

ANÁLISIS DE LA IMPLANTACIÓN DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO Y MANTENIMIENTO PREDITIVO PARA MEJORAS EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.

Eng. Milton Fonseca Junior milton.fonseca@amazonasenergia.gov.br
Prof. Dr. Claudio José Cavalcante Blanco (UFPA) blanco@ufpa.br
Prof. Dr. Adelson Bezerra de Medeiros (UFPA) Medeiros@ufpa.br
Prof. M.Sc. Jandecy Cabral Leite (ITEGAM) jandecy.cabral@itegam.org.br
Prof. M.Sc. Manoel do Socorro dos Santos Azevedo (ITEGAM) Manoel.azevedo@itegam.org.br
Prof. M.Sc. Anderson Fernandes Esteves (ITEGAM) Anderson.esteves@itegam.org.br
Prof. M.Sc. Paulo Henrique de Lima Maciel (ITEGAM) Paulo.maciel@itegam.org.br

de capital , tiempo necesario e incluso riesgo de vidas humanas.

RESUMEN

El presente trabajo describe procedimientos relacionados con la implantación de estrategias relacionadas con el mantenimiento productivo total y el mantenimiento predictivo en una planta de generación eléctrica. La metodología desarrollada busca optimizar el desempeño e introducir mejoras en el proceso de generación de energía eléctrica en estas instalaciones. Se expone un estudio de caso desarrollado en una Planta de generación perteneciente a Electrobras Amazonas Energia. Se realizó un levantamiento de los principales indicadores relacionados con el proceso de mantenimiento de la planta así como de la producción de energía que sirven como guía para la validación de los resultados obtenidos.

Palabras-chave: TPM (Mantenimiento total productivo); MP (Mantenimiento predictivo).

I. INTRODUCCION

El mantenimiento productivo total es un moderno sistema de acciones que permite con la participación de todos los funcionarios mantener a punto la disponibilidad de producción. Tradicionalmente, las actividades de mantenimiento, por varias personas, no habían sido consideradas como algo necesario para el buen funcionamiento de las empresas. Esta situación ha ido cambiando en la medida que se ha reconocido la función estratégica del mismo. El proceso de mantenimiento incluye todas las actividades técnicas y organizativas que garantizan que el equipamiento en general opere con la confiabilidad esperada. Los trabajos de mantenimiento y reparación siguen determinadas directivas básicas que propician la reducción de la ocurrencia de falla, las cuales, traen consigo pérdidas de los niveles de producción, gastos

Tavares (1996) define Control Predictivo de Mantenimiento, como la determinación del punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, o sea, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle, asume valores indeseables.

Xenos (1998) considera que el mantenimiento constituye una combinación de acciones técnicas y administrativas, incluidas la supervisión, destinadas a mantener el equipamiento en un estado que pueda desempeñar una función requerida.

Según Marcal (2005), cada componente o cada tipo de deficiencia mecánica de una máquina en operación produce una vibración de frecuencia específica que en condiciones normales de funcionamiento, alcanza una amplitud máxima determinada. Las piezas que sufren excitación pueden oscilar y las oscilaciones se transmiten a través de las articulaciones a las demás.

Takahashi & Osada (1993), presentan el mantenimiento autónomo como una forma de reducir los costos con personal de mantenimiento y aumentar la vida útil del equipamiento, concentrándose básicamente en la limpieza, lubricación, reparos e inspección diaria.

La aplicación de la metodología propuesta posibilita realizar un adecuado plan de mantenimiento que permite mejorar la confiabilidad del equipamiento, a través del mantenimiento predictivo utilizando técnicas de análisis de vibración, análisis de aceites y lubricantes y análisis de la temperatura del equipamiento.

II. METODOLOGIA

La investigación se enfoca a establecer una metodología práctica de implantación de un programa de

Mantenimiento Total Productivo(TPM) y del mantenimiento predictivo, tomando como base una planta de Generación Eléctrica de motores de combustión interna de la Eletrobrás Amazonas Energía, que posee 10 unidades generando en total 160 MW.

Los resultados del estudio bibliográfico realizado de la temática propiciaron la base teórica necesaria para la implantación de la metodología que se propone, la cual se complementa con un ejemplo de aplicación.

II.1 Caracterización de la investigación.

La metodología del presente trabajo está basada en la implantación de los 4 pilares del TPM, de sus objetivos, de las actividades recomendadas, justificativas y de las condiciones esperadas y de las implantaciones del mantenimiento predictivo

II.1.1 Pilar de mejoras específicas.

Objetivo: Maximizar la eficiencia global de los equipos y de la operación a través del análisis y eliminación de las pérdidas operacionales.

A) Actividades recomendadas.

Elaborar flujo completo y detallado de la Operación, identificando los diversos motores y equipos auxiliares, respectivas prioridades y riesgos principales. Anotar las condiciones actuales para que ellas sean posteriormente comparadas a las condiciones de después-implantación del TPM y de la MP. Identificar las capacidades de generación en MW de cada generador, – potencia nominal y real y las pérdidas actuales de la operación, cuantificando a través de gráfico de Pareto. Presentar alternativas de reducción o eliminación de las pérdidas actuales encontradas. Elaborar plan de acción detallado y desarrollar cronograma de actividades, estandaricen procedimientos operacionales. Hacer las comparaciones entre las condiciones iniciales y las condiciones de aplicación del plan propuesto..

B) Justificativa.

Aumentar el conocimiento de regímenes de operación y uniformizar los conocimientos de los participantes del Grupo de Trabajo, utilizando las herramientas de la calidad. Identificar las distorsiones entre lo real y lo previsto en cuanto a los índices de operación de la planta. Identificar las causas fundamentales que pueden afectar la operación normal de la planta. Proponer plan de reducción de pérdidas. Análisis comparativo de los resultados posterior a la introducción de las medidas. Crear informes de acompañamiento, indicadores y gráficos de Gerenciamento Visual del Programa TPM.

C) Condición esperada.

Integración del grupo de trabajo, Flujo Operacional. Equipos auxiliares y Operaciones identificadas con las respectivas capacidades nominales y reales. Criterio para Analizar e identificar las principales pérdidas de la operación y metodología para reducirlas. Desempeño de la

operación del equipamiento instalado. Resultados siendo evaluados continuamente por los Gerentes, supervisores y Operadores. Análisis financiero Índices fundamentales de operación.

II.1.2 Pilar de Mantenimiento Autónomo:

Objetivo: Capacitar a los operadores para mantener los locales de trabajo aseados, organizados, inspeccionando sus equipos, siguiendo procedimientos operacionales, lubricando, identificando anomalías, etiquetando y buscando eliminar los locales de difícil acceso y fuentes de desperdicios.

A) Actividades recomendadas:

Determinar el procedimiento y la forma de identificar anomalías a través de etiquetas. Entrenar los participantes para identificar las anomalías del equipamiento instalado.. Elaborar planificación / cronograma para realizar las actividades necesarias de retirada de las etiquetas colocadas en locales que presentaron anomalías. Establecer las condiciones básicas de operación del equipamiento y condiciones de los locales. Realizar auditorías internas para garantizar que las actividades están siendo desarrolladas por los operadores. Eliminar las fuentes de desperdicios y contaminación y los locales de difícil acceso.

B) Justificativa/objetivo:

Eliminar las anomalías de operación Del equipamiento y ambientales. En el proceso de limpieza inicial deben ser observados las condiciones de los Motores, Equipos auxiliares e instalaciones como tornillos sueltos, falta de fijaciones, protecciones etc identificado cada una con una etiqueta que debe ser retirada después aprobación del servicio realizado. Acompañar las actividades realizadas y medir los resultados después las mejoras implantadas. Garantizar la Operación dentro de las calidades ideales exigidas. Acompañar ese indicador y evaluar los resultados alcanzados con las mejoras implantadas, manteniendo las condiciones de limpieza en los parámetros establecidos y exigidos

C) Condición esperada:

Capacidad de operadores para identificar anomalías del equipamiento y del medio ambiente. Las áreas, motores, equipos auxiliares e instalaciones deben estar limpias y deben mantenerse en esa condición. Después del etiquetado debe ser creado un control indicando el tipo de problema relacionado con mantenimiento, operación, seguridad y medio ambiente. Condiciones ideales del equipamiento. Instalaciones y áreas de trabajo señalizadas. Indicadores de Etiquetas actualizados. Todas las actividades realizadas correctamente para la identificación de locales de difícil acceso, eliminación de las fuentes de desperdicios y la elaboración de plan de actividades

provisorias de limpieza, engrase, inspección, seguridad y medio ambiente.

II.1.3 Pilar de Mantenimiento Planificado:

Objetivo: Crear modelo corporativo de Gestión del Mantenimiento para todos los motores y equipos auxiliares de las plantas de generación y clientes externos para optimizar las inversiones y reducir los costos de mantenimiento, garantizando un buen comportamiento de las instalaciones.

A) Actividades recomendadas:

Elaboración y aprobación de metodología y divulgación del TPM. Aprobar el comité director. Programación de actividades de coordinación. Identificar visualmente las prioridades. Elaborar los procedimientos indicados de mantenimiento para cada unidad generadora recomendados en el Plano Maestro. Considerar los existentes en los manuales técnicos y crear los que no existan si son necesarios.

B) Justificativa/objetivo:

Estandarizar la forma de priorizar Motores, Equipos auxiliares e Instalaciones conforme necesidad de la empresa, con enfoque en el negocio. Identificar las prioridades del negocio de la empresa para facilitar la implantación de un modelo de gestión de mantenimiento. Facilitar el servicio y la decisión en la acción más indicada a ser tomada, conforme la prioridad. Rescatar las condiciones ideales de operación de los Motores, Equipos auxiliares e Instalaciones, mejorando la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad. Definir una filosofía de mantenimiento a ser utilizada en los equipos Organizar el Mantenimiento y actualizar los datos de cada Motor, Equipo auxiliar e Instalación. Analizar los informes existentes y complementarios para facilitar el análisis y solución de problemas.

C) Condición esperada:

Planilla de prioridades concluida. Todos los Motores, Equipos auxiliares e Instalaciones, clasificados con las etiquetas de identificación visual, conforme el modelo aprobado y adoptado por la empresa. Análisis crítico ya realizado y nuevos documentos creados indicando MTBF y MTTR por unidad.

II.1.4 Pilar de Educación y Entrenamiento:

Objetivo: Apoyar los otros pilares, analizando la calificación de los participantes y la necesidad de entrenamiento. Nombrar responsable por la comunicación, divulgación del TPM, planificación de eventos y exigencia en el cumplimiento de las Directrices Básicas del Programa para facilitar la documentación, reducción de costos de divulgación, material de apoyo, etc.

A) Actividades recomendadas:

Editar todos los empleados que ya fueron entrenados y los que necesitan entrenamiento básico de TPM para

participar de los Grupos de Trabajo. Elaborar y poner a disposición en la red un entrenamiento básico para impartir a todos los empleados y en la integración de nuevos. Determinar los datos de los entrenamientos de cada Pilar y el responsable en impartir. Después la realización del entrenamiento, hacer la divulgación del número de participantes para servir de indicador de evaluación del pilar en el Programa TPM. Hacer Mapa de Capacidades de todos los participantes de los Grupos de Trabajo, para identificar la calificación, conocimiento y necesidades. Elaborar Plan de Entrenamiento interno/externo, Determinar procedimientos para realización de las reuniones de los Grupos de Trabajo. Entrenamiento de herramientas auxiliares (MASP). Determinar los procedimientos para divulgación interna y exterioriza del TPM, definiendo los medios, frecuencia, modelos, símbolos y documentos, conforme el Plano Maestro orienta.

B) Justificativa/objetivo:

Nivelar el conocimiento de todos los participantes antes de empezar a desarrollar las actividades en los Grupos de Trabajo. Estandarizar el material y las informaciones pasadas a los empleados. Organizar un calendario de actividades que permita acompañar y auditar el desarrollo del TPM. Nivelar el conocimiento de los participantes de los Grupos de Trabajo para poder asumir otras actividades sin ningún problema, conforme los pasos de los Pilares de ME, MA, MP y SMA. Organizar y dirigir la realización de las reuniones. Trabajo. Mejorar la comunicación y divulgación de la marcha del Programa TPM.

II.2 Métodos de Mantenimiento Predictivo

Como característica básica del proceso consiste en monitorear parámetros que caracterizan el estado de funcionamiento de los equipos, los métodos empleados utilizan técnicas y procedimientos de medida. (RIPPER, 2005).

II.2.1 Termografía

Linconli (2005) define “termografía es una técnica de inspección no destructiva fundamentada en la detección de la radiación infrarroja emitida por bártulos arriba del cero absoluto”.

Esa poderosa herramienta es utilizada en el diagnóstico precoz de fallos y otros problemas en componentes eléctricos, mecánicos y en procesos productivos industrias. Actualmente, con equipos de alta precisión y de dimensiones reducidas, las termocamaras, así llamadas, cámaras sensibles a la radiación infrarroja, permiten al operador efectuar mediciones de temperatura sin contacto físico con el proceso. Este equipo utiliza la temperatura como una variable relevante en el análisis de fallos.

II.2.2 Análisis de aceite

El objetivo inicial del análisis [de aceite](#) de un conjunto lubricado o de un sistema hidráulico es [ahorrar](#) por medio de la optimización del intervalo entre los cambios. Con los análisis efectuados se obtienen indicadores que informan sobre el desgaste de los componentes lubricados. [La](#) metodología utilizada consiste en medir la tasa de contaminación del [aceite](#) y el análisis [de esa](#) contaminación permitira tomar medidas preventivas para detener El posible deterioro de lãs estructuras.

Las principales técnicas utilizadas en el análisis del [residuo](#) sólido de los [aceites](#) que se prestan para establecer una clasificación de las partículas para un diagnóstico por desgaste son:

A) **Ferografía por lectura directa:** [Arato](#) (2004), “hecha en [base](#) a la extracción de las partículas [contaminantes](#) magnetizadas, contenidas en el lubricante, por medio de la acción de un campo magnético”.

B) **Espectometría de emisión:** [Arato](#) (2004), “permite la determinación de la naturaleza y concentración de los elementos presentes en la muestra a través de la [banda](#) e intensidad de la radiación luminosa emitida por la muestra, cuando es sometida a una excitación”.

C) **Ferografía analítica:** [Arato](#) (2004) define, “es una técnica usada para hacer un estudio profundo de las partículas cuyo tamaño esté entre 1 y 250 µm, se construye un [ferrograma](#), que es una chapa de [vidrio](#) sobre la cual son distribuidos los [contaminantes](#) en función de [su](#) tamaño”. [El](#) análisis es complementado utilizando microscopio óptico.

II.2.3 Analisis de Vibración

[La](#) idea básica [de ese](#) método es que las estructuras de las maquinas, excitadas por los esfuerzos dinámicos consecuentes de [su](#) funcionamiento, [contestan](#) con señales vibratorias cuya frecuencia es identificada [a partir](#) de los esfuerzos que la provocan. La señal de vibración, tomada en algún punto del equipo, será la suma de las respuestas vibratorias de la estructura a las diferentes frecuencias de los esfuerzos [excitadores](#).

Es importante [destacar](#) desde el concepto presentado, que el procedimiento se basa en [un](#) principio comparativo, o sea, qué se analiza la evolución del equipo (histórico) desde un instante tomado como referencia, o por comparación con [datos](#) estadísticos [tomados de un](#) equipo semejante.

En el [mantenimiento predictivo](#) por analisis de vibraciones, es necesario utilizar técnicas de procesamiento de la señal vibratoria con el objetivo de extraer las informaciones que permitan correlacionar algunas características de la señal con el estado del equipo. [Entre](#) las varias técnicas que pueden ser aplicadas, las más utilizadas, consideradas clásicas y de aceptación universal, son: analisis por niveles globales de vibración, analisis por espectro de la vibración, media temporal [sincrónica](#) y diagramas de [orbitas](#).

III. Ejemplo de aplicacion.

El programa para la implantacion de TMP se conformo en varias etapas como muestra la tabla III.1

ETAPAS	ATIVIDADES
1	Estructurar el Pilar del Mantenimiento Autónomo (presentando organigrama de las Plantas)
2	Determinar la forma de identificar anomalías.(Identificación por etiquetas)
3	Determinar procedimientos de etiquetado
4	Entrenar grupo de trabajo en cuanto al procedimiento de etiquetado
5	Determinar la forma de hacer la limpieza inicial
6	Establecer forma de control de las etiquetas
7	Iniciar proceso de etiquetado
8	Informar a través de KPI cantidad de etiquetas utilizadas
9	Iniciar proceso de retirada de las etiquetas
10	Informar a través de KPI cantidad de etiquetas retiradas
11	Realizar auditorías internas garantizando el éxito del programa

Tabla III.1 Etapas de TMP

El orden de realizacion de lãs etapas programadas se muestra en el diagrama causa efecto de la figura 1

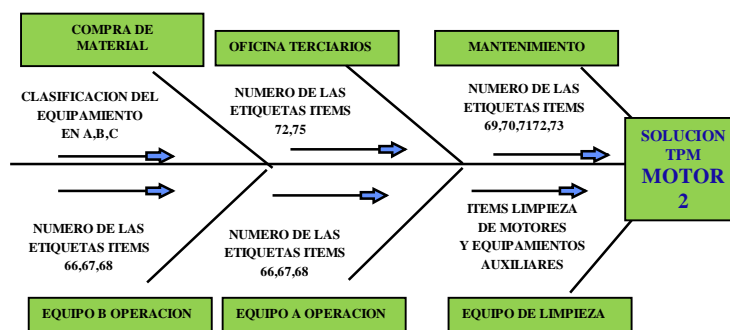


Fig.1 Diagrama causa efecto

Para el mantenimiento predictivo se implementaron lãs pruebas de termografía, analisis de aceites y analisis de vibracion cuyos resultados permiten evaluar periodicamente lãs prioridades de mantenimiento de lãs unidades.

Para facilitar el análisis de la evolución de los resultados fueron utilizados indicadores (Tabla III.2) que reflejan lãs ventajas de aplicacion de la metodología propuesta .

INDICADOR	(Antes) Set 09	(Despues) Set 10	Diferencia	Comportamiento
Tiempo médio de reparacion entre fallas (MTTR)	15,2 minutos	9, 4 minutos	5,8 minutos	Mejor
Tiempo médio entre fallas (MTBF)	196,8 minutos	490,7 minutos	293,3 minutos	Mejor

Tabla III.2 Indicadores de evaluación.

IV. CONCLUSIONES

La empresa preocupada con la calidad y el nivel de producción de energía Implantó un método que elevó la confiabilidad de los equipos. Este no necesita sacar las unidades de operación en la ejecución de las inspecciones periódicas para detección de defectos. En base en las informaciones del análisis de datos, fue posible identificar las posibles causas de paradas de equipos y consecuentemente evitando las pérdidas de producción de energía. Se pudieron evidenciar por medio de los informes de las inspecciones de análisis de vibración y análisis de aceite y análisis de temperatura, que los equipos en estudio presentaban problemas que podrían causar daños la empresa, problemas que son detectados **precozmente como resultado de las pruebas, propiciando** así una intervención programada sin perjudicar la producción de energía de la empresa.

REFERENCIAS

- TAVARES, Lourival Augusto. **Excelência da Manutenção – Estratégia para OTIMIZAÇÃO E GERENCIAMENTO** / Lourival Augusto Tavares; Posfácio Rogério Negri. Salvador, BA: Casa da Qualidade, 1996.
- KARDEC, Alan e Haroldo Ribeiro. **Gestão Estratégica Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro: Qualitymark. ABRAMAN, 2002.
- XENOS, Harilaus Georgius d'Philippos. **Gerenciamento a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte : Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1º edição, 1975.
- MARÇAL, Rui F. M. **Detectando Falhas Incipientes em Máquinas Rotativas**. Revista Gestão Industrial, volume 01, 2005.
- TAKAHASHI, Y & OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.
- HARTMANN, E.H. **Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant**. Pittsburgh, EUA: TPM Press, 1992.