

**MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO A  
GRUPOS ELECTRÓGENOS.**

**OSCAR AUGUSTO URREGO HENAO  
JORGE WILLIAM RAMÍREZ GOMEZ**

**TRABAJO DE GRADOS PARA OPTAR TÍTULO DE TECNOLOGOS EN  
MECATRÓNICA**

**ASESOR:**

**INGENIERO MAURICIO VELASQUEZ MONTOYA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
TECNOLOGÍA EN MECATRONICA  
MEDELLÍN  
2012**

## DEDICATORIA

*Agradecimiento a mi familia, mis hijos, mi esposa, quienes fueron los que fortalecieron día a día mi voluntad para empezar y terminar la tecnología y tuvieron la paciencia de estar solos en momentos de familia, también agradecimientos a G.P.I COL. SAS quien fue una de las razones de ser de éste proyecto, al asesor ingeniero Mauricio Velasquez que tuvo la paciencia de corregirnos, enseñarnos y guiarnos hasta obtener el objetivo final.*

*Oscar Augusto Urrego Henao*

*Agradecimientos primero que todo a Dios por darnos la existencia y en segundo lugar a mi esposa Paula y mis hijos Jonathan y Miguel por tenerme paciencia para la realización de éste proyecto.*

*Jorge William Ramirez Gomez*

## INDICE

	pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>1. Identificación del problema</b>	<b>10</b>
<b>1.1, Descripción del problema</b>	<b>10</b>
<b>2 Justificación</b>	<b>12</b>
<b>3. Objetivos</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Objetivo General</b>	<b>13</b>
<b>3.2. Objetivos específicos</b>	<b>13</b>
<b>4. Referente teórico</b>	<b>14</b>
<b>4.1. Mantenimiento a Grupos electrógenos</b>	<b>14</b>
<b>4.1.1. Definición</b>	<b>14</b>
<b>4.1.2. Componentes principales de la planta eléctrica</b>	<b>17</b>
<b>4.1.2.1. Motor diesel</b>	<b>18</b>
<b>4.1.2.2. Generador de AC</b>	<b>37</b>
<b>4.1.3. Componentes auxiliares</b>	<b>53</b>
<b>4.1.4. Elementos Adicionales de control</b>	<b>55</b>
<b>4.1.5. Normas aplicables</b>	<b>58</b>
<b>5. Metodología</b>	<b>63</b>
<b>6. Manual de procedimiento para el mantenimiento preventivo a grupos electrógenos</b>	<b>64</b>
<b>6.1. Responsable del procedimiento</b>	<b>64</b>
<b>6.2. Verificación inicial del sitio y del equipo</b>	<b>64</b>
<b>6.3. Primer paso</b>	<b>64</b>
<b>6.4. Cambio de consumibles</b>	<b>65</b>
<b>6.5. Ajustes</b>	<b>67</b>
<b>6.6. Pruebas de sensores, tarjetas, y baterías</b>	<b>67</b>
<b>6.7. Observaciones</b>	<b>68</b>

<b>6.8. Limpieza</b>	<b>68</b>
<b>6.9. Revisión general</b>	<b>69</b>
<b>6.9.1. Pruebas finales</b>	<b>69</b>
<b>6.9.2. Entrega de mantenimiento realizado</b>	<b>69</b>
<b>7. Recursos.</b>	<b>72</b>
<b>7.1. Recursos humanos</b>	<b>72</b>
<b>7.2. Recursos técnicos</b>	<b>72</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>73</b>
<b>9. Recomendaciones</b>	<b>74</b>
<b>Bibliografía – cibergrafia</b>	<b>76</b>
<b>Referencias</b>	<b>78</b>

## LISTAS DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1: modelo general de un grupo electrógeno</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2: motor diesel</b>	<b>18</b>
<b>Figura 3: Sistema de combustible</b>	<b>19</b>
<b>Figura 4: Sistema de combustible de un motor semielectronico</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5: Sistema de combustible de un motor electrónico</b>	<b>22</b>
<b>Figura 6: Componentes del sistema de combustible de un motor Electrónico</b>	<b>22</b>
<b>Figura 7: Sistema de refrigeración</b>	<b>23</b>
<b>Figura 8: Ventilador, radiador y bomba de agua</b>	<b>24</b>
<b>Figura 9: Sistema de lubricación del motor</b>	<b>24</b>
<b>Figura 10: Bomba de aceite y sistema interno de lubricación</b>	<b>25</b>
<b>Figura 11: Sistema de escape</b>	<b>26</b>
<b>Figura 12: Motor de arranque</b>	<b>27</b>
<b>Figura 13: Partes del motor de arranque</b>	<b>28</b>
<b>Figura 14: Componentes internos de la carcasa del motor de Arranque</b>	<b>29</b>
<b>Figura 15: Rotor o inducido</b>	<b>30</b>
<b>Figura 16: Partes del estator</b>	<b>31</b>
<b>Figura 17: Portaescobillas</b>	<b>32</b>
<b>Figura 18: Relé o automático de arranque</b>	<b>33</b>
<b>Figura 19: Cargador, batería y alternador</b>	<b>34</b>
<b>Figura 20: Partes del alternador</b>	<b>35</b>
<b>Figura 21: Rotor</b>	<b>36</b>
<b>Figura 22: Estator</b>	<b>37</b>
<b>Figura 23: Bobinado de generador monofásico</b>	<b>41</b>
<b>Figura24: Salida a carga del generador monofásico</b>	<b>41</b>

<b>Figura 25: Tipo de conexiones monofásicas</b>	<b>42</b>
<b>Figura 26: Generador monofásico 2 y 4 polos, sin caja de bornas Para conexión</b>	<b>43</b>
<b>Figura 27: Diagrama de generador trifásico</b>	<b>45</b>
<b>Figura 28: Generador trifásico de espiras rotatorias</b>	<b>45</b>
<b>Figura 29: Generador trifásico de armadura</b>	<b>46</b>
<b>Figura 30: Regulador de voltaje R 250</b>	<b>51</b>
<b>Figura 31: Regulador de voltaje MX 321</b>	<b>52</b>
<b>Figura 32: Regulador de velocidad del motor</b>	<b>52</b>
<b>Figura 33: Interruptor termomagnético (Breaker)</b>	<b>53</b>
<b>Figura 34: Soportes antivibratorios</b>	<b>54</b>
<b>Figura 35: Tablero de control</b>	<b>54</b>
<b>Figura 36: Transferencia manual</b>	<b>57</b>
<b>Figura 37: Transferencia automática</b>	<b>58</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: conexión $\Delta$ o estrella y en Y	47
Tabla 2: checklist de actividades	70
Tabla 3: checklist de actividades	71
Tabla 4: Costos	72

## INTRODUCCIÓN

GPI COL S.A.S. desea convertirse en una organización que no solo brinde soluciones a las grandes empresas sino que sirva de escuela para catapultar a verdaderos técnicos en el campo de las plantas eléctricas y su operación electromecánica, todo tipo de transferencias automáticas y su operación de control y electrónica, suministrando al técnico el material necesario de consulta, para que este sumado a sus conocimientos ,sirva de soporte para la correspondiente realización de un servicio de mantenimiento más eficiente y eficaz.

Todo esto buscando cualificar la mano de obra oferente de un servicio que hasta el momento prestan pocos, con altos niveles de calidad y poder competir de una manera más efectiva ante un mercado de continua innovación tecnológica, que hace que los diversos equipos electrógenos cambien continuamente, lo que hace necesario un cambio a la par con este mismo y brindar un soporte que satisfaga las necesidades del cliente.

Por motivos del tratado de libre comercio entre Colombia y los Estados Unidos de Norte América y otros países del mundo, la presencia de una gran variedad de distintas marcas de plantas eléctricas y controles electrónicos se hace cada vez mayor acorde con los últimos desarrollos de la tecnología, lo que crea la necesidad de implementar nuevas estrategias informativas que mejoren aun mas las que ya esta implementadas.

Es por esta razón que se presenta el manual de procedimientos, el cual pretende en su contenido presentar una serie de información técnica con figuras y formatos

más estandarizados que se acomoden a las distintas marcas de plantas eléctricas que se encuentran en el medio, generando como producto final el control en la calidad y la prestación de servicios, soportándonos como complemento en la importante información que nos brinda la experiencia propia a través de los años, de algunos libros y del material virtual que existen en nuestro medio.

## **1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Dentro de la compañía GPI COL SAS no existe un manual de procedimientos para los mantenimientos preventivos que se ejecutan a los grupos electrógenos

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

GRUPO DE PROYECTOS INTEGRALES COLOMBIA S.A.S. se creó con el fin de brindar una excelente prestación de servicio especializado en el sector de las telecomunicaciones a través de unas Unidades Estratégicas de Negocios (UEN) en Instalación, Mantenimientos preventivos y correctivos a grupos electrógenos tanto en motores como en generación y control, Obras civiles, Telecomunicaciones.

La principal actividad económica de GPI COL S.A.S., es la prestación de servicios en: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, Y CORRECTIVO DE GRUPOS ELECTROGENOS (Plantas eléctricas y transferencias automáticas) en diferentes regiones del país como en Antioquia, Eje cafetero, Costa Atlántica, Santander y también los suministros de repuestos e insumos a nivel nacional.

Para realizar los mantenimientos preventivos a los grupos electrógenos el técnico debe tener una guía o un manual de procedimientos que le muestre paso a paso cómo debe hacer la actividad; esta necesidad surge en el momento que se hacen visitas de calidad a los técnicos en campo: En dichas visitas se observó que el

mantenimiento se ejecuta en malas condiciones ya que en repetidas ocasiones se les olvida o se les pasa por alto ejecutar alguna actividad importante, ya que cada mantenimiento se hace a criterio individual y, además, no cuentan con ningún formato de chequeo final donde ellos puedan anotar a qué elementos o piezas se le efectuó mantenimiento y de esta manera harían un repaso de lo realizado y de lo olvidado.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surge de la necesidad que tiene el técnico en campo de ejecutar en perfectas condiciones el mantenimiento al grupo electrógeno, además para entregar al cliente un trabajo con calidad y responsabilidad, y a su vez se logra eficiencia y eficacia para la empresa

Esto será de gran ayuda para el técnico ya que le brindará acompañamiento técnico a los procesos que debe realizarle a cada parte de la planta eléctrica

El desarrollo del proyecto tiene como visión la búsqueda de la certificación en los procesos de GPI COL SAS.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un manual de procedimiento para el mantenimiento preventivo a grupos electrógenos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estandarizar un manual como guía técnica al personal técnico de la empresa GPI COL SAS
- Analizar las necesidades del mercado ante la presencia de nuevos grupos electrógenos.
- Con la implementación del procedimiento en mantenimiento a los grupos electrógenos se pretende que éstos sean más prácticos y eficaces.
- El diseño del manual para el mantenimiento preventivo a grupos electrógenos, está enfocado al desarrollo y a cambios tecnológicos que se vayan presentado con el paso del tiempo.

## **4. REFERENTES TEÓRICOS**

### **4.1 MANTENIMIENTO A GRUPOS ELECTRÓGENOS**

#### **4.1.1. Definición:**

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica en zonas apartadas con poca infraestructura y muy poco habitadas o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.

Así mismo, la legislación de los diferentes países puede obligar a instalar un grupo electrógeno en lugares en los que se den grandes densidades de ocupaciones de personas (centros comerciales, restaurante, cárceles, hospitales, fábricas estaciones de telecomunicaciones, edificios administrativos y residenciales).

Figura 1: Modelo general de un Grupo Electrónico



*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

Mantenimiento es “un conjunto de recursos físicos, capital, equipos, recurso humanos, tecnología e información que acoplados busca mejorar la eficiencia del sistema de producción, disminuyendo los paros, aumentando la confiabilidad del equipo, garantizando la seguridad y un nivel de costos rentable, todo esto dentro del marco de desarrollo propio de la empresa y del país”<sup>1</sup>.

El mantenimiento es considerado más importante en la medida que aumenta el grado de automatización del grupo eléctrico, cada máquina involucrada en un proceso de generación continua debe ser conservada que no falle, de lo contrario un solo paro no programado causaría una alteración considerable en el sistema.

Las funciones de mantenimientos van más allá de las reparaciones, su valor se aprecia en la medida que éstas disminuyen y esto es producto de un trabajo planificado y sistematizado con apoyo y recursos de una política integral de las directivas.

La importancia de mantener la capacidad de generación en las máquinas, la disponibilidad ante la demanda del sistema, el respaldo, la continuidad, la flexibilidad y seguridad brindada por el grupo electrógenos depende fundamentalmente de un mantenimiento programado. Existen varios tipos de mantenimientos: Predictivo, preventivo, en uso, cero horas y correctivo<sup>2</sup>.

- Mantenimiento predictivo: Es aquel destinado a predecir o pronosticar futuras averías del equipo, basados en factores externos variables como son temperaturas, vibraciones, condiciones operativas, etc., esto también basado en cálculos matemáticos de acuerdo al tiempo en horas de operación.
- Mantenimiento preventivo: Como su nombre lo indica, es aquel destinado a prevenir los futuros eventos de falla que se puedan presentar en el equipo de una manera programada y oportuna.
- Mantenimiento en uso: Son aquellos que realiza el operario durante el funcionamiento del equipo como son inspecciones visuales, lubricación, apriete de tornillos etc. éste requiere de un entrenamiento básico.

- **Mantenimiento correctivo:** es aquel destinado a corregir las averías que se van presentando en los equipos tanto en el motor como el sistema eléctrico y de generación dado el caso y se debe informar de inmediato a los encargados del mantenimiento para su reparación y reposición si fuese necesario.
- **Mantenimiento cero horas:** Es aquel mantenimiento que se realiza, luego de una reconstrucción total del equipo o también llamado (Overhaul que es una reparación Mayor, Renovación o Reconstrucción del Motor, suelen incluir la sustitución de juntas, rodamientos, casquillos, camisas de cilindros, pistones, segmentos, filtros, muelles, etc.), en donde se cambian todos los elementos de desgaste y se garantiza un determinado tiempo de funcionamiento del equipo sin que este falle a partir de cero horas. Es una revisión básica en donde se revisa apriete de tornillería, niveles etc. No se requiere para este un técnico especializado.

Además del motor primario ya sea diesel, gasolina o a gas y del generador eléctrico (generalmente de corriente alterna), también se requiere de varios elementos auxiliares para que el grupo electrógeno funcione correctamente y entregue una energía eléctrica de buena calidad, por ejemplo, tanque de combustible, radiador, sistema de lubricación, de refrigeración y de arranque, excitatriz, batería y su cargador, equipos de control para la tensión y frecuencia, automatismo de transferencia, sistema de protección, entre otros.

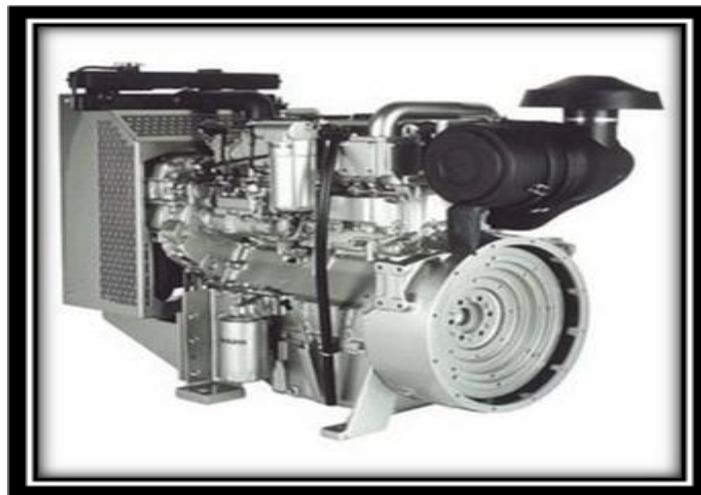
#### **4.1.2. Componentes Principales de la planta eléctrica:**

Son los componentes elementales para cumplir con el principio básico de funcionamiento de un grupo electrógeno y generar energía eléctrica; La planta eléctrica está constituida fundamentalmente por dos elementos importantes, el motor y el generador, estos, con sus elementos de control deberán trabajar de una manera ordenada y eficiente para su correcto funcionamiento.

Estudiaremos a continuación cada uno de ellos para entender mejor la importancia que representan estos dentro del sistema.

**4.1.2.1. Motor diesel:** Es el encargado de convertir la energía química del combustible en energía mecánica de movimiento. El motor representa la fuente de energía mecánica para que el rotor del generador gire y genere electricidad.

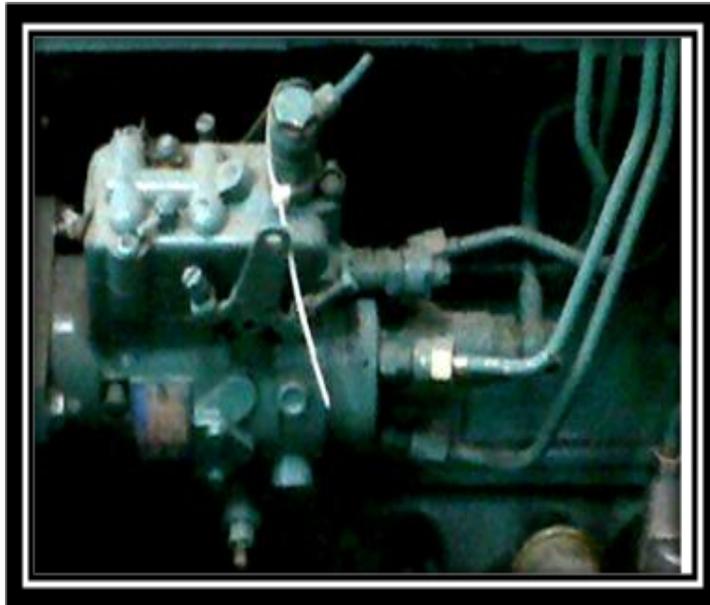
Figura 2: Motor diesel



*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

- a) **Sistema de combustible:** El sistema de combustible de un motor diesel tiene como misión entregar la cantidad correcta de combustible limpio y a su debido tiempo en la cámara de combustión del motor. Generalmente son de inyección electrónica directa, compuesto por una bomba de inyección común para cada inyector, que regulan la mezcla del aire y el combustible con el fin de proporcionar un bajo consumo de combustible y un buen rendimiento del motor.

**Figura 3: sistema de combustible**



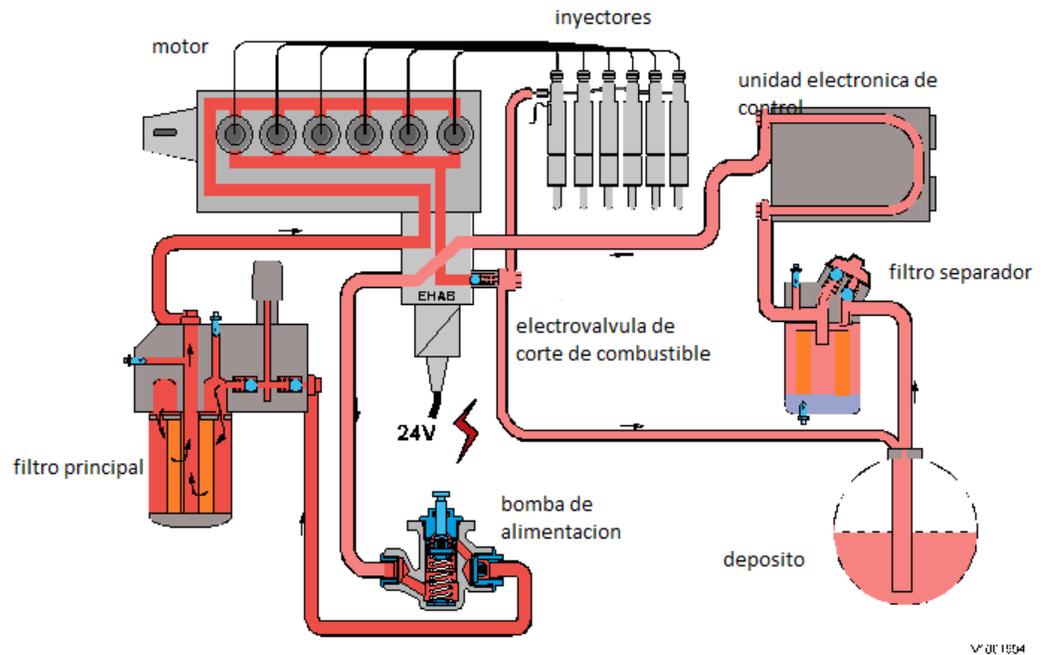
*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

- b) **Sistema de combustible de un motor semielectrónico:** El combustible se extrae del depósito de combustible, por la acción de la bomba de aspiración pasando por el separador de agua y el circuito de refrigeración de la unidad electrónica de control a continuación el combustible pasa por la válvula electrohidráulica de cierre de combustible al lado de aspiración de la bomba

de alimentación, luego de la bomba de alimentación el combustible es conducido por los filtros principales al lado de alimentación de la bomba de inyección pasando por la válvula de cierre de combustible.

La bomba de inyección envía el combustible por las líneas de presión a los inyectores que sometidos a alta presión inyecta con precisión el combustible en la cámara de combustión del motor, el excedente de combustible de los inyectores regresa al depósito pasando por la válvula de rebose y la línea de retorno.

Figura 4: Sistema de combustible de un motor Semielectrónico



Fuente: manual de servicio de motores Volvo

- c) **Motores electrónicos:** El motor diesel es el que más tarde ha incorporado el motor electrónico, dentro de la gama de plantas eléctricas fueron en primer lugar los motores de ciclo Otto o de encendido por chispa los que incorporaron el primer motor electrónico en su funcionamiento.

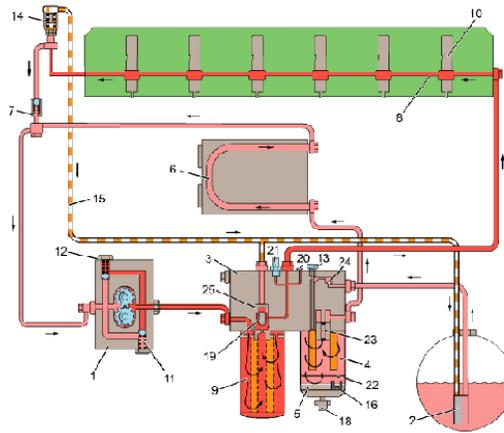
Los motores diesel siempre han tenido un consumo específico menor que sus homólogos de gasolina y han lanzado a la atmosfera una menor cantidad de contaminantes. Estos aspectos acompañados de su mayor costo de fabricación ha sido el motivo para que los motores diesel soportaran las primeras crisis del petróleo y las primeras legislaciones anticontaminación, siguiendo la evolución que conlleva la mejora y las novedades en los materiales y los mecanismos utilizados en los motores.

- d) **Condiciones en el ciclo diesel<sup>3</sup>:** los motores de combustión interna funcionan por la explosión de combustible con aire, en los motores de inyección electrónica a gasolina, frente a la válvula de admisión y de compresión, el aire y el combustible van formando una mezcla gaseosa homogénea y explosiva de manera que una chispa eléctrica es capaz de iniciar la explosión.

En la carrera de admisión los motores diesel o de encendido por compresión solos aspiran aire para llenar los cilindros del motor, este aire en la carrera de compresión es comprimido a presiones más elevadas que en los motores de gasolina para que pueda alcanzar hacia el final de la compresión temperaturas comprendidas entre los 600 y 800 grados centígrados; para garantizar la explosión de combustible gracias a esta temperatura cuando el combustible se

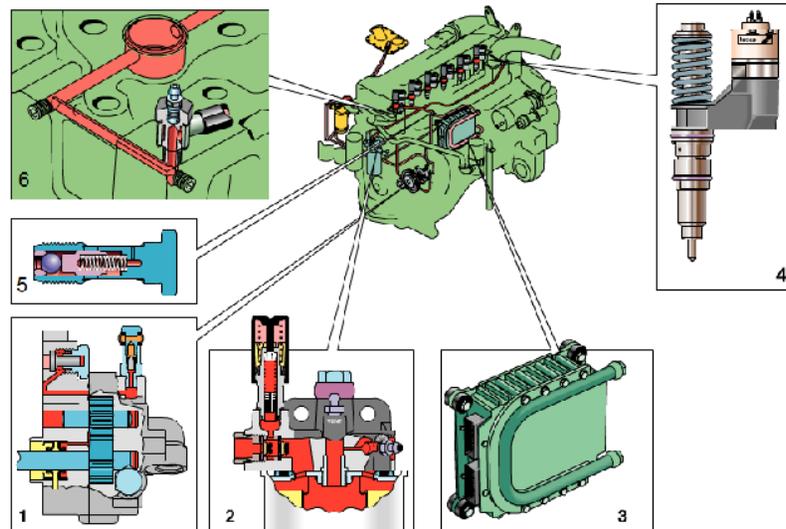
introduce en el interior de la cámara, éste se inflama al ponerse en contacto con el aire.

Figura 5: Sistema de combustible del motor electrónico



Fuente: Manual de servicio motores volvo

Figura 6: Componentes del Sistema de combustible de un motor electrónico

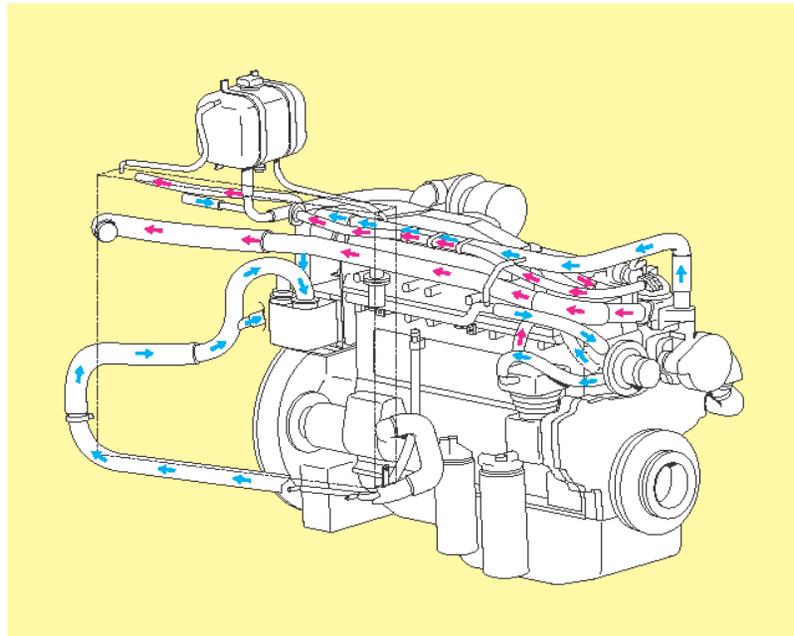


Fuente: Manual de servicio motores Volvo

e) **Sistema de refrigeración:** Su función es mantener una temperatura adecuada del motor a plena carga (en el caso más crítico); este sistema puede funcionar por medio de agua, aceite o aire. Está compuesto de los siguientes elementos: Bomba de agua, termostato, tanque de expansión, radiador, ventilador, mangueras y conductos de refrigeración.

También se utilizan aditivos para mejorar las condiciones del refrigerante como son: El punto de ebullición, sabemos que el agua se evapora a los 100 grados centígrados, estos aditivos hacen que este punto de evaporación sea más alto, por tal motivo la pérdida de refrigerante es mínimo. También tiene propiedades lubricantes para evitar la oxidación en el sistema y no exista desgaste de componentes internos que pueda ocasionar fugas de líquido.

Figura 7. Sistema de refrigeración



Fuente: Manual de servicio de motores Volvo

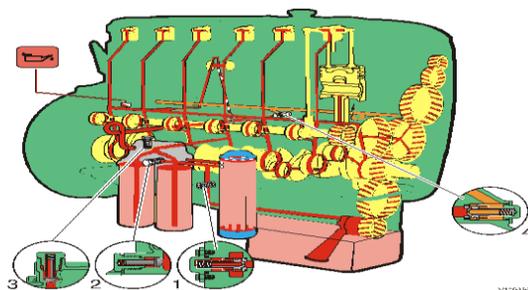
Figura 8. Ventilador, radiador y bomba de agua



*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

- f) **Sistema de lubricación:** La función de este sistema es evitar el desgaste de las piezas del motor, creando una capa de lubricante entre las piezas que están siempre rozando; el sistema está compuesto por: bomba de aceite, válvulas limitadoras de presión, filtros y conductos. El lubricante suele almacenarse en la parte inferior del motor (Carter); esto nos define que los dos factores más importantes a tener en cuenta en el motor son la temperatura y la distribución del aceite.

Figura 9. Sistema de Lubricación del Motor



*Fuente: Manual de servicio de motores volvo*



Figura 11. Sistema de escape (1. Silenciador, 2.tubo de escape 3.Múltiple 4. Turbo)



*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

- h) **Sistema de arranque:** El motor diesel de un grupo electrógeno está equipado con un sistema eléctrico de arranque, con la suficiente capacidad para acelerar al motor hasta una velocidad que permita su arranque bajo las condiciones estipuladas para el sitio de operación de la planta.

Generalmente el motor de arranque es alimentado por una batería y tiene un solenoide para arranque y embrague tipo BENDIX, con la capacidad suficiente para arrancar el motor diesel en forma instantánea y automática. Los motores de combustión interna son incapaces de ponerse en marcha por si solos, necesitan un sistema capaz de impulsarlos hasta conseguir su autonomía de marcha, el motor de arranque cumple esta misión.

Para realizar la puesta en marcha de un motor de combustión interna han de vencerse las resistencias debidas a la compresión de los cilindros, viscosidad de aceite, rozamiento de los órganos móviles (pistones, cigüeñal, etc.). Estas resistencias varían con el tipo de motor, calidad de los lubricantes empleados y temperatura ambiente a que se realiza el arranque, pero en cualquier caso, es necesaria una velocidad mínima de rotación en el motor de combustión para conseguir el arranque, por debajo de la cual, sería prácticamente imposible su puesta en marcha.

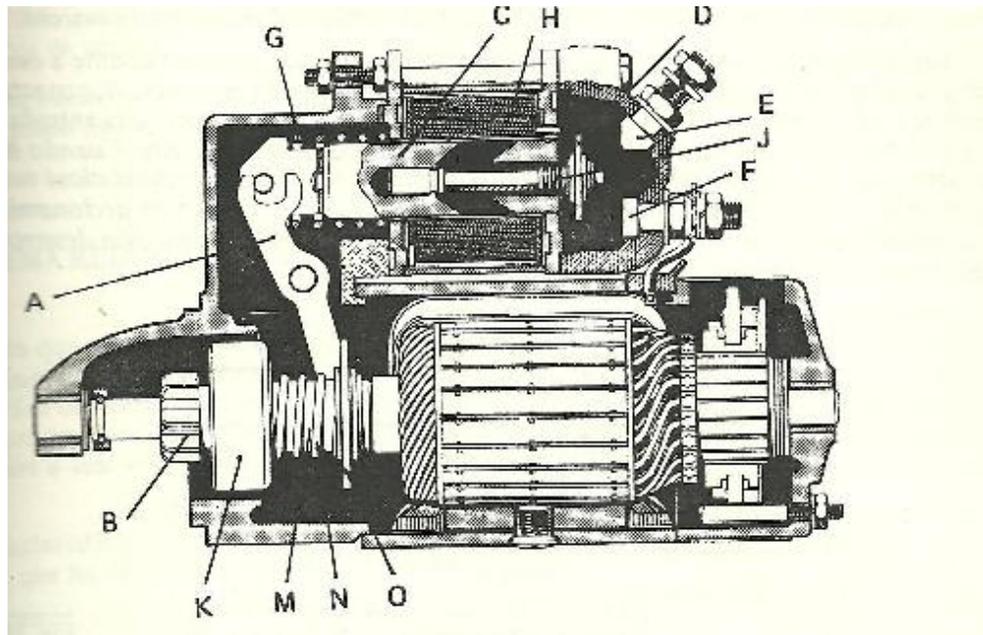
Figura 12: motor de arranque



*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

- **Principio de funcionamiento del motor de arranque:** Un conductor recorrido por la corriente eléctrica y sumergido en un campo magnético, está sometido a una fuerza que tiende a expulsarlo de él, si el conductor puede moverse, será desplazado como consecuencia de esa fuerza, la energía de la corriente se transforma de esta manera en energía mecánica de movimiento.

Figura 13. Partes del motor de arranque.



Fuente: técnicas del automóvil editorial paraninfo, Madrid 1987.

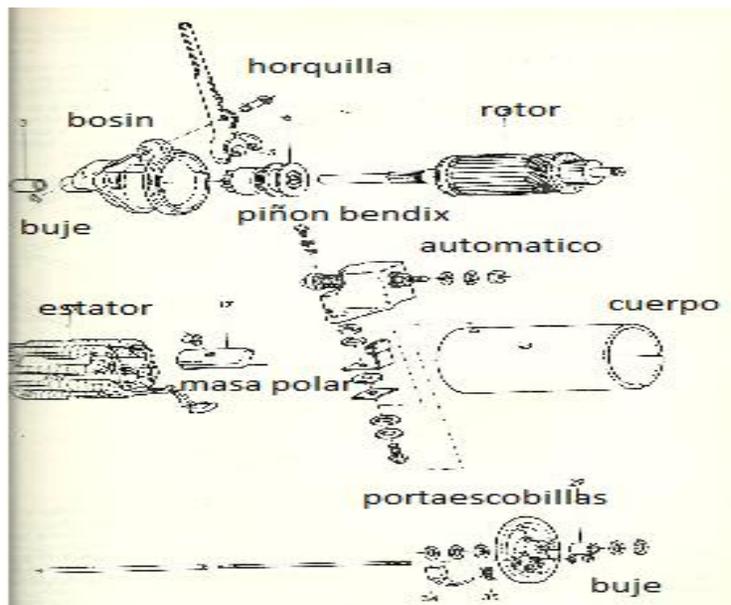
- A- Horquilla o palanca.
- B- Piñón bendix.
- C- Embolo.
- D- Placa de contacto.
- E- Bornes.
- F- Bornes.
- G- Muelle antagínista.
- H- Bobina.
- J- muelle.
- K- rueda libre.
- M- Eje rueda libre.
- N- Muelle.

O- Anillo.

- **Descripción de las partes principales del motor de arranque.**

a) **Carcasa:** Fabricado de hierro dulce, tiene forma cilíndrica, en su interior van alojadas las bobinas inductoras o estator, sujetas a ella por las masas polares que al igual que la carcasa están fabricadas también de hierro dulce esto por ser un material muy magnético que permite un fácil paso a las líneas de fuerza que han de circular por ellas, también en su interior se encuentra el portaescobillas que aloja las escobillas positivas y negativas, el rotor o inducido es el elemento giratorio en donde se encuentran acoplado a su eje el piñón bendix, unido en una sola pieza con la rueda libre, también encontramos los bujes en donde se apoya el eje del rotor, la palanca o horquilla y el automático de arranque.

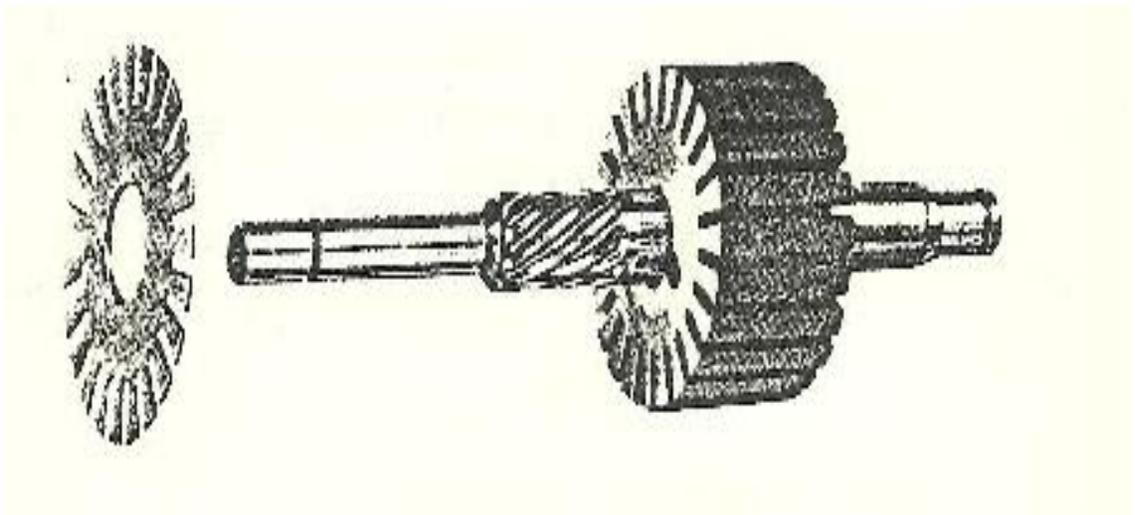
Figura 14. Componentes internos de la carcasa del motor de arranque.



Fuente: técnicas del automóvil editorial paraninfo, Madrid 1987.

**b) Rotor:** Está formado por un eje de acero, sobre el que se encuentran montados un paquete de laminas llamado tambor, en el que están alojados los arrollamientos inducidos y el colector que es donde hacen contacto las escobillas positivas y negativas, en el colector van conectados los arrollamientos, en uno de los extremos del eje, van talladas unas estrías, por las que puede deslizarse el piñón bendix que es accionado por la horquilla, los extremos del eje van apoyados en bujes de bronce y alojados en la tapa delantera y trasera quedando de esta manera el rotor perfectamente centrado entre las masas polares y facilitando el camino a las líneas de fuerza que pasan a través del tambor.

Figura15. Rotor o inducido.

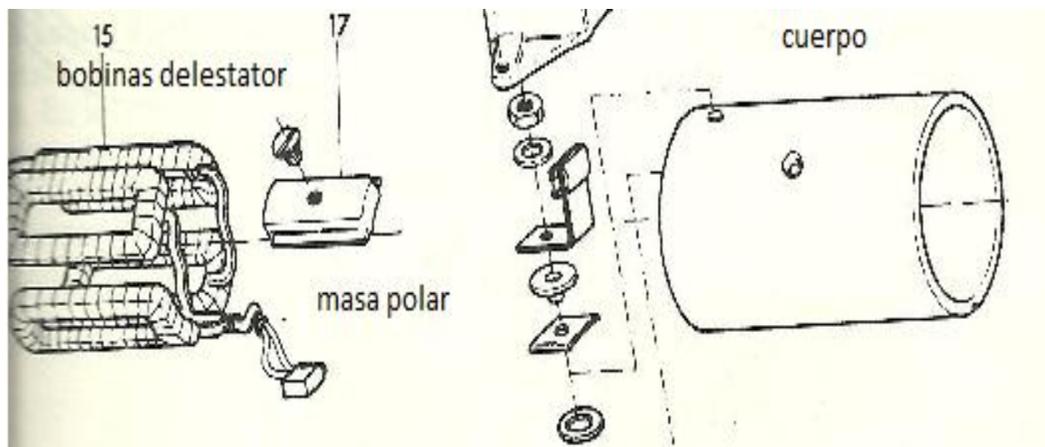


Fuente: Técnicas del automóvil. Editorial Paraninfo, Madrid 1987.

**c) Estator:** Son arrollamientos planos de hilo de cobre de sección rectangular, debido a la gran intensidad de corriente que ha de pasar

por ellas, el hilo es de gran sección, y por la misma causa, se aíslan unas de otras por medio de un cartón especial y se rodea con cinta aislante para evitar el contacto eléctrico con la carcasa, una vez encintadas se impregnan de un barniz especial que refuerza el aislamiento con respecto a la carcasa.

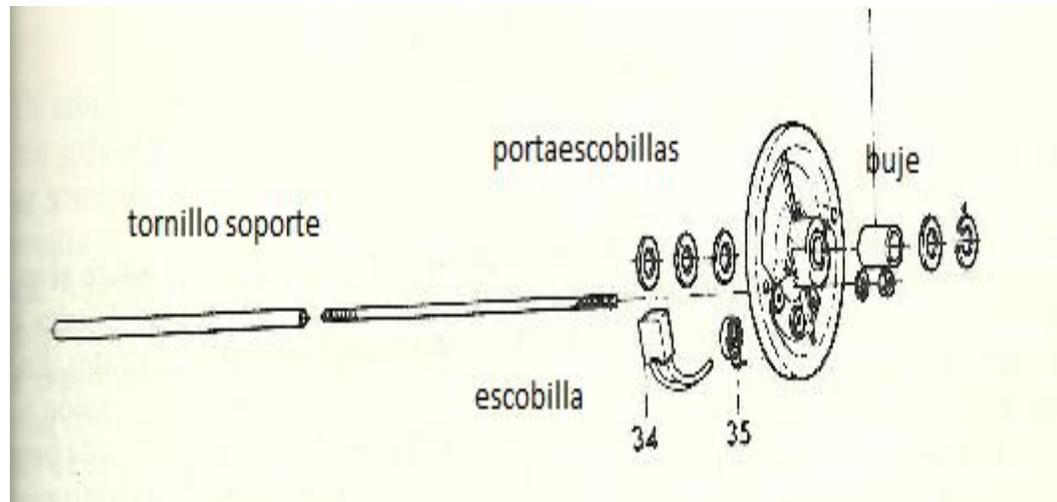
Figura 16. Partes del estator



Fuente: técnicas del automóvil editorial paraninfo, Madrid 1987.

- d) **Portaescobillas:** Es en donde van montadas las escobillas, que son oprimidas contra el colector por medio de los muelles espirales, generalmente se disponen de dos o cuatro portaescobillas, la mitad de los cuales son positivos y están aislados de masa y los otros negativos que van unidos directamente a masa.
- e) **Las escobillas:** Son de cobre debido a su buena conductibilidad, ya que deben ofrecer una mínima resistencia al paso de la corriente eléctrica y efectuar un buen contacto eléctrico con el colector.

Figura17: Portaescobillas.

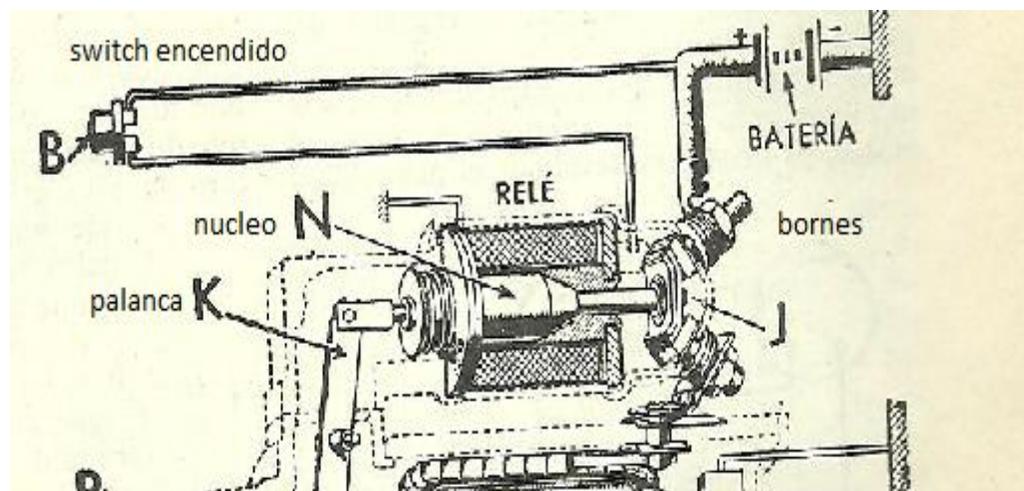


Fuente: Técnicas del automóvil. Editorial Paraninfo, Madrid 1987.

- f) **Relé o automático de arranque:** De entre los modelos de los motores de arranque existentes, el más empleado en la actualidad es el accionamiento por relé, incorporado al mismo motor.

El paso de la corriente eléctrica a través de la bobina del relé produce el desplazamiento del núcleo venciendo el muelle antagonista accionando la horquilla o palanca que desplaza el piñón bendix y a su vez haciendo contacto a través de una placa interna hacia dos bornes que envían la corriente eléctrica de la batería hacia las bobinas del rotor y el estator para generar movimiento del mismo rotor y transmitir este movimiento al motor de combustión interna.

Figura 18. Relé o automático de arranque



Fuente: Técnicas del automóvil. Editorial Paraninfo, Madrid 1987.

i) **Sistema de alimentación eléctrica:** La planta debe contar con un sistema propio de acumulador de batería con suficiente capacidad para permitir arrancar el motor diesel durante un intervalo de tiempo no inferior a dos (2) minutos. La batería deber ser a 12VDC ó 24VDC (según sea la alimentación del motor de arranque) del tipo plomo-ácido.

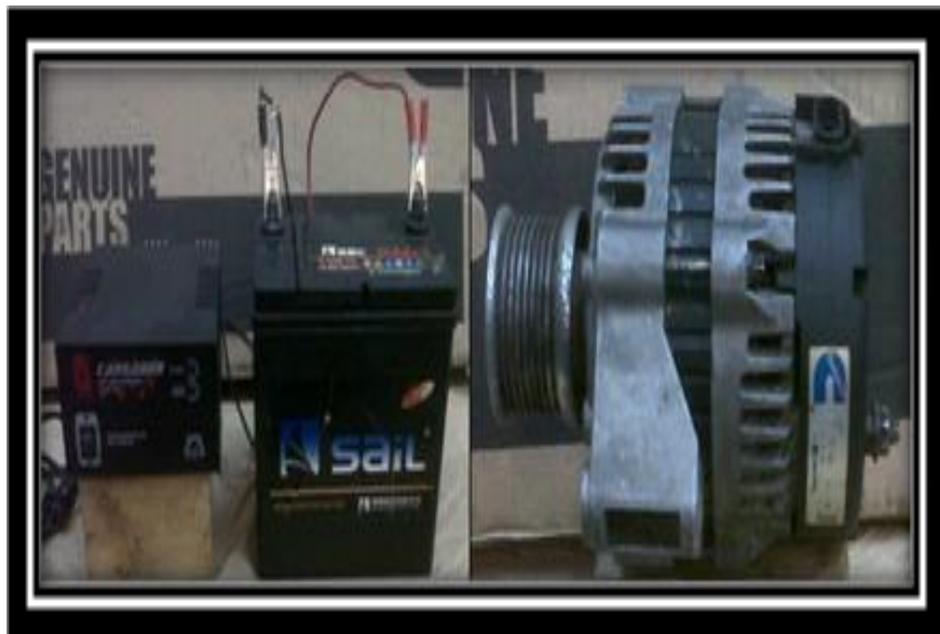
Para la carga del banco de batería se debe suministrar un cargador a 12VDC ó 24VDC de tipo estático de alta capacidad, con amperímetro, voltímetro, además un alternador de carga incorporado al motor diesel.

El sistema de alimentación suministra el voltaje y la corriente adicionalmente al tablero de control el cual suministra alimentación a los distintos componentes de este mismo como son el switch de encendido, tarjetas electrónicas, switch

de paro de emergencia etc. Más adelante veremos algunos más, cabe anotar que sin este sistema sería imposible completar el ciclo de generación y encendido de la planta eléctrica.

El sistema de alimentación suministra el voltaje y la corriente adicionalmente al tablero de control el cual suministra alimentación a los distintos componentes de este mismo como son el switch de encendido, tarjetas electrónicas, switch de paro de emergencia etc. cabe anotar que sin este sistema sería imposible completar el ciclo de generación y encendido de la planta eléctrica

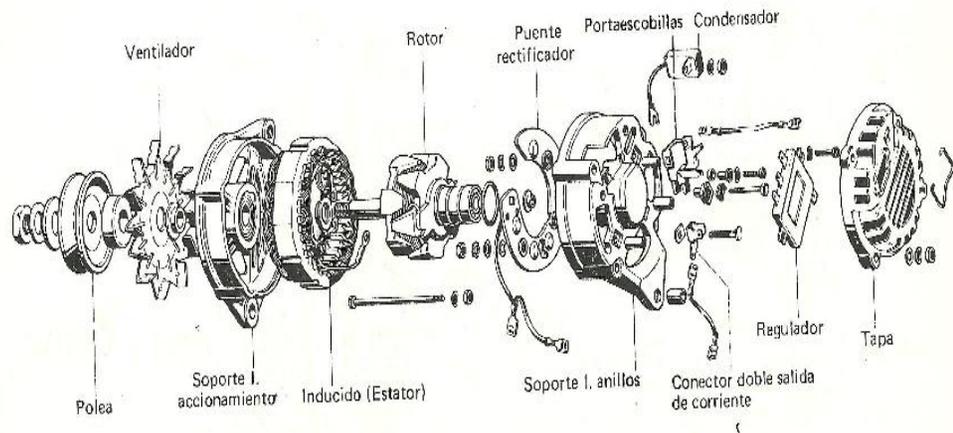
**Figura 19: Cargador, Batería y alternador**



*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

- **Alternador (sistema de carga):** Su función es mantener cargada la batería para que esta no se descargue en el momento de suministrar la alimentación necesaria a todos los consumidores, este es movido por el motor a través de correas y poleas

Figura 20. Partes del alternador.



Fuente: Técnicas del automóvil. Editorial Paraninfo, Madrid 1987.

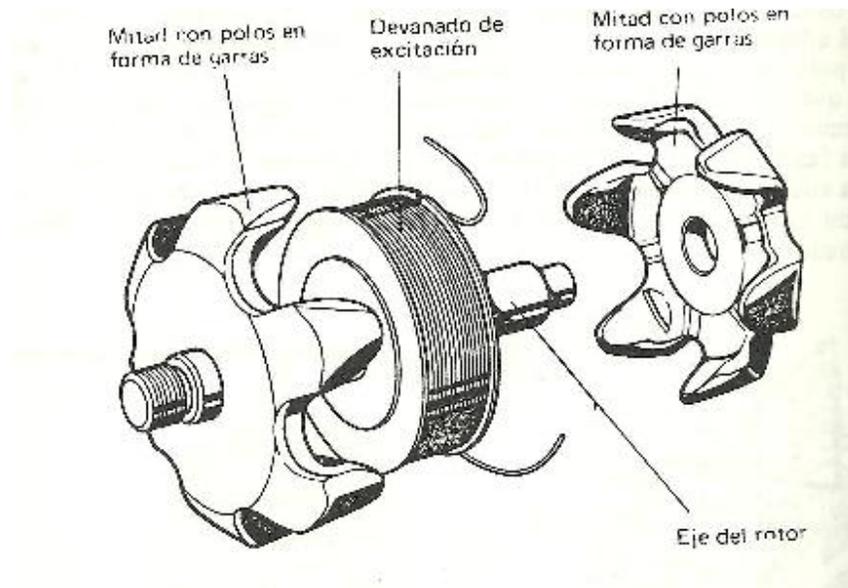
Está compuesto por:

- g) Rotor:** Conjunto formado por un eje de acero, montadas a presión en el eje van las dos mitades en forma de garra que constituyen los polos del rotor, en el interior de estas dos mitades se aloja una bobina que constituye el devanado de excitación.

Los extremos de la bobina se conectan a los anillos rozantes (colector), montados en un extremo del eje y aislados eléctricamente de él. El diámetro de estos anillos es pequeño con objeto de reducir la velocidad

de superficie al mínimo, con lo cual se atenúa el desgaste de las escobillas.

Figura 21. Rotor



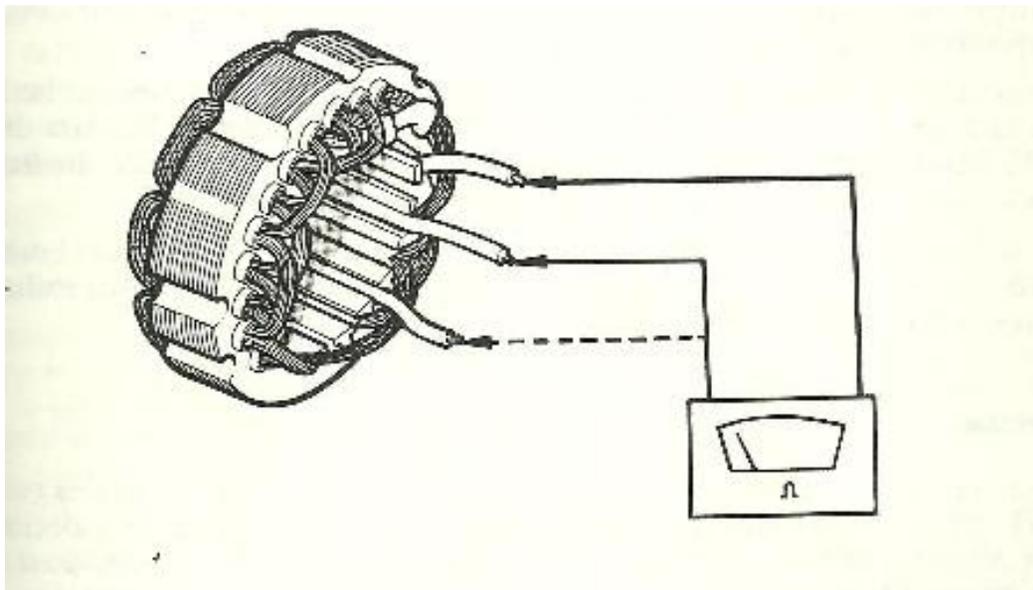
Fuente: Técnicas del automóvil. Editorial Paraninfo, Madrid 1987.

**h) Estator:** Es un conjunto constituido por un paquete de láminas de acero, ensamblados que forma la corona circular. En su diámetro interior tiene practicadas unas ranuras, donde se alojan las bobinas del inducido, debidamente aisladas.

La disposición del devanado del inducido depende del tipo de rotor empleado (numero de polos y situación de los mismos) y las bobinas de fase se unen en serie con las demás, para que las fuerzas electromotrices inducidas se sumen. El paso de la bobina es el

adecuado, para que cuando a uno de sus lados se presente un polo norte, al otro lo haga un polo sur, condición ésta indispensable para obtener corriente en la bobina.

Figura 22. Estator



Fuente: Técnicas del automóvil. Editorial Paraninfo, Madrid 1987.

**4.1.2.2. Generador de AC:** Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos llamados polos, terminales o bornes. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica.

Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura

(denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se genera una fuerza electromotriz (F.E.M.).

**a.) Motogenerador:** Consta de un motor eléctrico o de combustión interna y un generador conectado mecánicamente de manera que el motor hace girar al generador. El motor suministra así la energía mecánica que el generador transforma en energía eléctrica, tanto el motor como el generador de un motor generador suelen estar montados sobre la misma base y pueden moverse e instalarse como una sola unidad. Los motogeneradores generalmente se usan para cambiar electricidad de un voltaje o frecuencia a otro o para convertir c-a en c-c ó c-c en c-a.

La electricidad que tiene las características que han de transformarse alimenta al motor cuando es eléctrico y, el generador está diseñado para producir electricidad con las nuevas características deseadas. Por ejemplo, el motor puede ser impulsado por una fuente de potencia de 60-cps, en tanto que el generador produce una salida cuya frecuencia es de 400-cps. O bien un motor de c-c puede impulsar a un generador de c-a para lograr la conversión de c-c en c-a.

En la actualidad, la generación de C.C. se realiza mediante pilas y acumuladores o se obtiene de la conversión de C.A. a C.C. mediante los puentes rectificadores. El uso de la dinamo para la producción de energía en forma de C. C. se estuvo utilizando hasta la llegada de los alternadores, que con el tiempo la han dejado totalmente desplazada. Existen generadores con 12 cables de salida para permitir diferentes valores de tensión.

Cuando un generador de corriente alterna produce una cantidad de potencia relativamente pequeña, los anillos rozantes operan satisfactoriamente. Por otra parte, cuando se manejan potencias elevadas, resulta cada vez más difícil el aislar suficientemente sus anillos rozantes y por lo tanto, éstos se convierten en un motivo frecuente de problemas. Debido a esto, la mayor parte de los generadores de c-a tienen una armadura estacionaria y un campo rotatorio.

En estos generadores, las bobinas de armadura están montadas permanentemente con arreglo a la circunferencia interna de la cubierta del generador, en tanto que las bobinas de campo y sus piezas polares están montadas sobre un eje y giran dentro de la armadura estacionaria. Esta disposición de armadura estacionaria y campo rotatorio parece extraña a primera vista; pero si se tienen presentes los fundamentos de la inducción mutua, se comprenderá que en las bobinas de armadura se induce un voltaje independientemente de que corten las líneas de flujo de un campo magnético estacionario o bien que las corten las líneas de flujo de un campo magnético móvil. Lo que se requiere es que haya un movimiento relativo entre el campo magnético y las bobinas de armadura.

Existen generadores con distintos tipos de conexiones, las más comunes y utilizados son los generadores monofásicos y los generadores trifásicos:

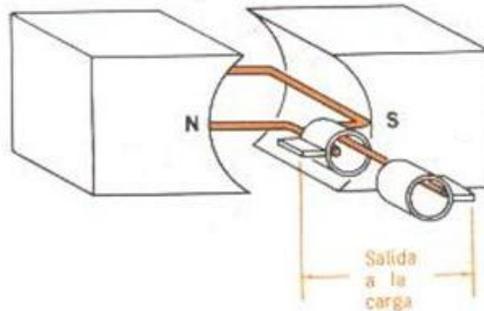
- **Generadores de Corriente-Alternada monofásicos:** Cuando se trató de generadores de c-a, la armadura ha sido representada por una sola espira. El voltaje inducido en esta espira sería muy pequeño; así pues, lo mismo que ocurre en los generadores de c-c, la armadura consta en realidad de numerosas bobinas, cada una con más de una espira.

Las bobinas están devanadas de manera que cada uno de los voltajes en las espiras de cualquier bobina se suma para producir el voltaje total de la bobina. Las bobinas se pueden conectar de varias maneras, según el método específico que se use para darle las características deseadas al generador.

Si todas las bobinas de armadura se conectan en serie aditiva, el generador tiene una salida única. La salida es sinusoidal y en cualquier instante es igual en amplitud a la suma de voltajes inducidos en cada una de las bobinas. Un generador con armadura devanada en esta forma es un generador de una fase o monofásico. Todas las bobinas conectadas en serie constituyen el devanado de armadura.

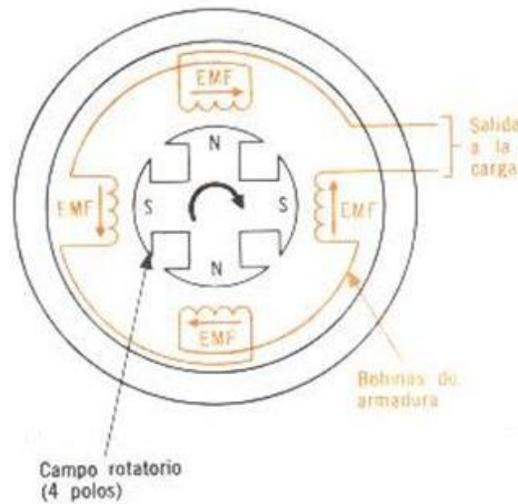
En la práctica, muy pocos generadores de c-a son monofásicos, ya que puede obtenerse una mayor eficiencia conectando las bobinas de armadura mediante otro sistema.

**Figura 23: Bobinado de generador monofásico**



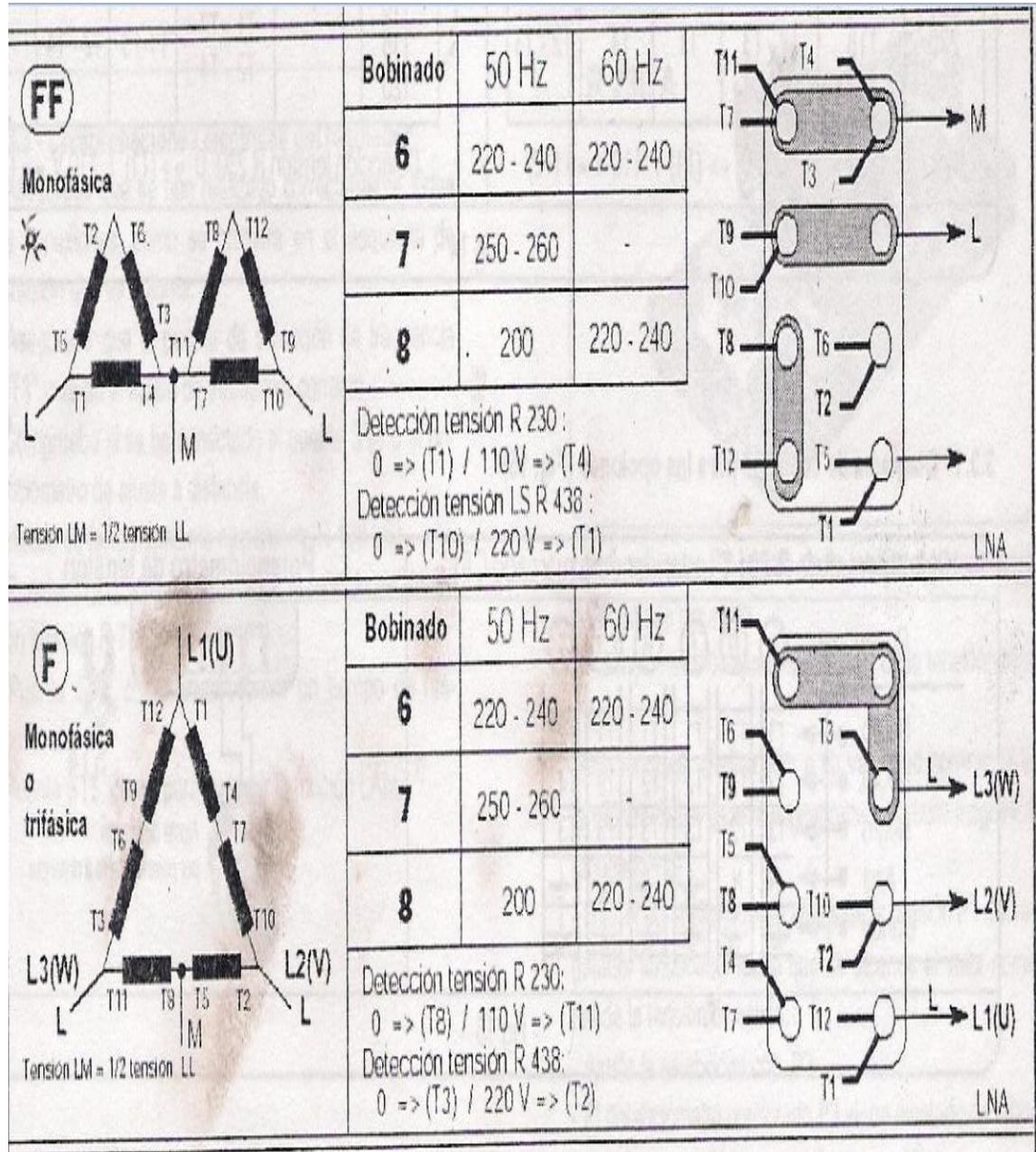
Una espira simple girando en un campo magnético es un generador monofásico, ya que tiene un solo voltaje de salida

**Figura 24. Salida a la carga del generador monofásico.**



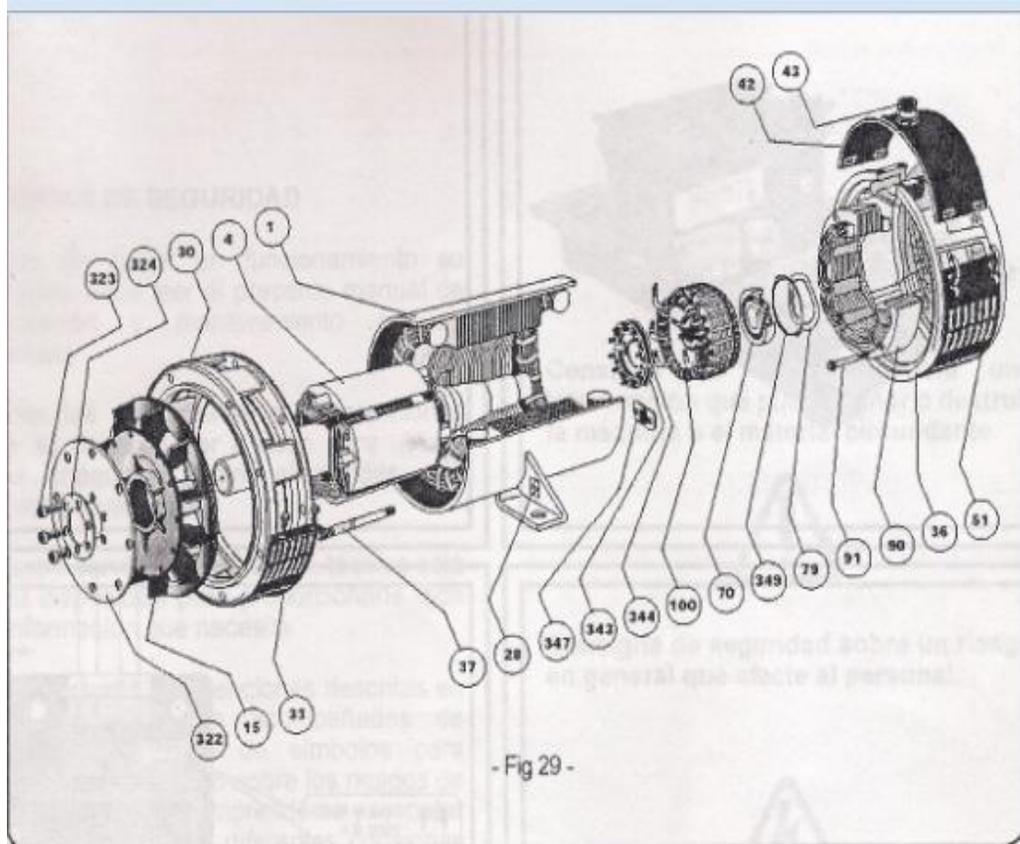
Generador con armadura estacionaria de 4 polos una fase ya que tiene una sola salida de voltaje. Con las bobinas de armadura los voltajes inducidos en la bobina se suman para producir el voltaje de salida.

**Figura 25. Tipos de conexiones monofásicas**



FUENTE: F.G.H.W. LATIN AMERICA & CARIBBEAN

Figura 26: Generador Monofásico 2 Y 4 Polos Sin Caja De Bornas Para Conexiones



No.	Cant.	Descripción	No.	Cant.	Descripción
1	1	Conjunto estator	79	1	Arandela de precarga
4	1	Conjunto rotor	90	1	Inducido de excitatriz
15	1	Turbina	91	4	Tomillo de fijación de inductor
28	1	Bornas de tierra	100	1	Inducido de excitatriz
30	1	Brida LA	322	1	Disco de apilamiento
33	1	Rejilla de salida de aire	323	6	Tomillo de fijación
36	1	Brida excitante	324	1	Arandela de sujeción
37	4	Espárragos	343	1	Conjunto de diodos directos
42	1	Soporte de prensaestopas	344	1	Conjunto de diodos inversos
43	1	Prensaestopas	347	1	Varistor
51	1	Rejilla de admisión de aire	349	1	Junta tórica
70	1	Rodamiento LNA			

FUENTE: FGHW LATIN AMERICA & CARIBBEAN

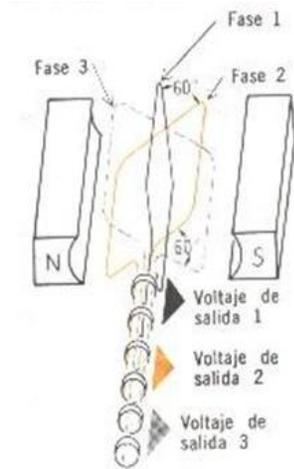
- **Generadores de corriente alterna trifásicos** : Básicamente, los principios del generador trifásico son los mismos que los de un generador bifásico, excepto que se tienen tres devanados espaciados igualmente y tres voltajes de salida desfasados 120 grados entre sí.

A continuación, se ilustra un generador simple trifásico de espira rotatoria, incluyendo las formas de onda. Físicamente, las espiras adyacentes están separadas por un ángulo equivalente a 60 grados de rotación. Sin embargo, los extremos de la espira están conectados a los anillos rozantes de manera que la tensión 1 está adelantada 120 grados con respecto a la tensión 2; y la tensión 2, a su vez, está adelantada 120 grados con respecto a la tensión 3.

También se muestra un diagrama simplificado de un generador trifásico de armadura estacionaria. En este diagrama, las bobinas de cada devanado se combinan y están representadas por una sola. Además, no aparece el campo rotatorio.

La ilustración muestra que el generador trifásico tiene tres devanados de armadura separados, desfasados a 120 grados, así:

**Figura 27. Diagrama De Generador Trifásico**



**Figura 28. Generador trifásico de espira rotatoria**

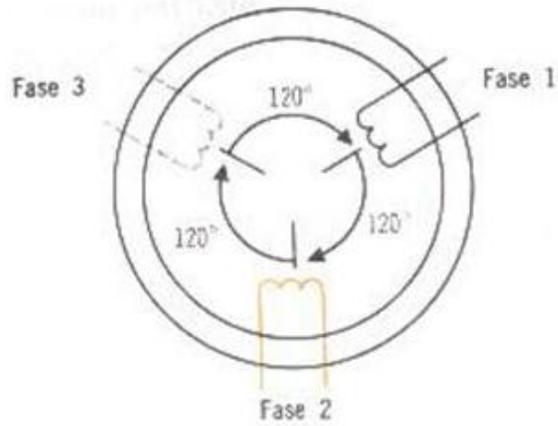
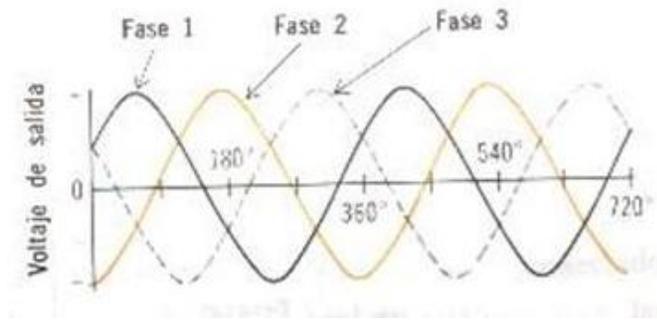


Figura 29. Generador trifásico de armadura



Un generador trifásico produce tres voltajes iguales desfasados  $120^\circ$

Fuente: [www.monografias.com/trabajos72/generadores-electricos/generadores-electricos2.shtml#generadorb](http://www.monografias.com/trabajos72/generadores-electricos/generadores-electricos2.shtml#generadorb)

## 5. Tipos de conexiones en generadores de corriente alterna:

- Conexiones delta  $\Delta$  o estrella y en Y:

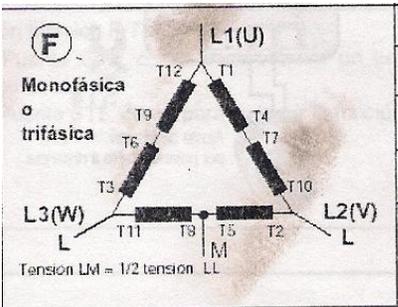
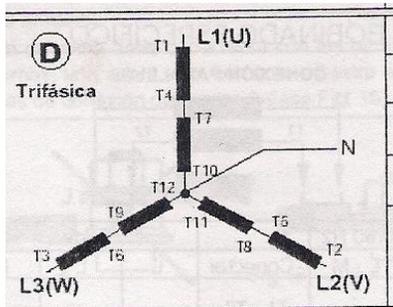
Hay seis puntas que salen de los devanados de armadura de un generador trifásico y el voltaje de salida está conectado a la carga externa por medio de estas seis puntas. En la práctica, esto no sucede así. En lugar de ello, se conectan los devanados entre sí y sólo salen tres puntas que se conectan a la carga.

Existen dos maneras en que pueden conectarse los devanados de armadura. El que se emplee uno u otro es cosa que determina las

características de la salida del generador. En una de las conexiones, los tres devanados están conectados en serie y forman un circuito cerrado. La carga está conectada a los tres puntos donde se unen dos devanados. A esto se le llama conexión delta o estrella, ya que su representación esquemática es parecida a la letra griega delta ( $\Delta$ ), En la otra conexión, una de las puntas de cada uno de los devanados se junta con una de los otros dos, lo que deja tres puntas libres que salen para la conexión a la carga. A éste se le llama conexión Y, ya que esquemáticamente representa la letra Y.

Nótese que, en ambos casos, los devanados están espaciados 120 grados, de manera que cada devanado producirá un voltaje desfasado 120 grados con respecto a los voltajes de los demás devanados.

Tabla 1. Conexiones delta  $\Delta$  o estrella y en Y.

Conexión Delta $\Delta$ o Estrella	Conexión en Y
	
<p>En la conexión Delta <math>\Delta</math>, el extremo del devanado 1 se conecta al punto inicial del devanado 2, el extremo del devanado 2 al inicial del devanado 3 y el extremo del 3 al</p>	<p>En la conexión Y, las puntas de cada uno de los devanados se junta con una de los otros dos, lo que deja tres puntas libres que salen para la conexión a la carga.</p>

<p>inicial del devanado 1, los tres devanados forman así un circuito cerrado. Las puntas se extraen de las tres juntas de los devanados para conectarse a la carga. Dos cualesquiera de los tres conductores toman el voltaje de fase en una bobina.</p>	<p>Dos cualesquiera de los tres conductores toman la suma vectorial de los voltajes de fase de dos bobinas en serie. En la conexión Y, el voltaje de línea es igual a <math>\sqrt{3}</math> ó 1.73 veces el voltaje de fase, en tanto que la corriente de línea es igual al voltaje de fase.</p>
--	--

*Fuente: FGHW LATIN AMERICA & CARIBBEAN*

Las características de voltaje y corriente de una conexión Y son opuestas a las que presenta una conexión delta  $\Delta$ . El voltaje que hay entre dos líneas cualesquiera de una conexión Y es 1.73 veces el voltaje de una fase, en tanto que las corrientes en la línea son iguales a las corrientes en el devanado de cualquier fase.

Esto presenta un contraste con la conexión delta  $\Delta$  en la cual, según se recordará, el voltaje en la línea es igual al voltaje de fase y la corriente en la línea es igual a 1.73 veces la corriente en la fase. Así pues, en tanto que una conexión delta  $\Delta$  hace posible aumentar la corriente sin aumentar el voltaje, la conexión Y aumenta el voltaje pero no la corriente

### **c.) Clasificación de los generadores de C-A**

Todo generador de c-c tiene una clasificación de potencia, expresada normalmente en kilowatts, que indica la máxima potencia que puede ser constantemente alimentada por el generador. Por otra parte, los generadores de c-a no pueden generalmente clasificarse de la misma

manera, ya que la potencia consumida en un circuito de c-a depende del factor de potencia del circuito, lo cual significa que un generador de c-a puede alimentar una cantidad moderada de potencia real para una carga y, sin embargo, si el factor de potencia de la carga fuese bajo, la potencia total o aparente que el generador produce realmente puede ser muy grande. En estas condiciones, el generador se puede quemar.

Por esta razón, los generadores de c-a no deben clasificarse según la máxima potencia de consumo permisible de la carga, sino de acuerdo con la potencia aparente máxima que pueden pasar. Esto se hace expresando la capacidad en voltamperes a kilovoltamperes.

Así pues, para determinado voltaje de salida se sabe la máxima corriente que el generador puede producir, independientemente del factor de potencia de la carga. Por ejemplo, si un generador clasificado como de 100 kilovoltamperes tiene una salida de 50 kilovolts, o sea que la máxima corriente que puede producir sin peligro es de 100 kilovoltamperes dividido entre 50 kilovolts, es decir, 2 amperes.

- d.) **Regulador de tensión o voltaje (AVR):** Es el encargado de monitorear la tensión generada y controlar el campo magnético a fines de mantener la tensión de salida del generador “constante”, dentro de un rango de variación, bajo cualquier condición de carga. El regulador controla la intensidad de excitación de la excitatriz en función de la tensión de salida del generador.

Cuando cambia la carga en un generador de c-a, el voltaje de salida también tiende a cambiar, como ocurre en un generador de c-c. La principal razón de ello es el cambio de la caída de voltaje en el devanado, ocasionado por el cambio en la corriente de carga.

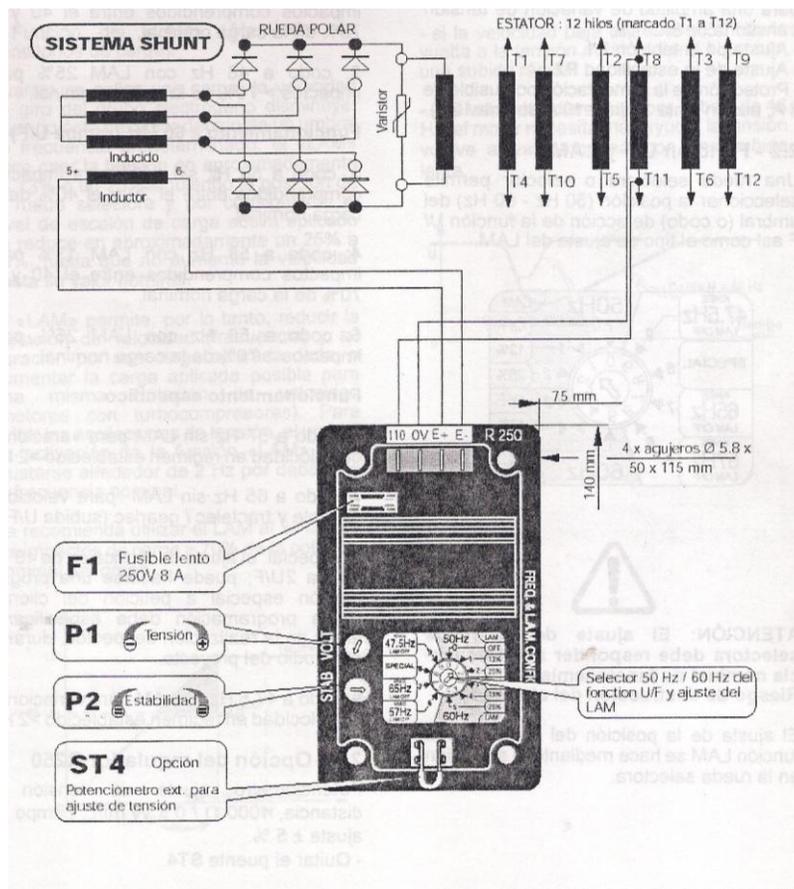
Sin embargo, en tanto que en un generador de c-c la caída de voltaje en el devanado es simplemente una caída  $IR$ , en un generador de c-a existe una caída  $IR$  y una caída  $IX$ , producida por la corriente alterna que fluye a través de la inductancia del devanado. La caída  $IR$  depende sólo de la cantidad del cambio de carga; pero la caída  $IXL$  depende también del factor de potencia del circuito.

Así pues, el voltaje de salida de generadores de c-a varía con los cambios en la corriente de carga lo mismo que con todo cambio en el factor de potencia. Como resultado, un generador de c-a que tiene una regulación satisfactoria para un valor de factor de potencia puede tener una mala regulación con otro valor del factor de potencia.

Debido a su regulación inherentemente mala los generadores de c-a generalmente están provistos de algún medio auxiliar de regulación. Los reguladores auxiliares usados, independientemente de que sean operados manualmente o de que funcionen de manera automática cumplen su función básicamente de la misma manera; "sienten" el voltaje de salida del generador y, cuando éste cambia, ocasionan un cambio correspondiente en la corriente de campo de la fuente excitadora que suministra la corriente de campo al generador.

Así pues, si el voltaje de salida del generador se reduce, el regulador produce un aumento en la corriente de campo de la fuente excitadora. Por tanto, el voltaje de salida de la fuente excitadora, aumenta, haciendo que también aumente la corriente en el devanado de campo del generador. Como resultado, el campo magnético del generador aumenta en intensidad y eleva el voltaje del generador a su amplitud original. Una secuencia de eventos similar pero opuesta ocurre cuando el regulador siente una disminución en el voltaje de salida del generador.

Figura 30. Regulador de voltaje R250



FUENTE: FGHW LATIN AMERICA & CARIBBEAN

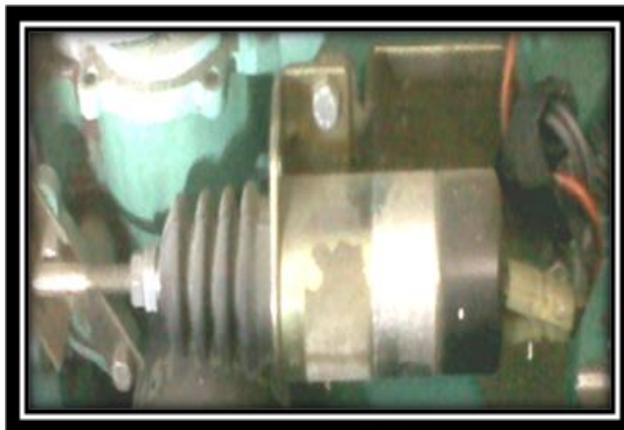
Figura 31. Regulador de voltaje MX 321



Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S

- e.) **Regulador de velocidad (Gobernador):** El regulador de velocidad es un dispositivo mecánico diseñado para mantener la velocidad del motor constante con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.

Figura 32: Regulador de velocidad del motor



Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S

#### 4.1.3 Componentes auxiliares:

Son todos aquellos componentes que hacen que el funcionamiento de un grupo electrógeno sea óptimo dentro de los requerimientos mínimos.

- a) **Interruptor de potencia (Breaker):** Para proteger el generador, se suministra un interruptor automático, adecuado para el modelo y régimen de salida de cada grupo electrógeno.

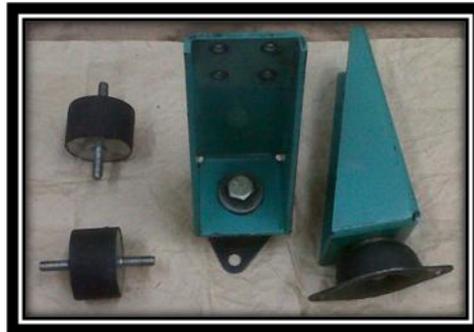
Figura 33: interruptor termomagnético (Breaker)



*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

- b) **Aislamientos de la vibración (Amortiguadores):** El grupo electrógeno está dotado de tacos anti-vibrantes diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el grupo electrógeno. Estos aisladores están colocados entre la base del grupo electrógeno y la bancada.

Figura 34: Soportes antivibratorios



*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

- c) **Tablero de control y maniobra:** Se encarga de monitorear, controlar y proteger el grupo electrógeno. Este sistema de control provee gobernación, regulación de tensión, protección del motor, protección del generador y funciones de interface para el operador.

Figura 35: tablero de control



*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

#### 4.1.4 Elementos Adicionales de control<sup>4</sup>.

- d) **Sistemas de transferencia de carga:** Son aquellos sistemas que permiten el suministro de energía eléctrica a una carga desde dos fuentes diferentes, de manera manual o automática, con el propósito de garantizar la continuidad del servicio. Una de las fuentes es generalmente la red de servicio público disponible normalmente como fuente principal y la otra es un grupo electrógeno operando como fuente auxiliar.

El interruptor de transferencia automático debe ser con dispositivos eléctricos como contactores de bobinas, contactores motorizados y un sistema un control automático que sense el voltaje suministrado por la empresa de energía local y desconecta el sistema del suministro normal en caso de falla por Bajo voltaje, alto voltaje, falla de Inversión fase en la secuencia de ellas.

Ésta debe ordenar al arrancador automático de la planta de emergencia que la haga operar, debe conectar el sistema al suministro de emergencia, una vez la planta se encuentre generando normalmente y el voltaje no sea, ni alto ni bajo para que pase de nuevo la carga que se encuentra con la planta eléctrica, a la red comercial o suministro de energía normal, cuando éste se restablezca, debe permitir que la planta de emergencia trabaje un rato en vacío con el fin que se enfríen las camisas del motor.

Adicionalmente la transferencia debe contar con interruptores de protección para energía comercial normal y para planta, instrumentos de medida digitales

o análogos como voltímetros, amperímetros, frecuencímetros y en algunos casos anunciadores de alarma.

La transferencia automática a diferencia de la manual, debe estar diseñada para poder ser operada tanto automáticamente como en forma manual; mientras que la manual solo se opera por personal técnico, ambas deben ser compatibles con plantas de generación

En operación normal la carga es atendida por la red de servicio público y cuando en ésta se presenta una falla o alguna condición anormal, el sistema transfiere la carga de la fuente normal a la fuente auxiliar o de emergencia (*esta operación se llama transferencia*); una vez que la energía se restablece en forma satisfactoria el sistema de transferencia conecta la carga nuevamente a la red normal (*esta operación es denominada retransferencia*).

- e) **Transferencia manual:** Esta es la forma más sencilla y económica de transferir la carga desde una red hacia un grupo electrógeno o viceversa; pero también la menos confiable y posiblemente la más insegura ya que esta debe estar monitoreada y operada en todo momento por personal técnico con conocimientos suficientes en control.

En el caso que esta operario no se encuentre en sitio cuando suceda algo anormal con la energía o con el grupo electrógeno, la empresa o lo que esta dependiendo de ésta va a sufrir grandes consecuencia tanto ya sea en producción o si es para hospitales sería mayor sus consecuencia. Adicionalmente vale la pena mencionar que el funcionamiento en caso de

emergencia de la transferencia automático es inmediato mientras que la manual no.

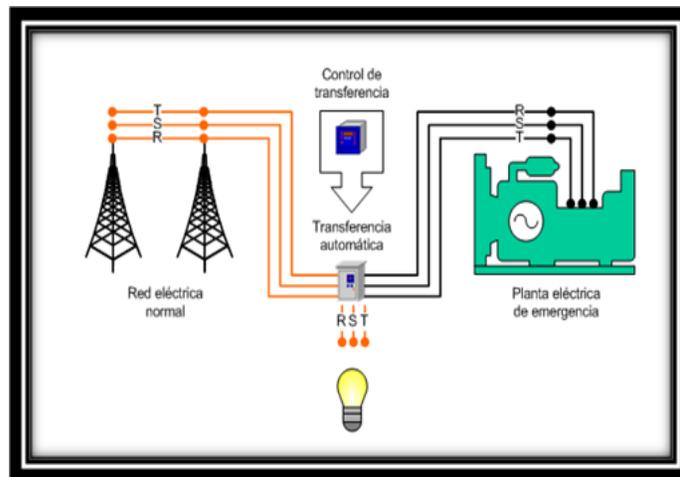
**Figura 36: Transferencia manual.**



*Fuente: Archivo fotográfico Empresa GPI COL S.A.S*

- f) **Transferencia automática:** El empleo de transferencias automáticas elimina la necesidad de operario y reduce considerablemente el tiempo de “puesta en servicio” de la fuente auxiliar, lo que es una exigencia de norma para muchas aplicaciones especiales.

**Figura 37: Transferencia automática**



*Fuente: [www.velasquez.com.col](http://www.velasquez.com.col)*

#### 4.1.5. Normas aplicables:

En los mantenimientos preventivos se debe aplicar las normas y reglamentos exigidos por los entes que regulan el buen funcionamiento del equipo como también las normas y decretos que protegen la vida y seguridad del personal técnico y el cuidado del medio ambiente, entre ellas están:

Para el funcionamiento del equipo:

- Resolución 180398/2004 ( Reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE)
- ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
- NEC : National Electric Code.

- NEMA: National Electrical Manufactures Association.
- ANSI: American National Standard Institute.
- ASTM: American Society for Testing Materials.
- CIDET. Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

#### Salud Ocupacional:

- Convenio 063 de 2005. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Manual técnico para el manejo de aceites lubricantes usados.
- Manual para el manejo integral de residuos para el Valle de Aburrá. Área metropolitana del valle de Aburrá.
- Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carretera de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos. Plan nacional de desarrollo 2002 – 2006. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
- Ley novena de 1979, del Ministerio de salud, código sanitario nacional por la cual se dictan las disposiciones generales de salud ocupacional.
- Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Protección Social, establece algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.
- Decreto 614 de 1984 del Ministerio de Protección Social. Determina las bases legales para la organización y administración de la salud ocupacional en el país.
- Resolución 1016/86 (Por el cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los Programas de Salud Ocupacional que deben de desarrollar los empleadores o patronos en el país. Se anexa Reglamento de Higiene y Seguridad Industrial.

- Resolución 2013/ 1986 (Por el cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los Comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial)
- Decreto ley 1295/94.(Se determina la organización y administración del Sistema de Riesgos profesionales)
- Resolución 1401 /2007 (Investigación de Incidentes y Accidentes de Trabajo)
- Resolución 2346/2007. ( Regula práctica de evaluaciones médicas y manejo de historias clínicas)

Para el cuidado del medio ambiente:

- Decreto 1594 de 1984: Usos del agua y residuos líquidos.
- Decreto 838 de 2005: Gestión integral de disposición de residuos sólidos.
- Decreto 4741 de 2005: Reglamentación parcial frente a la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
- Decreto 948 de 1995: Prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire.
- Decreto 02 de 1982: Código de recursos naturales renovables en lo referente a calidad del aire.
- Decreto 1608 de 1978: Código nacional de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.

De acuerdo a lo anterior, todos los materiales, equipos y elementos que se utilicen para tal fin deben ser reconocidos en el mercado como de primera calidad y por éste motivo deben estar homologados.

La empresa GPI COL S. A.S en la actualidad, no se encuentra certificada pero cumple con los parámetros establecidos por la ley en lo referente a procesos de seguridad industrial, como es el manejo de los separación de los residuos peligrosos, disposición final, equipos de protección personal, transporte de químicos y aceites lubricantes, capacitación y entrenamiento de los procedimientos técnicos, y medidas preventivas dirigidas a la prevención de accidentes de trabajo y el desarrollo de posibles enfermedades profesionales.

Para lo cual se tiene en cuenta las siguientes normas técnico – preventivas:

- Verificar que el combustible que se va a utilizar para el llenado del tanque del motor de la planta eléctrica no presente condensaciones de agua, ni contaminantes de tipo solido para evitar obstrucciones y mal funcionamiento del equipo.
- Cerciorarse que no exista tierra en los tableros de control, el motor y el generador para evitar malos contactos y contactos sulfatados.
- Verificar que el sistema de refrigeración de los motores tanto nuevos como usados, utilice un aditivo determinado, este aditivo no debe mezclarse con otras marcas ya que por sus diversas propiedades podrían causar reacciones químicas que podrían ser nocivas para la salud del ser humano, estas propiedades aumentan el punto de ebullición del agua lo que hace que este no se evapore con facilidad y protege el sistema contra oxidaciones futuras.
- Comprobar la operación de la planta y el motor, en el momento de su entrega, ya sea este nuevo o remanufacturado, verificando que las temperaturas de funcionamiento y los valores de generación estén dentro de los parámetros normales del fabricante.

- Utilice los elementos de protección personal requeridos para realizar la operación
- Elabore los instructivos correspondientes, en pro del bienestar y la salud del trabajador, acordes con la normatividad legal vigente.

## 5. METODOLOGÍA

Este proyecto surge de la experiencia en trabajos de campo de la empresa GPI COL SAS, en los cuales se pudo detectar el alto grado de improvisación de los técnicos al momento de realizar los mantenimientos a grupos electrógenos (aceptando que estos trabajos quedan bien realizados).

Se aprovecha, entonces, esta experiencia previa y se complementa con manuales de campo para empezar a producir un material ordenado que sea posible ser confrontado en la práctica y mejorado a medida que se realice esta confrontación.

Consideramos importante generar un “marco teórico” consistente en la descripción de un grupo electrógeno y sus partes constitutivas, porque a futuro este trabajo deberá ser utilizado por técnicos principiantes o por auxiliares de campo para su preparación.

Este trabajo es susceptible de ser mejorado (actualizado) a medida que la tecnología presente nuevos módulos de control para grupos electrógenos.

La lista de verificación ya ha sido usada en trabajos de campo y ha mostrado ser una herramienta supremamente útil para los técnicos.

Teniendo en cuenta el marco teórico acabado de exponer, a continuación se describirá el paso a paso construido para la Empresa GPI COLOMBIA S.A.S. para el mantenimiento preventivo a grupos electrógenos.

## **6. DESARROLLO DEL TRABAJO**

### **MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO A GRUPOS ELECTROGENOS.**

**6.1. RESPONSABLE DEL PROCEDIMIENTO:** Técnico asignado para el mantenimiento.

#### **6.2 VERIFICACION INICIAL DEL SITIO DE TRABAJO Y DEL EQUIPO**

En el momento de ingresar al sitio de trabajo, se debe realizar una inspección general del buen estado y de las buenas condiciones del lugar de operación; Igualmente se debe efectuar una inspección visual de los equipos: planta eléctrica y transferencia automática y realizar el registro fotográfico de lo anterior. En el caso de encontrar cualquier anomalía en ellos, se deberá informar a su jefe inmediato y dejarlo por escrito.

Después de cumplido el paso anterior, se comienzan las labores como tal del mantenimiento.

#### **6.3 PRIMER PASO**

En caso que la planta este TRABAJANDO, lo recomendado es que la planta

se apague pasados unos 3 minutos después de quitada la carga, a su vez, este tiempo ayuda a un pre enfriamiento del motor; esto se hace para evitar que la planta se apague instantáneamente con carga ya que el voltaje descendería desde su alto voltaje ó voltaje nominal programado hasta llegar a cero, pasando por una variación de tensiones que podrían hacer que los equipos que dependan del voltaje nominal se quemen. La planta se deberá apagar cuando ésta ya no tenga la carga del sitio, la carga se quita llevando el suiche o Breaker de la planta a la posición OFF/APAGADO

#### 6.4 CAMBIO DE CONSUMIBLES<sup>5</sup>

Para hacer los cambios de los consumibles del motor, se debe seguir el siguiente proceso:

- Cerrar las válvulas de alimentación de los tanques de combustible.
- Drenar el aceite del motor con precaución y almacenarlo en un recipiente adecuado para su debido reciclaje **(no tirarlo a los bosques, o quebradas de la zona)**.
- Al mismo tiempo que se drena el aceite del motor, se retiran los filtros que se van a reemplazar por nuevos tanto de aceite como de combustible, teniendo precaución de no hacer derrames sobre sitios ó elementos vulnerables de la planta; poner recipientes o elementos absorbentes para recogerlos excesos de combustible o aceite.

- Después de drenado el aceite del motor, se le ingresa  $\frac{1}{8}$  o  $\frac{1}{4}$  de aceite limpio, con el fin sacar las impurezas que pueda tener el motor y a su vez para que empuje el resto de aceite sucio.
- Llenar con el líquido correspondiente (combustible ó aceite) cada filtro, instalar y marcar con un marcador indeleble la fecha en la que se realizo el cambio de los nuevos filtros; los cuales deben lubricarse en la rosca con su respectivo producto antes de instalarlos en el motor.
- Tener presente la medida de aceite especificada por el fabricante e identificar hasta donde debe llegar, esto se hace de acuerdo al nivel de guía que tiene la varilla de verificación del propio motor; se debe dejar siempre el nivel adecuado según especificaciones ya que si se excede el límite, esto aumentará la presión en el motor y por ende se dañaran los empaque y retenedores del motor y si se deja por debajo del nivel indicado no alcanza a lubricarse completamente y por ende aumenta su temperatura haciendo que se quemen sus piezas mecánicas además de los empaques y retenedores.
- Después de terminado el cambio de filtros y el llenado respectivo de aceite, se procede a abrir las válvulas de los tanques de combustible y des airear el sistema de inyección en el caso que éste haya quedado con aire, se puede hacer por medio de un Bombín manual que originalmente trae los motores y en algunos casos, se deben aflojar las tuercas de los inyectores para tener mejores resultados.

- Se debe revisar previamente, el nivel de refrigerante o de agua según sea el caso en el radiador.
- En la batería se debe medir el nivel de carga con el densímetro y el nivel de ácido que se debe encontrar de acuerdo a guía de máximo nivel.

## 6.5 AJUSTES

Una vez realizado el cambio de los consumibles, verificar el ajuste de:

- Tornillería en general.
- Abrazaderas de mangueras tanto de combustible como de aceite.
- Tensión de correas distribuidora.
- Terminales y borneras eléctricas.
- Sistema de tierras (SPT).
- Fusibles y pilotos tanto de alarmas como de pre alarmas.

## 6.6. PRUEBAS DE SENSORES, TARJETAS Y BATERIA.

- Proceder a prender la planta y verificar:
  - Funcionamiento de sensores y tarjetas.
  - Verificar presión del motor.

- Temperatura del motor.
- Revoluciones del motor (RPM)
- Frecuencia de generación (Hz)

## **6.7 OBSERVACIONES**

Revisar que la instalación del sistema de potencia de la planta se encuentre equipotencializada; esto se hace midiendo el voltaje entre la línea neutro y la línea tierra de la transferencia. La diferencia de potencial debe ser entre 0 y 1VAC.

Cuando el sitio o los equipos se encuentran conectados a la red comercial, el punto de unión entre la línea neutra y la línea tierra se encuentran en la descarga del contador.

## **6.8 LIMPIEZA:**

Realizar una limpieza general de la planta y cabina; recogiendo y limpiando los excesos de aceite, combustible y líquidos en general; además de los excesos de polvo, grasa del radiador y ventilador. Los circuitos de control se deben limpiar con una brocha suave y con ayuda de un limpiador de contactos especial para estos componentes.

## **6.9 REVISION GENERAL**

Revisar los sistemas eléctricos y mecánicos y verificar si es necesario, reemplazar, reparar, probar, calibrar o fijar algún elemento de estos 2 sistemas, (existe un checklist para su registro).

### 6.9.1 PRUEBAS FINALES

Por último se realizan pruebas finales y de verificación **con carga y sin carga** de los parámetros eléctricos de la planta, tales como:

- Revoluciones/HZ; debe ser 1800RPM y 60Hz.
- Corrientes de línea (R, S, T Y N).
- Voltajes de línea y de fase, los voltajes deben ser entre los siguientes rangos: L1-N, L2-N, L3-N= (108 –130Vac), (L1-L2, L1-L3, L2-L3 = 208 – 230Vac), (430– 450 Vac). Según la configuración del sistema eléctrico.

### 6.9.2 ENTREGA DE MANTANIMIENTO REALIZADO

Una vez terminado el mantenimiento, es **muy importante** hacer entrega del equipo operando a la persona autorizada por el cliente, además de indicarle los trabajos y maniobras que hayan sido realizadas.

*Tabla 2. Checklist de actividades*



**CHECKLIST DE ACTIVIDAD**

Página: 1 de 2

FECHA \_\_\_\_\_

**CLIENTE:** \_\_\_\_\_  
**DIRECCION Y TEL:** \_\_\_\_\_  
**CONTACTO:** \_\_\_\_\_  
**TECNICO GPI COL:** \_\_\_\_\_

**DATOS TECNICOS**

Planta:	Modelo:	Potencia:	KVA
Motor:	Modelo:	Serie:	
Generador:	Modelo:	Serie:	

**REFERENCIA INSUMOS**

FILTRO AIRE:		FILTRO AIRE:	
FILTRO COMB:		FILTRO AGUA:	
FILTRO COMB:		ACEITE:	
FILTRO ACEITE:			

**LECTURA EQUIPO DE MEDICION**

VAC	VDC	HZ	Amp. R	Amp. S	Amp. T	PSI OIL	TEMP	HORAS

**GRUPO ELECTROGENO**

Parámetro	Sin Carga	Con Carga
TENSION L1-L2 (V)		
TENSION L2-L3 (V)		
TENSION L3-L1 (V)		
TENSION L1-N (V)		
TENSION L2-N (V)		
TENSION L3-N (V)		
TENSION NEUTRO-TIERRA		
CORRIENTE L1 (A)		
CORRIENTE L2 (A)		
CORRIENTE L3 (A)		
CORRIENTE N (A)		
BATERIA (VDC)		
ALTERNADOR (VDC)		
CARGADOR (VDC)		

**RED COMERCIAL**

Parámetro	Sin Carga	Con Carga
TENSION L1-L2 (V)		
TENSION L2-L3 (V)		
TENSION L3-L1 (V)		
TENSION L1-N (V)		
TENSION L2-N (V)		
TENSION L3-N (V)		
TENSION NEUTRO-TIERRA		
CORRIENTE L1 (A)		
CORRIENTE L2 (A)		
CORRIENTE L3 (A)		
CORRIENTE N (A)		

**CHEQUEOS, CAMBIOS O AJUSTES DE INSUMOS (A=CAMBIO / B=CHEQUEO / C-AJUSTE)**

INSUMOS DE LUBRICACION		INSUMOS DE REFRIGERACION		SISTEMA ELECTRICO	
Cambio aceite motor		Nivel de refrigerante		Nivel liquido de bateria	
Cambio filtros aceite		Cambio/adición		Densidad liquido de baeite	
Revisar nivel aceite		Mangueras y conexiones		Adición liquido batería	
Fugas de aceite en motor		Correa del ventilador		Voltaje batería desconectada	
Acete en el escape		Bomba de agua		Voltaje alternador	
INSUMOS DE COMBUSTIBLE		SISTEMA ESCAPE		SISTEMA DE CONTROL	
Cambio filtros		Detectar filtraciones		Revisar motor de arranque	
Drenaje filtros		Ajuste y estado del fuelle		Revisar cargador	
Drainaje filtros combustible		Conexión sensor de nivel		Toma y clavija del cargador	
		Limpieza panel radiador		Voltaje cargador	
Ductos de combustible		SISTEMA ESCAPE		Conexiones eléctricas DC	
Inyecciones		Detectar fugas de escape			
Bomba manual		Reparar abrazaderas		SISTEMA DE CONTROL	
Filtraciones o goteos		Ajustar tensión del fuelle		Operación de instrumentos	
INSUMOS DE AIRE		PRECALENTADOR		Operación de alarmas	
Filtro de aire		Toma corriente y clavija		Conexiones de control	
Base filtro de aire		Ajustar abrazaderas		Conexiones de fuerza	
Revisar enclavadores		Ajustar soporte		Revisar interruptor	

Tabla 3. Checklist de actividades



## 7. RECURSOS

### 7.1 RECURSOS HUMANOS.

1 Asesor Ingeniero con experiencia en mecatrónica.

2 estudiantes de tecnología mecatrónica

### 7.2 RECURSOS TÉCNICOS

*Tabla 4. Costos*

<b>RECURSOS TÉCNICOS</b>	
Costos de insumos	\$ 250.000
Costos de personal	\$ 94.200
costo administrativo	\$ 86.050
transporte en la misma ciudad	\$ 45.000
viáticos en ciudad	\$ 60.000
<b>costo total</b>	<b>\$535.250</b>

## 8. CONCLUSIONES

- Con la formación académica obtenida a través de esta tecnología, hemos desarrollado habilidades, destrezas y conocimientos las cuales hoy nos fundamentan para construir con claridad el manual de procedimiento para la empresa GPI COL S.A.S, apuntándola como pilar de calidad, profesionalismo y dinamismo en el campo de la Ingeniería.
- El diseño del manual le brindará a GPI COL SAS soluciones a dichas necesidades ya que un plan piloto mostró resultados satisfactorios

## 9. RECOMENDACIONES

A continuación se recomiendan las siguientes acciones:

- hacer control continuo de los procesos establecidos por este plan de mantenimiento de grupos electrógenos, los estándares de inspección establecidos y sus resultados finales.
- verificar los logros obtenidos del personal técnico por el uso del manual de procedimiento y que ha aportado éste en el mejoramiento del producto final.
- Realizar cálculos de fallas obtenidas del producto durante cada mes, con el fin de obtener un registro y así analizar los resultados.
- revisar el estado del equipo, con el fin de detectar faltantes tanto mecánicos, de control y generación, enfocadas dentro del plan de mantenimiento.
- Evaluar los procesos de mejoramiento continuo de las instalaciones físicas de la compañía y la herramienta especializada, con el fin de lograr un mejor desempeño en la realización del plan de mantenimiento preventivo.
- Realizar cada 6 meses un minucioso estudio de los valores arrojados en el cálculo de los indicadores de eficiencia tanto del personal como de los equipos.

- Revisar el programa de mantenimiento cada mes y los indicadores de eficacia, para evaluar el cumplimiento de las órdenes de mantenimiento ejecutadas vs las programadas en cada equipo.
- Ejecutar los planes de mantenimiento preventivo propuestos en este estudio en la frecuencia establecida.
- Implementar un programa de suministro de aceites y filtros, Acorde con las especificaciones del fabricante a través de terceros a con fines de mejorar el control de los costos operacionales

## BIBLIOGRAFÍA - CIBERGRAFIA

- Arango Orrego, Giovanni de Jesús y otros. Análisis de los procesos de mantenimiento en hidrogenadores. Trabajo de grado para optar el título de Tecnología Mecánica. I. U. Pascual Bravo. 1997.
- Compañía ABC Plantas y Equipos. Manual de ayuda a custodios. 2000.
- Company F.G.WILSON. Technical Operation & Maintenance Manual FGW Latin America
- Cummins. Parts Catalog Cummins.
- Gruposelectrogenos.wordpress.com/2009/03/05.
- Morse Frederik T. Centrales eléctricas, teoría y práctica de las plantas generadoras eléctricas estacionarias. México. 1961.
- Zapata, Carlos. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta H.L. en la Siderúrgica del Orinoco. Trabajo de grado para optar de título de ingeniero industrial. Universidad Experimental Politécnico Antonio Jose de Sucre. Puerto Ordaz. 2009.
- [.www.cumminspower.com/es/technical/aplication/2011/chppter8.jsp](http://www.cumminspower.com/es/technical/aplication/2011/chppter8.jsp)
- [.www.aquamarket.com](http://www.aquamarket.com)

- [.www.microcaos.net.>motor>meccanico](http://www.microcaos.net.>motor>meccanico)
- [.www.mitecnologico.com/generadoresdeenergia](http://www.mitecnologico.com/generadoresdeenergia)

## REFERENCIAS.

---

<sup>1</sup>ARANGO Orrego, Giovanni de Jesús y Otros. Análisis de los procesos de mantenimiento en hidrogeneradores. Trabajo de grado para optar título de Tecnólogo en Eléctrica. I.T: Pascual Bravo. Medellín. Pág. 20

<sup>2</sup>ZAPATA, Carlos. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta H y L II en la siderúrgica del Orinoco "Alfredo Maneiro". Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre". 2009. Pág. 30 - 31

<sup>3</sup> MARTI, Albert. Inyección electrónica en motores diesel. Editores Boixareu. 1996.

<sup>4</sup> [Portal.aerocivil.gov.co/portal/pls/portal/docs/1/5215754.PDF](http://Portal.aerocivil.gov.co/portal/pls/portal/docs/1/5215754.PDF)

<sup>5</sup> Por consumibles se entienden elementos como: Filtros de aceite y de combustible, aceite, refrigerante, agua desmineralizada