

 EDUCACIÓN SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA	SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO	
	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO	
	Portada del Proyecto de Residencias Profesionales	

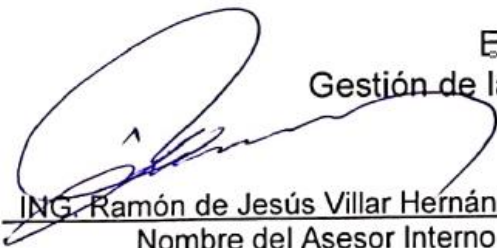
Nombre del Proyecto:
Optimización del programa de mantenimiento para una turbina de gas
Westinghouse W-501B de la Central de Ciclo Combinado Dos Bocas

Nombre del Alumno
Itzel Valery Rodríguez Yepez

Numero de Control
16990135

Nombre de la Carrera
Ingeniería Mecánica

Especialidad
Gestión de la Eficiencia Energética


ING. Ramón de Jesús Villar Hernández
 Nombre del Asesor Interno


ING. Gustavo Andrés Castro Kavanagh
 Nombre Asesor Externo





OPTIMIZACIÓN DEL
PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PARA
UNA TURBINA DE GAS
WESTINGHOUSE W-501B
DE LA CENTRAL DE CICLO
COMBINADO DOS BOCAS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
BOCA DEL RIO

Alumno:
Rodríguez Yepez Itzel Valery

Carrera:
Ingeniería Mecánica

Especialidad:
Gestión de la Eficiencia Energética

Asesor interno:
Ing. Ramón de Jesús Villar Hernández

Asesor externo:
Ing. Gustavo Andrés Castro Kavanahg

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mis padres y a mi familia por todo el apoyo brindado y por comprender las ocasiones en que tuve que estar ausente, ya que las razones no son más que el anhelo de seguir adelante y poder realizar mis metas y propósitos.

Agradezco a CFE por abrirme las puertas y darme el espacio de realizar este proceso para continuar con mi formación profesional.

A mis asesores el ING. Ramón Villar, ING. Gustavo Kavanagh y al ING. Luis Aguilar por haberme brindado su apoyo y comprensión durante este periodo de tiempo y por las experiencias, las cuales me sirvieron para abrir camino y ver todo de una forma diferente para seguir avanzando.

Gracias a mis compañeros colegas por brindarme su apoyo en los momentos que necesite de una orientación, sin antes mencionar que siempre que pueda los apoyare, porque el conocimiento debe ser compartido, el conocimiento no es egoísta, si se tiene la posibilidad de ayudar a salir adelante a alguien más, debe hacerse; de nada sirve saber algo si con eso no ayudas a alguien más. Hay que recordar esto...

"El conocimiento es el alimento del alma y solo es útil el conocimiento que nos hace mejores."

-Sócrates

RESUMEN

Las centrales térmicas de ciclo combinado transforman la energía térmica del gas natural en electricidad mediante el trabajo conjunto de una turbina de gas y otra de vapor.

Estas centrales se caracterizan por ser más flexibles que las convencionales. Esto significa que puede operar a plena carga o cargas parciales, hasta un mínimo de aproximadamente el 45% de la potencia máxima. Además, son más eficientes, sus emisiones son más bajas, el consumo de agua de refrigeración es más reducido y ahorran energía en forma de combustible.

Como todo equipo, si se quiere que su rendimiento siga siendo el mismo y seguir manteniendo los mismos estándares de calidad y eficiencia, se debe tener programado un plan de mantenimiento cada cierto periodo de tiempo de producción para monitorear el estado del equipo y arreglar cualquier problema que se presente con el fin de evadir problemas más complicados a futuro.

El mantenimiento mayor es aquel que se programa para uno de los principales equipos de la Central de Ciclo Combinado Dos Bocas, que es, la turbina de gas.

El plan de mantenimiento es programado por un periodo de días donde se para la turbina de gas y se revisa a modo de corregir fallas para que esa siga funcionando de la manera que, al término del mantenimiento, esta siga funcionando en sus más óptimas condiciones.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



INDICE

Introducción.....	1
Información de la empresa.....	3
Central Ciclo Combinado Dos Bocas.....	6
Problemas a resolver.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	9
Justificación.....	9
La turbina.....	11
Torna flecha.....	20
Sección de admisión, filtrado y compresión de aire.....	22
Sistema aire-aire.....	27
Cámara de combustión.....	29
Turbina.....	34
Sistema aire gases.....	40
El generador.....	42
Excitador.....	45
Recuperador de calor.....	47
Sistema de evaporador de baja presión.....	49
Sistema de evaporador de alta presión.....	53
Preparación del mantenimiento.....	58
Propuesta de programa de mantenimiento.....	66
Experiencia y conclusiones.....	74
Fuentes de información.....	75

INTRODUCCION

El presente proyecto es una mejora sobre el plan de mantenimiento preventivo para una turbina de gas Westinghouse W-501B integrando al generador el cual está acoplado a la turbina, este mantenimiento es realizado cada cierto periodo de tiempo con el fin de seguir obteniendo el rendimiento deseado y por consiguiente seguir obteniendo los mismos estándares de calidad y eficiencia sobre la generación de energía.

Día con día se consume más energía, la existencia de nuevos electrodomésticos, ordenadores, aire acondicionado, nuevas industrias y entre muchas cosas más que nuestro estilo de vida y necesidad hace que año con año la demanda de electricidad aumente y nos hace querer ver cubiertas esas necesidades energéticas.

La energía eléctrica que normalmente utilizamos es generada por diferentes procesos, los cuales aprovechan diversos tipos de energías, y como ya se sabe la energía se conserva, por lo cual es indispensable contar con fuentes de energía para que la electricidad llegue a nuestros hogares, comercios, industrias, etc.

El ciclo combinado ofrece una solución real ya que permite un desarrollo sostenible para nuestra sociedad produciendo esa electricidad imprescindible con un menor coste ecológico, reduciendo considerablemente la emisión de gases causantes del efecto invernadero en comparación con los combustibles utilizados hasta hoy como el carbón o fuel-oil.

Una Central Térmica de Ciclo Combinado es una planta de producción energía eléctrica basada en dos máquinas térmicas, con dos ciclos térmicos diferentes: turbina de gas y turbina de vapor. El calor no utilizado por uno de los ciclos (la turbina de gas) se emplea como fuente de calor del otro (el ciclo agua-vapor que alimenta la turbina de vapor). De esta forma los gases calientes de escape del ciclo de turbina de gas entregan la energía necesaria para el funcionamiento del ciclo de vapor acoplado. Esta configuración permite un muy eficiente empleo de combustible, con rendimientos que superan el 55% (es decir, más del 55% de la energía contenida en el combustible se convierte en energía eléctrica). En el ciclo de gas natural la combustión del gas produce gases a alta temperatura que hacen girar las hélices de la turbina de gas. Como esta turbina está conectada al generador eléctrico la rotación hace que éste produzca electricidad.

Los gases generados en el ciclo de gas salen a 600°C y se aprovechan para calentar agua en la caldera de recuperación y producir vapor. Éste se canaliza a la turbina

de forma que mueve sus hélices generando nuevamente energía eléctrica. Esto hace a la turbina de gas el principal elemento para la generación de energía y por ende se debe tener en óptimas condiciones para que su rendimiento siga siendo el mismo y para esto se debe contar con un programa de mantenimiento que asegure la eficiencia de la misma.

INFORMACION DE LA EMPRESA



COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

La Comisión Federal de Electricidad es una empresa pública sin fines de lucro, de carácter social, que ofrece el servicio público de energía eléctrica, servicio fundamental para el desarrollo de una nación. Es una Empresa Productiva del Estado, propiedad exclusiva del Gobierno Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que goza de autonomía técnica, operativa y de gestión, conforme a lo dispuesto en la Ley de la Comisión Federal de Electricidad.

Objetivo

La Comisión Federal de Electricidad tiene como fin el desarrollo de actividades empresariales, económicas, industriales y comerciales en términos de su objeto, generando valor económico y rentabilidad para el Estado Mexicano como su propietario. (Art. 4to Ley de la Comisión Federal de Electricidad).

Misión

Prestar el servicio público de energía eléctrica con criterios de suficiencia, competitividad y sustentabilidad, comprometidos con la satisfacción de los clientes, con el desarrollo del país y con la preservación del medio ambiente.

Visión

Ser una empresa de energía, de las mejores en el sector eléctrico a nivel mundial, con presencia internacional, fortaleza financiera e ingresos adicionales por servicios relacionados con su capital intelectual e infraestructura física y comercial.

Una empresa reconocida por su atención al cliente, competitividad, transparencia, calidad en el servicio, capacidad de su personal, vanguardia tecnológica y aplicación de criterios de desarrollo sustentable.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Política de la CFE

CFE Una empresa de clase mundial

Sistema Integral de Gestión
Certificación Multisitios ISO 9001, ISO 14000 y NMX- SAST-001
Responsabilidad Social y Equidad de Género

Política

Proporcionar el servicio público de energía eléctrica y otros servicios relacionados de acuerdo a los requerimientos de la sociedad, con base en el desempeño competitivo de los procesos de la Dirección de Operación y la mejora continua de la eficacia del Sistema Integral de Gestión con el compromiso de:

- ✓ Formar y desarrollar el capital humano, incluyendo la cultura de equidad de género,
- ✓ Controlar los riesgos, para prevenir lesiones y enfermedades al personal y daños a las instalaciones,
- ✓ Cumplir con la legislación, reglamentación y otros requisitos aplicables,
- ✓ Prevenir la contaminación y aprovechar de manera responsable los recursos naturales y
- ✓ Realizar acciones sociales.

Apoyados en la innovación y desarrollo tecnológico.

Ing. Luis Carlos Hernández Ayala
Director de Operación

Sr. Víctor Fuentes del Villar
Secretario General del CEN del SUTERM

Dirección de Operación

Energéticos CFE CFE Generación CENACE Transmisión

Objetivos de la CFE

OBJETIVOS	INDICADORES
1. Garantizar el abasto del suministro eléctrico.	✓ Tiempo de Interrupción por Usuario (sin eventos). ✓ Disponibilidad (generación CFE). ✓ Compromisos de servicio.
2. Incrementar la competitividad.	✓ Pérdidas de energía [%]. ✓ Costo total de kWh.
3. Dar un buen servicio al cliente.	✓ Satisfacción del cliente del servicio eléctrico (encuesta). ✓ Inconformidades por cada 1000 usuarios (sin improcedentes).
4. Trabajar con criterios de desarrollo sustentable	✓ Cumplimiento de metas ambientales. ✓ Capacidad de generación con tecnologías limpias.
5. Participar en nuevas áreas de oportunidad.	✓ Disponibilidad del servicio (fibra óptica).
6. Promover el liderazgo y desarrollo de personal.	✓ Frecuencia (accidentes). ✓ Gravedad (días). ✓ Clima organizacional. ✓ Ausentismo por enfermedad general. ✓ Días anuales de capacitación por trabajador.
7. Contar con fortaleza financiera.	✓ Cobranza.

Dirección de Operación

Energéticos CFE CFE Generación CENACE Transmisión

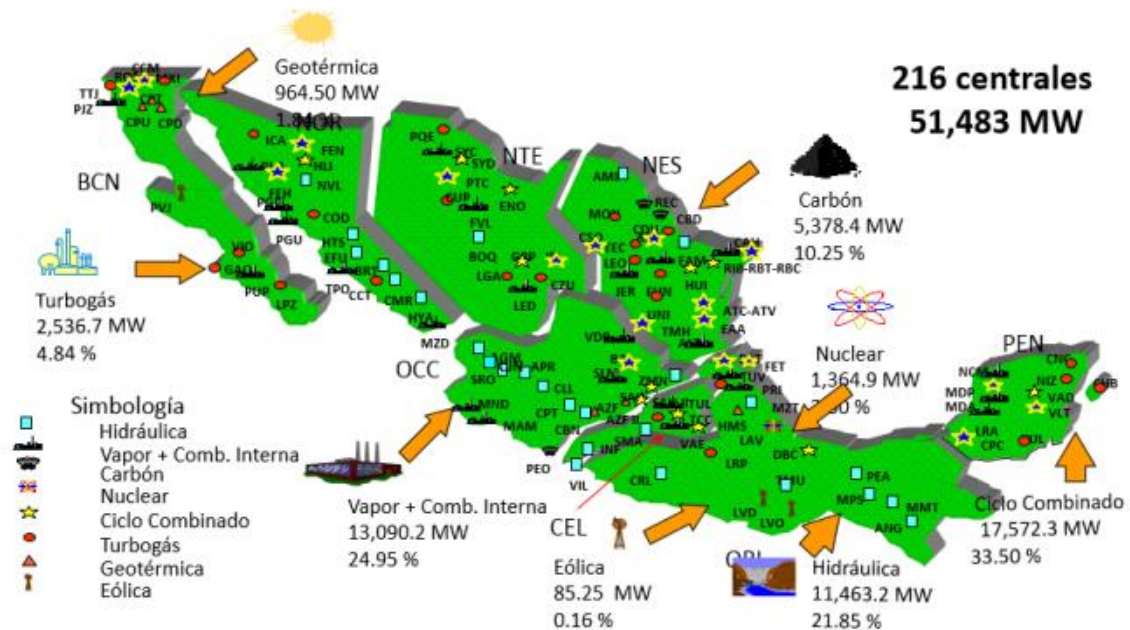


TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

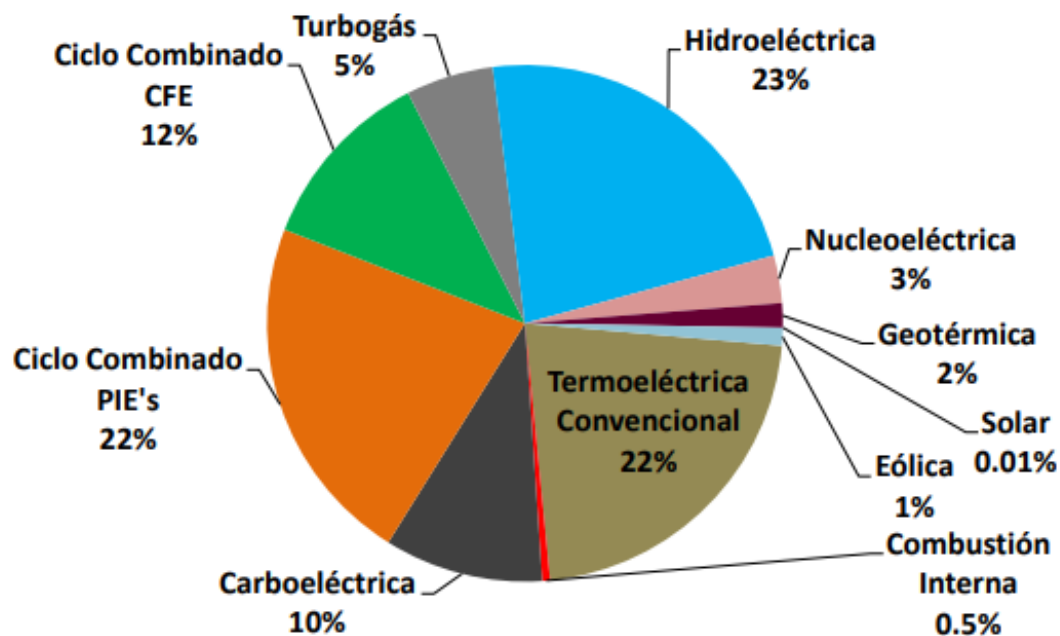


CFE
Comisión Federal de Electricidad®

Centrales de generación de la CFE



Capacidad de generación



CENTRAL CICLO COMBINADO DOS BOCAS

Localización

La central Ciclo Combinado dos Bocas se encuentra ubicada en el kilómetro 7.5 de la carretera Veracruz-Medellín al sur de la ciudad y puerto de Veracruz a la margen izquierda del río Cotaxtla, a 6 metros sobre el nivel del mar.



Introducción

La Central Ciclo Combinado Dos Bocas consta de dos paquetes o plantas de ciclo combinado independientes entre sí marca Westinghouse cada uno de estos paquetes consta de:

- 2 turbinas de gas de 63 MW de capacidad efectiva cada una.
- 2 recuperadores de Calor generadores de vapor para aprovechar la energía de los gases de escape de la Turbina de Gas y quemadores adicionales para incrementar la producción de vapor.
- 1 turbina de Vapor mono cilíndrica de 100 MW de capacidad efectiva con escape axial de condensación.

Las Turbinas de Gas están constituidas por un compresor axial de 17 pasos, una cámara de combustión con 16 toberas de atomización de gas y una Turbina de Gas de 4 pasos del tipo acción, los quemadores adicionales y la Turbina de Gas utilizan gas natural para su funcionamiento, el consumo máximo promedio de gas a máxima

carga, con las seis unidades de la Central en operación es de 100 millones de pies cúbicos por día.

La función de los Recuperadores es extraer el calor de los gases de salida de la Turbina de Gas y transferirlo al agua para convertirla en vapor, para ello se cuenta con 4 módulos de tuberías aletadas, denominados evaporador de baja presión, economizador, evaporador de alta presión y sobrecalentador, el vapor producido por este último se emplea para mover la Turbina de Vapor, la que a su vez genera más electricidad.

La Turbina de Vapor, está constituida por un rotor de 13 pasos de alabes móviles de los cuales, 10 son de tipo acción y 3 de son tipo reacción, cuenta con una extracción de vapor en el paso No. 11 para hacer más eficiente el ciclo termodinámico.

La condensación de vapor generado se realiza a través de un condensador de tipo axial acoplado en el escape de la Turbinas de Vapor, el cual es enfriado con agua del río Cotaxtla suministrada por cuatro bombas (dos bombas por paquete) de tipo centrífuga vertical.

Así mismo la Central cuenta con tres pozos profundos para satisfacer sus necesidades de suministro de agua para ser tratada en una planta desmineralizadora y posteriormente utilizada en el proceso. Las unidades se acoplan directamente a sus respectivos generadores eléctricos, los cuales son enfriados por hidrogeno. El Generador Eléctrico de las Turbinas de Gas es de 93.33 MVA de capacidad, el Generador Eléctrico de las Turbinas de Vapor es de 133.3 MVA, ambos a un voltaje de 13.8 KV, que se suministran al Transformador Principal para elevar el voltaje a 115 KV en el Paquete 1 y a 230 KV, en el Paquete 2. El Factor de Potencia de los Generadores Eléctricos es de 0.90 y su enfriamiento es a base de gas Hidrógeno.

Con la finalidad de tener una operación continua y segura de todas las unidades generadoras, así como el proporcionar bienestar a todos sus trabajadores y proteger el medio ambiente, la central ha certificado su sistema de Gestión de Calidad conforme a la norma ISO-9001-2000, y su sistema de administración ambiental bajo la norma ISO14001. Así mismo, cuenta con certificado de Industria Limpia (2002; y recertificada en 2012).

Para el funcionamiento, mantenimiento y administración de las unidades generadoras se cuenta con los siguientes departamentos:

- Operación
- Mecánico
- Eléctrico
- Instrumentación y control

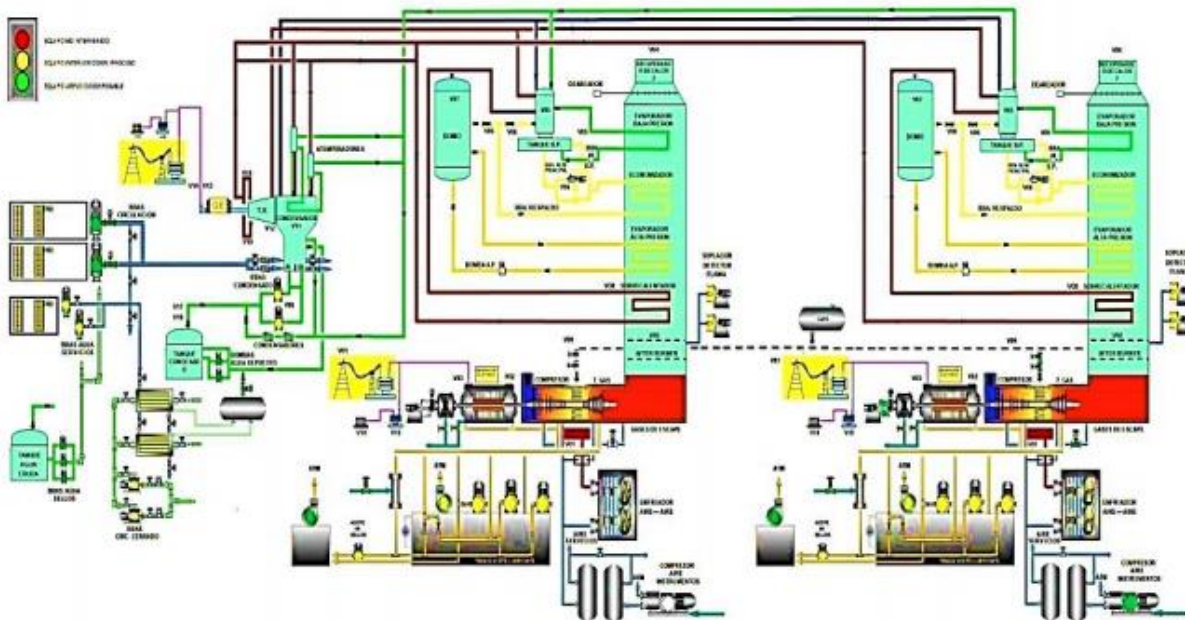


TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



CFE
Comisión Federal de Electricidad®

- Químico
- Civil
- Programación y Control



Problemas a resolver priorizándolos

- Cumplimiento del programa de mantenimiento en el tiempo establecido.
- Actividades del mantenimiento realizadas y no registradas de la bitácora diaria en el manual de mantenimiento establecido.
- Falta de herramientas e instrumentos para la realización de las actividades.
- Falta de organización del personal durante el periodo de mantenimiento.

Objetivo general

Optimizar el programa de mantenimiento de una turbina Westinghouse W501-B de la central de ciclo combinado dos bocas para mejorar la eficiencia de generación de energía.

Objetivos específicos

- Ordenar las actividades de mantenimiento de la turbina.
- Planificar las actividades del programa de mantenimiento a 45 días.
- Seleccionar el personal y las herramientas adecuadas para cada actividad a realizar.

Justificación

Para la empresa cuyo objetivo principal es la generación de energía eléctrica que es entregada en forma de servicio a la población y la cual es considerada como una necesidad para el funcionamiento de más empresas, más servicios, desarrollo de educación y para el hogar; y con el conocimiento de que esta es utilizada todo el año las 24 horas del día, la necesidad de un mantenimiento cada determinado tiempo para seguir entregando este servicio sin ninguna complicación es de mucha importancia, ya que alguna falla que sea provocada por la falta de mantenimiento significaría un déficit en la eficiencia de la generación de energía que afectaría directamente al consumidor final.

Debido a que este servicio se está consumiendo y generando constantemente, la empresa programa el mantenimiento con anticipación y tomando en cuenta todos los factores que pudieran verse afectados durante su realización. Se prepara el personal que intervendrá, las herramientas, maniobras, etc.; todo aquello que se reconoce como indispensable para la realización de dicho mantenimiento.

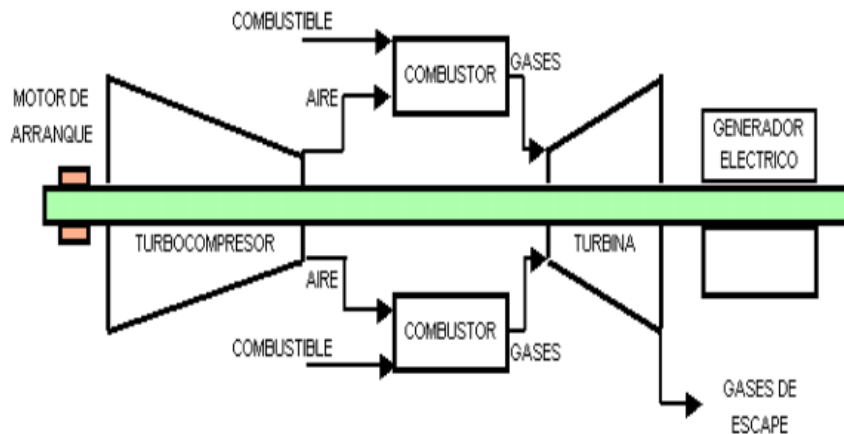
La empresa establece una cierta cantidad de actividades que encuentra en el manual de mantenimiento y las organiza de manera a que sean realizadas en cierto periodo de tiempo para poder volver a poner en funcionamiento la turbina, que es uno de los principales elementos de generación y finalidad de mantenimiento.

El excederse de este tiempo establecido provocaría una deficiencia en la generación que por consiguiente traería perdida tanto para la empresa como para el consumidor final.

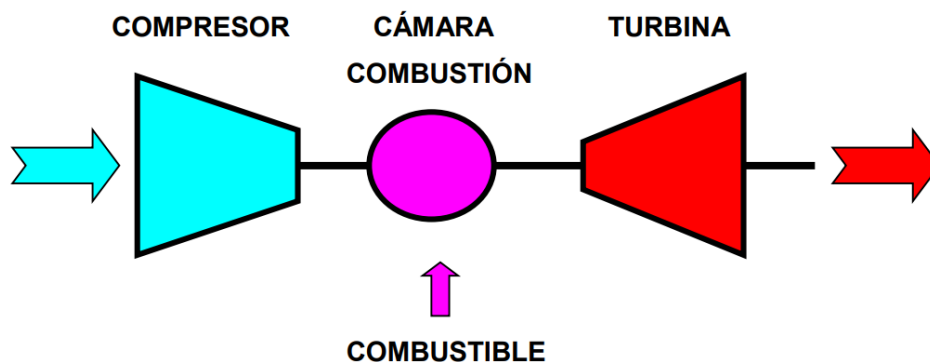


LA TURBINA

La turbina de gas es el primer componente del ciclo combinado, y su función es la conversión de la energía térmica del gran volumen de los gases calientes a la entrada de la turbina en energía cinética o de movimiento en la flecha de la misma. La energía térmica de los gases requiere para obtener las altas temperaturas y los grandes volúmenes de las etapas de compresión y combustión. La turbina de gas consta de elementos fijos y giratorios. Los fijos son las carcassas del compresor, de la turbina y los elementos de combustión. Los elementos móviles se encuentran en el rotor y son los pasos del compresor y las etapas de la turbina de gas. Para su correcto funcionamiento, la turbina de gas requiere de sistemas auxiliares: el aceite de lubricación, de control y el Tornaflecha entre otros.



Turbina de gas simple. El ciclo de gas simple es llamado también “Ciclo Brayton de aire normal” es un ciclo abierto que utiliza un proceso de combustión interna como se muestra en la figura.



La turbina de gas Westinghouse (W501B) está formada por: Un compresor axial de 17 pasos, cámara de combustión formada por 16 combustores arreglados en forma circular alrededor del eje de la máquina y una Turbina de reacción de 4 pasos.

La turbina de la máquina y una Turbina de gas están directamente acopladas al generador. El aire atmosférico es succionado a través de un cabezal de doble entrada e introducido al compresor en donde es presurizado a un valor aproximado de 10 atmósferas y forzado a la cámara de combustión y combustores. El combustible utilizado en los combustores eleva la temperatura de la mezcla de combustible-aire. Los gases de esta combustión pasan a través de la Turbina sufriendo un abatimiento de presión y temperatura para que la energía calorífica sea absorbida y convertida en trabajo mecánico de rotación. Una parte de la potencia desarrollada por la Turbina es empleada en impulsar el compresor, y la potencia estante en el generador.

El gas de escape de la Turbina está descargando en forma axial a un recuperador de calor generador de vapor (HRSG) a través de un ducto. Con el objeto de asegurar una buena característica de arranque, el compresor cuenta con tres extracciones, dos en su 6° paso y una en el un décimo paso que están abiertas hasta que el grupo alcance 98% de velocidad.

Con el objeto de tener un mejoramiento adicional en la característica de aceleración, el compresor está equipado de compuertas o alabes de posición variable a la entrada del compresor, las que son moduladas durante el arranque en función de la velocidad para regular el flujo de aire en la succión.

El alineamiento correcto entre Turbina y Generador es mantenido por el pedestal rígido del compresor y los soportes flexibles del extremo de Turbina. Los soportes de la Turbina compensan las variaciones térmicas.

Características del turbogruppo

TURBINA DE GAS	
Fabricante	WESTINGHOUSE
No. de pasos	4
Tipo	REACCION
Capacidad	65 000 KW

COMPRESOR AXIAL	
Fabricante	WESTINGHOUSE
Tipo	AXIAL
No. de pasos	17
Presión descarga (mínima)	120 PSIG



CAMARA DE COMBUSTIÓN	
No. de canastas	16
No. de toberas	16
No. Tubos cruzaflama	16
Sistema de encendido	BUJIA
Voltaje encendido	15 000 V

NUMERO DE SERIES	
TG-1	27 A 1001
TG-2	17 A 5261
TG-3	17 A 8032
TG-4	27 A 1061

Paquete de arranque

La Turbina de gas está equipada con un motor de 1,500 HP, jaula de ardilla, con el objeto de suministrar la fuerza motriz durante el arranque inicial. El motor este acoplado a la turbina por medio de un convertidor de par hidráulico (operado con aceite); para lograr la característica necesaria para un impulso. Un aumentador de velocidad, a la salida del convertidor, mejora la característica de velocidad necesario para el arranque. El motor del Tornaflecha, colocado en línea entre la salida del aumentador de velocidad y el Clutch, mantiene girando a la turbina durante períodos de enfriamiento a 2.2 RPM.

El Clutch doble concéntrico automáticamente opera como una función de la velocidad diferencial. Después de una señal de arranque, el motor de arranque alcanza su completa velocidad en aproximadamente 2 seg., el par principal a ser transmitido a través del convertidor y la turbina se aceleran lentamente. A la velocidad de 830 RPM se inicia la ignición.

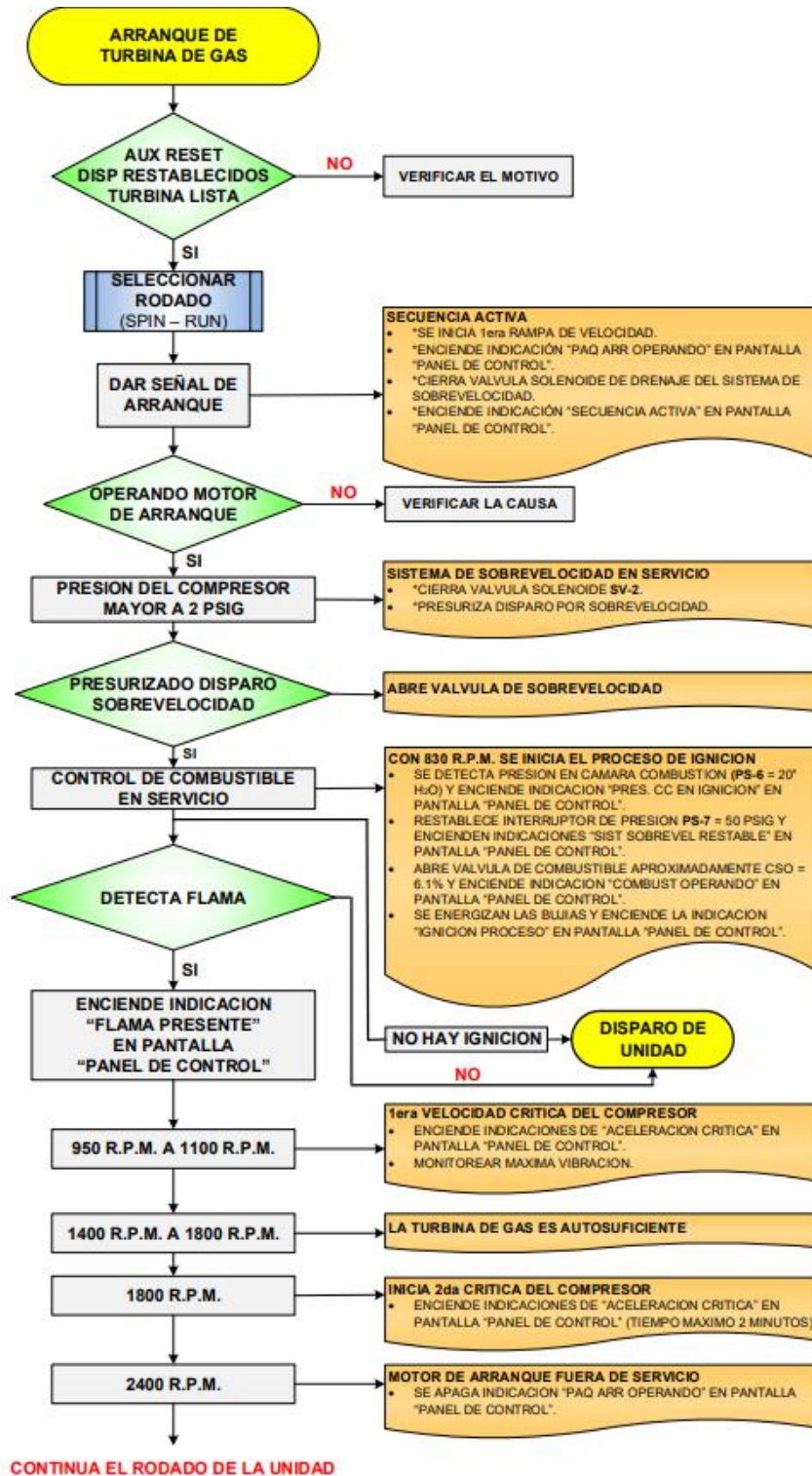
Tanto la turbina como el paquete de arranque se aceleran, a 2400 RPM, se desenergiza el sistema de arranque y la turbina se acelera bajo su propia energía hasta la velocidad de sincronismo 3600 RPM. Durante un paro, después que el combustible ha sido cortado, la velocidad de la turbina alcanza 2 RPM, el motor del tornaflecha se conecta y gira la turbina para enfriarla por período de por lo menos 150 horas antes de pararla completamente.

En el supuesto caso de un sobrecalentamiento, en el paquete de arranque, se cuenta con una protección que automáticamente lo dispara, después de esto de pondrá un período de enfriamiento dependiente de la temperatura ambiente.

La limitación crítica es temperatura del fluido del convertidor; al tener nuevamente la indicación de ready to start, podrá uno hacer otro intento de arranque ya que el fluido del convertidor está suficientemente frío. El paquete de arranque tiene también la opción de spin, el cual es un arranque del turbogruppo sin llegar a realizar la combustión, este tipo de arranque se utiliza cuando la unidad viene de un disparo y se requiere realizar el arranque en menos de 18 hrs, pero también se puede utilizar



para realizar enfriamientos a la unidad para una reparación de emergencia o también para realizar lavados del compresor fuera de línea. El número de arranques del motor del paquete de arranque se encuentra limitado a 5 cada 24 hrs, ya que el primer arranque con respecto al segundo es solo de 20 minutos, del segundo al tercero 1 hora, del cuarto y quinto dos horas.



Descripción operativa

La siguiente es una lista de las funciones de los componentes del sistema de arranque:

Motor de arranque.

El motor de arranque es un motor eléctrico tipo jaula de ardilla de 1500 HP, 4160 VCA, 3 fases, 60 Hz; 1800 RPM.

Convertidor de par.

El convertidor de par es un dispositivo hidráulico usado para convertir la velocidad constante a la salida del motor de arranque en un par característico necesario para acelerar la turbina durante el ciclo de aceleración.

Tornaflecha, clutch y conjunto de motor.

El tornaflecha está conectado por un Clutch a un motor de 10 HP 125 VCD, el cual tiene la capacidad de mantener la turbina girando a 2 RPM por un tiempo mínimo de 150 horas durante el ciclo de paro. El Clutch es un dispositivo que embraga desembraga el equipo de arranque de Turbina, generador excitador durante la secuencia de arranque y paro.

Controlador termostático.

En el recipiente colector del fluido para el convertidor hidráulico, contiene un controlador termostático que mantiene la temperatura del fluido arriba de 60 °F y un Switch controlador para arrancar el sistema de enfriamiento arriba de 140 °F (60 °C).

Enfriador del fluido hidráulico del convertidor de par.

El enfriador cuenta con el área suficiente para un ventilador motorizado que enfría el fluido hidráulico al presentarse temperaturas mayores de 140 °F (60 °C).

Ensamble de motor y bomba del convertidor.

Este dispositivo tiene el objeto de mantener la presión requerida por el convertidor.

Filtro del convertidor.

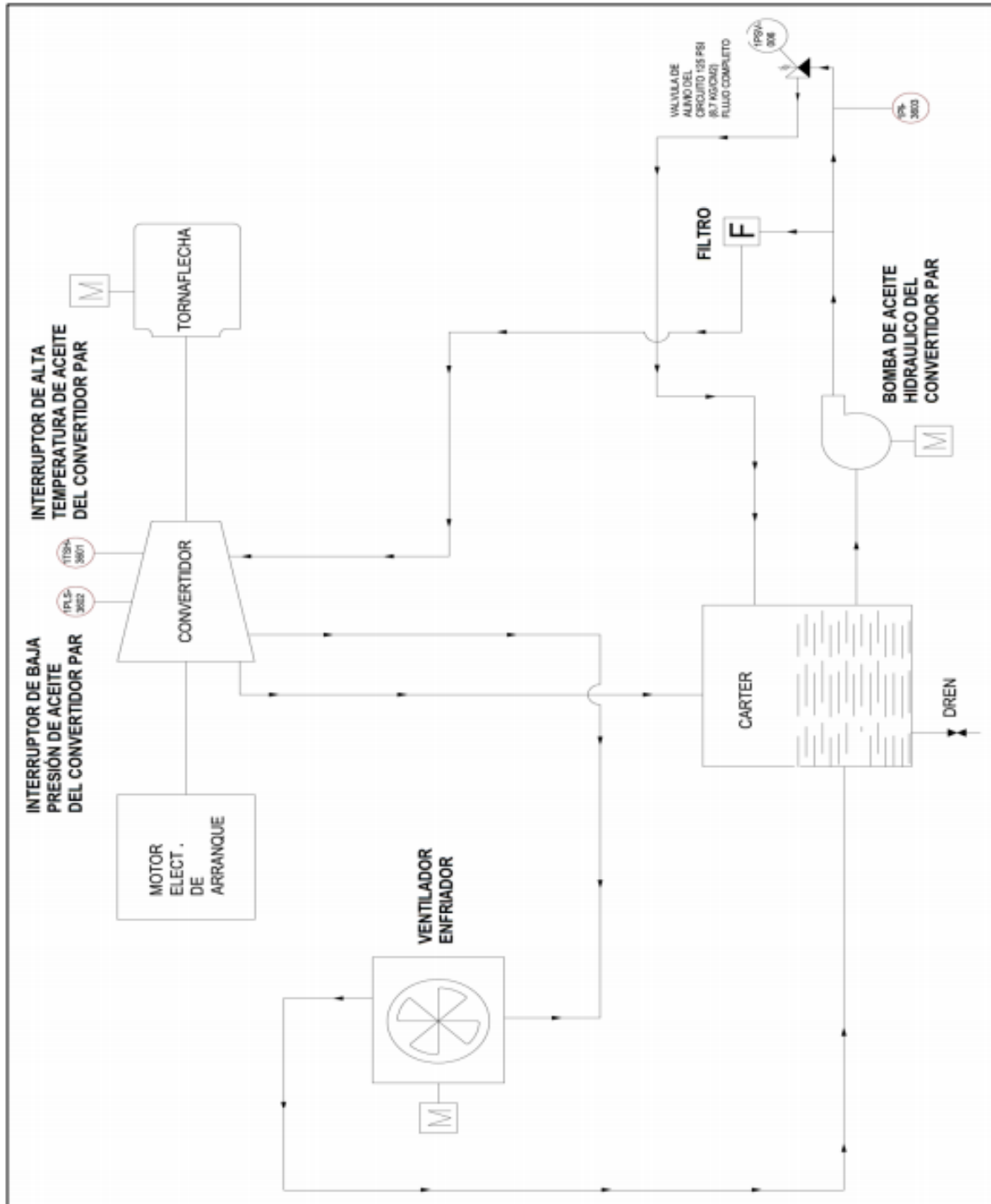
Este dispositivo, filtra el fluido hidráulico a un nivel mínimo aceptable al convertidor.

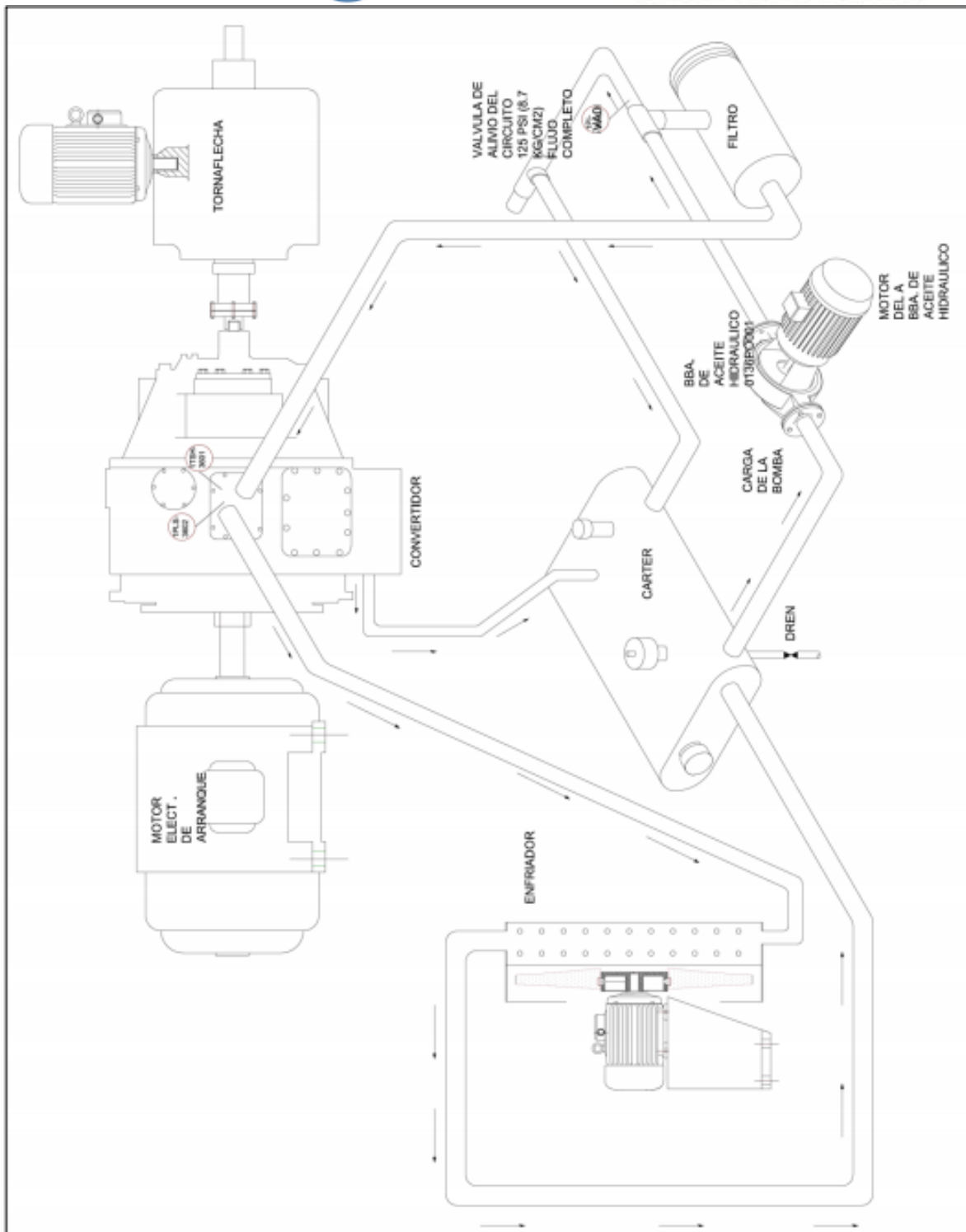
Centro junior de control de motores.

Este centro está montado en el motor de arranque, consta de los arrancadores y timer para el control del enfriador, bomba y calentador; los switches normalmente estarán en posición automáticos.



Diagrama





Equipos principales

Motor de arranque

La función principal del motor del paquete de arranque es ceder su potencia mecánica al turbogruppo para iniciar la aceleración y poder suministrar aire a la cámara de combustión por medio del compresor axial, además también realiza el trabajo para girar el turbogruppo en spin, ya sea para enfriamiento o lavado fuera de línea.



Interruptor del motor del paquete de arranque

La función del interruptor es energizar y desenergizar el motor del paquete de arranque, además de contener las protecciones eléctricas necesarias para garantizar el cuidado del motor.

Convertidor par del paquete de arranque

El convertidor del par es un dispositivo hidráulico usado para convertir la velocidad constante a la salida del motor de arranque en un par característico necesario para acelerar al turbogruppo durante un ciclo de aceleración.





Clutch del paquete de arranque

El Clutch es un dispositivo que embraga y desembraga el paquete de arranque del turbogruppo en las secuencias de arranque y paro. Cuando la turbina esta disparada, en 225 rpm, el rotor del turbogruppo se acopla automáticamente al Clutch. Como el rotor de la turbina baja sus revoluciones hasta casi detenerse, el tornaflecha embraga al turbogruppo. El tornaflecha comienza a

girar el eje a una velocidad de aproximadamente 2,5 r/min. Se mantendrá en este modo hasta que baje la temperatura en los metales de empaletado y cavidades de disco.

Bomba de aceite hidráulico del convertidor par

La función principal de la bomba es de suministrar y mantener la presión de aceite hidráulico necesario para que realice el trabajo el convertidor par.



Ventilador del aceite hidráulico del convertidor par

El enfriador cuenta con el área suficiente para un ventilador motorizado que enfría el fluido hidráulico al presentarse temperaturas mayores de 140 °F (60 °C). En el convertidor par se cuenta con un recipiente colector del fluido hidráulico, en el cual contiene un controlador termostático que censa la temperatura del fluido, si esta se encuentra arriba de 60 °F, un switch controlador pondrá en servicio el ventilador.

TORNAFLECHA

El propósito principal de la operación del tornaflecha es evitar arqueamiento del rotor. El Clutch y el tornaflecha proporcionan el giro al rotor del Turbogruppo durante el tiempo necesario, ya sea previo al arranque o en su etapa de enfriamiento. El no tener girando el rotor del Turbogruppo después de una salida, puede causar excentricidad mayor y después altas vibraciones en el arranque. Si se produce una alta excentricidad, será necesario enderezar el rotor, ya sea a 180° del punto de reposo o girando a velocidad del tornaflecha el tiempo necesario hasta que haya disminuido la excentricidad del rotor. El tornaflecha está conectado por un Clutch a un motor de 10 HP 125 VCD, el cual tiene la capacidad de mantener la turbina girando de 2 a 3 RPM por un tiempo mínimo de 150 horas durante el ciclo de paro. El Clutch es un dispositivo que embraga y desembraga el equipo durante el arranque y paro de la Turbina de gas del Turbogruppo.

Antes del arranque de la unidad, el tornaflecha debe estar en funcionamiento, girando el rotor del Turbogruppo de 2 a 3 RPM para mantener la excentricidad baja. El interruptor y el selector del motor del tornaflecha se encuentran en el Centro de Control de motores del compartimento eléctrico de turbina. El tornaflecha tiene un bloqueo para que no entre en servicio en caso de una pérdida de presión del aceite de lubricación a cojinetes, que deberá estar restablecido para su arranque.

No.	FUNCIÓN	OBSERVACIONES:
1	Mantener el turbogruppo rotando en 2 a 3 rpm para evitar la flexión en el rotor.	Función primaria
2	Controlar el tornaflecha de modo automático.	Función primaria
3	Proporcionar el embrague a velocidad tornaflecha.	Función primaria
4	Mantener una protección al turbogruppo en la activación del tornaflecha por falta de lubricación a cojinetes menor de 7 psig.	Función secundaria
5	Contener el aceite del embrague del tornaflecha.	Función secundaria

Equipos principales

Motor del tornaflecha

El giro a baja velocidad en el rotor del turbogruppo lo proporciona un motor de corriente continua acoplado a un embrague de conexión o desconexión. Las funciones del tornaflecha son:

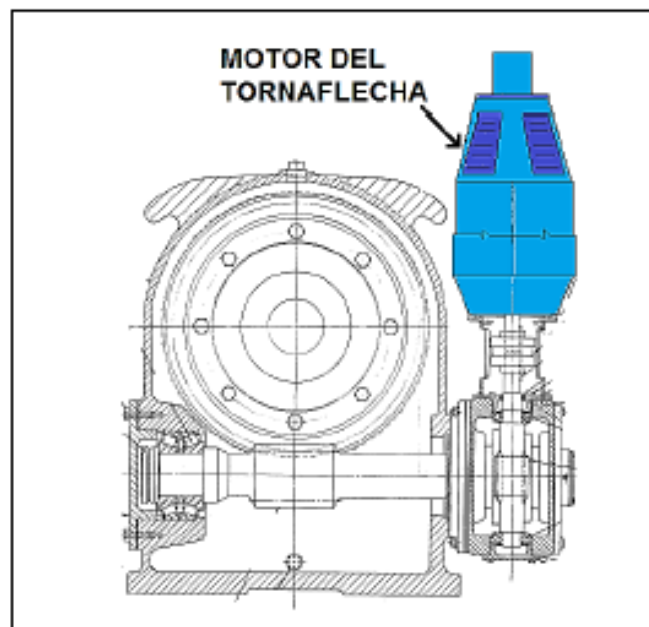
- Ayudar al motor del paquete de arranque un mínimo torque en el proceso de rodado de la turbina de gas.
- Girar el rotor del Turbogruppo para evitar una mayor excentricidad después de la salida de la turbina de gas y durante su enfriamiento.



Clutch del tornaflecha

El Clutch es un dispositivo que embraga y desembraga el paquete de arranque del Turbogruppo en las secuencias de arranque y paro. Cuando la turbina esta disparada, en 225 rpm, el rotor del Turbogruppo se acopla automáticamente al Clutch. Como el rotor de la turbina baja sus revoluciones hasta casi detenerse, el tornaflecha embraga al Turbogruppo. El tornaflecha comienza a girar el eje a una velocidad de aproximadamente 2.5 rpm. Se mantendrá en este modo hasta que baje la temperatura en los metales de empaletado y cavidades de disco.

Diagrama



SECCIÓN DE ADMISIÓN, FILTRADO Y COMPRESIÓN DE AIRE

La sección de entrada actúa como un conducto para dirigir sin turbulencia al aire de entrada al compresor y proporciona un soporte para las chumaceras de empuje y soporte del compresor.

En la succión del compresor axial se utilizan unos filtros tipo rollomatic, los cuales son de fibra de vidrio o sintéticos, cuando los filtros tienen una presión diferencial alta se dice que se encuentran sucios, solo se recorren la parte sucia, quedando solo la parte limpia, hasta que se termine el rollo.

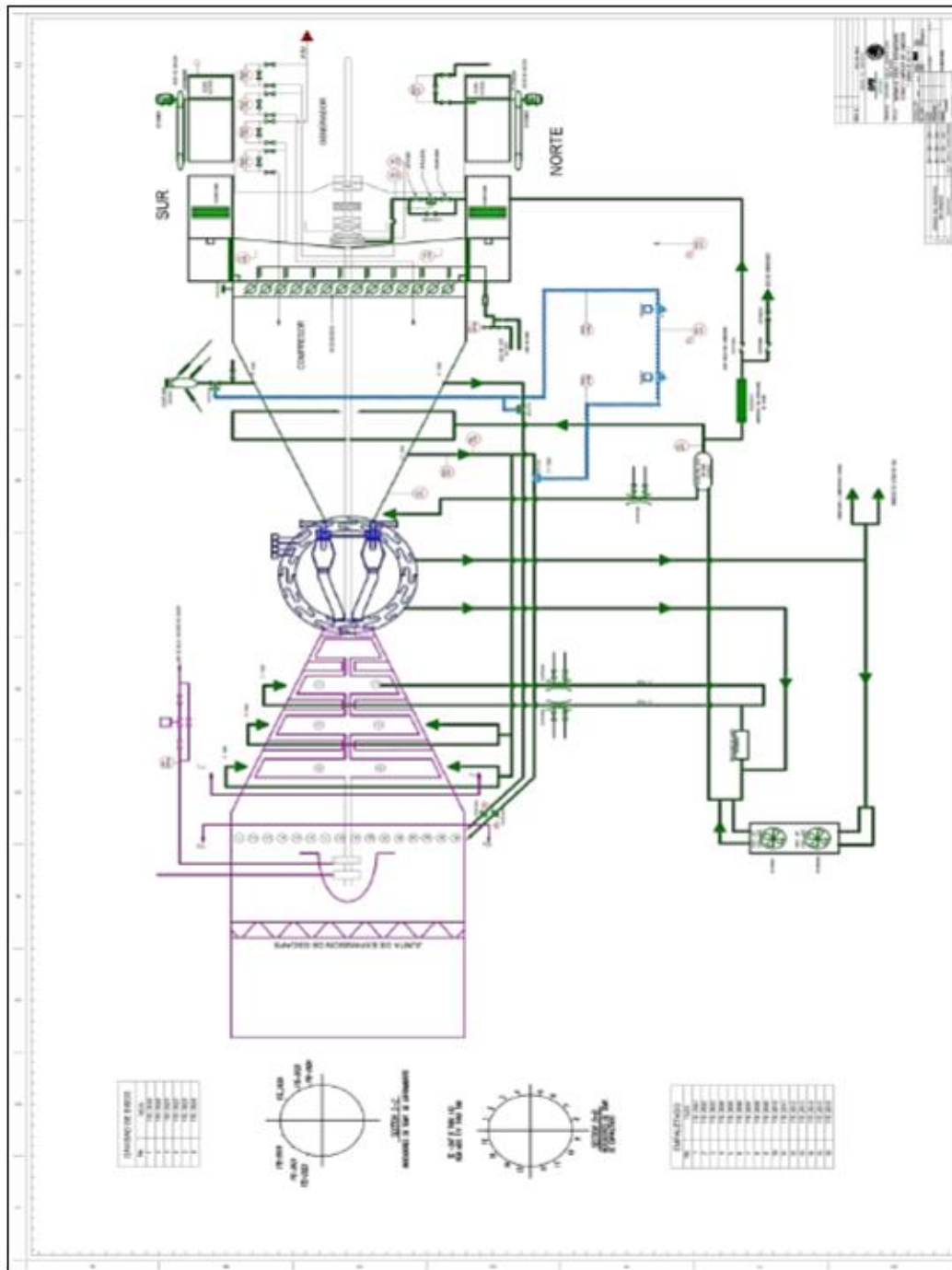
Para mejorar la capacidad de aceleración durante el arranque y evitar vibración en el rotor (surge o stoll), la turbina está equipada con compuertas directrices móviles (IGV's) que regulan el flujo de aire atmosférico durante el período de arranque. Estas están montadas exactamente antes de la primera etapa del compresor.

La posición de los IGV'S depende de las siguientes condiciones operativas:

- La velocidad de la turbina de gas durante el arranque
- En el incremento de carga en la turbina de gas

En el periodo de arranque de la turbina de gas, los IGV'S se modulan en 25° DGA y las válvulas de sangrado se encuentran abiertas, estabilizando el flujo y la presión del aire que entra al compresor axial; al llegar la turbina de gas a los 3450 RPM, los IGV'S se modulan en 45° DGA y las válvulas de sangrado cierran preparándose para sostener la velocidad de 3600 RPM y sincronizar la turbina de gas con el sistema, la válvula reguladora del sello de aire al compresor logra sellar el cojinete del compresor axial, evitando el ingreso del aceite a los alabes del compresor axial; al sincronizar, la turbina de gas toma carga mínima y los IGV'S se mantienen en 45° DGA, en este punto las temperaturas de los gases a la salida de la cámara de combustión son más altas por la relación flujo de aire y el flujo de combustible; cuando la turbina de gas tiene una carga entre 8 y 10 MW, los IGV'S inician su apertura hasta llegar a los 10° DGA y hay mayor flujo de aire que ingresa al compresor axial, por consiguiente más flujo y presión de aire a la cámara de combustión, regulando la temperatura de los gases que ingresan a la turbina, así como la relación flujo de aire y flujo de combustible. El compresor axial provee un gran volumen de aire con una alta presión a la cámara de combustión. Solo un 25% del flujo de aire total que suministra el compresor axial es para realizar la combustión, el resto del flujo de aire sirve como enfriamiento de las canastas, piezas de transición, alabes fijos y alabes móviles de la turbina, además de atemperar la temperatura de los gases calientes de combustión.

Diagrama



Equipos principales

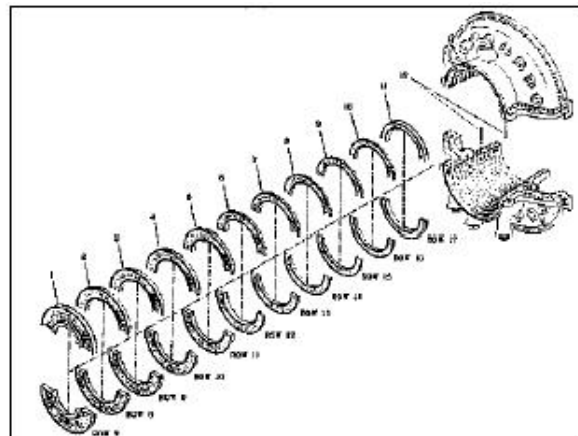
Filtros rollomatic

La función principal de los filtros rollomatic es evitar que ingresen objetos extraños, basura, tierra, resinas de los árboles y plantas, etc., a la succión del compresor axial, previniendo la pérdida de eficiencia por ensuciamiento.



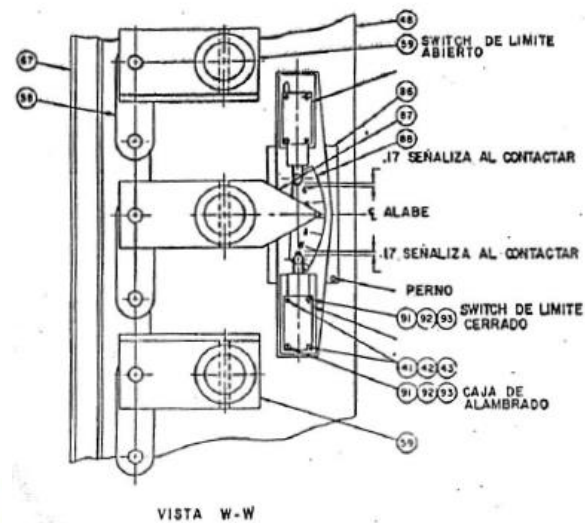
Compresor axial

La función del compresor axial de 17 pasos es de proveer un gran volumen de aire con una alta presión a la cámara de combustión, además de suministrar aire para el sellado del cojinete del compresor y al skid de compresores.



Álabes guías (IGV's)

La función de los alabes guía o IGV's es de regular el flujo de aire que ingresa al compresor axial, dependiendo de las condiciones en que se encuentra la turbina de gas, ya sea en el arranque de la turbina, así como en la toma de carga.



Válvula reguladora de aire al sello del compresor

La función principal de la válvula reguladora del sello de aire es evitar que el aceite de lubricación del cojinete del compresor ingrese al compresor axial mediante un sello de aire que mantiene la presión positiva en la cámara del sello.

El aire de sellos proviene del enfriador aire-aire y descarga en la cámara del sello de aire. Cuando la presión es positiva, no existe entrada de aceite al compresor.

Existen dos columnas para indicación de los siguientes parámetros:



Presión de sellos

- Es la que se toma como presión del sello.
- Mide la presión que existe entre el sello de aceite y el sello de aire.
- Su valor normal de operación es 2 pulg. H₂O.

Venteo

- Mide la presión que existe en la cámara de descarga de aire de sellos.
- Su valor normal de operación es de 5 pulg. H₂O.

Válvulas de sangrado

La función de las válvulas de sangrado inferiores es regular el flujo de aire durante el arranque de la turbina de gas.

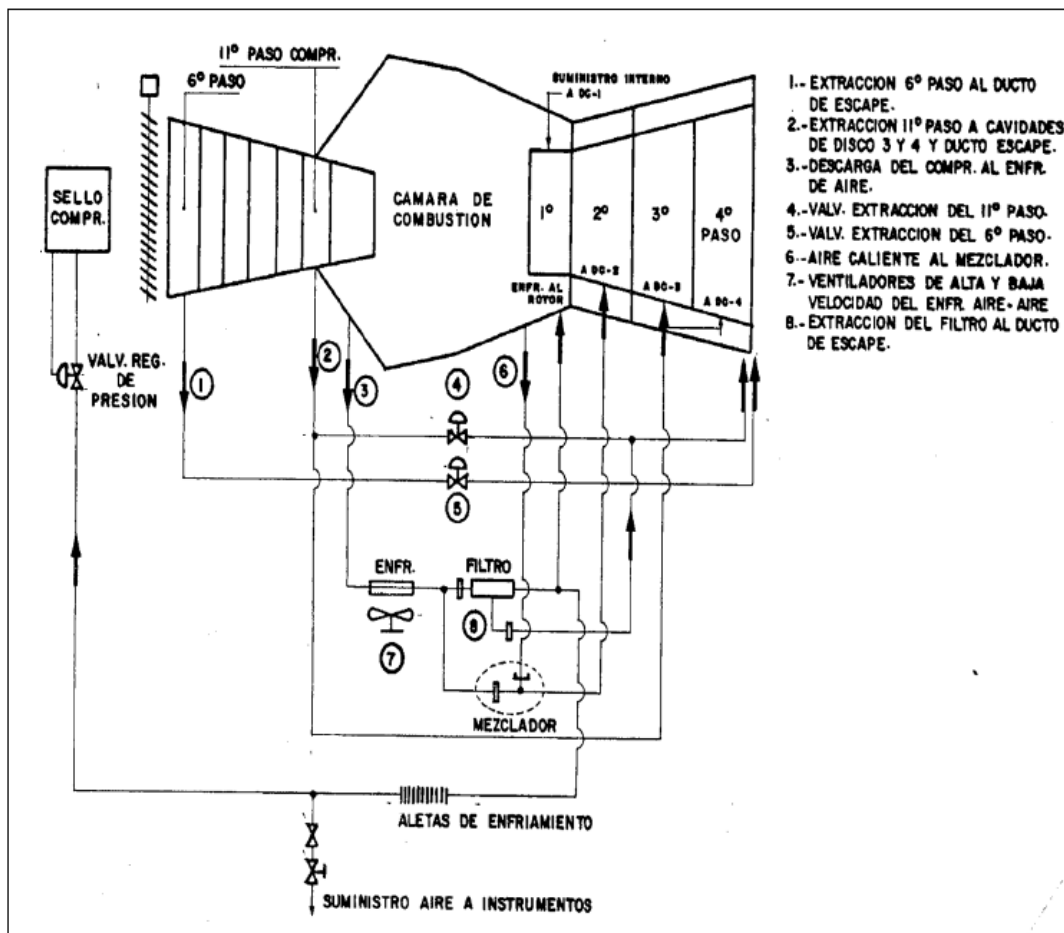




SISTEMA AIRE-AIRE

El sistema de aire-aire de la turbina de gas se encarga de proveer enfriamiento directo a los álabes fijos y los álabes móviles de la turbina, por otro lado, ésta suministra aire para el sello del compresor axial, el cual sirve para evitar que el aceite de lubricación del cojinete del compresor penetre al compresor axial y evitar que este se ensucie.

Diagrama



Equipos principales

Ventiladores aire-aire

El sistema contiene dos funciones esenciales de enfriamiento para mantener en operación la turbina; provee enfriamiento directo de los componentes expuestos a las altas temperaturas de gas (tan altas que limitan los materiales) y control ambiental.

El aire de enfriamiento es suministrado a varios puntos críticos para asegurar que las condiciones de diseño sean mantenidas a través de la máquina; el sistema previene pulsaciones en el compresor axial durante la aceleración y desaceleración y provee aire enfriado y filtrado al sello del rotor del compresor para aislar la caja (SUMP) del cojinete de la entrada del compresor. En el extremo de escape de la turbina, el flujo de aire en los entornos es asegurado dentro de la cámara del cojinete.



CÁMARA DE COMBUSTIÓN

La cámara de combustión incrementa la presión del flujo de aire, suministrado por el compresor axial, el cual es mezclado con el gas natural y con la chispa de la bujía, se provocan gases con alta presión y alta temperatura, que logran mover una turbina con potencia.

La cámara de combustión, dentro de la cual se encuentran las canastas de combustión, forma una cámara en la cual el aire del compresor descarga relativamente a baja velocidad. El aire entra a la sección primaria de la canasta de combustión a través de orificios ajuntados para producir una combustión apropiada.

La cámara de combustión de la C.C.C. Dos Bocas consta de 16 toberas de inyección de gas, 16 canastas de combustión, 16 piezas de transición, 15 cruza flamas, 2 bujías y 4 detectores de flama.

El flujo de aire es proporcionado por el compresor axial, que es de presión relativamente baja, ingresa a la cámara de combustión con dirección hacia la parte final de las piezas de transición, el flujo de aire enfría las 2 líneas de torsión y enfría la parte exterior de las piezas de transición, llevando su trayectoria hacia las canastas de combustión. En las canastas de combustión, el flujo de aire tiene distintas funciones:

- La primera enfriar la parte exterior de las canastas de combustión.
- La segunda es atemperar los gases calientes, que salen de la combustión, el flujo del aire ingresa a través de unos orificios en la sección secundaria de las canastas de combustión.
- La tercera es realizar la combustión en la sección primaria de las canastas de combustión, ingresando el flujo de aire a través de unos orificios en la canasta hacia el área de la combustión.
- La cuarta es realizar la oxidación del combustible en el acoplamiento de los inyectores de gas con las canastas de combustión.

Quemadores (toberas)

El combustible se alimenta a presión a la cámara de combustión a través de toberas o quemadores. La función de éstas es dispersar y mezclar el combustible con la cantidad apropiada de aire combustión.

Sistema de encendido por bujía

La combustión de la mezcla aire-combustible se inicia mediante la descarga de 2 bujías de electrodo, instaladas en la cámara de combustión, en el punto donde las proporciones de aire combustibles son adecuadas para el encendido. Las dos

canastas de combustión No.8 y 9 en la parte inferior de la cámara de aire contienen un barreno que sirve como guía a la bujía.

Cada dispositivo de encendido montado en un guía de la base de la carcasa, consta de una bujía montada en un émbolo operado por resorte. Durante el arranque, el resorte mantiene el émbolo en su posición máxima hacia adentro de la canasta en el punto ideal para encendido de la mezcla aire-combustible. Su suministro de corriente alterna de alto voltaje del secundario de un transformador de ignición a través de un cable acorazado se mantendrá durante un tiempo determinado; una vez que transcurre, éste desenergiza la bujía aun cuando no se haya conseguido el encendido. Una vez que se consigue el encendido, la presión de la cámara, de combustión aplicada sobre el émbolo vence la fuerza del resorte y mantiene la bujía en su posición máxima hacia afuera de la cámara de combustión, quedando fuera del área de combustión protegiéndola para evitar que se queme.

Detectores de flama

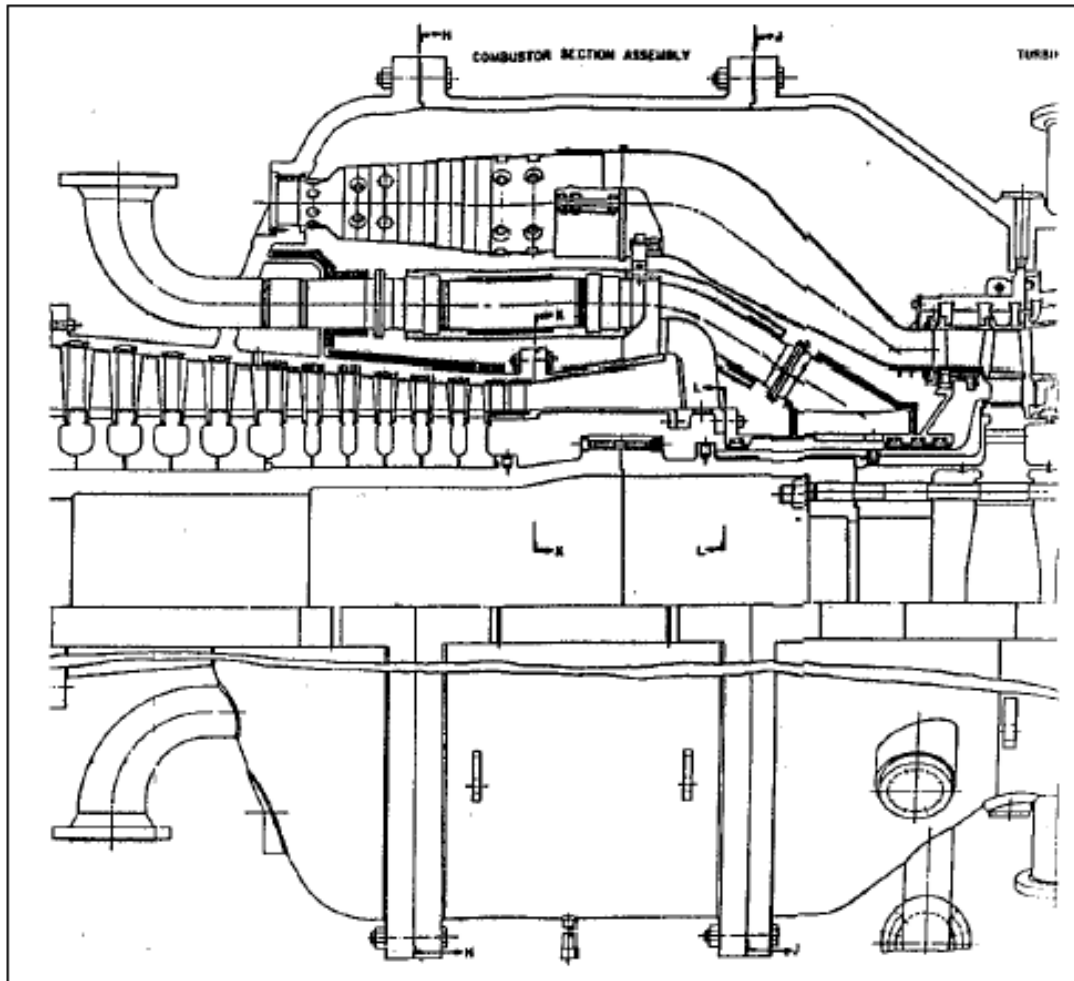
Se usan para supervisar la combustión. Si durante el arranque, los dos detectores de una de las cámaras de combustión indican pérdidas de flama, la Turbina de gas se disparará. Hay un total de 4 detectores de flama, 2 en la canasta # 1 y 2 en la canasta # 16. El detector es sensible a los rayos ultravioleta producidos por la presencia de flama.

Tubos de cruce de flama

Para asegurar un encendido positivo en todas las canastas de combustión, se encuentra con tubos de interconexión en la sección de combustión primaria. Cuando una de las canastas tiene fuego, la diferencia de presión entre la canasta sin fuego y la que lo tiene, es suficiente para hacer que se desplace flama a través del tubo de cruce de flama para encender el combustible. La propagación de flama a todas las canastas es prácticamente, instantánea.



Diagrama

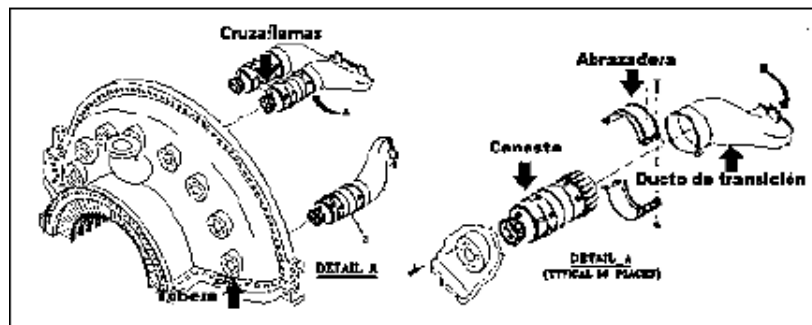


Equipos principales

Cámara de combustión

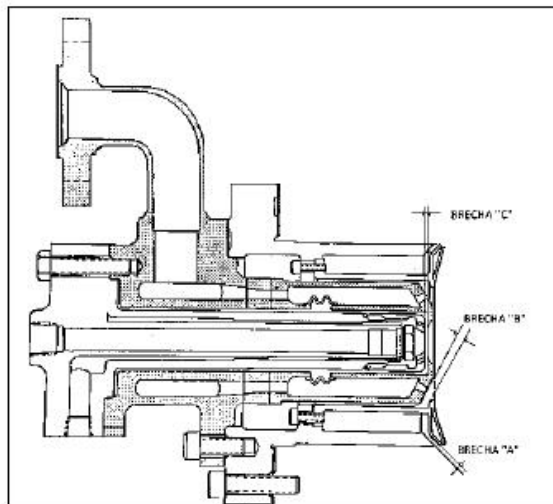


La función de la cámara de combustión es recibir el flujo de aire que suministra el compresor axial, mezclarlo con el combustible y con la chispa de la bujía, realizar la combustión, creando gases calientes con muy alta presión y alta temperatura, para hacer girar con potencia una turbina.



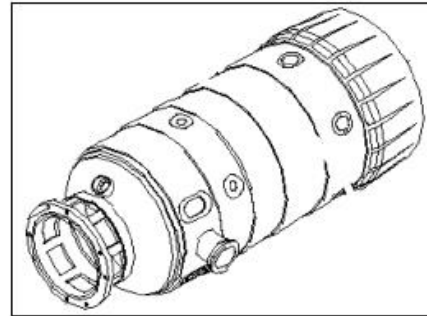
Toberas o quemadores

El combustible se alimenta a presión a la cámara de combustión a través de toberas o quemadores. La función de estas es dispersar y mezclar el combustible con la cantidad apropiada de aire combustión.



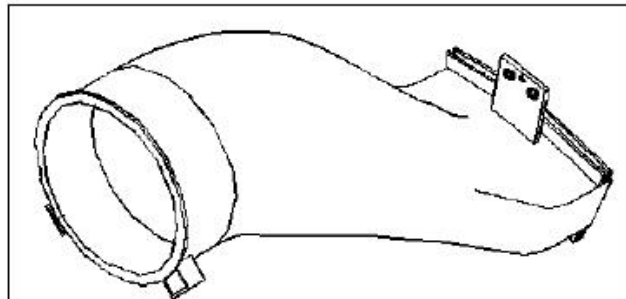
Canastas de combustión

Las canastas de combustión tienen una doble función, es realizar la combustión en la sección primaria y atemperar los gases calientes generados por la combustión en la sección secundaria, para que después llevarlos hacia las piezas de transición.



Piezas de transición

Las piezas de transición se encuentran acopladas a las canastas de combustión y su función es de dirigir el flujo de gases calientes al primer paso de la turbina.



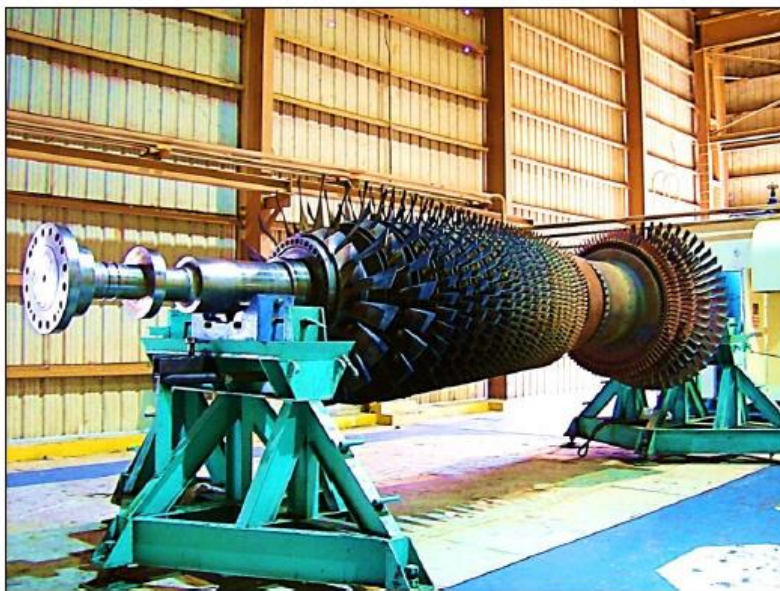
Bujías de encendido

Generan la chispa de encendido hacia la cámara de combustión.



TURBINA

Se da la señal de arranque en la pantalla del Delta-V de la turbina de gas, el relevador maestro se activará, el aire de instrumentos será suministrado y el drenaje de la cámara de combustión cerrará y el dispositivo de arranque (motor de arranque) entra en servicio haciendo girar al turbo grupo. Al llegar la unidad a 800 rpm se activa el switch de presión (PS-6) preparando la ignición en la cámara de combustión, se energiza la válvula solenoide de disparo por sobrevelocidad (VS-OST 20-2) y será controlado por el switch de presión (PS-7), energizando al relevador de ignición 88x abriendo la válvula de corte de gas, permitiendo la ignición, la cual durará 20 segundos para lograr la flama y se active el detector de flama (si no es así la unidad se disparará), incrementando la velocidad y en 1800 rpm la unidad entra en la primera etapa llamada de aceleración crítica, al llegar la unidad a 2300 rpm el motor del tornaflecha y el motor de arranque, se desacoplarán al abrirse los trinquetes centrífugos, esto es indicativo de que el turbo grupo es autosuficiente para seguir aumentando velocidad. En 3000 rpm el turbogruppo entra en la segunda etapa llamada rampa de aceleración lenta, en 3380 rpm se inicia el cierre de los alabes guía y al llegar a 3450 rpm cerrarán las válvulas de sangrado del compresor, preparándose la turbina para sincronizarse con el sistema. La turbina de gas seguirá aumentando su velocidad hasta alcanzar la velocidad de sincronismo (3600 rpm) y cerrar el interruptor de máquina a través del sincronizador automático.

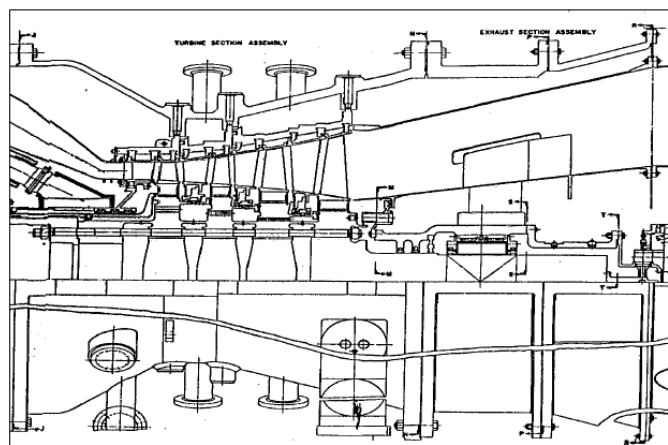
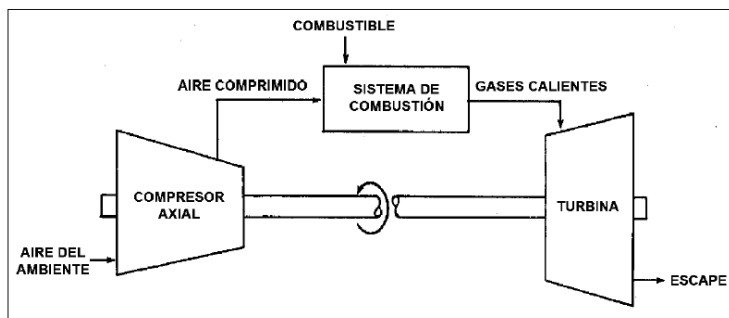




Funciones

No.	FUNCIÓN	OBSERVACIONES:
1	Convertir la energía térmica de los gases calientes que recibe de la cámara de combustión en trabajo mecánico; y transmitirlo al conjunto turbogenerador a una velocidad de 3600 rpm, con una temperatura no mayor de empalmetado de 1000 °F.	Función primaria
2	Contener gases calientes dentro de la turbina.	Función primaria
3	Permitir guiar el aire de enfriamiento para el rotor de alabes de turbina provenientes de enfriadores aire-aire.	Función primaria
4	Mantener una vibración menor a 5 mil en el turbogruppo	Función primaria
5	Mantener una condición operativa de temperatura diferencial menor a 100 °F de empalmetado	Función secundaria
6	Mantener una temperatura de enfriamiento en las cavidades de turbina menor de 700 °F	Función secundaria

Diagrama



Equipos principales

Sección compresor-cámara de combustión

- Admisión de aire
La sección de entrada actúa como un conducto para dirigir sin turbulencia al aire de entrada al compresor y proporciona un soporte para las chumaceras de empuje y soporte del compresor.
- Compresor- cámara de combustión
El aire en el compresor fluye en dirección axial a través de una serie de etapas rotatorias (paletas) y estacionarias (diafragmas) que son concéntricas con respecto al eje de rotación.
La sección de combustión contiene las canastas de combustión y está diseñada para quemar una mezcla de combustible y aire comprimido. Las bujías que encendido deben proporcionar suficiente calor a la mezcla combustible-aire para encenderla para poder producir la energía necesaria para impulsar a la Turbina.

Sección turbina

- General
La sección de turbina de 4 pasos es el área en la cual se aprovecha la energía cinética de los gases calientes transformándola en potencial útil y potencia para mover el compresor y accesorios.
- Carcasa
La carcasa de la turbina está fabricada en mitades, superior e inferior, unidas en la línea de centros horizontales para simplificar su montaje, inspección y mantenimiento. Dentro de éste cilindro, de acero al carbono, se encuentran los álabes estacionarios de la Turbina.
- Álabes estacionarios y anillos de álabes (blade rings)
En ésta sección existen 4 etapas de segmentos de álabes estacionarios y segmentos anulares. Los segmentos de álabes estacionarios dirigen los gases calientes a alta velocidad hacia los álabes móviles haciendo girar el rotor. Los segmentos anulares sirven como cubierta a la trayectoria de flujo de los álabes móviles. Los segmentos de álabes estacionarios se forjan de una sola pieza con sus anillos de retención interior y exterior, de acero aleado resistente a la temperatura.
Los segmentos anulares y de álabes estacionarios se aseguran a los anillos aisladores; se montan en ranuras circunferenciales en el anillo de retención y se sujetan mediante pernos y tornillos. Los claros que quedan entre los segmentos permiten la expansión diferencial entre el segmento y el anillo de retención durante los cambios de temperatura. Para disminuir la fuga de



gases entre etapas, se encuentra con sellos entre etapas, estos sellos están integrados por anillos de soporte y sello sujetos a los segmentos de álabes estacionarios.

- Soporte de turbina

El lado de escape de la turbina se apoya en un soporte relativamente flexible localizado a cada lado del cilindro de la turbina. El soporte se monta, alineando lo necesario para alinear la turbina de gas, y se atornilla a la placa de asiento. El soporte rígido del lado del compresor fija este punto mientras que el soporte tipo rótula que permite la expansión térmica de la turbina de gas, son provocar el desalineamiento del grupo turbocompresor. El diseño de éste soporte le permite girar ligeramente al expandirse la carcasa en dirección de los quemadores posteriores. Se suministra aceite para refrigeración y lubricación del soporte.

- Aire de sellos y enfriamiento

La descarga de aire del compresor refrigera la primera etapa de álabes estacionarios pasando a través del anillo de retención al interior de los álabes saliendo por pequeños conductos en el borde de salida de cada alabe.

Una sección de la carcasa encierra la segunda etapa de álabes estacionarios formando una cámara a la que se alimenta aire previamente enfriado. Este aire frío se extrae de la caja de la cámara de aire en la descarga del compresor, pasa a través de un intercambiador de calor externo y se mezcla con una parte de aire sin enfriar de la cámara de combustión antes de introducir a la segunda etapa de álabes estacionarios.

Los gases calientes de la sección primaria pasan a la sección secundaria donde se mezclan con aire frío. A lo largo de la cámara de combustión se alimenta el aire secundario en láminas anulares para enfriar las paredes de las canastas. Los gases de las cámaras de combustión pasan a la Turbina de gas a través de las piezas de transición.

Sección rotor

- General

El rotor de la turbina de gas está compuesto por el rotor del compresor y de la Turbina que se atornilla para formar uno solo. Esta apoyado en dos chumaceras lubricadas a presión insensible a desalineamiento térmico. La masa del rotor es lo suficiente grande como para ser influenciada por vibración o desbalanceo por separados o el equipo motriz.

- Rotor del compresor

Consiste en disco ajustado a presión en una flecha hueca. Esto proporciona una relación favorable de peso o rigidez con respecto longitud de la flecha. Los discos se maquinan antes de ajustarse a la flecha. El material de los álabes (cromo al 12%) y las raíces del tipo cola de paloma dan amortiguación suficiente al sistema en cualquier condición de operación.



- Rotor de turbina

Está compuesta por 4 discos y un tubo de torsión unidos mediante tornillos especiales para formar un solo rotor las secciones de unión entre los discos y el tubo de torque son del tipo acoplamiento curvado (curvic). Esta unión en una de sus caras se acopla, se obtiene una conexión muy precisa disco a disco con suficiente elasticidad para seguir los cambios de temperatura de etapa a etapa. El tubo de torsión es un cilindro hueco cuyas funciones son:

- a) Conexión entre los rotores de la turbina y compresor.
- b) Conducto de aire de enfriamiento a los discos de la turbina.
- c) Actúa como alojamiento para la extensión de los tornillos de sujeción de los discos de la turbina.

Esto permite una mayor longitud de los tornillos de manera que se reducen bastante los esfuerzos presentes en ellos durante cambios transitorios de temperatura y no exceden el límite elástico del metal.

Los alabes de la turbina, forjados de acero aleado resistente a la temperatura tiene raíces en forma de árbol y se montan lateralmente. La raíces de los alabes y bordes de los discos se aíslan de los gases calientes mediante placas en los lados de entrada y salida. La placa del lado de entrada proporciona una cámara anular que acepta aire enfriado y filtrado del interior del rotor y lo dirige axialmente a la raíz de los alabes y las cavidades de disco descargado por perforaciones en la placa del lado de la salida

- Balanceo

Cada alabe en el rotor de la turbina se pesa cuidadosamente antes del montaje final, esto hace que se requiera una corrección mínima en el balanceo final. El eje de la turbina se balancea dinámicamente, cuidando de distribuir las correcciones de manera que se compensen los momentos de flexión internos. Una vez balanceado, se acopla al eje del compresor que también se ha balanceado previamente. El conjunto completo se balancea estática y dinámicamente teniendo la precaución de compensar los momentos de flexión internos del conjunto completo.

- Carcasa

El cilindro está constituido por la caja de chumacera con exterior e interior del difusor del escape y carcasa exterior, unidos todos mediante tirante. Este sistema, patente de Westinghouse, consiste en 6 tirantes, uniformemente espaciados circunferencialmente con respecto a la caja de la chumacera.

Estos tirantes van de la caja de la chumacera a la cubierta exterior en la sección de gases calientes de la salida del difusor, los tirantes están protegidos por otros tirantes que sirven de soporte para los conos del difusor. De este modo los soportes se mantienen aislados con una capa de aire de enfriamiento. Esto genera un sistema de soportes poco sensibles a los cambios transitorios de temperatura. La expansión de la cubierta exterior y tirantes se absorbe mediante la rotación de la caja de la chumacera. El

sistema provee un soporte rígido de bajo esfuerzo, capaz de mantener centrada la chumacera soporte para cualquier variación de carga y temperatura.

Sección de escape

- General

Los gases de combustión y el aire de enfriamiento que sale de Turbina, pasan al cilindro de escape. Es aquí donde se descarga los gases de baja presión y temperatura antes de descargarse al ducto de salida.

- Chumacera

El extremo del lado de escape del rotor, se apoya en una chumacera montada en la carcasa del escape. Esta es igual a la chumacera del lado del compresor.

- Sellos

Una sección de sellos llamada **sello estático**, separa el túnel de toda la circunferencia de la caja de la chumacera de los discos de la turbina. Aperturas en la parte de la caja de la chumacera proporcionan conductos a través del cual el aire del túnel pasa a las cavidades del sistema de sellos de la chumacera y a la cavidad delante del sello estático (cavidad del disco No.5).

En el sistema de la chumacera, una parte del aire aspirado fluye a través del sello de aire hacia la cámara de la chumacera, donde hay un pequeño vacío. El aire excedente se mueve en dirección opuesta y escurre a través de un sello de aire a la cavidad de disco No.5.

El aire de esta cavidad es succionado por los gases que fluyen hacia el escape en el difusor. Este aire aspirado asegura la ventilación continua del túnel de la chumacera, manteniendo una temperatura aceptable.

La presión en el sello de la chumacera puede verificarse usando la toma de presión suministradas para tal propósito.

SISTEMA AIRE-GASES

El sistema de escape de la turbina de gas dirige el flujo de gases de escape caliente de la turbina a través del ducto de transición. El conducto que interconecta la salida de los gases de escape de la turbina con la entrada del recuperador generador de vapor (HRSG). De la turbina de gas sirve como la entrada de energía de la caldera de recuperación. En la ruta de gases de escape, los gases de la turbina pasan por una sección que contiene un conjunto de 16 termopares en la salida de la trayectoria de los alabes, que utiliza el sistema de control para medir la temperatura del escape de la turbina. En esta sección también se proporciona a la carcasa una refrigeración por aire para evitar el calentamiento excesivo en los metales y soportes de la turbina.

El colector de escape de la turbina está conectado al ducto de transición por medio de una junta de expansión, que permite que la carcasa del exterior de la turbina de gas se pueda expandir de forma longitudinal y sin fugas de los gases de escape.

Nota: hay un silenciador en el escape que proporciona la disminución del ruido para el funcionamiento de la turbina de gas, durante la producción de vapor en el recuperador de calor. El silenciador incorporado dirige los gases mientras las paletas están girando.

Los gases del escape pasan a través de una serie de deflectores paralelos para la atenuación del ruido en el HRSG. El silenciador termina donde se conecta la turbina de gas con el conducto de transición del HRSG.

Funciones

No.	FUNCIÓN	OBSERVACIONES:
1	Direccionar los gases de escape de turbina y quemadores a través de los módulos del recuperador de calor con una temperatura de entrada de 1250 °F y una salida de 520 °F.	Función primaria
2	Contener los gases calientes durante el recorrido en los diferentes módulos (sobrecalentado, alta, eco y baja) del recuperador de calor hacia la atmósfera.	Función primaria

Equipos principales

Escape de la turbina de gas

El colector de escape de la turbina está conectado al ducto de transición por medio de una junta de expansión, que permite que la carcasa del exterior de la turbina de gas se pueda expandir de forma longitudinal y sin fugas de los gases de escape.



Ducto de transición

El sistema de escape de la turbina de gas dirige el flujo de gases de escape caliente de la turbina. A través del ducto de transición, el conducto que interconecta la salida de los gases de escape de la turbina con la entrada del recuperador generador de vapor (HRSG).



EL GENERADOR

El generador eléctrico, es uno de los equipos principales dentro del proceso de generación en una central de ciclo combinado, por ser aquí donde se lleva a cabo la transformación de la energía mecánica proporcionada por la turbina en energía eléctrica, por lo cual debemos mantener bajo estricta vigilancia de operación, ya que cualquier falla que se produzca en el mismo pone en riesgo la operación continua del proceso de generación y por lo tanto la disponibilidad de la unidad.

Los sistemas auxiliares del generador eléctrico, tienen el fin de complementar la operación correcta del mismo. Por lo tanto, es importante conocer este equipo, sus controles y protecciones, así como su ubicación física, pues en caso de emergencia nos permitirá actuar con rapidez y eficiencia para controlar y solucionar el problema de una manera eficaz.

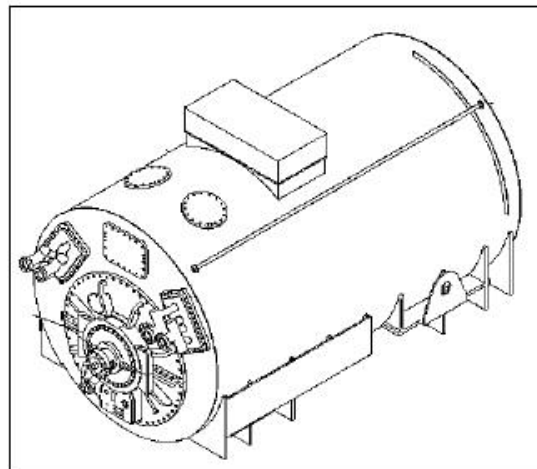
Funciones

No.	FUNCIÓN	OBSERVACIONES:
1	Transformar la energía mecánica a energía eléctrica con una velocidad de rotor de 3600 a 65 MW de capacidad.	Función primaria
2	Contener el hidrogeno a una presión de 30 psig como máximo y una temperatura de 45 °C.	Función primaria
3	Contener de manera controlada la energía al sistema eléctrico y auxiliares.	Función primaria
4	Proteger el sistema eléctrico interno así como el generador principal.	Función primaria
5	Regular el voltaje del sistema eléctrico de 13.2 KV a 14.2 KV.	Función primaria

Equipos principales

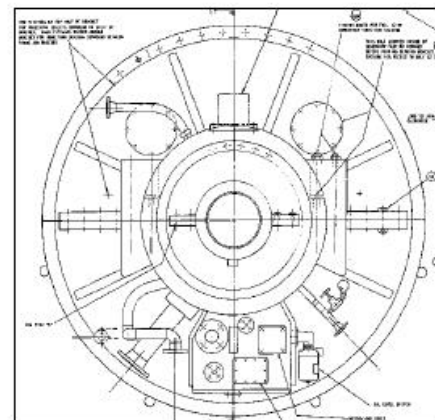
Generador eléctrico

El generador eléctrico es un dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre sus terminales transformando la energía mecánica proporcionada por la turbina de gas en energía eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre la armadura (estator).



Estator

En la parte fija del generador, está formado por un núcleo ranurado en forma circular, que constituye el circuito magnético. Las ranuras del núcleo alojan en su interior las bobinas del estator, las cuales están aisladas entre sí y con respecto al núcleo.



Rotor

Es la parte móvil del generador, está formado por un núcleo laminado de forma cilíndrica, apoyando en la flecha y ranurado longitudinalmente, para alojar en dichas ranuras las bobinas del rotor.



Bus de fase aislada

Los sistemas de bus de fase aislada son utilizados para los Inductores del Generador Principal en donde se necesitan campos electromagnéticos externos mínimos y una máxima protección contra errores de fase a fase.



EXCITADOR

El sistema de excitación es uno de los sistemas auxiliares más importantes del generador, tiene la función de producir, regular y suministrar la corriente directa (corriente de excitación) que es alimentada al devanado de campo (rotor), con el fin de producir en el campo magnético que interactúe con los devanados del estator y como resultado se induzca en estos una fuerza electromotriz (voltaje). La magnitud de la corriente alimentada al devanado de campo (corriente de excitación) será regida por el sistema de excitación en función del voltaje de salida del generador.

Generador de imanes permanentes (excitatriz piloto).

Es un generador trifásico de corriente alterna, cuyo rotor está constituido por un imán permanente, el cual se encuentra acoplado directamente al rotor del excitador de corriente alterna, mientras que su estator permanece fijo. Su función es producir la potencia de corriente alterna para alimentar al sistema de excitación.

Excitación de corriente alterna

Es un generador trifásico de corriente alterna de alta frecuencia, con su devanado de campo fijo (estator) y su rotor acoplado directamente a la flecha del generador principal, su función es amplificar y conducir la corriente de excitación que se alimenta directamente al rectificador que está montado en el mismo eje y posteriormente al devanado de campo del generador principal, sin utilizar escobillas ni anillos rozantes.

Rectificador giratorio

Está constituido por un puente rectificador de onda completa, a base de 24 diodos y fusibles conectados en serie que proporcionan protección contra fallos de diodos, su función es rectificar la potencia de corriente alterna producida en el excitador de corriente alterna, la cual es alimentada posteriormente al devanado de campo del generador principal.

Funciones

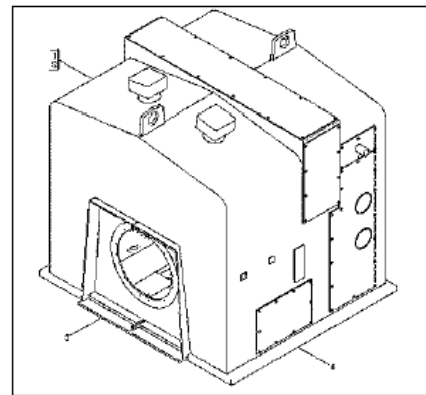
No.	FUNCIÓN	OBSERVACIONES:
1	Mantener la temperatura del aire menor a 45 °C en el excitador.	Función primaria
2	Monitorear fallas a tierra del campo del excitador.	Función primaria

Equipos principales

Excitador

El sistema de excitación sin escobillas de esta unidad, sirve de potencia de excitación de suministro para el generador.

Con armadura y campo estacionario de rotación. La salida del inducido se alimenta directamente al rectificador que está montado en el mismo eje. El campo está montado en un soporte fabricado robusto que se conecta a la estructura principal del generador.



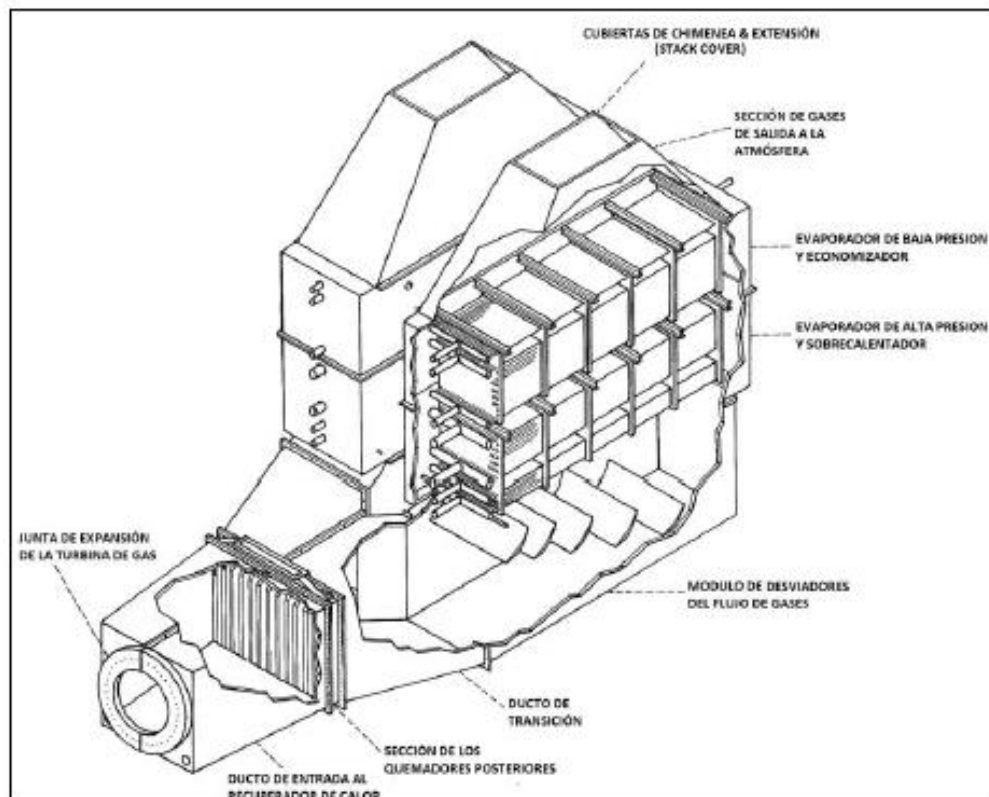
EXCITADOR	
Marca	WESTINGHOUSE
KW	400
PM	3600
MP	1600
Voltaje	250 VCD
N° de Diodos	24



RECUPERADOR DE CALOR

El HRSG es un equipo que emplea la gran cantidad de energía de los gases de escape de la turbina de gas para producir el vapor que se expandirá en la turbina de vapor; la diferencia principal entre la caldera y el HRSG es la de que por el HRSG pasa un volumen relativamente grande de gases a través de la unidad, puesto que la turbina de gas trabaja con una relación de un 25 % de exceso de aire.

El escape de la turbina de gas aproximadamente contiene el 16 % de oxígeno, por lo tanto suficiente para soportar una combustión adicional que suplementará la energía necesaria para alcanzar las condiciones de vapor deseadas; a continuación se muestra la vista del HRSG, los gases de escape de la turbina de gas pasan primeramente a través del ducto de entrada y a través de la sección de los quemadores posteriores; el gas es calentado a la temperatura requerida para mantener la producción de vapor, después de dejar los quemadores posteriores, los gases calientes fluyen a través del ducto de transición y de ahí pasan al módulo de desviadores directrices para ser dirigidos a la sección de tubos del sobrecalentador, del evaporador de alta presión, del economizador y del evaporador de baja presión, antes de pasar por la sección de transición de escape y por la chimeneas, las cuales tienen compuertas de cierre para mantener la condición de respaldo caliente.



Todas las secciones están construidas de placas de acero al carbón con recubrimiento interior de block de aislamiento de silicato de calcio; el propósito de las desviadoras directrices es proporcionar una distribución uniforme del flujo de gases a través de toda la sección de tubos.

La mala distribución del flujo tiene como consecuencia un efecto negativo en el rendimiento y, un sobrecalentamiento parcial de la tubería de las secciones del HRSG.

El agua de condensado es bombeada al deareador, donde la temperatura es elevada a 250 °F (121.11 °C) una vez que regresa del evaporador de baja presión donde fue impulsada por la bomba de baja presión, el agua entonces entra al tanque de oscilación, y de ahí es impulsada por medio de la bomba principal de agua de alimentación al economizador para obtener un calentamiento aproximadamente de 5 °F de la temperatura de saturación y alimentar al domo de alta presión.

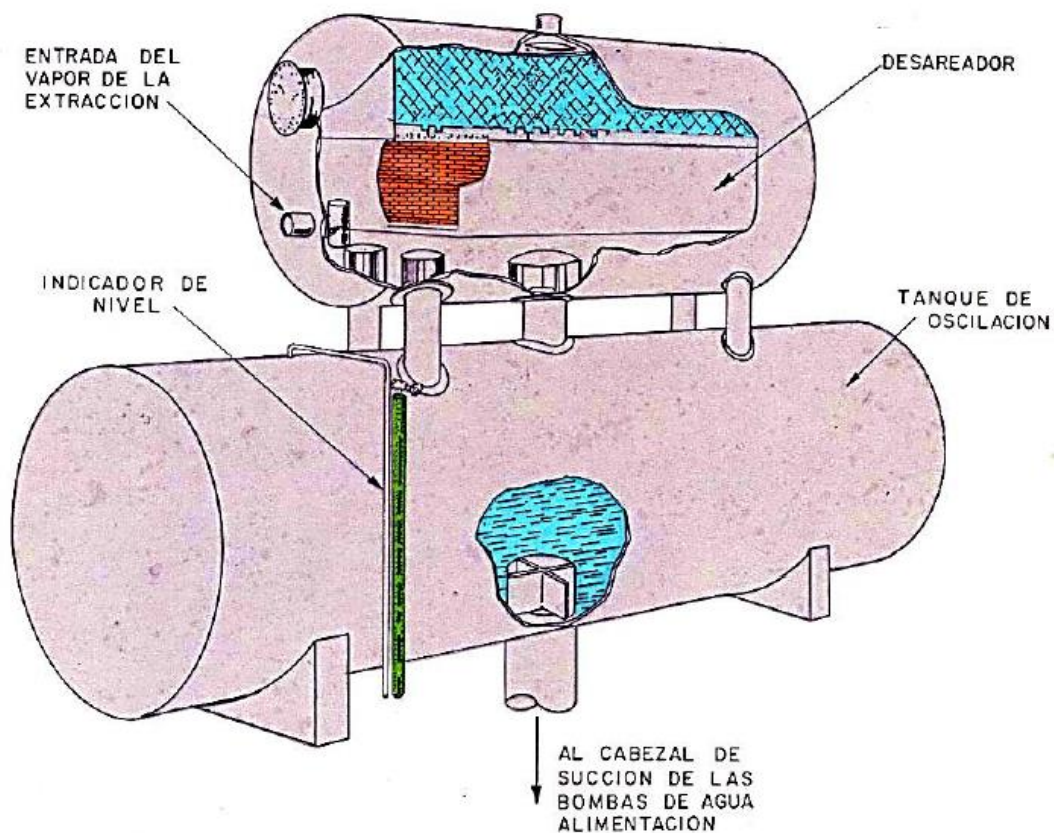
Una bomba de circulación forzada de alta presión pasa el agua de la parte inferior del domo a través del evaporador de alta presión para llegar nuevamente al domo en forma de vapor saturado. El vapor saturado fluye por la parte superior del domo hacia el sobrecalentador donde adquiere un calentamiento adicional para convertirse en vapor sobrecalentado a la temperatura y presión requeridas; el control de la temperatura es obtenido utilizando un “bypass” con válvula reguladora neumática en el sobrecalentador (atemperador del sobrecalentador).





SISTEMA EVAPORADOR DE BAJA PRESIÓN

El agua a 250 °F que se encuentra en el tanque de oscilación y que proviene del pozo caliente, es succionada y impulsada por la bomba de baja presión al evaporador de baja presión, donde incrementa su temperatura retornando nuevamente al deaerador lista para ser empleada en el sistema de agua de alimentación.



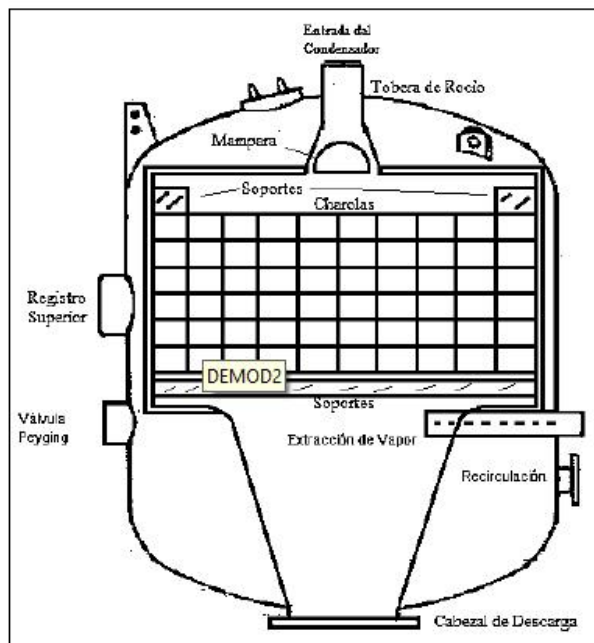
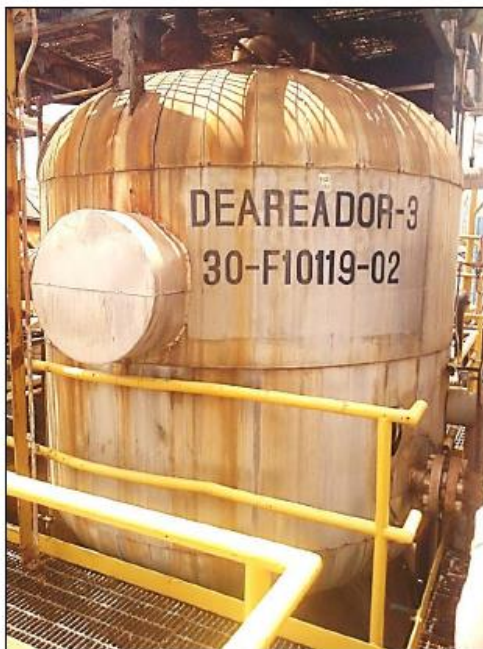
Equipos principales

Deareador

Es un componente cuya función es recibir, contener, y desgaseificar el agua contenida, es un equipo que cumple simultáneamente con dos funciones:

- Es un contenedor de agua caliente.
- Elimina los gases disueltos en el agua (deaireación) para lograrlo está diseñado de tal manera que el agua del sistema de condensado llega al deareador y se fracciona en pequeñas gotas mediante charolas y otros dispositivos.

El deareador de tipo vertical está montado sobre el tanque de oscilación horizontal, el nivel normal del agua en el tanque de oscilación es mantenido por la operación de una válvula de control neumática en la línea de condensado, proveniente del pozo caliente del condensador principal que actúa en respuesta de una señal indicada por el control analógico y producto de las condiciones de nivel, flujo y presión. El agua que deja el tanque de oscilación para alimentación del domo de alta presión debe contener 0.005 cc/lit de oxígeno como máximo, tiene como ajuste para bajo nivel una alarma a 30 plg; el disparo por bajo nivel en 10 plg, y por alto nivel en 60 plg.



Tanque de oscilación

En el tanque de oscilación fluye el agua a 250 °F a través del evaporador de baja presión recirculándose mediante una bomba centrífuga de baja presión donde se eleva la temperatura del agua.



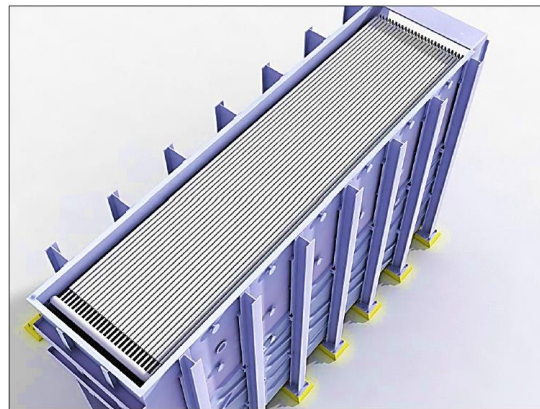
Bomba de baja presión

Recircula el agua del tanque de oscilación hacia el evaporador de baja presión y posteriormente al deareador para que nuevamente regrese al tanque de oscilación con el propósito de incrementar la temperatura del agua.

Evaporador de baja presión

El evaporador de baja presión es la primera etapa del calentamiento del agua de condensados en el HRSG, el agua del tanque de oscilación es succionada por la bomba de recirculación de baja presión e impulsada hacia el evaporador de baja presión en donde incrementa su temperatura y regresada al deareador, en donde ayuda a la separación de los gases del agua de condensados, además de aportar presión.

El agua a 250 °F que se encuentra en el tanque de oscilación y que proviene del pozo caliente, es succionada y impulsada por la bomba de baja presión al evaporador de baja presión, donde incrementa su temperatura retornando nuevamente al deareador lista para ser empleada en el sistema de agua de alimentación.





Válvula dump

En el deareador contamos con una válvula de control de presión (DUMP) que desaloja la presión excesiva del deareador al condensador, evitando el daño de los componentes internos del deareador. El control de la PCV-1602C puede ajustarse de dos formas: manual y automático. La alarma del control de presión está calibrada a 60 psig, el arreglo de la válvula para poder bloquear la línea contiene dos válvulas de corte y también cuenta con un check para cualquier retroceso estando en línea.

Venteo de baja presión

Su función es la despresurización del deareador y también es utilizada para el control de parámetros químicos como la expulsión de amoníaco.



SISTEMA DE EVAPORADOR DE ALTA PRESIÓN

El Sistema Agua-Vapor inicia en los transmisores de flujo de agua de alimentación, donde el agua previamente precalentada, procedente del Economizador, llega al domo de alta presión, posteriormente es impulsada por medio de la bomba de alta presión para hacerla recorrer por el evaporador de alta presión y saliendo del domo de alta presión en vapor saturado, llega al sobrecalentado de donde sale en vapor sobrecalentado seco para llegar a las válvulas de corte de admisión de vapor a la turbina de vapor.

El sistema de alta presión recircula el agua recuperada en el domo del evaporador de alta presión, para regular su temperatura y presión para así poderla regresar al domo, ingresando un vapor de mejor calidad y una mayor cantidad de presión.

Funciones

No.	FUNCIÓN	OBSERVACIONES:
1	Contener el flujo de agua y vapor sobrecalentado dentro del sistema agua – vapor.	Función primaria
2	Contener la presión de 1200 psig y un nivel de 45" en el domo para el funcionamiento de la bomba de alta presión.	Función primaria
3	Bombear del domo al evaporador de alta presión de forma re circulatoria e incrementando a su vez el gradiente del agua contenida en el domo.	Función secundaria
4	Mantener una transferencia de gases calientes en los diferentes módulos del HRSG.	Función secundaria

Equipos principales

Domo de alta presión

El Domo de Alta Presión es un componente cuya función es recibir, contener y mantener la mezcla agua-vapor saturada generada en el Recuperador de Calor-Generador de Vapor. También tiene la función de hacer la separación mecánica de tal mezcla, y permitir el retorno de la fase agua hacia el evaporador de alta presión, y el flujo de la fase vapor hacia el sobrecalentador.

El Domo de vapor es un recipiente a presión, cilíndrico, fabricado de envoltentes circulares y dos extremos semiesféricos que se denominan “cabezas del domo”.



Separadores ciclónicos

Un separador ciclónico de vapor tiene dos funciones: primero, eliminar el agua del vapor para reducir el arrastre de humedad al sobrecalentado o al proceso; segundo, ayudar a la circulación en el Recuperador de Calor - Generador de Vapor extrayendo el vapor de la mezcla agua-vapor que llega al domo que proviene de los tubos del evaporador de alta presión de vapor por acción centrífuga. El agua libre de vapor es eliminada hacia la parte inferior del ciclón, dirigiéndose ésta al fondo del domo para mezclarse con el agua de alimentación y salir finalmente a la línea de succión de la bomba de alta presión. El vapor sale por la parte superior del ciclón, pasando posteriormente a otro proceso de separación más fino de la mezcla agua-vapor y que se lleva a cabo por medio de los secadores primarios y secundarios.

Separadores de vapor primarios

Cada elemento secador de vapor primario está colocado arriba de un separador ciclónico. Dichos secadores están formados por una serie de placas onduladas que representan un cambio sinuoso para el vapor y de esta forma separa las últimas gotas que contiene el vapor.

Estos elementos pueden llevar una posición horizontal o inclinada (15° aproximadamente). En este caso la posición es “inclinada”, y sobre una malla en forma de pirámide invertida que va colocada sobre el ciclón con el objetivo de dirigir las gotas de agua al Domo.

Separadores de vapor secundarios

Los secadores de vapor secundarios para el vapor están fabricados similarmente a los primarios y están diseñados para asegurar el máximo secado del vapor antes de salir por los tubos de vapor saturado que se alojan en la zona superior del Domo.

Los elementos secundarios se instalan en hileras a lo largo del Domo, y el número de éstas depende del tamaño del Domo hasta llegar a la parte superior; también se encuentran colocados a cada lado de la línea de centros. El agua que se separa del vapor por medio de estos elementos se deposita en colectores pequeños, los cuales al llenarse el agua cae al mismo domo.



Válvula de control de nivel del domo (alimentación)

El objetivo de este control es mantener el nivel normal del domo de alta presión en su valor nominal, regulando el flujo de agua de alimentación.

La válvula de alimentación tiene la función de mantener el nivel del domo, es controlada por el sistema de control distribuido (DCS) y puede operarse en modo manual remoto o en automático, para cualquier carga de la unidad, y trabaja bajo el esquema de uno o tres elementos.

Válvula de control de presión del deareador (recirculación)

La válvula de control PCV-0002 tiene como variable de control a la presión del deareador a la que se le suma el efecto de la rapidez de caída de esta misma presión.

La demanda de posición a la válvula (salida del controlador) está limitada a un máximo de 30%, sin embargo, cuando el vapor rebase las 460,000 Lb/Hr, o el flujo de recirculación llegue a las 100,000 Lb/Hr, el límite de salida a la válvula se disminuye con tendencia al cierre total (0%), esta acción de disminución desaparece cuando ambas condiciones no están presentes, entonces el límite de posición se lleva en rampa (ascenso lento) hasta el 30%.





Válvula de control de conductividad del domo (purga continua)

Controla los parámetros del análisis químico de conductividad del domo.

Válvula de control de alto nivel del domo (purga intermitente)

Su función es drenar el agua del domo es mayor a 70 pulgadas, para mantener el nivel del domo en sus parámetros de operación.



Válvula de venteo de alta presión del domo

Sirve para despresurización del domo.

Evaporador de alta presión

El evaporador de alta presión es un intercambiador de calor por el cual por el “lado tubos” circula Agua de Alimentación, y por el “lado carcasa” circulan, a contracorriente, los gases producto de la combustión que viajan hacia la atmósfera. Su función es contener, conducir y elevar la temperatura del Agua de Alimentación que entra al evaporador de alta presión. Este intercambiador de calor (evaporador de alta) está



localizado en la zona donde los gases circulan después de haber pasado por el sobrecalentado; aprovecha el calor de los gases, elevando la temperatura del agua, antes de retornar al Domo de alta presión.

Bomba de alta presión

El sistema de alta presión está constituido por una bomba vertical de circulación forzada, el domo de alta presión y la zona de transferencia de calor de los tubos, es decir, la zona del evaporador de alta presión. La circulación forzada se mantiene a través de una bomba vertical en línea con el motor eléctrico para trabajos exteriores; el impulsor está acoplado directamente a la flecha del motor.

La bomba de alta presión tiene un sello mecánico tipo tandem, consiste de un sello primario y otro secundario montado sobre el impulsor y bajo el motor; el sello primario consiste de una cara rotatoria de carbón de tungsteno aislado del impulsor por un bushing de cuello, sobre el cual se localiza un anillo de bombeo, el cual bombea agua de la cámara de sello, formando un circuito cerrado de enfriamiento el agua en la cámara del sello.

Se requiere agua de enfriamiento a baja presión para el lado de la carcasa del enfriador que está instalado en la bomba junto a las tuberías de interconexión; la temperatura del agua de sello no debe ser superior a 180 °F (alarma = 200 °F); indicando una pérdida de agua de enfriamiento del enfriador o una mala operación.





TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



Preparación del mantenimiento

PREPARATIVOS ANTES DE PARAR UNA UNIDAD TURBINA DE GAS PARA MANTENIMIENTO MAYOR (PROGRAMADO).

1. Elaborar con anticipación (1 o 2 meses), las requisiciones para los materiales que se van a necesitar.
2. Fabricar un anaquel de tamaño necesario, para acomodar en cajas de madera la tornillería que se va a desmontar de la máquina.
3. Acondicionar un depósito para el lavado de tornillería y piezas chicas.
4. Fabricar una caseta para la herramienta que se va a usar o si ya se tiene colocarla en un lugar adecuado y cerca de la unidad que se le va a dar mantenimiento.
5. Revisar las herramientas, estrobos y maniobras que se van a utilizar.
6. Acondicionar un lugar para las pruebas no destructivas de diafragmas, alabes, canastas, ductos, etc.
7. Tener despejado un área para colocar las piezas grandes que se van a desmontar de la unidad.
8. Tener perfectamente revisada la grúa que se va a utilizar.
9. Habilitar y tener listo los polines y madera necesaria de diferentes medidas cerca del área donde se van colocar las piezas grandes.
10. Tener preparados los soportes donde se van a colocar el rotor.
11. Fabricar una caseta desmontable para el sandblasteo de rotor y otras piezas que lo requieran.
12. Contar con una caseta oficina cerca del área de la unidad, donde se tengan (planos, instructivos y la información necesaria de la unidad).
13. Instalar cerca de la unidad un cabezal de aire de servicios para la herramienta neumática, pistolas para pintar, pistolas para sopetear, etc.
14. Acondicionar un banco de trabajo para la reparación de colchas de aislamiento térmico.
15. Instalar cerca del área de la unidad en mantenimiento un enfriador de agua para que tome el personal que estará laborando.
16. Contar con dos bancos de trabajo que tengan tornillo prensa esmeril de banco con piedra y cerda, etc.

PREPARATIVOS ANTES DE SACAR UNA UNIDAD A MANTENIMIENTO DE 1500 HRS

1. Contar con un juego de toberas de combustible (16) limpias, inspeccionadas y calibradas.
2. Contar con canastas limpias, inspeccionadas, reparadas o nuevas de los diferentes estilos.
3. Contar con cruza-flamas limpios, inspeccionados, reparados o nuevos.
4. Contar con ductos de transición, limpios, inspeccionados, reparados o nuevos.
5. Contar con abrazaderas limpias, inspeccionadas, reparadas o nuevas.
6. calibrador de lanas y micrómetro de exteriores de 0 -1"
7. Contar con grasa para alta temperatura.
8. Tela de fibra de vidrio para reparar colchas de aislamiento térmico hilo de fibra de vidrio y alambre.
9. Tubo de aire de enfriamiento y abrazaderas marman. (tubo-contrapesos plano central).
10. Jabón líquido industrial, desincrustante y descarbonizante.
11. Trapo limpio.
12. Soldadura 7018 y varillas de 309. Hasteloy "x".
13. Lámparas de mano.
14. Contar con bujías de repuesto.
15. Contar con detectores de flama.
16. Termopares de repuesto.
17. Cables especiales para instrumentación.
18. Tener la herramienta y aditamentos limpia e inspeccionada.
19. Contar con el programa de actividades y hojas de reporte.

PERSONAL

- Mecánico
- Técnicos superior
- Técnico
- Auxiliar de mantenimiento
- Soldadores
- Torneros
- Grueros

EQUIPOS DE SEGURIDAD

- Mascarillas
- Lentes
- Tapones
- Casco
- Guantes
- Arnés
- Traje tivec
- Botas
- Peto
- Careta facial
- Mascarilla antigases

HERRAMIENTAS

- Llaves de golpe: $1 \frac{1}{2}$ ", $1 \frac{9}{16}$ ", $1 \frac{5}{8}$ ", $1 \frac{7}{8}$ ", 2",

 $2 \frac{1}{8}$ ", $2 \frac{3}{16}$ ", $2 \frac{1}{4}$ ", $2 \frac{2}{16}$ ", $2 \frac{7}{16}$ ", $2 \frac{3}{8}$ ", $2 \frac{1}{2}$ ", $2 \frac{9}{16}$ ", $2 \frac{5}{8}$ ", 3", $3 \frac{1}{8}$ ", $1 \frac{1}{4}$ ", $1 \frac{1}{8}$ "
- Llaves Allen: 1 ", $1 \frac{1}{2}$ ", $1 \frac{7}{16}$ ", $1 \frac{3}{8}$ ", $1 \frac{7}{8}$ "
- Llaves mixtas: $\frac{3}{8}$ ", $\frac{5}{16}$ ", $\frac{7}{16}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{9}{16}$ ", $\frac{5}{8}$ ", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{7}{8}$ ", $\frac{15}{16}$ ", 1", $1 \frac{1}{16}$ ", $1 \frac{1}{8}$ ", $1 \frac{1}{4}$ ", $1 \frac{3}{16}$ ",
 $1 \frac{1}{2}$ ", $1 \frac{7}{8}$ "
- Dados de golpe o impacto para pistola neumática: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{7}{8}$ ", $2 \frac{3}{16}$ ", $1 \frac{1}{8}$ ", $1 \frac{1}{2}$ ",
 $1 \frac{7}{8}$ ", $1 \frac{5}{8}$ ", $1 \frac{9}{16}$ ", 2"
- Patas de cabra
- Punzones
- Eslingas de acero y seda

- Tacamos
- Grilletes
- Diferenciales
- Monta cargas
- Pinzas para troncha
- Pinzas para candado
- Gatos hidráulicos (diferentes pastillas)
- Martillo
- Marro
- Cinceles
- Macetas
- Nivel de mano
- Micrómetro de interiores, exteriores, magnéticos, de profundidad, telescópico
- Lainometro

MAQUINAS

- Oxicorte
- Acetileno y oxígeno
- Máquina de soldar
- Bomba de trasiego (aceite carter principal)
- Plasma
- Aspiradora (limpieza carcasa)
- Pulidora
- Pistola neumática 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ "
- Taladro
- Taladro neumático
- Taladro magnético
- Moto tool

EQUIPOS ESPECIALES

- Torno
- Taladro de banco
- Cepillo de banco
- Fresadora

CONSUMIBLES

- Disco de corte
- Disco de desgaste
- Disco de fibra para limpieza
- Lijas de diferentes granos
- Fibras
- Limas rotativas
- Flupers
- Cepillo de alambre chicos y grandes
- Afloja todo
- Solvente
- Jabón desengrasante
- Desoxitol
- WT-40
- Limas diferente tipo
- Buriles
- Piedras de esmeril
- Electrodo
- Brocas de diferentes medidas
- Machuelos
- Lámparas de batería
- Extensiones
- Focos
- Lainas

RECOMENDACIONES

Antes de realizar cualquier trabajo solicitar al departamento de operación una libranza para el equipo que se va revisar, cambiar e inspeccionar.

Antes de desmontar las toberas de combustible checar que la válvula macho de bloqueo de gas este cerrado y que se halla hecho el barrido de la línea de gas que va al cabezal de la unidad.

El personal que vaya a revisar el compartimiento del cojinete de escape debe entrar con camisa de algodón de manga larga, mascarilla, goggles y guantes.

Nota: - antes de entrar al compartimiento del cojinete del escape checar que tenga puesto el seguro, el extintor de polvo que descara a este compartimiento de preferencia desconectarlo de la línea.

El personal que haga la revisión del interior de la cámara de combustión deberá de entrar sin ningún objeto personal como reloj llaves monedas, u otros; además de tener mucho cuidado de no dejar ningún objeto o herramienta.

Antes de cerrar cualquier registro revisar cuidadosamente que no se haya dejado ningún objeto o herramienta.

Se recomienda también no pisar las mangueras de combustible, cableados de la instrumentación.

Una vez que se hayan realizado los trabajos hacer una buena limpieza del área, así como no dejar cerca de la unidad materiales inflamables como solventes, plásticos, maderas, equipos de oxiacetilénico, etc.

Una vez realizado los trabajos y dejar limpia el área retirar la libranza del equipo al departamento de operación.

Se recomienda después de un mantenimiento de 1500 horas que esté presente personal de mantenimiento involucrado en este; en la puesta en servicio de la unidad para hacer un chequeo completo de esta y corregir alguna anomalía por si fuera necesario.

Cuando se haga limpieza de piezas con solventes, jabón industrial u otros productos, el personal deberá de usar guantes especiales para manejo de estos.

Se recomienda que, al encargado de la seguridad, este pendiente de que el personal cumpla con los procedimientos de seguridad para evitar accidentes.



Después de haber terminado el mantenimiento de deberá de hacer el reporte de los trabajos realizados. Este reporte deberá contener el programa de barras, cartas de inspección, copia de las ordenes de trabajo y observaciones.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



Propuesta de programa de mantenimiento



PROPUESTA DE PROGRAMA DE ACTIVIDADES

MANTENIMIENTO MAYOR TG

CENTRAL CICLO COMBINADO DOS BOCAS

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Para una mejor visualización, ver el archivo – PROGRAMA TURBINA.pdf-



PROPUESTA DE PROGRAMA DE ACTIVIDADES

MANTENIMIENTO MAYOR TG

CENTRAL CICLO COMBINADO DOS BOCAS

No.	Responsable	Actividad	No. Personas	No. Días
		ÁREA DE GENERADOR ELECTRICO (CFE-MECANICO)		
1	MEC	APOYO A RETIRO DE BUSES	7	1
2	MEC	RETIRO DE TOLVAS DEL ACOPLAMIENTO GENERADOR-EXCITADOR	7	1
3	MEC	RETIRO DE CASETA DEL EXCITADOR	2	1
4	MEC	DESACOPLAR GENERADOR-EXCITADOR Y TOMAR LECTURAS	4	1
5	MEC	RETIRO DE TOLVAS CLUTCH	2	1
6	MEC	DESMONTAR TUBERIA DE AGUA DE ENFRIAMIETO DE ENFRIADORES DE H2	4	1
7	MEC	RETIRAR EXCITADOR	4	1
8	MEC	DESMONTAR PAQUETE DE ARRANQUE DESACOPLAR EXCITADOR CON PAQ.ARRANQUE Y COMALEAR	4	1
9	MEC	RETIRAR DEFLECTOR DE ACEITE SUPERIOR DEL GENERADOR LADO TURBINA	2	1
10	MEC	RETIRAR DEFLECTOR DE ACEITE SUPERIOR DEL GENERADOR LADO EXCITADOR	2	1
11	MEC	RETIRAR TAPA SUPERIOR DE GENENRADOR LADO TURBINA	2	1
12	MEC	RETIRAR TAPA SUPERIOR DEL GENERADOR LADO EXCITADOR	2	1
13	MEC	RETIRAR CHUMACERA SUPERIOR LADO TURBINA	2	1
14	MEC	RETIRAR CHUMACERA SUPERIOR LADO EXCITADOR	2	1
15	MEC	RETIRAR GLANDULAS DE SELLOS H2 SUPERIOR LADO TURBINA	2	1
16	MEC	RETIRAR GLANDULAS DE SELLOS H2 SUPERIOR LADO EXCITADOR	2	1
17	MEC	TOMA DE LECTURA,RETIRAR SELLOS DE H2 LADO TURBINA	2	1
18	MEC	TOMA DE LECTURA,RETIRAR SELLOS DE H2 LADO EXCITADOR	2	1
19	MEC	RETIRAR DEFLECTORES Y ALABES MOVILES DEL GENERADOR LADO TURBINA	2	1
20	MEC	RETIRAR DEFLECTORES Y ALABES MOVIL DEL GENERADOR LADO EXCITADOR	2	1
21	MEC	RETIRAR GLANDULAS DE SELLOS H2 INFERIOR LADO EXCITADOR	2	1
22	MEC	RETIRAR GLANDULAS DE SELLOS H2 INFERIOR LADO TURBINA	2	1
23	MEC	RETIRO DE CHUMACERAS INFERIORES LADO TURBINA	2	1
24	MEC	RETIRO DE CHUMACERAS INFERIORES LADO EXCITADOR	2	1
25	MEC	REVISION DE ANCLAS DEL PAQUETE DE ARRANQUE	2	1
26	MEC	DESMONTAR TUBERIA DE LLUBRICACION DE LA TAPA INFERIOR DEL GENERADOR LADO EXCITADOR	2	1
27	MEC	RETIRO Y MEDICION DEL COJINETEDEL EXCITADOR	2	1
28	MEC	RETIRO Y MEDICION DE SELLOS DE ACEITE DEL COJINETE DEL EXCITADOR	2	1
29	INSPECCION DE COMPONENTES DEL GENERADOR		10	13
	MEC	MEDICION DE DEFLECTORES DE ACEITE	2	3
		MEDICION DE COJINETES DEL GENERADOR	2	3
		MEDICION DE GLÁNDULAS DEL GENERADOR LADO EXCITADOR-TURBINA	2	3
		APLICACIÓN DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS A CHUMACERAS, VENTILADORES Y DIFUSORES DEL GENERADOR ELÉCTRICO	4	4
30	MEC	RETIRO DE YUGO DEL GENERADOR LADO EXCITADOR	2	1

71



Para una mejor visualización, ver el archivo –PROGRAMA GENERADOR.pdf-



PROPUESTA DE PROGRAMA DE ACTIVIDADES

MANTENIMIENTO MAYOR TG
CENTRAL CICLO COMBINADO DOS BOCAS

[illegible]

Para una mejor visualización, ver el archivo –PROGRAMA RECUPERADOR.pdf-

EXPERIENCIA Y CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este proyecto se logró adquirir la competencia analítica, ya que todos los procesos y actividades deben ser revisadas y analizadas a mayor detalle ya que cualquier error podría causar problemas que afectarían directamente la calidad del área operativa de la empresa.

Este periodo de tiempo y la realización de este proyecto dejan experiencias que ayudan a futuro, ya que se probó como es la experiencia laboral y con esto abre camino a una visión más extensa de las responsabilidades, habilidades y conocimientos que se obtuvieron durante nuestra formación como profesionales y que ahora nos toca poner en práctica, con esfuerzo y dedicación todo se puede.



FUENTES DE INFORMACION

- El ciclo combinado

<https://www.eve.eus/Conoce-la-Energia/Multimedia/Infografias/El-ciclo-combinado>

- Curso de formación de auxiliar de operación. Departamento de operación. Central de Ciclo Combinado Dos Bocas
- Manual de mantenimiento de unidades turbogas Westinghouse 501. Tomo 1. Comisión Federal de Electricidad