

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROGRAMA COMPUTARIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
DE UNA TURBINA-GENERADOR DE CICLO COMBINADO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO  
ESPECIALIDAD SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

**NESTOR EDUARDO GAVILANES TERAN**

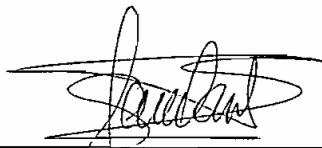
**DIRECTOR: ING. MILTON TOAPANTA**

**Quito, Febrero 25 del 2002**

## DECLARACIÓN

Yo Néstor Eduardo Gavilanes Terán, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

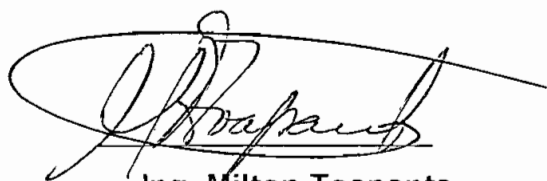


---

**Néstor Eduardo Gavilanes Terán**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Néstor Eduardo Gavilanes Terán, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Toapanta', enclosed within a large, stylized oval flourish.

**Ing. Milton Toapanta**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres y en especial a mi esposa Jenny, los cuales me ha apoyado incondicionalmente.

# CAPITULO I

## GENERALIDADES

1.1	Introducción.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Descripción de Capítulos.....	2

# CAPITULO II

## TURBINA

2.1	Introducción.....	4
2.2	Turbina.....	9
2.2.1	Descripción de Funcionamiento.....	9
2.2.2	Sistema de Reducción.....	11
2.2.3	Sistema de ingreso de aire.....	12
2.2.4	Compresor.....	12
2.2.5	Sistema guía de alabes.....	13
2.2.6	Combustores.....	14
2.2.7	Válvula de sangrado.....	15
2.2.8	Termopar T5.....	15
2.2.9	Rotor de la Turbina.....	16
2.2.10	Combustible.....	16
2.3	Sistema de Lubricación.....	17
2.3.1	Requerimientos generales del aceite de lubricación.....	17
2.3.2	Flujo del aceite de lubricación.....	19
2.3.3	Bomba de aceite.....	20
2.3.4	Ciclo de prelubricación.....	21
2.3.5	Arranque de la máquina.....	22
2.3.6	Ciclo de postlubricación.....	23

2.4	Sistema de combustible.....	23
2.4.1	Introducción.....	23
2.4.2	Especificaciones del gas combustible.....	25
2.4.3	Especificaciones del líquido combustible.....	26
2.4.4	Descripción del sistema.....	28
2.4.4.1	Válvula selenoide piloto.....	29
2.4.4.2	Sistema de gas combustible.....	29
2.4.4.3	Sistema de líquido combustible.....	31
2.5	Sistema de arranque.....	31
2.6	Generador.....	32
2.6.1	Descripción general.....	32
2.6.2	Componentes del generador.....	35
2.6.2.1	Rotor.....	35
2.6.2.2	Estatórotor.....	35
2.6.2.3	Eje.....	36
2.6.2.4	Excitatriz.....	36
2.6.2.5	Cojinetes del generador.....	36
2.7	Sistema de Control Eléctrico.....	37
2.7.1	Descripción general.....	37
2.7.2	Componentes del Sistema de Control Eléctrico.....	38
2.7.2.1	Controlador Programable.....	38
2.7.2.2	Computadora de Interfase y Operación.....	38
2.7.2.3	Panel de control de la turbina.....	40
2.7.2.4	Control y medición del generador.....	41
2.7.2.5	Respaldo del control.....	41
2.7.2.6	Equipos de control e instrumentación.....	41
2.7.2.7	Alimentación del Sistema de Control.....	42
2.7.2.8	Sistema de detección de fuego y gas.....	42
2.7.2.9	Sistema de monitoreo de vibración.....	42
2.7.3	Secuencia de arranque.....	43

# CAPITULO III

## TEORIA DE MANTENIMIENTO

3.1	Introducción.....	48
3.1.1	Campo de acción.....	49
3.1.2	Fugas de dinero por Paradas Imprevistas.....	50
3.1.3	Importancia del Servicio de Mantenimiento.....	51
3.1.4	Duración de las máquina en función del mantenimiento.....	52
3.2	Tipos de Mantenimiento.....	52
3.2.1	Mantenimiento Correctivo.....	53
3.2.2	Mantenimiento Preventivo.....	54
3.2.3	Mantenimiento Predictivo.....	56
3.3	Diseño-Computarizado de un Programa de Mantenimiento.....	58
3.3.1	Objetivo y Alcance.....	58
3.3.2	Identificación de Equipos.....	58
3.3.3	Grupos de Mantenimiento.....	59
3.3.4	Identificación de trabajos de Mantenimiento.....	59
3.3.5	Identificación de Repuestos.....	60
3.3.6	Mano de Obra y Herramientas.....	60
3.3.7	Guía de Solución de Problemas.....	61
3.3.8	Planificación del Mantenimiento.....	61
3.3.8.1	Objetivos.....	61
3.3.8.2	Mantenimiento Preventivo.....	62
3.3.8.3	Frecuencias de Mantenimiento.....	63
3.3.8.4	Ordenes de Trabajo de Mantenimiento Preventivo.....	63
3.3.8.5	Mantenimiento Correctivo.....	65
3.3.8.6	Ordenes de Trabajo de Mantenimiento Correctivo.....	65
3.3.8.7	Reportes.....	67

## CAPITULO IV

### MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA

4.1	Consideraciones preliminares.....	68
4.2	Iconos utilizados en el programa.....	68
4.3	Principales componentes del sistema.....	70
4.4	Guía de utilización del programa.....	73
4.4.1	Base de Datos.....	73
4.4.1.1	Equipos.....	74
4.4.1.2	Herramientas.....	76
4.4.1.3	Mano de Obra.....	76
4.4.1.4	Repuestos.....	77
4.4.1.5	Area.....	78
4.4.1.6	Datos de mantenimiento.....	79
4.4.1.6.1	Frecuencias de mantenimiento.....	79
4.4.1.6.2	Departamentos de mantenimiento.....	80
4.4.1.6.3	Estatus de equipos.....	80
4.4.1.6.4	Descripción del problema.....	81
4.4.1.6.5	Procedimientos de mantenimiento.....	81
4.4.1.6.6	Descripción del mantenimiento.....	82
4.4.1.6.7	Estado de la orden de trabajo.....	83
4.4.2	Mantenimiento Preventivo.....	83
4.4.2.1	Planificación del mantenimiento preventivo.....	84
4.4.2.2	Ordenes de trabajo.....	86
4.4.2.3	Histórico de ordenes de trabajo.....	90
4.4.3	Mantenimiento Correctivo.....	90
4.4.3.1	Planificación de reparaciones.....	91
4.4.3.2	Histórico de reparaciones.....	94
4.4.3.3	Guía de solución de averías.....	94



4.4.4	Repuestos.....	95
4.4.5	Consultas.....	96
4.4.6	Reportes.....	97

## **CAPITULO V**

### **PROCEDIMIENTOS Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPOS**

5.1	Programación del mantenimiento.....	100
5.1.1	Introducción.....	100
5.1.2	Mantenimiento diario y mensual.....	100
5.1.3	Mantenimiento semestral.....	101
5.1.4	Mantenimiento anual.....	101
5.1.5	Sistema de Control Eléctrico.....	101
5.1.6	Sistema de aire.....	103
5.1.7	Sistema de Lubricación.....	105
5.1.8	Sistema líquido combustible.....	106
5.1.9	Sistema de gas.....	108
5.1.10	Sistema de arranque y motores auxiliares.....	109
5.1.11	Generador.....	110
5.1.12	General.....	112
5.2	Procedimientos generales de mantenimiento.....	113
5.2.1	Turbina de gas.....	113
5.2.1.1	Exitatriz de encendido.....	113
5.2.1.2	Bujía de encendido.....	115
5.2.1.3	Quemador de encendido.....	117
5.2.1.4	Sistema de aire de purgado.....	120
5.2.1.5	Alabes directores del compresor de la turbina.....	124
5.2.1.6	Termopares.....	126

5.2.2	Generador Kato.....	129
5.2.2.1	El significado de mantenimiento.....	129
5.2.2.2	Condiciones de servicio que reducen el aislamiento.....	130
5.2.2.3	Métodos de inspección visual.....	132
5.2.2.4	Pruebas de aislamiento.....	133
5.2.2.4.1	Pruebas de resistencia de aislamiento de baja resistencia.....	133
5.2.2.4.2	Campo de la exitatriz.....	133
5.2.2.4.3	Armadura de la exitatriz.....	134
5.2.2.4.4	Devanado del rotor.....	134
5.2.2.4.5	Estatórotor.....	135
5.2.2.5	Métodos de secado.....	135
5.2.2.6	Instrucciones de limpieza.....	136
5.2.2.6.1	Servicio de limpieza con la máquina ensamblada.....	137
5.2.2.6.2	Servicio de limpieza con la máquina desarmada.....	137
5.2.2.7	Programación de mantenimiento del generador.....	138
5.2.2.7.1	Inspecciones diarias.....	138
5.2.2.7.2	Mantenimiento semestral.....	138
5.2.2.7.3	Mantenimiento anual.....	138
5.2.2.7.4	Mantenimiento cada tres años.....	139
5.2.2.7.5	Mantenimiento cada cinco años.....	140
5.2.3	Sistema de arranque.....	140
5.2.3.1	Motor de arranque.....	140
5.2.3.2	Variador de frecuencia.....	142
5.2.4	Sistema de combustible.....	142
5.2.4.1	Filtro de gas combustible.....	142
5.2.4.2	Filtro de gas piloto.....	143
5.2.5	Inyectores de combustible.....	143
5.2.6	Sistema de control eléctrico.....	144
5.2.7	Sistema de lubricación.....	145
5.2.7.1	Instrucciones generales.....	145
5.2.7.2	Bomba de pre-post lubricación.....	146

5.2.7.3	Filtros principales del sistema de lubricación.....	146
5.2.7.4	Bomba principal del sistema de lubricación.....	148
5.2.7.5	Bomba de lubricación de respaldo.....	149

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones.....	151
6.2	Recomendaciones.....	153

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Referencias Bibliográficas.....	150
---------------------------------	-----

### **ANEXOS**

- ANEXO 1: Reporte de características técnicas de equipos
- ANEXO 2: Reporte de lista de equipos
- ANEXO 3: Reporte de características de repuestos
- ANEXO 4: Reporte de lista de repuestos
- ANEXO 5: Lista de herramientas
- ANEXO 6: Lista de mano de obra
- ANEXO 7: Lista de áreas
- ANEXO 8: Frecuencias de mantenimiento
- ANEXO 9: Frecuencia de mantenimiento de equipos
- ANEXO 10: Fechas de próximos mantenimientos de equipos
- ANEXO 11: Ordenes de mantenimiento preventivo
- ANEXO 12: Reporte de cierre de ordenes de trabajo preventivo

- ANEXO 13: Histórico de mantenimiento preventivo
- ANEXO 14: Histórico de mantenimiento correctivo
- ANEXO 15: Guía de solución de averías
- ANEXO 16: Reporte de cierre de ordenes de trabajo averías
- ANEXO 17: Solicitud de trabajo de reparación
- ANEXO 18: Orden de compra de materiales
- ANEXO 19: Lista de principales repuesto del turbogenerador
- ANEXO 20: Orden de trabajo correctivo
- ANEXO 21: Características técnicas del generador.
- ANEXO 22: Principales componentes del sistema de control.
- ANEXO 23: Descripción de protecciones del turbogenerador.

## RESUMEN

El presente trabajo ha desarrollado un Programa de Mantenimiento Preventivo Computarizado aplicado a una turbina-generador de ciclo combinado, utilizando el programa de base de datos Access 2000.

La mayoría de los procedimientos de mantenimiento y la programación de los mismos son basándose en las recomendaciones de los fabricantes, con el fin de asegurar el tiempo de vida útil y el funcionamiento del equipo a su máxima capacidad prometido por el fabricante si se siguen sus recomendaciones.

El programa tiene menús de ingreso de datos, menús de planificación de trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, menús de consultas y menús de reportes o informes.

El Menú de base de datos contiene los formularios de ingreso de datos técnicos de equipos, repuestos, mano de obra, herramientas, frecuencias de mantenimiento, departamentos, áreas, etc.

El Menú de Planificación de Mantenimiento preventivo contiene formularios de planificación de trabajos de mantenimientos preventivos, emisión de ordenes de trabajo y un formulario de registro de órdenes de trabajo.

El Menú de Planificación del Mantenimiento correctivo contiene formularios de emisión de ordenes de trabajos de reparación, registro de órdenes de trabajo y un formulario de guía de solución de problemas que servirá para optimizar las reparaciones.

El Menú de consultas contiene formularios de frecuencias de mantenimiento de quipos, fechas de los próximos mantenimientos, guía de resolución de problemas, registros históricos de órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo.

Finalmente en Menú de reportes contiene los reportes de equipos, repuestos, datos de mantenimiento preventivo y correctivo.

El programa de mantenimiento desarrollado puede ser aplicado a cualquier tipo de industria, y espero que el texto represente un medio de consulta para cualquier profesional que busque información de cómo desarrollar un programa de mantenimiento.

# PRESENTACIÓN

El presente trabajo ha desarrollado un programa computarizado de mantenimiento preventivo y correctivo aplicado a un turbogenerador de ciclo combinado. Para este efecto, el trabajo se lo ha dividido en seis capítulos.

El primer capítulo contiene información inicial de introducción del presente trabajo. El segundo capítulo describe los componentes principales del Conjunto Turbina-Generador Centaur 50. como por ejemplo la turbina, el generador, el sistema de combustible, el sistema de lubricación de aceite, el sistema de control eléctrico. Se adjunta además gráficos de los componentes y diagramas de constitución. Se complementan con tablas de información útil en el proceso de operación y *mantenimiento*.

El tercer capítulo desarrolla la teoría de mantenimiento, contienen conceptos básicos de los tipos de mantenimiento, importancia del mantenimiento, diseño de un programa computarizado y al planificación del mantenimiento, en el cual se incluyen registros indispensables para la implementación del programa desarrollado en el presente trabajo.

El cuarto capítulo es el Manual de Usuario del programa y contiene la información necesaria para la utilización, implementación de información y detalles de diseño del programa.

El quinto capítulo contiene información de los procedimientos y programación del mantenimiento de los principales equipos del conjunto Turbina-generador.

El sexto capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo. Y por último se anexan al final ejemplos de reportes.

# CAPITULO I: GENERALIDADES

## 1.1 INTRODUCCION

El presente trabajo desarrolla un programa computarizado de mantenimiento preventivo aplicado a un conjunto Turbina-Generador Centaur 50 de 3.3 MW de capacidad.

La Central de generación se encuentra ubicada en las Instalaciones de la Compañía Petrolera AEC del Ecuador en el Oriente ecuatoriano, cerca de la ciudad de Tarapoa y suministra energía eléctrica a las estaciones de producción de petróleo.

La Central de generación cuenta con siete conjuntos turbina-generator marca Allison de 3.3 MW de capacidad y dos conjuntos turbina-generator Centaur 50 Solar de la misma capacidad.

Actualmente las turbinas son de ciclo simple, pero el proyecto final contempla la incorporación de un sistema de tratamiento térmico del gas que sale en el escape de las turbinas con el fin de aumentar su capacidad, para de esa manera tener la característica de ciclo combinado.

El presente trabajo se ha desarrollado tomando en cuenta los componentes del conjunto turbina-generator de ciclo simple.

El implementar un programa de mantenimiento preventivo para este equipo es, hasta ahora, un problema, debido a la falta de experiencia del personal de mantenimiento en cuanto a fundamentos y técnicas utilizadas para la sistematización del proceso de mantenimiento, y la poca información que se tiene al respecto, ha contribuido en parte al problema.

El equipo en mención es nuevo, debido a esto no se ha tenido problemas de grandes averías, por el momento, pero como se sabe, si no se desarrolla un programa de mantenimiento efectivo, dentro de corto tiempo empezarán los apagados de turbina no planificados, con el resultado de pérdidas de producción.

El presente trabajo organiza la información de los procedimientos de mantenimiento de los componentes de la turbomáquina, programar los períodos

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



de mantenimiento y desarrollar una base de datos que ayude al grupo de mantenimiento a manejar la información en forma eficiente.

El trabajo también puede ser un medio de consulta de procedimientos de mantenimiento de estudiantes y profesionales, ya que es actualizada de los fabricantes.

## **1.2 OBJETIVO**

El presente trabajo tiene por objetivo principal Planificar y Desarrollar un Programa Computarizado de Mantenimiento Preventivo y Correctivo aplicado a un Conjunto Turbina-Generador Centaur 50 y crear una base de datos de procedimientos de mantenimiento y su programación.

El trabajo contará además con un manual de usuario que guiará al Administrador de Mantenimiento en las diferentes opciones del programa.

## **1.3 DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS**

El capítulo II describe los componentes principales de el Conjunto Turbina-Generador Centaur 50. como por ejemplo la turbina, el generador, el sistema de combustible, el sistema de lubricación de aceite, el sistema de control eléctrico. Se adjunta además gráficos de los componentes y diagramas de constitución. Se complementan con tablas de información útil en el proceso de operación y mantenimiento.

El capítulo III desarrolla la teoría de mantenimiento, contienen conceptos básicos de los tipos de mantenimiento, importancia del mantenimiento, diseño de un programa computarizado y la planificación del mantenimiento, en el cual se incluyen registros indispensables para la implementación del programa desarrollado en el presente trabajo.

El capítulo IV es el Manual de Usuario del programa y contiene la información necesaria para la utilización, implementación de información y detalles de diseño del programa.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

El Capítulo V contiene información de los procedimientos y programación del mantenimiento de los principales equipos del conjunto Turbina-generador.

El Capítulo VI presenta las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

En el Anexo se incluyen formato de Hojas de solicitud de trabajo, las ordenes de trabajo, información de equipos, repuestos, frecuencia de mantenimiento de equipos, etc.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

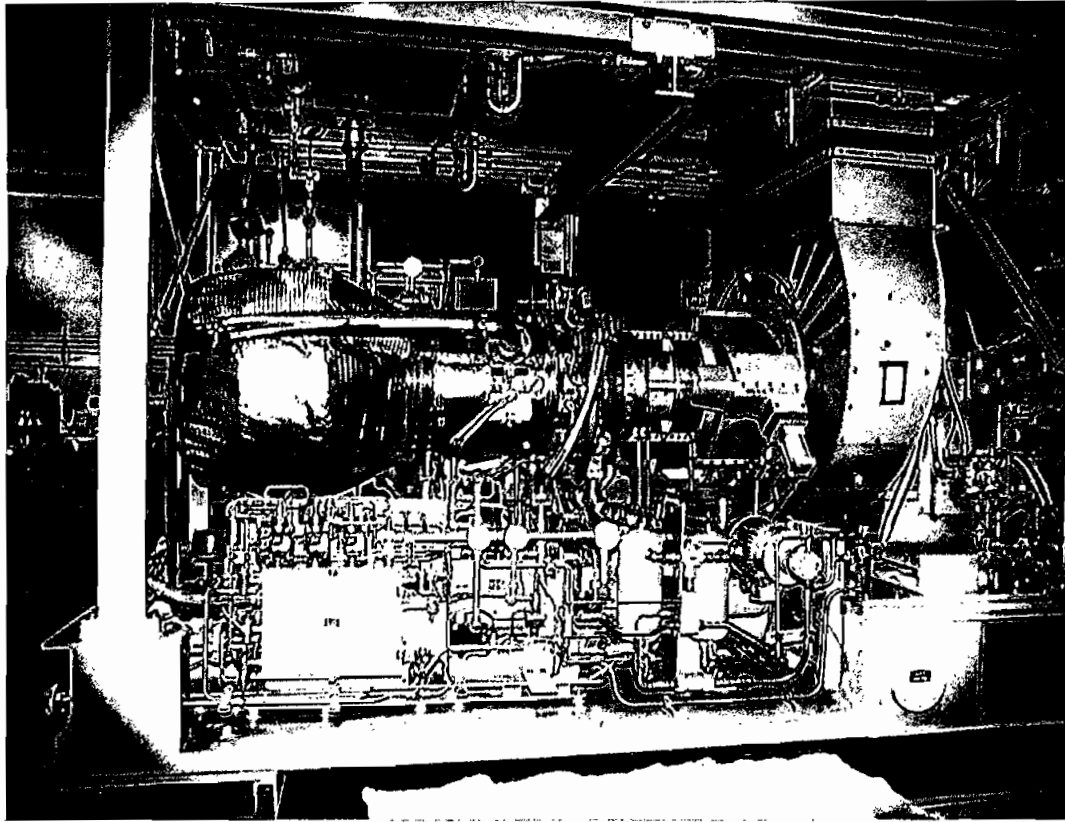
<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## CAPITULO II: TURBINA

### 2.1 INTRODUCCION<sup>1</sup>



La principal característica de la Turbina Centaur 50 es la capacidad de trabajar con dos tipos de combustible (uno solo a la vez) diferentes. El modelo Centaur 50 Solar utiliza como combustible gas o diesel.

Este tipo de equipos se los instala frecuentemente en Compañías petroleras debido a la disponibilidad de gas que en estado natural es extraído junto con el petróleo. El gas natural es comprimido, refrigerado y filtrado en una planta de tratamiento de gas con el fin de separar residuos de humedad y otros componentes y así asegurar calidad estándar que requiere la turbina.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Si por cuestiones de operación o producción no se dispone de gas como combustible, las turbinas cambian automáticamente a diesel.

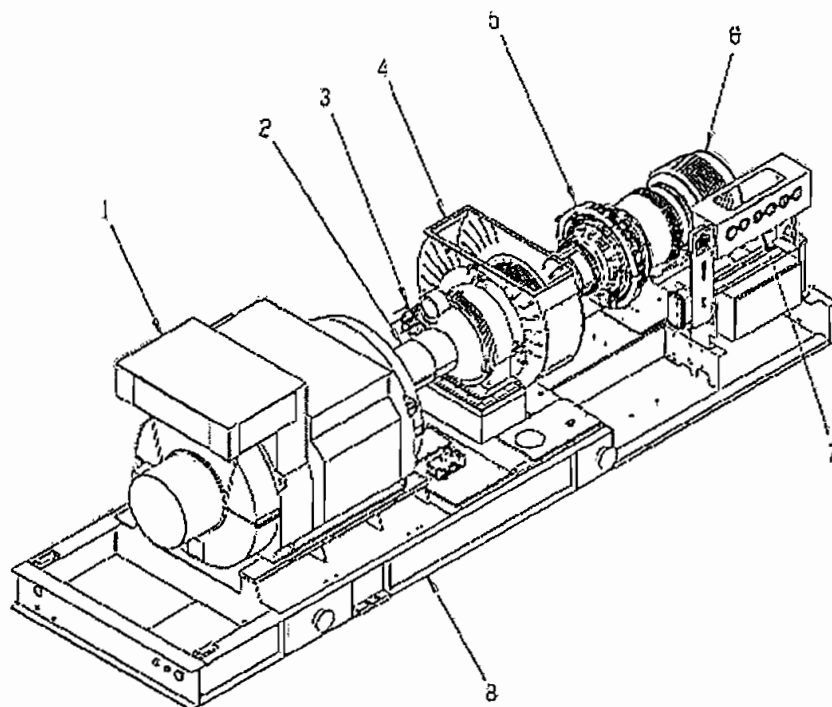


Fig. No. 2.1 Componentes principales del conjunto Turbina-Generador

Los principales componentes de la Turbina –Generador son los siguientes:

1. Generador
2. Eje de interconexión
3. Unidad de engranajes
4. Estructura de entrada de aire
5. Turbina
6. Estructura de escape
7. Panel de indicadores de la turbina
8. Patín del turbogenerador

La turbina es el elemento primario motriz de transmisión de potencia. El aire necesario para la combustión ingresa a través de la estructura de entrada de aire al compresor de la turbina y es comprimido aproximadamente nueve veces. El

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

combustible se mezcla con el aire comprimido en las cámaras de combustión y es encendido. Después de la combustión, los gases calientes se expanden a través de los inyectores de la turbina y hacen girar el rotor de la turbina. La turbina maneja el compresor de la máquina, los accesorios y el generador. El aire y los gases residuales de la combustión son descargados a la atmósfera a través del sistema de escape., Los principales componentes de la turbina incluyen la estructura de ingreso de aire, compresor multietapa, difusor del compresor, combustores anulares, estructura de la turbina, difusores de escape y colector de escape.

El sistema de arranque incluye el arrancador y el equipo de control asociado. Suministra el torque inicial de rotación y asiste a la máquina a llegar a su velocidad auto sostenida. Cuando la máquina alcanza la velocidad auto sostenida, el arrancador se apaga, el arrancador se desengancha y la máquina acelera bajo su propia potencia para cargar velocidad.

El sistema de lubricación de aceite, circula aceite a baja presión a la máquina de la turbina, a la caja de transmisión y a los rodamientos del generador. El sistema es suministrado desde un tanque reservorio de aceite localizado en la base de la estructura de acero. El sistema incluye un calentador del tanque, un enfriador y válvulas de control termostático del aceite.

El sistema de control eléctrico opera con un voltaje de 24 Vdc, suministrado para el control de arranque automático, aceleración, monitoreo de la turbina y el generador durante la operación, y emergencia(paradas no programadas). Durante la operación, el sistema de control eléctrico, por medio de equipos automáticos de alarmas y apagado protegen la turbina y equipos asociados de posibles daños resultado de fallas peligrosas como sobrevelocidad, alta temperatura de la turbina, baja presión de aceite de lubricación, alta temperatura de aceite de lubricación, y sobre o bajo voltaje en el generador.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial,

El sistema de Control de la Turbina esta compuesto de un PLC con alimentación redundante, tarjetas de entrada y salida de datos discretos y análogos, tarjeta de sincronización automática, tarjeta de comunicaciones.

Todos los sensores, transmisores, RTD's, termocuplas, switch y demás señales de control llegan al gabinete de control de la Turbina para enlazarse al PLC y este a su vez se comunica mediante comunicación en plataforma ControlNet al PLC principal ubicado en la Sala de Control de Generación.

La Caja de transmisión o de Engranajes suministra potencia desde la turbina hacia el generador, es básicamente una caja de engranajes de alta velocidad dos estados, diseño epicíclico con una salida de 1800 RPM. La unidad utiliza engranajes capaces de resistir una sobrecarga de hasta ocho veces el torque normal de operación. La lubricación de los engranajes y rodamientos son suministrados desde el sistema principal de lubricación. Los sellos de los rodamientos son presurizados con aire de sello suministrado por el sistema de aire de la turbina.

El generador es el equipo final de entrega de potencia, ya que transforma energía mecánica suministrada a través del eje, en energía eléctrica. La potencia nominal del generador es de 3.1 MW, genera 13800 voltios nominales, entrega potencia con un factor de potencia nominal de 0.8. El generador está montado sobre la misma base del conjunto Turbina-Generador y está conectado a la caja de transmisión a través de acoples. La alineación a la caja de transmisión se la realiza por medio de láminas. Si bien una variedad de configuraciones puede ser usada, un conjunto estándar turbina-generador típicamente incorpora dos rodamientos, generador trifásico, construcción a prueba de ingreso de agua, equipados con regulador de voltaje, medidores, interruptores y otros equipos necesarios para el control del generador. Para la operación en paralelo el sistema de control cuenta con módulo de sincronización automática.

El estudio se centrará principalmente en la Turbina - Generador y sus componentes, pero se describirá a breves rasgos los componentes principales de

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

una Planta de Generación a Gas. Los principales componentes son los siguientes:

- ❖ Tanque de almacenamiento de diésel y Bombas de Diesel
- ❖ Compresores de aire
- ❖ Planta de tratamiento de gas
- ❖ Paneles de Control y Distribución
- ❖ Transformadores de Distribución

En condiciones de emergencia, es decir cuando no se tiene gas disponible para las turbinas, el sistema cambia automáticamente a diesel. El diesel es almacenado en dos tanques de 2000 barriles de capacidad cada uno. La presión de succión y descarga del diesel desde los tanques hasta las turbinas se lo realiza a través de cuatro bombas de diesel que elevan la presión de 20 hasta 300 PSI.

El gas combustible llega a la Planta de Tratamiento de gas desde el Centro de Producción al cual llega el gas de los pozos de producción de crudo. La presión de llegada del gas a la entrada de los compresores principales varía entre 20 y 30 PSI y es comprimido hasta una presión de descarga de los compresores de hasta 370 PSI. Llega de la etapa de compresión el gas pasa a través de intercambiadores de calor. Estas dos etapas sirven extraer del gas humedad, condensado(gasolina natural) y desechos que afectan a la riqueza del gas. Por último el gas antes de entrar a las turbinas pasa por un skid de filtración. Las Turbinas necesitan una presión constante entre 210 y 230 PSI.

Se disponen de dos compresores de aire con una presión de descarga de 100 PSI, utilizados para alimentar a los instrumentos neumáticos tanto de las Turbinas como de la Planta de Tratamiento de gas.

El Voltaje generado en las Turbinas llegan a las barras principales de un Switchgear tipo Metal Clad, 13800 V, compuesto por 14 secciones. Cada sección posee: Relés electrónicos de medición, protección, control y comunicación a sistema de control principal para alimentadores y generadores, un interruptor

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

principal tipo extraíble con medio de extinción del arco en vacío, un compartimiento de PT's y elementos de control.

La Distribución de energía eléctrica se la realiza a 35000 voltios, para ello se disponen de transformadores elevadores de 13800 a 35000 voltios y de 12.5 MVA con refrigeración forzada.

## 2.2 TURBINA

### 2.2.1 DESCRIPCION DE FUNCIONAMIENTO<sup>1</sup>

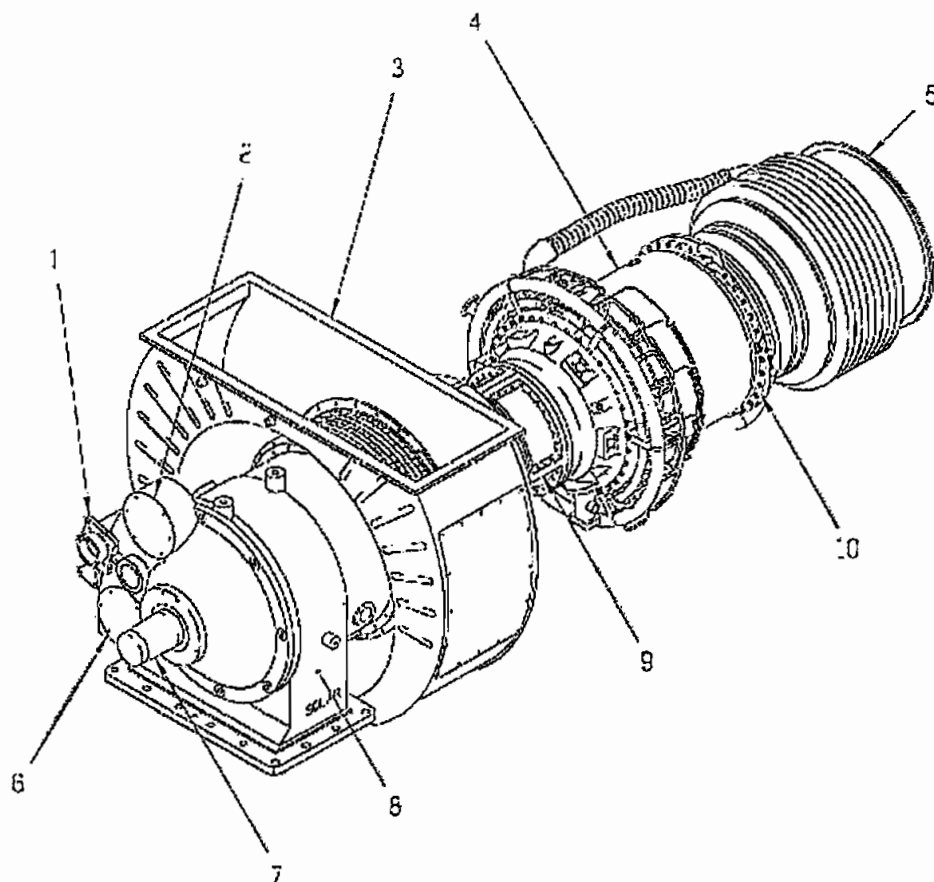


Fig. 2.2 Componentes de la Turbina

La turbina Centaur 50 – 6201 está diseñada con un solo eje, flujo axial, en la figura adjunta se pueden ver los componentes:

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



1. Zapata de impulsión del motor de arranque
2. Zapata de la caja de accionamiento de accesorios
3. Conducto de entrada de aire
4. Conjunto de la cámara de combustión
5. Conjunto de difusor y fuelle de escape de la turbina
6. Zapata de impulso de la bomba de aceite
7. Eje motor de impulso
8. Conjunto de la caja de reducción
9. Compresor
10. Turbina

El compresor es de tipo axial, once etapas, con una relación de compresión de 10.3 a 1, el flujo es de 40.6 lb/seg y la velocidad es de 14951 rpm.

Las cámaras de combustión son de tipo anular, ignición tipo torch, tiene 12 inyectores, tres estados

La turbina luego del proceso de ignición y inflamación del combustible genera calor, el cual es convertido en energía cinética a través de la aplicación del ciclo termodinámico de Brayton.

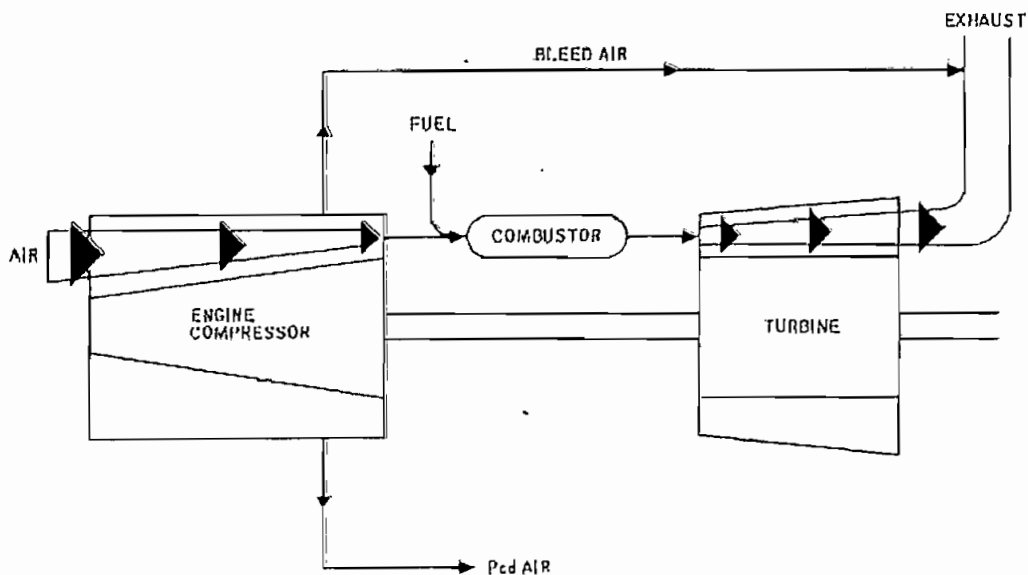


Fig. 2.3 Ciclo termodinámico de Brayton

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Los eventos del proceso son:

- Compresión: el aire atmosférico es comprimido
- Combustión: Combustible es añadido al aire comprimido y encendido
- Expansión: Los gases debido a la combustión se expanden, creando trabajo
- Escape: Gases residuales escapan a la atmósfera

El proceso termodinámico toma lugar en la turbina continuamente. Hay un flujo continuo de aire comprimido en la sección del compresor, continuo flujo del sistema de combustible, y potencia de salida continua desde la turbina.

### 2.2.2 SISTEMA DE REDUCCIÓN<sup>1</sup>

Debido a que la velocidad de entrada del generador es pequeña comparada con la velocidad de la turbina (14951 rpm), es necesario un sistema reductor.

El reductor es del tipo epicíclico diseñado para reducir la velocidad del drive de la turbina al generador. La unidad de engranajes está diseñada para una velocidad de salida de 1800 rpm para 60 hz. de servicio.

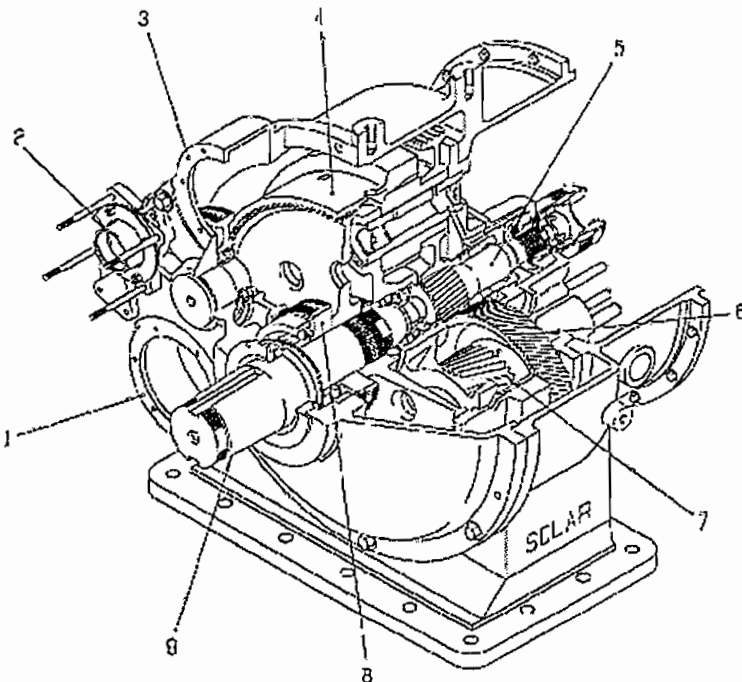


Fig. 2.4 Sistema de Reducción

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

1. Zócalo de accionamiento de la bomba de aceite lubricante
2. Zapata de impulsión del motor de arranque
3. Zapata de la caja de accionamiento de accesorios
4. Engranaje tipo corona segunda etapa
5. Piñón de entrada
6. Engranaje tipo estrella de primera etapa
7. Piñón de segunda etapa
8. engranaje de accionamiento de accesorios
9. Eje de salida

El sistema de reducción está localizado entre la máquina y el generador, está fijado directamente en la estructura del ingreso de aire y del tanque de aceite para suministrar soporte rígido, debido a esto, el reductor no requiere alineación con la máquina. La fijación firme de la carcasa suministra soporte delantero de la máquina de la turbina. Sobre la estructura del reductor se encuentra un pickup el cual cuenta la velocidad de los dientes de los engranajes y transmite una señal de velocidad al sistema de control que sirve para controlar la velocidad de la turbina.

### 2.2.3 SISTEMA DE INGRESO DE AIRE<sup>1</sup>

El sistema de ingreso de aire incluye un conducto de entrada de aire localizado después del accesorio del drive. Está localizado junto a la carcasa del accesorio drive y la tapa del compresor.

El aire ingresa a lo largo de filtros de aire y conductos, el cual suministra una trayectoria de flujo radial al ingresar al compresor. El conducto de aire posee conectores para ingreso de equipo de lavado con agua, además posee sensor de temperatura y un drenaje.

### 2.2.4 COMPRESOR<sup>1</sup>

El compresor de la turbina es del tipo de flujo axial de once estados. Incluye una entrada de aire, vanos fijos y un compresor variable, rotor del compresor, carcasa del compresor y rodamientos de soporte de la carcasa del compresor.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

La estructura del ingreso de aire tiene una entrada anular cubierta con una pesada pantalla para prevenir la entrada de materiales sólidos a la entrada de aire de la máquina. La carcasa de la entrada de aire soporta el rodamiento del eje del rotor del compresor delantero y es adherido a carcasa de la unidad de engranajes. El aire de entrada contiene tres posiciones estáticas las cuales pueden servir para estimar el flujo.

La tapa del compresor es adherida a la estructura del ingreso de aire. La tapa está colocada verticalmente para suministrar acceso a las aspas y veletas. Las columnas del estator son una entrada guía de aspas, dos columnas variables en el estator, nueve aspas fijas y aspas de salida guía fija. Las aspas de guía y el estator son controladas eléctricamente y actuados hidráulicamente.

El final de la estructura del compresor está adherida al difusor. El difusor contiene el rodamiento del productor de gas, la entrada de aceite y dos drenajes, los taps de presión de descarga del compresor, tap de presión de aire de enfriamiento y acceso de boroscopio. La estructura del productor de gas contiene el rodamiento No. 2, el rodamiento real y el rodamiento No. 3.

### 2.2.5 SISTEMA GUÍA DE ALABES<sup>1</sup>

El eje de salida del actuador de control de aspas está conectado a una palanca de mando tipo brazo. Tres bucles giratorios conectan la palanca de mando a tres anillos actuadores. Cada anillo contiene un mecanismo que conecta a cada aspa guía.

Cada anillo actuador gira su correspondiente juego de aspas a través de un rango que viene preajustado de fábrica. Estos ajustes son exactos y el resultado fijo en grados, lo cual es peculiar para cada máquina, están estéciles en el soporte de la entrada guía de aspa.

El rango aproximado de rotación de las aspas desde la apertura mínima hasta la apertura máxima, respectivamente son 35 grados mas 5 grados por la entrada guía de aspa, menos 29 grados a 0 grados por el primer estado de aspa, y menos 24 grados a 0 grados para el segundo estado de la aspa. El ajuste de estos

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

parámetros está controlado por los bucles de giro que interconectan los componentes de enlace mecánico.

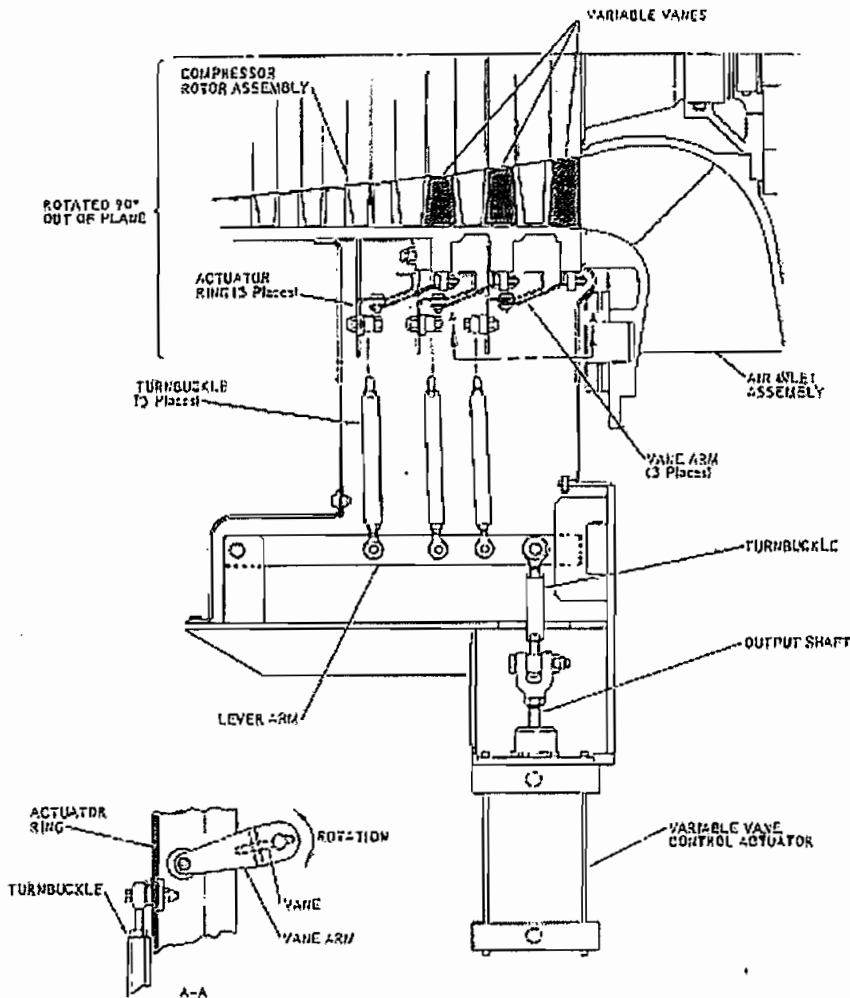


Fig. 2.5 Sistema Guía de Alabes

### 2.2.6 COMBUSTORES<sup>1</sup>

Los combustores y el ensamble del productor de gas incluyen el combustor, inyector de combustible, línea principal de distribución de combustible a los inyectores, válvulas de sangrado, termocuplas de medición de temperatura T5 y ensamble del productor de gas.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

El productor de ignición, usado solamente en el encendido de la flama tiene su propia fuente de combustible, conectores de ignición y drenaje posterior del combustor. Las válvulas de drenaje montadas en la estructura de soporte del combustor y es eléctricamente e hidráulicamente controlada. Los inyectores están ubicados en el combustor y son el instrumento de transporte del combustible desde la línea principal de suministro de combustible hacia la cámara de combustión.

Una entrada de boroscopio está localizada cerca de terminal final del combustor, y es usado para inspeccionar los inyectores, líneas de combustión, cámaras, secciones de la turbina.

Los pórticos de las termocuplas T5 son utilizados para inspeccionar las aspas del rotor de segundo y tercer estado, inyectores y aspas.

El sistema principal de suministro de combustible incluye inyectores de torch, línea de suministro de combustible gas y diesel, salida de aire o agua según sea aplicable y líneas de interconexión.

### 2.2.7 VÁLVULA DE SANGRADO<sup>1</sup>

La válvula de sangrado está ubicada en la estructura del combustor y consiste de un actuador rotativo, una válvula de enlace y el actuador de la válvula. El actuador giratorio es un pistón hidráulico de acción simple y el mecanismo del piñón soportada por el actuador de la válvula. Cuando se presuriza un pórtico la válvula se abre, caso contrario la válvula está cerrado.

El cuerpo de la válvula de enlace está montado entre la carcasa del combustor y el conducto de escape de la válvula de sangrado.

### 2.2.8 TERMOPARES T5<sup>1</sup>

El sistema de medición de temperatura de la cámara de combustión cuenta con seis termocuplas tipo K y censan la temperatura del tercer estado de entrada de la turbina.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

### 2.2.9 ROTOR DE LA TURBINA<sup>1</sup>

El rotor de la turbina consiste en el eje del rotor y tres discos. Los discos y el eje del rotor están enganchadas uno al otro de tal manera que se pueda transmitir el torque sin pérdidas, permitiendo además que los discos sean concéntricos en el centro del eje.

Los inyectores consisten de una estructura de soporte e inyectores de primer estado, segundo estado y tercer estado.

### 2.2.10 COMBUSTIBLE<sup>1</sup>

La máquina puede ser operada con diesel o gas(usualmente gas natural). Las especificaciones que tiene que cumplir el gas para que la máquina opere eficientemente son las siguientes:

- Gravedad específica: 0.6
- Contenido calorífico: 1000 BTU/SCF-LHV (1.055 MJ/0.283 m<sup>3</sup>)
- Presión de ingreso: 250 ± 5 PSI
- Contaminación: Deberá ser libre de hidrocarbón líquido, hielo en forma de humedad, partículas sólidas mayores a 3 microms, el contenido de sulfuro no debe ser mayor a 0.27 lb. Sulfuro / 10<sup>6</sup> BTU-LVH.

La máquina esta diseñada para operar eficientemente con combustible compuesto por hidrocarbón líquido. El combustible líquido debe con una de las siguientes especificaciones:

- Detroit Diesel Allison Specifications EMS-66B o C y EMS-64G
- MIL-T-5624H, Grades JP-4 y JP-5
- ASTM D-1655-65T, Jet A, A-1 y B
- ASTM D-2880 No. GT

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Adicionalmente, para asegurar una operación satisfactoria, el combustible líquido deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Presión: 0 – 50 PSI
- Gravedad específica: 0.860 máx.
- Temperatura: 130 °F(54°C)max
- Tamaño de partículas: 10 microns max
- Concentración de partículas: 8 miligramos/gal
- Contenido de ceniza: 0.01% max
- Contenido de agua: 20 ppm max por volumen
- Viscosidad: 10 centistokes(10 centistokes =  $10 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{seg}$ ) max a la temperatura de arranque
- Contenido de sulfuro: 0.5% max
- Contenido de vanadio: 0.5 ppm max
- Sodio y/o potasio: 0.5 ppm max
- Calcio: 2 ppm max
- Cobre: 0.02 ppm max

## 2.3 SISTEMA DE LUBRICACION DE LA MAQUINA<sup>1</sup>

El principal propósito del sistema de lubricación es suministrar aceite de lubricación a los rodamientos de la turbina, rodamientos de las uniones(couplings) y a la caja de transmisión o de engranajes. Adicionalmente, el sistema de lubricación suministra presión regulada de aceite a específicos componentes del sistema de combustible para propósitos de control de velocidad de la máquina.

### 2.3.1 REQUERIMIENTOS GENERALES DEL ACEITE DE LUBRICACIÓN

Generalmente, el aceite de lubricación que contienen aditivos, deben cumplir requerimientos físicos y químicos mostrados en la tabla T-2.3.1. Cada tipo de

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1,0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



lubricante también debe cumplir requerimientos físicos y químicos únicos. El aceite lubricante no debe contener aditivos degradables debajo de 284 °F. Los aditivos del aceite deberán permanecer uniformemente distribuidos a lo largo de todo aceite a toda temperatura mayor de 284 °F.

La selección de la calidad del aceite de lubricación asegura una lubricación adecuada y larga vida útil de la turbina y sus componentes. Aceite de lubricación de petróleo, ISO VG 32(S150) es el aceite recomendado para operación normal del conjunto.

ASTM STD	OIL PROPERTIES	MINIMUM REQUIREMENTS FOR NEW OIL
D130	Copper Corrosion at 212 °F (100°C), 3 hours	Class 1b
D665	Rust Prevention, Procedure B	Pass
D892	Foam Limits, Millimeters Max Sequence 1 Sequence 2 Sequence 3	50/0 50/0 50/0
D943	Oxidation Resistance, Min No. of Hours to 2.0 Neutralization Number	2000
D1401	Emulsion Test	40-40-0 (30)
D4628	Zinc, Weight %, Max	0.005
D1744	Water, Weight, Parts Per Million, Max	200 (0.02 wt. %)

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

D1947	Load Carrying Capacity, lb/in., Min	1000
D4172	Wear Preventative Characteristic, Scar Diameter, Millimeters max (167°F [75°C] 1200 rpm, 88.1 lb [40kg], 1 hour)	0.90
D2273	Sediment Volume % Max	0.005

Table No. 2.3.1 Requerimientos físicos y químicos del aceite de lubricación

### 2.3.2 FLUJO DE ACEITE DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación suministra aceite entregado por la bomba principal de lubricación a la línea de distribución del aceite. El aceite es mantenido a presión nominal de entrada por medio de una válvula de control de presión. Presión de aceite también es suministrada al control del actuador de la Aspa guía y a las válvulas de sangrado, causando el movimiento del actuador de los pistones en respuesta a señales eléctricas desde el sistema de control.

Una válvula de control de temperatura desviará todo el aceite hasta los enfriadores hasta que la temperatura alcance un predeterminado valor. Una vez alcanzado el valor fijado la válvula gradualmente enviará el aceite a los enfriadores(tres) en proporción a la temperatura. Desde los enfriadores, el aceite fluye a través de filtros y de allí a la línea principal de distribución, y luego a varios puntos de lubricación.

El aceite que ingresa a la caja de engranajes o de transmisión pasa a través de un puerto ubicado a mano derecha de la carcasa. Fluye a través de conductos internos hasta una estructura tubular de transferencia la que conecta directamente con el rotor del compresor del rodamiento delantero y lubrica además los codos de unión del reductor. La lubricación del equipo restante como rodamientos, engranajes y accesorios de la caja de reducción a través de pasajes internos. El

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

aceite es drenado en la caja de reducción por gravedad hacia el tanque reservorio.

### 2.3.3 BOMBA DE ACEITE

Cuando empieza el ciclo de arranque, el sistema de control arranca la bomba de aceite de lubricación de respaldo(Fig. 2.6). Si la bomba de no alcanza 4 psi, el sistema de control desactiva la bomba de respaldo y arranca la bomba de pre/post lubricación(Fig. 2.7). Si esta bomba alcanza la presión de 6 psi, el sistema de control permite la secuencia de arranque de la turbina.

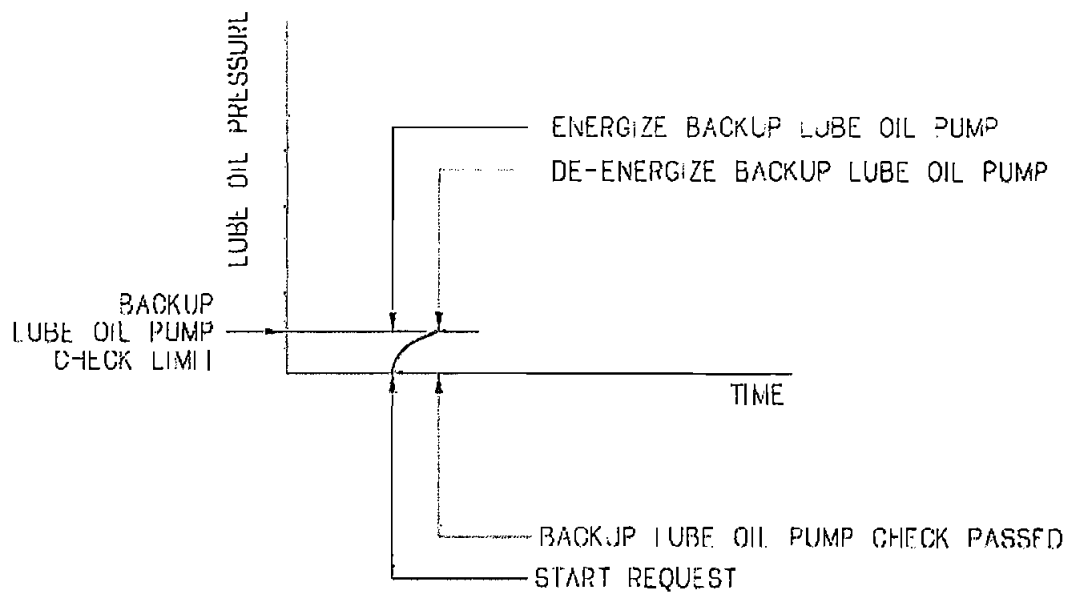


Fig. 2.6 Control de Bomba de aceite de respaldo

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

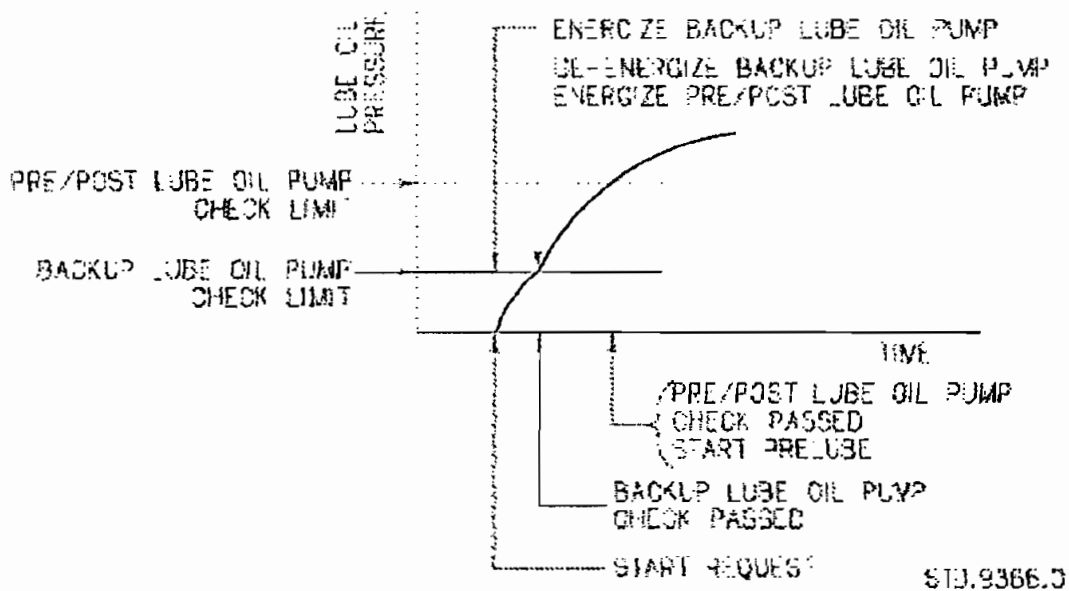


Fig. 2.7 Control de Bomba de Pre/Post lubricación

#### 2.3.4 CICLO DE PRELUBRICACIÓN

Después de que las bombas de aceite han pasado la prueba, comienza un tiempo de retardo de 60 segundos, esto permite que la bomba de prelubricación termine el ciclo de prelubricación. Cuando la presión de lubricación es mayor que el límite inferior de la presión de prelubricación un retardo de 30 segundos comienza. Durante este tiempo, la presión de lubricación no debe bajar de 6 psi, si esta presión no se mantiene, el sistema de control activa una alarma y la secuencia de arranque es abortado.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hoffinsol, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

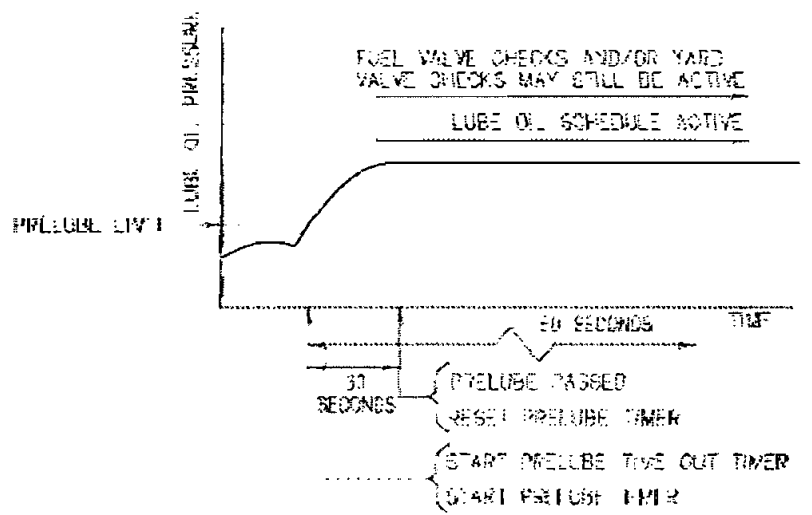


Fig. 2.8 Ciclo de Prelubricación

### 2.3.5 ARRANQUE DE LA MÁQUINA

Después de que el ciclo de lubricación está completo, se desconecta el control de la bomba de pre-lubricación cuando la turbina alcanzó la velocidad auto sostenida y la presión de aceite sea mayor a 35 psi. En este punto la bomba principal de lubricación de aceite estará suministrando la presión del sistema de lubricación en forma continua y estable. Durante la operación de la bomba principal de lubricación de aceite existen protecciones del sistema de control, si por alguna razón la presión de aceite baja del límite inferior, el sistema de control energiza la bomba de Pre-lubricación por 30 segundos, si la presión no aumente a niveles normales, una alarma de baja presión es activada y la turbina se apaga.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Holinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

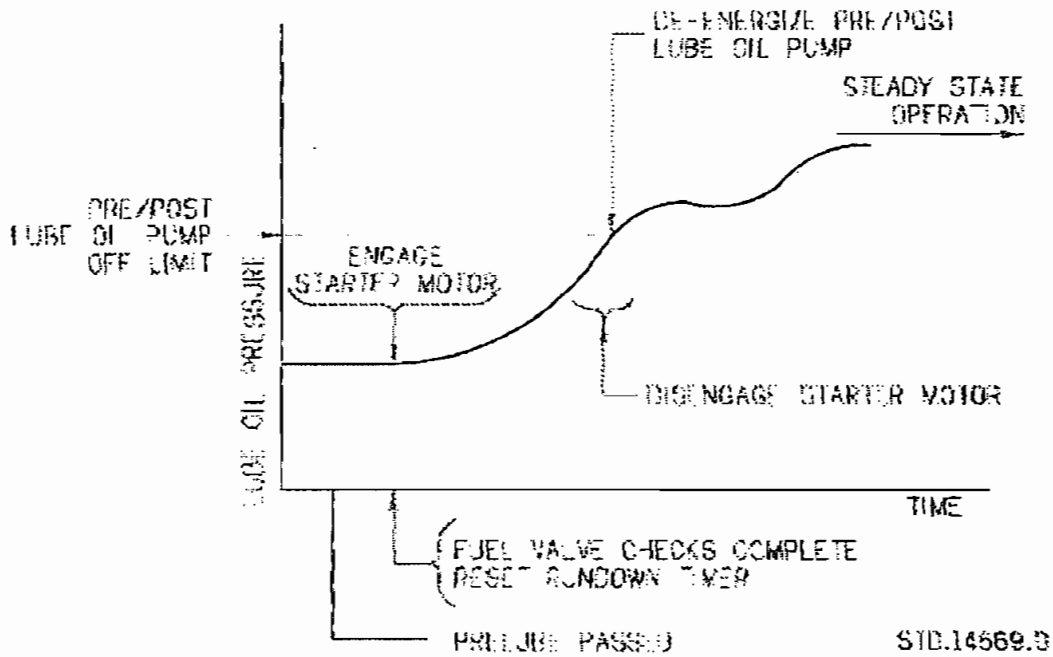


Fig. 2.9 Ciclo de Arranque – Estado estable

### 2.3.6 CICLO DE POSTLUBRICACIÓN

La bomba de Pre/Post lubricación se energiza en las siguientes condiciones:

- Cuando la presión normal del sistema de lubricación decae a valores inferiores al límite inferior, en este caso la turbina se apagará y la bomba funcionará durante 10 minutos.
- Cuando se apaga la turbina manualmente y la presión del sistema de lubricación decae a menos de 5 psi, el sistema de control energizará la bomba de Pre/Post lubricación por 10 minutos.

## 2.4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE<sup>1</sup>

### 2.4.1 INTRODUCCIÓN

El conjunto Turbina-Generador Centaur 50 tiene un sistema de combustible dual, es decir, puede trabajar ya sea con gas o con diesel. Para esto se ha

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

desarrollado un diseño especial de los componentes mecánicos, válvulas de operación y otros elementos que combinan combustible líquido y gaseoso en un solo sistema integrado.

El sistema de combustible, en conjunción con el sistema de control y el sistema de aire, programa el combustible durante la aceleración y modula el flujo de combustible durante la operación. El sistema también suministra controles de sobre temperatura y sobre velocidad a través del control del flujo de combustible e incluyen válvulas de apagado en el evento de un mal funcionamiento de las válvulas controladoras de combustible.

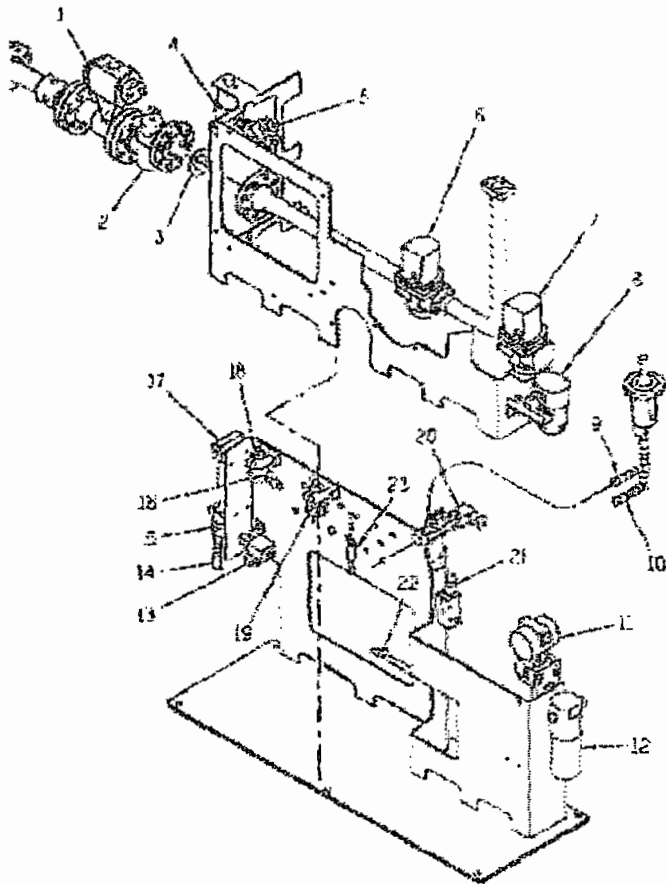


Fig. 2.10 Componentes del Sistema de Combustible

El sistema de gas combustible incluye lo siguiente:

- Ingreso de gas combustible
- Medición y control del combustible

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

- Presión piloto para operación de las válvulas de apagado.

El sistema de líquido combustible incluye lo siguiente:

- Entrada de presión de líquido
- Entrega y medición del líquido combustible
- Asistencia de aire(atomizador del líquido)

#### 2.4.2 ESPECIFICACIONES DEL GAS COMBUSTIBLE

El sistema está diseñado para permitir el arranque con gas o líquido, con subsiguiente transferencia de uno al otro y viceversa bajo carga. Existe además un completo control de fallas desarrolladas para protección de los equipos.

La selección de un satisfactorio características del gas depende de la composición física y química del combustible. Los requerimientos del gas combustible se encuentran en la siguiente tabla.

<b>Nomenclature</b>	<b>Description</b>
Gas Temperature	-40°F to 160°F (-40°C to 71°C)
Lower Heating Value of Fuel	1098 to 1342 WJ (WOBBE index). WOBBE index is equal to the Lower Heating Value in Btu/Scf divided by the square root of the specific gravity of the fuel. A WOBBE index value outside this range is acceptable with the approval of Solar Engineering.
Composition	Fuel composition shall be such that dew point at maximum engine supply pressure must be at least 10°F (5.6°C) below gas fuel supply

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Holinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



		temperature. The dew point of a gas can be calculated from the composition or determined experimentally with an instrument.
Contaminants:	a.	Total contaminants shall not exceed:  $30 \text{ ppm} \times (\text{lower heating value by weight Btu/lb} \div 21\,500 \text{ Btu/lb})$  or $30 \text{ ppm} \times (\text{lower heating value by weight MJ/kg} \div 50 \text{ MJ/kg})$ .
	b.	Particles shall not exceed 10 microns.
	c.	No entrained water in the gas is allowed: that is, no water in excess of saturation at maximum operating pressure.
	d.	The percent by weight total sulfur, including hydrogen sulfide, shall not exceed: $1\% \times (\text{lower heating value by weight Btu/lb} \div 21\,500 \text{ Btu/lb})$ or $1\% \times (\text{lower heating value by weight MJ/kg} \div 50 \text{ MJ/kg})$ .

Tabla 2.4.1 Requerimientos del gas combustible

El gas debe estar libre, humedad y sulfuros. El sistema de combustible requiere de un constante suministro de gas al rango de flujo y presión especificadas en los diagramas de instalación mecánicos. Una parte del gas suministrado es utilizado *para operar el sistema de válvulas piloto.*

### 2.4.3 ESPECIFICACIONES DEL LIQUIDO COMBUSTIBLE

Los requerimientos para líquido combustible se encuentran en la siguiente tabla.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsofi, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

ASTM Std	Item	Limits
D1796	Sediment content per quart (liter) (solid or hard contaminants)	2.6 mg maximum. 90% shall be less than 5 microns. 10 microns maximum size
D1796	Water content per quart (liter) at 80°F (27°C)	0.25 cc maximum
D445	Kinematic viscosity in Centistokes at 100°F (38° C)	12 maximum, 1 min
D1298	American Petroleum Institute (A.P.I.) gravity	Between 0.775 and 0.875
D323	Vapor pressure, maximum	3 psia (21 kpa)
D2500	Cloud point, °F (°C) below ambient, maximum	10°F (6°C)
D93	Flash point, minimum (or legal limit)	100°F (38°C)
D86	Distillation 90 percent complete Distillation complete	640°F (338°C) max 690°F (366°C)
D129	Sulfur content by weight	1% maximum
D1319	Aromatics by volume	35% maximum

\* Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Holinsolt, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

D1319	Olefins and Diolefins by volume	5% maximum
D240	Lower heating value, minimum	18 000 Btu/lb
D524	Carbon residue on 10% residuum	0.35% maximum
D482	Ash content by weight	0.005% maximum
D130	Copper corrosion after 3 hours at 122°F (50°C)	Class No. 3 (Dark Tarnish) maximum
D3605/ D3373	Vanadium content by weight	0.5 ppm maximum
D3605	Sodium plus potassium content by weight	1.0 ppm maximum
D3605/ D3359	Lead content by weight	1.0 ppm maximum
D3605/ D511	Calcium content by weight	2.0 ppm maximum

Fig. 2.4.2 Especificaciones del líquido combustible

Adicional a los requerimientos mencionados, el diesel debe ser claro, brillante, sin impurezas, y es recomendado tomar una muestra del líquido para comparar con las especificaciones deseadas.

#### 2.4.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de combustible dual está compuesto por los siguientes componentes:

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

- Válvulas selenoide piloto
- Sistema de gas combustible
- Sistema de líquido combustible
- Sistema de asistencia de aire(atomizador del combustible)
- Transferencia de combustible

#### 2.4.4.1 Válvula selenoide piloto

Durante los arranques de la turbina en vacío, con carga o en apagado, varias válvulas selenoide piloto están energizadas o desenergizadas dependiendo de la acción realizada y con el fin de aplicar presión o venteo y abrir o cerrar sus asociadas válvulas de apagado.

Cuando la válvula selenoide piloto primaria del sistema de gas es energizada, la *presión piloto abre la válvula selenoide primaria de gas combustible*, caso contrario la presión piloto se ventea y un resorte interno cierra la válvula de apagado.

Cuando la válvula selenoide piloto secundaria del sistema de gas es energizada, la presión piloto abre la *válvula selenoide secundaria de gas combustible*, caso contrario la presión piloto se ventea y un resorte interno cierra la válvula de apagado.

Cuando la válvula selenoide piloto de purga del combustible líquido es energizada, la presión piloto abre la *válvula de purga del líquido combustible*, caso contrario, la presión piloto se ventea y un resorte interno cierra la válvula de apagado.

#### 2.4.4.2 Sistema de gas combustible

El gas ingresa al sistema a través de un separador (strainer), donde una línea separada para presión piloto es desviada al filtro del gas piloto. Un transmisor de

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

presión envía una señal de control y, en base a esta señal, el sistema de control inicia una alarma, apagado o transfiere de combustible a líquido si la presión de gas está sobre o debajo del rango fijado. Además de esto se cuenta con un switch de baja presión que actúa si el valor de la presión está bajo el valor de alarma fijado, y no permite el arranque de la unidad en estas condiciones.

El gas, luego de pasar por el separador llega a un juego de válvulas selenoide(primaria, secundaria y de purga). Las posiciones de estas válvulas varían dependiendo del estado de la turbina(arranque, en funcionamiento o en parada).

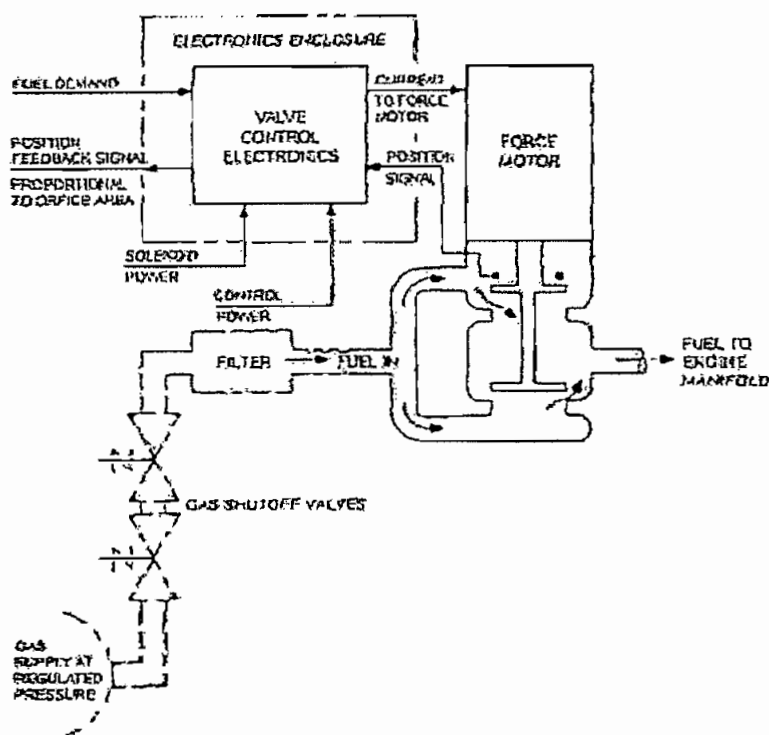


Fig. 2.11 Diagrama Simplificado de la Válvula de Gas

La válvula de control de flujo de gas se encuentra aguas debajo de la válvula selenoide secundaria, este equipo actúa como gobernador y actuador, ya que dependiendo de las señales eléctricas recibidas y enviadas al PLC comanda el flujo de gas combustible que entra a la turbina y de esta manera produce mas o

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsoř, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

menos potencia, dependiendo del requerimiento del sistema de potencia. Esta *válvula básicamente consiste de los siguientes componentes:*

- Actuador mecánico
- Conector de entrada de gas
- Conector de salida de gas
- Conector de bypass
- Circuito electrónico de control

#### **2.4.4.3 Sistema de líquido combustible**

El líquido combustible es suministrado por una bomba elevadora de presión de salida de los tanques de almacenamiento. El combustible suministra flujo a través de una válvula de transferencia hacia un elemento filtrante que posee un interruptor diferencial de presión utilizado para detectar si el filtro está sucio. Después de esto, el combustible fluye hacia una bomba de alta presión, que dispone de un interruptor de baja presión, medidores de presión y válvulas de alivio. En este punto el líquido se divide en dos ramales, el primero va hacia la válvula de control de combustible, y el segundo es un bypass utilizado para desviar el líquido cuando la turbina está operando en gas o cuando hay sobre presiones.

El diagrama de control de la válvula de líquido es similar al de la válvula de gas (ver Fig. 2.10), todo el control se lo realiza desde el PLC, el cual, al estar conectado en red con todas las turbinas en compartimento de carga, envía y recibe señales hacia la válvula que hace el papel de actuador mientras que el PLC hace el papel de gobernador.

## **2.5 SISTEMA DE ARRANQUE<sup>1</sup>**

El sistema de arranque alterno suministra la potencia inicial a la turbina. El *sistema de arranque incluye los siguientes equipos:*

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsolt, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

- Motor de arranque
- Variador de Frecuencia

Cuando el ciclo de arranque empieza, un tiempo de prelubricación es activado. Una vez terminado el ciclo de prelubricación, el sistema de control energiza el Variador de Frecuencia el cual suministra energía al motor de arranque.

Inicialmente, el variador de frecuencia suministra un voltaje de baja frecuencia al motor de arranque. Luego, en la secuencia de rampa, el variador aumenta la frecuencia para acelerar la velocidad de la turbina hasta que alcance la velocidad auto sostenida, después de lo cual el sistema de control desenergiza el variador de frecuencia y el motor de arranque se desengancha.

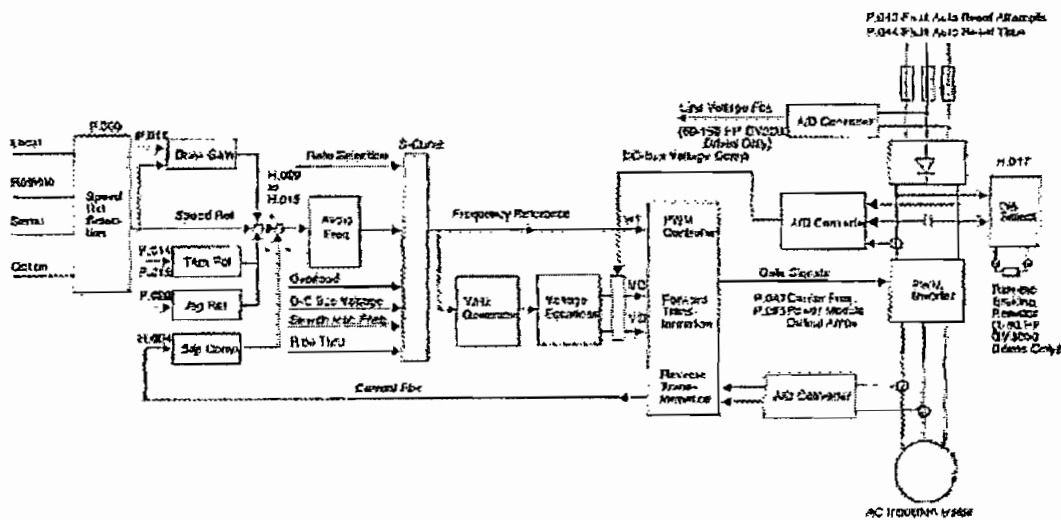


Fig. 2.12 Diagrama de bloque del variador de frecuencia

## 2.6 GENERADOR<sup>1</sup>

### 2.6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El generador está diseñado en base al concepto de alta eficiencia y rendimiento, entre sus principales características tenemos que es autoventilado, diseño a

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

prueba de ingreso de agua, construido de acuerdo a las normas NEMA. Sus principales características son:

- Potencia Activa 3100 kW
- Potencia Aparente 3875 kVA
- Corriente nominal 162 A
- Aislamiento clase F
- Temperatura de elevación máxima 90°C sobre 40°C de temperatura ambiente
- Rotor  $wk^2$  3820 lb-ft<sup>2</sup>
- Velocidad 1800 rpm
- Sobre velocidad 2250 rpm
- Flujo de aire 16000 CFM
- Rechazo al calor 430000 BTU/hora

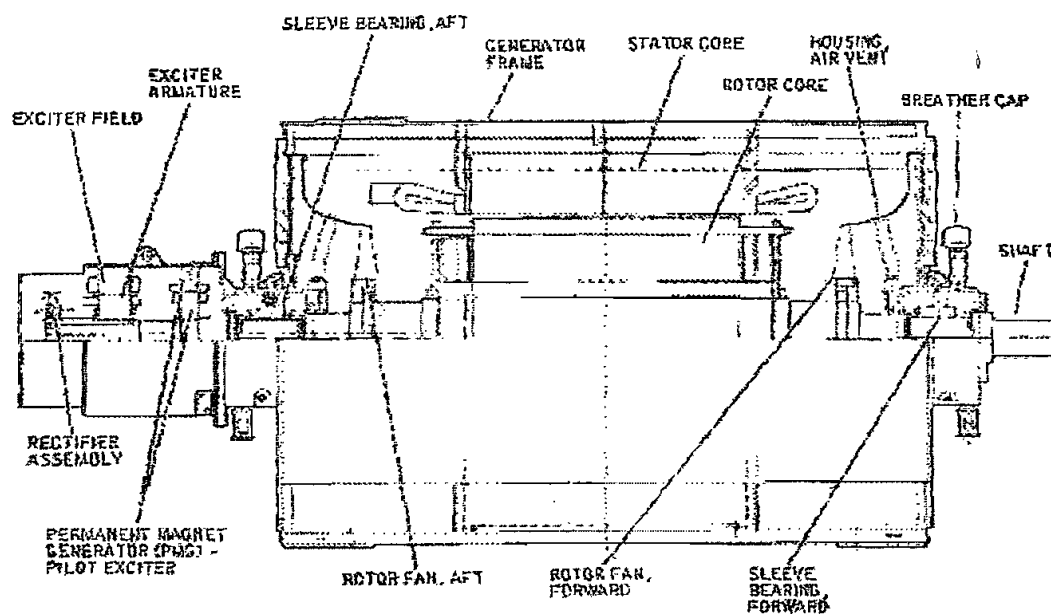


Fig. 2.12 Componentes principales del generador

El generador, excitatriz y regulador de voltaje suministran regulación de voltaje dentro del 0.5% del voltaje nominal cuando la carga varía desde no carga hasta

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsolt, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



capacidad nominal y todos los transitorios han caído a cero. El generador es capaz de tomar 150% de su carga nominal por 1 minuto con la fijación de la corriente de excitación en el rango normal, y 20% de sobrecarga durante dos horas sin causar daños del aislamiento por la elevación de la temperatura de sus devanados.

Durante la operación del generador, la potencia trifásica alterna, generada en la armadura de la excitatriz es aplicada al rectificador, donde es convertida en potencia de corriente directa. La salida dc del rectificador es entonces aplicada como corriente de excitación del campo a las bobinas giratorias del generador.

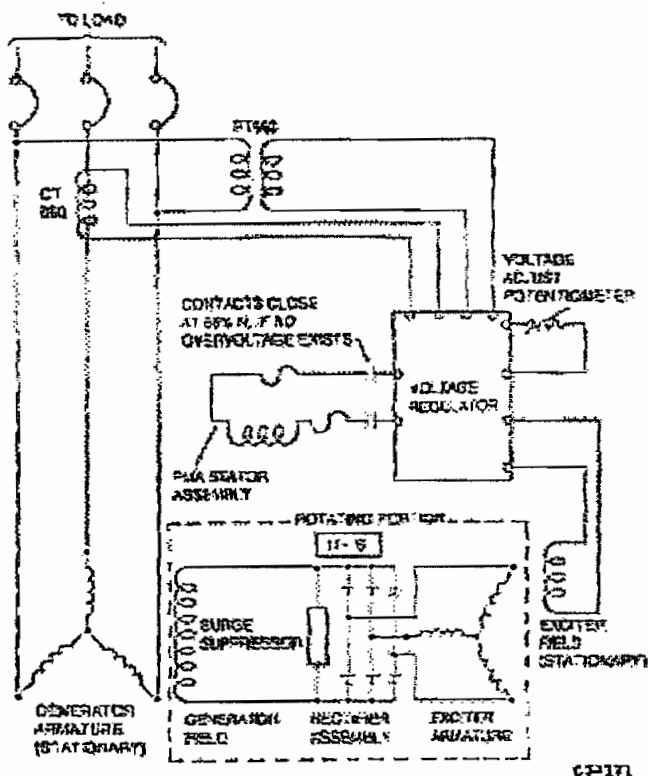


Fig. 2.13. Diagrama del Sistema Generador, Excitatriz y Regulador

Debe notarse que, con este arreglo, la bobina de campo principal del generador gira y su armadura es estacionaria, mientras que la bobina campo de la excitatriz es estacionaria y su armadura gira con el rotor del generador. Como resultado, se forma un conjunto simple giratorio compuesto por armadura de la excitatriz, rectificador de la excitatriz y la principal bobina de campo.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsof, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Como se puede apreciar en la Fig. 2.13, un transformador de potencial suministra señal de voltaje de la barra al regulador de voltaje. El voltaje de salida del generador es controlado por la corriente de campo.

Todos los generadores ac requieren corriente continua aplicada a la bobina del rotor a fin de fijar el flujo magnético necesario para la operación del generador. Debido a que la cantidad de corriente directa que es enviada al campo de la excitatriz determinará el voltaje de salida de la excitatriz que es aplicado al campo del generador, y así determinará el voltaje de salida del generador.

## 2.6.2 COMPONENTES DEL GENERADOR

### 2.6.2.1 Rotor

El rotor es dinámicamente balanceado, de tal manera que suministra mínima vibración. Dispone además de un eficiente ventilador que mueve el aire a través del generador y alrededor del rotor. Sobre el rotor está montado el bobinado de campo. El rotor está balanceado eléctricamente y mecánicamente a todas las velocidades hasta el 125% de la velocidad nominal.

### 2.6.2.2 Estator

El estator del generador está construido con laminaciones de acero de alto grado de silicón, las cuales están individualmente aisladas y fijadas a presión. Los devanados son tratados termostáticamente con barniz sintético que aseguran máxima resistencia a humedad, alta esfuerzo dieléctrico. Los devanados también son reforzados para permitir resistencia a perturbaciones en la carga como cortocircuitos y transitorios debido al arranque de motores. En el estator están instalados calentadores que suministran temperatura necesaria para evitar condensación y humedad cuando el generador no está funcionando.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

### 2.6.2.3 Eje

El diámetro del eje está construido para suministrar la rigidez necesaria y evitar problemas de torsión. Cada sistema Turbina-generador viene con un completo análisis de torsión.

### 2.6.2.4 Excitatriz

La corriente de excitación de las bobinas de campo del generador es suministrada por la unidad excitatriz y la excitatriz piloto del PGM(campo magnético permanente del generador). El generador es sincrónico, trifásico, genera corriente alterna con bobinas de campo magnético giratorio, y la unidad excitatriz montada sobre el eje del rotor.

La excitatriz tiene dos componentes básicos, un pequeño generador de ac trifásico con armadura giratoria y un rectificador trifásico de onda completa que gira junto con la armadura. La excitatriz piloto es una PMG que gira con el eje del rotor.

### 2.6.2.5 Cojinetes del generador

El generador es suministrado con cojinetes tipo manguito(Fig. 2.14), los cuales permiten el movimiento axial del rotor dentro de los rodamientos con la única limitación del contacto metal-metal entre el eje del rotor y el hombro del rodamiento.

Durante normal operación de los rodamientos, el rotor del generador se ubica en su centro magnético por la acción de las fuerzas magnéticas que actúan entre el rotor y el estator.

Las fuerzas magnéticas que centran el rotor son más fuertes cuando el generador está tomando bastante carga y es débil cuando el generador está tomando poca carga. Durante el arranque y parada, las fuerzas magnéticas son casi

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoff, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

inexistentes. Consecuentemente, fuerzas externas tienden a empujar al rotor de su centro magnético. Si el generador no es nivelado en la instalación, las fuerzas de gravedad pueden empujar al rotor de su centro magnético durante el arranque y posiblemente dañar los rodamientos del generador.

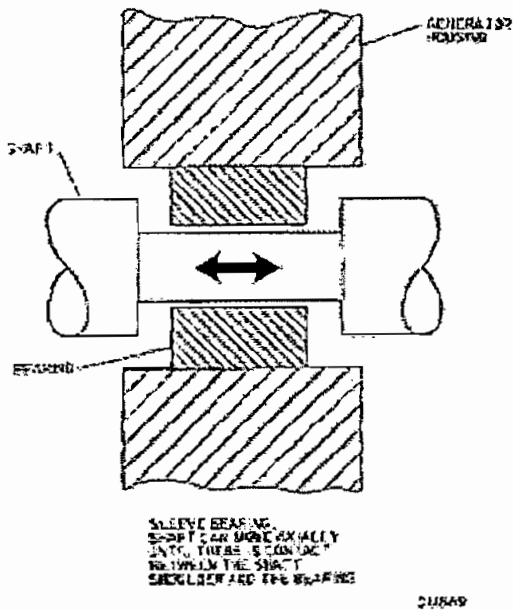


Fig. 2.14 Rodamiento tipo manga

Para proteger el rotor del generador de excesivo movimiento y del daño que puede producirse, se instala una unión limitante flotante (coupling) entre la unidad de engranajes y el generador.

## 2.7 SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO<sup>1</sup>

### 2.7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El sistema de control eléctrico opera el conjunto Turbina-Generador y sus sistemas auxiliares. Este conjunto utiliza el sistema de control Turbotronic para distribuir potencia, interfase con el operador, monitorio de las condiciones de la maquinaria y proteger al sistema de operaciones no seguras. El sistema de control secuencia el arranque, parada, controla operaciones posteriores de lubricación y protección de la maquinaria. Condiciones de operación incluyen

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

monitoreo de temperaturas, vibraciones, velocidad. Cuando los niveles de seguridad son excedidos, o cuando se pierde control, la máquina se apaga.

El sistema de control se basa en base a microprocesadores programables, controladores programables, computadora de interfase gráfica, panel de control de turbina, sistema eléctrico de respaldo, distribución de energía, equipos de control e instrumentación. El sistema viene incorporado con subsistemas de control de equipo detección de fuego y medición de gas.

Los equipos de control y soporte se encuentran localizados en una consola de control mientras que los instrumentos y aparatos de control se encuentran en la turbina y sistemas y equipos auxiliares. La Fig. 2.15 simplifica el diagrama de bloque del sistema de control eléctrico primario.

## 2.7.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

### 2.7.2.1 Controlador programable

El Controlador Lógico Programable(PLC) es el equipo que controla el arranque, operación y paradas. Utiliza programa de control con monitoreo de condiciones operativas, adquisición de datos, envía comandos a los equipos de control de velocidad, temperatura, carga y otras condiciones. Sus partes principales son: el procesador, módulos de entrada y salidas discretas, módulos de entrada y salida analógicas, módulo de adquisición de datos de rtd's, módulo de adquisición de datos de flujo, tarjeta de comunicaciones, módulo de la fuente de poder y la estructura de soporte.

### 2.7.2.2 Computadora de interfase y operación visual(OID)

La Computadora de Interfase y operación visual OID es el equipo principal de visualización, indicación y anunciación. . Es el panel de control secundario.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Mediante este equipo, el operador puede monitorear las condiciones operativas del conjunto, puede cambiar modos de operación, cambiar constantes de operación y puede imprimir. La Oid es una computadora industrial, tiene un coprocesador con interfase en tiempo real asincrónica, la pantalla es a color y tiene teclas de funciones incorporadas. La computadora y coprocesador usan sistemas de programas de comunicación, almacenamiento, proceso y visualiza datos, realiza cálculos, transferencia de datos, y funciones especiales.

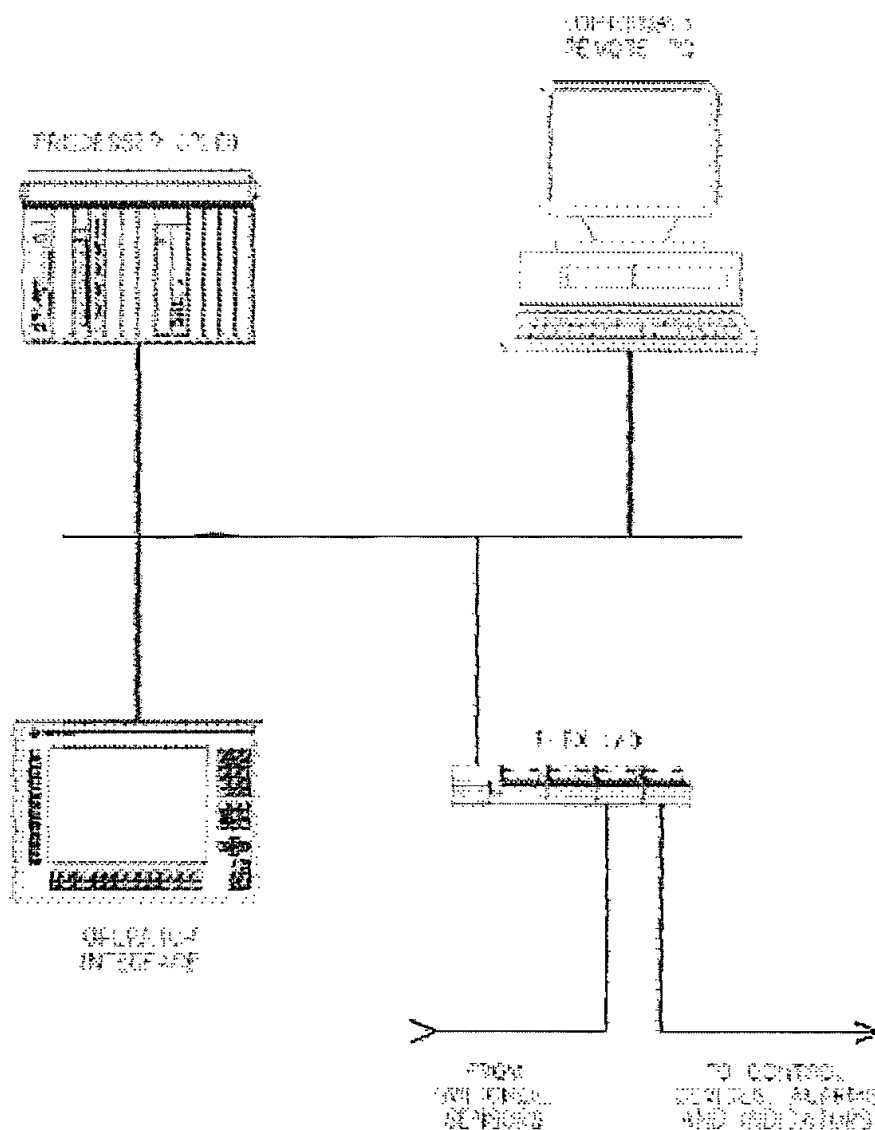


Fig. 2.15 Diagrama de Boque del Sistema Eléctrico de Control

\* Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kalo Engineering, Maintenance Schedules for Kalo generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

### 2.7.2.3 Panel de control de la turbina

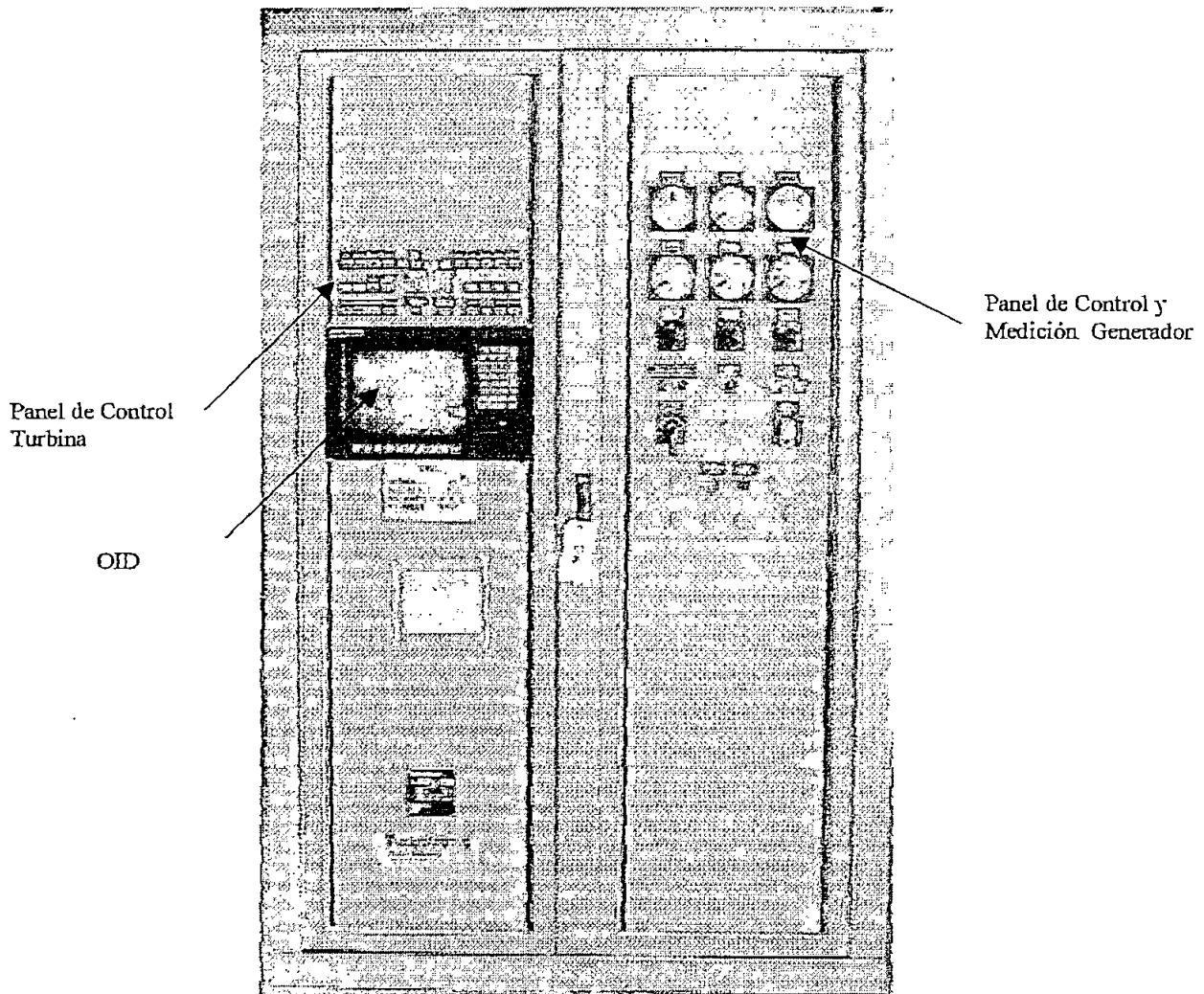


Fig. 2.16 Consola de Control del Conjunto Turbina-Generador

El panel de control de la turbina es el principal equipo de entrada de control de la turbina. A través de acción directa, el operador controla los interruptores primarios de control de funciones (reset del sistema, inicio de secuencia de arranque, control de velocidad, parada, reconocimiento de alarmas, etc). Dispone de un conjunto de lámparas anunciadores de alarmas. Las salidas de los interruptores se conectan al procesador y relés de respaldo a través de conexiones con cables.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

#### 2.7.2.4 Control y medición del generador

El sistema de control y medición del generador controla la carga y modo de operación, y monitoreo funcionalidad. El sistema es controlado desde el panel de medición del generador ubicado en la consola de control.

#### 2.7.2.5 Respaldo de control

El sistema de control inicia la parada de emergencia de la turbomáquina y la secuencia post lubricación. Las señales que activan el sistema de respaldo de control son:

- Sobre velocidad
- Interruptor de parada manual de la turbina ubicado en la turbina, en la sala de control o remoto
- Falla del microprocesador
- Señal de fuego

Una vez activado el sistema de control de respaldo, se activan un juego de relés de tiempo e instantáneos para comandar el apagado seguro de la turbina y el ciclo de post lubricación.

#### 2.7.2.6 Equipos de control e instrumentación

Los equipos de control e instrumentación suministran suministra comunicación *entre los sistemas eléctrico y físico*. Los instrumentos, la mayoría de ellos sensores, monitoreo de sistemas físicos, incluyen presiones de gas y líquido, temperatura, flujo, sensores de nivel, vibración, velocidad y posición. Los datos *físicos son convertidos y enviados al PLC*.

Los equipos de control consiguen entradas a través de los módulos de entrada / salida del PLC y sistema de respaldo y *cambian las condiciones del sistema físico*.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



Estos controles incluyen actuadores eléctricos, hidromecánicos, válvulas selenoides y arrancadores de motores.

#### **2.7.2.7 Alimentación del sistema de control**

Todo el sistema de control utiliza 24 voltios de corriente directa. Para esto, el sistema de control dispone de los siguientes equipos: baterías, cargador de baterías, rectificador de onda completa y panel de distribución DC. La energía alterna es una entrada del rectificador, el cual transforma la corriente AC a DC a través de un juego de tiristores y alimenta al panel de DC. Cuando no está disponible la energía AC, las baterías suministran energía al panel de distribución. El rectificador tiene elementos de monitoreo y control para detectar problemas de voltaje, en las baterías o en componentes internos.

#### **2.7.2.8 Sistema de detección de fuego y gas**

El sistema de control suministra protección al equipo a través de un sistema de *monitoreo de gas y fuego localizado en puntos estratégicos del conjunto Turbina-Generador*. Cuando alguno de los sensores detecta fuego, se activa un sistema de descarga de CO<sub>2</sub> a los compartimientos.

Cuando los sensores detectan fuego o gas se activan señales de alarma y se inicia secuencia de apagado. Los sensores de fuego del tipo UV (ultravioleta), los sensores de gas son sensores catalíticos. El sistema está equipado con focos indicadores.

#### **2.7.2.9 Sistema de monitoreo de vibración**

El monitoreo de vibración es un subsistema del PLC, son tarjetas de entrada y salida conectadas al chasis del PLC, el sistema incluye un módulo de monitoreo de 6 canales. Cada sistema de monitoreo mide hasta 24 canales de desplazamiento, posición real, velocidad o aceleración. Están instalados canales

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Holinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

individuales de condiciones normales, alarmas y apagado, los cuales se muestran en la pantalla principal de control.

### 2.7.3 SECUENCIA DE ARRANQUE DEL TURBOGENERADOR

La secuencia de arranque del turbogenerador es la siguiente:

1. El arranque de la turbina se lo hace desde la consola de control ubicadas en el *nuevo cuarto de control de Turbinas*, es decir en forma local, para esto gire el selector de tres posiciones OFF/LOCAL/REMOTE a la posición LOCAL.
2. La luz piloto READY se iluminara siempre y cuándo todas las fallas sean despejadas. Si existen fallas no despejadas presione los pulsadores ACKNOWLEDGE y RESET. Si persiste alguna falla, llamar a mantenimiento para el respectivo chequeo. La turbina solo podrá arrancar cuando la luz piloto READY este encendida
3. Seleccionar como combustible gas presionando el pulsador de GAS/LIQUID se encenderá la mitad superior del pulsador indicando que el combustible es gas. Si desea arrancar a diesel, presione otra vez el pulsador y se encenderá la mitad inferior del indicador.
4. Presione el pulsador START. Ocurrirán los siguientes eventos:
  - a) La luz piloto STARTING comenzará a titilar. La bomba de respaldo de postlube es chequeada para operación. Arranca la bomba de pre/post lube, comienza chequeo de secuencia del gas combustible, el motor de arranque es energizado, el ventilador de enfriamiento es energizado.
  - b) Después de 30 segundos del ciclo de prelubricación, comienza secuencia de arranque de la turbina.
  - c) Una vez el arrancador de la turbina alcanza el 15% de la velocidad, activa un temporizador de purga, suministrando un período preseleccionado de purga de gases a través del escape.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Holinsolt, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

- d) Una vez terminada la purga, el gas ingresa a los inyectores y se mezcla con el aire, unos segundos después se produce la ignición y el ciclo de combustión comienza. La luz del STARTING deja de titilar y permanece iluminada.
- e) La máquina continua acelerando, a los 400 °F el control del PLC desactiva la señal de ignición y se activa la rampa de combustible.
- f) Al 66% de la velocidad se producen los siguientes eventos:
- La presión de la bomba del sistema de lubricación de la máquina-generador se incrementa.
  - El control del PLC desactiva al motor de prelubricación.
  - El control del PLC desenergiza al arrancador y comienza su ciclo de enfriamiento.
  - El regulador de velocidad es energizado.
  - El sistema de monitoreo de vibración es activado
  - El contador del horómetro de la máquina comienza a registrar el tiempo
  - La luz indicadora STARTING se apaga y se anuncia RUNNING en la pantalla de control.
- g) La velocidad de la máquina se incrementa al 90%. El circuito de medición de velocidad asume completo control del combustible por medio de la señales del actuador.
5. Aproximadamente diez segundos después de alcanzar el 90% de la velocidad, los alabes se abren y la máquina incrementará su velocidad hasta el 100%. La luz indicadora READY TO LOAD se encenderá. El generador está listo para entregar potencia
6. Cuando se aplica carga a la turbina, ON LOAD se activará en la pantalla de control de la turbina.
7. Chequear los parámetros de la turbina. Se debe realizar una inspección visual al interior de la turbina para detectar posibles fugas(ver notas adjuntas).
8. Seleccione el modo de operación de la velocidad ISOCH o DROOP. Es recomendable arrancar en modo ISOCH y después si la operación lo requiere cambiar a DROOP(ver notas adjuntas).

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofsosoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

9. Antes de proceder a la sincronización, compruebe que las protecciones del interruptor se encuentren despejadas, caso contrario no se podrá sincronizar la turbinas con el sistema.
10. La sincronización de la turbina se la puede realizar en forma LOCAL o REMOTO.

SINCRONIZACION LOCAL: Desde la consola de control de cada turbina.

- Gire selector OFF/LOCAL/REMOTO en LOCAL.
- Ajuste el voltaje del generador ligeramente arriba del voltaje de barra, aproximadamente de 20 a 30 voltios mediante el giro del interruptor GENERATOR VOLTAGE ADJUST (si el voltaje de barra es 4180 V, el voltaje del generador debe ser 4200 aprox.).
- Presione el pulsador AUTOMATIC SYNCHRONIZE INITIATE. La luz indicadora del pulsador se encenderá y comenzará la secuencia de sincronización.
- Una vez alcanzadas las condiciones de sincronismo, se cerrará el interruptor y la turbina se conectará al sistema.
- Controlar la potencia reactiva con la ayuda del switch GENERATOR VOLTAGE ADJUST.

SINCRONIZACION REMOTA: Desde la computadora en la sala de control .

- Gire selector OFF/LOCAL/REMOTO en REMOTO.
- Ajuste el voltaje del generador ligeramente arriba del voltaje de barra, aproximadamente de 20 a 30 voltios con los botones volts up/volts down.
- Presione el botón Auto Sync.
- Una vez alcanzadas las condiciones de sincronismo, se cerrará el interruptor de potencia y la turbina se conectará al sistema.
- Controlar la potencia reactiva con los botones volts up/volts down.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsol, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

La turbina tiene dos modos de operación y manejo de la carga que son:

- Droop
- Isoch

Cuando la turbina arranca con el selector en "Isoch", trabajará en compartimiento de carga, pero proporcional a la su capacidad máxima que es 4200 kW. Es posible incrementar la carga un pequeño porcentaje a través de los controles de velocidad, pero no es recomendable debido a que tiende a desestabilizar el sistema.

Cuando la turbina arranca con el selector en "Droop", la turbina no está trabajando en compartimiento de carga sino con carga base, tomará una carga entre 200 y 250 kW dependiendo de la carga del sistema. Una vez estabilizado el sistema, la única forma de incrementar o disminuir la carga en esta turbina es a través de los controles velocidad. El operador puede incrementar carga hasta que la temperatura T5 llegue a 1225 °F(entre 3800 y 3900 kW), la temperatura de S/D es 1330°F.

En estas condiciones, si una turbina se apaga, la carga se repartirá proporcionalmente entre las restantes turbinas que estén en compartimiento de carga, mientras la carga en la turbina en Droop mode será la misma con pequeñas variaciones dependiendo de la estabilidad de la frecuencia.

Para transferir el modo de carga en las turbinas Solar de "droop mode a isoch" o desde "isoch a droop" seguir el procedimiento descrito a continuación:

Para cambiar el modo de operación de Droop a Isoch seguir el siguiente procedimiento:

1. Baje la carga hasta 500 kW.
2. Abra el interruptor de conexión de la turbina a la barra.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial

3. Cambiar la unidad de Droop a Isoch presionando el pulsador "Isoch/Droop" ubicado en la consola de control de la turbina.
4. Sincronice nuevamente la turbina.
5. Nunca cambiar de Droop a Isoch cuando el generador está entregando potencia, porque esto causaría un desequilibrio en la frecuencia del sistema.

Para cambiar el modo de operación de Isoch a Droop seguir el siguiente procedimiento:

1. Este cambio se lo puede realizar sin necesidad de bajar carga o abrir el breaker. Para proceder al cambio, presionar el pulsador "Isoch/Droop".
2. Incrementar la carga en la unidad con la ayuda de los botones "speed up" en el cuarto de control cuando el control está en REMOTE o "INCREASE" desde la consola de control de la turbina cuando el control está en LOCAL. Recordar que se puede aumentar la carga hasta que la temperatura en los combustores sea de 1250 °F máximo.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## CAPITULO III: TEORÍA DEL MANTENIMIENTO

### 3.1 INTRODUCCIÓN<sup>11</sup>

Todo proceso industrial emplea el capital en instalaciones, maquinaria y mano de obra, con el fin de manufacturar un producto dentro de la calidad deseada a un nivel de acuerdo con el mínimo costo y alta productividad.

Estas condiciones se consiguen con un buen mantenimiento, obteniendo el mayor tiempo en servicio las instalaciones y utilizando la maquinaria a plena capacidad. Por cuanto el mantenimiento es el cuidado, es la renovación y el reemplazo de las partes desgastadas, averiadas y obsoletas de máquinas, equipos, herramientas y edificios que suelen adolecer de importantes defectos de proyectos, construcción, montaje y utilización.

El propósito del mantenimiento es de asegurar una adecuada confiabilidad operacional y seguridad personal al mínimo costo, puesto que un excesivo mantenimiento lleva a gastos innecesarios, mientras que mantenimientos insuficientes nos lleva a accidentes, pérdidas de producción y altos costos de reparación.

Debido a esto, la filosofía del Mantenimiento se basa en la confiabilidad, asegurando:

- Recomendaciones de mantenimiento diseñado por el fabricante.
- Realizar esfuerzos para conseguir componentes de vida prometidos por fabricante.
- Investigación y eliminación de fallas por causas no justificadas.
- Solución de problemas llevadas a cabo por una comisión de investigación para alcanzar altos niveles de mantenimiento, productividad y calidad.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofsinsolt, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

### 3.1.1 CAMPO DE ACCIÓN

Vale anotar que el campo de acción de las actividades del mantenimiento industrial, varía en cada industria y depende del tamaño y actividad de esta. La única manera de asegurar una efectividad es disponiendo de un sistema de control de mantenimiento, el mismo que se formará a base de:

- Inventario y registros de la maquinaria y de la planta
- *Registros del personal de la planta*
- Inventario de repuestos y materiales
- Archivo de costos de mantenimiento
- *Un programa de mantenimiento preventivo*
- Reglas para el ordenamiento del trabajo de mantenimiento.

Además se debe llevar:

- *Un registro de equipo*
- Una lista de comprobación
- Un programa de inspección
- *El costo de mantenimiento*

En el registro del equipo debe constar:

- *Las características técnicas de sus componentes o piezas*
- Un historial de averías
- Un historial del mantenimiento preventivo
- *Un registro de las piezas de recambio, de utilización máxima y mínima*

En el costo de mantenimiento debe constar:

- *El valor de equipo conservado*
- La cantidad de producción en peso, volumen etc
- El costo total de producción
- *El costo total de conversión*

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoff, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Maríñez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



Los Directivos de algunas empresas, suelen estar preocupados por los presupuestos de gastos, de inversiones para desarrollo, las amortizaciones y otros, sin prestar atención al "Servicio de mantenimiento".

Las posibles razones de esta situación resulta generalmente de la estructura y política contable que no separa convenientemente las cuentas para resaltar los costos de mantenimiento.

Para el mantenimiento de una maquinaria, se requieren de gastos que no siempre se encuentran en los libros de contabilidad, de donde se determina la poca importancia que se le da, debido a la falta de precisión en la definición, por esta razón decimos que mantenimiento es esto:

- Cuando todo va bien, nadie recuerda que existe
- Cuando algo anda mal, dicen que no existe
- Cuando es para gastar, se dice que no es necesario
- Pero cuando realmente no existe, todos concuerdan que debe existir.

### 3.1.2 FUGAS DE DINERO POR PARADAS IMPREVISTAS

El costo de mantenimiento es probablemente el factor de mayor estímulo en un negocio. Si tuviéramos bastante dinero con respecto al mantenimiento, podríamos desmontar las máquinas para reemplazar las piezas con unidades de la mas alta calidad total posible.

Tendríamos realmente una sección de mantenimiento que definitivamente *facilitaría nuestro trabajo logrando también una mayor duración de los equipos* contra fallas imprevistas, por ejemplo, las paradas imprevistas originan:

- Pérdidas de producción
- *Incremento de costos*
- Falta de cumplimiento en la programación y entrega
- Problemas en la competencia
- Problemas legales

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

En el mejor de los mundos que es el mantenimiento programado total, debe *ponerse empeño en planear, evaluar y estructurar aunque siempre ocurren fallas de mantenimiento no programadas.*

Lo mejor que puede pedirse de un programa de mantenimiento, es una *combinación de mantenimiento total programado y no programado.*

Una fuente valiosa de información concerniente a la maquinaria es el *catálogo de instrucciones* que vienen en el mismo, el cual ofrece informaciones básicas *necesarias con respecto al funcionamiento y mantenimiento del equipo.*

El *catálogo de instrucciones*, usualmente presente información sobre *mantenimiento preventivo*, aunque esto no varía de un fabricante a otro. Por ejemplo, señalará que la bomba tiene que lubricarse y utilizar cierta viscosidad, algunos fabricantes inclusive recomiendan cambiar de aceite cada mes.

*Que la temperatura de los cojinetes tiene un límite que puede ser de 180°C en el casquillo del cojinete a otra temperatura muy distinta en el aceite.* Contienen también instrucciones acerca de la calibración, apriete o ajuste de varios componentes. *Planee, estructure y evalúe el programa de mantenimiento para que se ayude y pueda hacerlo frente a las paradas imprevistas.*

En una falla imprevista, debe hacerse una revisión de esta, o al poco tiempo se *producirá otra falla.* Cuando se hace una revisión de la falla, se debe realizar un buen informe de la inspección, indicando en lo posible en un cuadro de lo que representa la falla, para luego hacerse ciertas preguntas que lo ayudarán a *determinar si debe reemplazarse o repararse la pieza con falla, por cuanto todo equipo en malas condiciones producen productos de baja calidad y operaciones en condiciones inseguras.*

### 3.1.3 IMPORTANCIA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es importante por abarcar un conjunto de acciones que se *realiza en una máquina o en una instalación para obtener un buen funcionamiento y prolongar su vida útil.*

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Además es importante para mantener la productividad de una empresa a niveles competitivos y rentables, por cuanto en la producción, toda máquina requiere de calibraciones, y éstas tienen la misma finalidad de colaborar en la perfección de sus movimientos para la obtención de un producto que se cumplan con las exigencias para las cuales fueron diseñados.

Si una máquina no tiene mantenimiento necesario y si sus programas de chequeo, lubricación no fueron cumplidos, empiezan las calibraciones a perder sus ajustes iniciales dando como consecuencia fallas en los productos terminados o paradas de equipo no programadas, por tanto es necesario controlar:

- a. Las reparaciones imprevistas
- b. Los tiempos imprevistos
- c. Los desperdicios de materia prima, productos en proceso y terminados
- d. Los materiales y repuestos utilizados en la reparación
- e. La seguridad de los trabajadores
- f. La mano de obra en el servicio de mantenimiento
- g. Los costos

### 3.1.4 DURACIÓN DE LA MÁQUINA EN FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO

No existe una máquina que no necesite mantenimiento, toda máquina por mas simple o compleja que sea, necesita de un cuidado durante su funcionamiento y chequeos periódicos cuando está en movimiento.

Según el mantenimiento que tenga la máquina, la vida útil se prolonga o disminuye. Los fabricantes tienen especial cuidado en dar cierta garantía en la vida útil de una máquina, siempre y cuando sean cumplidas a cabalidad las recomendaciones de chequeos, lubricaciones y otros.

## 3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO<sup>11</sup>

Se definen básicamente tres tipos de mantenimiento:

### 1. Mantenimiento Correctivo.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsořt, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial

2. Mantenimiento Preventivo.
3. *Mantenimiento Predictivo.*

### 3.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Comienza en el daño de la máquina por haber sufrido deterioro o descalibración, poniéndose fuera de servicio por dejar de producir, tomándose luego acciones correctivas para poner en servicio nuevamente el equipo.

Por buen sistema de mantenimiento que dispongamos, siempre existirá una falla no programada. Debido a esto es importante registrar toda la información acerca de lo ocurrido y realizar una investigación exhaustiva de porqué se produjo la falla. Esta información será de gran utilidad para prevenir fallas repetitivas.

### 3.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es un sistema orientado a evitar averías y paralizaciones imprevistas de maquinarias mediante la realización de actividades periódicas en todos los equipos.

El objetivo de este mantenimiento, es el de mantener la maquinaria y equipo en buenas condiciones de operación, de tal manera que se eviten las averías y así las reparaciones de emergencia sean mínimas, basándose en las siguientes operaciones:

- Lubricaciones
- *Inspecciones periódicas*
- Ajustes
- Reparaciones menores planificadas
- Reparaciones mayores planificadas

Los requisitos para implementar el mantenimiento preventivo programado son:

#### 1. Mano de Obra Necesaria

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

2. Lista de Equipo debidamente identificado
3. *Pleno conocimiento del proceso y distribución de la planta*
4. Sistema de órdenes de trabajo de mantenimiento
5. Sistema de planeación y programación del trabajo de mantenimiento
6. *Disponibilidad de taller de mantenimiento debidamente equipado*
7. Bodega de materiales y partes de repuestos de mantenimiento

#### Consideraciones preliminares:

1. Donde comienza el programa
2. Evaluación de equipos críticos para la producción
3. Lista de repuestos indispensables
4. Planificación de fechas de realización de trabajos

#### Estableciendo el programa:

1. Establecer responsabilidades, asignar al responsable del programa
2. Comenzar con una sección o departamento
3. Establecer un sistema de inspecciones y frecuencias de las mismas con reportes de observaciones y reporte de resultados.

#### Refinación del sistema:

1. Estudiar registros históricos
2. Ajustar frecuencias de las inspecciones y reparaciones mayores
3. Modificar equipos o partes que requieren reparaciones repetitivas
4. Eliminar aquellos equipos del sistema de mantenimiento preventivo que compruebe que este no es económico o necesario.

Las ventajas que se obtienen de implementar un programa de mantenimiento programado son:

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

1. Ayuda a reducir las paralizaciones imprevistas de la maquinaria y la *pérdida de ingresos, localizando el problema con anticipación*
2. Advierte sobre las correcciones necesarias de mantenimiento y del cambio de pequeñas piezas oportunamente, evitando que el pequeño problema se *convierta en un desastre.*
3. Le da un método para verificar la efectividad de las reparaciones o reconstrucciones
4. *Ayuda con el tiempo suficiente de anticipación para la adquisición de materiales o de todos los repuestos necesarios para el mantenimiento.*
5. Ayuda a reducir el tiempo de reparación, ya que al técnico se *de el diagnóstico del programa para que vaya directamente a la parte del equipo que está fallando, de esta manera se evita la pérdida de tiempo que lleva el análisis de falla.*
6. *Disminuye el riesgo de daños secundarios en el equipo permitiendo una mayor utilidad de la mano de obra.*
7. Se da una mayor utilización de los materiales y control de inventarios, *a través del trabajo esquematizado.*
8. Mantiene las máquinas en operación a máxima capacidad con la *consiguiente alta producción*

Existen dos medios de ayuda para el mantenimiento preventivo que son los formatos de registro e historia de la máquina.

El registro de la máquina es un formato que lleva toda la información técnica de datos necesarios como son nombre, tipo, modelo, serie, capacidad, etc. La cantidad de datos será de acuerdo a la naturaleza de la máquina.

La Historia de la máquina es un formato que contiene todo el trabajo realizado en la máquina, como cambios o adaptaciones, con la fecha y los materiales utilizados, además debe ir el nombre de la persona que ejecutó la reparación, ya que esta hoja de vida nos ayudará para un mejor control del mantenimiento.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hojinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

### 3.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El objetivo del mantenimiento basado en las condiciones del sistema o predictivo es habilitar el manejo del mantenimiento para coordinar trabajos esenciales en maquinas o equipos solo cuando sean realmente necesarios. De esta manera no se producirán pérdidas de producción, de tiempo y dinero en mantenimientos innecesarios de equipos.

Actualmente la tendencia es reducir mantenimientos planificados al mínimo mientras se incrementa el mantenimiento basado en las condiciones del equipo reduciendo así cuantiosos trabajos de mantenimiento y al mismo tiempo incrementando la disponibilidad de la maquinaria.

El objetivo del mantenimiento es determinar el intervalo óptimo de mantenimiento, en el cual interviene el equipo. Existen dos formas de realizar este análisis:

1. Análisis Estadístico
2. Análisis en base a las condiciones del equipo

El análisis estadístico es aplicable cuando existe en una instalación una cantidad apreciable de quipos con las mismas características, que puedan ser calculados como un universo para el cálculo de probabilidades.

Al análisis en base a las condiciones del equipo es aplicable en instalaciones con equipamiento diverso y la determinación del punto óptimo se lo realiza en base a los síntomas que éste presenta, generalmente con la ayuda de equipos de monitoreo y análisis de muestras los mismos que nos permiten determinar el grado degenerativo al que ha llegado el parámetro que esta siendo monitoreado y que nos sirve de referencia.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoff, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Las principales magnitudes a ser inspeccionadas son:

- Aceite de lubricación: Las muestras de aceite se las tomas luego de cada cambio. Si las condiciones físicos, químicas de la muestra permiten seguir utilizando ese aceite por más tiempo, el período de cambio se puede extender. Este estudio toma tiempo, análisis de pruebas y registro de la información hasta alcanzar el periodo óptimo de cambio.
- Monitoreo de Vibración: Este monitoreo puede ayudarnos a prevenir la mayoría de fallas en las máquinas y reducir el costo de indisponibilidad. Las vibraciones son consecuencia de la transmisión de fuerzas por la máquina, que provocan su desgaste y acelera roturas. Los fabricantes actualmente suministran información de niveles aceptables de vibración y sus respectivos espectros, los cuales varían cuando empieza a surgir una avería. El éxito del monitoreo de vibraciones es el análisis que debe realizarse periódicamente.
- Cálculo de la eficiencia de la turbina en base de la medición de temperatura y diferencial de presión en filtros de entrada de aire. Esta información es importante, ya que se puede calcular el periodo óptimo de lavado de la turbina.
- Determinación de puntos calientes(termografía). Esta técnica permite la medición de temperatura a distancia y extiende la visión humana a través del espectro infrarrojo. A través del análisis termográfico se puede determinar diferencia de temperaturas en componentes eléctricos permitiendo la cuantificación de pérdidas energéticas originadas por un mal aislamiento o mal contacto.

El análisis predictivo necesita de una base de datos con la información del monitoreo de los parámetros antes mencionados, muchas veces están sujetos a la experiencia del planificador y a sugerencias del fabricante.

El monitoreo de vibraciones puede ayudar a prevenir la mayoría de fallas en las máquinas y reducir el costo de indisponibilidad. Las vibraciones son consecuencia de la transmisión de fuerzas que

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoff, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



### 3.3 DISEÑO COMPUTARIZADO PROGRAMA DE MANTENIMIENTO<sup>6</sup>

#### 3.3.1 OBJETIVO Y ALCANCE

Las herramientas computacionales disponibles en la actualidad nos permiten desarrollar programas de mantenimiento computarizados, los cuales nos permiten:

1. Disponer de una sola fuente de información
2. Mejorar en la toma de decisiones
3. Mejorar en la utilización de recursos
4. Reducción de hojas de papel de trabajo innecesario.

Al planificar el programa de mantenimiento computarizado se debe tener en cuenta *los siguientes alcances:*

- Implementar una base de datos de equipos
- *Planificar y programar el mantenimiento*
- Control del trabajo
- Reportes
- *Datos Históricos*

#### 3.3.2 IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS

Para mantener al equipo es necesario conocerlo y ubicarlo. Debido a este es necesario realizar las siguientes actividades:

- Construir una base de datos exhaustiva de todos los equipos disponibles en la planta.
- Suministra identificación única de sistemas y subsistemas (identificación física).
- Suministra agrupamiento de equipos en base a su tipo y subtipo

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Cada equipo tiene una identificación única que lo represente, debido a esto cada equipo se lo identifica con los siguientes parámetros:

- Equipo ID
- Area
- Clave del Equipo

Además cada equipo necesita la siguiente información:

- Descripción del equipo
- Número de Serie
- Número de Parte
- Modelo
- Especificaciones Técnicas

### 3.3.3 GRUPOS DE MANTENIMIENTO

Es necesario identificar el grupo de mantenimiento al que pertenece cada equipo. Un mismo equipo puede tener uno o más grupos de mantenimiento, por ejemplo, un motor tiene dos grupos de mantenimiento que son el eléctrico y el mecánico. Esta característica permitirá utilizar efectivamente la parada de un equipo y realizar trabajo en los equipos asociados. Los registros asociados en esta opción son:

- Departamento ID
- Descripción del Departamento
- EquipoID asociado

### 3.3.4 IDENTIFICACIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

Una vez realizado el levantamiento e identificación de equipos, necesitamos conocer que trabajos de mantenimiento se van a realizar en los equipos, para esto

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

es imperativo implementar una base de datos de tipos de mantenimiento y sus procedimientos.

En esta parte es fundamental contar con la información de las recomendaciones del fabricante. Los registros que deben ser llenados en esta opción son:

- Procedimiento ID
- Equipo ID asociado
- Descripción del trabajo
- Procedimientos

### 3.3.5 IDENTIFICACIÓN DE REPUESTOS

Esta base de datos mostrará todos los repuestos de un equipo y su correspondiente stock, los registros que deber llenarse son los siguientes:

- Repuesto ID
- Descripción del Repuesto
- Número de parte
- Modelo del equipo asociado
- Especificaciones técnicas
- Fabricante
- Distribuidor
- Stock
- Cantidad mínima en bodega
- Cantidad máxima en bodega
- Datos del Distribuidor

### 3.3.6 MANO DE OBRA Y HERRAMIENTAS

Esta base de datos es fundamental a la hora de planificar los trabajos, ya que a través de esta opción se programará quién realizará el trabajo y las herramientas

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsolf, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

que necesitará. Los registros asociados a la base mano de obra son los siguientes:

- Mano de Obra ID
- Descripción .
- Costo por hora.

Los registros asociados a la herramientas son los siguientes:

- Herramienta ID
- Descripción
- Costo por hora

### 3.3.7 GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Esta opción representa una guía de solución de problemas, basándose en los datos del fabricante, pero más se basa en la experiencia del personal de mantenimiento. Los registros asociados en esta opción son:

- Equipo asociado
- Descripción de la falla
- Porqué se produjo la falla
- Solución de la falla

Esta opción es parte del mantenimiento correctivo

### 3.3.8 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

#### 3.3.8.1 Objetivos

- Liderar una mejora de funcionamiento en relación con las oportunidades disponibles.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Holinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

- Ayudar a la organización del mantenimiento para alcanzar las metas *propuestas*.
- Suministra administradores especialistas con información rápida, para la toma de decisiones efectivas en el sitio.
- *Menos costos de mantenimiento en ajustes ordinarios comparados con reparaciones no planificadas.*

### 3.3.8.2 Mantenimiento preventivo

Una vez que se ha identificado el equipo y el trabajo a ser realizado este módulo ayuda definiendo los vínculos a los equipos y trabajos y define la frecuencia, fecha de inicio de trabajos, personal, recursos, material requerido para los trabajos, etc., donde la fecha de inicio de trabajos determinará el punto de inicio de ciclo de mantenimiento.

Adicionalmente personal, materiales y herramientas especiales requeridas pueden ser capturadas en esta entrada. Estos detalles están adheridos en las HSE (Hoja de servicio de equipos) si ya están definidos y además son reajustables.

Estas entradas forman la base en la cual los trabajos de mantenimiento preventivo son programados.

Los datos que deben ser ingresados en esta base de datos son los siguientes:

- Equipo ID
- Descripción de mantenimiento ID
- Frecuencia de mantenimiento
- Tiempo de duración del trabajo
- Departamento de mantenimiento asociado
- Fecha del último mantenimiento
- Fecha del próximo mantenimiento
- Repuestos requeridos

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

- Mano de obra requerida
- Herramientas a utilizar

### 3.3.8.3 Frecuencias de mantenimiento

Esta opción muestra a los equipos con sus diferentes frecuencias de mantenimiento y el tiempo que falta hasta que llegue la fecha del próximo mantenimiento.

Los datos que deben ser ingresados en esta base de datos son los siguientes:

- Equipo ID
- Area ID
- Descripción
- Descripción del mantenimiento
- Frecuencia de mantenimiento
- Tiempo restante que falta para que llegue a la próxima fecha de mantenimiento

### 3.3.8.4 Ordenes de trabajo de mantenimiento

Esta opción facilita la revisión de todas las programaciones de trabajos para un *usuario seleccionado, parámetros, fechas y muestra todos los trabajos que están activos (no expirados) prioridades* y permite al planificador autorizar la ejecución basándose en materiales y recursos disponibles. Una autorización del trabajos *son enviados a la planta para su ejecución y realimentación al sistema. Existe la posibilidad de enviar el trabajo al módulo de oportunidad en él caso de que el equipo no esté disponible para un trabajo de mantenimiento preventivo.*

*Los detalles pueden ser ordenados basándose en los detalles mostrados como grupo de mantenimiento disponible, fecha de programación, prioridades, etc. para ver todos los trabajos en un orden específico.*

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsoř, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Adicionalmente otros trabajos para el mismo equipo, requisiciones de oportunidad y trabajo pueden ser vistas y autorizadas para aprovechar efectivamente la parada de equipo programada.

Detalles como pasos para llevar a cabo el trabajo por el personal técnico, material requerido con estado de stock, requerimientos de herramientas pueden ser mostrados a través de las opciones respectivas.

Si los materiales no están definidos en la lista de repuestos, todos los repuestos se mostrarán en una ventana de ayuda (si el grupo de materiales están enlazados con el equipo).

Permisos de trabajo pueden también ser generador para trabajos que se necesitan ser autorizados.

Los datos que deben ser ingresados en esta base de datos son los siguientes:

- Ordenes de trabajo #
- Equipo ID
- Descripción de equipo
- Descripción de mantenimiento
- Fecha de expedición de la orden de trabajo
- Emitido a mantenimiento por
- Tiempo de duración del trabajo
- Estado de la orden de trabajo
- Mano de Obra requerida
- Herramientas requeridas
- Materiales requeridos
- Instrucciones adicionales

Cuando el trabajo se ha realizado, el ejecutante del trabajo emite una hoja de información del trabajo realizado al Administrador de mantenimiento, el cual puede cerrar la Orden de trabajo, para lo cual se dispone de una pantalla adicional que contenga la siguiente información:

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

- Realizado por
- Fecha de realización del trabajo
- Tiempo de duración real del trabajo
- Observaciones

### 3.3.8.5 Mantenimiento correctivo

Esta opción permita ingresar datos relacionados con las causas que originaron la falla y las posibles soluciones. Los datos que se ingresan son los siguientes:

- Reparación ID
- Equipo ID
- Area ID
- Descripción del equipo
- Descripción de la avería
- Fecha de ocurrencia de la avería
- Razón de la avería
- Soluciones al problema
- Estatus del equipo
- Departamento de mantenimiento asociado
- Mano de Obra necesaria para realizar el trabajo
- Herramientas necesarias para realizar el trabajo
- Repuestos necesarios

### 3.3.8.6 Ordenes de trabajo de mantenimiento correctivo

Cuando un equipo sufre una avería, la persona solicitante enviará una hoja de solicitud de trabajo, especificando información necesaria para que el Administrador de mantenimiento planifique el trabajo y emita una orden de trabajo.

Las Ordenes de Trabajo de Reparaciones tienen los siguientes datos

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Marínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



- Ordenes de trabajo de reparación#
- Equipo ID
- Descripción de equipo
- Fecha de ocurrencia de la avería
- Orden de trabajo solicitado por
- Razón de la avería
- Soluciones al problema
- Estatus del equipo
- Descripción de mantenimiento
- Fecha de expedición de la orden de trabajo
- Emitido a mantenimiento por
- Tiempo de duración del trabajo
- Estado de la orden de trabajo
- Mano de Obra requerida
- Herramientas requeridas
- Materiales requeridos
- Instrucciones adicionales
- Estado de la orden de trabajo

Cuando el trabajo se ha realizado, el ejecutante del trabajo emite una hoja de *información del trabajo realizado al Administrador de mantenimiento*, el cual puede cerrar la Orden de trabajo, para lo cual se dispone de una pantalla adicional que contenga la siguiente información:

- Realizado por
- Fecha de realización del trabajo
- Tiempo de duración real del trabajo
- Observaciones

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

### 3.3.8.7 Reportes

Esta opción ayuda a generar listas y repostes. Escogiendo esta opción mostrará un grupo disponible de reportes, detalles base, mantenimiento preventivo, gráficos y control de trabajo. Cada grupo tendrá un reporte individual bajo él. El reporte puede ser generado puede ser enviado a la pantalla, impresora, archivo o e-mail. Los reportes son el resultado de las siguientes acciones:

- Ordenes de Trabajo de Mantenimiento Preventivo
- Ordenes de Trabajo de Mantenimiento Correctivo
- Equipos
- Mano de Obra
- Herramientas
- Repuestos
- Frecuencia de mantenimiento de equipos
- Fechas de próximos mantenimientos
- Departamentos
- Estatus de equipos
- Procedimientos de mantenimiento
- Estados de las órdenes de trabajo

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## CAPITULO IV: MANUAL DE USUARIO

### 4.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Consideraciones preliminares a la implementación del programa:

1. Debe haber un Administrador o Responsable de Mantenimiento del programa de mantenimiento, cuyas funciones principales serán las de programar los trabajos de mantenimiento, coordinar con los departamentos de mantenimiento la realización de trabajos, ingresar los datos de los registros de entrada en el programa, generar las órdenes de trabajo, realimentar al programa con información de resultados de mantenimientos, debe planificar la adquisición de materiales con el *Departamento de Materiales o Bodega*.
2. Debe haber un Departamento de Mantenimiento estructurado.
3. Los técnicos de mantenimiento deberán ser bien entrenados.
4. Se debe disponer de los datos técnicos de todos los equipos, así como los procedimientos de mantenimiento.
5. Debe haber una Bodega de Materiales o un Departamento de Adquisición de repuestos.
6. Se debe disponer de un Taller de Mantenimiento equipado.
7. El programa se ha desarrollado en Acces 2000.

### 4.2 ICONOS UTILIZADOS EN EL PROGRAMA

En el programa, se encontrarán con algunos íconos que se describen a continuación:



Este icono se utiliza para buscar registros. Se puede buscar por palabras enteras, parte de palabras. Al aplicar esta opción, el programa solo busca en la base de datos activa.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



Este icono se utiliza para ir al primer registro de la base de datos activa.



Este icono se utiliza para viajar de registro en registro en forma regresiva.



Este icono se utiliza para viajar al último registro de la base de datos activa.



Este icono se utiliza para viajar de registro en registro en forma regresiva.



Este icono se utiliza para cerrar el formulario datos y regresar al menú previo.



Este icono se utiliza para grabar registros, cambios realizados en la base de datos.



Este icono sirve para añadir registros a una base de datos.



Este icono sirve para abrir la hoja de Planificación de Mantenimiento Preventivo.



Este icono abre el formulario "Consulta de fechas de mantenimiento".



Este icono abre el formulario cerrar Ordenes de Trabajo de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.



Este icono abre el formulario "Guía de Solución de Averías".



Este icono indica abre el formulario de próximos mantenimientos a realizarse dentro de un mes o menos.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

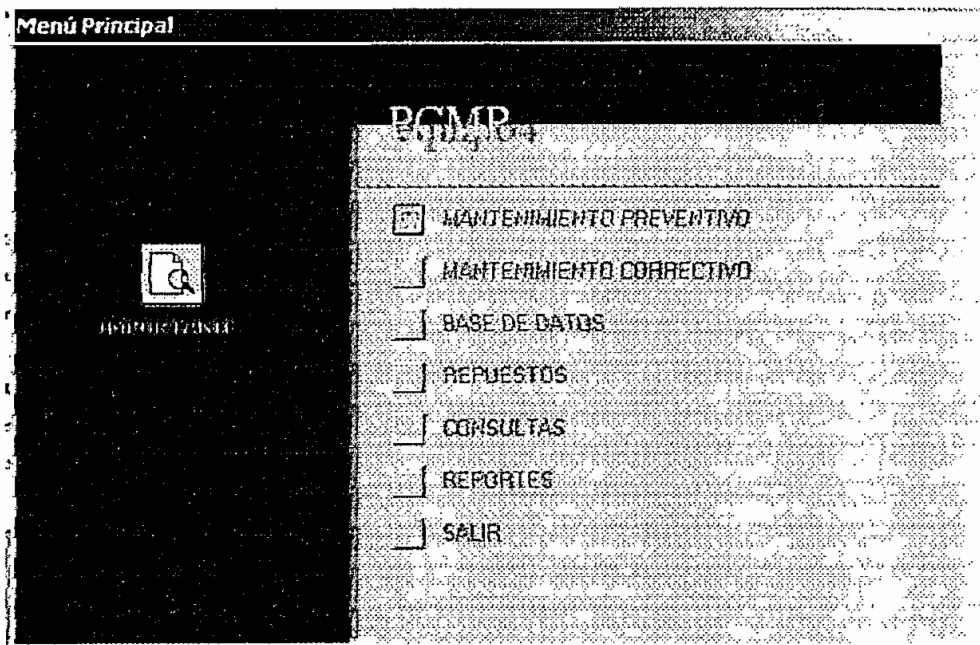


Fig. 4.1 Menú Principal del Programa de Mantenimiento Computarizado.

### 4.3 PRINCIPALES COMPONENTES DEL PROGRAMA

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

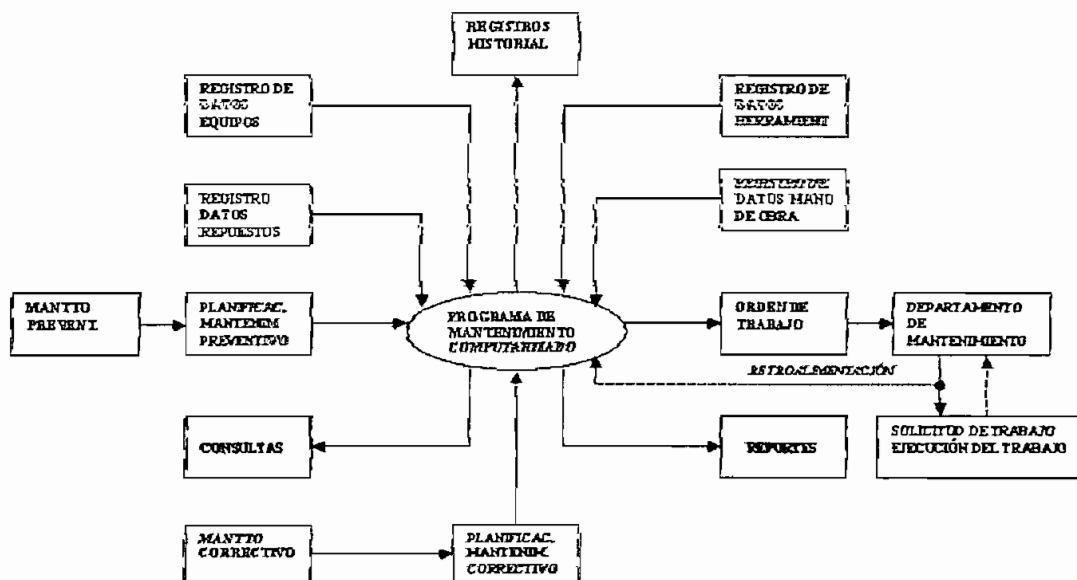


Fig. 4.2 Diagrama de flujo del Programa de Mantenimiento Computarizado

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Como podemos apreciar en el diagrama de flujo de la Fig. 4.1, el programa de *mantenimiento preventivo computarizado* se ha estructurado básicamente con formularios de ingreso de datos que son los siguientes:

1. Datos de Equipos.
2. *Datos de Herramientas.*
3. Datos de Mano de Obra.
4. Datos de Repuestos.
5. *Datos de Area*
6. Datos de Mantenimiento. Estos se subdividen en los siguientes:
  - 6.1 Frecuencia de mantenimiento de equipos
  - 6.2 *Departamentos de Mantenimiento*
  - 6.3 Estatus de equipos.
  - 6.4 Descripción de problemas.
  - 6.5 *Procedimientos de mantenimiento.*
  - 6.6 Descripción de mantenimientos.
  - 6.7 Estado de la orden de trabajo.

Una vez ingresada la información, el Administrador del Mantenimiento puede planificar los siguientes trabajos:

1. Planificar el Mantenimiento Preventivo de los equipos.
2. Emitir Ordenes de Trabajo.
3. Guardar información principal en el formulario de Históricos de Mantenimiento Preventivo.
4. Planificar el Mantenimiento Correctivo de Averías de los equipos.
5. Guardar información principal en formulario de Históricos de Reparaciones.

Además, el Administrador puede realizar las siguientes Consultas:

1. Frecuencias de Mantenimiento.
2. *Fecha de realización de próximos mantenimientos.*

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

3. Guía de solución de problemas.
4. Consulta de *procedimientos de mantenimiento*.
5. Consulta de Históricos de mantenimiento preventivo.
6. Consulta de Históricos de mantenimiento correctivo.

Finalmente, el Administrador del Mantenimiento puede emitir los siguientes Reportes:

#### REPORTES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Frecuencias de mantenimiento de equipos.
2. Fechas de los próximos mantenimientos.
3. Ordenes de trabajo
4. Reporte de cierre de ordenes de trabajo.
5. Históricos de mantenimiento preventivo

#### REPORTES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

1. Orden de mantenimiento de reparación.
2. Histórico de mantenimiento correctivo.
3. Guía de solución de problemas.
4. Reporte de cierre de ordenes de trabajo.
5. Solicitud de trabajo de reparación

#### REPORTES DE EQUIPOS

1. Características de equipos.
2. Lista de Equipos.
3. Características de repuestos.
4. Lista de repuestos.
5. Lista de Herramientas.
6. Lista de mano de obra.
7. Areas de mantenimiento.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hoffinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1,0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## 4.4 GUÍA DE UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA

### 4.4.1 BASE DE DATOS

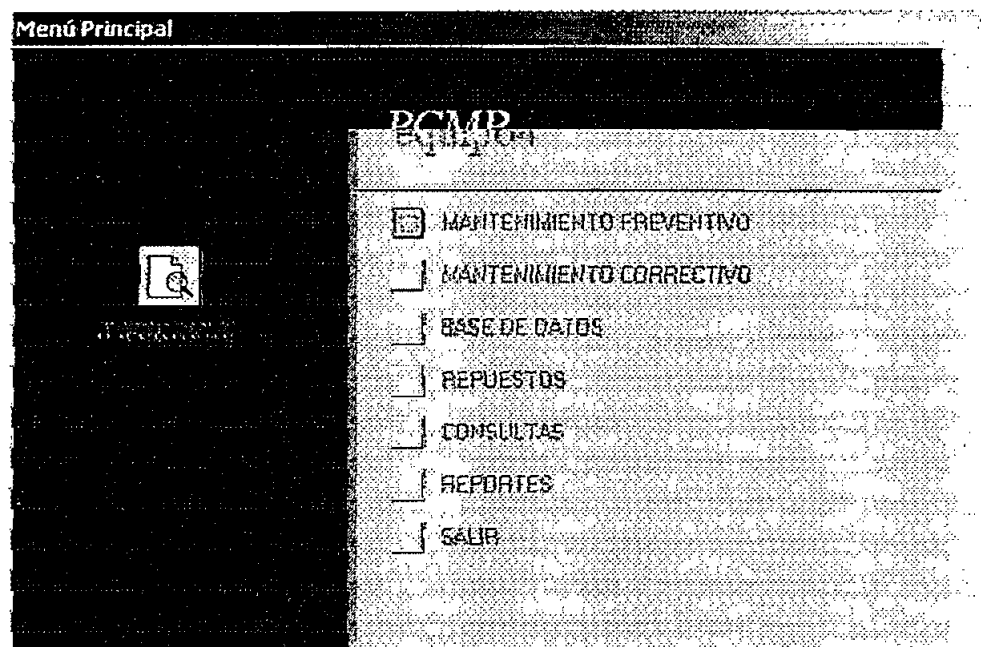


Fig. 4.3 Menú BASE DE DATOS

Lo primero que debe realizar el Administrador del Mantenimiento, al implementar un programa de Mantenimiento, es ingresar información de los equipos a la base de datos. Como podemos ver, el menú de BASE DE DATOS contiene los siguientes formularios de ingreso de datos:

1. Datos de Equipos
2. Datos de Herramientas
3. Datos de Mano de Obra
4. Datos de Repuestos
5. Area
6. *Datos de Mantenimiento. Estos se subdividen en los siguientes:*
  - a. Frecuencia de mantenimiento de equipos
  - b. Departamentos de Mantenimiento

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>5</sup> Hojinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



- c. Estatus de equipos
- d. Descripción de averías(problemas)
- e. Procedimientos de mantenimiento



Este icono es de mucha utilidad al Administrador del Mantenimiento, ya que le indica los equipos próximos a dar mantenimiento dentro de máximo treinta días o menos.

#### 4.4.1.1 Equipos

DATOS TÉCNICOS DE EQUIPOS	
Equipo ID:	
Área:	Turbina
Etiqueta del equipo:	ALLISON 501KB
Estatus:	Parado, en espera de reparación
Horas (trabajo):	
Descripción:	Turbina
Numero de Serie:	234176
Numero de parte:	501KB
Modelo:	PG23
Especificaciones:	Gas Turbine Rotating Prime Movers Model GT-010 P/N 8575600F-501 KB Mfg. Allison/Rolls-Royce

Fig. 4.4 Pantalla Principal de ingreso de datos de Equipos

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial

Para identificar a los equipos, se tomaron en cuenta tres criterios que son: *Equipoid*, *Area* y *Clave del Equipo*. Con estos datos se puede identificar a un equipo y no habrá complicaciones de identificación.

1. *Equipoid*: Registro indexado que el programa asigna a cada equipo nuevo ingresado al sistema. Este registro no es de entrada y es único para cada equipo.
2. *Area*: Registro de entrada, del tipo combinado. El usuario puede escoger el valor de entrada de una lista que aparecerá cuando haga clic en la flecha de selección. Los equipos del turbogenerador se los ha dividido en las siguientes áreas:
  - a. *Turbina*
  - b. *Sistema de Lubricación*
  - c. *Sistema de combustible*
  - d. *Generador*
  - e. *Sistema de Control eléctrico*.

Si el Administrador de Mantenimiento desea anexar otra área, tiene que primero ingresar el registro en el menú de *BASE DE DATOS*, formulario *AREA* (ver Fig. 4.3).

3. *Estatus*: Registro de entrada, del tipo combinado, que indica el estado de funcionamiento del equipo. El usuario puede escoger el valor de entrada cuando haga clic en la flecha de selección. Los equipos del turbogenerador se los ha dividido en las siguientes condiciones:
  - a. *Trabajando*
  - b. *Listo para trabajar*
  - c. *Parado, en espera de reparación*

Si el Administrador de Mantenimiento desea anexar otra condición de estatus tiene que primero ingresar el registro en el sub. Menú de *DATOS DE MANTENIMIENTO*, formulario *ESTATUS DE EQUIPOS* (ver Fig. 4.9).

4. *Descripción*: Registro de entrada que indica la descripción del equipo. En la sección de anexos se encuentra los principales equipos del Turbogenerador.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

5. Número de serie: Registro de entrada con información del número de serie del equipo.
6. Número de Parte: Registro de entrada con información del número de parte del equipo.
7. Modelo: Registro de entrada con información del modelo del equipo.

#### 4.4.1.2 Herramientas

Fig. 4.5 Formulario de ingreso datos de Herramientas

1. Herramientas ID: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.
2. Herramienta: Registro de entrada que indica descripción de herramientas. *Los datos de herramientas ingresadas en el programa se pueden ver en los anexos adjuntos.*
3. Costo-hora: Registro de entrada que indica el costo por hora de utilización de la herramienta descrita.

#### 4.4.1.3 Mano de obra

Fig. 4.6 Formulario de ingreso de datos de Mano de Obra

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hoffinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial

1. ManoObrald: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.
2. Mano de Obra: Registro de entrada que indica descripción de la mano de obra. Los registros de mano de obra ingresadas en el programa se pueden ver en los anexos adjuntos.
3. Costo-hora: Registro de entrada que indica el costo por hora de utilización de la herramienta descrita.

#### 4.4.1.4 Repuestos

The screenshot shows a data entry form for 'Repuestos'. The fields and their values are as follows:

Field	Value
RepuestosID	[Empty]
Descripción	Exciter assy, type TCH-24
PAN	[Empty]
Modelo	[Empty]
Especificaciones	[Empty]
Fabricante	[Empty]
Distribuidor	[Empty]
Stock	0
Valor unitario	0
C_maxima	0
C_minima	0

At the bottom of the form, there is a navigation bar with icons for back, forward, and other controls.

Fig. 4.7 Formulario de ingreso de datos de Repuestos

1. Repuestold: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hojinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

2. Descripción: Registro de entrada que indica descripción del repuesto. Los registros de mano de obra ingresados en el programa se pueden ver en los anexos adjuntos.
3. P/N: Registro de entrada que indica número de parte del repuesto.
4. Modelo: Registro de entrada que indica el modelo del repuesto.
5. Especificaciones: Registro de entrada que indica las características técnicas del repuesto.
6. Fabricante: Registro de entrada que indica el nombre del fabricante del repuesto.
7. Distribuidor: Registro de entrada que indica el nombre del distribuidor del repuesto, si se dispone de mas información como teléfonos o direcciones se lo puede ingresar en esta casilla.
8. Stock: Registro de entrada que indica la cantidad disponible de este repuesto en la bodega.
9. Valor unitario: Registro de entrada que indica le costo del repuesto por unidad.
10. C\_máxima: Registro de entrada que indica la cantidad de repuestos que se debe mantener en bodega.
11. C\_mínima: Registro de entrada que indica la cantidad de repuestos mínima que se debe disponer mantener en bodega.

#### 4.4.1.5 Area

Fig. 4.8 Formulario de ingreso de datos de Area

1. Area ID: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

2. Area: Registro de entrada que indica descripción del área asignada a un equipo. Los registros de área en los anexos adjuntos.

#### 4.4.1.6 Datos de mantenimiento

Datos de Mantenimiento es un sub. Menú que se encuentra bajo el menú Base de Datos. Contiene formularios de ingreso de datos relacionados con los procesos de mantenimiento.

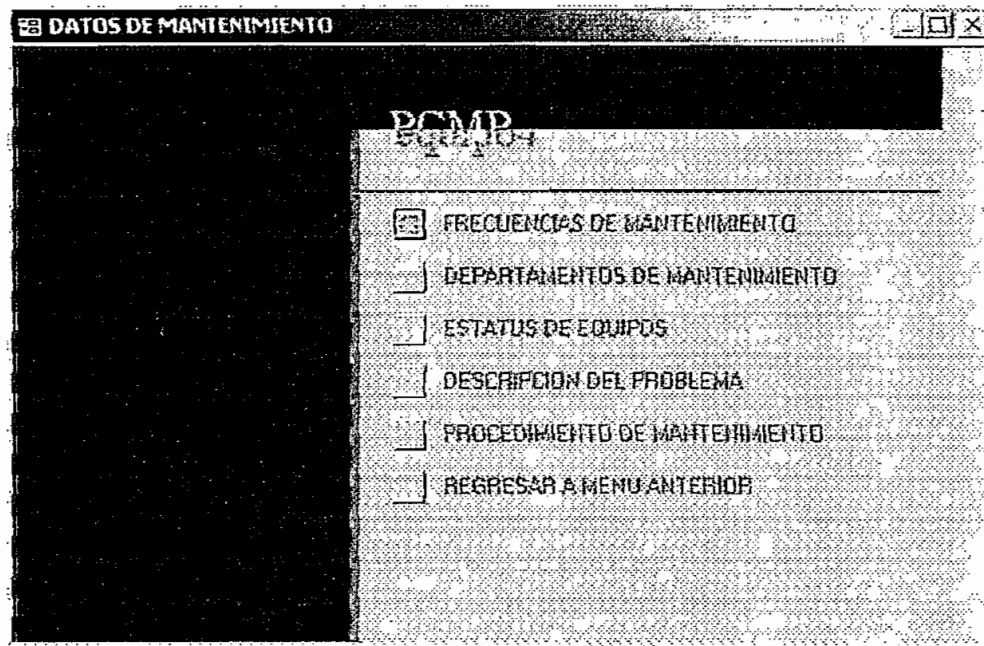


Fig. 4.9 Sub. menú Datos de Mantenimiento

#### 4.4.1.6.1 Frecuencias de mantenimiento

Fig. 4.10 Formulario de ingreso de datos Frecuencias de Mantenimiento

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

1. Frecuencias ID: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.
2. Frecuencias de mantenimiento: Registro de entrada que indica las frecuencias de mantenimiento ingresados en el sistema. Los registros de frecuencias se pueden ver en los anexos adjuntos.

#### 4.4.1.6.2 Departamentos de mantenimiento

Fig. 4.11 Formulario de ingreso de datos Departamentos de Mantenimiento

1. Departamento ID: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.
2. Departamento: Registro de entrada que indica descripción del Departamento de Mantenimiento Ejecutor de los trabajos de mantenimiento. Los registros de Departamento ingresados en el programa se pueden ver en los anexos adjuntos.

#### 4.4.1.6.3 Estatus de equipos

1. Estatus ID: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.
2. Estatus: Registro de entrada que indica estatus de equipo. Los registros estatus de equipo ingresados en el programa se pueden ver en los anexos adjuntos.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Fig. 4.12 Formulario de ingreso de datos Estado de Equipos

#### 4.4.1.6.4 Descripción del problema

Fig. 4.13 Formulario de ingreso de datos Descripción del Problema

1. Descripción del problema ID: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.
2. Descripción del problema: Registro de entrada que indica descripción del problema. Los registros de mano de obra ingresados en el programa se pueden ver en los anexos adjuntos.

#### 4.4.1.6.5 Procedimientos de mantenimiento

En el formulario de procedimientos de mantenimiento, el administrador del Mantenimiento tiene una ayuda significativa en la planificación del mantenimiento preventivo. En el siguiente capítulo se encuentra los procedimientos de mantenimientos de los principales componentes del turbo-generador. Esta información se basa en la sugerencia de los fabricantes. Los principales componentes son:

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Holinsolt, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



1. ID: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.
2. Descripción: Registro de entrada que indica descripción procedimientos de mantenimiento. Los registros ingresados en el programa se pueden ver en los anexos adjuntos.

Fig. 4.14 Formulario de ingreso de datos Procedimientos de Mantenimiento

#### 4.4.1.6.6 Descripción de mantenimiento

La información contenida en este formulario indica los trabajos de mantenimiento que se realizarán en los equipos.

Fig. 4.15 Formulario de ingreso de datos descripción de Mantenimiento

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

1. Descripción Mant ID: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.
2. Descripción de Mantto: Registro de entrada que indica descripción del mantenimiento a realizar en un mantenimiento preventivo. Los registros ingresados en el programa se pueden ver en los anexos adjuntos.

#### 4.4.1.6.7 Estado de la orden de trabajo

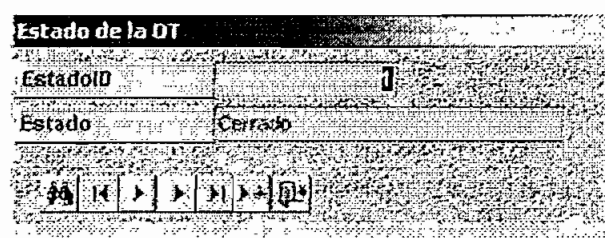


Fig. 4.16 Pantalla de Ingreso a las opciones de Estado de la OT

1. Estado ID: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.
2. Estado: Registro de entrada que indica el estado de la Orden de Trabajo de Mantenimiento Preventivo. Los registros ingresados en el programa se pueden ver en los anexos adjuntos.

#### 4.4.2 Mantenimiento preventivo

Esta es la pantalla principal de planificación del mantenimiento preventivo. A través de este menú se tienen las siguientes opciones:

1. Planificación de Mantenimiento Preventivo
2. Ordenes de Trabajo
3. Histórico de Ordenes de Trabajo
4. Regresar al menú principal

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hcfinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

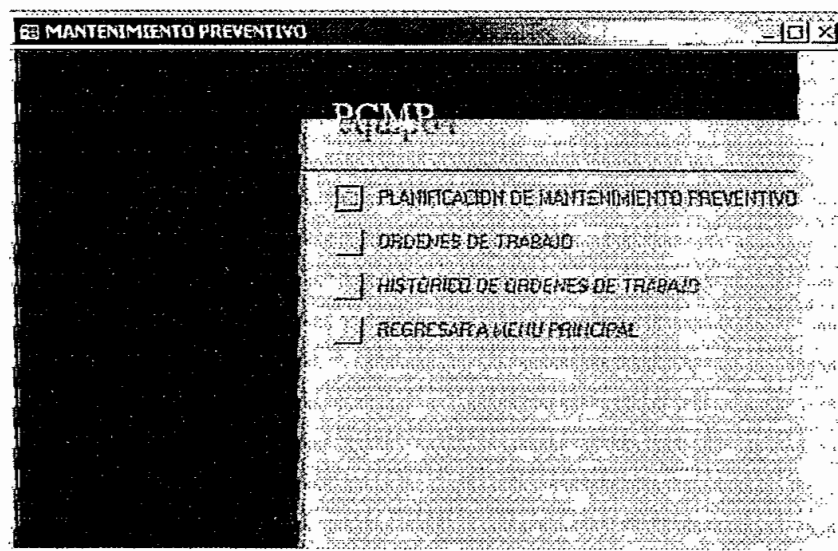



Fig. 4.17 Pantalla de Ingreso a las opciones de Mantenimiento Preventivo

#### 4.4.2.1 Planificación del mantenimiento preventivo

Al activar esta opción se ingresa a la pantalla de "DATOS TÉCNICOS DE EQUIPOS" revisados en la sección 4.4.1.1. Para acceder a la Planificación de Mantenimiento preventivo se hace clic con el ratón al icono 

Mantenimiento Preventivo : Formulario

EquipoID:		Departamento:	
Descripción de mantto:	Water wash	Fecha último mantto:	25-Oct-01
Frecuencia de mantto:	Cada 2 meses	Fecha próximo mantto:	25-Dec-01
Tiempo de duración:	5		

Repuestos de Mantenimiento				Plano de Obra Mantenimiento			
Item	Requisito	Cantidad	Unidad	Item	Ataño de Obra	Cantidad	Duración
1	Exter assy, type TGA24	09		1	Recurso A		5
2	Water wash tray, type TGA24	0		2	Apoyate		5

Herramientas necesarias para el mantenimiento		
Item	Herramienta	Cantidad
1	Herramientas especiales	
2	Accesorios	

Fig. 4.18 Formulario de Ingreso a las opciones de Mantenimiento Preventivo

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoff, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

El programa inicia la planificación del mantenimiento ingresando primero al *formulario de datos técnicos de equipo* porque las opciones de planificación de mantenimiento están enlazadas con la identificación indexada del equipo, es decir, si estamos ubicados en los datos técnicos del Equipo ID 3, al abrir el *formulario de planificación de mantenimiento*, se abrirá directamente el correspondiente al Equipo ID 3. Los componentes de este formulario son los siguientes:

1. Equipo ID: Identificación del equipo
2. Descripción de mantto: Registro de entrada de selección. Al hacer clic con el ratón en la flecha de selección se puede escoger el registro deseado. Este registro se lo puede implementar a través del menú de base de datos, sub. Menú Datos de Mantenimiento(ver sección de base de datos).
3. Frecuencia de mantto: Registro de entrada de selección. Al hacer clic con el ratón en la flecha de selección se puede escoger el registro deseado. Este registro se lo puede implementar a través del menú de base de datos, sub. Menú Datos de Mantenimiento(ver sección de base de datos).
4. Tiempo de duración: Registro de entrada que indica el tiempo de duración del mantenimiento preventivo.
5. Departamento: Registro de entrada de selección. Al hacer clic con el ratón en la flecha de selección se puede escoger el registro deseado. Este registro se lo puede implementar a través del menú de base de datos, sub. Menú Datos de Mantenimiento(ver sección de base de datos).
6. Fecha último mantto: Registro de entrada de selección que indica la fecha del último mantenimiento realizado. El ingreso de datos es el siguiente:  
02 / 15 / 2000 = mes / día / año
7. Fecha próximo mantto: Registro de salida que indica la fecha del próximo mantenimiento. Este valor es calculado por el programa.
8. Repuestos: Registro de selección que muestra los repuestos de la base de datos de repuestos. Este registro es utilizado para escoger un repuesto que deseamos utilizar en la planificación de Repuestos de mantenimiento. Se selecciona el registro y se lo copia en el sub. Formulario Repuestos de

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Mano de Obra. Se lo incluyó en este formulario para ayudar al *Administrador de mantenimiento a la identificación de repuestos*. Si el repuesto no se encuentra en este registro, se debe añadir el repuesto y sus características en la base de datos de Repuestos primero.

9. *Mano de Obra: Registro de selección que muestra los datos de mano de obra almacenados en la base de datos de mano de obra. Este registro es utilizado para escoger un dato de mano de obra que deseamos utilizar en la planificación de Mano de Obra de Mantenimiento. Se selecciona el registro y se lo copia en el sub. Formulario Mano de Obra de Mantenimiento. Si el dato de mano de obra no se encuentra en este registro, se debe añadir el dato de mano de obra y sus características en la base de datos de Mano de Obra primero.*
10. *Herramientas: Registro de selección que muestra los datos de herramientas almacenados en la base de datos de Herramientas. Este registro es utilizado para escoger un dato de herramientas deseamos utilizar en la planificación de Herramientas. Se selecciona el registro y se lo copia en el sub. Formulario Herramientas de Mantenimiento. Si el dato de herramientas no se encuentra en este registro, se debe añadir el dato y sus características en la base de datos de Herramientas.*
11. *Iconos de grabar y salir del formulario: Aunque después de cada cambio de información, el registro se guarda, se añadió el icono de grabación de dato para actualizar las fechas de próximos mantenimiento.*

#### **4.4.2.2 Ordenes de trabajo**

Cuando el Administrador del Mantenimiento considere oportuno y disponga de los *repuestos, mano de obra, herramientas y coordine con operación*, se puede generar una Orden de Trabajo de Mantenimiento Preventivo. Este formulario tiene los siguientes registros:

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

1. Orden Trabajo #: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.

Ordenes de Trabajo: Formulario

Orden Trabajo #:  Fecha expedición O.T.:

Equipo ID:  Estado a Mantto por:

Descripción:  Tiempo de duración:

DescripciónMant ID:  Estado O.T.:

**MANO DE OBRA**

Item	Mano de Obra	Cantidad
0		1
1	Técnico A	
1	Técnico B	

**HERRAMIENTAS**

Item	Herramienta
1	Herramientas incluidas
0	

**REPUUESTOS**

Item	Requisito	Cantidad
1	litros	
2	carrito	
3	litro	

**PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**

NO:

Descripción:

Paso1:

Paso2:

DépartamentID:

Instrucciones Adicionales:

Fig. 4.19 Formulario de Ingreso a las opciones de Orden de Trabajo Mantto. Preventivo.



3. Equipo ID: Registro de identificación del equipo, en este caso si es un registro de entrada.
4. Descripción: Descripción del equipo. Este no es un elemento de entrada, ya que el programa asocia la identificación del equipo con su descripción. Al ingresar el valor de Equipo ID, automáticamente aparece su descripción.
5. DescripciónMant ID: Es un registro de entrada de selección. El administrador selecciona el tipo de trabajo de mantenimiento a realizar haciendo clic en la flecha de selección.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

6. Fecha de Expedición de la OT: Registro de entrada que indica la fecha de emisión de la Orden de trabajo. El ingreso de datos es el siguiente:  
02 / 15 / 2000 = mes / día / año
7. Emitido a Mantto por: Registro de entrada que indica el nombre del emisor de la OT, en este caso es el Administrador de Mantenimiento.
8. Tiempo de duración: Registro de entrada que indica el tiempo de duración de los trabajos de mantenimiento preventivo.
9. Estado de la OT: Registro de entrada de selección que indica el estado del equipo. El Administrador selecciona la opción deseada haciendo clic en la flecha de selección. Si el estado buscado no se encuentra o es un nuevo estado, se tiene que ingresar ese dato en la base de datos de Estado.
10. Para Planificar los repuestos, mano de obra y herramientas, el Administrador del Mantenimiento debe utilizar las opciones de Herramientas, Mano de Obra y Repuestos, copiar los registros que desee en los sub. Formularios MANO DE OBRA, REPUESTOS Y HERRAMIENTAS. El procedimiento es similar al realizado en la planificación del mantenimiento preventivo.
11. El formulario dispone de iconos adicionales que ayudan en la emisión de ordenes de trabajo.  Este icono abre el formulario de consulta de fechas de próximos mantenimiento.  Este icono abre el formulario Cerrar Ordenes de Trabajo.

Consulta de fechas de Próximos Mantenimientos					
Equipos	Descripcion	DescripcionMantto	FechaUltimoMantto	FechaProximoMantto	DiasRestantes
1	Turbina	Water wash	10/25/2001	12/25/2001	61
3	Pickup vibración	Cambio de filtros	12/ 31/ 999	6/13/2000	183
4	motor de prueba	Calibración y pruebas de sensores	11/2/2001	12/2/2001	30
5	Convertidor	Calibración electrónica de eje	11/1/2001	12/1/2001	31

Fig. 4.20 Consulta de Fechas de Próximos Mantenimientos


<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Fig. 4.21 Formulario de cierre de Ordenes de Trabajo

Una vez realizado el trabajo de mantenimiento, el departamento de mantenimiento emita un Reporte de cierre de la OT al Administrador de Mantenimiento, el cual procede a cerrar la orden de trabajo utilizando el formulario de cierre de ordenes de trabajo. Para acceder a este formulario hacer clic es este icono  que se encuentra en el formulario de Ordenes de Trabajo de Mantenimiento Preventivo. Los registros que se necesitan llenar son los siguientes:

1. Recibido por mantto por: Registro de entrada que indica el nombre de la persona que recibió la orden de trabajo. Generalmente es el Jefe de Mantenimiento.
2. Técnico responsable: Registro de entrada que indica el nombre del técnico ejecutor del trabajo.
3. Fecha de realización: Registro de entrada que indica la fecha de realización de la Orden de trabajo. El ingreso de datos es el siguiente:  
02 / 15 / 2000 = mes / día / año
4. Reporte de cierre OT No: Registro de entrada que indica el número de reporte de cierre de la OT.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



5. Observaciones: Registro de entrada que indican observaciones de los ejecutores del trabajo como por ejemplo mediciones, procedimientos, acotaciones, etc.
6. Tiempo real de realización: Registro de entrada que indica el tiempo real de realización del trabajo de mantenimiento.

#### 4.4.2.3 Histórico de ordenes de trabajo

Histórico de DT Preventivo						
OT#	EquipoID	Descripción	Descripción del ID	Fecha último mante	Fecha realización	Observaciones
2	3	Bomba de distribución	Cambio de filtros	12/13/1999		
4	4	Inyectores del sistema de gas	Calibración y pruebas de sensor	11/2/2001		
1	4	Inyectores del sistema de gas	Calibración y pruebas de sensor	11/2/2001		
5	5	Generador	Cambio de cojinetes	11/1/2001		
3	6	SISTEMA DE MONITOREO L	Inspección Visual			
3	6	SISTEMA DE MONITOREO D	Inspección Visual			

Fig. 4.22 Formulario de Datos Históricos de Ordenes de Trabajo

Este formulario es una pantalla de salida, que indica datos de Ordenes de trabajo.

#### 4.4.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

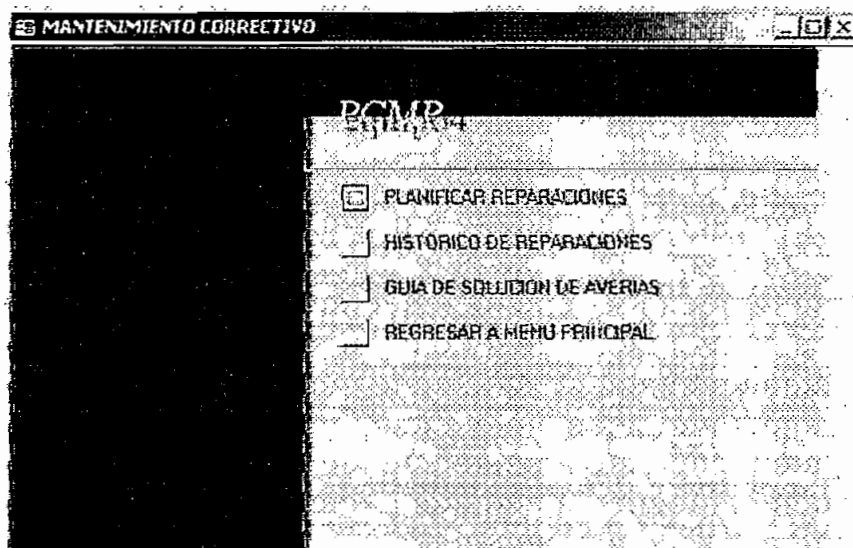


Fig. 4.23 Menú de Mantenimiento Correctivo

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Como podemos ver en la Fig. 4.23 esta pantalla tiene Cuatro opciones que son:

1. Planificación de reparaciones
2. Histórico de Reparaciones
3. Guía de Solución de Averías
4. Regresar a Menú Principal

#### 4.4.3.1 Planificación de reparaciones

Fig. 4.24 Formulario de Orden de Trabajo de Reparaciones

Cuando el Departamento de Operación o Mantenimiento detecta una avería, llena una Solicitud de trabajo(ver anexo) y la emite al Administrador de Mantenimiento, él realiza la *planificación de repuestos, herramientas, mano de obra* y coordina con operación la fecha de realización del trabajo, para lo cual emite una Orden de trabajo de Reparación. Este formulario contiene la siguiente información:

1. Reparación ID: Registro indexado que el programa asigna automáticamente cada vez que se ingresa un nuevo valor. Este no es un dato de entrada.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.


2. Equipo ID: Registro de entrada que indica la identificación del equipo que requiere reparación.
3. Descripción: El programa asigna el texto correspondiente a este registro una vez ingresado el registro de Equipo ID.
4. Descripción del problema: Es un registro de entrada de selección. El administrador selecciona el tipo de trabajo de mantenimiento a realizar haciendo clic en la flecha de selección. Si no se encuentra la descripción a realizar, es necesario ingresar el nuevo registro en la base de datos.
5. Área ID: El programa asigna el texto correspondiente a este registro una vez ingresado el registro de EquipoID.
6. Departamento: Registro de entrada de selección. Al hacer clic con el ratón en la flecha de selección se puede escoger el registro del Departamento de Mantenimiento que realizará el trabajo. Este registro se lo puede implementar a través del menú de base de datos, sub. Menú Datos de Mantenimiento(ver sección de base de datos).
7. Fecha de avería: Registro de entrada que indica la fecha de ocurrencia de la avería. El ingreso de datos es el siguiente:  
02 / 15 / 2000 = mes / día / año
8. Estatus: Registro de entrada que indica estatus de equipo. Los registros estatus de equipo ingresados en el programa se pueden ver en los anexos adjuntos.
9. Solicitud No: Registro de entrada que indica el número de la solicitud de realización de trabajo.
10. Observaciones: Registro de entrada que indica anotaciones de los ejecutores del trabajo en cuanto a mediciones, procedimientos, repuestos adicionales utilizados, etc.
11. Para realizar la planificación y emisión de la orden de trabajo de reparación el Administrador cuenta con registros de salida de herramientas, mano de obra, repuestos. El proceso de selección es similar al de las ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo.

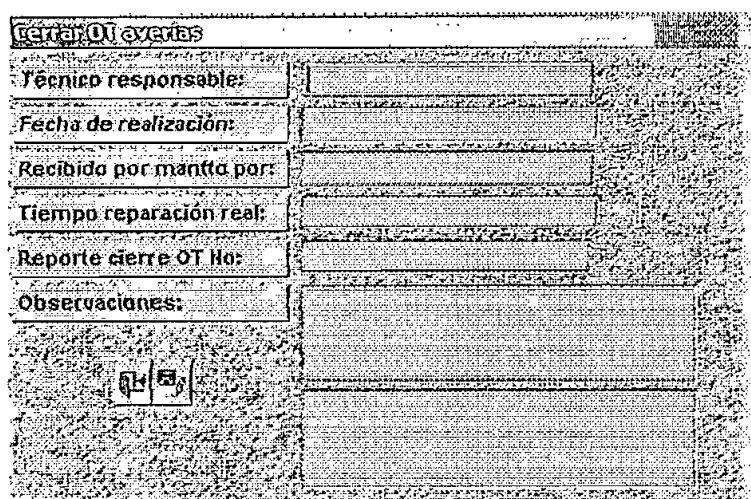
<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kaio generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Una vez realizado el trabajo de reparación, el departamento de mantenimiento emite un Reporte de cierre de la OT (ver reporte en anexo) al Administrador de Mantenimiento, el cual procede a cerrar la orden de trabajo utilizando el formulario de cierre de ordenes de trabajo. Para acceder a este formulario hacer clic es este icono  que se encuentra en el formulario de Ordenes de Trabajo de averías. Los registros que se necesitan llenar son los siguientes:



El formulario, titulado "Cerrar OT averías", contiene los siguientes campos de entrada:

- Técnico responsable:
- Fecha de realización:
- Recibido por mantto por:
- Tiempo reparación real:
- Reporte cierre OT No:
- Observaciones:

En la parte inferior izquierda del formulario se encuentran los botones "OK" y "Cancelar".

Fig. 4.25 Formulario de Cierre de OT de averías

1. Técnico responsable: Registro de entrada que indica el nombre del técnico ejecutor del trabajo.
2. Fecha de realización: Registro de entrada que indica la fecha de realización de la Orden de trabajo. El ingreso de datos es el siguiente:  
02 / 15 / 2000 = mes / día / año
3. Recibido por mantto por: Registro de entrada que indica el nombre de la persona que recibió el reporte de cierre de la OT. Generalmente es el Administrador del Mantenimiento.
4. Reporte de cierre OT No: Registro de entrada que indica el número de reporte de cierre de la OT.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

5. Observaciones: Registro de entrada que indican observaciones de los ejecutores del trabajo como por ejemplo mediciones, procedimientos, acotaciones, etc.
6. Tiempo de reparación real: Registro de entrada que indica el tiempo que duró el mantenimiento.

#### 4.4.3.2 Histórico de reparaciones

Rep.ID	EquiposID	Descripción	Descripción del problemaID	Fecha avería	Fecha realis.	Solic. No	Tiempo repar.	Observaciones
1	1	Turbina	Baja presión en línea de aceite					
3	1	Turbina	Lectura errónea en transm.			0		
4	1	Turbina	Lectura errónea en leanes			0		
5	5	Generador				0		
6	7	PLC				0		

Fig. 4.26 Formulario de Histórico de OT averías

Este formulario contiene información de las ordenes de trabajo de reparación realizadas.

#### 4.4.3.3 Guía de solución de averías

Guía de Solución de averías	
Descripción del problema	Baja presión en línea de aceite
Descripción de solución	Descripción de solución
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Cambio de bomba de aceite</li> <li>Inspeccionar Bomba de Aceite</li> </ul>

Fig. 4.27 Formulario de Guía de Solución de averías

\* Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set  
 4 Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.  
 6 Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0  
 11 Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Cada vez que ocurra una avería, se recopilará información de descripción del problema y la solución al mismo. Esta base de datos ayudará en el futuro a los técnicos a encontrar soluciones a las averías, evitando así pérdidas de tiempo, ayudando a identificar partes del equipo que necesiten mayor atención, etc. Inicialmente los datos ingresados se basarán en la experiencia del personal de mantenimiento, pero con el tiempo se irán corrigiendo fallas. Los datos que se ingresan en esta base de datos son:

1. Descripción del problema: es un registro de entrada que describe el problema ocurrido en el equipo.
2. Descripción de la solución: es un conjunto de registros que describen los pasos necesarios para resolver el problema.

#### 4.4.4 REPUESTOS

Lista de Repuestos					
RepuestosID	Descripción	Stock	Precio/unidad	C_maxima	C_minima
1	Escator ascy, type TCM-24	0	0	0	0
2	Thermocouple ascy, turbina	0	0	0	0
3	Engine vibration velocity transducer	0	0	0	0

Fig. 4.28 Formulario de Repuestos

Este formulario contiene la lista de repuestos ingresados en la base de datos. No se pueden cambiar los registros, ya que es solo un formulario de salida de datos. Si el Administrador desea ingresar información nueva, tiene que ingresarlos en la base de datos, sección repuestos.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Cenlaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>5</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

#### 4.4.5 CONSULTAS

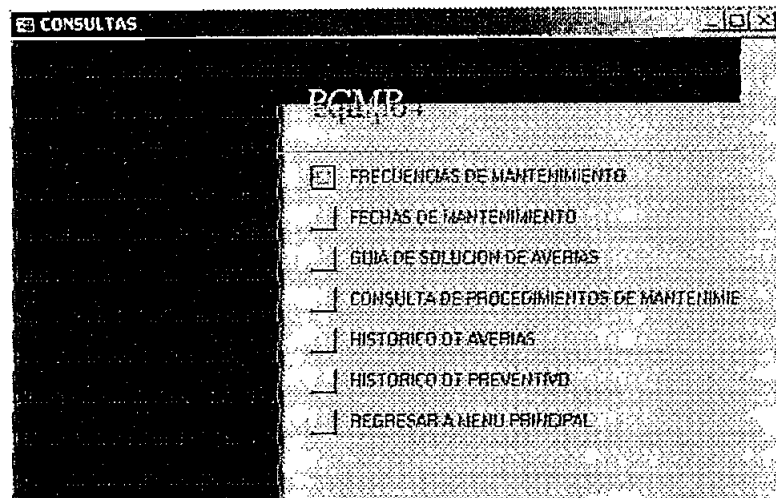


Fig. 4.29 Formulario de Consultas

A través de este menú se pueden revisar los siguientes datos:

1. Frecuencias de *mantenimiento*.
2. Fechas de próximos *mantenimientos*.
3. Guía de solución de *averías*
4. Consulta de procedimientos de *mantenimiento*.
5. Histórico de ordenes de trabajo de *averías*.
6. Histórico de ordenes de trabajo de *mantenimiento preventivo*.

Los datos de estas consultas se los pueden ver en los informes anexos al final del trabajo.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

#### 4.4.6 REPORTES

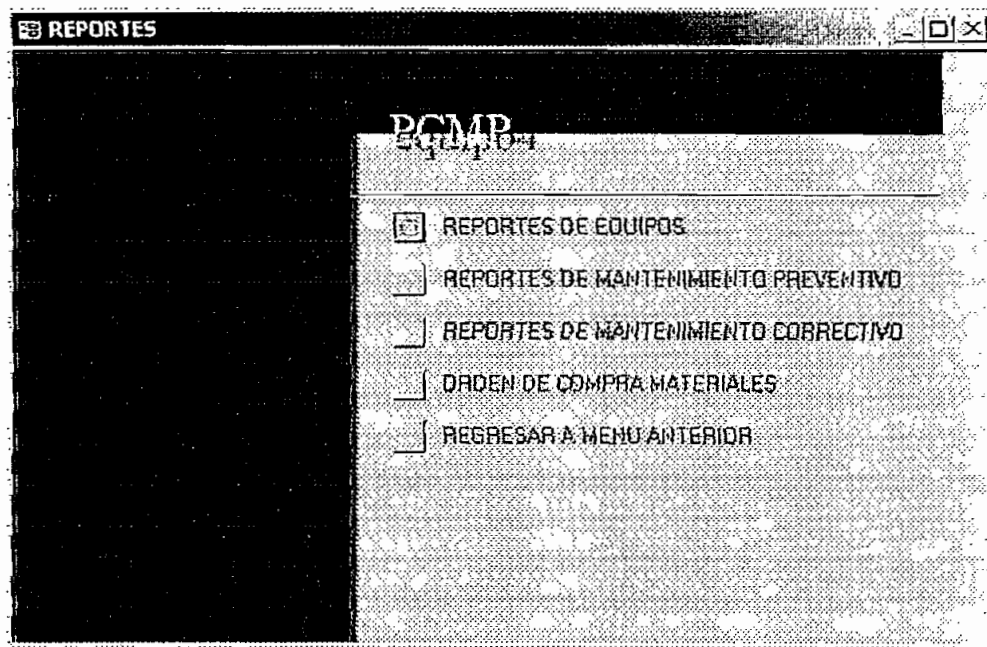


Fig. 4.30 Formulario de Reportes

Los reportes son hojas de información en formato tipo impresión. El formulario de reportes está constituido de los siguientes sub. Menús:

1. Reportes de Equipos.
2. Reportes de Mantenimiento Preventivo.
3. Reportes de Mantenimiento Correctivo.
4. Reportes de Orden de compra de materiales.

Para acceder a cualquier sub. Menú solo se hace clic con el ratón en el sub. Menú deseado.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



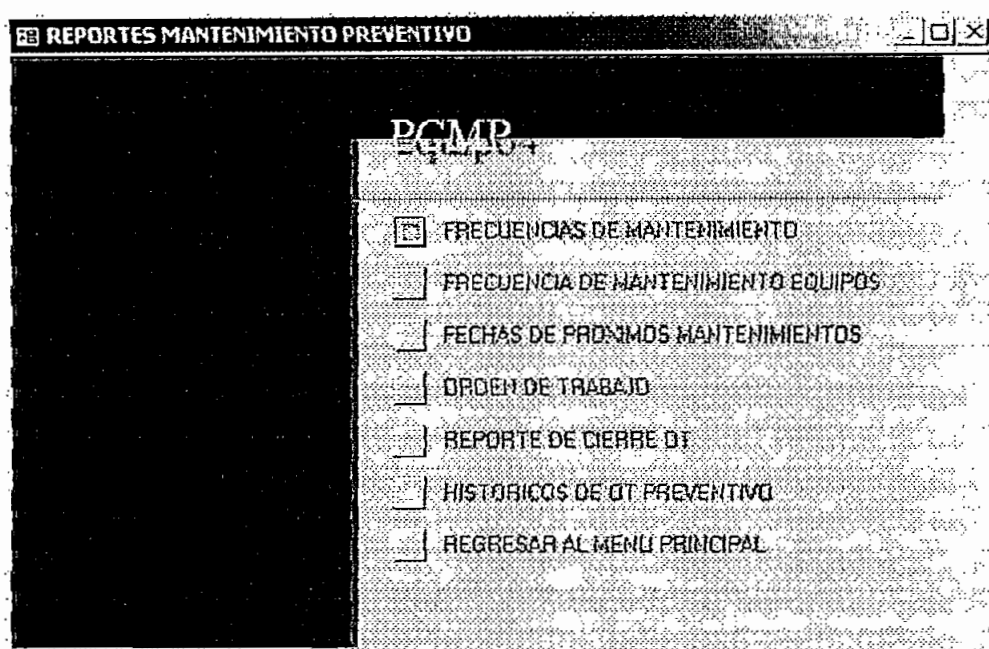


Fig. 4.31 Sub. Menú de Reportes de Mantenimiento Preventivo

Este sub. Menú tiene los siguientes formularios:

1. Frecuencias de Mantenimiento.
2. Frecuencias de mantenimiento de equipos.
3. Fechas de próximos mantenimientos.
4. Ordenes de trabajo.
5. Reporte de cierre de ordenes de trabajo.
6. *Históricos de ordenes de trabajo*

Un ejemplo de estos informes se encuentra en el anexo adjunto al final del trabajo.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

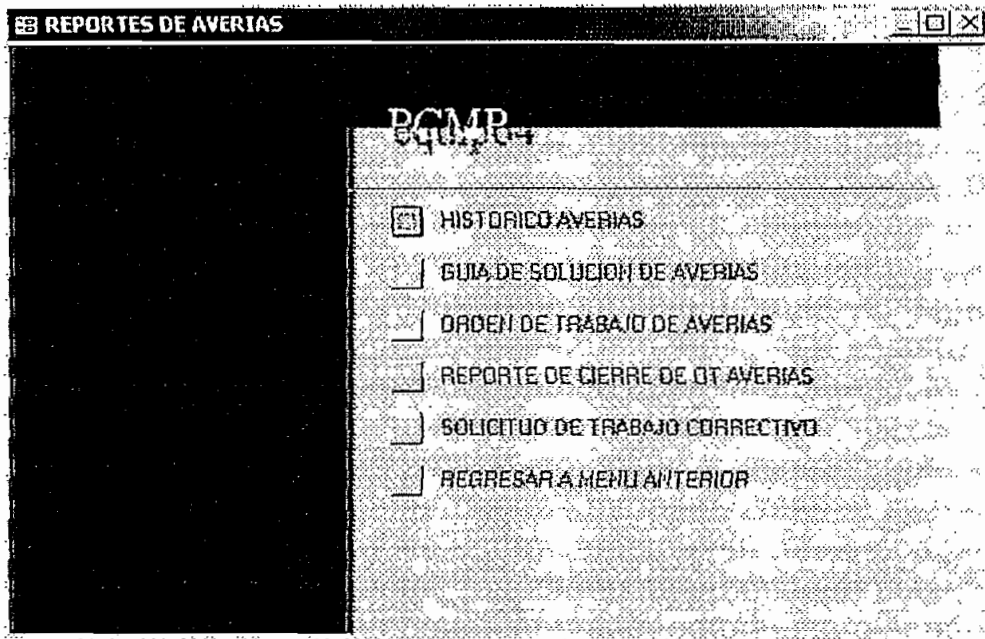


Fig. 4.32 Sub. Menú de Reportes Averías

Este sub. Menú tiene los siguientes formularios:

1. Históricos de ordenes de trabajo de Averías.
2. Guía de solución de Averías.
3. Ordenes de trabajo de averías.
4. Reporte de cierre de ordenes de trabajo de averías.
5. Solicitud de trabajo correctivo.

Un ejemplo de estos informes se encuentran en el anexo adjunto al final del trabajo.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## **CAPITULO V: PROCEDIMIENTOS Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS**

### **5.1 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO<sup>1</sup>**

#### **5.1.1 INTRODUCCIÓN**

Chequeos periódicos y una programación del mantenimiento preventivo a la turbina, generador, equipos de control y demás componentes de la turbomáquina se requieren a intervalos establecidos. Las necesidades de servicio, bajo condiciones de operación, establecerán la programación mas práctica de inspección y mantenimiento.

Si realizamos las los chequeos y programaciones de mantenimiento a tiempos específicos minimizará la necesidad de mantenimientos correctivos. La programación de frecuencia de mantenimiento se basa en horas de operación del equipo por año, y está dividida en tres categorías: mantenimiento diario y mensual, semestral y anual.

#### **5.1.2 MANTENIMIENTO DIARIO Y MENSUAL**

El mantenimiento diaria y mensual es básicamente una inspección visual para *asegurar que el equipo está funcionando adecuadamente y sirve además para detectar señales de deterioro temprano*. Algunos mantenimientos deber ser realizados diariamente y otros mensualmente(1000 a 1500 horas de operación).

En instalaciones de operación continua, de difícil acceso o remotas no necesitan realizarse procedimientos de inspección diaria. Se recomienda que esos mantenimientos se los realice tan frecuentemente como práctico resulte. Para mantenimientos diarios y algunos mensuales no se requiere apagar el equipo.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hoffinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Manienimiento Industrial.

### 5.1.3 MANTENIMIENTO SEMESTRAL

El mantenimiento semestral hace énfasis en el chequeo de los sistemas de protección y asegura un rendimiento óptimo del equipo. Los mantenimientos semestrales requieren que el equipo esté apagado para la mayor parte de las inspecciones. Prescindiendo de las horas actuales de operación por año, se recomienda que el mantenimiento sea realizado semestralmente (4000 horas de operación). Intervalos de mantenimiento siguientes deberán realizarse en base de la experiencia ganada durante el primer año de operación. El cambio de las condiciones de operación puede dictar otros intervalos de mantenimiento.

### 5.1.4 MANTENIMIENTO ANUAL

El mantenimiento anual involucra el desarme de componentes de subsistemas seleccionados para inspección y deberá realizarse anualmente (8000 horas de operación). Sin embargo, las condiciones de operación establecerán el intervalo más práctico para inspección y mantenimiento. Los elementos que no han funcionado adecuadamente o han sido defectuosos en el pasado, y otras discrepancias observadas durante previas inspecciones, deberán recibir especial atención durante el mantenimiento anual sin importar si el equipo está incluido en la lista de tareas de mantenimiento. Es importante guardar registros de detalles del equipo, ya que representan una información útil para detectar componentes defectuosos antes de que progrese a un estado donde el rendimiento se ve afectado. Para mantenimiento anual el equipo debe estar apagado.

### 5.1.5 SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO

La tabla adjunta describe la programación de mantenimiento preventivo de los principales componentes del Sistema de Control Eléctrico.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

System/Description	D	M	S	A
Periodic Checks				
Visually inspect gages and indicators for proper operation.	X			
Inspect control console electrical connections for cleanliness and security. <sup>1</sup>		X		
Check fire detectors for cleanliness and sensitivity. <sup>1</sup>		X		
Check fire bottles for proper charge. <sup>1</sup>		X		
Check battery charger for proper operation. For NiCad batteries, place charger to high rate for a few hours.		X		
Check and record speed magnetic pickup output. <sup>1</sup>			X	
Check condition of thermocouple harnesses. Check integrity of support grommets. <sup>1</sup>			X	
Inspect compensator and measure resistance as applicable. <sup>1</sup>				X
Periodic Maintenance Tasks				
Remove and inspect igniter cable. Inspect igniter plug for erosion and proper gap. Replace plug if necessary.			X	
Test speed and temperature topping system; calibrate as necessary.			X	

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial

Test and calibrate speed control system, including monitors.			X	
Calibrate temperature monitors.			X	
Check and calibrate all temperature and pressure gages.			X	
Test and calibrate as necessary all safety warning and shutdown devices.			X	
Test and calibrate package vibration monitor and associated transducers.				X
Change lithium battery in PLC (for PLC-based control systems).				X
Calibrate PLC I/O modules (for PLC-based control systems).				X

Notas:

- 1 El chequeo puede ser realizado solamente con la unidad apagada. Sin embargo no es necesario realizar esta tarea al intervalo específico; estos pueden ser diferidos hasta la próxima inspección semestral o en el próximo apagado.

### 5.1.6 SISTEMA DE AIRE

La tabla adjunta describe la programación de mantenimiento preventivo de los principales componentes del Sistema de aire.

System/Description	D	M	S	A
Periodic Checks				

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsolt, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

1	Check air inlet system for obstructions and contamination.			
2	Record differential pressure.	X		
	If air dryer installed, check its operation. <sup>1</sup>	X		
	Check inlet guide vanes for position, check torque paint on full-open stops and actuator cylinder linkage.		X	
	Inspect engine compressor variable vane mechanism for wear. Check for bent arms, loose linkages, and loose bushings. Ensure stop settings are correct. Check for damaged signal wires to actuator, if applicable. <sup>1</sup>		X	
	Inspect bleed valve actuator mechanism for proper operation (Centaur 50, Taurus engines). <sup>1</sup>		X	
	Inspect intake and exhaust systems for damage, leaks, and debris. <sup>1</sup>		X	
	Periodic Maintenance Tasks			
	Inspect and replace air inlet filters as needed. <sup>2</sup>		X	
	If self-cleaning air filter installed, check supply pressure, manually cycle through cleaning operation.	X		
	Disassemble, clean, inspect, and reassemble bleed valve.		X	

## Notas:

<sup>1</sup> Solar Turbines. Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

1. El chequeo puede ser realizado solamente con la unidad apagada. Sin embargo no es necesario realizar esta tarea al intervalo específico; estos pueden ser diferidos hasta la próxima inspección semestral o en el próximo apagado.
2. Los filtros de aire deben ser reemplazados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Como guía, las barreras de los filtros de aire requieren servicio si la presión diferencial alcanza el set de alarma, normalmente 5 pulgadas de agua. Los prefiltros requieren servicio si la presión diferencial se incrementa de 1 a 1.5 pulgadas de agua sobre la base fijada de operación.

### 5.1.7 SISTEMA LUBRICACIÓN

La tabla adjunta describe la programación de mantenimiento preventivo de los principales componentes del Sistema de Lubricación.

System/Description	D	M	S	A
Periodic Checks				
Check oil tank level every 24 hours. Record oil consumption.	X			
Verify proper operation of oil makeup system, if installed.	X			
Check oil cooler belt tension. <sup>1</sup>		X		
Check oil cooler louver operation as applicable.		X		
Check lube oil tank vent fan and mist precipitator for proper operation.		X		

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



Check and record lube oil filter differential pressure. Change filters if differential pressure limit exceeded.		X		
Check servo oil filter "pop-up" indicator; change filter if popped.		X		
Check oil cooler core; clean as necessary.			X	
<b>Periodic Maintenance Tasks</b>				
Take lube oil sample for laboratory analysis. <sup>2, 3</sup>		X		
Inspect and replace lube oil and servo oil filters as needed. <sup>4</sup>			X	
Lubricate oil cooler fan shaft bearings.			X	

Notas:

1. El chequeo puede ser realizado solamente con la unidad apagada. Sin embargo no es necesario realizar esta tarea al intervalo específico; estos pueden ser diferidos hasta la próxima inspección semestral o en el próximo apagado.
2. Todas las tareas de mantenimiento excepto esta requieren la unidad apagada.
3. Revise Capítulo II sección Sistema de lubricación para criterios de reemplazo de aceite.

### 5.1.8 SISTEMA LIQUIDO COMBUSTIBLE

La tabla adjunta describe la programación de mantenimiento preventivo de los principales componentes del Sistema de líquido combustible.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

System/Description	D	M	S	A
Periodic Checks				
Check low-pressure fuel pump operation, if installed.		X		
Check high-pressure fuel pump for leaks, noise, and proper operation.		X		
Check low-pressure fuel filters ("pop-up" indicators or differential pressure gage). Change filters if excessive differential pressure is indicated.		X		
Check high-pressure fuel filter. Clean or replace as necessary. <sup>1</sup>		X		
Inspect fuel system for leaks, security, and proper operation. Include shutoff valves, governor, fuel control valve, fuel control actuator, and all linkages and connections.		X		
Check operation of fuel control valve. Verify T5 temperatures during start; compare with original data if available.				X
Periodic Maintenance Tasks				
Disassemble and lubricate fuel shutoff valves; reassemble with new O-rings.			X	

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial

Record fuel pressures during start; compare with original readings.			X	
Inspect air purge manifolds for discoloration, cracks, and signs of overheating.			X	
Remove and inspect fuel injectors. Clean as needed.			X	

Notas:

1. El chequeo puede ser realizado solamente con la unidad apagada. Sin embargo no es necesario realizar esta tarea al intervalo específico; estos pueden ser diferidos hasta la próxima inspección semestral o en el próximo apagado.

#### 5.1.9 SISTEMA GAS COMBUSTIBLE

La tabla adjunta describe la programación de mantenimiento preventivo de los principales componentes del Sistema de gas combustible.

System/Description	D	M	S	A
Periodic Checks				
Inspect fuel control system for security, leaks, and proper operation. Include gas fuel control valve, fuel control actuator, throttle valve, and all linkages and connections. <sup>1</sup>			X	
Inspect fuel control poppet valve; replace as necessary. <sup>1</sup>			X	

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Høfinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Check operation of fuel control valve. Observe T5 temperature and fuel control actuator signals during a start; compare with original readings or stripchart recordings.				X
Periodic Maintenance Tasks				
Record fuel pressure, adjust at off-skid regulator if necessary.		X		
Disassemble, clean, and rebuild gas valves as applicable.			X	
Remove and inspect igniter torch housing for cracks, excessive erosion; inspect discharge tube for chaffing wear.			X	

## Notas:

1. El chequeo puede ser realizado solamente con la unidad apagada. Sin embargo no es necesario realizar esta tarea al intervalo específico; estos pueden ser diferidos hasta la próxima inspección semestral o en el próximo apagado.

## 5.1.10 SISTEMA DE ARRANQUE Y MOTORES AUXILIARES

La tabla adjunta describe la programación de mantenimiento preventivo de los principales componentes del Sistema de arranque y motores auxiliares.

System/Description	D	M	S	A
Periodic Checks				
Inspect and test pre/post lube oil pump, seal oil pump, backup			X	

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

lube oil pump, and backup seal oil pump, as applicable. <sup>1</sup>				
Inspect starter clutch, if applicable, to ensure lock-up in one direction and free rotation in the other. <sup>1</sup>			X	
Visually inspect starter gas seals. . <sup>1</sup>			X	
If electrohydraulic start system, check oil reservoir level.	X			
Periodic Maintenance Tasks				
For electrohydraulic start systems, obtain oil sample from starter system for laboratory analysis. <sup>2</sup>				X
For electrohydraulic start systems, change start system filters.				X
For pneumatic start systems, change lubrication oil. <sup>3</sup>				X

Notas:

1. Chequeo puede ser realizado solo con la unidad apagada.
2. Revise *Especificaciones Solar 9-347*
3. Aceite de lubricación se debe reemplazar cada 500 arranques

### 5.1.11 GENERADOR

La tabla adjunta describe la programación de mantenimiento preventivo de los principales componentes del generador.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

<b>System/Description</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>S</b>	<b>A</b>
<i>Periodic Checks and Maintenance Tasks</i>				
<i>Verify governor load gain voltage.<sup>1</sup></i>				X
<i>Disassemble, clean, and inspect coupling teeth and shear bolts for wear or damage. Repack with fresh Solar coupling grease. Reassemble using new gaskets.</i>				X
<i>Check gearbox to generator alignment; realign as necessary.</i>				X
<i>Inspect and, as necessary, clean the generator with a high-dielectric cleaner recommended by the generator manufacturer.</i>				X

### 5.1.12 GENERAL

La tabla adjunta describe la programación de mantenimiento preventivo del sistema de operación en general.

<b>System/Description</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>S</b>	<b>A</b>
<i>Periodic Checks</i>				
<i>Be alert for any unusual operating condition (vibration, noise, etc.).</i>	X			
<i>Inspect all lines and hoses for leaks, wear, chaffing; correct as necessary.</i>	X			

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Inspect all mechanical linkages for wear, looseness; correct as necessary.	X		
Visually inspect entire package for fuel, oil, and air leaks.		X	
Visually inspect integrity of fasteners, auxiliary motor couplings, bleed valve, and fuel control linkages.		X	
Check condition and operation of all solenoids and shutoff valves. <sup>1</sup>		X	
Inspect package for unusual noise, discoloration, cracks, and chaffing lines.		X	
Visually inspect exhaust bellows for cracks or distortion.			X
<b>Periodic Maintenance Tasks</b>			
Record all panel readings, check that all oil-filled gages are filled. <sup>2</sup>		X	
Conduct engine performance analysis. Perform ingestive cleaning if Pcd decreases 5 percent or more from normalized baseline value. <sup>2</sup>		X	
Conduct borescope inspection of combustor section.			X
Lubricate all electric motors equipped with grease fittings.			X
Check all safety relief valves as required by local regulations.			X

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators

<sup>6</sup> Holinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial

Clean entire package.			X	
Inspect, clean/replace remaining filters as needed.			X	
Restart turbine and record acceleration time. Monitor control system for proper sequencing.			X	
Conduct vibration survey for trending. <sup>2</sup>			X	
Sample NOx water quality and record results. <sup>3</sup>	X			
Sample fuel(s) and record results. <sup>3</sup>				X

Notas:

1. El chequeo puede ser realizado solamente con la unidad apagada. Sin embargo no es necesario realizar esta tarea al intervalo específico; estos pueden ser diferidos hasta la próxima inspección semestral o en el próximo apagado.
2. No requiere apagar la computadora
3. Revise especificaciones Solar 9-98 para Nox calidad de agua y para datos de combustible.

## 5.2 PROCEDIMIENTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO<sup>1</sup>

### 5.2.1 TURBINA DE GAS

#### 5.2.1.1 Excitatriz de encendido

La excitatriz de encendido está situada en el soporte posterior de la turbina, en una caja de empalmes a prueba de explosión. La excitatriz suministra el alto voltaje requerido para la bujía de encendido. Si surgen problemas de encendido y

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



se piensa que están provocados por la bujía de encendido, deben ser comprobadas por personal calificado.

## MONTAJE

1. Quite la cubierta que da a la caja de empalmes de la exitatriz..
2. Quite los conectores de entrada y salida de la exitatriz de encendido
3. Quite los tornillos, arandelas de seguridad y tuercas de montaje. Quite la exitatriz de la caja de empalmes

## INSPECCION

1. Inspeccione visualmente la exitatriz en busca de daños o corrosión. Limpieza si es necesario.
2. Inspeccione visualmente los conectores A(-) y B(+) de 24 VDC para ver si se presentan daños o corrosión. Limpie y enderece las clavijas según sea necesario.
3. Inspeccione visualmente los conectores de salida de la exitatriz de encendido para ver si se presenta daños, corrosión y cualquier signo de formación de arco o descarga a tierra. Límpiense si es necesario.
4. Inspeccione el cable de la exitatriz de encendido para ver si hay daños y roturas en el aislamiento y cualquier signo de cortocircuito de alta tensión o descarga a tierra.

## PRUEBAS

1. Quite la bujía de encendido del dispositivo del quemador de encendido y sitúe sobre una superficie puesta a tierra donde se pueda ver.
2. Conecte los conectores eléctricos de la exitatriz de encendido a la salida de la exitatriz de encendido y a la bujía de encendido.
3. Conecte una fuente de 24 Vdc a las clavijas A(-) y B(+) de entrada de la exitatriz de encendido.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

4. La bujía de encendido debe emitir una serie de chispas fuertes a una velocidad *de aproximadamente dos por segundo*.
5. Desconecte la fuente de energía de la exitatriz.
6. Vuelva a instalar la bujía de encendido en el dispositivo de encendido del quemador.
7. Conecte el cable de entrada de la exitatriz al conector de entrada de la exitatriz.
8. *Si la bujía de encendido no emite una serie de chispas fuertes y la exitatriz produce un zumbido audible, reemplace la bujía de encendido y repita la prueba.*
9. *Si la bujía de encendido de reemplazo no emite una serie de chispas fuertes, la exitatriz está defectuosa y debe reemplazarse.*

## INSTALACIÓN

1. Vuelva a instalar la exitatriz de encendido en la caja de empalmes y fíjelo con dos tornillos, arandelas de seguridad y tuercas. Apriete los tornillos a un par de torsión de 3.9 a 5.6 N.m.
2. Instale los cables de entrada y salida en las conexiones de la exitatriz.
3. Vuelva a instalar la cubierta de la caja de empalmes.
4. Instale la bujía de encendido.

### 5.2.1.2 Bujía de encendido del quemador

## DESMONTAJE

1. Desconecte el conector eléctrico de la exitatriz de encendido de la bujía de encendido.
2. Quite la bujía de encendido del conjunto del dispositivo de encendido del quemador
3. Extraiga y deseche la junta.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## LIMPIEZA E INSPECCION

Limpie e inspeccione la bujía de encendido para ver si presenta obstrucción, grietas o erosión. Sustitúyala si es necesario.

1. Limpie el electrodo de la bujía de encendido con un cepillo de alambre blando.
2. Limpie e inspeccione el cable de la bujía de encendido para ver su continuidad y desperfectos.

## PRUEBAS

Las pruebas de la bujía de encendido del quemador se realizan mediante el siguiente procedimiento:

1. Localice la caja de empalmes de la exitatriz de encendido en la base de montaje posterior de la turbina. Quite la cubierta.
2. Bujía de encendido de separación a  $0,09 \pm 0,01$  ( $2,3 \pm 0,3$  mm).
3. Conecte el conector eléctrico de la exitatriz de encendido a la bujía de encendido. Ponga a tierra la bujía de encendido a una superficie metálica de la turbina, de forma que se pueda ver el electrodo de la bujía de encendido.
4. Quite el cable de entrada de la exitatriz de encendido y conecte una fuente de alimentación eléctrica de 24 Vdc a la exitatriz de encendido.
5. Inspeccione si se produce una serie de fuertes chispas en sucesión rápida cuando se activa la exitatriz. Si no es visible ninguna chispa y la exitatriz produce un zumbido audible, sustituya la bujía de encendido.

## INSTALACIÓN

1. Quite la fuente de alimentación eléctrica de 24 Vdc y vuelva a conectar el cable de entrada a la exitatriz de encendido.
2. Quite el conector eléctrico de la exitatriz de encendido de la bujía de encendido.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

3. Ensamble la arandela aplastable en la bujía de encendido e instálela en el *alojamiento del dispositivo de encendido*.
4. Apriétela a un par de torsión de 33,9 a 40,68 N.M.
5. Instale una nueva junta en la bujía de encendido.
6. *Instale la bujía de encendido en el dispositivo de encendido del quemador.*
7. Apriete la bujía de encendido del quemador a un par de torsión de 34 a 41 M.m
8. *Conecte el conector eléctrico de la exitatriz de encendido a la bujía de encendido.*
9. Instale la cubierta y los herrajes de fijación a la caja de empalmes de la *exitatriz de encendido*.

### 5.2.1.3 Quemador de encendido

El quemador de encendido está montado en la carcasa de la cámara de combustión

#### MONTAJE

Desmante el quemador de encendido utilizando los siguientes procedimientos:

1. Desconecte la unión de la tuerca de la tubería de la línea de abastecimiento de combustible del quemador.
2. Desconecte el cable de la bujía de encendido de la bujía de encendido.
3. Quite los seis pernos de la brida de montaje del quemador
4. Quite el quemador y la junta de la brida de montaje del quemador de la carcasa de la cámara de combustión.

#### DESARMADO

Quite el quemador de encendido y desármelo en una superficie de trabajo limpia mediante los siguientes procedimientos:

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsoř, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

1. Quite la bujía de encendido y la arandela aplastable de la caja del quemador.
2. Quite el inyector y el sello metálico de la caja del quemador.
3. Quite la unión del tubo y el sello metálico de la caja del quemador.
4. Quite el orificio y el cierre de la caja del quemador. Separe la unión del tubo y el sello metálico del orificio del quemador.

## PARÁMETROS DE INSPECCIÓN

Inspeccione si están presentes los siguientes tipos de contaminación y desperfectos en cada componente. Determine la gravedad de los daños individualmente. Los daños que no pueden ser reparados dentro de los niveles de tolerancia aplicables requerirán de la sustitución del componente.

### DISTORSIÓN

La distorsión es un cambio estructural, tal como una fuerte ralladura o curvatura o plegamiento. Un componente que se está viendo en una superficie cóncava podría mostrar signos de convexidad, planeidad, alabeo o aplastamiento.

### ACUMULACIÓN

La acumulación es el depósito de material extraño en la superficie de un componente. Diferentes tipos de acumulación son aceite, carbonilla y cristal.

### EROSIÓN Y CORROSIÓN

La erosión está provocada por el desgaste o la corrosión por contacto entre metales o por oxidación. La corrosión aparece como escamas, provocando una depresión en el plano superficial. Inspeccione si existe escamas, que aparece como una depresión en distintos niveles en el plano superficial y si faltan trozos, lo que provocaría un orificio o separación.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> HoliSoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## QUEMADURAS

El color normal de las superficies calentadas es gris claro. Las zonas quemadas aparecerán en gris mas oscuro, los orificios aparecerán como anillos negros y las grietas se verán como grietas negras.

## INSPECCIÓN Y LIMPIEZA

Las piezas obstruidas con grasa o depósito de carbón se limpian utilizando los procedimientos de mantenimiento general. Inspeccione el quemador de encendido utilizando los parámetros anteriores. Las piezas dañadas deben sustituirse.

1. Limpie el tubo del quemador de encendido. Inspecciónelo para ver si tiene quemaduras, grietas, distorsiones, erosión o soldaduras abiertas. Si se encuentra alguna de estas condiciones, sustituya el tubo.
2. Limpie la junta. Inspeccione si hay acumulaciones, grietas y distorsión. Si se encuentra prueba de estas condiciones, cambie la junta.
3. Limpie la bujía de encendido. Inspeccione si hay acumulación, grietas y erosión. Si se encuentran pruebas de estas condiciones, cambie la bujía.
4. Limpie la caja del quemador. Inspeccione si hay grietas y distorsión. Si se encuentra evidencia de alguna grieta o distorsión, cambie la caja.
5. Limpie los canales y a través del conducto del inyector. Inspeccione si hay acumulación, grietas o erosión. Los bordes al canal se deben mantener afilados.
6. Limpie e inspeccione los sellos metálicos para ver si hay grietas o distorsión. Si se encuentran pruebas de estas condiciones, cambie el sello.
7. Limpie el orificio de encendido. Inspeccione si hay acumulación, grietas y distorsión. Los bordes delanteros y de salida del conducto del orificio deben mantenerse afilados sin rebabas.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## ARMADO

1. Ensamble el sello metálico para conectarlo e instalarlo en el inyector.
2. Ensamble el sello metálico en el inyector e instálelo en la caja del quemador.
3. Ensamble el tapón del tubo en la unión del tubo.
4. Ensamble el cierre metálico en la unión del tubo e instálelo en la caja del quemador de encendido.
5. Ensamble el sello metálico en la unión del tubo e instálelo en el orificio del quemador de encendido.
6. Instale el orificio del quemador en la caja del quemador de encendido.
7. Calibre la bujía de encendido a 2.3 +/- 0.3 mm
8. Ensamble la arandela aplastable en la bujía de encendido e instálelo en el alojamiento del dispositivo de encendido.
9. Apriétela con un par de torsión de 33,9 a 40,68 N.m.

## INSTALACIÓN

1. Lubrique los seis pernos de montaje del quemador de encendido.
2. Monte la junta en la caja del quemador de encendido e instálelo en el saliente de montaje del quemador en el extremo delantero de la carcasa de la cámara de combustión con los seis pernos.
3. Apriete según el par de torsión que corresponda.
4. Conecte la tuerca de la tubería de suministro de combustible del quemador de encendido a la unión.
5. Apriete según par de torsión que corresponda.

### 5.2.1.4 Sistema de aire de purgado

El sistema de aire de purgado se inspecciona a intervalos regulares. Si es necesario sustituir un componente primario de la válvula de purga, se debe reajustar el sistema completo. Los componentes principales de la válvula de

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Holinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

purgado son una válvula de muñón y un actuador rotatorio hidráulico. Otros *componentes adicionales de la válvula de codo son un codo y un soporte del actuador*. La válvula de purgado está ubicada sobre la brida de montaje soldada al conjunto de la carcasa de la cámara de combustión.

## INSPECCIÓN ESTÁTICA

La inspección estática se realiza mediante los siguientes procedimientos:

1. Inspeccione el conjunto de la válvula de purgado en busca de componentes sueltos y *daños metálicos*.
2. Inspeccione el actuador en busca de fugas de aceite.

## INSPECCION DE FUNCIONAMIENTO

1. Arranque el motor y observe lo siguiente:
  - a. Compare la posición ABIERTA/CERRADA de la válvula selenoide, de la válvula de purgado con el programa de la válvula de purgado.
  - b. Cuando la carga del generador se incrementa hasta 500 kW, el actuador rotatorio hidráulico cierra la válvula de purgado.
2. Pare la turbina y observe lo siguiente:
  - a. Cuando la carga del generador se reduzca a 250 kW, el actuador rotatorio hidráulico abre la válvula de purgado.
  - b. Compare la posición ABIERTO/CERRADO de la válvula selenoide de la válvula de purgado con el programa de la válvula de purgado.

## DESMONTAJE DE LA VÁLVULA DE PURGADO

1. Despresurice el sistema hidráulico de la válvula de purgado. Provéase de un recipiente apropiado para recibir cualquier aceite residual y evitar derrames.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>5</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



2. Identifique y coloque etiquetas en las tuberías de presión hidráulicas del *actuador rotatorio hidráulico*.
3. Desconecte las líneas de presión hidráulica del *actuador rotatorio hidráulico*.
4. *Quita la banda de acoplamiento del codo de la válvula de purgado.*
5. Use una eslinga y grúa para soportar el *actuador rotatorio hidráulico* con una válvula de muñón.
6. *Quite cuatro pernos y tuercas del codo de la válvula de purgado y la brida de montaje.*
7. Quite el codo de la válvula de purgado, la válvula de muñón con el *actuador rotatorio hidráulico* y las juntas espirales de la brida de montaje. Deseche las juntas espirales.
8. Desmonte el conducto del escape de la válvula de purgado del colector del escape o soporte el conducto de la válvula de purgado con la eslinga.

## INSPECCIÓN Y PRUEBA DE LA VÁLVULA DE PURGADO

1. Inspeccione visualmente todos los componentes de las válvulas de muñón y del *actuador rotatorio hidráulico* para determinar si existen daños, hendiduras, grietas o ralladuras.
2. Inspeccione si el disco y el sello tienen desgaste cuando la válvula esté completamente cerrada.

## DESARMADO DE LA VÁLVULA DE PURGADO

1. Quite los dos pernos y las contratuercas de la base de la válvula de muñón.
2. Afloje el tornillo de ajuste del adaptador.
3. Quite el vástago y la chaqueta de chavetero correspondiente del manguito del *actuador giratorio* separando la válvula de muñón del soporte del *actuador giratorio*.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

4. Si hay que sustituir el actuador rotatorio hidráulico, afloje y desmonte cuatro pernos y arandelas de seguridad y desmonte el soporte del actuador rotatorio del actuador rotatorio hidráulico.

## CONJUNTO DE LA VÁLVULA DE PURGADO

1. Instale el soporte del actuador rotatorio en el actuador rotatorio hidráulico mediante el uso de cuatro pernos y arandelas de seguridad.
2. Apriete según el par de torsión que corresponda.
3. Sitúe el manguito del actuador rotatorio en la posición de sentido horario completo y la válvula de muñón totalmente cerrada contra el sello.
4. Inserte el vástago, con la chaqueta instalada, en el chavetero correspondiente del manguito del actuador rotatorio.
5. Fije la válvula de muñón al actuador rotatorio hidráulico utilizando dos pernos y contratuercas.
6. Apriete según el par de torsión que corresponda.

## PROCEDIMIENTO DE AJUSTE DE LA VÁLVULA DE PURGADO

1. Instale el actuador rotatorio hidráulico para la configuración de prueba.
2. Afloje las contratuercas de los tornillos de ajuste de tope abierto y del tornillo de ajuste de tope cerrado.
3. Atornille el tornillo de ajuste de tope cerrado para evitar el sobre apriete del sello.
4. Abra y cierre la válvula para liberar movimiento.
5. Aplique lentamente 241 kPa a la lumbrera B para fijar el tornillo de ajuste de tope cerrado. Apriete la contratuerca.
6. Aplique lentamente aire de taller limpio y seco a la lumbrera A.
7. Ajuste ambos tornillos de ajuste de tope abierto para producir un ángulo de  $30 \pm 1$  grados de rotación abierta desde el lado plano de la cara de la válvula. Apriete ambas contratuercas.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsoř, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

8. Aumente la presión de 1241 kPa y verifique si hay fugas en los tres topos *usando una solución de jabón.*
9. Verifique que no haya separación de disco y sello.

## INSTALACIÓN

1. Use una eslinga y grúa para soportar la válvula de muñón y el actuador rotatorio hidráulico.
2. Coloque la válvula de muñón y el actuador rotatorio hidráulico entre la brida de montaje y la carcasa de la cámara de combustión y la brida correspondiente del codo de la válvula de purgado.
3. Verifique que el disco esté correctamente orientado entre la brida del codo de la válvula de purgado y la brida de montaje.
4. Instale las juntas espirales de la brida de montaje y la brida del codo de la válvula de purgado.
5. Lubrique las roscas de los cuatro pernos.
6. Instale los pernos y las tuercas a través de las bridas coincidentes.
7. Apriete los pernos y tuercas, para afianzar la válvula de muñón firmemente en su lugar.
8. Apriete según el par correspondiente.
9. Quite la eslinga y la grúa.
10. Conecte el codo de la válvula de purgado al conducto del escape de la válvula de purgado con la banda de acoplamiento.
11. Conecte las tuberías de presión hidráulica al actuador rotatorio hidráulico.
12. Apriete según el par correspondiente.
13. Quite las etiquetas de presión hidráulica.

### 5.2.1.5 Alabes directores del compresor de la turbina

El procedimiento siguiente se utiliza para verificar el ajuste y funcionamiento correcto de los alabes directores de la turbina Centaur mediante el uso del calibrador de posicionamiento de los alabes directores.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

1. Desmonte la caja de chapa metálica de los alabes directores de entrada.
2. Instale el calibrador FT20500 y ubíquelo de tal manera que las dos espigas de montaje descansen firmemente en el diámetro exterior de la caja de entrada de aire, y el brazo de referencia del calibrador esté alineado en el centro del eje de pivote de los alabes directores de entrada.
3. Verifique que el conjunto de los alabes directores de entrada no tengan herrajes flojos ni daños mecánicos obvios. Si los herrajes de afianzamiento están seguros y no hay daños mecánicos, las posiciones de máxima y mínima apertura se pueden verificar tal como lo indica el paso 4 que aparece debajo. Si el varillaje o los herrajes están flojos, entonces se debe realizar el reposicionamiento completo.
4. Arranque la turbina y observe el calibrador de posicionamiento de los alabes directores y la escala de los alabes directores de entrada
  - a. Cuando el arrancador comience a hacer girar la turbina durante la secuencia de arranque, verifique que el actuador de control de los alabes esté totalmente replegado. Asegúrese de que la superficie fresada del calibrador de posicionamiento esté en alineación aproximada con la marca que indica  $-35$  grados "C" en la escala de los alabes directores de entrada, y las marcas que indican  $-29$  grados y  $-24$  grados en los conjuntos de alabes de la primera y segunda etapas, lo cual indica que los alabes están en la posición de mínima apertura. Cuando la turbina alcance la velocidad del

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

75% aproximadamente, el actuador de control de los alabes debe comenzar a extenderse, moviendo los alabes a la posición de máxima abertura. El grado de abertura indicado en la escala de alabes directores de entrada debe entonces coincidir con el número de grados estarcidos en el soporte de los alabes directores de entrada.

- b. Pare la turbina y observe otra vez el calibrador de posicionamiento de los alabes y la escala de los alabes directores de entrada.
  - c. Cuando la velocidad de la turbina disminuya a una velocidad inferior al 92% aproximadamente, el actuador de control de los alabes debe comenzar a replegarse, moviendo los alabes a la posición mínima.
  - d. Si es necesario algún ajuste, la posición de máxima abertura se puede cambiar ajustando el actuador al conjunto tensor de brazo de palanca.
5. Si es necesario un reposicionamiento completo, desconecte las tuberías que van al actuador de control de los alabes y conecte una fuente externa de presión de aceite, 379 kPa a la lumbrera superior de entrada de aceite del actuador.

#### 5.2.1.6 Termopares

### DESMONTAJE

1. Desmonte la cubierta de la caja de empalmes T5.
2. Identifique y etiquete los conductores de termopares T5 en la caja de empalmes T5.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

3. Desconecte los conductores de los termopares de la tira de bornes.
4. Desconecta las tuercas de unión del conducto multicable del termopar en la caja de empalmes T5.
5. Jale las uniones de los conductores y conductores termopares fuera de la caja de empalmes T5.
6. Desconecte las abrazaderas del conjunto multicable del termopar donde sea necesario.
7. Quite los pernos de la brida del termopar.
8. Jale el conjunto de termopar recto hacia fuera del puerto.
9. Quite la junta de la brida y deséchela.

## INSPECCIÓN Y PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

1. Inspeccione los termopares, conjuntos multicables, y conductores de salida para detectar signos de erosión, alambres quebrados o torcidos, tubería aislante interrumpida, dentada o con perforaciones, u otros daños visibles. Reemplace todos los conjuntos de termopares dañados.
2. Conecte el óhmetro a los conductores de termopares. La resistencia del termopar no debería exceder unos ohmios. Reemplace el conjunto de termopares si tiene problemas.
3. Conecte temporalmente los alambres de conductores de salida del termopar a la tira de bornes. Rote la llave selectora de DESCONEXIÓN/LOCAL/REMOTO a la posición LOCAL. Utilice una fuente de temperatura correctamente calibrada de estilo pozo térmico para aplicar calor a cada termopar mientras se observa la pantalla de RESUMEN DE

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Holinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

LA TEMPERATURA en el monitor de video. Seleccione una serie de puntos de temperatura a través de la gama de funcionamiento de los termopares para asegurarse de que los termopares, el conjunto multicable, la tira de bornes, el cableado, el módulo Flex I/O, el cable coaxial de salida y el módulo del PLC estén funcionando correctamente.

4. Si la lectura de temperatura en la pantalla de RESUMEN DRE LA TEMPERATURA no sigue la trayectoria de la entrada de temperatura correctamente, quite el termopar de la fuente de calor. Desconecte los alambrados de los conductores de salida del termopar de la tira de bornes.
5. Conecte un simulador de termopares de tipo "K" a las conexiones de entrada de la tira de bornes y envíe señal de temperatura. Si no hay simulador disponible, se puede usar una fuente calibrada de milivoltios. Seleccione una serie de temperaturas(o milivoltios) mientras se observa la pantalla de visualización.
6. Si la trayectoria de la temperatura es la correcta, reemplace el termopar y el conjunto multicable. Si la temperatura no sigue una trayectoria correcta, realice un procedimiento de localización de averías en la tira de bornes, el cableado, el módulo Flex I/O, el cable coaxial de salida y el circuito del módulo del PLC.
7. Rote la llave selectora de DESCONEXIÓN/LOCAL/REMOTO a la posición DESCONEXIÓN.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoff, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## INSTALACIÓN

1. Instale una nueva junta en la brida del puerto termopar.
2. Inserte el termopar el puerto.
3. Lubrique las roscas de los pernos
4. Instale dos pernos en la brida del termopar.
5. Aplique según la torsión que corresponda.
6. Instale las abrazaderas del conjunto multicable del termopar.
7. Inserte los conductores del termopar y los conductos de unión del conjunto multicable en la caja de empalme T5.
8. Instale la tuerca del conducto de unión del conjunto multicable del termopar en la caja de empalme T5.
9. Apriete según torsión que corresponda.
10. Conecte los conductores del termopar en la tira de bornes.
11. Quite las etiquetas de los conductores de los termopares.
12. Instale la cubierta en la caja de empalmes de temperatura T5.

### 5.2.2 GENERADOR KATO<sup>4</sup>

#### 5.2.2.1 El significado del mantenimiento

Máquinas eléctricas rotatorias son estructuras complejas que están sujetas a esfuerzos eléctricos, mecánicos, térmicos y de medio ambiente de variable magnitud. De todos los componentes, el sistema de aislamiento es uno de los mas susceptibles de daño debido a este estrés. La vida útil de un equipo eléctrico, depende bastante del mantenimiento del sistema de aislamiento. Se requieren inspecciones y programas de mantenimiento adecuados para asegurar

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>2</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>3</sup> Hofilsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>4</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



que el equipo está siendo mantenido satisfactoriamente y minimizando las *posibilidades de falla en servicio*.

Un programa de mantenimiento e inspección regular puede suministrar un evaluación de la condición presente del equipo y puede indicar problemas *potenciales a largo plazo*. La extensión del programa de mantenimiento dependerá de la aplicación, medio ambiente y la filosofía y experiencia del operador. Un programa de mantenimiento regular involucra *periódicos desarmados y exámenes visuales del equipo, juntos, con la aplicaciones de pruebas eléctricas*, es la mejor vía de un mantenimiento preventivo. Debe ser tomado en cuenta que pruebas de aislamiento por sobre los valores regularizados *pueden dañar el aislamiento del generador*.

### 5.2.2.2 Condiciones de servicio que reducen el aislamiento

Las máquinas eléctricas y su aislamiento son sujetos a condiciones de estrés eléctrico, mecánico, térmico y de medio ambiente que da lugar a lugar al incremento de influencias de deterioro del equipo. Los mas significantes de estas son las siguientes:

#### ENVEJECIMIENTO TERMICO:

Este es el deterioro normal de servicio por efectos de temperatura.

#### SOBRE TEMPERATURA:

Esta es una inusual alta temperatura de operación causadas por condiciones como sobrecarga, alta temperatura en el ambiente, ventilación restringida, materiales extraños depositados en los devanados, o en los devanados.

#### SOBREVOLTAJE:

Es un voltaje superior al voltaje nominal, causado por fallas eléctricas, condiciones anormales de operación. La operación del generador a voltajes superiores al normal de operación reduce la vida útil del equipo.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## CONTAMINACION:

Es el deterioro del aislamiento eléctrico causado por la circulación de corriente sobre la superficie de aislamiento, o atacando el material reduciendo la calidad del aislamiento, o esfuerzo físico, o produciendo calentamiento del material aislante, produciendo temperaturas del aislante mayores que la normal. Tales contaminantes incluyen los siguientes:

- a. Agua o extrema humedad.
- b. Aceite o grasa o presión extrema del lubricante.
- c. Polvo y partículas conductoras y no conductoras.
- d. Químicos industriales como por ejemplo ácidos solventes y soluciones químicas.

## DAÑOS FÍSICOS

Estos contribuyen a las fallas de aislamiento eléctrico debido a que abren caminos de fuga en el aislamiento. Los siguientes son ejemplos de daños físicos:

- a. Impacto físico.
- b. Vibración.
- c. Sobre velocidad.
- d. Fuerzas de cortocircuito o arranques.
- e. Erosión debido a materiales extraños.
- f. Ciclos térmicos.

## EFFECTOS DE IONIZACION:

Ionización o efecto corona, el cual se puede producir a altos voltajes de operación es acompañado de efectos indeseables como acción química, calentamiento y erosión.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

### 5.2.2.3 Métodos de inspección visual

Para lograr máxima efectividad, un programa de inspección visual deberá iniciarse en aquellas áreas que por experiencia se conoce pueden presentar problemas de deterioro del aislamiento o degradación causado por las influencias descritas antes. Las áreas sospechosas a las que deberíamos poner mas atención son las siguientes:

#### TIERRA DE AISLAMIENTO

La tierra de aislamiento está generalmente definida como el aislamiento necesario para aislar los elementos transportadores de corriente de los componentes no conductores.

#### SOPORTE DE AISLAMIENTO

Los soportes de aislamiento están generalmente contruidos de láminas comprimidas de fibra, poliéster o similares impregnados con varios tipos de agentes.

#### DETERIORO DEL AISLAMIENTO DEBIDO AL ENVEJECIMIENTO TERMICO

La inspección de las bobinas revelan deterioro de las láminas de aislamiento debido a variaciones térmicas por falta de ventilación.

#### DESGASTE

La superficie de bobinas y conexiones pueden ser dañadas por efecto del desgaste o contaminación de otras fuentes tales como químicos o abrasivo o sustancias conductoras.

#### DESCONPOSICION TERMICA

La descomposición térmica o desgaste se pueden producir debido a anormales o prolongados esfuerzos mecánicos . En los devanados del estator, si se afloja la estructura de soporte puede causar daños mecánicos o eléctricos futuros si no se corrige a tiempo, este es el ejemplo claro de esfuerzo físico.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hoffinsol, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## EROSION

La erosión puede ser causada por sustancia extrañas impregnada en la superficie de aislamiento de la bobina.

### 5.2.2.4 Pruebas de aislamiento

Las pruebas de aislamiento son realizadas por dos razones:

1. Para descubrir la existencia de debilidad o falla de aislamiento.
2. Para dar alguna indicación de confiabilidad de servicio esperado.

#### 5.2.2.4.1 Prueba de resistencia de aislamiento a baja resistencia

Estas pruebas son usualmente realizadas en todas o partes de una armadura o circuito de campo a tierra. Ellos primeramente indican el grado de contaminación de las superficies de aislamiento o aislamiento sólido por efectos de la humedad y otras influencias conductivas.

La prueba de aislamiento está basada en la determinación de la corriente a través del aislamiento y sobre la superficie cuando un voltaje directo es aplicado. La corriente es dependiente del voltaje y tiempo de aplicación, el área y espesor del aislamiento y las condiciones de humedad y temperaturas durante la prueba.

La prueba de aislamiento es utilizada para determinar la condición de aislamiento previa la aplicación de pruebas de medición más rigurosas.

#### 5.2.2.4.2 Campo de la excitatriz(estator)

1. Desconecte los terminales de la excitatriz de la caja de empalmes.
2. Conecte los terminales de la excitatriz al terminal positivo de un megger de 500 voltios y el otro terminal conéctelo a la estructura metálica del generador.
3. Aplique 500 voltios desde el megger y anote la resistencia medida en el megger después de 1 minuto. La resistencia mínima deberá ser 1.0 MΩ. Caso contrario referirse a procedimientos de secado.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

4. Cortocircuiten los terminales de la excitatriz de campo con la estructura del *generador por unos minutos después de realizada la prueba*. Esto permitirá que el voltaje que cargo al circuito se descargue.

#### 5.2.2.4.3 Armadura de la excitatriz

1. Desconecte los terminales de la armadura de la excitatriz del rectificador rotativo. Desconecte los terminales del campo de la máquina de conexiones positiva y negativa.
2. Nunca aplique la prueba de megger a los rectificadores rotativos. Conecte los terminales de la armadura de la excitatriz al terminal positivo del megger, el otro terminal del megger conecte a la estructura del eje del rotor.
3. Registre el valor de resistencia medida por el megger en un minuto y aplicando 500 voltios.
4. La resistencia mínima para 1 minuto deberá ser 1.0 MΩ. Caso contrario aplicar procedimiento de secado.
5. Aterricen los terminales de la armadura de la excitatriz durante unos minutos, con el fin de descargar la corriente remanente.

#### 5.2.2.4.4 Devanado del rotor

1. Conecte los terminales positivo y negativo a un terminal del megger, conecte el otro terminal del megger a la estructura metálica del eje.
2. Registre el valor de resistencia medida por el megger en un minuto y aplicando 500 voltios.
3. La resistencia mínima para 1 minuto deberá ser 1.0 MΩ. Caso contrario aplicar procedimiento de secado.
4. Aterrice los terminales de la bobina del rotor durante unos minutos, con el fin de descargar la corriente remanente.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

#### 5.2.2.4.5 Estator

1. Desconecte todas las conexiones de potencia y de control de los terminales del estator.
2. Mida la resistencia de cada fase separadamente con las otras dos fases cortocircuitadas a la estructura metálica.
3. Use el megger de 500 voltios conectado entre el terminal de la fase a medir la resistencia y el otro terminal a la carcasa del generador (convertir a una base de 40 °C). La mínima resistencia de aislamiento durante 1 minuto no debe ser menor que el dado por la fórmula siguiente:

$$\text{Resistencia (M}\Omega\text{)} = (\text{Voltaje nominal} + 1000) / 1000$$

Si el valor es menor que el calculado por la fórmula, aplicar métodos de secado.

4. Aterrizen los cables a la carcasa del generador después de cada prueba.

Nota: El valor de la resistencia de aislamiento se incrementa cuando disminuye la temperatura de los devanados. Todas las temperaturas deben ser referidas a la temperatura del devanado.

#### 5.2.2.5 Métodos de secado

Si la resistencia de aislamiento son menores que las mínimas recomendadas especificadas anteriormente use uno de los métodos que a continuación se especifican. El método utilizado debe basarse en el tamaño y ubicación de la unidad, y equipo adecuado manejado por personal de experiencia.

Retire el regulador de voltaje y tape todos los ingresos y descarga abiertas. Suministre una abertura al tope del generador, preferiblemente al final del ventilador, para evaporar humedad. Lea temperaturas de los devanados. NO APLIQUE CALOR MUY RAPIDO. La temperatura de los devanados deberá incrementarse lentamente a un rango de 10 °C por hora hasta 93 °C. Mida la

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

resistencia de aislamiento cada hora. Típicamente la resistencia de aislamiento *caerá lentamente mientras la temperatura se incrementa u luego gradualmente se incrementa.*

#### **5.2.2.6 Instrucciones de limpieza**

Un adecuado programa de mantenimiento requiere de exámenes visuales periódicas de la máquina y sus devanados y un apropiado chequeo eléctrico y térmico. Las superficies de aislamiento deberán ser examinadas para detectar roturas, deformaciones, acumulación de suciedad y polvo, y así determinar que acción tomar.

Una resistencia de aislamiento menor a la mínima establecida puede ser una indicación de presencia de material contaminante conductivo. El contaminante puede ser carbón, sal, polvo metálico, o alguna suciedad saturada con humedad. Estos contaminantes desarrollan un camino conductivo que produce cortocircuitos a tierra con la consecuente falla. La limpieza es también necesaria para sacar acumulación de suciedad que se puede sospechar está restringiendo la ventilación manifestada por excesivo calentamiento.

#### **Precaución:**

Si no tenemos evidencia eléctrica, visual o termal que nos prediga la presencia de suciedad, no se debe iniciar proceso de limpieza, puesto que se producirá un deterioro innecesario del aislamiento.

Si está presente alta acumulación de suciedad, se pueden utilizar algunas técnicas de limpieza. La aplicación de la técnica seleccionada por este manual dependerá de lo siguiente:

1. El alcance de la operación de limpieza a ser realizada.
2. El tipo de estructura y el voltaje nominal del generador.
3. El tipo de suciedad a ser removida.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hoffinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

#### 5.2.2.6.1 Servicio de limpieza con la máquina ensamblada

Cuando se requiera el servicio de limpieza y no sea necesario desarmar los componentes de la máquina, se debe utilizar una bomba de vacío para remover suciedad seca, polvo o carbón para prevenir la redistribución del contaminante. Se requiere un tubo no conductivo conectado a la bomba de vacío para mayor accesibilidad a lugares difíciles de entrar. Después de la succión de la mayor parte de suciedad, se debe utilizar un cepillo junto a la bomba de vacío para remover remanentes de suciedad aferrados a la superficie.

Después de una limpieza inicial con la bomba de vacío, se puede utilizar un compresor de aire para remover suciedad y polvo remanente. El aire del compresor debe ser seco, libre de humedad y limpio. La presión de descarga del aire debe ser a fin de evitar desarmes mecánicos. Si no se logran buenos resultados utilizando esta técnica de limpieza, se debe contactar técnicos de Kato para analizar el problema.

#### 5.2.2.6.2 Servicio de limpieza con la máquina desarmada

Previo a la limpieza se deberá realizar una medición de la resistencia de aislamiento para chequear la integridad eléctrica del aislamiento. Una resistencia de 1 a 5 megahoms se esperaría en presencia de contaminantes. Una resistencia de cero, indicaría la necesidad de reparación, no solo limpieza.

El método de alta presión de agua caliente se utiliza para sacar contaminantes *incluso sales*. Al principio se aplica agua caliente, mezclada con detergente a alta presión sobre la superficie del aislante, seguido de algunas rociadas con agua limpia para remover residuos de detergente. Después de este proceso, se debe secar a la máquina y realizar mediciones de resistencia. Los valores se obtienen con la máquina ubicada en condiciones normales y bajo la cubierta. En caso de que el detergente o el agua no sean los adecuados, se puede utilizar aceite o *grasa*.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoli, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



### 5.2.2.7 Programación del mantenimiento del generador

#### 5.2.2.7.1 Inspecciones diarias

1. Inspeccione y registre las temperaturas de operación de los cojinetes de la máquina.
2. Inspeccione y registre las temperaturas de operación de los devanados del estator.
3. Inspeccione y registre los niveles de vibración de la máquina.
4. Chequear panel de control y registre voltaje para correcto voltaje de salida y estabilidad.

#### 5.2.2.7.2 Mantenimiento semestral o cada 2000 horas de operación

1. Retire la tapa de cubrimiento de la máquina e inspeccione visualmente los *terminales de salida del estator, protecciones y aislamientos por roturas y daños físicos.*
2. Inspeccione todas las conexiones eléctricas para detectar si hay conexiones flojas.
3. Chequear transformadores, fusibles, capacitores y pararrayos para detectar conexiones flojas o daños físicos.
4. *Chequear todos los terminales y conexiones eléctricos para verificar espacios de aislamientos.*
5. Limpie dentro de la caja de conexiones, filtros de aire, carcasa de cojinetes y *desviadores de aire con aire seco comprimido y solvente eléctrico.*

#### 5.2.2.7.3 Mantenimiento anual o cada 8000 horas de operación

1. Retire la tapa de cubrimiento de la máquina e inspeccione visualmente los *terminales de salida del estator, protecciones y aislamientos por roturas y daños físicos(mismo que el de 2000 horas).*

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hořinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

2. Inspeccione todas las conexiones eléctricas para detectar si hay conexiones flojas.
3. Chequear transformadores, fusibles, capacitores y pararrayos para detectar conexiones flojas o daños físicos.
4. *Chequear todos los terminales y conexiones eléctricos para verificar espacios de aislamientos.*
5. *Limpie dentro de la caja de conexiones, filtros de aire, carcasa de cojinetes y desviadores de aire con aire seco comprimido y solvente eléctrico.*
6. Chequear resistencia de aislamiento a tierra de todos los devanados de la máquina.
  - a. Devanados del Rotor
  - b. Devanados del Estator
  - c. PMG y armadura de la excitatriz
  - d. Bobina de campo de la excitatriz
7. Inspeccione los calentadores.
8. Inspeccione las conexiones de los diodos en el rectificador y las conexiones a la armadura de la excitatriz.

#### **5.2.2.7.4 Mantenimiento cada 20000 horas de operación o cada tres años**

1. Retire la tapa de cubrimiento de la máquina e inspeccione visualmente los terminales de salida del estator.
2. Visualmente revise los terminales del estator, elementos de protección y aislamiento procurando detectar posibles roturas o daños físicos.
3. Inspeccione todas las conexiones eléctricas para detectar si hay conexiones flojas.
4. Chequear transformadores, fusibles, capacitores y pararrayos para detectar conexiones flojas o daños físicos.
5. Chequear todos los terminales y conexiones eléctricos para verificar espacios de aislamientos.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

6. Chequear resistencia de aislamiento a tierra de todos los devanados de la máquina.
  - a. Devanados del Rotor
  - b. Devanados del Estator
  - c. PMG y armadura de la excitatriz
  - d. Bobina de campo de la excitatriz
7. Inspeccione visualmente los devanados de la máquina para detectar grasa, aceite o contaminación sucia. La presencia de excesiva contaminación necesitará limpieza con aire o solvente eléctrico.

#### **5.2.2.7.5 Mantenimiento cada 40000 horas de operación o cada cinco años de operación**

1. Desarmar la máquina, incluyendo los componentes del motor.
2. Chequear resistencia de aislamiento a tierra de todos los devanados de la máquina.
  - a. Devanados del Rotor
  - b. Devanados del Estator
  - c. PMG y armadura de la exitatriz
  - d. Bobina de campo de la exitatriz
3. Limpiar los devanados de la máquina usando aire comprimido y solvente eléctrico o desengrasante y lavado con alta presión de agua dependiendo de la gravedad de la suciedad.
4. Secar los devanados hasta valores aceptables.

### **5.2.3 SISTEMA DE ARRANQUE**

#### **5.2.3.1 Motor de arranque**

El motor de arranque requiere lubricación periódica. Utilice el siguiente procedimiento de lubricación, remoción, preparación para instalación e instalación del motor.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

Para remover el motor de arranque realice el siguiente procedimiento:

1. Desconecte la energía eléctrica y ponga candado y tarjeta en el arrancador.
2. Desconecte los cables de entrada al motor, identifique los cables y aislar los cables.
3. Remover las estructuras que aseguran el motor de arranque
4. Remover el motor de arranque

Si está instalando un nuevo arrancador, puede ser necesario instalar el acoplamiento estriado en el eje del motor de arranque. Para instalar el acoplamiento estriado seguir el siguiente procedimiento:

1. Desengrasar el eje del motor de arranque, el acoplamiento estriado, la arandela de seguridad, la tuerca, la chaveta y el chavetero . Utilizar solvente y luego secar.
2. Calentar el acoplamiento estriado a 250 °F(121°C).
3. Enfriar el eje del motor de arranque con hielo seco o con agente congelante similar. No congelar el eje.
4. Insertar la chaveta en el chavetero y deslizar el acoplamiento estriado caliente en el eje del motor de arranque hasta que su se ubique en el fondo del hombro del eje del motor.
5. Permitir el enfriamiento del acoplamiento estriado
6. Aplicar generosamente el material sellador de alta temperatura(Solar n/p 953676C1) alrededor del eje del motor de arranque, el acoplamiento estriado, tener cuidado particular de llenar el chavetero con el material sellador.

Si se va a instalar el mismo motor de arranque, realizar la preparación de instalación como se describe:

1. Quitar el tornillo y arandela de sujeción del acoplamiento estriado del motor de arranque.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

2. Limpiar el área del eje del motor de arranque, arandela, área del *acoplamiento estriado*, área del *chavetero con solvente*. Secar.
3. Aplicar el material sellador de alta temperatura(Solar n/p 953676C1) alrededor del eje del motor de arranque, el acoplamiento estriado, tener *cuidado en no poner el material sellador en el chavetero*.
4. Instalar la guarda de seguridad, arandela y tornillo en el eje del arrancador. Ajuste el tornillo con el torque específico.

Para la instalación del motor de arranque realice el siguiente procedimiento:

1. Con la ayuda de un equipo de levantamiento de equipos instale el motor de *arranque dentro del adaptador*.
2. Instalar la estructura de fijación del motor de arranque al adaptador. Realice el ajuste con torque adecuado.
3. *Conecte los cables eléctricos en los terminales del motor*.
4. Remover las tarjetas y energizar el equipo.

#### 5.2.3.2 Variador de frecuencia

Si se requiere mantenimiento a este equipo, revisar parámetros de programación utilizando la tabla de parámetros localizada en el interior del equipo y en los esquemas eléctricos.

### 5.2.4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

#### 5.2.4.1 Filtro de gas combustible

Utilizar el siguiente procedimiento para reemplazar el filtro del gas combustible:

1. Cierre la válvula manual aguas arriba del separador.
2. *Ventee la presión retirando cuidadosamente el tapón de drenaje de la carcasa*.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



3. Reinstalar el tapón de la carcasa y ajuste seguramente.
4. *Remover tapa de portafiltros*
5. Retirar el sello O de la tapa del porta filtro
6. Remover el resorte y elemento del porta filtro
7. *Limpiar el interior del porta filtro con trapo.*

## INSTALACIÓN DEL FILTRO

1. Colocar el resorte y el nuevo elemento en el porta filtro
2. Colocar el sello O en la tapa del porta filtro.
3. Colocar tapa y apriete adecuadamente
4. Abrir válvula manual y chequear por fugas de gas usando espuma.

### 5.2.4.2 Filtro del gas piloto

1. Cierre la válvula manual de apagado localizada aguas arriba de los filtros
2. Despresurice la línea de gas
3. Remover el sello O de la tapa del portafiltro
4. Reemplazar elemento o limpiar con solvente estándar y secar con aire seco comprimido.
5. Limpiar interior del portafiltro
6. Reemplazar el sello O y colocar elemento
7. Asegurar tapa del portafiltro y abrir la válvula manual de apagado.

### 5.2.5 INYECTORES DE COMBUSTIBLE

Utilice el siguiente procedimiento para quitar, inspeccionar e instalar los inyectores de combustible:

#### RETIRAR INYECTORES:

1. Desconectar línea principal de suministro de gas a los inyectores.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofssoft, System Manual of Maintenance program Impaci ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

2. Desconecte la línea principal de suministro de líquido a los inyectores.
3. *Desconecte la línea principal de suministro de aire a los inyectores*
4. Retire las 4 arandelas y tornillos de cada inyector
5. Retire cada inyector y juntas de las bridas de la estructura del combustor.  
*Deseche las juntas.*

## INSPECCIÓN Y LIMPIEZA

1. Inspeccionar cada inyector, chequear desgaste o distorsión
2. Reemplaze inyector si está excesivamente dañado o distorsionado
3. Utiliza un cepillo de hilos suaves para limpiar externamente los inyectores, y para limpiar el interior, utiliza un cepillo de hilo suave tipo botella.

## INSTALACIÓN

1. Instale nuevas juntas y colocar los inyectores en la estructura del combustor.
2. Instale arandelas y tornillos en los inyectores
3. Reconectar las líneas principales de gas, líquido y aire.

### 5.2.6 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

La descarga electrostática puede degradar el funcionamiento o causar daños permanentes. Observe las siguientes precauciones para prevenir la descarga electrostática:

- Descárguese usted tocando un cable de tierra.
- No toque los conectores tipo pin de las tarjetas
- Utilice guantes estáticos al manipular o cambiar los componentes internos de control
- Utilice fundas aislantes para guardar tarjetas de control que no utilice.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>5</sup> Hoffnsof, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

- El procesador deberá estar energizado cuando se reemplaza la batería la *batería interna de litio*. Si se reemplaza la batería des-energizado se perderá el programa almacenado en la memoria.
- La batería del procesador debe cambiarse cada año. El procesador tiene un *indicador de baja batería*. Cuando este indicador se encuentra en rojo hay que cambiar la batería.

## 5.2.7 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

### 5.2.7.1 Instrucciones generales

Después de las 1000 horas de funcionamiento de la máquina, realizar las siguientes acciones adicionales a las inspecciones de rutina (apagar la máquina antes de realizar los chequeos):

1. Reemplace aceite, elemento filtrante. El filtro y el aceite deberán cambiarse cuando sea visible la contaminación, cuando el indicador actuador de presión diferencial actúe o cuando la presión diferencial instalado en el filtro exceda el límite. Si ninguna de estas condiciones ocurra, el aceite deberá cambiarse anualmente.
2. Inspeccionar una muestra de aceite de lubricación por posibles contaminantes, si es aplicable, drenar aceite del tanque de reservorio y llenarlo nuevamente con aceite especificado en cap. II.
3. Inspeccionar el enfriador, si es aplicable, por acumulación de materiales extraños que puedan obstruir el flujo del refrigerante. Limpiar de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
4. Inspeccionar todas las líneas y componentes del sistema para asegurar condiciones seguras.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



### 5.2.7.2 Bomba de pre – post lubricación

#### RETIRO DE MOTOR DE LA BOMBA

1. Desconectar cable de tierra y conexiones eléctricas del motor. Colocar *tarjeta y candado de seguridad en arrancador.*
2. Retirar tuberías de succión y descarga de la bomba
3. Desconectar el motor de las abrazaderas y elementos de sujeción a la *bomba*
4. Utilizar pequeño montacargas si es necesario para retirar motor.
5. Retirar el motor fuera del patín de la turbina.

#### INSTALACIÓN

1. Posicionar el motor sobre la bomba
2. *Instalar el motor en la bomba*
3. Conectar los elementos de sujeción, abrazaderas del motor a la estructura de sujeción de la bomba
4. *Conectar las tuberías de succión y descarga*
5. Conectar los cables eléctricos a los terminales del motor y el cable de tierra
6. Quitar las tarjetas y candados del arrancados
7. *Energizar y probar sentido de giro de la bomba*

El procedimiento para cambio del motor de la bomba de respaldo es similar.

### 5.2.7.3 Filtros principales del sistema de lubricación

Puesto que el sistema posee dos filtros principales en el sistema de lubricación, *uno de ellos funciona a la vez, debido a esto, se puede brindar servicio de mantenimiento durante la operación del turbogenerador, o durante un apagado del equipo. Es aconsejable sin embargo apagar la unidad y dejar que la bomba de postlubricación termine su ciclo antes de realizar el mantenimiento. Este arreglo*

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

permitirá también arrancar la unidad mientras el reemplazo del filtro está en progreso. *Los filtros deberán cambiarse cuando la presión diferencial indique la necesidad de servicio, cuando es sea necesario cambiar el aceite o en el mantenimiento anual.*

*El cambio de los filtros debe realizarse cada intervalo de tiempo, sin embargo, se deben cumplir ciertos requerimientos para el cambio de los filtros que se enuncian a continuación:*

- Cuando la presión diferencial exceda los 30 psi.
- Cada 8000 horas de operación, sin importar si los filtros han estado en operación.
- Cuando han pasado mas de seis meses, independientemente de las horas de operación
- *Cuando se cambia el aceite*

Normalmente, en el caso de que el aceite se contamine, la señal de esto será un *aumento de la presión diferencial*. Si se permite que el incremento del diferencial del presión a estados críticos, el diferencial de presión activará una alarma. Esta es una clara indicación de que se deben cambiar los filtros.

*Utilice el conjunto de cambio de filtros y siga el siguiente procedimiento:*

1. Aislar la válvula de posición de transferencia del filtro del sistema de lubricación.
2. Verificar que la válvula manual de realimentación esté cerrada
3. Si se requiere, coloque una manguera de drenaje o coloque una bandeja a la salida del drenaje de portafiltro.
4. Remueva el tapón de drenaje y drene el aceite del portafiltro.
5. Afloje el tornillo de sujeción de la tapa superior del portafiltro
6. *Retire la tapa del portafiltro y el sello O*
7. Retire el filtro
8. Limpie el interior del portafiltro
9. *Instale un nuevo filtro*

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofilsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

10. Instale nuevo sello tipo O.
11. *Coloque la tapa del portafiltro y asegure el tornillo de sujeción.*
12. Inserte nuevamente el tapón de drenaje
13. Llene de aceite el portafiltro y purgue el aire que se encuentre en el interior.
14. *Abra la válvula principal de transferencia a su posición normal de operación*
15. Si es necesario, repetir el procedimiento para el segundo filtro

#### 5.2.7.4 Bomba principal del sistema de lubricación

Siga el procedimiento para remover e instalar la bomba principal de lubricación :

1. Retirar estructura de sujeción de la tubería de descarga y juntas de la bomba
2. Retirar la estructura de sujeción de la tubería de succión y juntas de la bomba
3. *Utilizar elementos de sujeción como correas o cadenas y conectarlas a un montacargas o equipo de levantamiento de pesos.*
4. Lentamente mover la bomba y ubicarla fuera del patín de la turbina de la bomba
5. Limpiar discos de entrada y descarga en la en la carcasa de la bomba y la tubería.
6. *Colocar los juntas en la bomba*
7. Instalar la bomba en la estructura de soporte. Asegurar los elementos de sujeción
8. *Ajustar los elementos de soporte con el torque adecuado*
9. Desconectar correas de sujeción
10. Instalar juntas y tubería de succión a la bomba. Asegurar con los pernos de fijación
11. Instalar juntas y tubería de descarga. Asegurar con los pernos de sujeción
12. Aplicar torque correspondiente a los pernos de sujeción de los tubos de succión y descarga

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofilsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

### 5.2.7.5 Bomba de lubricación de respaldo

Siga el siguiente procedimiento para retirar e instalar la bomba de lubricación de respaldo:

1. Desconectar el cable de tierra y cables eléctricos de conexión del motor de la bomba de lubricación de respaldo, identificar cada cable.
2. Desconectar las tuberías de succión y descarga conectadas a la bomba.
3. Si es necesario, conectar correas de sujeción alrededor de la bomba para poder alzarla.
4. Retirar elementos de unión del motor a la bomba
5. Levantar motor y la bomba fuera del patín de la turbina.
6. Remover pernos, arandelas y tapas de la unión a la carcasa
7. Remover pernos, arandelas y tuercas de sujeción de la bomba a la unión de la carcasa.
8. Retirar la bomba de la unión de la carcasa.

Siga el siguiente procedimiento para instalación

1. Levante la bomba y haga coincidir lentamente el acoplamiento de la bomba *con el acoplamiento del motor. Cerciórese que los acoplamientos coincidan correctamente.*
2. Instale sin apretar los pernos, las arandelas y las tuercas que afianzan la *bomba a la caja de acoplamiento.*
3. Apriete las tuercas de acuerdo a las tablas de par de torsión. Desconecte el malacate.
4. *Instale las tapas en la caja de acoplamiento y afiáncelas con arandelas y tornillos.*
5. Coloque el motor y la bomba en el soporte de montaje y afiáncele con los *herrajes de afianzamiento.*
6. Apriete el herraje de afianzamiento con el par de torsión adecuado. Desconecte el malacate.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofsosoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

7. Conecte las tuberías de entrada y descarga de la bomba.
8. *Apriete las tuberías de descarga y entrada con el par de torsión adecuado.*
9. Vuelva a conectar los conductores eléctricos al motor. Consulte en el diagrama de cableado las conexiones correspondientes. Vuelva a conectar el cable de tierra. *Quite las etiquetas de identificación.*

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofsosoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

1. Se logró estructurar una base de datos con la principal información de los equipos, repuestos, herramientas, mano de obra, frecuencias de mantenimiento u otras, que son la base de diseño de los formularios de planificación de mantenimiento preventivo y correctivo. Todos los datos se relacionan en base de la identificación del Equipo ID. De esta manera se puede clasificar y ordenar la información automáticamente.
2. Con la ayuda de este trabajo de investigación, cualquier profesional que desee implementar un programa de mantenimiento preventivo en cualquier tipo de empresa industrial encontrará la suficiente información para adaptarlo en su empresa.
3. El programa computarizado desarrollado va a servir de base para la implementación del programa de mantenimiento preventivo a desarrollarse en la planta de generación del turbogenerador.
4. La guía de solución de averías representa una fuente de información de valiosa ayuda a la resolución de problemas en averías y procedimientos de chequeo para dar con el problema. Esta base de datos está de acuerdo a la experiencia de los técnicos al principio, y con los datos históricos luego. La finalidad primaria es disponer de una guía de ayuda a solución de problemas, pero sus resultados serán más amplios, ya que una eficiente solución a un problema trae consigo ahorros económicos, disminución de pérdidas de tiempo, análisis de averías para determinar las causas que provocaron la avería y tomar medidas al respecto como por ejemplo poner énfasis en partes de equipo cuando se realizan los mantenimientos.
5. Con la realización del presente trabajo queda demostrado que un profesional con formación en ingeniería eléctrica puede diseñar, programar e implementar un programa de mantenimiento no solo en el área eléctrica sino además en todo el conjunto.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

6. El programa de mantenimiento se ha desarrollado lo más funcional posible y se ha focalizado en el análisis técnico, le faltan opciones como por ejemplo análisis de costos, mantenimiento preventivo y enlace a la bodega, pero, este trabajo servirá de base para el desarrollo de las opciones mencionadas, ya que las bases de datos están creadas, los formularios de mantenimientos preventivos, correctivos y de repuestos están ya desarrollados. En los formularios de formularios de ingreso de datos de herramientas, repuestos y mano de obra se incluyen registros de ingreso de costos, con esta información mas la proporcionada por contabilidad acerca de costos indirectos se puede calcular los costos de mantenimiento.
7. El programa de mantenimiento es de fácil manejo, la base de datos es un menú de ingreso de datos. Los menús de mantenimientos preventivo y correctivo sirven para planificar los trabajos, emitir ordenes de trabajo, revisar históricos, etc. El menú consultas sirve para consultar algunos datos como por ejemplo frecuencias de mantenimiento, guía de solución de problemas, procedimientos de mantenimiento, etc. El menú reportes tiene una serie de informes que el usuario puede imprimir.
8. El presente trabajo tiene información técnica de procedimientos de mantenimientos y programación mantenimientos preventivos de los principales componentes del turbogenerador. La información es directamente del fabricante, el cual nos asegura funcionamiento de los equipos al 100% de su capacidad y una vida útil esperada siempre y cuando se cumplan sus recomendaciones en cuanto a operación y mantenimiento de los equipos.
9. El ingreso de información de repuestos se los hace en el menú de base de datos, mientras que la consulta se lo realiza en el menú principal. La idea es que el administrador de mantenimiento pueda revisar diariamente el stock de repuestos, y con la ayuda del formulario de próximas fechas de mantenimiento pueda enviar ordenes de compra de materiales con anterioridad.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## 6.2 RECOMENDACIONES

1. Es importante tener en cuenta que la implementación de un programa computarizado de mantenimiento eficiente requiere que otros aspectos de la planta o fábrica también estén estructurados, como por ejemplo: disponer de un departamento de mantenimiento organizado, técnicos capacitados, disponer de un taller de mantenimiento equipado, disponer de un departamento de compras o bodega organizado, disponer de la información técnica de los equipos, disponer de un profesional que se haga cargo de la administración del mantenimiento (generalmente el jefe de mantenimiento), Bajo estas condiciones es factible la implementación del programa de mantenimiento.
2. La persona que se encargue de la administración del mantenimiento debe tener experiencia en técnicas de mantenimiento o cursos al respecto. Esto es importante, ya que a lo largo de mi vida profesional he constatado que la buena voluntad no es suficiente, sino que se necesita preparación previa.
3. Cuando se produce una falla o avería en un equipo, el administrador puede realizar lo que se llama "Oportunidad de trabajo", que significa aprovechar el tiempo que el equipo estará parada para realizar otros trabajos a los equipos asociados, claro está, si se dispone de los recursos de mano de obra, repuestos y herramientas.
4. El administrador de la base de datos tiene que actualizar la información diariamente para evitar pérdidas de información.
5. Se añadió un icono en el menú principal que dice "IMPORTANTE", y es de mucha utilidad al Administrador del Mantenimiento, ya que le indica los equipos próximos a dar mantenimiento (dentro de 30 días), con esta información, el Administrador coordina actividades con los departamentos de mantenimiento y operación, además se asegura los recursos necesarios para los mantenimientos como son repuestos, mano de obra y herramientas
6. En la Planta de Generación, el departamento de mantenimiento planifica anualmente los mantenimientos con la ayuda del Project Manager. El

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hoffinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.



Administrador del mantenimiento tiene información valiosa cada vez que *cierra las órdenes de trabajo, allí le indica el tiempo de duración real, con esta información se puede optimizar los tiempos de ejecución de los trabajos, es decir encontrar el camino óptimo.*

7. *Se recomienda al administrador de mantenimiento revisar el stock de repuestos y el formulario de próximos mantenimientos para planificar las órdenes de compra de materiales. Para actualizar la información de stock de repuestos, el departamento de compras o bodega emitirá listas actualizadas de repuestos. A su vez, el departamento de mantenimiento deberá emitir un reporte de repuestos utilizados luego de cada mantenimiento, a través de este procedimiento, los departamentos tendrán siempre la información actualizada. El administrador además tiene acceso a información de estado en que se encuentran las compras y los tiempos aproximados de compra de los mismos.*
8. El fabricante recomienda frecuencias de mantenimiento, información que sirve de base para la planificación de los mantenimientos, pero, *dependerán de las condiciones climáticas y de operación a las que se encuentre el equipo las que nos indicarán el camino óptimo de frecuencias de mantenimiento.*
9. *Se recomienda al personal de compras actualizar siempre la información de datos de distribuidores para agilizar la compra de los mismos.*

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. SOLAR TURBINES, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator Set, 2000.
2. Tecnologías Aplicadas, Programas Computarizado de Mantenimiento Preventivo, 1999.
3. KATO ENGINEERING, Instruction Manual for Voltage Regulator, publication number 351-01002-00A, 1991.
4. KATO ENGINEERING, Maintenance Schedules for Kato generators, publication number 352-230009-00, 1997.
5. KATO ENGINEERING, Instruction Manual for Kato Pilot Exciters, publication number 350-01003-00, 1977
6. HOFINSOFT, System Manual of Maintenance program Impact ver. 1.0
7. GILL, PAUL, Electrical Power Equipment Maintenance and Testing, 1998
8. MICROSOFT, Getting Results with Microsoft Access 97,1997.
9. MICROSOFT, Enciclopedia de Microsoft Visual Basic 6
10. MICROSOFT, Guía de Campo Microsoft Access 2000, 2000.
11. MARTINEZ, OSCAR, Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.
12. YPF, RBM Reliability Based on Maintenance, 1995

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

## ANEXOS

Los anexos adjuntos son ejemplos de reportes y datos técnicos, se han incluido los siguientes:

- ANEXO 1: Reporte de características técnicas de equipos
- ANEXO 2: Reporte de lista de equipos
- ANEXO 3: Reporte de características de repuestos
- ANEXO 4: Reporte de lista de repuestos
- ANEXO 5: Lista de herramientas
- ANEXO 6: Lista de mano de obra
- ANEXO 7: Lista de áreas
- ANEXO 8: Frecuencias de mantenimiento
- ANEXO 9: Frecuencia de mantenimiento de equipos
- ANEXO 10: Fechas de próximos mantenimientos de equipos
- ANEXO 11: Ordenes de mantenimiento preventivo
- ANEXO 12: Reporte de cierre de ordenes de trabajo preventivo
- ANEXO 13: Histórico de mantenimiento preventivo
- ANEXO 14: Histórico de mantenimiento correctivo
- ANEXO 15: Guía de solución de averías
- ANEXO 16: Reporte de cierre de ordenes de trabajo averías
- ANEXO 17: Solicitud de trabajo de reparación
- ANEXO 18: Orden de compra de materiales
- ANEXO 19: Lista de principales repuesto del turbogenerador
- ANEXO 20: Orden de trabajo correctivo
- ANEXO 21: Características técnicas del generador.
- ANEXO 22: Principales componentes del sistema de control.
- ANEXO 23: Descripción de protecciones del turbogenerador.

<sup>1</sup> Solar Turbines, Operation & Maintenance Instructions Centaur 50 Gas Turbine-Driven Generator set.

<sup>4</sup> Kato Engineering, Maintenance Schedules for Kato generators.

<sup>6</sup> Hofinsoft, System Manual of Maintenance program Impact ver 1.0

<sup>11</sup> Martínez Oscar. Teoría y Cálculo del Mantenimiento Industrial.

**ANEXO 1:      Reporte de características técnicas de equipos**

### *Características Técnicas de Equipos*

<i>EquipoID</i>	<input type="text" value="1"/>
<i>AreaID</i>	<input type="text" value="Turbina"/>
<i>Clave del Equipo</i>	<input type="text" value="CENTAUR 50"/>
<i>Descripcion</i>	<input type="text" value="Turbina"/>
<i>Numero de Serie</i>	<input type="text" value="234T76"/>
<i>Modelo</i>	<input type="text" value="PO23"/>
<i>Numero de parte</i>	<input type="text" value="501KB"/>
<i>Especificaciones</i>	<input type="text" value="Gas Turbine Rotating Prime Movers Model GT-010 P/N 8575600F-501 KB&lt;br/&gt;Mfg. Centaur 50 Solar Turbine"/>

# Lista de Equipos

EquipoID	AreaID	Clave del Equipo	Descripcion
1	Turbina	CENTAUR 50	Turbina
3	Sistema de Lubricación	CENTAUR 50	Bomba de prelubricación
4	Sistema de Combustible	CENTAUR 50	Inyectores del sistema de gas
5	Generador	CENTAUR 50	Generador
6	Generador	CENTAUR 50	SISTEMA DE MONITOREO DE VIBRAC
7	Sistema de Control Eléctric	CENTAUR	PLC
8	Sistema de Arranque	CENTAUR 50	Motor de arranque
9	Sistema de Lubricación	CENTAUR 50	Bomba de post lubricación
10	Sistema de Lubricación	CENTAUR 50	BOMBA DE RESPALDO
11	Turbina	CENTAUR	SISTEMA DE ESCAPE
12	Turbina	CENTAUR 50	SISTEMA DE AIRE
13	Turbina	CENTAUR 50	INYECTORES DEL LIQUIDO COMBUS

**ANEXO 3:      Reporte de características de repuestos**

# Descripción de Repuestos

RepuestosID	<input type="text" value="1"/>
Descripción	<input type="text" value="Exciter assy, type TCN-24"/>
P/N	<input type="text"/>
Modelo	<input type="text"/>
Especificaciones	<input type="text"/>
Fabricante	<input type="text"/>
Stock	<input type="text" value="0"/>
Valor unitario	<input type="text" value="0"/>
C_maxima	<input type="text" value="0"/>
C_minima	<input type="text" value="0"/>
Ubicación	<input type="text"/>
Distribuidor	<input type="text"/>



# Lista de Repuestos

RepuestosID	Descripción	P/N	Stock
1	Exciter assy, type TCN-24		0
2	Thermocouple assy, turbine		0
3	Engine vibration velocity transducer		0
4	Pick-up assy, magnetic speed		0
5	Pick-up assy, 5TH stage speed		0
6	Plug assy, magnetic chip detector		0
7	Fuel control valve, natural gas, 980 BTU/SCF, 220 PSIG supply presure, Model AGV10-51P		0
8	UV Flame detector/controller, Detector Electronics Corp.		0
9	2" - 24 VDC ATKOMATIC gas valve		0
10	1" - 24 VDC ATKOMATIC gas valve		0
11	Smr sensor system combustible gas. Model S104		0
12	Side-mounted level switch LS-2050		0
13	Pressure transmitter		0
14	Series 7000 Resistance temperature detector, 2V, 5 mA.		0
15	Temperature switch, range adjust 80 - 205 Farh. degr.		0
16	Vibration switch		0
17	Fairchild model 21 adjustable ratio relay		0
18	Fairchild model 100 pneumatic pressure regulator		0

RepuestosID	Descripción	P/N	Stock
19	Fairchild model 200 air loaded pneumatic pressure regulator		0
20	Series 39 pneumatic actuator, model 39, 185 in. lbs, output torque 80 psi.		0
21	Series 39 pneumatic actuator, model 39, 185 in. lbs, output torque 80 psi.		0
22	Pressure regulator valve, type 67AF, 3-100 psi outlet pressure		0
23	Externally-mounted bottle-style level switch LS-800 Type 5		0
24	Pressure transmitter		0
25	Pressure transmitter		0
26	vibration switch		0
27	RTD PT103		0
28	RTD PT100		0
29	Proximito sensor		0
30	Velocity transducer		0
31	Drive end bearing assy		0
32	Opposite Drive end bearing assy		0
33	8A, 24 Vdc Power supply		0
34	PLC S/20 processor		0
35	8PT RTD input		0
36	24 Vdc, 16 PT discrete input		0
37	24 VDC, 16 PT discrete output		0
38	4 - 20 mA, 16 PT analog input		0
39	Configurable flow meter module		0

RepuestosID	Descripción	P/N	Stock
40	2TC input, 2 analog output card		0
41	Line synchronization module		0
42	Panelview 600 terminal		0
43	PLC Intefaz card, Cat. No. 1771-RT41A.		0
44	Intefaz card, Cat. No. 1771-RTP4.		0
45	Intefaz card, Cat. No. 1771-RTP3.		0
46	Power supply fuse, 5A, 250 V.		0
47	Power supply rack		0
48	16 - SLOT PLC rack		0
49	PLC power supply paralleling cable		0
50	Pot, 62JA - 250 ohms, Tol = 5%		0
51	AMP-TRAP fuse, 6A, 600 Vac, Type AJT6		0
52	Motorized Pot, model DA 60 Hz, 115 V, 5W, 6RPM, 0.5 MDF		0
53	Control relay, DC24V 27720A.		0
54	RS-30 General purpose relay, 24 Vdc		0
55	Control relay, DC24V 27X31A		0
56	Voltage Regulator. Cat. VR760WF58HUF3PS240V180HP.		0
57	Vibration Transmitter		0
58	Vibration transmitter.		0
59	G Fuse cartridge 5x20 mm, 250 V, 1 A		0
60	G Fuse cartridge 5x20 mm, 250 V, 2 A		0

RepuestosID	Descripción	P/N	Stock
61	G Fuse cartridge 5x20 mm, 250 V, 3 A		0
62	G Fuse cartridge 5x20 mm, 250 V, 5 A		0
63	High resolution isolated analog module		0
64	Motor, 5 HP, 1170 rpm, 460 V, 6.9 A, 215T frame		0
65	Motor, 10HP, 3490 rpm, 460 V, 215T frame		0
66	RS-30 General purpose relay, 24 Vdc		0
67	Control circuit transformer		0
68	Motor circuit breaker, 7 amp, 600 Vac		0
69	Motor circuit breaker, 30 amp, 600 Vac		0
70	Contactador, 27 A, 600 V		0
71	Contactador, 18 A, 600 V		0
72	N.O. auxiliary contact		0
73	Overload relay		0
74	Overload relay		0
75	Heater, 4.55/7.40 A		0
76	Heater, 0.814/1.320 A		0
77	Control circuit transformer, 480/120 Vac, 100 VA.		0
78	Circuit breaker, 7 amp, 3 poles, 600 Vac		0
79	Circuit breaker, 30 amp, 3 poles, 600 Vac		0
80	Circuit breaker, 15 amp, 2 poles, 600 Vac		0
81	Contactador, 27 A, 600 V		0

RepuestosID	Descripción	P/N	Stock
82	N.O. auxiliary contact		0
83	Overload relay		0
84	Heater		0
85	Heater		0

# Herramientas

"

HerramientasID Herramienta

Costo-hora

- 
- 1 Manuales
  - 2 Megger
  - 3 Multímetro
  - 4 Amperímetro
  - 5 Hi-pot
  - 6 Tomo
  - 7 Suelta autógena
  - 8 Suelta eléctrica
  - 9 TTR

# Lista de Mano de Obra

ManoObraID	Mano de Obra	Costo-hora
1	Técnico Eléctrico cat. A	
2	Técnico Eléctrico cat. B	
3	Técnico Mecánico cat. A	
4	Técnico Mecánico cat. B	
5	Instrumentista cat. A	
6	Instrumentista cat. B	
7	Ayudante	
8	Ayudante Mecánico	
9	Ayudante Instrumentista	
10	Soldador	
11	Obrero	

**ANEXO 7: Lista de áreas**



# Area

---

**AreaID Area**

---

- 1 Turbina
- 2 Sistema de Lubricación
- 3 Sistema de Combustible
- 4 Sistema de Arranque
- 5 Generador
- 6 Sistema de Control Eléctric

# Frecuencia de mantenimiento

## FrecuenciaID Frecuencia de mantenimiento

- 12 Anual
- 3 Trimestral
- 6 Semestral
- 1 Mensual
- 2 Cada 2 meses
- 3 Cada 3 meses
- 4 Cada 4 meses
- 5 Cada 5 meses
- 7 Cada 7 meses
- 8 Cada 8 meses
- 9 Cada 9 meses
- 10 Cada 10 meses
- 11 Cada 11 meses

**ANEXO 9: Frecuencia de mantenimiento de equipos**

# Frecuencias de mantenimiento equipos

EquipoID	Descripcion	FrecuenciaID
1	Turbina	Cada 4 meses
3	Bomba de prelubricación	Semestral
4	Inyectores del sistema de gas	Mensual
5	Generador	Mensual
6	SISTEMA DE MONITOREO DE VIBRACION	Cada 3 meses
7	PLC	Semestral
8	Motor de arranque	Cada 3 meses
9	Bomba de post lubricación	Semestral
10	BOMBA DE RESPALDO	Cada 3 meses
11	SISTEMA DE ESCAPE	Semestral
12	SISTEMA DE AIRE	Cada 3 meses
13	INYECTORES DEL LIQUIDO COMBUSTIBLE	Anual

**ANEXO 10: Fechas de próximos mantenimientos de equipos**

# Cálculo del próximo mantenimiento

EquipoID	Descripcion	DescripcionMa	FrecuenciaI	Fecha último mantto	Fecha Próximo mantto	DeparttoID	Duración
1	Turbina	Water wash	Cada 4 meses	25-Oct-01	25-Feb-02	2	5
3	Bomba de prelubricación	Cambio de filtros	Semestral	13-Dec-99	13-Jun-00	Mecánico	2
4	Inyectores del sistema de	Calibracion y prueba	Mensual	02-Nov-01	02-Dec-01	Instrumentación	3
5	Generador	cambio de cojinetes	Mensual	01-Nov-01	01-Dec-01	Instrumentación	30
6	SISTEMA DE MONITO	Inspección Visual	Trimestral			Eléctrico	1
7	PLC	Inspección Visual	Semestral			Eléctrico	0
8	Motor de arranque	Mantenimiento arran	Trimestral			Eléctrico	0
9	Bomba de post lubricaci	Cambio de Aceite	Semestral			0	0
10	BOMBA DE RESPALD	Inspección Visual	Trimestral				0
11	SISTEMA DE ESCAPE	Inspección Visual	Semestral				0
12	SISTEMA DE AIRE	Inspección Visual	Trimestral				0
13	INYECTORES DEL LIQ	Cambio de inyectore	Anual				0

**ANEXO 11: Ordenes de mantenimiento preventivo**

# ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

O.T. No.:

Fecha expedición OT:

EquipoID:

Emitido a mantto por:

Descripcion:

Fecha realización mantto:

DescripcionMantID:

Recibido por mantto por:

Mano de Obra Mantenimiento

Herramientas Mantenimiento

Repuestos de Mantenimiento

Observaciones:

Técnico Ejecutor:

Reporte cierre OT No :



**ANEXO 12:   Reporte de cierre de ordenes de trabajo  
preventivo**

## REPORTE DE CIERRE DE OT PREVENTIVO

Reporte No: \_\_\_\_\_

Equipo ID: \_\_\_\_\_

Descripción Equipo: \_\_\_\_\_

Fecha Solicitud: \_\_\_\_\_

Emitido a mantto por: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

**Descripción mantto:** \_\_\_\_\_

REPUESTOS UTILIZADOS			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD

HERRAMIENTAS UTILIZADAS			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD

MAN O DE OBRA			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD

PROCEDIMIENTO:	

Técnico ejecutor: \_\_\_\_\_

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ANEXO 13: Histórico de mantenimiento preventivo**

## DATOS HISTORICOS DE ORDENES DE TRABAJO PREVENTIVO


Histórico de OT Preventivo

OT#	EquipoID	Descripcion	DescripcionMantID	Fecha último manfto	Fecha realización	Observaciones
2	3	Bomba de prelubricación	Cambio de filtros	12/13/1999		
4	4	Inyectores del sistema de gas	Calibracion y pruebas de sensor de	11/2/2001		
1	4	Inyectores del sistema de gas	Calibracion y pruebas de sensor de	11/2/2001		
6	5	Generador	cambio de cojinetes	11/1/2001		
3	6	SISTEMA DE MONITOREO	Inspección Visual			
5	6	SISTEMA DE MONITOREO	Inspección Visual			






## DATOS HISTORICOS DE ORDENES DE TRABAJO DE AVERIAS

Rep.ID	EquipoID	Descripción	Descripción del problema	Fecha avería	Fecha realiz.	Solic. No	Tiempo repar.	Observaciones
1	1	Turbina	Baja presión en línea de ace					
3	1	Turbina	Lectura erronea en transmis			0		
4	1	Turbina	Lectura erronea en transmis			0		
5	5	Generador				0		
6	7	PLC				0		



# GUIA DE SOLUCION DE AVERIAS

<b>Descripción del problema</b>	Baja presión en línea de aceite
<b>Descripción de solución</b>	<b>Descripción de solución</b> Cambio de bomba de aceite Inspeccionar Bomba de Aceite
	
<b>Descripción del problema</b>	Lectura errónea en transmisor
<b>Descripción de solución</b>	<b>Descripción de solución</b> Inspeccionar transmisor Inspeccionar calibración de transmisor
	
<b>Descripción del problema</b>	No funciona bomba de aceite
<b>Descripción de solución</b>	
	

**ANEXO 16: Reporte de cierre de ordenes de trabajo averías**

## REPORTE DE CIERRE DE OT AVERIAS

Reporte No. \_\_\_\_\_  
Equipo ID: \_\_\_\_\_ Descripción Equipo: \_\_\_\_\_  
Fecha Solicitud: \_\_\_\_\_ Emitido a mantto por: \_\_\_\_\_  
Departamento: \_\_\_\_\_ Solicitud No: \_\_\_\_\_  
Descripción avería: \_\_\_\_\_  
Solución avería: \_\_\_\_\_

### REPUESTOS UTILIZADOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD

### HERRAMIENTAS UTILIZADAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD

### MAN O DE OBRA

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD

### PROCEDIMIENTO:


Técnico ejecutor: \_\_\_\_\_

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## SOLICITUD DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Solicitud No. \_\_\_\_\_

Equipo ID: \_\_\_\_\_ Descripción Equipo: \_\_\_\_\_

Fecha Solicitud: \_\_\_\_\_ Emitido a mantto por: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Descripción avería: \_\_\_\_\_

Solución avería: \_\_\_\_\_

### Repuestos

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD

### Herramientas

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD

### Mano de Obra

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD

Recibido por: \_\_\_\_\_

Fecha de Recibido: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ORDEN DE COMPRA DE REPUESTOS

Orden de Compra No:

Repuesto ID :

Cantidad:

Descripción :

Número de parte :

Modelo :

Fabricante :

Distribuidor:

Especificaciones técnicas:

Solicitado por:

Fecha de solicitud:

**ANEXO 19: Lista de principales repuestos del  
Turbogenerador**

## Service Parts Index

Part Number	Part Name	Total Project Quantity	Service Support Quantity	Solar Stock Item
1006812	CIRCUIT BREAKER, 10 AMP	2	1	S
1006815	CIRCUIT BREAKER, 30 AMP	4	1	S
1009306-4	VALVE, SOLENOID	2	1	S
1010205	DIODE, LIGHT EMITTING, RED	8	2	S
1012696-13	VALVE, CONTROL	2	1	S
1012992-3	CONTROLLER, VARIABLE FREQUENCY DRIVE	2	1	S
1013121-33	TRANSMITTER, DIFFERENTIAL PRESSURE	2	1	S
1013634	RELAY, 10 AMP	26	3	S
1013976	DIODE	50	5	S
1014211-19	MODULE, PLC PROCESSOR	2	1	S
1014212-19	BASE, TERMINAL, COMPRESSION-TYPE	10	1	S
1014213-12	MODULE, LINE SYNCHRONIZATION	2	1	S
1014214-10	MODULE, ANALOG INPUT	8	1	S
1014214-11	MODULE, DISCRETE INPUT	12	2	S
1014214-12	MODULE, DISCRETE I/O	6	1	S
1014214-20	MODULE, DISCRETE OUTPUT	6	1	S
1014214-26	MODULE, FAST ANALOG I/O	2	1	S
1014214-28	MODULE, FAST ANALOG OUTPUT	4	1	S
1014214-31	MODULE, FAST TC/RTD INPUT	8	1	N
1014214-3	MODULE, DISCRETE OUTPUT	10	1	S
1014215-4	MODULE, ADAPTER	14	1	S
1014215-6	MODULE, COMMUNICATION	2	1	S
1014672-4	PROBE	4	1	S
1016391-2	VALVE, SOLENOID	4	1	S
1017501	DIODE, LIGHT EMITTING, YELLOW	4	2	S
1017509	DIODE, LIGHT EMITTING, WHITE	52	5	S
1017510	DIODE, LIGHT EMITTING, GREEN	4	2	S
1017890	GASKET	2	5	S

1017892	GASKET	8	5	S
1017893	GASKET	18	5	S
1017905	GASKET	10	5	S
1018488-1	MOTOR	2	1	N
1019431-300	VALVE, CONTROL	2	1	S
1020281-100	DRAIN VALVE ASSY	4	1	S
1022447	SEAL	2	1	S
1022716-1	FILTER, EMI, 32 AMP	4	1	S
1023518-100	VALVE, QUICK EXHAUST	4	1	S
1025324-1	ELEMENT	4	4	S
1025442-1	MODULE, AGENT RELEASE	2	1	S
1025442-3	MODULE, INITIATING DEVICE	2	1	S
1025442-5	MODULE, AUDIBLE SIGNAL	2	1	S
1025443-1	CONTROL UNIT, DC LOCAL	2	1	S
1025930	RELAY, 3 AMP	50	5	S
1027228-100	VALVE, SOLENOID	2	1	S
1027338-1	REPAIR KIT	2	1	S
1027930-100	BLEED VALVE ASSY	2	1	S
1029426-100	HARNES, THERMOCOUPLE	4	1	S
1029610-11	TRANSMITTER, PRESSURE	2	1	S
1029610-14	TRANSMITTER, PRESSURE	2	1	S
1029610-17	TRANSMITTER, PRESSURE	2	1	S
1030794-1	VALVE, CHECK	2	1	S
1031741-1	RELAY, SYNCHRONIZING	2	1	S
1038032	RELAY, COIL	4	1	S
112029-1	ELEMENT	2	1	S
116430-73	COUPLING, FLEX	2	1	S
120045-13	VALVE, RELIEF	2	1	S
120111-5	GAGE, SIGHT	8	1	S
120418-1	VALVE, CHECK	4	1	S
120662-18	MODULE, INTERFACE	2	1	S
120662-1	ACCELEROMETER	2	1	S
120708-4	RESISTOR, 5.0K OHM	2	1	S
120710-1	CABLE, IGNITION	2	1	S
120765-1	ELEMENT KIT	2	4	S

120839-1	PUMP	2	1	S
120861-1	REGULATOR, PRESSURE	2	1	S
127147-2	SYNCHROSCOPE	2	1	S
136244-100	PLUG	2	1	S
136845-1	GASKET	12	12	S
136856-1	GASKET	24	24	S
147335-2	COUPLING, FLEX	2	1	S
150600-2	VALVE, PRESSURIZING	2	1	S
172430-2	GASKET	2	5	S
172523-2	GASKET	2	5	S
172567-1	GASKET	2	6	S
172809-26	MONITOR, BACKUP OVERSPEED	2	1	N
173942-1	GASKET	2	5	S
176873-100	SERVICE KIT	2	1	S
186069-1	VALVE, CHECK	4	1	S
186204-1	PUMP	2	1	S
186212-100	ELEMENT KIT	2	2	S
186214-16	SWITCH, LEVEL	2	1	S
186215-1	PUMP	2	1	S
186232-14	VALVE, BALL	2	1	S
186232-19	ACTUATOR	2	1	S
186232-23	MOUNT KIT	2	1	S
186232-400	VALVE ASSY, BALL	2	1	S
186273-11	REGULATOR, PRESSURE	2	1	S
186273-1	REGULATOR, PRESSURE	2	1	S
186273-26	REGULATOR, PRESSURE	2	1	S
186273-2	REGULATOR, PRESSURE	2	1	S
186286-1	VALVE, SOLENOID	4	1	S
186286-2	VALVE, SOLENOID	4	1	S
186533-4	METER, VOLT	2	1	S
186584-6	METER, AMP	2	1	S
186665-70	METER, KW/KVAR	2	1	N
186780-4	GAGE, TEMPERATURE	2	1	S
186799-1	VALVE, PILOT CONTROL	2	1	S
190131-40	REGULATOR, VOLTAGE	2	1	S

190163-1	VALVE, BALL	2	1	S
190181-1	ELEMENT	4	4	S
190181-2	O-RING	4	4	S
190185-202	REGULATOR, PRESSURE/TEMPERATURE	2	1	S
190204-10	GAGE, PRESSURE	2	1	S
190204-5	GAGE, PRESSURE	4	1	S
190204-7	GAGE, PRESSURE	2	1	S
190204-9	GAGE, PRESSURE	2	1	S
190298-14	SWITCH, PRESSURE	4	1	S
190298-15	SWITCH, PRESSURE	2	1	S
190298-53	SWITCH, PRESSURE	4	1	S
190298-60	SWITCH, PRESSURE	2	1	S
190299-3	SWITCH, PRESSURE	2	1	S
190356-2	GAGE, LIQUID LEVEL	2	1	S
190430-1	SENSOR, SPEED	2	1	S
190497-6	SWITCH, DIFFERENTIAL PRESSURE	2	1	S
190497-8	SWITCH, DIFFERENTIAL PRESSURE	4	1	S
190537-100	VALVE ASSY, BALL	2	1	S
190624-5	VALVE, CHECK	4	1	S
190662-14	MONITOR, SYSTEM VIBRATION	2	1	S
190662-26	MONITOR, 4-CHANNEL VIBRATION	2	1	S
190662-28	MONITOR, 4-CHANNEL VIBRATION	4	1	S
190854-2	GAGE, DIFFERENTIAL PRESSURE	2	1	S
190855-100	PUMP/MOTOR ASSY	2	1	S
190856-2	POWER SUPPLY	2	1	S
192990-700	DRIVER/DRIVEN COUPLING ASSY	2	1	N
242081-300	INJECTOR	24	2	S
43521-2	VALVE, CHECK	2	1	S
44676-2	VALVE, CHECK	4	1	S
49955-0	RELAY, 25 AMP	2	1	S
70-30093-1	TAPE	122	50	S
70-30099-20	BULB	6	5	S
70-30100-1	BULB	6	5	S
70-30101-10	TAPE	160	25	S

70-30104-1	SENSOR, THERMAL	4	1	S
70-30166-1	SEALANT	4	6	S
70-30171-1	CAULKING GUN	4	1	S
70-30293-10	SENSOR, GAS	2	1	S
70-30994-3	LIGHT, STROBE, RED	4	1	S
70-31194-1	SENSOR, UV ADDRESSABLE	6	1	S
700137C1	FUSE, 10 AMP	30	5	S
700699C1	CIRCUIT BREAKER, 10 AMP	12	2	S
701724C1	RELAY, LATCHING	2	1	S
80-30550-400	GASKET	6	1	S
8007884R91	ELEMENT/O-RING KIT	2	2	S
830601094	O-RING	2	4	S
903160C1	CLAMP, SPLIT FLANGE	4	4	S
903235C1	O-RING	8	25	S
903246C1	O-RING	2	10	S
903270C1	O-RING	4	25	S
903316C1	IGNITER PLUG	2	2	S
903509C1	O-RING	8	18	S
903560C1	O-RING	4	25	S
903732C1	O-RING	30	15	S
907563C2	HOSE	2	1	S
908221C1	O-RING	4	8	S
908539C1	TRANSFORMER	2	1	S
908579C1	DIODE	28	25	S
908700C2	BULB	2	8	S
908754C1	SEAL	4	8	S
910380C4	VALVE, SOLENOID	2	1	S
912137C1	RESISTOR, 10.0K OHM	40	25	S
912555C2	ELEMENT/GASKET KIT	4	4	S
912642C1	O-RING	46	10	S
912740C1	SEAL, METALLIC	6	5	S
912755C1	SEAL, METALLIC	2	5	S
912851C1	SEAL, METALLIC	6	5	S
915244C1	SEALANT	2	50	S
915370C1	VALVE, SHUTOFF	14	2	S



915498C1	VALVE, CHECK	2	1	S
915609C3	PROXIMITOR	12	1	S
916126C1	VALVE, SOLENOID	2	1	S
917252C1	SEALANT	0	1	S
917427C1	LUBRICANT	0	1	N
917560C2	EXCITER, IGNITION	2	1	S
918192C4	SWITCH, LEVEL	2	1	S
918693C1	RELAY, 100 AMP	2	1	S
918801C1	SENSOR, TEMPERATURE	4	1	S
947043C4	SENSOR, SPEED	2	1	S
949433C1	ELEMENT/O-RING KIT	2	2	S
950232C1	GASKET	4	2	S
950234C1	GASKET	2	2	S
950235C1	GASKET	2	1	S
951447C4	PLUNGER/O-RING KIT	2	1	S
951577C1	INJECTOR	2	1	S
959839C1	SENSOR, TEMPERATURE	2	1	S
960161C1	SOCKET	2	1	S
960239C1	SEAL	0	100	S
962317C1	METER, POWER FACTOR	2	1	S
962319C1	METER, FREQUENCY	2	1	S
962853C1	BULB	4	6	S
964192C1	SENSOR, TEMPERATURE	2	1	S
964282C1	VALVE, SHUTOFF	2	1	S
964343C1	REPAIR KIT	2	1	S
964527C2	CYLINDER	2	1	S
964904C1	BARRIER, END	32	12	S
964905C1	BARRIER, CENTER	44	12	S
964908C1	CLAMP, V-BAND	2	1	S
967664C1	VALVE, RELIEF	4	1	S
967692C1	SEAL, METALLIC	6	5	S
967952C1	HOSE	2	1	S
980739C1	SEALANT	4	4	S
981089C1	RESISTOR, 1.0K OHM	2	1	S
981090C1	RESISTOR, 3.01K OHM	10	4	S

990509C1	ELEMENT, PREFILTER	2	18	S
990510C1	ELEMENT, FILTER	2	18	S
991838C1	REPLACEMENT KIT, SPRING	2	1	S
991839C1	REPAIR KIT	2	1	S
992460C1	CLAMP, RING	4	2	S
992933C1	O-RING	4	4	S
993322C1	REPAIR KIT, WO/SPRING	2	1	S
993918C1	FUSE	4	5	S
995056C1	BULB	4	2	N
T16B0980D000	HOSE	2	1	S
T24B0615A000	HOSE	2	1	S
T24C0950C000	HOSE	2	1	S
T24C1025F090	HOSE	2	1	S
T24F0550A000	HOSE	2	1	S
T32C0675A000	HOSE	2	1	S
T32C0775B180	HOSE	2	1	S

1/11/99

KATO ENGINEERING/RELIANCE ELECTRIC

PAGE 2

REPLACEMENT PARTS LIST \*ROTATING\*

SERIAL NO 013479

CUSTOMER EMF TECHNICAL 12/4  
GENERATOR TYPE NO

CUSTOMER PO R.P.O.#81914-2  
MOTOR TYPE NO

QTY	KATO PART NO	DESCRIPTION
4	514-06875-99	PROXIMITOR 3300
4	514-06876-99	EXT. CABLE 3300

## REPLACEMENT PARTS LIST \*ROTATING\*

SERIAL NO 013479

CUSTOMER EMF TECHNICAL 12/4 CUSTOMER PO R.P.O.#81914-2  
 GENERATOR TYPE NO MOTOR TYPE NO

TITY	KATO PART NO	DESCRIPTION
1	004-90068-00	EXCITER ENDBELL (FAB)
1	005-90083-00	DRIVE ENDBELL (FAB)
1	008-00225-00	COVER SEGMENT
1	008-00530-00	ENDBELL COVERS
1	008-40046-00	ACCESS COVER
1	009-30403-00	EXCITER COVER PLATE
1	009-51206-04	COVER
1	009-51444-12	COVER
1	012-63559-43	BEARING RENK
1	012-69419-23	RENK BEARING
1	017-32101-21	FAN RH ROTATION (CROWLEY
1	017-32101-22	FAN LH ROTATION (CROWLEY
1	020-41320-80	FAN BAFFLE
1	020-47320-32	BAFFLE
1	036-70561-00	OUTLET BOX
2	036-90061-00	OUTLET BOX-JUNCTION BOX
1	036-90079-00	OUTLET BOX
1	036-90139-00	OUTLET BOX
1	036-90148-00	OUTLET BOX
1	037-70218-00	OUTLET BOX COVER
1	037-70307-01	OUTLET BOX COVER
3	037-90055-00	OB COVER - JUNCTION BOX
2	037-90089-00	OUTLET BOX COVER
1	037-90133-00	OUTLET BOX COVER
1	213-94000-98	WOUND STATOR ASSY
2	008-00527-24	COVER
6	008-00637-00	COVER
1	230-39144-33	EXC FLD & PMG ASSY WND
1	282-74002-16	ROTATING ASSY
2	019-12048-76	FAN HUB (1682)
1	093-38073-33	EXC ARM ASSY WND
1	040-21461-51	ROTATING RECTIFIER ASSY
3	850-40990-45	DIODE STD 125A 1200V - DIODE
3	850-40990-55	DIODE RVS 125A 1200V - DIODE
1	854-11753-16	SURGE PROT 420VAC 40J - SURGE SUPPRESSOR
3	514-01656-18	SPRING LOADED HOLDER
2	514-01657-18	TEMP DETECTOR 100-2T
1	514-01665-18	TEMP DETEC 100 OHM 6'LD
1	514-01666-18	RTD S52 4'LD 100 OHM
9	514-01684-01	RTD CLASS H 100 OHM
1	514-11668-18	RTD 100 OHM PLAT.
1	821-76181-02	VR760WF58HUF3PS240V180HP - VOLTAGE REGULATOI
1	515-01215-31	FUSE ABC-15
1	858-42568-20	CT 200A 5A 15KV 25/400HZ - CURRENT TRANSF.
8	864-11226-51	FINSTRIP HEATER 240V750W - HEATER (STRIP)
1	867-32522-80	RHEO 250 OHM 2W LINWI - RHEOSTAT
2	868-51589-90	CAP 15M 10% 330VAC MP - CAPACITOR
4	514-06874-99	PROXIMITY PROBE 3300

# ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

ReparaciónID:

EquipoID:

Descripción:

Descrip. problemaID:

Emitido a mantto por:

Fecha avería:

Recibido por mantto por:

Fecha de realización:

### Herramientas Averías

Herramienta	Cantidad	Unidad
Técnico Eléctrico cat. A	0	<input type="text"/>
Engine vibration velocity transducer	0	<input type="text"/>

### Mano de Obra Averías

Mano de Obra	Cantidad	Duración
Técnico Eléctrico cat. A	0	0

### Repuestos Averías

Observaciones::

Técnico ejecutor:

Solicitud No:

Informe cierre OT No:

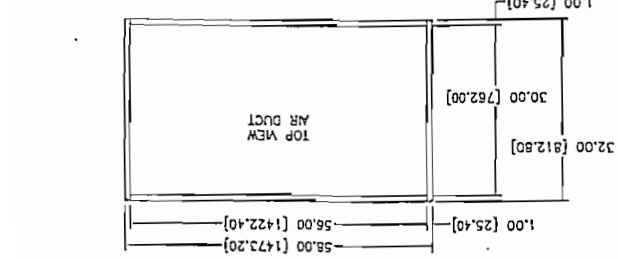
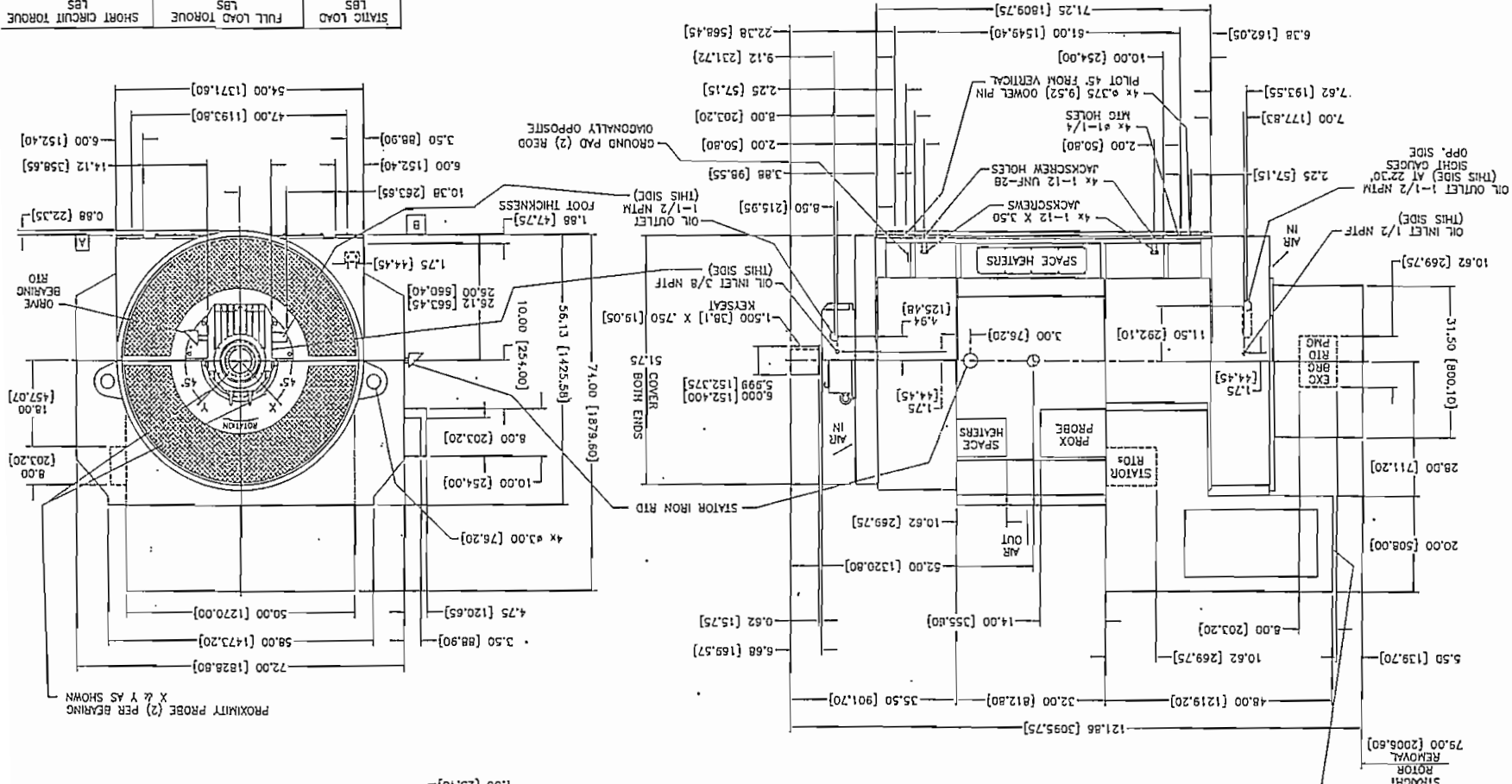
**ANEXO 21: Características técnicas del generador.**

KW - 3100  
 KVA - 3875  
 VOLTAGE - 13,800/3/60  
 P.F. - 0.8  
 P.C. CURRENT - 182 AMP  
 INSULATION - CLASS F  
 TEMP RISE - 90°C OVER 140°C AMBIENT  
 ROTOR WGT - 3820 LB-FT<sup>3</sup>  
 SPEED - 1800 RPM  
 OVERSPEED - 2250 RPM  
 AIR FLOW - 16000 CFM  
 HEAT REJECTION - 430,000 BTU/HR

BEARING DATA  
 OPPOSITE DRIVE END  
 TYPE - SLEEVE JOURNAL, 125mm  
 OR TYPE - C32  
 OIL FLOW - 1.0 gpm  
 OIL INLET TEMP. - 140 °F  
 OIL INLET PRES. - 10 psig  
 HEAT REJECTION - 3000 Btu/hr

DRIVE END  
 TYPE - SLEEVE JOURNAL, 140mm  
 OR TYPE - C32  
 OIL FLOW - 1.0 gpm  
 OIL INLET TEMP. - 140 °F  
 OIL INLET PRES. - 10 psig  
 HEAT REJECTION - 3400 Btu/hr

15.00 [381.00] X 43.00 [1092.20]  
 STAINLESS CLAND PLATE  
 13.00 [330.20] X 41.00 [1041.40] OPENING



CERTIFIED FOR

STATIC LOAD	12,500 LBS	15,600 LBS	12,500 LBS
FULL LOAD TORQUE	9300 LBS	15,600 LBS	12,500 LBS
SHORT CIRCUIT TORQUE	18,900 LBS	15,600 LBS	12,500 LBS

CUSTOMER NAME: EHF Technical Services, Inc.  
 PROJECT NAME: Synchronous Generator  
 TITLE: KATO GENERATOR

ROTOR WEIGHT - 7100 LBS [3200 KG]  
 STATOR WEIGHT - 18000 LBS [7300 KG]  
 TOTAL WEIGHT - 25000 LBS [11400 KG]

THIS UNIT IS EQUIPPED WITH SLEEVE BEARINGS  
 ALLOWING A NOMINAL .50 [12.70] INCH TOTAL END FLOAT.  
 PER NEMA MG1-20.81.

REVISED DRAWING

REV	DATE	DESCRIPTION
A	12-3-94	DESIGN CHANGES
B	12-14-94	DESIGN CHANGES
C	11-23-94	DESIGN CHANGES

DRAWING NUMBER: SH 1 OF 1  
 KATO ENGINEERING



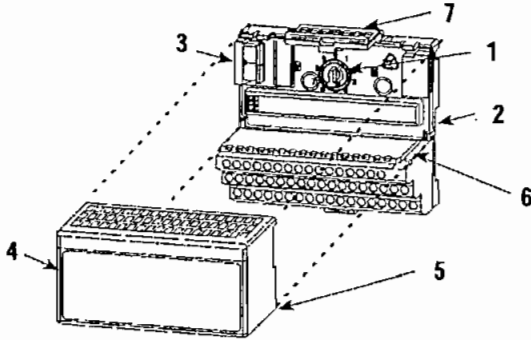


**ANEXO 22: Principales componentes del sistema de control.**



## Installation Instructions

### 24V dc FLEX I/O 8 Input Analog Module (Cat. No. 1794-IE8 Series B)



English

#### Module Installation

This module mounts on a 1794 terminal base unit.

1. Rotate keyswitch (1) on terminal base unit (2) clockwise to position 3 as required for this type of module.
2. Make certain the flexbus connector (3) is pushed all the way to the left to connect with the neighboring terminal base/adaptor. **You cannot install the module unless the connector is fully extended.**
3. Make sure that the pins on the bottom of the module arc straight so they will align properly with the connector in the terminal base unit.
4. Position the module (4) with its alignment bar (5) aligned with the groove (6) on the terminal base.
5. Press firmly and evenly to seat the module in the terminal base unit. The module is seated when the latching mechanism (7) is locked into the module.

# ControlNet Coax Tap Installation Instructions

(Cat. Nos. 1786-TPR, -TPS, -TPYR, -TPYS)

## What's In This Document

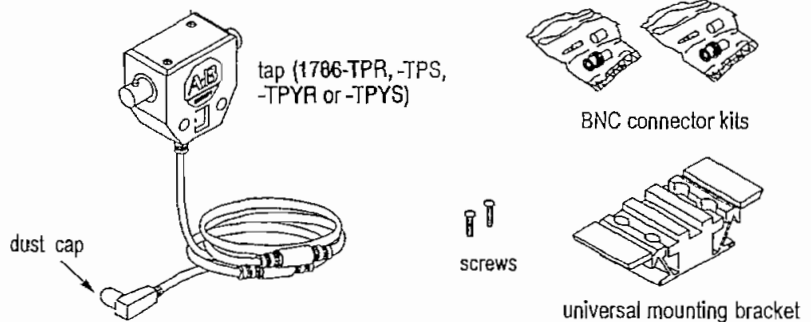
Use this document as a guide when installing a ControlNet™ coax tap.

To	See page
↓ verify package contents	1
↓ select where to mount the tap	2
↓ mount the tap	2
<hr/>	
For reference on	See page
➡ mounting dimensions	5
➡ specifications	4

**Important:** For information on planning and installing your ControlNet cable system, see the *ControlNet Cable System Planning and installation Manual*, publication 1786-6.2.1.

## Verifying Your Package Contents

Make sure you have these items before you discard any packing material.

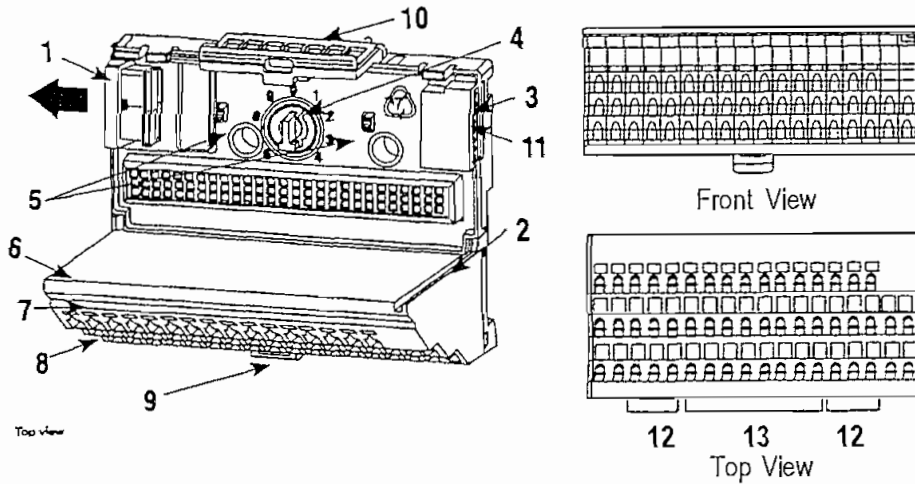


If an item is missing or incorrect, contact your Allen-Bradley integrator or sales office.



# Installation Instructions

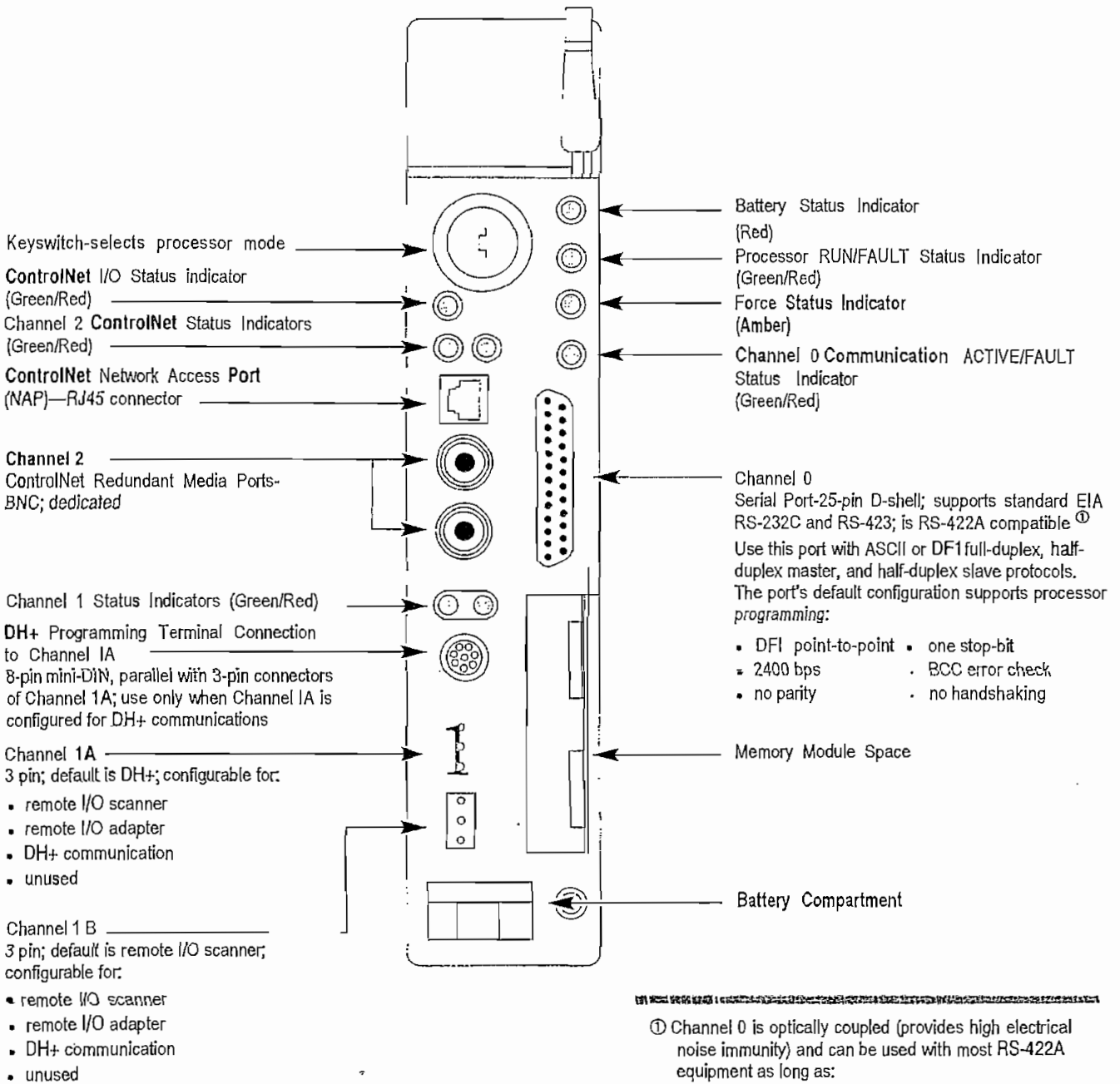
## FLEX I/O Spring Clamp Temperature Terminal Base (Cat. No. 1794-TB3TS)



### Component Identification

1	Female flexbus connector
2	Terminal base unit
3	Male flexbus connector
4	Keyswitch -set to the position required for the installed module
5	Mounting holes for panel mounting
6	Input/output terminal strip for connecting input/output wiring
7	Terminal strip for input/output commons
8	Terminals for power connections, cold junction connections, chassis grounds
9	Locking tab
10	Module locking latch
11	Cover plug for male flexbus connector
12	Cold Junction Compensator terminals
13	Chassis ground terminals

**Figure 1.2**  
**PLC-5/40C Processor Front Panel**



① Channel 0 is optically coupled (provides high electrical noise immunity) and can be used with most RS-422A equipment as long as:

- termination resistors are not used
- the distance and transmission rate are reduced to comply with RS-423 requirements



# Universal I/O Chassis

(Cat. No. 1771-A1B, -A2B, -A3B, -A3B1, -A4B Series B)

## Installation Data

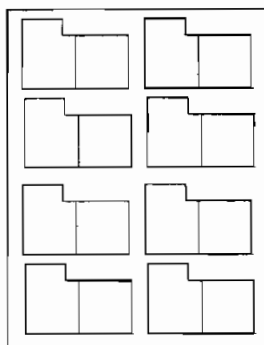
### To the Installer

To install an I/O chassis you	See page
prepare for installation .....	1
allow sufficient mounting space .....	2
mount the I/O chassis and ground bus .....	5
ground the chassis .....	6
set the power supply configuration jumper .....	10
set the switches on the backplane assembly .....	10
provide power to the I/O chassis .....	11
install I/O modules .....	12

### Prepare for Installation

Make sure you have these items:

I/O-group-label set (cat. no. 1771-XB)



Hardware kit (cat. no. 1771-RK)

plastic keying bands  
(number depends on size of chassis)

- 9 → 1771-A1B
- 18 → 1771-A2B
- 27 → 1771-A3B, 1771-A3B1
- 36 → 1771-A4B



1 star washer



1 cup washer

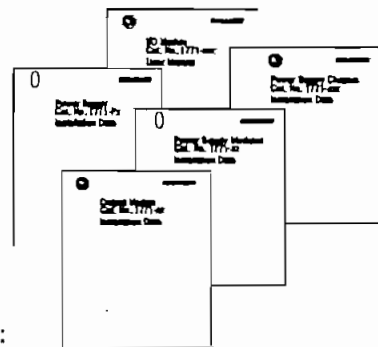


4 flat washers



2 #10-32 nuts  
with captive lock washers

Documentation  
(if you are installing I/O modules or power supplies)



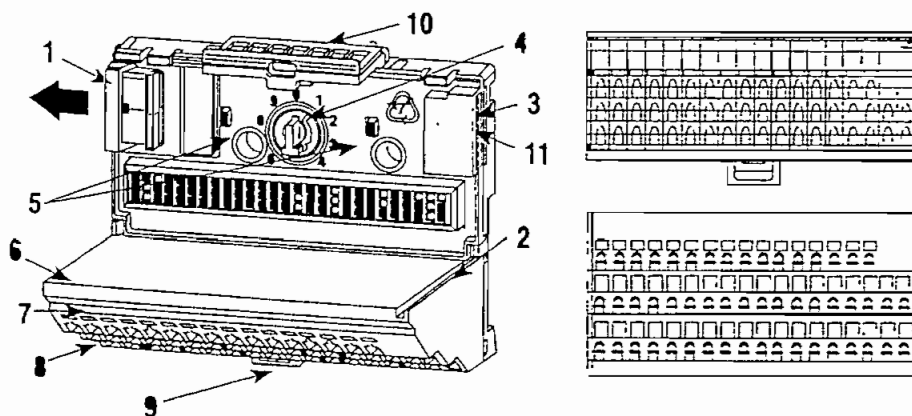
for you:

- programmable controller or I/O adapter module
- external power supply and/or power supply chassis (if you are using external power supplies)
- communication modules and/or I/O modules
- power-supply modules



## Installation Instructions

### FLEX I/O Spring Clamp Terminal Base (Cat. No. 1794-TB3S)

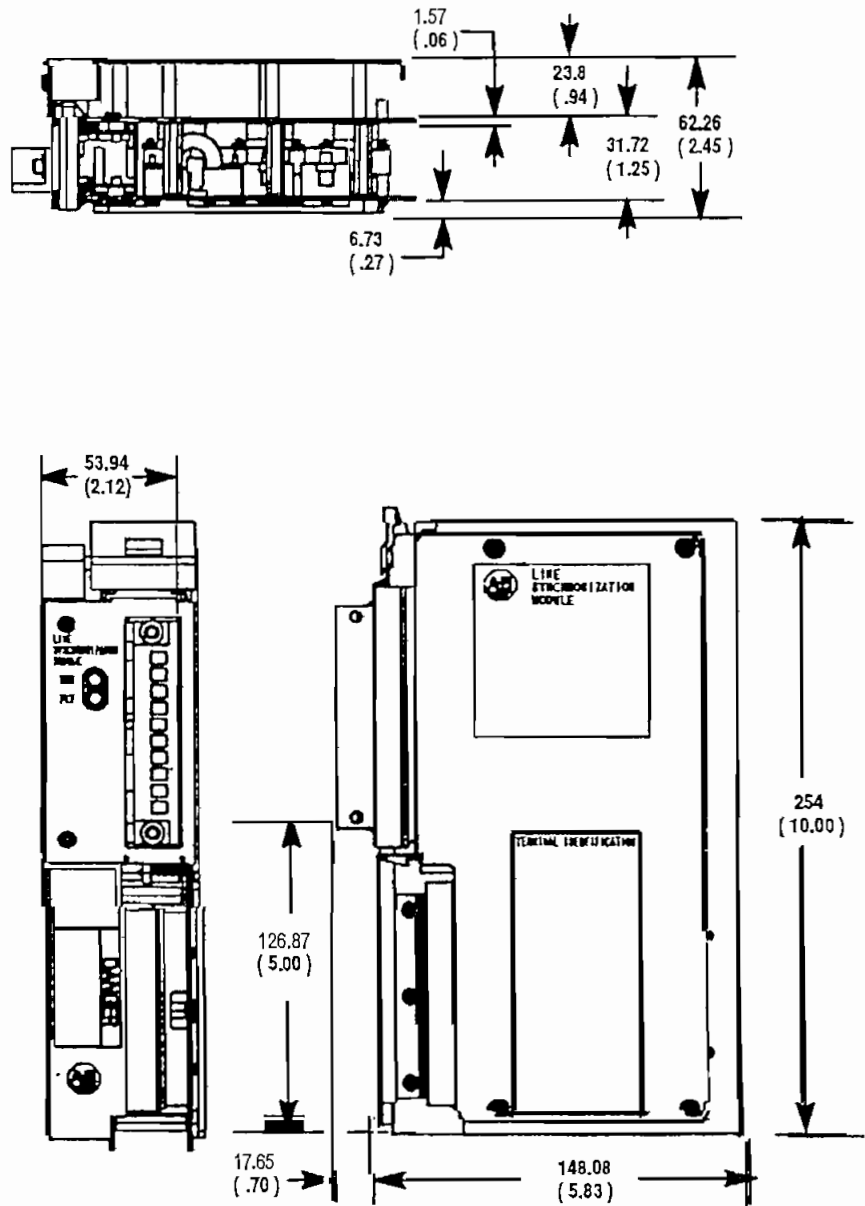


#### Component identification

1	Female flexbus connector
2	Terminal base unit
3	Male flexbus connector
4	Keyswitch - Set to the position required for the installed module
5	Mounting holes for panel mounting
6	Input/output terminal strip for connecting input/output wiring
7	Terminal strip for input/output commons
8	Terminal strip for power connections
9	Locking tab
10	Module locking latch
11	Cover plug for male flexbus connector

## Line Synchronization Module Mechanical Dimensions

Figure 1  
Dimensions for Line Synchronization Module



**NOTES:**

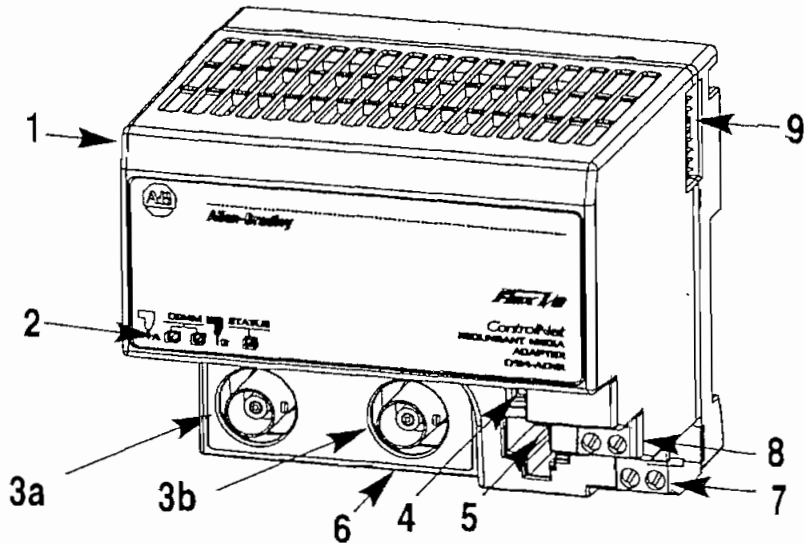
1. Dimensions shown in millimeters (inches).
2. All dimensions are approximate and not intended for manufacturing purposes.
3. Approximate shipping weight 2.72 kg (6.0 Lbs).





# A917 Installation Instructions

## FLEX I/O ControlNet Redundant Media Adapter (Cat. No. 1794-ACNR)

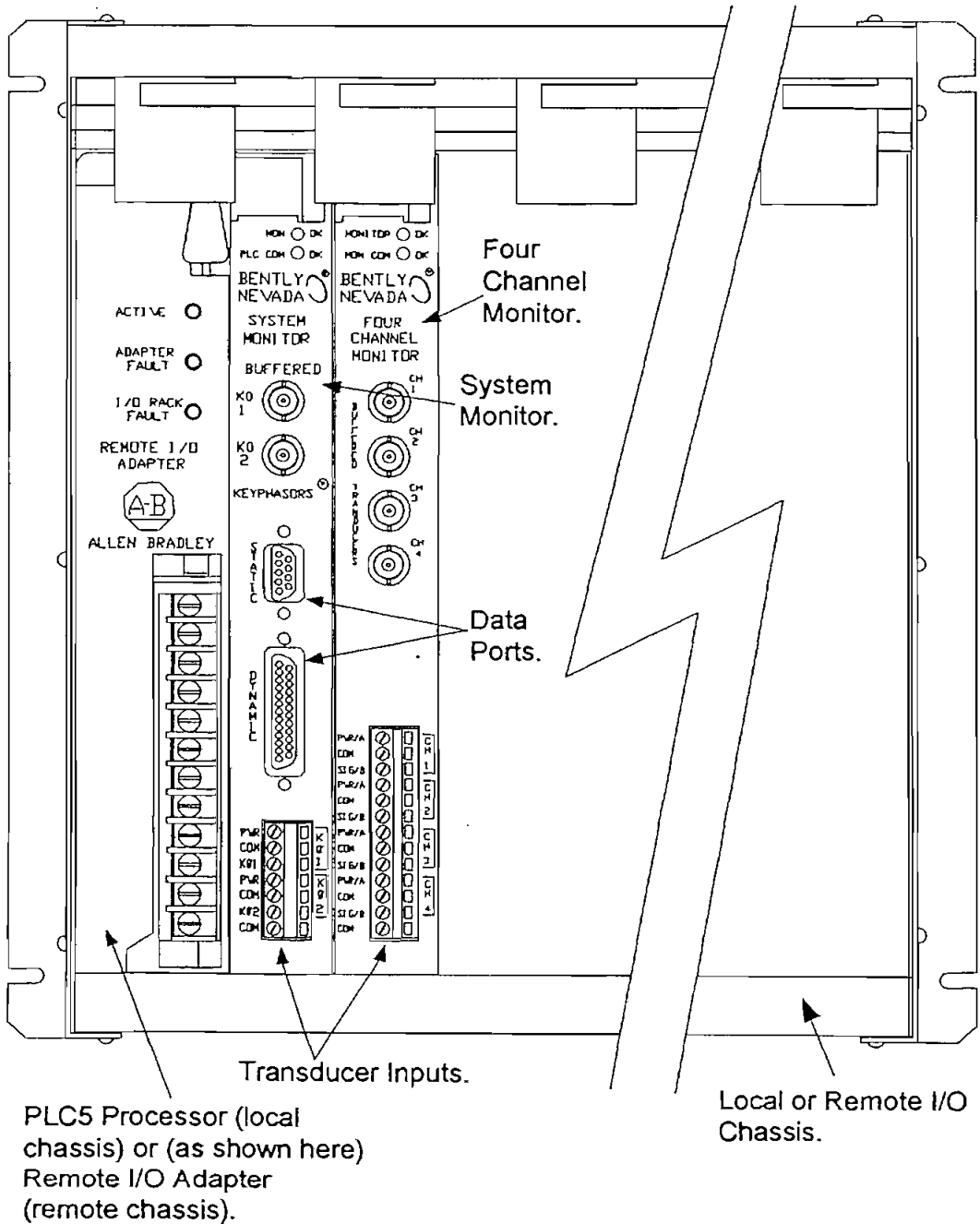


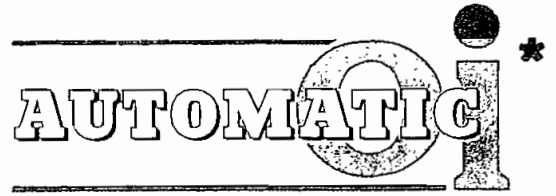
### Component Identification

1	ControlNet Adapter module
2	Indicators
3a	ControlNet network cable BNC connector A
3b	ControlNet network cable BNC connector B
4	ControlNet Node selection thumbwheel switches
5	ControlNet programming terminal connector port
6	Module locking tab
7	+24V dc connections
8	24V common connections
9	Flexbus connector

# 1. System Description

The 2201 Monitoring System is a machinery monitoring system designed by Bently Nevada to operate in an Allen-Bradley 1771 rack and interface to an Allen-Bradley PLC either directly (in local chassis) or indirectly through a remote I/O adapter (in remote chassis). This figure shows a diagram of the system with only a Four Channel Monitor installed.





## Eagle Quantum Fire and Gas Detection/Releasing System

### IMPORTANT

Be sure to read and understand the entire instruction manual before installing or operating the Eagle Quantum System. Only qualified personnel should install, maintain or operate the Eagle Quantum System.

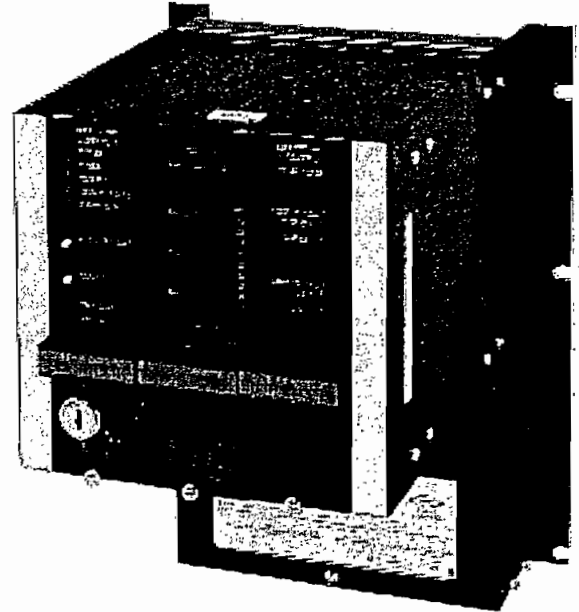
### WARNING

The hazardous area must be de-classified prior to removing a junction box cover or opening a detector assembly with power applied.

### CAUTION

1. The wiring procedures in this manual are intended to ensure proper functioning of the devices under normal conditions. However, because of the many variations in wiring codes and regulations, total compliance to these ordinances cannot be guaranteed. Be certain that all wiring complies with the NEC as well as all local ordinances. If in doubt, consult a qualified official before wiring the system.
2. Some Eagle Quantum devices contain semiconductor devices that are susceptible to damage by electrostatic discharge. An electrostatic charge can build up on the skin and discharge when an object is touched. Therefore, use caution when handling, taking care not to touch terminals, connectors, circuit boards or electronic components. Always observe the normal precautions for handling electrostatic sensitive devices.
3. To prevent unwanted actuation, alarms and extinguishing devices must be secured prior to performing system tests.

\* **oj** is Detector Electronics' Trademark for its patented Optical Integrity Systems, U.S. Patent 3,952,196, United Kingdom Patent 1,534,969, Canada Patent 1,059,598.



## Section I System Overview

### SYSTEM DESCRIPTION

The Eagle Quantum System serves multiple roles in the monitoring and protection of hazardous areas. It is a "fire detection and extinguishing agent release system" combined with a "hazardous gas monitoring system," integrated on a fault tolerant digital communication network. The Eagle Quantum system utilizes an advanced distributed architecture that is equally adept at monitoring both analog process signals like combustible or toxic gas concentrations, and discrete "contact closure" type devices such as manual fire alarm "call boxes" and heat detectors. This "sensor array" is then coupled to the control unit to execute the fire suppression logic, to control agent release, signaling, and annunciation outputs, and to communicate with external operator interface systems for configuration and monitoring.

### Typical Communication Between an Adapter and a Module

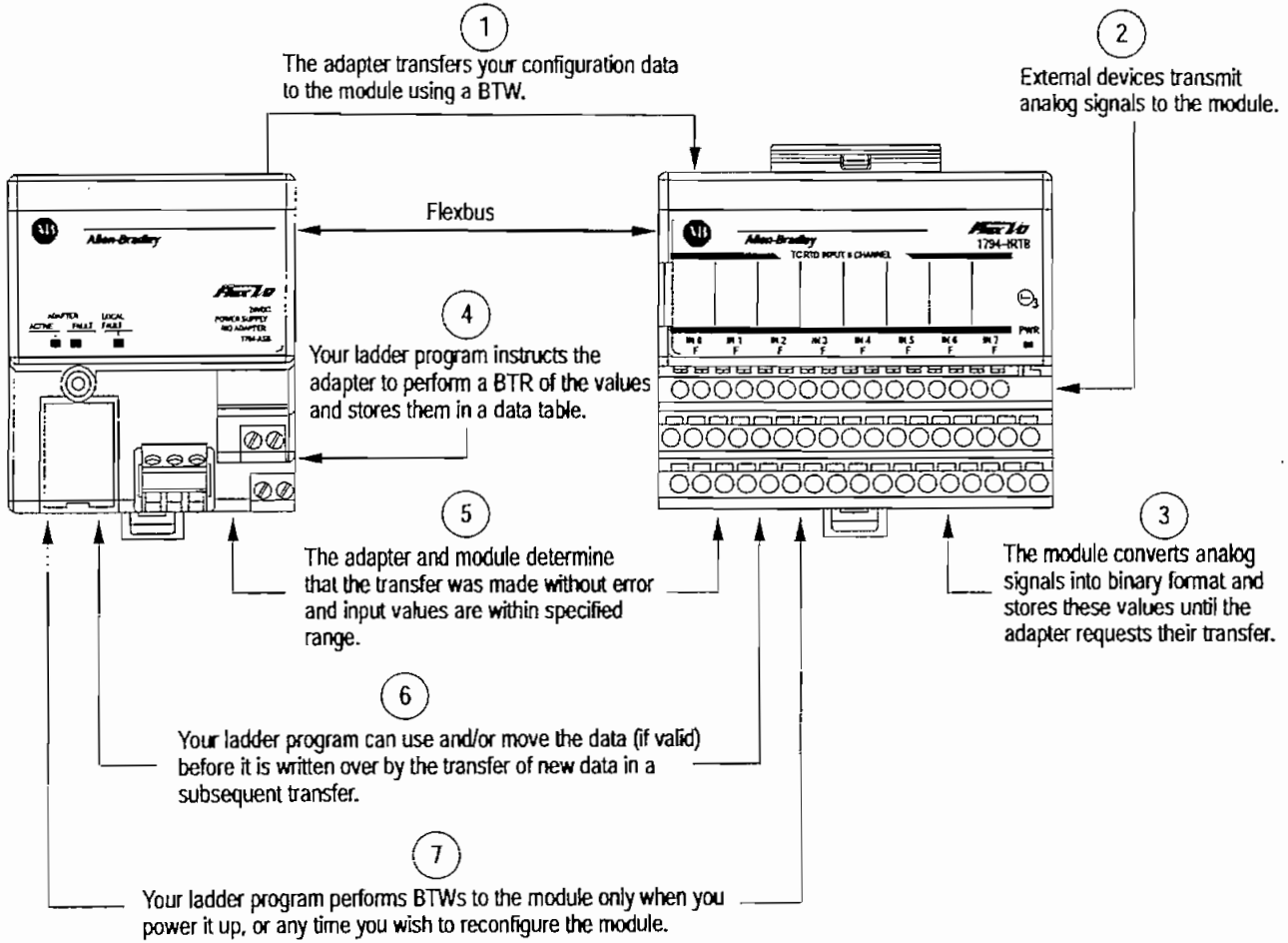
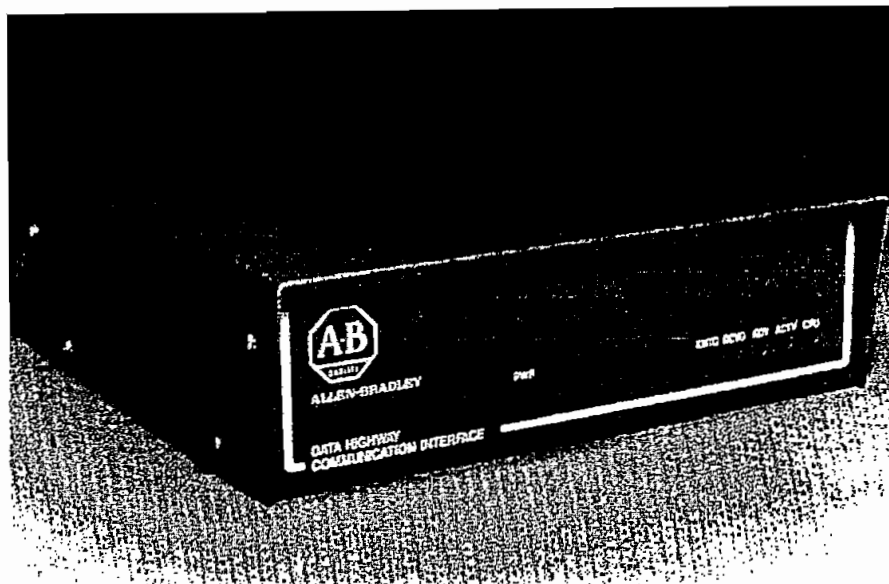


Figure 2.1 shows the front panel of the 1770-KF2 module.

Figure 2.1  
1770-KF2 Communication Interface Module



A 1770-KF2 also features extensive self-diagnostics. At power-up, tests are run on internal memory, timers, and firmware integrity. Any failure causes the red front-panel CPU indicator to flash. Also, the module continuously checks the memory and firmware during operation.

## Communicating on the Network

Communication on either the network link or the asynchronous link involves two levels of software:

- o data link layer - controls the flow of communication over the physical link by establishing, maintaining, and releasing the communication channel between nodes.
- o application layer - controls and executes the actual tasks, or commands, specified in the communication between nodes.

The network interface modules (or the PLC-5 itself) automatically take care of the application and data link layers for your network link. This means that your application programs at the PLCs and computers do not need to bother with inter-node protocol, handshaking, or control of the network.

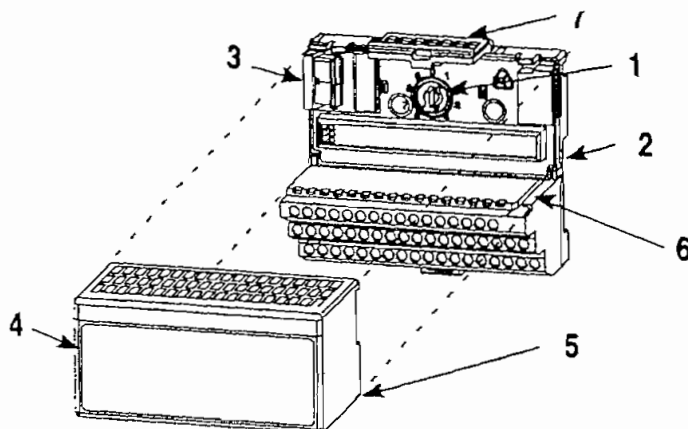


## Installation Instructions

### 24V dc FLEX I/O Electronically Fused 8 Output Module

(Cat. No. 1794-OB8EP)

English



#### Module Installation

This module mounts on a 1794 terminal base unit.

1. Rotate keyswitch (1) on terminal base unit (2) clockwise to position as required for this type of module.
2. Make certain the flexbus connector (3) is pushed all the way to the left to connect with the neighboring terminal base/adaptor. You **cannot install the module unless the connector is fully extended.**
3. Make sure that the pins on the bottom of the module are straight so they will align properly with the connector in the terminal base unit.
4. Position the module (4) with its alignment bar (5) aligned with the groove (6) on the terminal base.
5. Press **firmly** and evenly to seat the module in the terminal base unit. The module is seated when the latching mechanism (7) is locked into the module.

## Overview of FLEX I/O and your Analog Modules

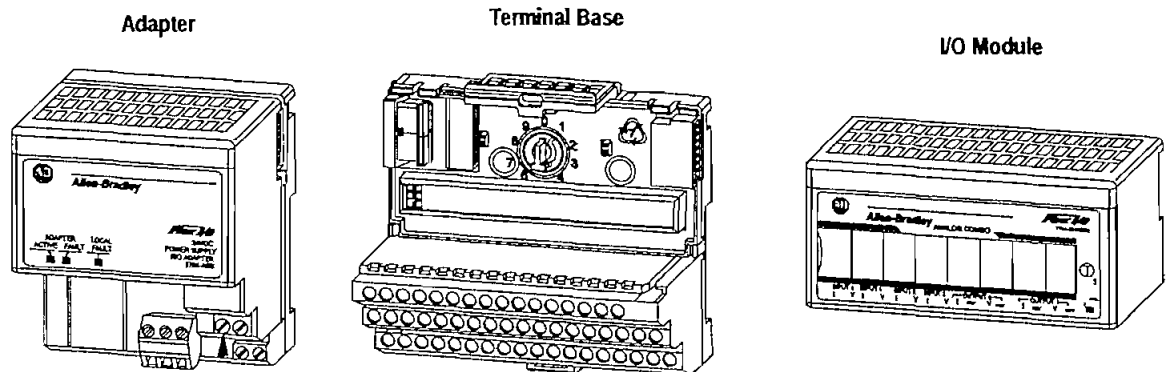
### Chapter Objectives

In this chapter, we tell you about:

- what the FLEX I/O system is and what it contains
- types of FLEX I/O analog modules
- how FLEX I/O analog modules communicate with programmable controllers
- the features of your analog modules

### The FLEX I/O System

FLEX I/O is a small, modular I/O system for distributed applications that performs all of the functions of rack-based I/O. The FLEX I/O system contains the following components shown below:



20125

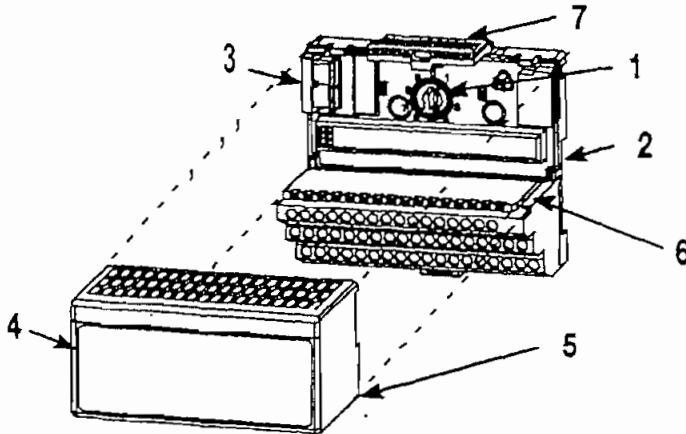
- adapter/power supply – powers the internal logic for as many as eight I/O modules
- terminal base – contains a terminal strip to terminate wiring for two- or three-wire devices
- I/O module – contains the bus interface and circuitry needed to perform specific functions related to your application



## Installation Instructions

### 24V dc FLEX I/O 10 Input/6 Output Module (Cat. No. 1794-IB10XOB6)

English



#### Module Installation

This module mounts on a 1794 terminal base unit.

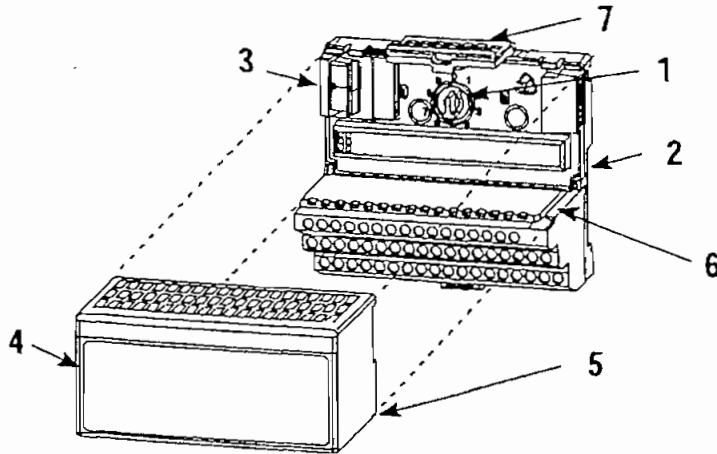
1. Rotate keyswitch (1) on terminal base unit (2) clockwise to position 2 as required for this type of module.
2. Make certain the flexbus connector (3) is pushed all the way to the left to connect with the neighboring terminal base/adapter. You **cannot install the module unless the connector is fully extended.**
3. Make sure that the pins on the bottom of the module are straight so they will align properly with the connector in the terminal base unit.
4. Position the module (4) with its alignment bar (5) aligned with the groove (6) on the terminal base.
5. Press **firmly** and evenly to seat the module in the terminal base unit. The module is seated when the latching mechanism (7) is locked into the module.



**ATTENTION:** This module does not support complementary I/O. It uses both the input and output image tables since it is a combination input and output module.



## 24V dc FLEX I/O 16 Source Output (Protected) Module (Cat. No. 1794-OB16P)



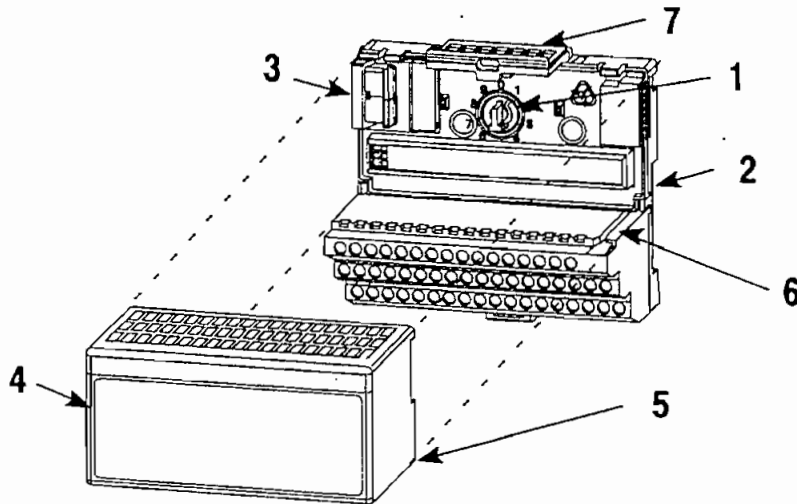
English

### Module Installation

This module mounts on a 1794 terminal base unit.

1. Rotate keyswitch (1) on terminal base unit (2) clockwise to position 2 as required for this type of module.
2. Make certain the flexbus connector (3) is pushed all the way to the left to connect with the neighboring terminal base/adaptor. **You cannot install the module unless the connector is fully extended.**
3. Make sure that the pins on the bottom of the module are straight so they will align properly with the connector in the terminal base unit.
4. Position the module (4) with its alignment bar (5) aligned with the groove (6) on the terminal base.
5. Press firmly and evenly to seat the module in the terminal base unit. The module is seated when the latching mechanism (7) is locked into the module.

## 24V dc FLEX I/O 16 Sink Input Module (Cat. No. 1794-IB16)



### Module Installation

This module mounts on a 1794 terminal base unit.

1. Rotate keyswitch (1) on terminal base unit (2) clockwise to position 2 as required for this type of module.
2. Make certain the flexbus connector (3) is pushed all the way to the left to connect with the neighboring terminal base/adaptor. You **cannot install the module unless the connector is fully extended.**
3. Make sure that the pins on the bottom of the module are straight so they will align properly with the connector in the terminal base unit.
4. Position the module (4) with its alignment bar (5) aligned with the groove (6) on the terminal base.
5. Press firmly and evenly to seat the module in the terminal base unit. The module is seated when the latching mechanism (7) is locked into the module.



**ATTENTION:** This module does not support complementary I/O. It uses both the input and output image tables.

**ANEXO 23: Descripción de protecciones del Turbogenerador.**

## DESCRIPCIÓN DE PROTECCIONES DEL TURBOGENERADOR

El Turbogenerador tiene una serie de protecciones que evitan el daño del equipo o sus componentes asociados. Las señales de protección de la turbina y sus equipos asociados van al PLC, los principales son los siguientes:

- Sobre velocidad de la turbina.
- Stagnation: detecta reducción de la velocidad a menos del 95% en operación normal.
- Vibración de la turbina.
- Alta temperatura en los combustores.
- Chip Detector: Detecta partículas metálicas en el aceite de lubricación.
- Sobre presión sistema de lubricación.
- Baja presión sistema de lubricación.
- Sobre presión gas combustible.
- Baja presión del gas combustible.
- Sobre presión líquido combustible.
- Baja presión líquido combustible.
- Alta temperatura del compartimiento de la turbina.
- Detección de gas compartimiento de la turbina.
- Detección de gas compartimiento del generador.
- Detector de fuego en compartimiento de la turbina.
- Motor estatus de la bomba de prelubricación
- Motor estatus de la bomba de postlubricación.
- Motor estatus de la bomba de backup.
- Motor estatus de la bomba de alta presión de suministro de diesel.
- Alta temperatura del compartimiento del generador.
- Alta temperatura de los cojinetes del generador.
- Alta vibración cojinetes generador.
- Alta presión de aire de suministro.

Las señales de protecciones eléctricas del generador están conectadas al relé de de manejo del generador localizado en un gabinete de distribución eléctrica a 13800 voltios, las protecciones suministradas se muestran en el gráfico anexo.

The 489 Generator Management Relay is a microprocessor based relay designed for the protection and management of synchronous and induction generators. The 489 is equipped with 6 output relays for trips and alarms. Generator protection, fault diagnostics, power metering, and RTU functions are integrated into one economical drawout package. The single line diagram of Figure 1-1 illustrates the 489 functionality using the ANSI (American National Standards Institute) device numbers.

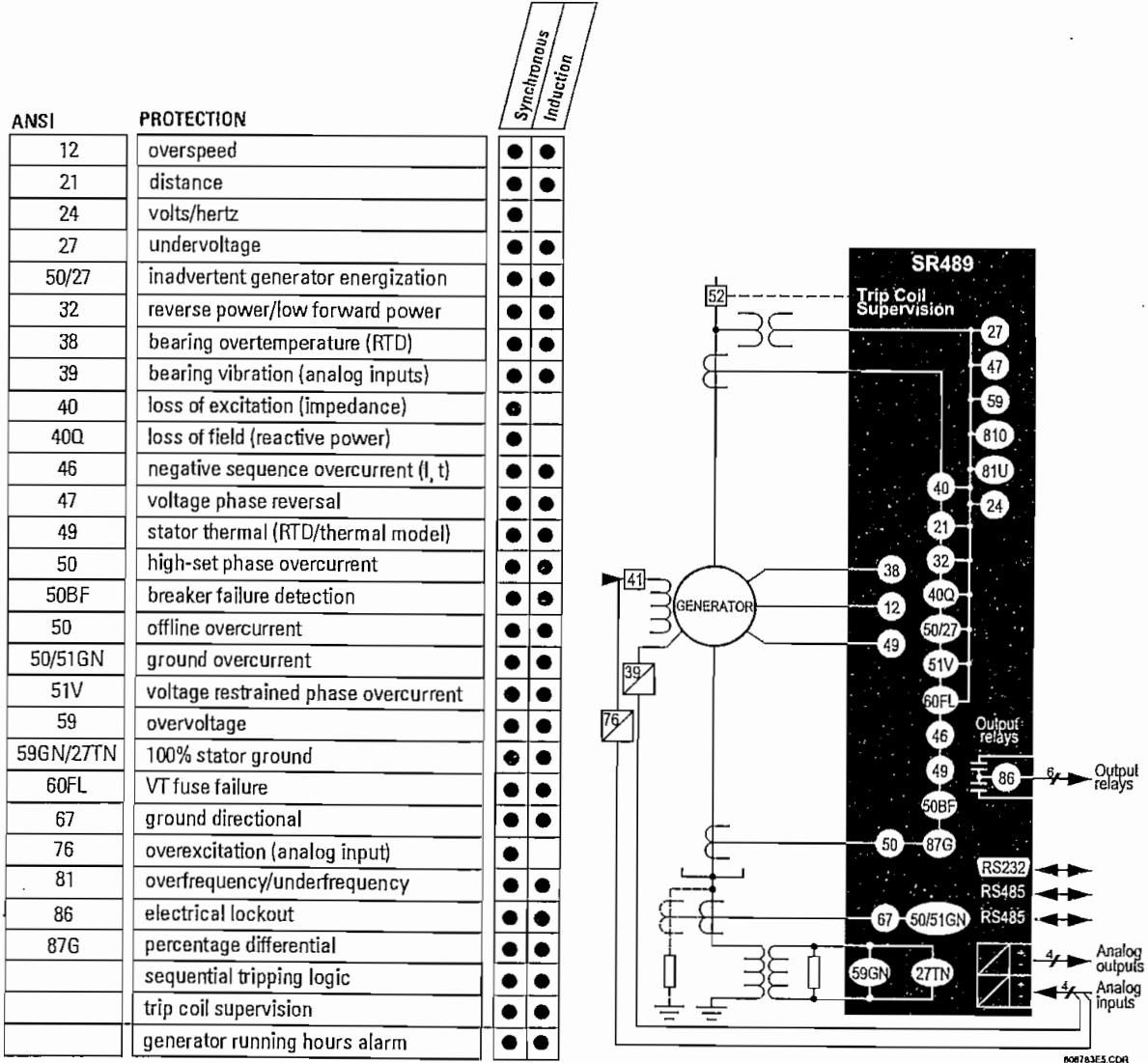


Figure 1-1 SINGLE LINE DIAGRAM

A complete list protection features may be found below in the following tables: Table 1-1 and Table 1-2.

**Table 1-1 TRIP PROTECTION**

- 7 assignable digital inputs: general input, sequential trip (low forward power or reverse power), field-breaker discrepancy, and tachometer
- offline overcurrent (protection during startup)
- inadvertent energization
- phase overcurrent with voltage restraint
- negative sequence overcurrent
- ground overcurrent
- percentage phase differential
- ground directional
- high-set phase overcurrent
- undervoltage
- overvoltage
- volts/hertz
- voltage phase reversal
- underfrequency (two step)
- overfrequency (two step)
- neutral overvoltage (fundamental)
- neutral undervoltage (3rd harmonic)
- loss of excitation (2 impedance circles)
- distance element (2 zones of protection)
- reactive power (kvar) for loss of field
- reverse power for anti-motoring
- low forward power
- RTDs: stator, bearing, ambient, other
- thermal overload
- analog Inputs 1-4
- electrical lockout

**Table 1-2 ALARM PROTECTION**

- 7 assignable digital inputs: general input and tachometer
- overload
- negative sequence
- ground overcurrent
- ground directional
- undervoltage
- overvoltage
- volts/hertz
- underfrequency
- overfrequency
- neutral overvoltage (fundamental)
- neutral undervoltage (3rd harmonic)
- reactive power (kvar)
- reverse power
- low forward power
- RTD: stator, bearing, ambient, other
- short/low RTD
- open RTD
- thermal overload
- trip counter
- breaker failure
- trip coil monitor
- VT fuse failure
- demand: current, MW, Mvar, MVA
- generator running hours
- analog inputs 1-4
- service (self-test failures)

Fault diagnostics are provided through pretrip data, event record, waveform capture, and statistics. Prior to issuing a trip, the 489 will take a snapshot of the measured parameters and store them in a record with the cause of the trip. This pre-trip data may be viewed using the [NEXT] key before the trip is reset, or by accessing the last trip data of Actual Values page 1. The 489 event recorder will store up to 40 time and date stamped events including the pre-trip data. Each time a trip occurs, the 489 will store a trace of 16 cycles for all measured AC quantities. Trip counters record the number of occurrences of each type of trip. Minimum and maximum values for RTDs and analog inputs are also recorded. These features will enable the operator to pinpoint a problem quickly and with certainty.

Power metering is built into the 489 as a standard feature. Table 1-3 outlines the metered parameters that are available to the operator or plant engineer either through the front panel or through the communications ports. The 489 is equipped with 3 fully functional and independent communications ports. The front panel RS232 port may be used for 489 setpoint programming, local interrogation or control, and upgrading of 489 firmware. The Computer RS485 port may be connected to a PLC, DCS, or PC based man-machine interface program. The Auxiliary RS485 port may be used for redundancy or simultaneous interrogation and/or control from a second PLC, DCS, or PC program. There are also four 4-20 mA transducer outputs that may be assigned to any measured parameter. The range of these outputs is scaleable.

Additional features are outlined in Table 1-4.

**Table 1-3 METERING**

- voltage (phasors)
- current (phasors) and amps demand
- real power, MW demand, MWh
- apparent power and MVA demand
- reactive power, Mvar demand, Mvarh positive/negative
- frequency
- power factor
- RTD
- speed in RPM with a key phasor input
- user programmable analog inputs

**Table 1-4 ADDITIONAL FEATURES**

- drawout case (for ease of maintenance and testing)
- breaker failure
- trip coil supervision
- VT fuse failure
- simulation
- flash memory for easy firmware updates