

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
EQUIPOS PRINCIPALES ESPECÍFICOS: CALDERA Y BOMBA DE
ALIMENTAR CALDERA, DE LAS UNIDADES 1 Y 2 DE LA PLANTA
TERMOBARRANCA.**

DALIA LUNA MONSALVE.



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2011.**

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
EQUIPOS PRINCIPALES ESPECÍFICOS: CALDERA Y BOMBA DE
ALIMENTAR CALDERA, DE LAS UNIDADES 1 Y 2 DE LA PLANTA
TERMOBARRANCA.**

DALIA LUNA MONSALVE.

**PRÁCTICA EMPRESARIAL REALIZADA PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA MECÁNICA.**

Director.

Miguel Ángel Reyes Orozco.

Ingeniero Mecánico.

Supervisor de la práctica.

Orlando Mejía Rueda.

Ingeniero Mecánico.

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011.

Nota de aceptación.

Presidente del jurado.

Jurado.

Jurado.

Bucaramanga, 18 Enero de 2011.

A mis padres y a la vida por brindarme la oportunidad de ser profesional.

AGRADECIMIENTOS.

La autora expresa sus agradecimientos a:

Los seres que amo por darme fortaleza día tras día.

La Universidad Pontificia Bolivariana por ofrecer la Beca Juan Pablo II.

Los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica por la formación humana y cognitiva.

La Planta de Generación Térmica Termobarranca, Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. por recibirme como practicante universitaria.

El personal de Termobarranca por su apoyo en el proceso de la pasantía.

CONTENIDO.

LISTA DE TABLAS.	VIII
LISTA DE FIGURAS.	IX
LISTA DE ANEXOS.	X
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.	XV
INTRODUCCIÓN.....	16
1. JUSTIFICACIÓN.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. OBJETIVO GENERAL.	19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19

3. MARCO TEÓRICO.	21
3.1. RESEÑA HISTÓRICA DE TERMOBARRANCA.	21
3.2. ASPECTOS TÉCNICOS DE TERMOBARRANCA.	23
3.2.1. Unidades N° 1 y 2.	23
3.2.2. Unidad N° 3.	24
3.3. COMBUSTIBLE CONSUMIDO EN TERMOBARRANCA.	25
3.4. TRATAMIENTO DE AGUA EN TERMOBARRANCA.	25
3.5. MANTENIMIENTO MECÁNICO.	26
4. METODOLOGÍA.	28
4.1. RESUMEN.	28
4.2. OBSERVACIONES Y DIFICULTADES.	35
5. RESULTADOS.	38
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	39
BIBLIOGRAFÍA.	41
ANEXOS.	42

LISTA DE TABLAS.

TABLA 1. CAPACITACIONES SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	28
TABLA 2. ACTIVIDADES REALIZADAS.....	29
TABLA 3. ACTIVIDADES PROPUESTAS.....	36
TABLA 4. ALCANCE.	38

LISTA DE FIGURAS.

FIGURA 1. FORMATO DE LA BITÁCORA DE ACTIVIDADES.33

**FIGURA 2. INFORME TÉCNICO ASISTENTE DE MANTENIMIENTO INTEGRAL
TERMOBARRANCA CÓDIGO RMAN00834**

LISTA DE ANEXOS.

ANEXO 1. ODT – BOMBA DE ALIMENTAR CALDERA 1A.	43
ANEXO 2. PROTOCOLO EQUIPOS AUXILIARES PRINCIPALES PRUEBA BOMBA DE ALIMENTAR CALDERA 1A.	46
ANEXO 3. BITÁCORA DE ACTIVIDADES.	48
ANEXO 4. REGISTROS FOTOGRÁFICOS.	98
ANEXO 5. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBA DE ALIMENTAR CALDERA EN LAS UNIDADES 1 Y 2.....	209
ANEXO 6. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CALDERA EN LAS UNIDADES 1 Y 2.	319

GLOSARIO.

BITÁCORA: Registro que se lleva en el lugar de trabajo describiendo actividades, información y labores realizadas. Se especifica fecha, observaciones y consignas, personal a cargo y funcionarios principales. En Termobarranca se maneja un formato determinado y su código en la Central es RMAN008.

CÓDIGO ASME BPVC: Código reconocido internacionalmente hecho para calderas y recipientes a presión (Boiler Pressure Vessel Code), compuesto por doce secciones. Las siglas ASME se encuentran en inglés y significan Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. Se tiene en cuenta para las pruebas en el mantenimiento de las calderas.

FICHA DE OPERACIÓN: Instructivo hecho en Termobarranca donde describe paso a paso las actividades que se desarrollan para la operación de los equipos y se adaptan tanto a las suministradas por el fabricante como a las políticas y formas de trabajo de la empresa; se especifica: Preparación para la puesta en servicio del equipo o preparación para el arranque, Puesta en servicio del equipo o arranque, Funcionamiento normal, Parada normal de equipo, Parada de emergencia, Puesta en seguridad del equipo, Recomendaciones especiales. Estas fichas manejan un diseño específico en la Central, están colocadas en cartelera de cada zona de trabajo y consignadas en el Manual de operación de las unidades 1 y 2 – Termobarranca código MTER004.

FICHA TÉCNICA: Especificación de las condiciones de trabajo de un equipo para los cuales fueron diseñados y por consiguiente los proporciona el fabricante. Se encuentran consignados parámetros eléctricos como corriente, voltaje nominal de trabajo, potencia suministrada por el eje, velocidad de trabajo y en ciertos casos el tipo de máquina; y parámetros mecánicos como presiones de descarga, altura manométrica o cabeza de descarga (para el caso de bombas), potencia requerida, caudal de los fluidos de trabajo, presiones de trabajo, referencias de los cojinetes. Estas fichas manejan un diseño específico en la Central, están colocadas en cartelera de cada zona de trabajo y consignadas en el Manual de operación de las unidades 1 y 2 – Termobarranca código MTER004.

FORMATO: Modelo específico diseñado en la Central Termobarranca, cada uno maneja contenido único y tiene su propio código para la identificación en las diferentes pruebas, protocolos y trabajos realizados.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Estrategia de mantenimiento que permite a la máquina funcionar hasta que falla. En ese instante se realiza la reparación o reemplazo de ella. [3]

MANTENIMIENTO PREDICTIVO: Estrategia de mantenimiento que evalúa la condición mecánica de la máquina y su evolución, mientras está funcionando, a través de diversos síntomas que ella emite al exterior. [3]

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Estrategia de mantenimiento basado en el tiempo que consiste en reacondicionar el equipo o sustituir sus componentes

independientemente de su estado en ese momento, a intervalos regulares de tiempo según recomendaciones del fabricante. [3]

NORMA ISO 2372: Es la norma de rangos de severidad de vibración que ejemplifica límites y los factores de servicio para cuatro tipos de máquinas (CLASE I, II, III y IV). Estos límites pueden ser prácticos para muchas máquinas básicas de proceso, pero es importante considerar la individualidad inherente de niveles de tendencia y el respectivo historial de mantenimiento. [4]

ORDEN DE TRABAJO- ODT: Es el documento por medio del cual se señala una anomalía y se pide la ejecución de trabajos para corregirla. Este documento debe ser llenado en el formato previsto para tal efecto (en dos copias). La Orden de trabajo debe tratar una única parte de planta, máquina o equipo, identificados por su código. En caso diferente, deben emitir órdenes de trabajo distintas. En Termobarranca el código de este formato es RMAN004. [3]

SISTEMA MANTENIMIENTO: Aplicación en Access de Termobarranca, programa de Microsoft Office para el manejo y administración de bases de datos, en el que se controlan las frecuencias de ejecución de los mantenimientos y la actualización de la información cuando se han ejecutado. [3]

SISTEMA ODT: Aplicación en Access de Termobarranca, programa de Microsoft Office para el manejo y administración de bases de datos, en el que se realiza el registro del RMAN004 (Orden de trabajo) y la actualización de la información cuando ésta se ha cerrado. [3]

RESUMEN GENERAL.

TÍTULO: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS PRINCIPALES ESPECÍFICOS: CALDERA Y BOMBA DE ALIMENTAR CALDERA, DE LAS UNIDADES 1 Y 2 DE LA PLANTA TERMOBARRANCA.

AUTORA: DALIA LUNA MONSALVE.

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA.

DIRECTOR: MIGUEL ÁNGEL REYES OROZCO.

RESUMEN.

Se trabaja como practicante universitario en la Planta de Generación Térmica Termobarranca, Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., en el área de mantenimiento mecánico guiado por un ingeniero mecánico de la Central. La tarea primordial está en la colaboración permanente a los funcionarios para la adquisición de información, junto a la participación en operaciones de mantenimientos mecánicos de equipos específicos principales de las Unidades 1 y 2: Caldera y Bomba de alimentar caldera. Además realiza dos libros titulados: “Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Caldera en las Unidades 1 y 2.” y “Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Bomba de alimentar caldera en las Unidades 1 y 2.”, como necesidad evidente en la empresa. La fecha de duración de la pasantía es cuatro meses (27 de Julio - 27 de Noviembre de 2010).

PALABRAS CLAVE: Manual, bitácora, mantenimiento preventivo, bombas de alimentar caldera, calderas, generación térmica y eléctrica.

GENERAL ABSTRACT.

TITLE: MANUAL OF PROCEDURES FOR PREVENTIVE MAINTENANCE OF MAIN SPECIFIC EQUIPMENTS: BOILER AND BOILER PUMP, UNITS 1 AND 2 TERMOBARRANCA PLANT.

AUTHOR: DALIA LUNA MONSALVE.

FACULTY: MECHANICAL ENGINEERING FACULTY.

DIRECTOR: MIGUEL ÁNGEL REYES.

ABSTRACT.

It works as university practicer in the Thermal Power Station Termobarranca, Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., in mechanical maintenance area guided by a mechanical engineer of the Central. Principal task is in the permanent collaboration to the employees to acquire information, with participation in mechanical maintenance operations of main specific equipments of the 1 and 2 Units: Boiler and Boiler Pump. Also makes two books titled: "Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Caldera en las Unidades 1 y 2." and "Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Bomba de alimentar caldera en las Unidades 1 y 2.", as it is needed in the Entity. The duration date of the practice is four months (July 27th - November 27th, 2010).

KEYWORDS: Manual, binnacle, preventive maintenance, boiler pumps, boilers, thermal and electric generation.

INTRODUCCIÓN.

El presente documento hace referencia al trabajo realizado durante la práctica empresarial en la Planta de Generación Térmica Termobarranca, Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. en la ciudad de Barrancabermeja.

Se llevó una bitácora de actividades que describe lo acontecido durante la pasantía, los trabajos imprevistos y los propuestos en la metodología; enriquecida con registros fotográficos que complementan e ilustran todo lo que se menciona en ésta. Se organizó un manual para cada uno de los equipos programados que comprenden la ficha técnica, la ficha de operación y el procedimiento del mantenimiento preventivo que se le debe hacer a la maquina según las horas de trabajo cumplidas; con capturas de imágenes que amplían el contenido y permiten al lector conocer el equipo.

En los anexos se podrá observar, de propia autoría, la bitácora de actividades, registros fotográficos, el manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de bomba de alimentar caldera en las unidades 1 y 2 y el manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de caldera en las unidades 1 y 2. Teniendo en cuenta que estos resultados son enfocados al sistema de trabajo y los equipos específicos de la Central.

Este libro le permitirá al lector saber por qué son indispensables estos manuales para la central y la importancia de la participación de un practicante universitario. Observará una descripción de la planta Termobarranca como tal, su historia y su funcionamiento. Le va a Introducir en el área de mantenimiento con los hechos durante la pasantía, las actividades realizadas y las pendientes por las dificultades ajenas a la práctica. Aunado a lo anterior, la autora analiza las falencias de la empresa en este tiempo para dar recomendaciones.

1. JUSTIFICACIÓN.

Se tiene como finalidad cumplir con el requisito de grado que exige la Universidad Pontificia Bolivariana para otorgar el título como ingeniera mecánica. Además se beneficiará del contacto con profesionales y técnicos de la Central para la obtención e interpretación de información y adquisición de experiencia laboral.

Esta práctica satisface las expectativas como trabajo de grado, puesto que tiene un área de acción pertinente al desarrollo del perfil profesional del egresado, dado que involucra la aplicación de la ingeniería para el análisis, mantenimiento de sistemas mecánicos y manejo de equipo industrial -componentes de la presentación de esta disciplina en la Universidad.

Como la pasantía está orientada hacia uno de los tres elementos de profundización fundamentales del plan de estudios de la carrera: Los termofluidos; Termobarranca, organización que ejecuta procesos energéticos, se convierte en un campo apropiado para el desarrollo profesional de un ingeniero mecánico. Esta práctica por sus características, permite cumplir con lo estipulado en la misión y visión de la Universidad y del programa de Ingeniería Mecánica.

En la Entidad existen antecedentes de prácticas con alumnos SENA y de ingeniería: Industrial, electrónica, electromecánica y mecánica; para la elaboración de Manuales Operativos de la Planta. La practicante universitaria presente realizará Manuales para Mantenimiento Preventivo de equipos específicos.

La importancia de un practicante universitario en ingeniería mecánica radica en la necesidad de comprender y analizar el fenómeno de estudio para la descripción de los mantenimientos donde se maneja un vocabulario técnico, fundamentado en la poca disponibilidad de tiempo de los funcionarios directos de la planta. También cabe resaltar en el desarrollo del aprendizaje continuo que mientras el pasante

suple un trabajo o actividad regular de la empresa, los funcionarios podrán dedicarse a otras responsabilidades, por consiguiente fortalece el rendimiento operativo por tiempo.

Asimismo la Planta Termobarranca, como empresa, se interesa en los Manuales de procedimientos para mantenimiento preventivo de los equipos principales como necesidad manifiesta, ya que mejorará la confiabilidad, seguridad y resultados en la búsqueda de mayor eficiencia.

Con estos manuales se conseguirá la aplicación de los procedimientos establecidos por el fabricante para los diferentes mantenimientos, orientados principalmente para personal con previa capacitación; de esta manera les permitirá realizar el trabajo minimizando la presencia de los ingenieros a cargo, puesto que la ejecución de esta labor en el presente les ocupa un alto porcentaje de tiempo.

2. OBJETIVOS.

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar pasantía en el área de mantenimiento mecánico de equipos principales específicos con la participación de las actividades cotidianas en la Planta de Generación Térmica Termobarranca, Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., de la ciudad Barrancabermeja para obtener el título como profesional y adquirir experiencia laboral.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Llevar una bitácora que sirva de soporte para el desarrollo del Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de los equipos principales específicos en las Unidades 1 y 2: Caldera y Bomba de alimentar caldera, interpretando el funcionamiento de los equipos con la adquisición de información de funcionarios profesionales y técnicos; hacer un registro de los hechos técnicos relevantes en el transcurso de la pasantía.

Resultado: Bitácora de actividades.

Indicador de calidad: La bitácora estará sujeta al formato: Informe técnico asistentes de mantenimiento integral Termobarranca código RMAN008¹.

¹ Ver Figura 2.

- Elaborar dos libros de dos equipos de la Central: Caldera y Bomba de alimentar caldera, de las Unidades 1 y 2; en cada uno se plasmará el procedimiento de mantenimiento preventivo de una máquina basado en las horas de servicio recomendado por el fabricante. Los Manuales servirán a las dos Unidades (2 calderas y 4 bombas similares).

Resultado: a) Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Caldera en las Unidades 1 y 2. b) Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Bomba de alimentar caldera en las Unidades 1 y 2.

Indicador de calidad: Los manuales se harán siguiendo como ejemplo el Manual Sulzer para bomba centrífuga multietapa modelo HTP24N11 de 1973. Adicionalmente se tendrá en cuenta las presiones, planos, manuales [1] [5] y catálogos de los equipos diseñados por el fabricante, la Norma ISO 2372 y el Código ASME para calderas y recipientes a presión.

3. MARCO TEÓRICO.

Se introduce al lector acerca de la Planta de generación térmica Termobarranca para tener una ubicación y percepción del lugar, la conformación de la Central y familiarización con los equipos, para lo cual se incluye una breve descripción de las máquinas principales de cada unidad. Además se hace necesario describir el mantenimiento mecánico puesto que es el área de trabajo principal en esta empresa para la practicante universitaria.

3.1. RESEÑA HISTÓRICA DE TERMOBARRANCA.

[2]ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.

Central termoeléctrica de Barrancabermeja “TERMOBARRANCA”.

Termobarranca es una central térmica de economía mixta, localizada en el Campo Galán, a siete kilómetros de Barrancabermeja, sobre la margen derecha del Río Magdalena. La generación en TERMOBARRANCA, se inicia en 1970 con la puesta en operación de las Unidades I y II, cada una de 12.500 kW de capacidad y conectada al barraje de 34.500 voltios. El creciente aumento de la demanda de energía en el departamento de Santander, y el deseo de lograr estabilidad en la prestación del servicio, hizo necesario montar otra unidad de generación, la cual entró en operación comercial en 1978 y se conoce como la Unidad N° III, con una capacidad de 66.000 kW, la cual fue conectada al sistema Nacional de 230.000 voltios.

En 1983 entró en operación una unidad turbogas General Electric, con una capacidad de 32.000 kW, la cual se conoce como la Unidad N° IV y conectada al barraje de 115.000 voltios.

La emergencia eléctrica presentada al nivel nacional en los años 1991 - 1992, y la indisponibilidad de combustible en Bucaramanga, obligó a trasladar una unidad turbogas de El Palenque con capacidad de 22.000 kW, a fin de aprovechar el gas natural suministrado por Ecopetrol. Esta unidad está conectada al barraje de 34.500 voltios y se conoce como la Unidad N° V.

Con estos 145.000 kW instalados, Termobarranca atendió un alto porcentaje del consumo de energía del Departamento de Santander, siendo además un punto de enlace del anillo nacional de interconexión.

Termobarranca representa un gran aporte a la sociedad y al desarrollo industrial de la región, aprovechando los recursos naturales tales como: Gas Natural, Combustóleo, agua, etc., pues un parámetro que mide el grado de desarrollo de un país es el consumo de Energía Eléctrica por habitante.

Unidad N° 1; 12.5 MW .Turbina a Vapor.

Unidad N° 2; 12.5 MW .Turbina a Vapor.

Unidad N° 3; 66 MW Turbina a Vapor.

Unidad N° 4; 32 MW Turbina a Gas.

Unidad N° 5; 22 MW Turbina a Gas.

Termobarranca trasladó las Unidades 4 y 5 a Termoyopal, Casanare, por resultar más eficientes con el consumo de gas en boca de pozos, por lo tanto dispone de las Unidades 1, 2 y 3 para generación hacia Ecopetrol.

3.2. ASPECTOS TÉCNICOS DE TERMOBARRANCA.

[2]

3.2.1. Unidades N° 1 y 2.

Cada una de estas unidades térmicas a vapor consta de: Caldera, bomba de alimentar caldera, turbina, generador, condensador de vapor y equipos auxiliares.

La caldera es un diseño de la Combustión Engineering, tiene una capacidad de producción de 144.000 libras/hora de vapor sobrecalentado a 900 °F (482 °C) y 875 psi (61.5 kg/cm²), mediante la combustión de gas natural y/o Fuel oil (combustóleo N° 6) a través de cuatro quemadores de disposición frontal y los gases de combustión son expulsados por una chimenea de 25 metros de altura. Existe 1 caldera para cada Unidad.

La bomba de alimentar caldera es un diseño de Worthington Corporation, tipo horizontal de 9 etapas, con una altura manométrica de 2360 ft, presión de descarga 91 Kg/cm², eficiencia 70%, cabeza de descarga de 2360 ft de agua, tiene una capacidad de 339 GPM, velocidad angular 3570 RPM, rodamiento (EMPUJE) REF. 7408-BG, rodamiento (ACOPLE) REF. 6310 y es MODELO 3WT8. Las Bombas de alimentar caldera son las encargadas de suministrar agua a la caldera proveniente del depósito de agua del desgasificador. Estas bombas son de tipo centrífuga horizontal de múltiples etapas y son accionadas por motores eléctricos. En cada Unidad se encuentran ubicadas 2 bombas en paralelo.

La turbina es un diseño de DE LAVAL TURBINE INC., de 17 etapas, impulsada por vapor seco proveniente de la caldera a 60 kg/ cm² y 482 °C. La turbina está acoplada a un generador de 12.500 kW, refrigerado por aire.

El generador opera a un voltaje nominal de 13.800 voltios, una velocidad de 3.600 r.p.m., frecuencia de 60 Hertz y 654 amperios. El aislamiento es clase B.

Para acoplar el generador a la red se hace a través de un transformador ALLIS CHALMERS, con capacidad de 13.44 / 17.92 MVA, tensión de 13.800 / 34.500 voltios y conexión Yd1.

El condensador de vapor es de tipo horizontal de dos pasos, 2.500 tubos y una superficie de transferencia de calor de 10.300 pies cuadrados, refrigerado con agua del Río Magdalena brazo Galán, para lo cual se utilizan bombas verticales que suministran un flujo cada una de 2.760 metros cúbicos por hora.

3.2.2. Unidad N° 3.

Esta unidad al igual que las dos anteriores consta de los mismos elementos pero de mayor dimensión.

La caldera es diseño de la Combustion Engineering, montada por Distral. Su capacidad de producción de vapor es de 287 toneladas por hora de vapor sobrecalentado a 515 °C y 92 kg/cm² mediante la combustión de Gas Natural, Fuel Oil y/o ACPM, a través de seis quemadores de disposición frontal y los gases de combustión son expulsados a la atmósfera por una chimenea de 50 metros de alto.

El turbogruppo está formado por una turbina marca ALSTHOM RATEAU de 16 etapas, movida por vapor seco a 510 °C y presión de 90 kg/cm², la cual esta acoplada a un generador WESTINGHOUSE de 66.000 kW/h., refrigerado con hidrógeno a una presión de 2.11 kg/cm².

El generador opera a unas condiciones nominales de: velocidad = 3600 r.p.m., frecuencia = 60 Hertz, voltaje = 13.800 voltios, y corriente = 3248 amperios. Aislamiento clase B.

El acoplamiento del generador a la red se hace a través de un transformador marca WESTINGHOUSE, 78.000 kVA 13.800 / 230.000 kV y conexión Yd11.

El condensador de vapor es de dos cuerpos, tipo horizontal, dos pasos, 8650 tubos, una superficie de intercambio de vapor de 4.610 metros cuadrados y es refrigerado al igual que las Unidades 1 y 2, con agua del río Magdalena, utilizando bombas verticales de 6.000 metros cúbicos hora cada una. Para operación a plena carga se utilizan dos bombas al mismo tiempo o sea un flujo de 12.000 metros cúbicos hora.

3.3. COMBUSTIBLE CONSUMIDO EN TERMOBARRANCA.

[2] Los combustibles que se consumen en la planta de Termobarranca son suministrados por Ecopetrol. El gas natural se trae a través de dos gasoductos de 10" y 8" respectivamente y 3840 metros de longitud cada uno. El gas tiene un poder calorífico promedio de 1 BTU / pie cúbico, equivalente a 12.529 kilocalorías por kilogramo. El fuel oil se puede traer a través de un oleoducto de 10" y almacenarse en dos tanques de 5000 metros cúbicos cada uno. El poder calorífico del Fuel oil es de 0.142 MBTU por galón. En la actualidad es transportado por carro tanques y entregado a los depósitos de Termobarranca por medio de una estación local de bombeo.

3.4. TRATAMIENTO DE AGUA EN TERMOBARRANCA.

[2] El agua necesaria para reponer las pérdidas de los ciclos agua vapor, los sistemas cerrados de enfriamiento de equipos auxiliares y sistema de contraincendios es captada directamente del río y tratada inicialmente en un clarificador con recirculación de lodos, se filtra y luego se almacena en un tanque de 500 metros cúbicos. En el ciclo agua vapor, el agua es sometida a un tratamiento químico con el fin de eliminar los gases y/o iones causantes de incrustaciones y corrosión en caldera y tuberías de conducción. Este

tratamiento es formulado sobre la base de un análisis físico químico del agua de cada unidad, el cual sirve para verificar periódicamente las dosificaciones y tratamientos.

3.5. MANTENIMIENTO MECÁNICO.

²Los equipos de la central deberán someterse a un mantenimiento periódico, como lo indica el proveedor o personal calificado, de esta manera la empresa evitará posibles pérdidas por el estado de la máquina. Cuando se establecen órdenes de trabajo (ODT) previamente planeadas y se llevan a cabo, se asegura una disminución considerable de los daños anticipadamente comentados.

El mantenimiento preventivo dependerá notablemente del estado actual de la máquina, porque en base a éste, se conocerá su tiempo de vida actual, la carga a la que puede ser sometido y la calidad con que puede responder a las especificaciones establecidas. Se podrá en algunos casos, alargar el tiempo de vida y mejorar la calidad obtenida de cada equipo. Así el grado de mantenimiento acatará el estado actual del equipo, su antigüedad y la manera en que se use.

El mantenimiento correctivo es el modo de operación en el departamento de mantenimiento en la mayoría de los casos. Lo que se pretende en una planta es disminuir el porcentaje del mantenimiento correctivo y aumentar el de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo según Smith (1993) es “el cumplimiento de las tareas de inspección y/o de servicio que han sido planeadas para mantener las capacidades funcionales del equipo operativo y de los sistemas de un tiempo específico”.

² El ítem 3.5. Apuntes de clase Gerencia de Mantenimiento, primer semestre 2010. MARTÍNEZ PÉREZ, Francisco. La tribología ciencia y técnica para el mantenimiento. México. Limusa. 1996.

Smith (1993) define el mantenimiento correctivo como “la realización de las tareas del mantenimiento no planeadas para restaurar las capacidades funcionales del equipo que falla o que trabaja mal y de los sistemas”.

Según Smith (1993) existen tres razones principales por las que se debe hacer el mantenimiento preventivo: 1 – Prevenir fallas. 2 – Detectar la aparición de fallas. 3 – Descubrir fallas escondidas.

Según Wireman (1990), el mantenimiento predictivo es uno de los tipos de mantenimiento preventivo, el cual nos permite conocer el equipo, aumentar la confiabilidad y prevenir las fallas antes de que ocurra (predecir). Por consecuencia los beneficios económicos serán notorios, al disminuir los tiempos de paro, reclamaciones del cliente por falta de calidad o por entregas posteriores a la fecha prometida y disminución del mantenimiento correctivo.

Todas estas actividades deberán estar cargados en un software para conocer el inventario con el que se cuenta, o saber si se debe mandar pedir alguna refacción por estar agotada. Conforme la planeación haya sido calendarizada, se extenderán órdenes de trabajo (ODT) diarias, en las que se especificarán los trabajos de cada máquina o equipo, así como el método y las herramientas para realizar cada labor. Estas órdenes servirán para rastrear los defectos, conocer el estado del equipo, documentar las acciones sobre cada máquina y el desempeño del personal que las lleva a cabo.

El mantenimiento es una tarea que los operarios y técnicos realizan directamente sobre las maquinas; ellos gracias a su habilidad, conocimientos y destrezas manuales logran descubrir y corregir dificultades para poner en marcha el sistema o máquina en cuestión, sin embargo su aporte es netamente práctico y empírico, lo que subyace en la necesidad de personal calificado para la dirección y control de los procedimientos.

4. METODOLOGÍA.

El aprendizaje que obtuvo la practicante es descrito por medio de experiencias donde participa continuamente en mantenimientos mecánicos presentados en Termobarranca durante la pasantía. Cada actividad mencionada en este capítulo tiene información completa en la bitácora de actividades (ANEXO 3.) que podrán reflejarse en una serie de registros fotográficos (ANEXO 4.), todo es de propia autoría. El levantamiento de información que alcanza, principalmente de la bomba de alimentar caldera y caldera de las unidades 1 y 2, sirve para los manuales elaborados de propia autoría (ANEXO 5. Y 6.); y se hace énfasis en el desempeño, como estudiante en ingeniería mecánica, al interpretar el mantenimiento preventivo y el funcionamiento de los equipos para reflejar de forma correcta y aportar cognitivamente en el tenor de estos libros.

4.1. RESUMEN.

En el desarrollo de la pasantía desde el 27 de Julio de 2010 hasta 27 de Noviembre de 2010 la estudiante asistió a una jornada técnica: Automatizarte, 1er. Foro de Usuarios de Tecnología en Automatización y Control. En la Tabla 1 se observa la lista de las capacitaciones recibidas acerca de seguridad industrial:

TABLA 1. CAPACITACIONES SEGURIDAD INDUSTRIAL.

SEGURIDAD INDUSTRIAL.
Conocimiento de los peligros, riesgos y consecuencias posibles dentro de la planta de Termobarranca.

Sistema de gestión de seguridad industrial e higiene sobre instrucciones para los 3 Qués (lo maneja Ecopetrol) como identificación de los posibles riesgos: ¿Qué puede salir mal-falle? ¿Qué puede causar ese mal-falla? ¿Qué puedo hacer para evitar que eso salga mal-falle?
Jornada acerca de Primeros Auxilios con teoría y práctica.
Identificación de Riesgos, Peligros y Consecuencias.
Temática de Aparatos de Respiración Autónoma como equipo de protección.
Jornada de capacitación de Riesgos Eléctricos.

Fuente: Dalia Luna Monsalve.

Obtuvo un continuo aprendizaje sobre el mantenimiento mecánico, la organización y forma de trabajo en la Central. En la Bitácora de actividades³, uno de los objetivos específicos, se plasmó la descripción de los procedimientos en los mantenimientos mecánicos que se realizaron cuando la pasante estuvo presente; en la Tabla 2 se hace una breve descripción de las actividades realizadas y se menciona el equipo específico.

TABLA 2. ACTIVIDADES REALIZADAS.

Equipo.	Actividad.
Turbina, unidad número dos.	Parte final del mantenimiento preventivo, en el cual hubo rectificación y cambio de piezas, pruebas de funcionamiento y ensamble.

³ Ver anexo 3 y 4, información completa de cada actividad y registros fotográficos.

Bomba de aceite para la caldera (fuel-oil to boiler).	Metrología de los anillos del sello mecánico.
Bomba vertical centrífuga una etapa de la unidad número tres, ubicada en la bocatoma a orillas del río Magdalena.	Cambio de aceite.
Motor de la Bomba de alimentar caldera 1A.	Mantenimiento mecánico.
Bomba de alimentar caldera 1A.	Mantenimiento mecánico.
Bomba vertical 3-2 en la bocatoma.	Mantenimiento mecánico.
Motor de la bomba de alimentar caldera 1B.	Mantenimiento mecánico.
Motor del ventilador tiro forzado de la caldera unidad 1.	Cambio del motor.
Bomba vertical de circulación 3-2 de la bocatoma.	Prueba de tinta penetrante y ultrasonido del eje.
Bomba de aceite baja presión en la unidad 3.	Mantenimiento mecánico.
Tanque de almacenamiento fuel-oil.	Corrección de fuga de combustible.
Motor del virador turbina 3.	Solución a las vibraciones altas.

Todos los equipos en funcionamiento de la central.	Prueba de vibración (mantenimiento predictivo).
Planta de generación térmica Termobarranca.	En un recorrido por la Planta se observan los equipos que intervienen en el ciclo Rankine, se toma apunte de cada detalle para tener claro el proceso de generación térmica de Termobarranca en particular.

Fuente: Dalia Luna Monsalve.

El principal trabajo durante la pasantía fue el mantenimiento preventivo de la bomba de alimentar caldera 1A con su respectivo motor, uno de los equipos principales específicos a estudiar, ya que sirvió de apoyo para la elaboración del respectivo Manual⁴.

La practicante universitaria observa y colabora en el procedimiento para mantenimiento del motor de la bomba de alimentar caldera 1A: Desmontaje, desensamble, limpieza, calibración, ensamble y montaje, así como la alienación después de estar montado en su zona de trabajo para la colinealidad entre ejes (bomba y motor).

Haciendo referencia a esta bomba -centrífuga de 9 etapas tipo horizontal-, se cumplió con el control de calidad y metrología; se termina el desensamble, limpieza de piezas, puesto de accesorios (cinta de teflón, O´ring de vitón-resistente hasta 200 °C Dupont y buna-resistente hasta 90°C especiales para los hidrocarburos, empaque de asbesto), ensamble y montaje en el lugar de

⁴ Ver anexo 5, información completa de la bomba de alimentar caldera de las unidades 1 y 2 con registros fotográficos.

funcionamiento (unidad 1); instalación de los housing, deflectores de agua, rodamientos, chumaceras.

Seguido del procedimiento de centrado de la bomba, desplazamiento axial de la bomba, empaquetadura y alineación motor–bomba, el personal de mantenimiento mecánico lleva a cabo el Protocolo equipos auxiliares principales prueba bomba de alimentar caldera 1A (ANEXO 2.) y finaliza la ODT (ANEXO 1.)

La estudiante describe el seguimiento de hechos, información de profesionales, técnicos y manuales en la Bitácora de actividades (ANEXO 3.) – aprobado por el ingeniero supervisor de la práctica. El formato de la bitácora de propia autoría (Figura 1.) lo creó sujeto al Informe técnico asistentes de mantenimiento integral Termobarranca código RMAN008 (Figura 2.), el cual es el formato final del software de la bitácora de la empresa; adicionalmente la practicante universitaria llevó registros fotográficos (ANEXO 4.) para evidenciar los hechos relevantes durante la pasantía.

Fuente: Dalia Luna Monsalve.

	BITÁCORA DE ACTIVIDADES N° 00.	Página: 1 de 1.
	Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., Planta de Generación Térmica Termobarranca.	Fecha: Año 2010.

TRABAJOS REALIZADOS.

OBSERVACIONES Y CONSIGNAS.

Ing. Orlando Mejía Rueda
Director de Práctica

Dalia Luna Monsalve
Practicante Universitaria

FIGURA 1. FORMATO DE LA BITÁCORA DE ACTIVIDADES.

Fuente: Personal de Termobarranca.

	PROCESO GESTIÓN MANTENIMIENTO PLANTAS	Revisión No: 3
	INFORME TECNICO ASISTENTES DE MANTENIMIENTO INTEGRAL- TERMOBARRANCA	Código: RMAN008

FECHA: _____ **TURNO:** _____

Asistente Mantenimiento Integral y Operación: _____

Personal a cargo:

TRABAJOS REALIZADOS

OBSERVACIONES Y CONSIGNAS

ASISTENTE MANTENIMIENTO INTEGRAL Y OPERACION

**PROFESIONAL MANTENIMIENTO
ELECTRICO**

**PROFESIONAL MANTENIMIENTO
INSTRUMENTOS Y CONTROL**

**PROFESIONAL MANTENIMIENTO
MECANICO**

FIGURA 2. INFORME TÉCNICO ASISTENTE DE MANTENIMIENTO INTEGRAL TERMOBARRANCA
CÓDIGO RMAN008

4.2. OBSERVACIONES Y DIFICULTADES.

Siguiendo el orden de la metodología (Tabla 3.), la pasante hizo la debida documentación sobre la Bomba de alimentar Caldera de las Unidades 1 y 2. Posteriormente al desensamble, cumplió un control de calidad y metrología a la Bomba de alimentar Caldera 1A, tomó datos diametrales de difusores e impulsores para hallar tolerancias, las cuales se analizaron como resultados inaceptables según los límites de rango que propone el fabricante.

Tomando como referencia el cronograma de actividades (Tabla 3.), el control de calidad y metrología de la Bomba de alimentar caldera 1A se llevó a cabo una semana después de lo programado, puesto que las piezas nuevas y rectificadas de la máquina no llegaron a tiempo. Como consecuencia el ensamble de la Bomba de alimentar caldera 1A no se pudo iniciar.

Cuando la empresa recibe las piezas nuevas de bomba BA101AA1BA para dar inicio al control de calidad y metrología, en inspección visual realizada se observa la camisa del tambor de balanceo con superficie maltratada. Cuando se verifica la tolerancia entre difusores e impulsores y entre la camisa del tambor de balanceo y tambor de balanceo se encuentra en valores fuera de norma e inaceptable para continuar procedimiento, causa de malinterpretación de planos en el momento de rectificación. Así el mantenimiento preventivo de la bomba de caldera 1A se continúa en otro frente (carcaza inferior) mientras entregaban nuevamente las piezas de acuerdo a las especificaciones solicitadas.

Se estuvo presente en el mantenimiento preventivo de la Bomba de alimentar Caldera 1A, en el cual apunta procedimientos detallados y hace toma de registros fotográficos como anexo. La practicante adquirió la mayor información a su alcance sobre la bomba de alimentar caldera 1A, para compilar lo concerniente a la elaboración del Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Bomba de alimentar caldera en las Unidades 1 y 2, que ha registrado en la bitácora de actividades (ANEXO 3.).

Siguiendo el orden de la metodología (Tabla 3.), la pasante hizo la debida documentación sobre la Caldera de las Unidades 1 y 2 anotando aspectos técnicos y pruebas. Tomando como referencia el cronograma de actividades (Tabla 3.) no se lleva a cabo el mantenimiento preventivo de la caldera en la unidad 1 ó 2 en la Empresa, puesto que no ha cumplido con las horas de trabajo, además necesitan las unidades disponibles para Ecopetrol y no se puede hacer paradas siendo la caldera un equipo principal. En la Tabla 3 se podrá observar las actividades propuestas no realizadas (El símbolo “x” significa no cumplimiento).

La practicante adquirió la mayor información a su alcance sobre las calderas, para compilar lo concerniente a la elaboración del Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Caldera en las Unidades 1 y 2, que ha registrado en la bitácora de actividades (ANEXO 3.).

TABLA 3. ACTIVIDADES PROPUESTAS.

Nº	ACTIVIDAD.	CUMPLIMIENTO.
1	Recibir capacitación continua.	✓
2	Llevar una Bitácora y un Álbum con registros fotográficos durante la pasantía.	✓
3	Hacer revisión de documentos y planos sobre la Bomba de alimentar Caldera de las Unidades 1 y 2.	✓
4	Posteriormente cumplir un control de calidad y metrología a la Bomba de alimentar Caldera 1A.	✓
5	Realizar el ensamble de la Bomba de alimentar caldera 1A.	✓
6	Examinar la Bomba de alimentar caldera 1A con pruebas de funcionamiento.	✓
7	Compilación de información para la elaboración del	✓

	Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Bomba de alimentar caldera en las Unidades 1 y 2.	
8	Hacer revisión de documentos y planos acerca de la Caldera de las Unidades 1 y 2.	✓
9	Ejecutar la prueba hidrostática para la Caldera 1.	x
10	Consecutivamente cumplir con la inspección visual, metrología con ultrasonido de la tubería, y revisión de la Caldera 1.	x
11	Se efectuará el informe de la inspección para corregir o mejorar los posibles daños encontrados en la Caldera 1.	x
12	Seguir con las correcciones o mejoras de la Caldera 1.	x
13	Nuevamente hacer la prueba hidrostática de la Caldera 1.	x
14	Finalizar con las pruebas de funcionamiento a la Caldera 1.	x
15	Compilación de información para la elaboración del Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Caldera en las Unidades 1 y 2.	✓
16	Elaboración del Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Bomba de alimentar caldera en las Unidades 1 y 2.	✓
17	Elaboración del Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Caldera en las Unidades 1 y 2.	✓

Fuente: Dalia Luna Monsalve.

5. RESULTADOS.

Esta práctica abarcó la cooperación en el desarrollo del trabajo regular de la empresa, con la participación en los mantenimientos mecánicos de equipos que presenten fallas o estén incluidos en programas preventivos. En la Tabla 4 se observan los resultados obtenidos que permitieron lograr los objetivos y alcance del trabajo propuesto originalmente; es pertinente aclarar que el contenido de cada anexo es enfocado a los equipos y plan de trabajo de la Planta Termobarranca en particular.

TABLA 4. ALCANCE.

RESULTADOS.	
Se proporciona una Bitácora de actividades logradas en el transcurso de la pasantía con una recopilación de información y datos.	ANEXO 3.
Adicionalmente se muestra una serie de registros fotográficos, imágenes capturadas durante la pasantía.	ANEXO 4.
Se entrega dos libros titulados: “Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Bomba de alimentar caldera en las Unidades 1 y 2.”	ANEXO 5.
“Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de Caldera en las Unidades 1 y 2.”	ANEXO 6.

Fuente: Dalia Luna Monsalve.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Con los dos Manuales realizados por la practicante se conseguirá la aplicación de los procedimientos completos, por parte del grupo de mantenimiento, para los diferentes mantenimientos con la temática correcta paso a paso; estos abarcarán seis equipos principales ubicados en las unidades 1 y 2: 4 bombas de alimentar caldera y 2 calderas.
- Se observa el atraso en términos de tiempo en los mantenimientos preventivos programados por falta de organización en la lista de pedidos para repuestos de piezas nuevas por estar incompleta, o las piezas mandadas a rectificar se malinterpreta por parte de los talleres contratados, lo antedicho hace que se prolongue el trabajo.
- La falencia por parte de los funcionarios encargados de la recepción de repuestos y material para mantenimiento está en la falta de medición adecuada en el momento que llegan pedidos de piezas nuevas o enviadas a rectificar, esto conlleva que en el ensamble de la máquina se presenten paros adicionales para corregir medidas. Esto sucede a pesar que se cuenta con elementos de medición suficientes y apropiados.
- Como necesidad evidente, la central termoeléctrica Termobarranca, tiene pendiente Manuales de mantenimiento preventivo para algunos de los equipos principales; de esta manera el funcionamiento de la Planta estará orientado plenamente con información profesional para llegar a ser una empresa más confiable, segura y obtener mejor resultados en la búsqueda de mayor eficiencia.

- En Termobarranca se debe organizar de mejor forma el cumplimiento del control de calidad y metrología en el momento de recibir piezas nuevas y rectificadas de la maquinaria de la central con previo pedido, esto causa el atraso de un procedimiento indicado. Es necesario por lo tanto generar un adecuado protocolo de recepción,
- Sin un programa de mantenimiento preventivo apropiado en la Central no se tiene el presupuesto previo en el momento de ejecutar un mantenimiento, por consiguiente cada mantenimiento debería estar calendarizado y presupuestado con recursos disponibles para evitar recurrir únicamente a la aplicación de mantenimiento correctivo.
- Se necesita un mayor recurso humano en el grupo de mantenimiento de Termobarranca para los trabajos realizados; esto está causando el incumplimiento de las funciones establecidas para el supervisor, ya que él asume labores que no le corresponden por suplir al personal que hace falta.

BIBLIOGRAFÍA.

BIBLIOGRAFÍA REFERENCIADA.

- [1] COMBUSTION ENGINEERING, IND. Instruction Manual for Boiler and Auxiliary Equipment furnished, 1968.
- [2] CRISTANCHO, Pinzón Víctor, “Manual de inducción al visitante”, Electrificadora de Santander S.A.E.S.P. Termobarranca, págs. 3-12, 2001.
- [3] MEJÍA, Rueda Orlando, “Procedimiento para la ejecución del mantenimiento – Termobarranca”, págs. 1-2, 2005.
- [4] Norma ISO 2372, 1974.
- [5] WORTHINGTON CORPORATION; Instructions for Installation, Operation, Maintenance and List of Parts for WT PUMPS, 1968.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- COMPAÑÍA DE CONSTRUCCIÓN MECÁNICA, PROCEDIMIENTO SULZER, Manual Sulzer para bomba centrífuga multietapa modelo HTP24N11, 1973.
- MARTÍNEZ PÉREZ, Francisco. La tribología ciencia y técnica para el mantenimiento. México. Limusa. 1996. GERENCIA DE MANTENIMIENTO, Apuntes tomados en clase, primer semestre 2010.
- ORTÍZ, Sierra William Enrique, “Plan de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos que intervienen en el desarrollo del proyecto hidroeléctrico PORCE III”, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, 2008.
- THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, ASME Boiler and Pressure Vessel Code an Internationally Recognized Code, 1992 Edition.

ANEXOS.

ANEXO 1. ODT – BOMBA DE ALIMENTAR CALDERA 1A.

Elaborado por personal Termobarranca.

ANEXO 2. PROTOCOLO EQUIPOS AUXILIARES PRINCIPALES PRUEBA BOMBA DE ALIMENTAR CALDERA 1A.

Elaborado por personal Termobarranca.

ANEXO 3. BITÁCORA DE ACTIVIDADES.

Elaborado por Dalia Luna Monsalve.

ANEXO 4. REGISTROS FOTOGRAFÍCOS.

Elaborado por Dalia Luna Monsalve.

ANEXO 5. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBA DE ALIMENTAR CALDERA EN LAS UNIDADES 1 Y 2.

Elaborado por Dalia Luna Monsalve.

ANEXO 6. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CALDERA EN LAS UNIDADES 1 Y 2.

Elaborado por Dalia Luna Monsalve.