del mismo papel aislante dañado, así como posible humedad que absorba éste, habrá un consumo de potencia real que incrementará el Factor de Potencia medido en el Transformador, lo cual al momento de realizar la prueba un Factor de Potencia las condiciones de buena o mala calidad del aceite serán las siguientes:

- ✓ F.P.  $<0.5$  % indica que el aceite esta en perfecto estado.
- ✓ F.P.  $>0.5$  % y  $<1.4$  % indica que el aceite esta degradado y que es conveniente realizar una limpieza del mismo liberándolo de humedad e impurezas.
- ✓ F.P.  $>1.5$  % Exige sacar de operación el transformador y limpiar el aceite así como el realizar pruebas químicas mediante una Cromatografía de Gases al mismo para detectar otras anomalías dentro del transformador.



PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## CROMATOGRAFÍA DE GASES DISUELTOS EN EL ACEITE

La descomposición química del aceite no solo se debe a la presencia de oxígeno y agua y los efectos de la temperatura, los fenómenos electromagnéticos; que son resultantes del diseño y operación del transformador, TAMBIEN NOS DAN INFORMACIÓN. Haciendo una analogía del transformador con el cuerpo humano, la Cromatografía de Gases Combustibles Disueltos, sería comparable a una Prueba Cardiaca de Esfuerzo, es decir EN LINEA. Los campos eléctricos producidos por la corriente eléctrica y las corrientes magnetizantes, generan descomposición del aceite, la cual es detectada mediante el proceso de cromatografía de gases.

Como en los análisis Físico-Químicos, la calidad de la muestra es determinante para un preciso análisis y confiable diagnóstico. Este análisis tiene la característica de detectar a corto plazo, y de una forma mucho más sensible los cambios inmediatos en las condiciones operativas del transformador o de las redes de suministros o de carga, por lo que resulta ser muy valiosa herramienta para el usuario. Su análisis debe de ser recomendado con las siguientes frecuencias básicas considerando que las frecuencias podrán ser más cortas cuando se detecten condiciones anormales.

Distribución en M.T. (300 a 3000 KVA)	Anual.
Potencia > 3. MVA o Ata Tensión > 34.5KV	Semestral
Hornos de Arco Eléctrico	Trimestral.
Extra Alta Tensión	Trimestral o menor
Puesta en Marcha	Antes y Después de Energizar

Como se sabe, un transformador es una maquina eléctrica que se encuentra constituida por varias partes (núcleo, devanados, pasatapas, válvulas, radiadores, etc.). Dentro de estos elementos constitutivos, el sistema de aislamiento (aceite y papel) es el componente más importante y es al que se le debe cuidar en mayor grado.

Existen cuatro factores que afectan al sistema de aislamiento de un transformador en aceite:

- *La humedad,*
- *el oxígeno,*
- *el calor y,*
- *la contaminación externa.*

## PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA C. H. BOMBANÁ

---

La humedad puede presentarse en el interior del transformador de las siguientes maneras:

- De forma disuelta
- En forma de una emulsión agua/aceite
- En estado libre en el fondo del tanque
- En forma de hielo en el fondo del tanque ( si la gravedad específica del aceite es mayor a 0.9, el hielo puede flotar)

En años recientes, el análisis de gases generados en el interior de un transformador en aceite, mediante cromatografía de gases, se ha constituido en una herramienta poderosa a la hora de diagnosticar el estado del transformador.

Se sabe que, al producirse una falla de tipo eléctrico o térmico en el interior de un transformador se generara gases combustibles y no combustibles, dentro de los cuales tenemos:

- Hidrogeno ( $H_2$ )
- Metano ( $CH_4$ )
- Etano ( $C_2H_6$ )
- Etileno ( $C_2H_4$ )
- Acetileno ( $C_2H_2$ )
- Monóxido de carbono ( $CO$ )
- Dióxido de Carbono ( $CO_2$ )

Los métodos más empleados para evaluar el tipo posible de falla existente, tomando en cuenta los gases antes dados, son:

- Método del gas característico
- Método de las Relaciones de Doernenburg
- Método de las Relaciones de Rogers

En el método del Gas Característico analiza el tipo de falla de acuerdo al gas generado y a su cantidad. De la figura 1 a la figura 4 se pueden ver perfiles cromatográficos indicando el tipo de falla mediante el método del gas característico.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

**GAS PRINCIPAL – ETILENO**

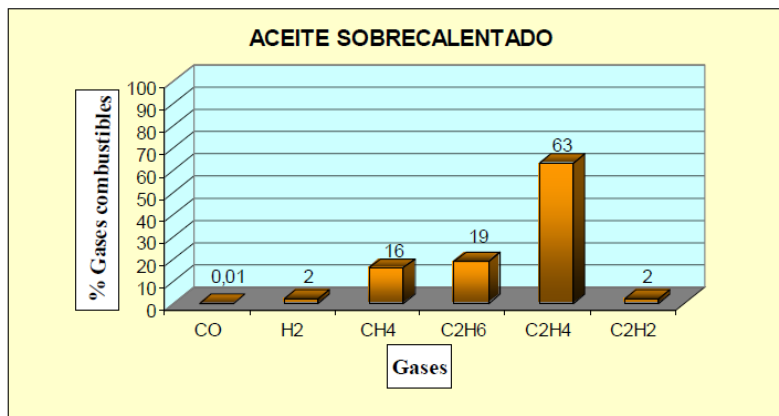


FIGURA 1 PERFIL CROMATOGRAFICO: ACEITE SOBRECALNETADO

**GAS PRINCIPAL – MONOXIDO DE CARBONO**

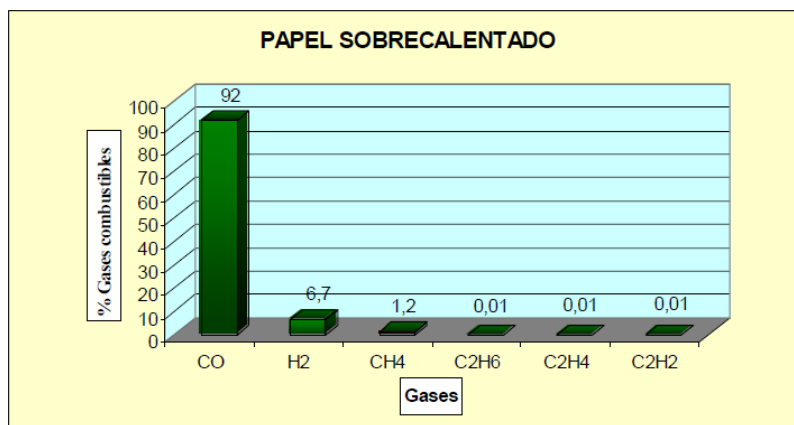


FIGURA 2 PERFIL CROMATOGRAFICO: PAPEL SOBRECALENTADO

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

**GAS PRINCIPAL – HIDROGENO**

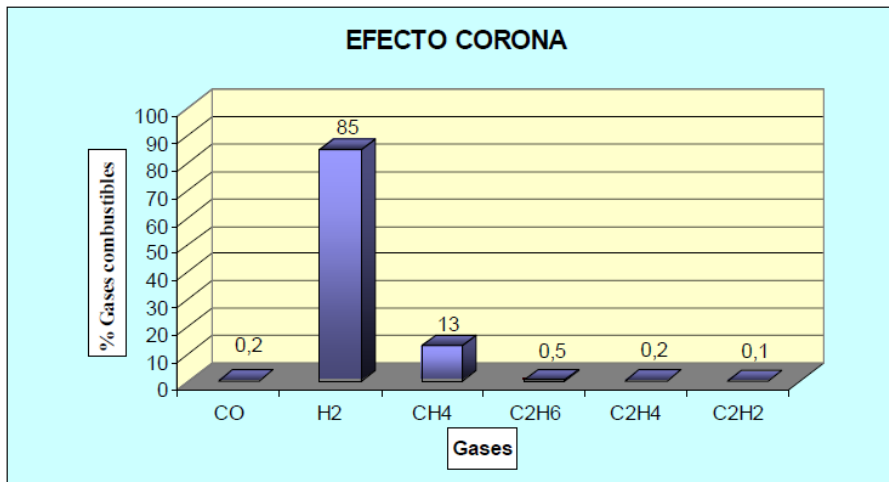


FIGURA 3 PERFIL CROMATOGRAFICO: EFECTO CORONA

**GAS PRINCIPAL – ACETILENO**

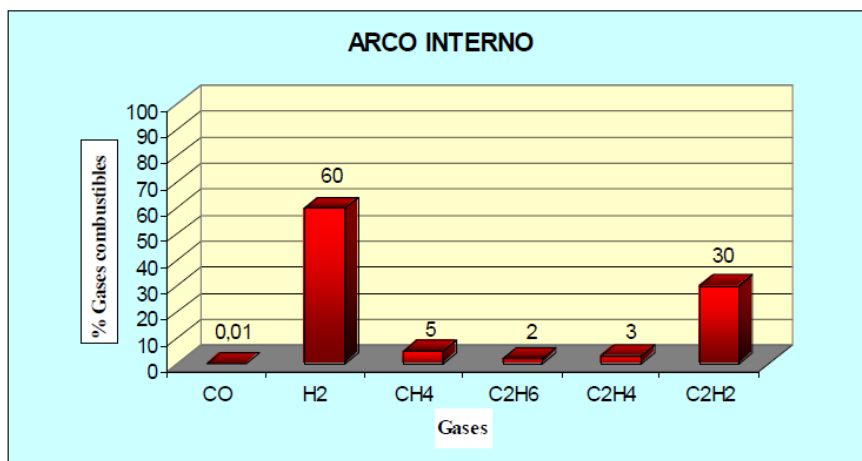


FIGURA 4 PERFIL CROMATOGRAFICO: ARCO INTERNO

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA AL ACEITE

### 1. *objetivo.*

Comprobar que el aceite usado como líquido aislante de un transformador cumpla con las especificaciones eléctricas necesarias para ser usado. Y prevenir la contaminación con humedad del aceite e impurezas.

### 2. *instrumentos de medición.*

El instrumento de medición a emplear para este tipo de prueba es el probador digital de rigidez dieléctrica o probador de la copa marca HIPOTRONICS completamente automático y provisto con un rango máximo de salida de 0 - 60 kV entre 2 boquillas y de 30 kV entre boquilla y tierra con un rango de medición de 3.5 dígitos en la escala de kV con una proporción de aumento de tensión aplicada de 500, 2000 o 3000 Volts por segundo (vps).

### 3. *procedimiento.*

El aceite de un transformador cumple con 2 funciones elementales como lo son el enfriado y aislamiento de los devanados eléctricos para mejor su eficiencia y correcto funcionamiento. Como el aislante estará sometido a grandes tensiones de operación es necesario que cumpla con una prueba de tensión disruptiva mínima que se pudiera presentar y de este modo prevenir percances que pudieran ser más costosos.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

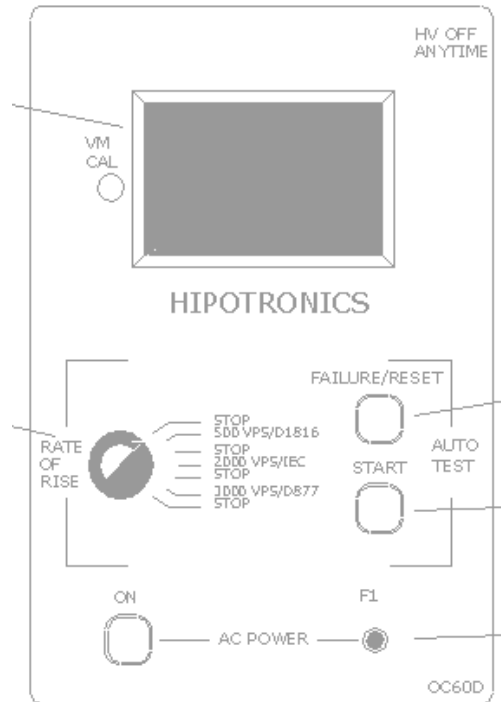


Figura 1. Panel frontal del probador de rigidez dieléctrica del aceite

4. *criterios de aprobación.*

Para un probador de rigidez dieléctrica de electrodos planos con una separación de 2.54 mm, el promedio de 5 muestras de aceite deberá soportar favorablemente una tensión de 30 kV como mínimo para que sea considerado como bueno para su uso. Además la relación de la desviación estándar de las 5 lecturas entre la media debe ser menor a 0.1 para considerar la prueba como satisfactoria, de lo contrario se deberán repetir las pruebas para otras 5 muestras. Para un probador de rigidez dieléctrica de electrodos semiesféricos con separación de 1.02 mm, una muestra de aceite debe soportar favorablemente una tensión de 20 kV como mínimo para que sea considerado como bueno para su uso.

5. *reporte de presentación de resultados.*

El reporte de presentación de resultados de la prueba de rigidez dieléctrica del aceite contiene la información de la lectura de las 5 muestras, el promedio, la desviación estándar y la relación de la desviación estándar entre la media. Deberá contener todas las lecturas que fueran necesarias para obtener resultados satisfactorios o de lo contrario, se deberá realizar el cambio de aceite del transformador.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

### ***MANTENIMIENTO A TRANSFORMADORES***

En comparación con la mayoría de los aparatos eléctricos, los transformadores requieren relativamente poca atención. La minuciosidad de la inspección y atención necesaria se determinara por el tamaño de los transformadores, el punto de la red en que estén, la importancia de un servicio sin interrupciones y las condiciones de servicio, tales como temperatura y poca limpieza del ambiente, condensación de la humedad y suministro de agua (en los casos de instalaciones enfriadas por agua).

Los transformadores de distribución y los de potencia de capacidad pequeña ordinariamente requieren, y reciben, menos atención que los transformadores de gran capacidad, que representan una inversión mucho mayor.

Cuando el mantenimiento preventivo del transformador muestra que posee problemas de humedad, gases combustibles y/o productos de la oxidación, fugas de aceite, puntos de oxidación, ente otros, ciertos trabajos de mantenimiento correctivo deben ser realizados.

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### ***CADA TURNO***

Significa que la inspección debe ser frecuente, observando anomalías en el tanque y en las conexiones del transformador.

#### ***CADA 3 O 6 MESES***

Significa una revisión más minuciosa y capacitada, que debe ser realizada por el personal electromecánico

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

**DESARROLLO DE ACTIVIDADES**

periodo de mantenimiento	partes a inspeccionar	objeto de la inspección
cada turno	<p>indicador de nivel de liquido; indicadores de temperatura del liquido y de los devanados</p>	<p>Ver que las lecturas no excedan los límites de seguridad y anotarlas junto con la temperatura del ambiente. Un registro bien llevado es el mejor índice de calidad del funcionamiento</p>
	<p>Carga (Amperios) Tensión (voltaje)</p>	<p>Compruebe con los instrumentos de medición del tablero la intensidad de la carga de los transformadores. Los registros en kilovatios no son satisfactorios dado que el calentamiento es determinado por la corriente y el voltaje de la carga y no por la potencia de salida, a menos que el factor de potencia de la carga sea de 100%. Compruebe el voltaje para cerciorarse de que el transformador este conectado correctamente. la sobretensión causa excesivas perdidas en vacio.</p>
cada 3 meses	Relevadores	<p>Vea que los relevadores funcionen correctamente para asegurar la protección que les esta asignada.</p>
cada 6 meses	Dispositivos de protección contra sobretensión	<p>Los dispositivos de protección contra sobretensión se utilizan para limitar los impulsos de voltaje, que puedan llegar al transformador, a un valor igual o inferior al límite para el cual ha sido construido el transformador. Su buena conservación es muy necesaria.</p>



PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

	conexiones y resistencia a tierra	Cerciórese de que las conexiones a tierra estén en buenas condiciones. Es importante que la resistencia a tierra sea baja para asegurar un funcionamiento satisfactorio de los pararrayos y de los relevadores en las redes con neutro a tierra.
	debajo de la tapa	Ver si existe condensación. Se recomienda que se realice una vez por mes durante los primeros seis meses de servicio.
cada 2 años	parte superior del núcleo	vacíe el tanque hasta el extremo superior del núcleo y compruebe si hay sedimentos o señales de condensación

Por años, el mantenimiento preventivo de los transformadores ha estado basado en la determinación de la resistencia de su aislamiento junto con la medición de la rigidez dieléctrica de su aceite. Sin embargo, se sabe ahora que pruebas como el factor de potencia del aislamiento, contenido de humedad, acidez, entre otras, son muy importantes para obtener un diagnóstico más acertado del estado del transformador.

Recientemente, el análisis de gases generados en el interior del transformador mediante cromatografía de gases se ha constituido en una herramienta poderosa a la hora de monitorear el estado en que se encuentra el transformador, sin necesidad de sacarlo de operación.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

**ACTIVIDADES A REALIZAR DENTRO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN  
TRANSFORMADOR DE POTENCIA EN ACEITE \*1**

<b>DIARIAMENTE</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Tome lecturas de las corrientes y de los voltajes de carga</li> <li>2 Tome lecturas de la temperatura del aceite y de la temperatura de devanados (si el transformador tuviere medidor de temperatura de devanados)</li> <li>3 Sonidos inusuales</li> </ol>
<b>SEMANALMENTE</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Fugas</li> <li>2 Nivel de aceite en el tanque.</li> <li>3 Revise los tubos de ventilación; note cambios de temperatura</li> </ol>
<b>MENSUALMENTE</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Inspeccione todos los medidores que posea el transformador tanto de alta como de baja tensión. Revise la existencia de fugas de aceite del tanque, uniones y tuberías.</li> <li>2 Realice una inspección general del transformador. Tome nota del numero de operaciones del cambiador de tap bajo carga (si el transformador estuviere equipado con uno)</li> <li>3 Revise las alarmas de protección. Revise el medidor de presión/vacío. Compare las lecturas con las del fabricante</li> </ol>
<b>3 MESES</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Realice las nueve pruebas al aceite dieléctrico. Tome lecturas de la temperatura promedio del aceite (&gt;90°C &lt;100°C)*2</li> <li>2 Revise si la válvula de sobrepresión ha operado (indicador de color amarillo o azul)</li> <li>3 Realice una cromatografía de gases del aceite*2</li> <li>4 Revise la existencia de fugas de aceite</li> </ol>
<b>SEMESTRALMENTE</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Realice las nueve pruebas al aceite dieléctrico. Tome lecturas de la temperatura promedio del aceite; rango 80° *2</li> <li>2 Realice una inspección visual de los aisladores y pararrayos en busca de rajaduras, grado de limpieza, contaminación o existencia de fagonéo.</li> </ol>

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

- Revise el sistema de puesta a tierra en busca de malos contactos, conexiones rotas  
**3** o corroídas
- 4** Realice una cromatografía de gases del aceite\*2

- ANUALMENTE**
- 1** Realice las nueve pruebas al aceite dieléctrico. Tome lecturas de la temperatura promedio del aceite < 80° \*2
  - 2** Limpieza de los aisladores.
  - 3** Realice una prueba de termografía infrarroja en busca de "puntos calientes", conexiones mal aisladas, porcelana rota, etc.
  - 4** Inspeccione los puentes del transformador a las barras o equipos en busca de deformación y/o envejecimiento
  - 5** Revise los circuitos de control
  - 6** Realice la medición de la resistencia de puesta a tierra del sistema (< 5 ohms)\*3
  - 7** Revise la calibración de los relés\*3
  - 8** Realice una cromatografía de gases del aceite\*2

- ANUALMENTE (opcional)**
- Inspeccione los equipos de desconexión del transformador. Lubrique los
- 1** mecanismos
  - 2** Inspeccione la tapa principal del transformador en busca de humedad, polvo, oxido, fugas de aceite y depósitos de lodo
- Realice una inspección visual de los pararrayos; realice una limpieza de los
- 3** mismos
  - 4** Realice pruebas de factor de potencia de aislamiento al aceite y a los pasatapas
  - 5** Inspeccione el cambiador de taps bajo carga en busca de fugas de aceite, desgaste, corrosión o malos contactos
  - 6** Realice reparaciones menores (cambio de pernos en mal estado, cambio de

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

-----

	<p>empaquetaduras en mal estado, ajuste de conexiones y pernos, etc.)</p> <p>Efectúe las pruebas eléctricas básicas al transformador (incluyendo factor de potencia y resistencia de aislamiento)</p>
<b>3 ANOS</b>	<p><b>1</b> Realice una serie completa de pruebas eléctricas al transformador</p> <p><b>2</b> Realice pruebas eléctricas al cambiador de taps bajo carga (factor de potencia del aislamiento y resistencia DC) para cada tap</p> <p><b>3</b> Efectúe una limpieza completa de los equipos de desconexión del Transformador junto con la lubricación de los mismos. Realice prueba de resistencia de aislamiento a ellos</p>
<b>6 ANOS</b>	<p><b>1</b> Efectúe prueba de resistencia de aislamiento a los cables aislados</p> <p>Efectúe una inspección interna al transformador. Revise las partes mecánicas y</p> <p><b>2</b> eléctricas internas, especialmente los contactos del cambiador de taps</p>

**\*1** Las unidades en las que se sospeche de algún problema interno o si alguno de sus componentes presenta corrosión, humedad, polvo o vibración excesiva, doble la frecuencia de inspección (Ej.: si el análisis del aceite se lo realiza anualmente, ahora realícelo semestralmente).

Para transformadores con capacidades de menos de 300 MVA realice una cromatografía de gases al aceite inmediatamente antes del inicio de la operación, 1 mes después, 6 meses después, 1 año después del inicio de operación, luego anualmente.

Para transformadores con capacidades de más de 300 MVA realice una cromatografía de gases al aceite inmediatamente antes del inicio de la operación, 1 mes después, 3 meses después, 6 meses después del inicio de operación, luego semestralmente.

**\*2** Todas las recomendaciones asumen el uso de refrigeración auxiliar; de otra manera las pruebas se deberán realizar más seguido.

**3\*** Solo personal calificado

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES Y AUXILIARES DE LA  
C. H. BOMBANÁ

---

## CONCLUSIONES

La C. H. Bombaná, cuenta con un gran equipo de trabajo, el cual coordinadamente puede favorecer al buen funcionamiento, tanto de la empresa como de sus unidades generadoras.

Es importante reconocer que el presente procedimiento tiene como finalidad la aplicación para el buen desempeño del proceso hidroeléctrico.

Es necesario implementar algunos cambios en los mantenimientos y la aplicación de nuevas técnicas y herramientas para llevarlos a cabo.

Los residentes satisfactoriamente han concluido la Residencia Profesional y se espera que sea provechoso para todos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ✓ manual de mantenimiento de generadores, CFE, sub-gerencia Regional de Generación.
- ✓ [www. Google.com/alternador.htm](http://www.Google.com/alternador.htm)
- ✓ mantenimiento de generadores electro hidráulicos, IEEE
- ✓ transformadores de potencia, PEMEX, Víctor Gustavo Galván.
- ✓ Transformadores en aceite, ABB, Enero 1990.
- ✓ Documentos en existencia de la C. H. Bombaná. Año 1961