



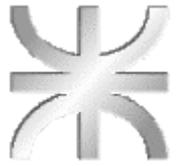
Ingeniería Mecánica

PROYECTO FINAL

RESTAURACION DE GRUPO TURBOGENERADOR

PROFESOR: Ing. Muriel Juan José

ALUMNO: Garcia Alan Andrés



INDICE

ABSTRACT	3
INTRODUCCION	4
OBJETIVOS	5
ALCANCE.....	6
DOCUMENTACION HISTORICA:	7
RESTAURACION	8
COMPONENTES Y FUNCIONES DEL TURBOGENERADOR:	8
DESCRIPCION DE TRABAJO	9
LISTA DE MATERIALES:	11
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:	11
HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA ARMADO:.....	12
INSPECCION MENSUAL:.....	12
INSPECCION ANUAL:	13
CONCLUSIONES	14
ANEXO	15

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional La Plata

INGENIERIA MECANICA

CATEDRA PROYECTO FINAL.

Calle 60 esquina 124 s/n.

La Plata - Buenos Aires - Argentina

Tel: +54-221-421-7578 / +54-221-489-0421 / 482-4855



ABSTRACT

El proyecto llevado adelante representa la recuperación y puesta en valor de una turbina de vapor LBB STONE TURBOGENERATOR perteneciente a la UTN FRLP y plantea un programa de mejoras y recomendaciones de mantenimiento para un óptimo funcionamiento.....

The project carried out represents the recovery and enhancement of a LBB STONE TURBOGENERATOR steam turbine belonging to the UTN FRLP and proposes a program of improvements and maintenance recommendations for optimum performance



INTRODUCCION

A través la propuesta del Ing. Juan José Muriel, profesor de la facultad, se plantea en el espacio de la materia "Proyecto Final" a los alumnos de quinto año de la carrera Ingeniería Mecánica de la UTN FRLP la restauración y puesta en marcha de un turbogenerador perteneciente a la facultad con fines didácticos en lo que compete a estudios de ciclo de vapor (tópico integrante de la materia Termodinámica).

Además de su armado y puesta en marcha, se idea un proyecto con varios capítulos distribuidos para cada alumno con el objeto de hacer una documentación histórica, su restauración, estudio respecto a varios temas relevantes en ingeniería y un manual de mantenimiento.

Los capítulos planteados son:

- Historia y restauración.
- Estudio termodinámico.
- Estudio del triángulo de velocidades.
- Estudio eléctrico.
- Estudio de la válvula reguladora de vapor.
- Estudio de tensiones mecánicas críticas.
- Estudio de cojinetes y sellos.
- Pruebas de funcionamiento con aire comprimido.
- Programa de mejoras.
- Uso de la maquina con vapor
- Cambio de fluido de trabajo.

Este primer capítulo hace hincapié en:

- La historia del equipo, desde su fabricación hasta su llegada, instalación y funcionamiento en el Departamento de Mecánica de nuestra facultad.
- Búsqueda, limpieza y armado de cada componente debido al estado en que se encontraba.
- Herramientas y materiales utilizados.
- Puesta en marcha con aire comprimido.
- Medición de parámetros de funcionamiento.
- Manual de operación y mantenimiento.

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional La Plata

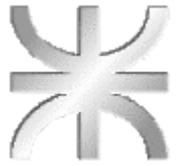
INGENIERIA MECANICA

CATEDRA PROYECTO FINAL.

Calle 60 esquina 124 s/n.

La Plata - Buenos Aires - Argentina

Tel: +54-221-421-7578 / +54-221-489-0421 / 482-4855



OBJETIVOS

El siguiente proyecto tiene por objeto la recuperación, restauración y puesta en marcha de un grupo turbogenerador, asegurando la disponibilidad operativa del equipo, mediante la ejecución del plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

Deben documentarse todas las etapas llevadas a cabo de la puesta en marcha y mantenimiento, con la información detallada de cada etapa de mejora (para optimización del rendimiento) y modificaciones realizadas.

Identificar materiales, herramientas y medidas de seguridad que deben tenerse en cuenta durante la ejecución de las actividades de mantenimiento.

Establecer, fomentar y estimular la creatividad de los alumnos y el aprendizaje recibido en los espacios curriculares.

Colaborar con la facultad en la recuperación de equipos y mantenimiento de las instalaciones aprovechando mano de obra y conocimientos de los alumnos.

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional La Plata

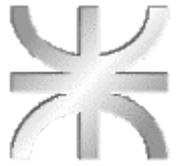
INGENERIA MECANICA

CATEDRA PROYECTO FINAL.

Calle 60 esquina 124 s/n.

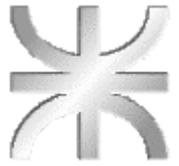
La Plata - Buenos Aires - Argentina

Tel: +54-221-421-7578 / +54-221-489-0421 / 482-4855



ALCANCE

- Estudio histórico del equipo.
- Recuperación, restauración y puesta en marcha del turbogenerador.
- Descripción del trabajo llevado a cabo.
- Estudio referido a las posibles alternativas de optimización del equipo.
- Recuperación y restauración de caldera EG-16 aquotubular.
- Diseño y aplicación de un ciclo Rankine.
- Crear un manual de operación y mantenimiento.



DESARROLLO

DOCUMENTACION HISTORICA:

El turbogenerador fue fabricado por "STONE & CO LTD DEPTFORD LONDON SE". Esta empresa fue creada en el año 1831 por Josiah Stone en un taller de Deptford, fue mutando en sociedades desde 1842 hasta 1869 para fabricar desde bombas de vapor, sistemas de iluminación y aire acondicionado para ferrocarriles hasta puertas herméticas y hélices para barcos, clavos, remaches y arandelas. Finalmente en el año 1963 se convirtió en Stone Marine (actualmente líder mundial en fabricación de hélices para barcos).

Se estima que la fecha de fabricación del turbogenerador ronda la década de 1910. Estas generaban corriente para iluminar los vagones de los ferrocarriles que en el país se hicieron presentes en el año 1854 hasta ser reemplazados por los ferrocarriles alimentados a diésel.

El equipo llega a la facultad en la década de los '90, recibida como donación de los talleres de trenes del barrio de Los Hornos.

Se instala en el taller del Departamento de Mecánica en conjunto con la caldera Clayton EG-16 tipo acuotubular, poniendo en funcionamiento un ciclo de vapor, para el estudio y aprendizaje de los alumnos de la facultad.

En el año 2008 por cuestiones de seguridad debe ser removida del lugar donde se encontraba, y con la intención de llevar a cabo un mantenimiento exhaustivo es desarmado de manera íntegra y no se rearma hasta mayo de 2017.



RESTAURACIÓN

Esta sección está dividida en dos títulos, en el primero hace una reseña sobre cada componente del equipo y la función que cumple y seguido la descripción del trabajo llevado a cabo sobre la turbina.

COMPONENTES Y FUNCIONES DEL TURBOGENERADOR:

El equipo mencionado tiene los siguientes datos: Stones L.B.B Turbine, diseñada para una carga de 350-500 vatios y se suministra para un gasto de 24 voltios.

Consiste en una turbina de energía húmeda, conectada directamente a un generador de alternador monofásico. Tiene rendimiento completo a una presión de aproximado de 100 lbs por pulgadas cuadradas y superiores (7 kg / cm²).

Rotor: parte móvil de la turbina. Actúa como inductor.

El rotor consta de un cierto número de barras de cobre conectadas eléctricamente por anillos, provisto de un núcleo de hierro, utilizando un apilamiento de finas láminas de acero aisladas.

Estator o carcasa: parte fija que aloja el rotor y sirve de armazón y sustentación a la turbina. Actúa como inducido.

El estator está constituido por bobinas por las que circulará la corriente. Cuando el rotor gira, el flujo del campo magnético a través del estator varía con el tiempo, por lo que se generará una corriente eléctrica.

Funcionamiento como generador

Un generador eléctrico es un dispositivo que convierte energía mecánica en energía eléctrica.

La energía mecánica que el generador transforma en energía eléctrica proviene del movimiento de una turbina, accionada por la central de vapor de agua.

En este caso el rotor se mueve más rápidamente que el campo magnético giratorio del estator, lo que significa que, una vez más, el estator inducirá una gran corriente en el rotor. Cuanto más rápidamente hagamos girar el rotor, mayor será la potencia transferida al estator en forma de fuerza electromagnética.

El principio de funcionamiento y generación eléctrica se explicara con detalles en el capítulo de estudio eléctrico.

Carcasa de fundición de acero: sustenta y aloja los elementos donde se produce la circulación y expansión de vapor.

Álabe o rodete: es el órgano de la turbina donde tiene lugar la expansión del vapor.

Está vinculado al eje del rotor, consta esencialmente de un disco provisto de un sistema de álabes, que será animado por una cierta velocidad angular producto del vapor que lo impacta a una determinada presión.



Tobera: es el elemento que incrementa la velocidad del fluido a la vez que disminuye su presión. La tobera de la que disponemos está diseñada para recuperar el vapor que impacta con cada alabe, por el efecto de recirculación del fluido, lo que genera un aumento del rendimiento.

Válvula reguladora de vapor: es un dispositivo que regula el paso de vapor. La energía potencial en forma de presión que impacta sobre el rodete, se transforma en energía cinética de rotación, por lo tanto, es la responsable de la energía eléctrica que entrega la turbina. La válvula se vincula mecánicamente con el regulador de Watt y este con el eje, que gira a una velocidad angular, determinada por la presión de vapor. Por lo tanto regular el caudal que deja ingresar la válvula, determina la potencia eléctrica entregada por la turbina.

Regulador de Watt: es un regulador centrífugo, hace de sensor proporcionando un parámetro que es función de la velocidad angular. Este parámetro puede ser un desplazamiento mecánico que actúe sobre una válvula de control de retroalimentación que suministra vapor para mantener constante su velocidad. Se compone de dos masas en rotación alrededor de un árbol giratorio. Como resultado de la fuerza centrífuga las masas tienden a alejarse del eje de rotación, pero al hacerlo se oponen a un sistema de resorte a través de un sistema articulado. Un sistema de palanca transforma el movimiento radial de las masas en deslizamiento axial sobre un collar. Esta variación se transfiere al mecanismo que se quiere controlar, que es la válvula de paso de vapor.

Rodamientos: son los elementos que soportan los esfuerzos y el peso del eje de la turbina. Los rodamientos pueden ser radiales, que son aquellos que soportan los esfuerzos verticales y el peso del eje, o axiales, soportan el esfuerzo en la dirección longitudinal del eje.

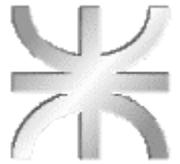
DESCRIPCION DE TRABAJO

Inicialmente la actividad se enfoca en la búsqueda de los componentes del equipo, acto seguido es el armado de la turbina de vapor para identificar y ubicar cada una de las piezas y el análisis "superficial" del estado en que se encontraban tanto los componentes básicos como los materiales usados para ensamblar.

Del análisis llevado a cabo se elaboró una lista de materiales a reemplazar y a restaurar, en función de los recursos con los que se contaban.

ORDEN DE ACTIVIDADES: (Proceso de restauración)

- I. **Limpieza de cada componente con solvente desengrasante:** luego de armar y desarmar la turbina se inicia con la limpieza de cada una de las partes. Todos los elementos de la carcasa en fundición se limpiaron con nafta y lienzos para desengrasar la superficie y observar si contenía fisuras, golpes o se encontraba deformada. Al rotor y estator se lo limpio con solvente dieléctrico por medio de pinceles y lienzos.



- II. *Medición de deformidad del eje:* se nos sugirió hacer un control sobre dicha pieza, debido al largo tiempo que permaneció en servicio y luego desarmada, ya que en el caso de existencia de deformación o excentricidad podría provocar vibraciones, que pueden alcanzar amplitudes peligrosas, y aunque no lo fueran, las vibraciones aumentan los esfuerzos y someten a los rodamientos a cargas repetidas que provocan la falla prematura y fatiga en las piezas.
Por lo tanto se procede a montar sobre el torno el eje con el rotor. Sobre el eje se coloca un reloj comparador con el fin de visualizar y controlar la excentricidad y deformación de manera precisa.
El control fue satisfactorio dada que la excentricidad estaba entre los parámetros admitidos.
- III. *Medición de conductividad y aislamiento:* esta prueba nos permitió controlar la existencia de daños imperceptibles de los cables y de la instalación, por presencia de humedad, suciedad, resistencia entre cada filamento y la carcasa; y entre cada filamento y la toma de tierra.
Para controlar la continuidad de las bobinas del estator, se conectó el tester sobre principio y fin de cada bobina (cuenta con dos bobinas correspondiente a cada polo) y se verifico que no estaban cortadas ni en cortocircuito.
Para la prueba de aislamiento, se utilizó un megometro, conectado entre principio y fin de cada bobina y la masa. Se constató la no existencia de fugas eléctricas por aislamiento que pudieran alterar el funcionamiento del equipo.
Ambas pruebas fueron satisfactorias.
- IV. *Pulido de la carcasa del estator:* se llevó a cabo en una primera etapa con esponja scotch que quito las partículas más difíciles, luego con pasta de pulir y paño se hizo la terminación.
- V. *Arenado interior y soldado de carcasa de fundición:* ambas actividades se llevaron a cabo fuera del espacio de la facultad por terceros.
En lo que se refiere a la soldadura en fundición, fue una de las tapas de sellado que se encontraba fisurada y dada la complejidad del proceso, y la experiencia que requiere para realizar el trabajo de manera satisfactoria, lo realizo personal adecuado.
Respecto al arenado, todas las piezas de fundición fueron arenadas en su interior ya que considerábamos que era la manera más eficiente para una buena terminación.
Esta actividad se terciarizo debido a que no contamos con dicha herramienta en nuestras instalaciones.
- VI. *Aplicado de solvente:* sobre las partes de fundición, que previamente fueron arenadas en su interior, sobre su lado exterior se limpió con removedor de pintura, espátulas y para darle la terminación final se aplicó solvente con paño.
- VII. *Pintado:* esta fue la etapa final antes del armado del turbogenerador, se hizo la terminación con pintura color aluminio apta para alta temperatura aplicado a pincel.
- VIII. *Armado:* a la hora del armado contamos con todos sus partes limpias, reparadas y pintadas.
Toda la burlonería nueva de acero inoxidable, rodamientos y sellos nuevos.
Fue clave en esta etapa contar con la ayuda de compañeros con experiencia en el tema



y la ayuda del profesor a cargo.

LISTA DE MATERIALES:

- ✓ Boluneria completa en acero inoxidable. (1/4''x 1/2''; 5/16''x2'')
- ✓ Rodamientos autolubricados. –(medidas)
- ✓ Prensa estopa.
- ✓ Pintura para alta temperatura.
- ✓ Grasa de cobre.
- ✓ Solventes desengrasantes.
- ✓ Removedor de pintura.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La sección de operación y mantenimiento es una referencia para el operador y una guía para el cuidado del equipo.

Esta sección incluye una explicación sobre los elementos, controles de la máquina y controles de los accesorios. También nos brinda instrucciones e intervalos de servicio.

La ilustración guía al operador a través de los procedimientos correctos de comprobación, arranque, operación y parada de la máquina.

Los siguientes números corresponden al dibujo seccional.

Lubricación: Los dos rodamientos de bolas (1) o (4) son autolubricados, solo requieren una inspección ocasional.

Filtro de vapor: El filtro (47) está ubicado dentro del tapón opuesto a la tubería de vapor. Debe tomarse ocasionalmente y limpiarse. Es importante cuando el agua está sucia o contiene impurezas. Si está dañado, reemplácelo con un filtro nuevo.

Válvula: La válvula (53) está ubicada dentro del techo del extremo de control de la máquina. Recuerde que la operación satisfactoria de la máquina depende del hecho de que la válvula pueda funcionar libremente. Se debe probar si la válvula puede moverse libremente.

El proceso es el siguiente: El pasador de resorte se retira y el pasador de ajuste (45) que libera el vástago de la válvula se retrae. Desenroscar tuerca desde y quitar el anillo de tope (56) se retira del extremo interno y el vástago de la válvula se extrae.

El husillo de la válvula, ahora accesible, puede deslizarse libremente hacia adentro o hacia afuera sin resistencia a la fricción apreciable.

Se debe tener cuidado de no cubrir el vástago de la válvula cuando se saca o se inserta. Si está doblado, no proponga corregirlo, sino sustitúyalo por una nueva válvula y husillo. Para la limpieza, use nafta limpia.

Nuevamente, cuando el anillo de tope (56) esté fijo, asegúrese de que los extremos no estén doblados hacia afuera; de lo contrario, el movimiento de la válvula se extenderá más allá de la



posición totalmente abierta, y la posición del cuadrante no será correcta.

Antes de volver a conectar el cuadrante (44) al vástago de la válvula (55), empuje el husillo (sin forzarlo) hasta que pare el anillo de tope (56).

Si el turbogenerador ha estado fuera de uso por un período de tiempo más prolongado, es aconsejable probar que la válvula tiene movimiento libre antes de volver a comenzar. El filtro también se elimina y limpia.

Una disminución en la velocidad, que resulta que la luz se debilita, generalmente es causada por el extremo de que la válvula no está libre o la suciedad en el filtro.

El regulador: del regulador normalmente se deben reemplazar los tornillos de carga (20) en la carcasa en el lado de la caja de sujeción en el extremo del regulador a través del cual se puede insertar un destornillador.

Cuando el regulador se reajuste, se debe tener cuidado para apretar el eje y apretar los tornillos.

Para desmontar el regulador, desatornille la unidad (18).

Puesta en marcha: se recomienda para el arranque, que la turbina no esté vinculada a la carga eléctrica y que arranque con presión de vapor suficiente.

Control de velocidad: El mejor ajuste del controlador se logra midiendo la carga a plena carga.

Para este propósito, es absolutamente necesario usar un voltímetro, que está diseñado específicamente para la tensión de alta frecuencia generada por el generador.

Puede ser necesario un ligero cambio en la configuración del regulador para aumentar la velocidad después de un cierto período de tiempo.

Para cambiar la velocidad y, por lo tanto el voltaje, coloque una pieza de acero de 5/32 "de diámetro en uno de los orificios de la perilla de control (18). Al mirar hacia los extremos del regulador de la máquina, gire la dirección en el sentido contrario a las agujas del reloj en el sentido de las agujas del reloj.

Esto presiona el resorte (23) y aumenta la velocidad.

HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA ARMADO:

Llaves d boca de ½ y 9/16

Llave tubo

Stilson

Tester electrónico utilizado para medir continuidad, aislamiento y tensión..

Extractor de rodamientos.

Tubo para montaje de rodamientos.

INSPECCION MENSUAL:

Inspección visual de la turbina.

Inspección de fugas de aceite.

Inspección de fugas de vapor.



Purga de agua.

Inspección visual del sistema de eliminación de vapores.

Control de vibraciones a velocidad nominal.

INSPECCION ANUAL:

Análisis del espectro de vibración de turbina, a distintas velocidades y en aceleración.

Inspección de álabes.

Inspección de regulador de Watt y mecanismo.

Comprobación del estado de rodamientos. Cambio de rodamientos en caso de ser necesario.

Cambio de filtro.

Inspección de la válvula de regulación de turbina.

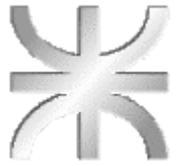
Inspección del sistema de eliminación de vahos.

Comprobación de pares de apriete de tornillos.

Limpieza y/o sustitución del filtro de vapor.

Calibración de la instrumentación.

Prueba de potencia.

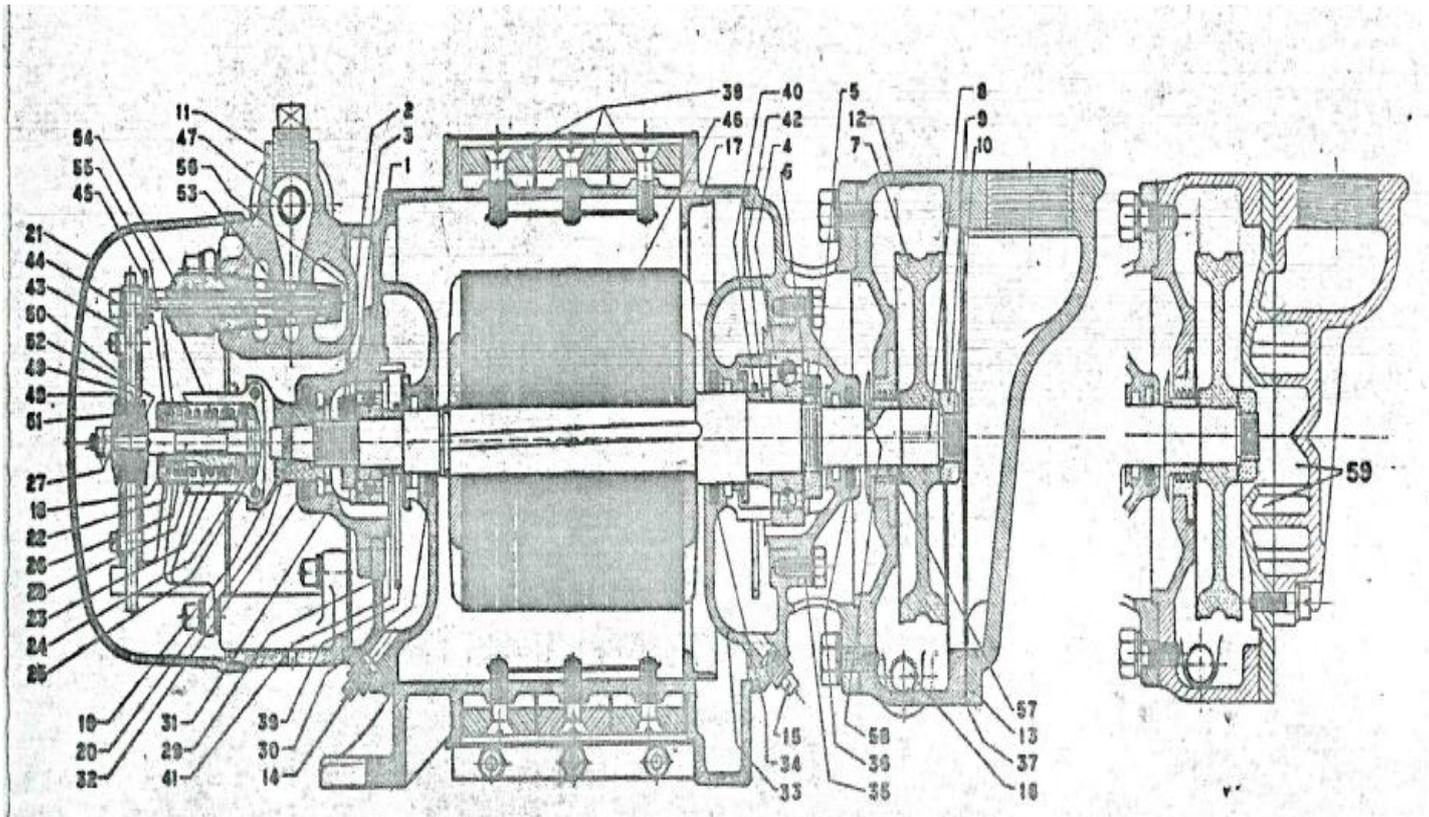


CONCLUSIONES

Luego de la reparación y sustitución de las piezas correspondientes, se pudo armar de manera adecuada. Se puso en marcha para verificar el correcto funcionamiento, a régimen nominal, y comprobar si la potencia entregada era la correspondiente. Terminadas las mediciones, se determina que el equipo es apto para su puesta en servicio y seguir su plan de mantenimiento previamente establecido en este informe.



ANEXO



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional La Plata

INGENERIA MECANICA

CATEDRA PROYECTO FINAL.

Calle 60 esquina 124 s/n.

La Plata - Buenos Aires - Argentina

Tel: +54-221-421-7578 / +54-221-489-0421 / 482-4855

