

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE EQUIPOS ROTATIVOS TIPO FRANCIS DE EJE VERTICAL
DE POTENCIA NOMINAL 4.5MWH**

GUSTAVO EDUARDO FORERO MALDONADO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2012

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE EQUIPOS ROTATIVOS TIPO FRANCIS DE EJE VERTICAL
DE POTENCIA NOMINAL 4.5MWH**

GUSTAVO EDUARDO FORERO MALDONADO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

Director

EXPEDITO LOZANO GOMEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2012

DEDICATORIA

A Esperanza, mi Madre, que me ha apoyado incondicionalmente y a quien debo todo lo que he alcanzado.

A Gustavo, mi Papá y modelo a seguir, quien no está hoy con nosotros. Sé que se sentiría muy orgulloso por este logro.

A Nelly y Lauris, mi familia, gracias por apoyarme y acompañarme en este camino. Para todos fue un largo viaje.

En especial agradezco a cada uno por su entrega, apoyo, preocupación y los esfuerzos que tuvieron que hacer para ayudarme a alcanzar esta meta.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. EL MARCO CONCEPTUAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	18
1.1 INTRODUCCIÓN	18
1.2 LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	19
1.3 LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO	20
1.3.1 El Mantenimiento Correctivo	20
1.3.2 El Mantenimiento Preventivo	20
1.3.3 El Mantenimiento Predictivo	21
1.3 LAS BASES DE DATOS DEL MANTENIMIENTO	21
1.5 INDICADORES DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	23
1.6 LA GESTION DE ADMINISTRACIÓN DEL ACTIVO	24
1.7 EL CICLO PHVA	25
2. EL NEGOCIO DE GENERACIÓN DE ENERGIA HIDRAULICA	27
2.1 RESEÑA HISTORICA DEL NEGOCIO DE GENERACIÓN DE ENERGIA HIDRAULICA	27
2.2 MISION Y VISION	28
2.2.1 Misión	28
2.2.2 Visión	28
2.3 ASPECTOS GENERALES DEL NEGOCIO DE GENERACIÓN DE ENERGIA	29
2.3.1 El Sistema de Generación Hidráulica	30
2.4 LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE PALMAS	31
2.4.1 Descripción del Proceso Productivo de la Central	31

2.4.2 Descripción General de las Obras Civiles de la Central Hidroeléctrica Palmas	34
2.4.2.1 Descripción General de Obras Civiles Almacenamiento	34
2.4.2.2 Descripción General de Obras Civiles Conducción	36
2.4.2.3 Descripción General de Obras Civiles Conversión	36
2.4.3 Descripción General de los Equipos Hidromecánicos de la Central Hidroeléctrica Palmas	37
2.4.3.1 Descripción General de Equipos Hidromecánicos Almacenamiento	37
2.4.3.2 Descripción General de Equipos Hidromecánicos Conducción	38
2.4.3.3 Descripción General de Equipos Hidromecánicos Conversión	40
2.4.3.4 Descripción General de Equipos Electromecánicos Transformación	40
2.4.4 Árbol Jerárquico de Activos de la Central Hidroeléctrica Palmas	41
2.4.5 Placas de Características Técnicas del Turbo Grupo	41
2.4.6 Hidrología del Rio Lebrija	41
2.4.7 La Disponibilidad de los Activos	43
2.4.8 El modelo actual de gestión para la administración del mantenimiento planeado	44
2.4.8.1 Administración de la planeación y programación del mantenimiento	45
2.4.8.2 Administración de sistemas de información del mantenimiento	47
2.4.8.3 Administración de repuestos y lubricación de equipos	49
2.4.8.4 Administración de costos de mantenimiento	49
2.4.8.5 Administración de la Tecnología y Habilidades del Mantenimiento	50
2.4.9 Conclusiones	51
3. EL MODELO ADMINISTRATIVO PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	53
3.1 INTRODUCCIÓN	53
3.2 CONCEPTOS GENERALES	54
3.2.1 El Mantenimiento de Clase Mundial y el Ciclo PHVA	54
3.2.2 Practicas Claves en el Mantenimiento de Clase Mundial	55

3.2.2.1 Dinámica Organizacional	55
3.2.2.2 Mantenimiento Operacional	55
3.2.2.3 Mantenimiento Preventivo	55
3.2.2.4 Mantenimiento Predictivo	56
3.2.2.5 Definición de procedimientos de mantenimiento	56
3.2.2.6 Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento	56
3.2.2.7 Programa de formación y capacitación del personal	57
3.2.2.8 Programa de manejo eficaz de repuestos e inventarios	57
3.2.2.9 Orden de trabajo en mantenimiento (OT)	57
3.3 LA FORMULACIÓN DEL MODELO ADMINISTRATIVO PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	57
3.3.1 Proceso N°1. Captura y Diagnóstico de Información	58
3.3.1.1 Elementos Entregables del Proceso Captura y Diagnostico de Información	59
3.3.2 Proceso N°2. Planificación del Mantenimiento	61
3.3.2.1 Elementos de Entrada del Proceso Planificación del Mantenimiento	62
3.3.2.2 Elementos de Salida del Proceso Planificación del Mantenimiento	63
3.3.3 Proceso N°3. Programación del Mantenimiento	64
3.3.3.1 Elementos De Entrada Del Proceso Programación Del Mantenimiento	64
3.3.3.2 Elementos de Salida del Proceso Programación del Mantenimiento	65
3.3.4 Proceso N°4. Ejecución del Mantenimiento	66
3.3.4.1 Elementos de Entrada del Proceso Ejecución del Mantenimiento	66
3.3.4.2 Elementos de Salida del Proceso Ejecución del Mantenimiento	67
3.3.5 Proceso N°5. Cierre, Evaluación y Control del Mantenimiento	68
3.3.5.1 Elementos de Entrada del Proceso Cierre, Evaluación y Control del Mantenimiento	68
3.3.5.2 Elementos de Salida del Proceso Cierre, Evaluación y Control del Mantenimiento	69
3.4 EL CICLO DE VIDA DE LA ORDEN DE TRABAJO, OT	69

3.4.1	Perfiles Administradores del Mantenimiento	73
3.4.1.1	Perfil Solicitante de Mantenimiento	73
3.4.1.2	Perfil Coordinador de Mantenimiento	73
3.4.1.3	Planeador – Programador de Mantenimiento	75
3.4.1.4	Auxiliar de Mantenimiento	77
3.5	POLITICA DEL PROCESO DE ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO	78
3.5.1	Formulación de la Política del Proceso de Administración del Mantenimiento	78
3.5.1.1	Lineamientos de la Política del Proceso de Administración del Mantenimiento	79
3.6	INDICADORES DE GESTIÓN DEL MODELO ADMINISTRATIVO PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	83
3.6.1	Indicadores de Gestión Orientados a Minimizar el Mantenimiento No Programado	84
3.6.2	Indicadores de Gestión Orientados a la Auditoría en la Documentación del Mantenimiento	85
3.6.3	Indicadores de Gestión Orientados a la Auditoría en la Planeación de los Trabajos de Mantenimiento	86
3.6.4	Indicadores de Gestión Orientados a la Auditoría General del Proceso de Gestión de Mantenimiento	87
4.	EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS ROTATIVOS TIPO FRANCIS DE EJE VERTICAL DE POTENCIA NOMINAL 4.5MWH DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA PALMAS	88
4.1	INTRODUCCION	88
4.2	EL MANTENIMIENTO MAYOR Y LA TAREA CRÍTICA	88
4.3	EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MAYOR, DEFINICIÓN DE LA TAREA CRÍTICA	89
4.4	TAREA CRITICA INSPECCIÓN RODETE	91

4.4.1	Justificación para la Ejecución de la Tarea Crítica	91
4.4.2	Variables de Control de la Tarea Crítica	91
4.4.3	El Alcance de la Tarea Crítica	92
4.4.3.1	Detalle del Alcance de la Tarea Crítica	92
4.4.4	Tareas de Mantenimiento Complementarias de Ejecución Paralela a la Tarea Crítica	93
4.4.4.1	El Alcance de las Tareas Complementarias	95
4.4.5	Planeación de la Tarea Crítica	96
4.5	EL MANTENIMIENTO PRIMARIO	99
4.5.1	Justificación para la Ejecución del Mantenimiento	99
4.5.2	Variables de Control del Mantenimiento.	99
4.5.3	El Alcance del Mantenimiento	100
4.5.4	Planeación del Mantenimiento	100
4.6	EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	101
4.6.1	Justificación para la Ejecución del Predictivo	101
4.6.2	Variables de Control del Predictivo	102
4.6.3	El Alcance del Mantenimiento	102
4.6.4	Planeación del Mantenimiento	103
4.6.5	Protocolo de Monitoreo por Condición	103
4.7	EL PROGRAMA ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	104
4.8	RESUMEN DEL PROGRAMA GENERAL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	104
5.	CONCLUSIONES	105
6.	BIBLIOGRAFIA	107
	ANEXOS	109

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura Organizacional de ESSA	29
Figura 2. Sección Almacenamiento, Central Hidroeléctrica Palmas	33
Figura 3. Sección Conducción Y Conversión Central Hidroeléctrica Palmas	34
Figura 4. Índice De Disponibilidad Histórico Central Hidroeléctrica Palmas, Periodo 2008 A 2012	44
Figura 5. Ciclo de Vida de la Ot	71

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción General Centrales Hidroeléctricas ESSA	30
Tabla 2. Tarea Crítica, Inspección Rodete. Activos Principales a Intervenir.	92
Tabla 3. Tarea Crítica Inspección Rodete, Activos Complementarios a Intervenir	93
Tabla 4. Tarea Crítica, Alcance de los Trabajos Complementarios	96
Tabla 5. Planeación Tarea Crítica, Centros de Trabajo	97
Tabla 6. Planeación Tarea Crítica, Recursos	98
Tabla 7. Tarea Lubricar Distribuidor, Activos Intervenidos	99
Tabla 8. Planeación Tarea Lubricación, Centros de Trabajo	100

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Estructura Jerárquica de Activos Central Hidroeléctrica Palmas	110
Anexo B. Placa Turbina	117
Anexo C. Placa Generador	118
Anexo D. Modelo Administrativo para la Gestión del Mantenimiento Preventivo	119
Anexo E. Protocolo Pruebas Diagnostico Inspección Vibraciones Turbo Generadores	120
Anexo F. Programa de Gestión del Mantenimiento Años 2013 – 2014	128
Anexo G. Resumen MP, APE	130

RESUMEN

Título: DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS ROTATIVOS TIPO FRANCIS DE EJE VERTICAL DE POTENCIA NOMINAL 4.5MWH.*

Autor: GUSTAVO EDUARDO FORERO MALDONADO**

Palabras Claves: GESTIÓN, MANTENIMIENTO, PREVENTIVO, TURBINA, FRANCIS

Descripción:

El objetivo general de este trabajo de monografía es el diseño de un modelo de administración para la gestión de mantenimiento preventivo, basado en el ciclo PHVA, que ofrezca una alternativa de solución al problema actual del mantenimiento del APEH. A lo largo del documento se desarrollan diversas técnicas y herramientas de gestión de mantenimiento que permiten alinear las acciones del grupo responsable del mantenimiento hacia el cierre de la brecha entre el mantenimiento de clase mundial y la situación actual del mantenimiento. Se presenta una aplicación práctica del sistema de gestión, dirigida específicamente a los equipos rotativos tipo Francis de eje vertical con potencia nominal 4.5MWH.

Este trabajo de monografía inicia presentando el marco conceptual sobre el cual está basado el estudio. Posteriormente, en el segundo capítulo, analiza la situación del mantenimiento al interior del APEH y los factores que influyen sobre él. En el tercer capítulo, desarrolla el modelo de gestión para la administración del mantenimiento presentando las políticas y los planes de acción para su ejecución. El cuarto capítulo, ofrece un problema de aplicación práctica para la cual se aplica el ciclo PHVA hasta su etapa de planeación y programación.

Esta monografía trata en profundidad, el tema del ciclo PHVA y su relación con el mantenimiento de clase mundial. Conjuga el proceso de gestión de mantenimiento con el ciclo de vida de la orden de trabajo, estableciendo sus actores principales y sus responsabilidades dentro del proceso de mantenimiento. Propone políticas y lineamientos para la ejecución, control y verificación del mantenimiento. Presenta un esquema de trabajo que permite normalizar la definición de los elementos que componen el programa del mantenimiento planeado. Presenta indicadores de gestión que permiten llevar un control efectivo del mantenimiento y aplica estas técnicas y conceptos al mantenimiento preventivo del turbo generador Francis

* Trabajo De Grado.

** Universidad Industrial De Santander; Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas; Escuela De Ingeniería Mecánica; Especialización En Gerencia De Mantenimiento; Director, Expedito Lozano Gómez.

ABSTRAC

Title: DESIGN OF A MANAGEMENT SYSTEM FOR THE PREVENTIVE MAINTENANCE OF ROTATING EQUIPMENT RATED 4.5MWH VERTICAL FRANCIS TYPE.*

Author: GUSTAVO EDUARDO FORERO MALDONADO**

KeyWords: MANAGEMENT, PREVENTIVE MAINTENANCE, TURBINE, FRANCIS

Subject Or Description:

The overall objective of this monograph work is the design of a management model for the management of preventive maintenance based on the PHVA cycle, which offers an alternative solution to the current problem of the maintenance of the APEH. Throughout the document are developed various techniques and maintenance management tools that allow you to align the actions of the group responsible for the maintenance towards closing the gap between maintenance of world class and the current status of the maintenance. One application practice management system, specifically aimed at the rotating equipment type vertical axis with rated power 4.5MWH Francis.

This monograph work starts by presenting the conceptual framework upon which this based study. Subsequently, in the second chapter, analyses the situation of the maintenance to the inside of the APEH and the factors that are influenced on. In the third chapter, develops the management model for maintenance management policies and plans of action for its implementation. The fourth chapter, provides a problem of practical application for which applies the PHVA cycle up to its planning and programming stage.

This monograph studies in depth, the subject of the PHVA cycle and its relationship to the maintenance of world class. It combines the process of maintenance management with the life cycle of the work order, establishing its main actors and their responsibilities within the process of maintenance. Proposed policies and guidelines for the implementation, control and maintenance. It presents a scheme of work that lets you normalize the definition of the elements that make up the program of planned maintenance. Presents performance indicators that allow effective control of maintenance and applies these techniques and concepts to the preventive maintenance of the turbine.

* Project Degree.

** Universidad Industrial De Santander; Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas; Escuela De Ingeniería Mecánica; Especialización En Gerencia De Mantenimiento; Director, Expedito Lozano Gómez.

INTRODUCCIÓN

La fusión de ESSA en 2009 con el grupo empresarial EPM, trajo consigo cambios significativos especialmente en la formulación de la estrategia de negocios para los años venideros. Esta situación impactó en igual forma a la estructura organizacional y a los procesos misionales, reorientándolos hacia su estandarización con los procesos de casa matriz, con el fin de lograr un lenguaje común alcanzando resultados y metas en conjunto. No ajeno a esta situación se encuentra cada departamento de mantenimiento al interior de ESSA, quienes deben implementar el modelo de gestión de mantenimiento de casa matriz. Esta situación impone cambios fundamentales en la manera de concebir, direccionar y ejecutar su gestión de mantenimiento, buscando siempre la viabilidad financiera.

El área de producción de energía hidráulica, APEH, emplea diversas técnicas de mantenimiento en sus activos. Sin embargo requiere explorar un espectro más amplio de técnicas de mantenimiento y definir las que mejor apliquen a los activos críticos y equipos redundantes con el fin de mejorar sus indicadores alcanzando con ello mejores resultados en su gestión de mantenimiento. Un insumo importante a obtener de las técnicas de mantenimiento es la información de las variables más relevantes de los equipos a través de las, cuales se podrá conocer el verdadero estado del equipo. El mantenimiento preventivo y correctivo debe nutrirse de la información de los sistemas de monitoreo de las plantas, de la información de las técnicas de mantenimiento predictivo y otras que son apropiadas para la detección y diagnóstico de fallas en los diferentes equipos con que cuenta el APEH.

En consecuencia el APEH requiere direccionar el “Saber Hacer” del mantenimiento por medio de la formulación de un nuevo modelo de gestión para la administración del mantenimiento que esté basado principalmente en tareas del tipo preventivo y predictivo pero que integre el esquema correctivo de tal forma

que permita alcanzar la sinergia necesaria para dar solución a los problemas existentes y preparar el terreno para atender los problemas futuros operando con la mayor rentabilidad posible.

El objetivo general de este trabajo de monografía se orienta al diseño del sistema de gestión de mantenimiento y a presentar su aplicación práctica enfocada a tareas de mantenimiento preventivo en los equipos rotativos tipo Francis de eje vertical con potencia nominal 4.5MWH.

1. EL MARCO CONCEPTUAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

1.1 INTRODUCCIÓN

Históricamente el mantenimiento ha evolucionado a través del tiempo, observándose diferentes enfoques de mejores prácticas en cada una de las épocas determinadas, hasta llegar a constituirse como una parte determinante de la cadena de valor de todo entorno productivo, integrando la base sobre la que se apoya el triángulo de la productividad, calidad y competitividad.

Hoy día, la gestión del mantenimiento supone no sólo una parte importante del presupuesto de las compañías, sino que además se hace fundamental para conseguir la eficiencia de los equipos y por tanto del proceso productivo, llevándola a sustituir los viejos valores por paradigmas de excelencia de mayor nivel. La gestión de la disponibilidad, la práctica de ingeniería de la confiabilidad, la gestión del activo y la medición de los indicadores de gestión; así como la reducción de los costos del mantenimiento, constituyen ahora los objetivos primordiales de los departamentos de mantenimiento.

Orientando los esfuerzos hacia la gestión del mantenimiento como un factor clave que tras su correcta definición y aplicación, permita alcanzar mejores índices de disponibilidad y confiabilidad de los equipos al tiempo que permita alcanzar las metas establecidas por el proceso productivo, las organizaciones tienen la tarea de organizar, gestionar, socializar, poner en operación y controlar las actividades del mantenimiento de manera que se maximice la utilización de los recursos y se alcancen los objetivos planteados dentro del marco de calidad y conservación del medio ambiente establecido. Esta tarea se cumple con la implementación de un sistema de gestión que se adapte a las características específicas del entorno y que una vez implementado sea evaluado y ajustado periódicamente a las

demandas y exigencias del mismo, a fin de que pueda hacerse efectivos los beneficios que aporta al proceso productivo de la organización.

Este capítulo está dedicado a definir los conceptos que son utilizados comúnmente en el diseño y configuración de modelos de gestión para la administración del mantenimiento.

1.2 LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

La gestión del mantenimiento¹ puede definirse como “La practica administrativa dirigida hacia el logro del uso efectivo y eficiente de los recursos materiales, económicos, humanos, de tiempo e información disponibles para alcanzar los objetivos del mantenimiento”.En este sentido, para que la gestión sea efectiva y eficiente, es necesario plantear estrategias de mantenimiento, enmarcadas dentro del contexto de Políticas del mantenimiento con el fin de dar un marco de referencia que permita orientar la toma de decisiones y la actuación de todos los involucrados en el proceso de mantenimiento.Una vez que se ha visualizado el proceso y definido las Políticas Específicas que lo norman, es necesario establecer lineamientos sobre la forma en que deben instrumentarse las mismas, requiriéndose para esto, su identificación dentro de los procesos de mantenimiento de segundo y tercer nivel. (Planeado – Correctivo – Inspecciones).

¹MORA GUTIÉRREZ, Alberto, Mantenimiento Industrial Efectivo,p.26 – 43, Segunda edición, Editorial Coldi, 2012

1.3 LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO

1.3.1 El Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo² es el tipo de mantenimiento que se realiza cuándo el equipo es incapaz de seguir operando debido a que sus sistemas o componentes están fallando o han fallado. Se identifican dos tipos de mantenimientos correctivos. El mantenimiento correctivo reactivo y el correctivo proactivo. El primero es quien reacciona ante una falla para su corrección inmediata, mientras que el segundo es quien reacciona ante un defecto detectado durante la ejecución de algún tipo de mantenimiento preventivo (inspección, predictivo) y para el cual aún no ha ocurrido el paro del servicio.

1.3.2 El Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo³ consiste en el reacondicionamiento o sustitución, a intervalos regulares de tiempo, de las partes mantenibles de un equipo o del equipo mismo, independientemente de su estado en ese momento.

También hace referencia al conjunto de acciones de mantenimiento que se realizan de manera cíclica sobre un activo fijo y que buscan conocer el estado general de un sistema, conjunto o componente del activo. En este caso, se contrasta la información resultante del mantenimiento con los registros de control históricos.

²MORA GUTIÉRREZ, Alberto, Mantenimiento Industrial Efectivo, p.426, Segunda edición, Editorial Coidi, 2012

³RENOVETEC, Colección mantenimiento industrial Volumen 3, Madrid, 2009

El mantenimiento preventivo se soporta en las recomendaciones del fabricante y la experiencia operacional, lo cual permite en forma coordinada su ejecución, en el momento más indicado.

1.3.3 El Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo⁴ tiene por objeto ejecutar inspecciones no invasivas a los equipos a intervalos regulares y con base en sus resultados tomar acciones dirigidas a la prevención de fallas funcionales. Se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción. Incluye la ejecución de inspecciones objetivas, realizadas con instrumentos e inspecciones subjetivas realizadas con base a los sentidos. Los controles para detectar las fallas antes de que sucedan pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo y sistemas productivos. Usa fundamentalmente instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como lo son los análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos y pruebas de diagnóstico, entre otras. Las variables que aportan mayor información sobre el estado del activo son: La amplitud de la vibración en el dominio de la frecuencia y el tiempo, la temperatura y los resultados físico químicos obtenidos del análisis de aceites, sin que ello indique que son las únicas variables a tener en cuenta en los análisis de mantenimiento predictivo.

1.3 LAS BASES DE DATOS DEL MANTENIMIENTO

Se identifican Once (11) elementos principales que componen la base de datos⁵ de un sistema de gestión de mantenimiento. Son estos:

⁴RENOVETEC, Colección mantenimiento industrial Volumen 3, Madrid, 2009

⁵ISO 14224:1999. "Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment".

- Maestro de activos: Base de datos para la descripción e identificación de los activos, sobre los cuales la compañía requiere hacer su gestión de mantenimiento.
- Lista de recursos. Base de datos donde se relacionan los recursos (Materiales, herramientas, recursos técnico y capacidad de trabajo) aplicados a tareas de mantenimiento específicas.
- Procedimientos SISO: Procedimientos, normas y lineamientos de seguridad industrial impresos en las ordenes de trabajo y de obligatorio cumplimiento para la ejecución del trabajo solicitado
- Procedimientos de mantenimiento: Protocolo donde se oficializa el paso a paso de la tarea de mantenimiento a ejecutar.
- Plan maestro de mantenimiento: Base de datos donde se identifican y orientan todas las intervenciones programadas para el área de mantenimiento y que servirá de base para generar las órdenes de trabajo de actividades programadas.
- Orden de trabajo Modelo (OTM): Orden de trabajo estándar predefinida para realizar el mantenimiento preventivo sobre cierto tipo de equipo, con una periodicidad o característica predeterminada.
- Ordenes de trabajo OT (programadas, no programadas y de ruta): Son documentos donde se identifican y registran la ejecución de las tareas programadas y no programadas, además de los servicios de apoyo.
- Registro de mediciones: Base de datos que contiene la información de medidores con los cuales se alimenta el plan de mantenimiento predictivo.

- Bases de datos de Rutinas: Actividades de Mantenimiento que se efectúa sobre un activo (equipo) con una periodicidad o frecuencia definida.
- Bases de datos de reportes de fallas: Bases de datos con la definición de las fallas, modos de falla, causa básica y raíz para cada evento que causa indisponibilidad al equipo.
- Registro de tiempo medio entre fallas y tiempo medio de reparación: Registros de tiempos de ejecución del mantenimiento.

1.5 INDICADORES DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Los indicadores de gestión⁶ son herramientas matemáticas con las cuales se mide la eficacia y/o la eficiencia de un proceso o de un sistema con referencia a una norma, un plan o a un objetivo, aceptado dentro del marco estratégico de la compañía. Los indicadores se seleccionan según sea el objetivo que se desea reflejar. Los indicadores pueden ser de: Volumen de producción, Efectividad del mantenimiento o simplemente indicadores relevantes para el mantenimiento. Algunos ejemplos de los indicadores más comunes son: Efectividad global del equipamiento, Tasa de disponibilidad neta, Tasa de ejecución, Tasa de calidad, MTBF (tiempo medio entre fallas), Número de paradas que causan detención de la producción, MTTR (tiempo medio para la reparación), Disponibilidad, Tasa de mantenimiento preventivo, Tasa de realización de las actividades de mantenimiento preventivo.

⁶MORA GUTIÉRREZ, Alberto, Mantenimiento Industrial Efectivo,p.470, Segunda edición, Editorial Coldi, 2012

1.6 LA GESTION DE ADMINISTRACIÓN DEL ACTIVO

La gestión de administración de los activos fijos, propende por reflejar la situación real de los bienes dentro de la compañía. Sus esfuerzos se orientan a definir aspectos tales como: El levantamiento del inventario de los bienes de la compañía determinando su ubicación física y asignándoles sus centros de costo. Definir y aplicar las amortizaciones y sus componentes de valor según sus diferentes vidas útiles y determinar sus valores residuales, entre otros.

Al considerar la gestión integral de los activos fijos, salta a la vista que los departamentos de Finanzas y Mantenimiento trabajan sobre los activos fijos de la compañía. Finanzas trabaja sobre todos ellos pero Mantenimiento trabaja sobre los que están incorporados en los planes de mantenimiento, de hecho son los más relevantes en valor. Sin embargo, habitualmente la estructura de ambas bases de datos es diferente, no permitiendo que un sector le informe al otro los cambios que ocurren a lo largo de la vida útil de cada bien (altas, bajas, transferencias). En consecuencia, para lograr una correcta administración de la gestión del activo se debe lograr como primer objetivo, que exista total unificación de criterios entre los departamentos de Finanzas y Mantenimiento, a fin de construir una única estructura de bases de datos adaptada para satisfacer las necesidades propias de cada sector. De esta forma se establece la sinergia necesaria para que ambos sectores trabajen de forma sincronizada permitiendo que cada uno pueda comunicar los cambios requeridos a lo largo de la vida útil de cada bien.

El beneficio que esta práctica tiene para Finanzas es contar con una base de activos fijos permanentemente actualizada y confiable y por ende lograr la reducción sensible de los costos de control y auditoría sobre el activo fijo. El beneficio para Mantenimiento es imputar todos los costos incurridos con la misma clasificación que Finanzas, y obtener información confiable para decidir cuándo se justifica reemplazar cada bien por uno nuevo en vez de continuar reparándolo.

El resultado esperado para Mantenimiento, en la ejecución de una adecuada administración del activo, es el poder contar con una gestión coordinada e integrada, con uniformidad de criterios de información en las bases de datos que permita una rápida clasificación e identificación de los activos, facilitando su gestión de mantenimiento.

1.7 EL CICLO PHVA

El ciclo PHVA⁷ es un ciclo dinámico que puede ser empleado dentro de los procesos de la organización. Es una herramienta de simple aplicación y, cuando se utiliza adecuadamente, puede ayudar mucho en la realización de las actividades de una manera más organizada y eficaz. Por tanto, adoptar la filosofía del ciclo PHVA proporciona una guía básica para la gestión de las actividades y los procesos, la estructura básica de un sistema, y es aplicable a cualquier organización.

A través del ciclo PHVA la empresa planea, estableciendo objetivos, definiendo los métodos para alcanzar los objetivos y definiendo los indicadores para verificar que en efecto, éstos fueron logrados. Luego, la empresa implementa y realiza todas sus actividades según los procedimientos y conforme a los requisitos de los clientes y a las normas técnicas establecidas, comprobando, monitoreando y controlando la calidad de los productos y el desempeño de todos los procesos clave. Luego, se mantiene esta estrategia de acuerdo a los resultados obtenidos, haciendo girar de nuevo el ciclo PHVA mediante la realización de una nueva planificación que permita adecuar la Política y los objetivos de la Calidad, así como ajustar los procesos a las nuevas circunstancias del mercado. De manera resumida, el ciclo PHVA se puede describir así:

⁷Ciclo PHVA, <http://nolimitsquality.blogspot.com/2009/11/el-ciclo-phva.html>

- Planificar: Establecer los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados, de conformidad con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Hacer: Implementar procesos para alcanzar los objetivos.
- Verificar: Realizar seguimiento y medir los procesos y los productos en relación con las políticas, los objetivos y los requisitos, reportando los resultados alcanzados.
- Actuar: Realizar acciones para promover la mejora del desempeño del (los) proceso(s).

El ciclo PHVA significa actuar sobre el proceso, resolviendo continuamente las desviaciones a los resultados esperados. El mantenimiento y la mejora continua de la capacidad del proceso pueden lograrse aplicando el concepto de PHVA en cualquier nivel de la Organización, y en cualquier tipo de proceso, ya que está íntimamente asociado con la planificación, implementación, control y mejora del desempeño de los procesos. Es aplicable tanto en los procesos estratégicos de la Alta Dirección como en las actividades operacionales más simples.

La adopción del ciclo PHVA promueve que la práctica de la gestión vaya en pro de las oportunidades para que la organización mejore el desempeño de sus procesos y para que mantenga los clientes actuales y consiga nuevos clientes. Una vez identificada un área de oportunidad, se puede planificar el cambio y llevarse a cabo. Luego se verifican los resultados de la implementación de tal cambio y, según estos resultados, se actúa para ajustar el cambio o para comenzar el ciclo nuevamente mediante la planificación de nuevos cambios

2. EL NEGOCIO DE GENERACIÓN DE ENERGIA HIDRAULICA

2.1 RESEÑA HISTORICA DEL NEGOCIO DE GENERACIÓN DE ENERGIA HIDRAULICA

La Electrificadora de Santander S.A. ESP es una empresa de capital mixto, filial del grupo empresarial EPM, dedicada a la prestación de los servicios públicos de generación, distribución, transmisión, comercialización de energía y actividades conexas, en 87 municipios del departamento de Santander, 2 municipios del departamento del Cesar, 2 municipios del departamento de Bolívar y 1 municipio del departamento del Norte de Santander. Sus productos y servicios están dirigidos a todos los estratos residenciales y a los sectores comercial, industrial, oficial, alumbrado público, en las modalidades regulada y no regulada. Para desarrollar su objeto social y satisfacer a sus grupos de interés, ESSA debe desarrollar, en el ámbito de su planeación anual de negocios, una infraestructura que le permita cumplir con los estándares de calidad y con las demás normas técnicas y regulatorias establecidas por las autoridades competentes.

ESSA es una compañía que tiene como objetivo principal generar valor agregado crecimiento con rentabilidad. El fortalecimiento tecnológico le permite optimizar los procesos asociados con la atención a sus clientes. ESSA obtuvo con éxito la certificación de la calidad NTO ISO 9001:2000.

En las décadas de 1920 y 1930 funcionaron de manera aislada y por iniciativa privada diversas plantas hidroeléctricas y otras con motores Diesel que brindaban el servicio a 27 municipios de los 73 que posee el departamento de Santander. En la década de 1930 se construye de central hidroeléctrica de Zaragoza que resuelve gran parte de las necesidades energéticas de Bucaramanga. En 1941 se construye la central hidroeléctrica del Rio Lebrija S.A. constituyéndose como la primera empresa en Colombia del sector eléctrico creada con asocio de la Nación,

el departamento y el municipio. Para abastecer a las provincias, se construyen las centrales de Guepsa y Cascada en San Gil y la Cómoda en Barbosa. El 21 de Julio de 1975 se consolida ESSA como la empresa que hoy se conoce, al incluir todas las centrales hidroeléctricas del departamento dentro de una sola compañía. Desde ese momento la compañía avanza de manera importante ampliando la cobertura del servicio e implementando la infraestructura requerida para dicha ampliación. En Febrero de 2009, ESSA pasa a formar parte del grupo empresarial EPM.

2.2 MISION Y VISION

2.2.1 Misión

Participar en negocios del sector energético con tecnología, efectividad, calidad y rentabilidad para el engrandecimiento y bienestar de nuestros clientes, empleados y accionistas. Somos un factor de progreso de la región y del país, haciendo el mejor aprovechamiento de los recursos, preservando el medio ambiente y su desarrollo sostenible.

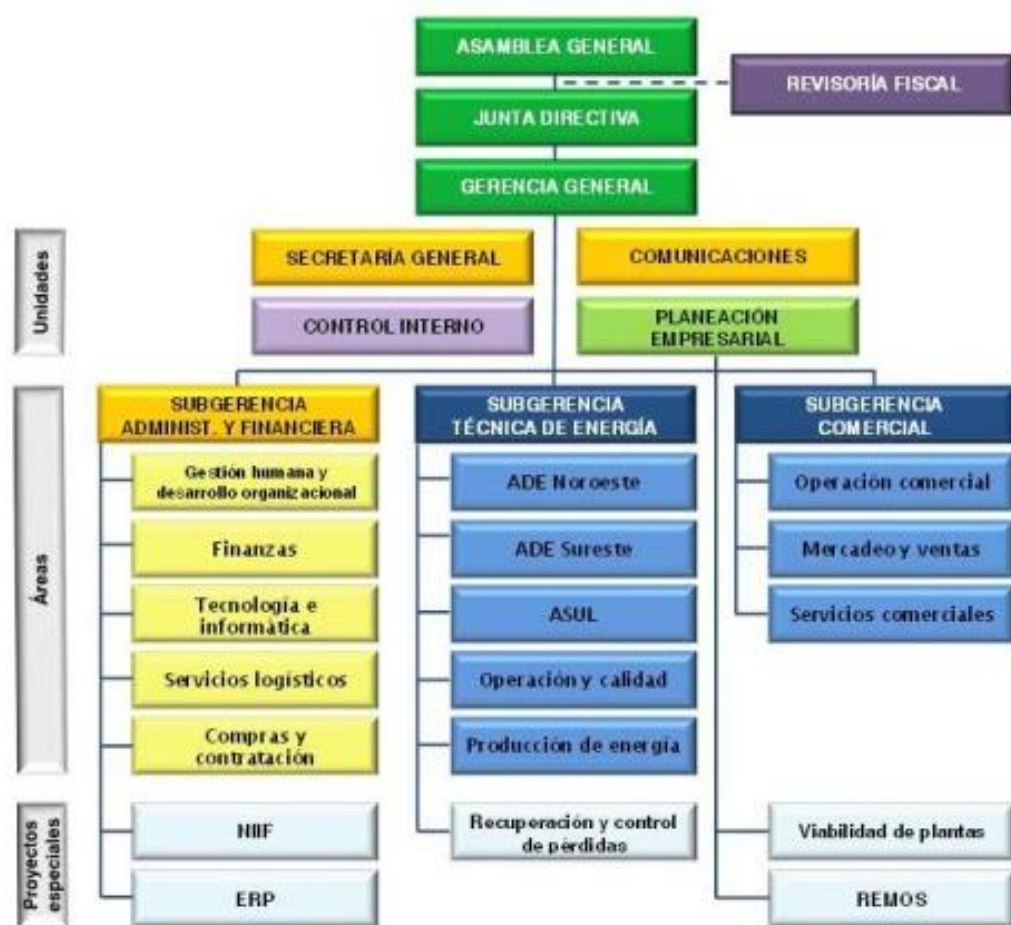
2.2.2 Visión

La Electrificadora de Santander S.A. ESP será una empresa competidora en los mercados en que participe, modelo en el sector energético por su orientación al cliente, a la creación de valor para sus accionistas y en el uso de las mejores prácticas de gestión. Como consecuencia en el 2010, su rentabilidad deberá superar el costo de capital.

2.3 ASPECTOS GENERALES DEL NEGOCIO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

La figura 1 presenta la estructura organizacional de la compañía. En ella se distinguen Tres (3) subgerencias principales Administrativa y financiera, Comercial y Técnica de energía.

Figura 1. Estructura Organizacional de ESSA



Fuente: Plan de Negocios ESSA 2011 - 2020

La subgerencia técnica de energía integral las áreas de negocio ADE Noroeste, ADE Sureste, ASUL, Operación y calidad y el Área de producción de energía. De esta última, hace parte el negocio de producción de energía que a su vez se

dividen el área de producción de energía hidráulica y el área de producción de energía térmica.

La producción conjunta promedio anual de energía corresponde a 251 GWh/año. Las centrales hidráulicas cuentan con una capacidad instalada igual a 24MW, distribuida en las centrales hidroeléctricas de Palmas, La Cascada, Zaragoza, Servitá y Calichal. Todas estas centrales son calificadas como menores y están por fuera del despacho del CND. Las centrales térmicas cuentan con una capacidad instalada igual a 103MW, de los cuales 90MW se encuentran instalados en la central Termo barranca y en prestación directa de servicio de energía para la refinería de Ecopetrol y los 13MW restantes se encuentran disponibles en la central térmica del Palenque.

2.3.1 El Sistema de Generación Hidráulica

Actualmente el área de producción de energía hidráulica opera las centrales hidroeléctricas de Palmas y Cascada. Las centrales hidroeléctricas de Zaragoza, Calichal y Servitá se encuentran en proceso de cierre. La Tabla 1 presenta la descripción general de estas centrales.

Tabla 1. Descripción General Centrales Hidroeléctricas ESSA

CENTRAL HIDROELECTRICA	UNIDADES	CAPACIDAD EFECTIVA, (KW)	AÑO ENTRADA EN OPERACION	UBICACIÓN
CENTRAL PALMAS	1	4060	1954	LEBRIJA
	2	4060	1954	LEBRIJA
	3	4060	1960	LEBRIJA
	4	4060	1960	LEBRIJA
CENTRAL CASCADA	1	350	1953	SAN GIL
	2	237	1953	SAN GIL
	3	216	1953	SAN GIL

CENTRAL HIDROELECTRICA	UNIDADES	CAPACIDAD EFECTIVA, (KW)	AÑO ENTRADA EN OPERACION	UBICACIÓN
	4	1200	1956	SAN GIL
	5	1200	1960	SAN GIL

Fuente: Plan de Negocios ESSA 2011 - 2020

2.4 LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE PALMAS

Esta sección está dedicada a la descripción general de la central hidroeléctrica de Palmas. Se inicia describiendo los procesos y los activos que componen la central, para continuar presentando la jerarquía general de sus activos y finalizar la sección presentando las fichas de características técnicas y los datos suplementarios del Turbo Grupo, Generador y Turbina. Se enfoca la atención sobre estos equipos ya que sobre ellos se aplica el modelo administrativo de gestión de mantenimiento propuesto.

2.4.1 Descripción del Proceso Productivo de la Central

La central hidroeléctrica de Palmas está localizada en el departamento de Santander sobre la margen izquierda del río Lebrija, a la altura del corregimiento de Bocas. Cuenta con un embalse con capacidad de almacenamiento de 65.000m³ de agua, del cual se capta un caudal aproximado de 14,0m³/s destinados a la producción de energía. El caudal medio del río es de 24,37 m³/s y presenta un caudal máximo de 43,7 m³/s. La bocatoma del sistema está ubicada alrededor de la cota 517,50 msnm y su descarga en la cota 356,50 msnm para un salto bruto de 161 m y un salto neto de 122 m, aproximadamente. La central tiene capacidad neta efectiva de 14MWH. La central cuenta con Cuatro (4) unidades generadoras de eje vertical tipo Francis con capacidad nominal 5,6MVA para una potencia neta de 14MW.

La cuenca mayor del río Lebrija la conforman las áreas de drenaje de los ríos Oro, Suratá, y Negro y de las quebradas La Angula y Honda. Los tres (3) primeros ríos mencionados conforman la cuenca tributaria hasta el sitio de Bocas con un área de 1.565 kilómetros cuadrados dentro de los cuales se encuentran las cabeceras municipales de Bucaramanga, Girón, Floridablanca, Piedecuesta, Rionegro, Lebrija, Matanza, Suratá, Charta, Tona, Vetas y California.

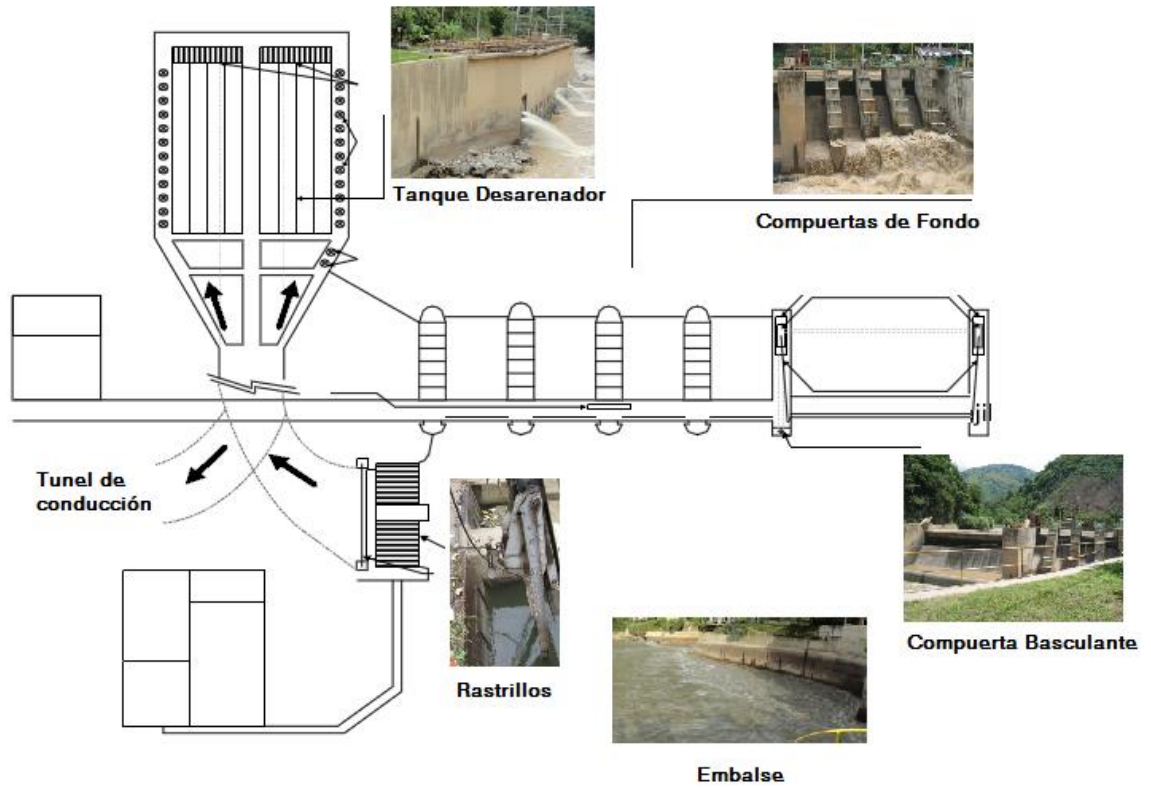
La central hidroeléctrica de Palmas está dividida administrativamente en Cuatro (4) secciones principales: Almacenamiento, Conducción, Conversión y Transformación.

La sección Almacenamiento está conformada por: El sistema de Captación, el sistema Alivio y regulación de caudal y el sistema de Limpieza primario y secundario. Sus límites físicos están definidos desde la presa hasta la salida del agua por las rejas coladeras ubicadas en el tanque desarenador. La sección Conducción está conformada por el sistema de Conducciones y el sistema Casa de Válvulas. Sus límites físicos están definidos desde las rejas coladeras en el tanque desarenador hasta la tubería de captación del caracol en cada una de las unidades generadoras. Comprende el túnel de conducción, la casa de válvulas, las tuberías de carga y el conjunto de válvulas esféricas y orificios compensadores de cada unidad generadora. La sección Conversión está conformada por el sistema de conversión de energía y comprende las turbinas, los reguladores hidráulicos, los generadores y los equipos auxiliares y periféricos asociados. La sección Transformación está conformada por el sistema de transformación y comprende todos los equipos de transformación y distribución dispuestos en la subestación y su cuarto de control.

La figura 2 representa esquemáticamente la sección Almacenamiento. Por su parte, la figura 3 representa esquemáticamente las secciones Conducción y Conversión. La sección transformación no se encuentra representada. En

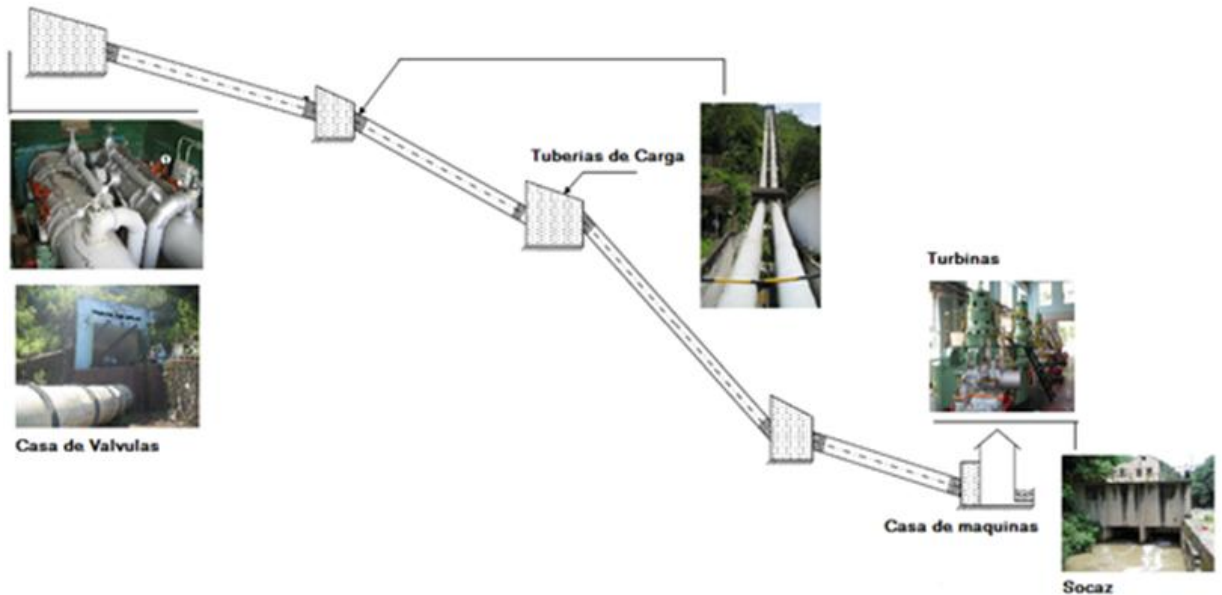
secciones precedentes se describe de manera básica los activos que componen cada sección.

Figura 2. Sección Almacenamiento, Central Hidroeléctrica Palmas



Fuente: Autores

Figura 3. Sección Conducción Y Conversión Central Hidroeléctrica Palmas



Fuente: Autores

2.4.2 Descripción General de las Obras Civiles de la Central Hidroeléctrica Palmas

2.4.2.1 Descripción General de Obras Civiles Almacenamiento

La sección almacenamiento está compuesta por las siguientes obras civiles: Presa, Estructura de Captación y el Tanque Desarenador. En esta sección se describe de manera general las características de cada una de estas obras.

- La Presa. Estructura de retención que corresponde a una pequeña presa en concreto, con altura aproximada de 10m y 54m de longitud, que genera un embalse de regulación con capacidad de 185000 m³ y un volumen neto aprovechable de 140000 m³. Esta sección se conoce como la presa de Bocas. Sobre la cresta del azud, en la derecha de la estructura, se encuentra instalada una compuerta del tipo basculante de 29 m de longitud y 2.50 m de

altura. Esta compuerta se encuentra normalmente cerrada para aumentar la capacidad del embalse y se abre durante crecientes para permitir el paso del caudal excedente. En la zona de la izquierda de la presa, sobre una longitud de 25m, se encuentra adosadas a la estructura, Cuatro (4) compuertas de descarga de fondo de 3m de ancho y 2 m de altura. Estas compuertas se encuentran normalmente cerradas y en posición vertical. Las compuertas de fondo tiene como función regular el nivel del embalse durante crecientes y facilitar la limpieza del vaso de la presa.

- Estructura De Captación. Estructura provista de dos módulos de rejas coladeras de 4,50m de ancho y 3,0m de alto. Esta estructura cuenta con un equipo limpia rejas. Esta estructura permite el ingreso del agua al Tanque Desarenador. El caudal admitido al Tanque Desarenador puede ser cortado gracias a una compuerta de accionamiento mecánico dispuesta entre la estructura de captación y el Tanque Desarenador.
- Tanque Desarenador. Estructura ubicada al margen izquierdo del rio Lebrija. Consiste en un tanque multicámara tipo colmena de paneles perforados con disposición longitudinal. Al interior y en el fondo del tanque se dispone de tolvas que reciben el sedimento y lo disponen en celdas de lodos de donde es evacuado. El tanque desarenador tiene una longitud de 40m, 12 m de ancho y 6m de altura. El tanque cuenta con válvulas para la descarga de los lodos. En total se cuenta con 24 válvulas de descarga y 2 válvulas principales. Al final del tanque desarenador y en el límite con la sección conducción se encuentran ubicada rejas coladeras y equipos limpia rejas. Estas rejas tiene como fin minimizar la cantidad de los sólidos que puedan llegar a las unidades de generación.

2.4.2.2 Descripción General de Obras Civiles Conducción

La sección conducción está compuesta por las siguientes obras civiles: Túnel de conducción y la casa de válvulas. En esta sección se describe de manera general las características de cada una de estas obras.

- **Túnel De Conducción.** Es una estructura excavada en roca sedimentaria con un diámetro interior medio de 2,40m y longitud de 7600m aproximadamente con pendiente del 0,3%. El túnel se encuentra revestido en diferentes tramos con lámina de acero. En sus últimos 214m de longitud, el túnel se encuentra blindado con tubería de acero de 2,40m de diámetro embebida en el concreto. Lo anterior tiene como objeto evitar filtraciones hacia la superficie del terreno. Al finalizar este tramo, el túnel bifurca hacia dos (2) tuberías de carga. El túnel cuenta con una almenara, la cual está ubicada al inicio de este, contiguo al cuarto de control de la represa de Bocas. Esta almenara se encuentra revestida en concreto y tiene un diámetro de 4m y longitud de 34m.
- **Casa de Válvulas.** Estructura que alberga las válvulas destinadas a la operación, mantenimiento y protección de las tuberías de carga y que permiten el corte del flujo cuando sea necesario.

2.4.2.3 Descripción General de Obras Civiles Conversión

La sección conversión está compuesta principalmente por la casa de maquinas y las obras civiles de protección de la misma.

- **Casa de maquinas.** Consiste en una estructura superficial de 13m de ancho y 30m de longitud, orientada en forma paralela a la quebrada La Angula por la margen derecha de esta, antes de la confluencia con el rio Lebrija. La edificación alberga las cuatro unidades generadoras, los equipos auxiliares, la

sal de montaje y de mantenimiento, la oficina y la sala de control. La edificación incluye tres pisos principales que son: El piso turbina, el piso generador y el piso sala de control. También cuenta con ductos de descarga y el socaz.

- Obras civiles de protección. Muro de protección en concreto reforzado para protección contra avalanchas y crecientes.

2.4.3 Descripción General de los Equipos Hidromecánicos de la Central Hidroeléctrica Palmas

2.4.3.1 Descripción General de Equipos Hidromecánicos Almacenamiento

La sección almacenamiento está compuesta por los siguientes equipos: Compuerta basculante, compuertas de fondo, equipos limpia rejillas, compuertas de corte, equipos periféricos y auxiliares.

- Compuerta Basculante. Compuerta oscilante metálica entamborada operada de forma automática por medio de flotadores. Longitud 30m y altura 2,50m. Su operación obedece al caudal suministrado por el río Lebrija y al volumen de agua existente en el vaso de la represa. La función de esta compuerta es la de crear la cabeza hidráulica necesaria en el vaso de la represa para permitir la correcta operación de la central. Otra función de esta compuerta es la regulación del nivel del embalse y protección de las obras de almacenamiento durante crecientes.
- Compuertas De Fondo No.1, No.2, No.3 y No.4. Equipos del tipo compuerta deslizante vertical y de baja velocidad operadas por moto reductores. Se destinan para la ejecución de purgas y para la limpieza del vaso de la represa. Su operación obedece a un protocolo de obligatorio seguimiento activado durante crecientes o situaciones adversas en la presa. También son utilizadas

como medio de protección de la estructura civil de la represa durante las temporadas de crecientes operando como compuertas aliviadoras

- Equipos Limpia Rejas. Equipo electro hidráulico destinado a la limpieza de las rejas coladeras. Se compone de un sistema de brazos deslizantes impulsados por un sistema de potencia y control hidráulico. Se cuenta con Dos (2) grupos de equipos limpia rejas ubicados en la captación principal y en el Tanque Desarenador respectivamente.
- Compuerta de Corte. Equipos del tipo compuerta deslizante vertical y de baja velocidad operadas por moto reductores. Utilizada para corte de caudal de entrada al tanque desarenador.
- Compuertas en Tanque Desarenador. Compuertas auxiliares de purga de lodos ubicadas en las galerías del tanque desarenador. Se destinan para ser operadas secuencialmente durante tiempos definidos con el fin de extraer lodos y mantener la eficiencia de separación de sólidos en el Tanque Desarenador.

2.4.3.2 Descripción General de Equipos Hidromecánicos Conducción

La sección conducción está compuesta por los siguientes equipos: Tuberías de carga, válvulas de aireación, válvulas de alivio alta baja presión, válvulas mariposa, válvulas esféricas y válvulas de alivio tipo Orificio compensador y los equipos periféricos y auxiliares asociados.

- Tuberías De Carga. Conjunto de tuberías para conducción de agua de proceso. La central cuenta con Dos tuberías de carga de 440m de longitud divididas en dos tramos. El primer tramo con longitud de 320m, tiene un espesor nominal de pared de 9mm y un diámetro interno de 1.50m, mientras

que el segundo tramo con longitud 120m, tiene un espesor nominal de pared de 15mm y un diámetro interno de 1.30m. Las tuberías de carga están construidas en lámina de acero A 283 Grado C. Cada tubería de carga alimenta a Dos (2) unidades generadoras. Las tuberías están simplemente apoyadas en silletas de concreto. Las silletas conforman un sistema único de apoyo firmemente apoyado y anclado en el suelo. Cada tubería cuenta con Tres (3) Manhole de inspección y Tres (3) Juntas de expansión.

- Válvulas Mariposa. Válvulas tipo lenteja de diámetro 1.20m destinadas a la protección de las tuberías de carga y a la puesta en seguridad del sitio de trabajo durante el mantenimiento de las tuberías o de los equipos instalados aguas abajo.
- Válvulas de Aireación. Válvulas de diafragma y sistema de balance que permite la entrada o salida del aire durante los procesos de llenado o vaciado de las tuberías de carga. Son equipos de protección por baja presión o vacío con sistemas de disparo automático y manual.
- Válvulas de alta – baja presión. Válvulas de seguridad tipo obturador esférico encargadas de evitar la despresurización de la tubería en los eventos de llenado y vaciado de la tubería.
- Válvulas esféricas. Válvulas de corte y protección, de disparo automático, por operación bajo condición anómala del turbo grupo. Son válvulas de obturador esférico de 700mm de diámetro y diseñadas para operar bajo 150m de cabeza de presión, mca.
- Válvulas De Alivio Por Sobre Presión, Orificio Compensador. Válvulas de alivio por golpe de ariete instaladas a la entrada del caracol en desviación paralela.

La presión positiva de cierre está dada por el sistema hidráulico de regulación del turbo grupo.

2.4.3.3 Descripción General de Equipos Hidromecánicos Conversión

La sección conversión está compuesta por los siguientes equipos: Regulador hidráulico, turbina, generador y los equipos periféricos y auxiliares asociados.

- Regulador De Velocidad. Equipo de regulación de velocidad del turbo grupo provisto de un sistema de regulación y control de apertura proporcional para el distribuidor controlado remotamente desde el tablero de control. El regulador electrónico es del tipo controlador electrónico PID modelo MIPREG 520/S de Hydrovevey.
- Turbina. Turbina tipo Francis de eje vertical de potencia nominal 4500KW, salto bruto 161m, 720 rpm.
- Generador. Generador síncrono de potencia aparente 5600KVA, 720 rpm, 10 polos.

2.4.3.4 Descripción General de Equipos Electromecánicos Transformación

La sección conversión está compuesta por los siguientes equipos: Equipos subestación.

Los circuitos de salida de los generadores se conectan directamente a cuatro transformadores de potencia instalados en la subestación a 34.5KV, uno por cada unidad generadora. La subestación es del tipo convencional provista con transformadores de potencia, interruptores, seccionadores, transformadores de corriente y de potencial, pararrayos y barraje a 34.5KV.

2.4.4 Árbol Jerárquico de Activos de la Central Hidroeléctrica Palmas

El anexo Presenta la estructura jerárquica de activos central hidroeléctrica palmas, construidoadoptando la división administrativa realizada sobre la central.La estructura jerárquica es presentada siguiendo el orden secuencial del proceso de generación de energía eléctrica.En ella se desagregan los activos padres hasta alcanzar un nivel óptimo con el cual se facilite la planeación, programación y el costeodel mantenimiento, al tiempo que se permitallevar el historialtécnicoal nivel adecuado.El árbol jerárquico de activos alcanza el sexto nivel de desagregación. Siendo el primer nivel la central hidroeléctrica, el segundo nivel identifica a la división administrativa de la central, el tercer nivel corresponde a los equipos y obras civiles principales que componen cada sección, el cuarto nivel hace referencia a sistemas y equipos prioritarios, el quinto nivel identifica a activos hijos del cuarto nivel y el sexto nivel corresponde a la partes, piezas o equipos producto de la subdivisión de aquellos activos hijos.Acompaña a esta desagregación la descripción básica del activo, descripción que se construye con ayuda del nombre del activo seguido de un elemento calificador que puede ser su función, uso o atributo.

2.4.5 Placas de Características Técnicas del Turbo Grupo

La central hidroeléctrica de Palmas cuenta con Cuatro (4) Turbo grupos tipo Francis de eje vertical de similarescaracterísticas. Los anexos B y C presentan las placas de características técnicas y la información técnica suplementaria para la turbina y del generador síncrono, respectivamente.

2.4.6 Hidrología del Rio Lebrija

La central hidroeléctrica de Palmas aprovecha las aguas del rio Lebrija a una altitud de 520 msnm y dispone de un embalse regulador conformado por la

presa Bocas y sus obras civiles asociadas. El proyecto Palmas cuenta con un caudal medio adoptado⁸ que asciende a 24,4m³/s. Este valor resulta del promedio de los caudales calculados según los métodos de balance hídrico, el método de regionalización y el método de transferencia de caudales. Se encuentra que la distribución de los caudales medios en el sitio del proyecto es del tipo bimodal, observándose valores máximos de 35,21m³/s y mínimos de 17,49m³/s, lo que implica un rendimiento de 15,57 l/s/km². Los valores medios del caudal del río Lebrija contrastan con el caudal requerido para producción a plena carga 14m³/s. En conclusión el proyecto tiene un caudal de diseño con probabilidad de excedencia del 70%, lo que indica que la central puede operar a plena capacidad durante al menos 256 días al año.

La cuenca del río Lebrija corresponde a un área de 1268km². La cuenca ha sufrido en los últimos años los efectos de la deforestación y del vertimiento de aguas de desecho e industriales, lo que se refleja en una mayor concentración de sólidos suspendidos y sustancias corrosivas en el agua. Teniendo en cuenta el área de drenaje hasta el sitio de la captación del proyecto, se obtiene un estimativo del transporte anual de sedimentos en suspensión correspondiente a 193970 Toneladas, lo que equivale a 149200m³ considerando un peso específico del sedimento de 1,3t/m³. De esta forma, el aporte medio diario al embalse corresponde entonces a 408m³. Este valor permitiría al embalse alcanzar su colmatación en 15 meses. Sin embargo, esta situación se aleja de lo real dado que los sedimentos presentan mayor tasa de deposición tras la aparición de eventos extremos de caudal. Para contrarrestar el efecto negativo que sobre las obras civiles y los equipos electromecánicos de la central, tiene la alta concentración de sólidos suspendidos en el agua, en la actualidad se programa la ejecución de limpiezas del vaso del embalse cada tres meses. Sin embargo, el tiempo de ejecución de los trabajos de remoción de sedimentos no puede extenderse lo

⁸ INTEGRAL INGENIEROS CONSULTORES, INFORME FINAL DE VIABILIDAD CENTRAL PALMAS, Pagina 55, Octubre de 2011.

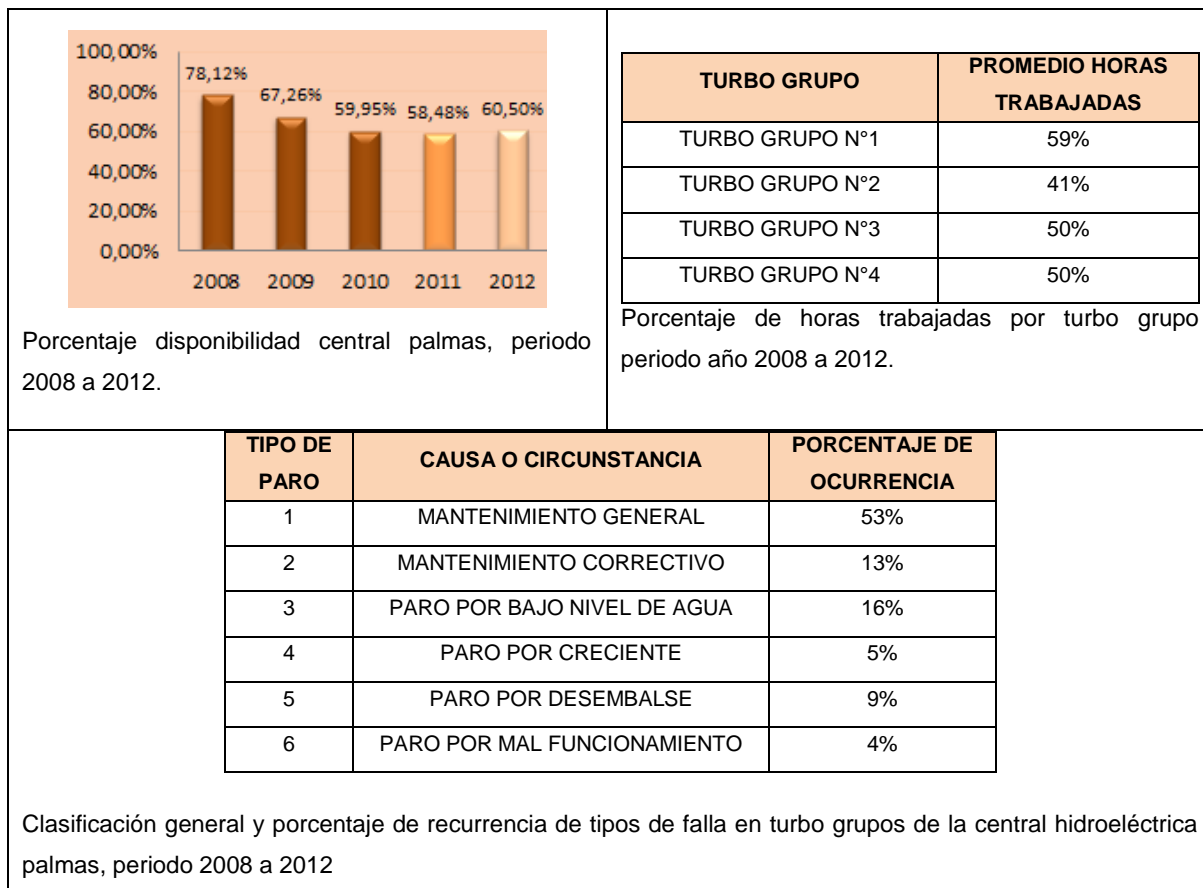
suficiente como para lograr la limpieza total del vaso, debido principalmente a la confluencia de factores sociales, bióticos, hidrológicos, ambientales y económicos; Razón por la cual la rata de colmatación del vaso del embalse ocurre cada vez con mayor rapidez permitiendo que la central opere durante algún tiempo casi “A filo de agua”. Esto trae como consecuencia que el tanque desarenador no pueda trabajar a su eficiencia de diseño y permita con ello, el paso de sólidos en suspensión hacia los equipos electromecánicos, lo que repercute en la variación de los periodos de tiempo destinados entre la ejecución de los mantenimientos mayores en los turbo grupos.

2.4.7 La Disponibilidad de los Activos

En esta sección se presenta el resultado del análisis documental efectuado sobre los eventos ocurridos en el periodo comprendido entre los años 2008 y 2012, que ocasionaron paro a los turbo grupos de la central hidroeléctrica Palmas. La figura 4 presenta el resumen del análisis realizado. En ella se destacan diferentes situaciones:

- Las causas de las fallas que dan origen al paro de los turbo grupos no aparecen claramente definidos ni normalizadas en su descripción, lo que dificulta su análisis y la definición del modo de falla, su causa básica y causa raíz.
- No se define el ítem mantenible que falla. Lo anterior dificulta realizar trazabilidad a los elementos que presentan mayor frecuencia de falla.
- Los paros de equipos por eventos externos representan un bajo porcentaje respecto a los paros debidos a la ejecución de mantenimientos.
- Se observa un alto porcentaje de indisponibilidad de activos.

Figura 4. Índice De Disponibilidad Histórico Central Hidroeléctrica Palmas, Periodo 2008 A 2012



Fuente: Registros Históricos Índice Indisponibilidad Centrales Periodo 2008 - 2012

2.4.8 El modelo actual de gestión para la administración del mantenimiento planeado

En esta sección se presenta el actual modelo administrativo para la gestión del mantenimiento aplicado en el área de producción de energía hidráulica. Se describe en detalle los aspectos más relevantes del modelo, estableciendo sus fortalezas y debilidades.

2.4.8.1 Administración de la planeación y programación del mantenimiento

- Solicitud de la Orden de Trabajo. La solicitud de trabajo requiere para su perfeccionamiento del diligenciamiento de campos establecidos en el formato físico impreso de la OT. Estos campos corresponden al nombre de la central hidroeléctrica, el turbo grupo y el equipo a intervenir. También se especifica la fecha de solicitud y el motivo por el cual se solicita el trabajo. El control de recepción y aprobación de las solicitudes de trabajo se hace manualmente por medio del auxiliar técnico de mantenimiento quien redirige las solicitudes hacia la ruta de aprobación responsable del mantenimiento solicitado. Sin embargo, no están establecidos mecanismos de control que permitan validar históricamente la repetición de solicitudes de trabajo. Durante su recepción, las solicitudes de trabajo se clasifican según el tipo de solicitud y trabajo a ejecutar. El mecanismo que soporta este proceso es manual y a criterio del auxiliar. No se han implementado sistemas informáticos que permitan apoyar esta labor.
- Planeación del mantenimiento. Las órdenes de trabajo se clasifican según el tipo, la especialidad y el grado de dificultad del trabajo a realizar. Se realiza la secuenciación de los trabajos planeados según la prioridad de los mismos. No se ha construido una base de datos que permita definir, presupuestar, alistar y, asegurar los recursos materiales y de mano de obra necesarios para la ejecución de los trabajos planeados. Sin embargo se cuenta con bases de datos de referencias de repuestos para cada ejecutar las tareas de mantenimiento preventivo en cada uno de los turbo grupos. Durante la etapa de planeación, se establece, de manera aproximada, el tiempo que debe ser asignado para la ejecución de cada trabajo de mantenimiento. No obstante no se cuenta con registros históricos ni bases de datos que permitan llevar su trazabilidad. La información utilizada en la planeación de las actividades proviene en gran medida de la experiencia personal de quienes planean. La

información y bases de datos disponibles se encuentran en formatos físicos. Las bases de datos magnéticas son insipientes y escasas.

- Programación del mantenimiento. No se cuenta con procedimientos escritos de ejecución de trabajos. La ejecución del trabajo es dirigida por el técnico experto en el área específica. El personal técnico cuenta con limitada experiencia en campos específicos lo que limita la efectividad de la programación de trabajos. Lo anterior obliga a depender del personal experto. Sin embargo, se adelanta un proceso de transferencia de conocimiento orientado a llenar el vacío existente. Se cuenta con procedimientos para el pedido de materiales, despachos del almacén y protocolos para la administración de bienes muebles en bodega.
- Calendarios y pronósticos. Se cuenta con estadísticas de ejecución de los diferentes tipos de mantenimiento preventivo y correctivo planeado. El mantenimiento correctivo está documentado de forma global, rescatable únicamente bajo la búsqueda por turbo grupo o por central hidroeléctrica sin permitir la discriminación por tipo de intervención y/o parte mantenible intervenida. La efectividad del registro estadístico del mantenimiento se ve afectada debido a la configuración del sistema de catalogación de fallas y a la debilidad en el reporte de los hechos causados en el mantenimiento. Como consecuencia de lo anterior, actualmente no se dispone de información con la cual puedan llevarse indicadores de gestión del tipo Tiempo medio entre fallas, TMEF y Tiempo medio de reparación, TMR. Se cuenta con calendarios de programación de los trabajos de mantenimiento planeado. Estos programas frecuentemente se cumplen según lo establecido. Sin embargo existen desviaciones en la ejecución de lo planeado. Tras la culminación de los trabajos programados, se elabora un informe de entrega de los mismos. Estos informes se entregan en formatos físicos y son archivados.

- Análisis de ejecución de los trabajos de mantenimiento. Se utiliza el indicador de gestión “Disponibilidad total del activo”, como herramienta administrativa para medir el desempeño del mantenimiento. No se utiliza ningún otro indicador de gestión. Se presupuestan costos de mantenimiento y se valida lo real vs lo ejecutado. No se han implementado indicadores de eficiencia de mantenimiento. Los resultados periódicos de los indicadores de gestión utilizados se socializan dentro del grupo de trabajo.
- Actualización y cierre de las órdenes de trabajo. Se registra los tiempos y actividades de los trabajos de mantenimiento de importancia. El reporte se realiza en formatos físicos que son archivados. No se cuenta con herramientas en línea que apoyen esta función. No se realiza la actualización de los planos técnicos cuando se implementan mejoras al equipo. La revisión de los registros de tiempos para realizar las nuevas programaciones requiere de la búsqueda documental en archivos físicos.

2.4.8.2 Administración de sistemas de información del mantenimiento

- Estándares Administrativos. No se cuenta con una política específica de mantenimiento ni lineamientos para su aplicación. La estructura jerárquica del mantenimiento y sus funciones se encuentran definidas y socializadas. Los objetivos de mantenimiento están definidos y socializados. Se cuenta con diferentes sistemas de información. Sin embargo estos sistemas no son integradores. Se manejan sistemas de información duros y blandos. Existen políticas definidas y socializadas para el manejo de los inventarios de repuestos. No se cuenta con registros normalizados de eficiencia de equipos.
- Estándares Tecnológicos aplicados al mantenimiento. Se cuenta con un archivo completo de información técnica de los procesos propios del área de producción de energía hidráulica. Esta información esta compuesta de un

registro de planos de las piezas fabricadas con sus ajustes, tolerancias y recomendaciones de montaje.

- Estándares de Inspección de equipos. Se cuenta con un programa de inspecciones periódicas sobre los activos propios del proceso de generación de energía. Este programa se encuentra documentado y socializado. Las rutinas d inspección se clasifican por periodicidad. (Hora – hora, diario, mensual, bimensual, semestral y anual). Este programa es auditado y controlado según su periodicidad.
- Estándares sobre detección del deterioro. Se cuenta con un programa periódico de ejecución de trabajos de mantenimiento del tipo primario, (Limpieza, inspección, ajuste y de lubricación). Este programa cuenta con procedimientos y normas claras sobre su ejecución y documentación y es ejecutado principalmente por los operadores de cada central hidroeléctrica con apoyo del grupo de mantenimiento mecánico y eléctrico. El programa se ejecuta conforme sus procedimientos y se retroalimenta con base en la experiencia y la información técnica suplementaria.
- Estándares sobre restauración del deterioro de los equipos. Aunque existe debilidad en la documentación y creación de procedimientos, se aplican normas claras en lo referente a la correcta ejecución de cada trabajo de mantenimiento. Los trabajos de mantenimiento se supervisan y auditan permanentemente y se retroalimentan con el fin de aclarar dudas y mejorar su calidad y desempeño.
- Normas y procedimientos de mantenimiento. Se encuentra en operación el indicador de disponibilidad del activo. Este indicador está vinculado y alineado con los objetivos corporativos y en capacidad de hacer trazabilidad. El indicador se analiza periódicamente y se utiliza como herramienta para auditar

el cumplimiento de metas. Se conoce el ranking de los indicadores internacionales de referencia del mantenimiento para el mismo reglón económico. Sin embargo, se orientan los esfuerzos en vencer las situaciones que causan indisponibilidad antes que en propender por equiparse al estándar.

2.4.8.3 Administración de repuestos y lubricación de equipos

- Normas para el almacenamiento de los repuestos y partes. Se tiene establecido un sistema para el almacenamiento de los repuestos que requieran cuidados especiales.
- Logística de compras. Se cuenta con una política para determinar puntos de reorden, mínimos y máximos, pedidos de emergencia, control de pedidos, entregas al almacén y criterios de compras por valor de los mismos. Las compras se ejecutan siguiendo directrices y políticas establecidas por la compañía. Los proveedores se homologan y se permite la libre competencia, al tiempo que se propende por la transparencia en el proceso de compras de bienes y servicios. Se elaboran planos para la reconstrucción y fabricación de repuestos.
- Selección y aplicación de lubricantes. Se encuentra homologado el uso de lubricantes acorde a la aplicación requerida. Se capacita al personal de mantenimiento en procesos de selección y aplicación de lubricantes. Se cuenta con ayudas visuales que facilitan el control y la aplicación del lubricante.

2.4.8.4 Administración de costos de mantenimiento

- Costos de mantenimiento. No se cuenta con registros detallados de costos del mantenimiento primario, preventivo y correctivo. En consecuencia no es posible generar informes de control presupuestal de lo real versus lo estimado.

Sin embargo, se cuenta con un control mensual de los costos globales de mantenimiento. Los costos de mantenimiento realizados por terceros se encuentran definidos. Se lleva registros valorizados de las pérdidas generadas por indisponibilidad de activos.

Se tiene discriminado y documentado el valor mensual de la mano de obra entre personal empleado y subcontratista. Se lleva el registro de novedades de nomina y los motivos que las generan. Se cuenta con centros de costos para las actividades de mantenimiento, discriminando por tipo de costo.

El presupuesto anual de mantenimiento asignado para el área de negocio, es producto del estudio previo realizado por los profesionales adscritos al área de negocio. La ejecución del presupuesto se controla mediante auditoría interna efectuada con periodicidad mensual por parte del ente de control de la compañía.

2.4.8.5 Administración de la Tecnología y Habilidades del Mantenimiento

- Equipos de inspección. Se realizan inspecciones a los equipos con tecnología apropiada y actualizada. Se hace inspección termografía, boroscopia e inspección de vibraciones.
- Metrología. Existe un control metrológico de los equipos de precisión utilizados por el personal de mantenimiento. Se realizan calibraciones y ajustes a los equipos de medición. Se hace verificación y control dimensional para las piezas reconstruidas o fabricadas en talleres locales.
- Programas de reconocimiento y plan de ideas. Se promueve el trabajo en equipo por medio de equipos de mejoramiento y reuniones de grupos primarios. En estas jornadas de trabajo se mantiene al personal informado de

los resultados alcanzados y se promueven espacios de reflexión, lluvia de ideas y transferencia de conocimientos.

2.4.9 Conclusiones

Desde su fusión con el grupo empresarial EPM, ESSA reformula su estructura operacional y organizacional alineándose con sus prácticas y definiendo una nueva estrategia de negocios. Esta situación no es ajena a Mantenimiento quien debe realizar cambios fundamentales en la manera de concebir, direccionar, ejecutar y controlar sus actividades.

Tras el análisis del modelo actual de administración para la gestión del mantenimiento se infiere que existen debilidades en la planeación y programación del mantenimiento, debido principalmente al sistema operativo adoptado para la documentación de los hechos cumplidos. Esta situación trae como consecuencia que la mayor parte de los esfuerzos del mantenimiento estén enfocados hacia la atención de tareas del tipo correctivo. Sin embargo, resalta el hecho de que dentro del modelo actual de gestión de mantenimiento, se ejecuten acciones del tipo preventivo y predictivo.

En los últimos años la calidad del recurso hídrico ha venido reduciéndose incrementando con ello la frecuencia en la ejecución de los mantenimientos mayores y por ende incrementando la carga laboral para atender el mantenimiento correctivo. Esta situación unida a factores del tipo tecnológico, informático, cultural y de talento humano, afectan la efectividad y productividad del mantenimiento.

Según lo expuesto, se requiere re direccionar el “Saber Hacer” del mantenimiento por medio de la formulación de un nuevo modelo de gestión para la administración del mantenimiento que esté basado principalmente en tareas del tipo preventivo y

predictivo pero que integre el esquema correctivo de tal forma que permita alcanzar la sinergia necesaria para dar solución a los problemas existentes y preparar el terreno para atender los problemas futuros operando con la mayor rentabilidad posible.

3.EL MODELO ADMINISTRATIVO PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se formula la estructura de un nuevo modelo administrativo para la gestión de mantenimiento preventivo, fundamentado en los procesos del ciclo PHVA. El modelo propuesto, se constituye como una herramienta que permite mejorar el desempeño de la administración de los activos así como la dirección general del mantenimiento. En el modelo se identifican los procesos involucrados estableciendo sus sinergias, al tiempo que se describen los recursos y productos asociados a este, durante su actuar.

El capítulo inicia con la definición de los conceptos generales necesarios para profundizar en los temas relacionados. Posteriormente presenta la descripción general y el flujo gramal del modelo propuesto junto con la descripción del ciclo de vida de la orden de trabajo, OT. Acto seguido, se establecen las funciones y responsabilidades que los actores principales del modelo, deben cumplir para su ejecución. A continuación se formula la política del proceso de administración del mantenimiento y sus lineamientos, elementos necesarios para lograr la operación normalizada del sistema de gestión de mantenimiento. El capítulo profundiza, estableciendo diferentes indicadores de gestión que, tras su auditoría, permitan llevar un control efectivo de las tareas de administración, operación y retroalimentación del modelo de gestión. En capítulos posteriores, se aplicará el modelo formulado a la gestión del mantenimiento preventivo, según lo detallado en los objetivos generales y específicos de este trabajo de monografía.

3.2 CONCEPTOS GENERALES

3.2.1 El Mantenimiento de Clase Mundial y el Ciclo PHVA

El mantenimiento de clase mundial⁹ puede definirse como un conjunto de mejores prácticas que reúne elementos de distintos enfoques organizacionales con visión de negocio, para crear un todo armónico de alto valor práctico, las cuales aplicadas en forma coherente generan ahorros sustanciales a las organizaciones. En el mantenimiento de clase mundial, el ciclo PHVA se constituye en una metodología que le permite direccionar sus procesos al mismo tiempo que facilita la definición de sus políticas, lineamientos y estrategias, debido principalmente a su carácter integrador y a que se encuentra inmerso en cada uno de los procesos que forman parte de su cadena de generación de valor. Otra característica del ciclo PHVA es que permite al mantenimiento, definir las acciones que cubrirán sus planes de acción, facilitando la ejecución de la operación de sus procesos como un sistema integrado. Lo anterior se debe principalmente a que el ciclo PHVA es ilimitado en su actuar. La creación de valor del ciclo PHVA se encuentra íntimamente ligado a la facultad, que tiene este, de generar información de calidad del proceso de mantenimiento, con la cual se establecen acciones de mejora, que se implementarán durante el desarrollo de nuevos ciclos y procesos de mantenimiento. Los resultados de la implementación del ciclo PHVA se resumen en lograr una mejora integral de la competitividad del negocio, mejorando continuamente la calidad a la par que reduce sus costos y optimiza la productividad. El mantenimiento de clase mundial debe su éxito al nivel de empoderamiento y de liderazgo que pueda generar dentro del grupo base de trabajo el líder de mantenimiento, con lo cual se promueva dirección, enfoque y soporte al proceso. Esto involucra establecer metas soportadas en la definición de una visión y misión transparentes que apoyen el alcance de tales metas. El

⁹ Mantenimiento clase mundial

liderazgo también es responsable de establecer las políticas y expectativas que sirven para guiar las actividades de los procesos de mantenimiento. Una vez desarrolladas las políticas, deben ser desplegadas, comunicadas y monitoreadas. El liderazgo debe ayudar a identificar y definir los indicadores de gestión que debe adoptar la organización con la finalidad de evaluar, por medio de auditorías u otras formas de monitoreo, las acciones a seguir para lograr la excelencia.

3.2.2 Practicas Claves en el Mantenimiento de Clase Mundial

El mantenimiento de clase mundial pone en escena, la actuación de diferentes prácticas tras las cuales se alcanza su excelencia operacional. En esta sección se describen tales prácticas.

3.2.2.1 Dinámica Organizacional. Se define como todos aquellos aspectos con los cuales se alcanza la eficiencia organizacional del proceso de gestión del mantenimiento. Dentro de ellos se incluye:

- ✓ La definición de la estructura organizacional, sus metas y los objetivos estratégicos para el proceso de gestión de mantenimiento.
- ✓ La definición de canales de comunicación efectivos.
- ✓ La definición de políticas, lineamientos, procedimientos, reglas de negocio y metodologías de trabajo.
- ✓ La articulación de los sistemas de información.

3.2.2.2 Mantenimiento Operacional. Corresponde a la definición y asignación de responsabilidades básicas de ejecución del mantenimiento proactivo primario, al grupo base de operación del equipo.

3.2.2.3 Mantenimiento Preventivo. Corresponde a todas aquellas actividades de servicios de mantenimiento, calculados y ejecutados por tiempo y basados en

lecturas de medidores utilizadas para identificar problemas potenciales a través de la inspección y la detección temprana. Los servicios de mantenimiento pueden ser inspecciones, actividades de limpieza, pruebas, trabajos de lubricación y servicios de paro programado. La actividad más significativa que ocurre en este mantenimiento es la inspección, que debe llevar a una detección y corrección temprana. El mantenimiento preventivo es una práctica importante que debe estar incluida en todos los sistemas de gestión de mantenimiento siendo proactivo en su actuar y tendiendo siempre a la detección y corrección temprana.

3.2.2.4 Mantenimiento Predictivo. Corresponde a la aplicación de tecnología en el proceso del mantenimiento preventivo con el fin de:

- ✓ Lograr la detección temprana de fallas.
- ✓ Verificar y detectar cambios de condiciones permitiendo intervenciones más oportunas y precisas.

Este tipo de mantenimiento puede incluir: Análisis de vibración, métodos de pulsos de impacto, técnicas de ultrasonido, análisis termo gráfico, análisis de aceite, comparaciones de corrientes de pico, análisis de refrigerante, análisis de partículas de desgaste, tendencias de desempeño, entre otras.

3.2.2.5 Definición de procedimientos de mantenimiento. Esta práctica contempla la documentación del proceso del mantenimiento aplicado de forma específica en cada una de las diferentes intervenciones del mantenimiento.

3.2.2.6 Sistema de Gestión y Control de Mantenimiento. Las prácticas exitosas de mantenimiento dependen en gran medida de la robustez del sistema de información que las soporta. Un sistema de gestión de mantenimiento robusto es capaz de manejar mancomunadamente la información para la administración del activo, el control efectivo de ordenes de trabajo, el control del mantenimiento

preventivo y predictivo, el control de inventarios, el control de la documentación del negocio, el control de los costos del mantenimiento y la seguridad del mismo.

3.2.2.7 Programa de formación y capacitación del personal: El personal es el principal implicado para mejorar la efectividad y eficiencia de la organización. Se desempeñará con mayor éxito si tiene las habilidades, capacidad, formación y conocimientos para ejecutar sus labores, siempre y cuando estén bien definidas sus responsabilidades y disponga de las herramientas y recursos para realizar el trabajo y cuente con un plan de motivación e incentivo que lo ayude a cumplir con las expectativas que se enfrenta diariamente.

3.2.2.8 Programa de manejo eficaz de repuestos e inventarios: El propósito de esta práctica es optimar el uso de los almacenes de mantenimiento y el proceso de adquisición del inventario. Está enfocado en tener los repuestos correctos en el lugar preciso en el momento apropiado. Requiere del estudio del flujo existente de partes y de establecer acciones de mejora al proceso de compra.

3.2.2.9 Orden de trabajo en mantenimiento (OT): La orden de trabajo es la pieza fundamental de cualquier operación efectiva de mantenimiento. Debe servir para identificar, requerir, priorizar, programar la ejecución, activar, dar seguimiento y analizar el trabajo de mantenimiento. La importancia de las OT'S es que permite controlar y supervisar las actividades de trabajo, siendo uno de sus propósitos el analizar el trabajo realizado, identificar su costo y permitir definir las tendencias de los problemas.

3.3 LA FORMULACIÓN DEL MODELO ADMINISTRATIVO PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Esta sección presenta el modelo administrativo para la gestión del mantenimiento preventivo, fundamentado en el concepto del ciclo PHVA y los preceptos del

mantenimiento de clase mundial. El anexo D presenta el flujo grama del modelo formulado.

El modelo administrativo de gestión de mantenimiento está conformado por Cinco (5) procesos los cuales se describen en detalle estableciendo las sinergias existentes entre ellos.

3.3.1 Proceso N°1. Captura y Diagnóstico de Información

Este proceso permite la definición, caracterización, jerarquización y el análisis de los activos objeto de mantenimiento. Integra en su actuar los subprocesos asociados y se le considera como fuente de información y punto de partida para la ejecución de los procesos precedentes. Es un proceso altamente especializado que demanda la participación de un equipo de trabajo inter disciplinado conformado por profesionales del área técnica, contable y de activos fijos. Su característica principal es el dinamismo y el carácter orientador que tiene dentro del macro proceso. El “Deber ser” del proceso se define de la siguiente forma:

- Permitir la documentación del contexto operacional de los activos que componen los diferentes sistemas adscritos al proceso productivo.
- Asegurar la identificación de los activos en el sistema de gestión de mantenimiento.
- Asegurar la existencia de historia técnica y contable de los activos.
- Jerarquizar los activos por nivel de criticidad y definir sus límites.
- Permitir la definición de las funcionalidades de los activos, facilitando con ello la definición de sus modos de falla.

- Definir responsabilidades en la ejecución del mantenimiento.

En esta sección se presentan los elementos que componen el proceso de Captura y diagnóstico de información, constituyéndose como elementos propulsores de sinergias. Estos elementos son de carácter dinámico con periodos de variación cortos que normalmente no son superiores a un año. El dinamismo del proceso se hace más evidente con cada cierre de un ciclo de mantenimiento, momento en el cual se establecen las sinergias con los procesos asociados.

3.3.1.1 Elementos Entregables del Proceso Captura y Diagnóstico de Información

- El Maestro de Equipos: Es la base de datos que contiene los registros de cada uno de los equipos que reciben mantenimiento. El maestro de equipos es una base de datos de carácter dinámico que cambia según el requerimiento de mantenimiento. En el maestro de equipos, los activos se clasifican en activos contables y activos no contables. Los activos contables se constituyen como parte del patrimonio de la compañía. Por ende sufren depreciación y tienen valor neto. El dinamismo de la base de datos de activos contables está restringido y obedece a normas financieras y contables. Por su parte, el dinamismo de la base de datos de los activos no contables posee mayor grado de libertad. Normalmente presenta movimiento como consecuencia de los requerimientos de evaluación y análisis en problemas específicos de mantenimiento. En el maestro de equipos se crea un registro para cada activo, que contiene los siguientes datos:
 - ✓ Descripción general del activo: Descripciones normalizadas que identifican el activo por nombre, marca, función, uso, atributo y sistema al cual pertenece.

- ✓ Placas de características técnicas del activo: Información suplementaria del activo que identifica las características técnicas con la cual se permite adquirir un activo nuevo iguales características o definir las funciones del activo.
- ✓ Información contable y financiera del activo: Información que define costo original, valor neto histórico, clase de contabilidad, fecha de adquisición y retiro del activo. Permite definir si un activo es catalogado como contable o no contable.
- ✓ Información suplementaria del activo: Información suplementaria que identifica características técnicas adicionales como información fotográfica, información plano métrica, registros históricos de mantenimiento y notas del activo.
- ✓ Clasificación taxonómica del activo. Información que permite definir la clase, el tipo de equipo y su aplicación.
- ✓ Identificación jerárquica del activo. Información que permite definir los límites e interfaces del equipo estableciendo además su posición por función o por proceso dentro de la estructura jerárquica del proceso productivo.
- ✓ Identificación de ubicación del activo dentro de la planta. Información que permite definir la ubicación regional, el sitio de instalación dentro de la central y el sistema al cual pertenece el equipo dentro del proceso productivo.
- ✓ Centro de trabajo responsable del mantenimiento. Información que permite definir el grupo de trabajo que es responsable del mantenimiento del equipo.
- ✓ Fabricante. Información que define el fabricante del equipo.
- ✓ Compañía dueña del activo. Información que define la compañía o unidad de negocio dueña del activo sobre la cual se cargan los costos de mantenimiento y los movimientos contables del activo.
- ✓ Los Planes De Acción: Conjunto de proyectos de inversión orientados a mantenimiento que tiene por objeto cumplir con la programación del mantenimiento preventivo y predictivo así como cumplir con los proyectos de mejoramiento.
- ✓ Los Acuerdos Del Nivel Del Servicio Con Los Clientes: Compromisos contractuales de suministro de energía con clientes.

- ✓ Los Planes De Compras: Corresponde al plan anual para la adquisición de los bienes y servicios necesarios para atender los compromisos contractuales del servicio y que permiten atender la proyección del mantenimiento preventivo y preventivo así como atender el mantenimiento correctivo.
- ✓ La Normatividad Que Rige Al Proceso De Mantenimiento: Conjunto de reglas de negocio, políticas, lineamientos, normas y leyes bajo las cuales se rige mantenimiento en su actuar.
- ✓ Los Planes De Producción De Corto Y Largo Plazo: Proyección de la producción anual de energía.
- ✓ La Situación HidroMeteorológica: Es el conjunto de los eventos climáticos e hidrológicos que tiene afectación directa sobre las cuencas y que impacta el cumplimiento de la meta de producción de energía.
- ✓ La Disponibilidad De Transporte: Factor determinante que permite la atención de eventos de mantenimiento.

3.3.2 Proceso N°2. Planificación del Mantenimiento

Es el segundo proceso en la estructura jerárquica funcional del macro proceso. Este proceso recopila y analiza información para la formulación de planes y programas de mantenimiento. Adicionalmente es el responsable de la evaluación técnica y financiera del mantenimiento planeado. También define las reglas de negocio, políticas y lineamientos para la ejecución de sus programas y establece los procedimientos y protocolos necesarios para la ejecución de cada actividad de mantenimiento. Por último y no menos importante, es el responsable de la evaluación, control y reabastecimiento de los inventarios. Su campo de acción se extiende a cualquier actividad de mantenimiento sin discriminar en su tipo. No obstante, su “Deber Ser” se inclina fuertemente hacia la administración del mantenimiento preventivo y predictivo. En esta sección se presentan los elementos de entrada y salida del proceso de Planificación del mantenimiento los cuales se constituyen como elementos propulsores de sinergias. Este proceso

tiene un fuerte carácter dinámico, impulsado por aspectos técnicos, tecnológicos, ambientales, económicos y de mercado con periodos de variación muy cortos. Al igual que su antecesor, el dinamismo del proceso se hace presente con cada cierre del ciclo de mantenimiento, momento en el cual se definen las modificaciones que sufrirá el nuevo proceso una vez apropiadas las sinergias entre los procesos asociados.

3.3.2.1 Elementos deEntrada delProceso Planificación delMantenimiento

El proceso Planificación del mantenimiento, interactúa con los procesos Captación y análisis de información y Cierre, evaluación y control del mantenimiento al tiempo que interactúa con el departamento de presupuesto y el modulo de inventarios y almacén. Producto de esta interacción, el proceso recibe recursos necesarios para su operación los cuales se encuentran representados en los siguientes aspectos:

- El presupuesto anual aprobado para mantenimiento y para la adquisición de bienes y servicios.
- Los informes de auditoría a los indicadores de gestión de mantenimiento.
- Las solicitudes de ajuste a los planes y programas de mantenimiento.
- Las solicitudes de ajuste a los términos y alcances técnicos de los pliegos condiciones.
- Las solicitudes de ajuste a los términos y alcances técnicos de los servicios de mantenimiento.

- Las solicitudes de ajuste a la información técnica y suplementaria disponible en las bases de datos.
- Las solicitudes de ajuste al maestro de equipos.
- La información suministrada por el proceso “Captación y análisis de información”.

3.3.2.2 Elementos de Salida del Proceso Planificación del Mantenimiento

El proceso Planificación del mantenimiento interactúa con el proceso Programación del mantenimiento al tiempo que se relaciona con el modulo de inventarios y almacén. Producto de esta interacción se suministran recursos con los cuales cada cliente puede operar. Estos recursos están representados de la siguiente forma:

- El ajuste al plan de mantenimiento preventivo.
- El plan de mantenimiento correctivo.
- El ajuste al plan de mantenimiento predictivo.
- Las especificaciones técnicas de los equipos.
- Los procedimientos SISO para la ejecución de tareas de mantenimiento.
- Los procedimientos de ejecución de tareas de mantenimiento.
- Los criterios de priorización de actividades y tareas de mantenimiento.

- Las políticas, lineamientos y procedimientos de mantenimiento.
- Las solicitudes de reserva de recursos (Materiales inventariables y no inventariables y la disponibilidad de personal).

3.3.3 Proceso N°3. Programación del Mantenimiento

Es el tercer proceso en la estructura jerárquica funcional del macro proceso. Este proceso verifica las solicitudes de mantenimiento para priorizar y asignar los recursos requeridos acorde a la demanda y a la disponibilidad del recurso. También es el encargado de realizar el análisis de los costos y jerarquizar las actividades, planificando su ejecución según criterios establecidos. Por último, es el encargado de coordinar la ejecución del mantenimiento y de asegurar la disponibilidad de los recursos. En esta sección se presentan los elementos de entrada y salida del proceso de Programación del mantenimiento los cuales se constituyen como elementos propulsores de sinergias.

3.3.3.1 Elementos De Entrada Del Proceso Programación Del Mantenimiento

El proceso Programación del mantenimiento interactúa con los procesos Planificación del mantenimiento y Ejecución del mantenimiento al tiempo que interactúa con Clientes y el grupo Operación de la infraestructura. Como producto de esta interacción el proceso recibe recursos para su operación los cuales se encuentran representados en los siguientes aspectos:

- Informe entregado a mantenimiento con las metas proyectadas de producción de energía.

- Informe periódico de fechas aprobadas de corte del servicio y el periodo de tiempo aprobado de indisponibilidad para la ejecución de actividades de mantenimiento.
- Informe de aseguramiento y disponibilidad de recursos, confirmación de existencia y suministro.
- Confirmación de disponibilidad y alistamiento del personal de planta y contratista adscrito a mantenimiento para dar soporte al cumplimiento del plan de mantenimiento.
- La información suministrada por el proceso “Planificación del mantenimiento”.

3.3.3.2 Elementos de Salida del Proceso Programación del Mantenimiento

El proceso Programación del mantenimiento interactúa con los procesos Planificación del mantenimiento y Ejecución del mantenimiento al tiempo que interactúa con Clientes y el grupo Operación de la infraestructura. Como producto de esta interacción el proceso recibe recursos para su operación los cuales se encuentran representados en los siguientes aspectos:

- OT generada para su ejecución. Socialización de procedimientos, lineamientos y políticas para ejecución de actividades de mantenimiento.
- Contratos con proveedores y contratos de suministro de mano de obra, legalizados.
- Informe al cliente del corte del servicio por mantenimiento.
- Informe al grupo de operación del plan anual de mantenimiento a desarrollar.
- Informe al grupo de operación del corte del servicio por mantenimiento.

- Legalización de Orden de pedido de recursos al almacén.
- Perfeccionamiento de solicitudes de compra.

3.3.4 Proceso N°4. Ejecución del Mantenimiento

Es el cuarto proceso en la estructura jerárquica funcional del macro proceso. Este proceso es el encargado de recibir la OT y asegurar los recursos destinados para su ejecución. Además debe garantizar la ejecución de las actividades de mantenimiento y velar por el aseguramiento de la calidad de los trabajos. También es el responsable de confirmar aprobaciones, validar la disponibilidad de los equipos a intervenir así como la disponibilidad y alistamiento de personal base y contratista. Adicionalmente debe asegurar la disponibilidad de los vehículos, equipos y herramientas y apropiarlos debidamente. Una vez ejecutados los trabajos descritos en la OT, su responsabilidad vuelve hacia la retroalimentación de la OT y hacia la validación y registro de la información. Esta última tarea es de gran importancia dado que de ello depende la actualización de las bases de datos de mantenimiento. Como paso final del proceso, se encuentra el costeo de la OT, el reintegro de los materiales no utilizados y la devolución de la herramienta prestada. En este proceso se hace un cierre parcial de la OT, validando que la información de su ejecución haya sido correctamente registrada y costeada. En esta sección se presentan los elementos de entrada y salida del proceso de Ejecución del mantenimiento los cuales se constituyen como elementos propulsores de sinergias.

3.3.4.1 Elementos de Entrada del Proceso Ejecución del Mantenimiento

El proceso Ejecución del mantenimiento interactúa con los procesos Programación del mantenimiento y Cierre, evaluación y control del mantenimiento al tiempo que interactúa con el módulo Inventarios y almacenes, Recursos humanos, el

departamento de finanzas, contabilidad, y Administración de servicios corporativos. Producto de esta interacción recibe recursos con los cuales opera y que se encuentran representados de la siguiente forma:

- Suministro a mantenimiento de los bienes muebles en bodega, BMB, los materiales inventariables y no inventariables y los materiales destinados a proyectos.
- La información suministrada por el proceso “Programación del mantenimiento”.

3.3.4.2 Elementos de Salida del Proceso Ejecución del Mantenimiento

El proceso Ejecución del mantenimiento interactúa con los procesos Programación del mantenimiento y Cierre, evaluación y control del mantenimiento al tiempo que interactúa con el módulo Inventarios y almacenes, Recursos humanos, el departamento de finanzas, contabilidad, y Administración de servicios corporativos. Como producto de esta interacción se generan recursos con los cuales cliente opere. Estos recursos se representan de la siguiente forma:

- Información técnica de ejecución del mantenimiento.
- Actualización de bases de datos de mantenimiento.
- Información contable de ejecución del mantenimiento.
- Información acerca de novedades nómina.
- Informe costo del servicio de transporte
- Reintegro al almacén de los materiales no utilizados.

- Requisición al almacén de materiales varios, materiales para proyectos y BMB.

3.3.5 Proceso N°5. Cierre, Evaluación y Control del Mantenimiento

Es el quinto y último proceso en la estructura jerárquica funcional del macro proceso. Este proceso es el encargado de realizar el análisis comparativo de los costos de lo planeado versus lo ejecutado. También es el responsable de la formulación de acciones de mejora para la planeación futura del mantenimiento. En este proceso se evalúan los costos de mantenimiento y se formulan acciones de mejora orientadas al control de los mismos. Por último es el proceso encargado del cierre definitivo de la OT y de la generación de los informes técnicos y financieros de mantenimiento. En esta sección se presentan los elementos de entrada y salida del proceso de cierre, evaluación y control del mantenimiento los cuales se constituyen como elementos propulsores de sinergias.

3.3.5.1 Elementos de Entrada del Proceso Cierre, Evaluación y Control del Mantenimiento

El proceso Cierre, evaluación y control del mantenimiento interactúa con los procesos Ejecución del mantenimiento y Planificación del mantenimiento. Producto de esta interacción se recibe la información necesaria para su ejecución la cual se encuentra representada en los siguientes recursos:

- Actualización de información técnica y suplementaria de bases de datos de activos.
- Información contable y técnica de ejecución del mantenimiento.
- La información suministrada por el proceso “Ejecución del mantenimiento”.

3.3.5.2 Elementos de Salida del Proceso Cierre, Evaluación y Control del Mantenimiento

El proceso Cierre, evaluación y control del mantenimiento interactúa con el proceso Planificación del mantenimiento. Como producto de esta interacción se logra:

- Hacer seguimiento y control de los indicadores de gestión adoptados para el proceso de administración del mantenimiento.
- Dar ajuste a los planes y programas de mantenimiento.
- Dar ajuste a los pliegos de condiciones y términos de referencia para los procesos contractuales relacionados con la inversión y el costo del mantenimiento.
- Dar ajuste a los términos bajo los cuales se contratan los servicios de mantenimiento.
- Dar ajuste a la información técnica de mantenimiento.
- Dar ajuste a la base de datos del maestro de equipos.

3.4 EL CICLO DE VIDA DE LA ORDEN DE TRABAJO, OT

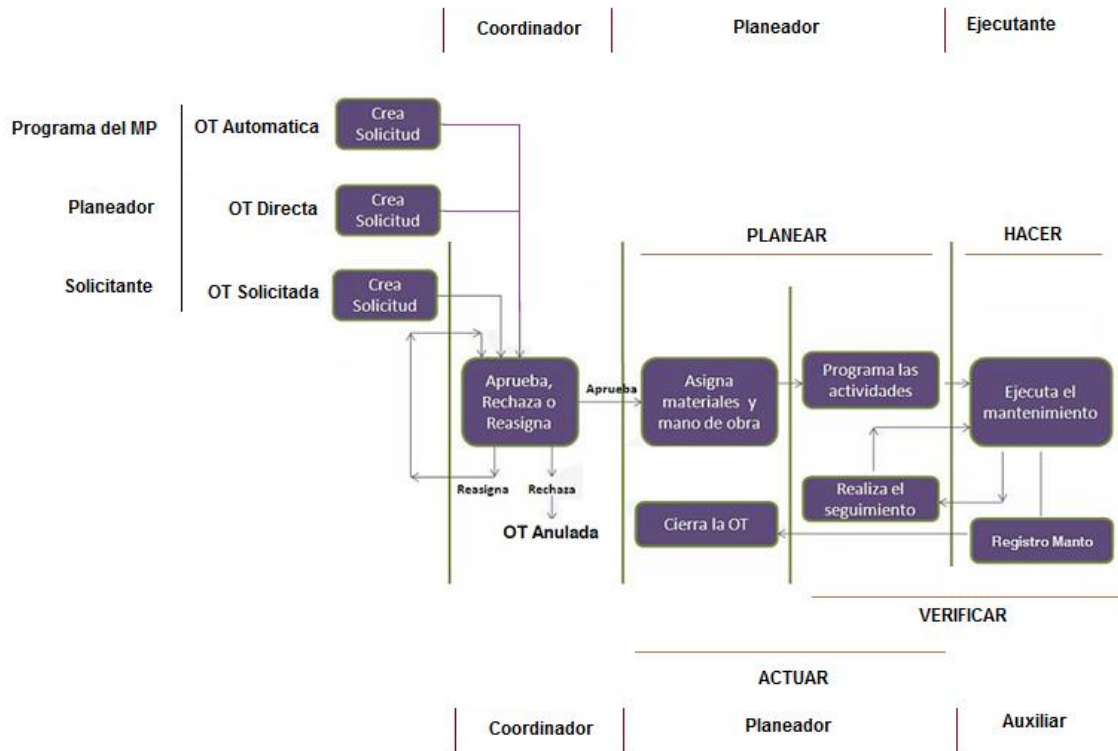
Esta sección está dedicada a describir el ciclo de vida de la Orden de trabajo, OT, herramienta fundamental del modelo administrativo para la gestión del mantenimiento preventivo propuesto. Adicionalmente, se describe las funciones y responsabilidades propias de los actores principales que participan en el modelo propuesto. La figura 5, representa gráficamente el ciclo de vida de la OT.

La OT es una herramienta primordial en cualquier programa de gestión de mantenimiento, el cual debe su éxito principalmente al correcto uso de esta. En la OT se documenta información técnica y contable correspondiente al tipo de trabajo de mantenimiento a ejecutar sobre un activo específico, permitiendo con ello establecer trazabilidad sobre el proceso de gestión del mantenimiento.

El ciclo de la OT, al igual que cualquier elemento que haga parte del sistema de gestión de mantenimiento, se fundamenta en el ciclo PHVA. En consecuencia, el ciclo de vida de la OT requiere para su perfeccionamiento de agotar las siguientes etapas: La planeación y programación de los trabajos a realizar, la ejecución de los trabajos solicitados, el registro y documentación de la información técnica y contable de los trabajos ejecutados, el seguimiento y control de la calidad de los trabajos ejecutados y por último el cierre técnico y contable de la OT.

En cada una de estas etapas intervienen diferentes actores que representan un único rol dentro del sistema de gestión de mantenimiento. La relación de roles por orden ascendente en jerarquía corresponde a: Solicitante, Auxiliar, Planeador – Programador y Coordinador

Figura 5. Ciclo de Vida de la Ot



Fuente: Autor

El ciclo de vida de la OT inicia con la creación de la OT, acción que puede hacerse desde diferentes rutas de creación, otorgando con ello diversos estados de inicio.

La OT puede generarse al ser solicitada por el Solicitante, puede generarse de forma directa al ser creada por el Planeador o el Coordinador o puede generarse en el sistema de información de forma automática, cuando esta haga parte de una rutina de mantenimiento preventivo o predictivo. Las OT's directas y automáticas nacen como OT's. Situación que no ocurre con las OT's que nacen a partir de una solicitud de trabajo originada por el Solicitante. Para este caso la solicitud de trabajo, SW, pasa por el Coordinador quien decide si esta es aprobada o rechazada. En caso de ser aprobada la SW pasa a ser una OT. Las OT's continúan su ciclo y pasan a estado de planeación. En este estado, el Planeador

define la capacidad de trabajo y los centros de trabajo que harán parte del grupo ejecutante. Además el planeador define los recursos a utilizar representados en los materiales, equipos, repuestos y servicios de mantenimiento. En caso de no contar con los recursos requeridos, el Planeador emite solicitudes de compra de bienes y servicios para satisfacer las necesidades futuras contempladas en la OT que está planeando para su ejecución. El ciclo de la OT continua y la OT en estado de "Planeación" puede pasar al estado de "Programación" siempre y cuando cuente con todos los recursos asegurados. Si esta situación no puede darse, la OT pasa a estado "Planeada en espera de recursos" quedando en este estado hasta satisfacer sus necesidades. Una vez la OT se encuentre en estado de "Programación" el Programador define los recursos técnicos disponibles de cada centro de trabajo seleccionado y asegura los recursos materiales. Además el programador realiza la programación del trabajo teniendo en cuenta las variables que gobiernan el proceso. En caso tal de que el activo a intervenir o los recursos técnicos no puedan estar disponibles para mantenimiento en las fechas programadas, la OT pasa a estado "Programada en espera de fecha de ejecución". En caso contrario la OT pasa a estado "En ejecución". Una vez en este estado, la OT se ejecuta y se pasa a estado "Retroalimentación". En este estado el auxiliar de mantenimiento retroalimenta la OT incluyendo la información técnica y contable resultante de la ejecución. El planeador por su parte, corrobora la información anexa por el auxiliar y retroalimenta la OT con toda la información suplementaria de mantenimiento, actualizando con ello las bases de datos de mantenimiento del activo. Una vez agotada esta etapa la OT pasa a estado de "Cierre". En este estado, el planeador anexa los motivos de la falla del activo e indica el tipo de cierre de la OT. Esta información es de gran importancia para determinar si el trabajo ha finalizado o si queda algún pendiente.

3.4.1 Perfiles Administradores del Mantenimiento

Esta sección describe las funciones y responsabilidades propias de cada uno de los perfiles (Rol de mantenimiento) que participan en la ejecución del modelo administrativo para la gestión del mantenimiento preventivo.

Las funciones y responsabilidades descritas aplican integralmente en cada proceso del modelo.

3.4.1.1 Perfil Solicitante de Mantenimiento

Responsable de la detección de problemas de operación o fallas en los equipos y su análisis. Es responsable de crear solicitudes que permitan tramitar la posible solución de forma organizada y confiable.

Funciones específicas del perfil

- Ingresar solicitudes de trabajo al sistema de información.
- Realizar consultas de inventarios.
- Realizar consultas de OT y realizar diferentes consultas en el sistema de información.

3.4.1.2 Perfil Coordinador de Mantenimiento

Responsable por la gestión administrativa de coordinación y aprobación de las órdenes de trabajo para su ejecución y consolidar la información necesaria para alinear las actividades del módulo de mantenimiento con los demás módulos del sistema de información (inventarios, contabilidad, compras, presupuesto), para cumplir con los objetivos de los procesos de mantenimiento y garantizar tanto la

ejecución de las acciones de mantenimiento como su trazabilidad dentro del sistema de información.

Funciones específicas del perfil

- Auditar el cumplimiento y calidad de la ejecución de las tareas de mantenimiento.
- Analizar la historia del activo así como la variación histórica en los indicadores de gestión de mantenimiento.
- Proponer y ejecutar acciones para lograr el mejoramiento continuo de la administración del mantenimiento.
- Revisar y ajustar, junto con los diferentes centros de trabajo y grupos de apoyo al plan de mantenimiento, el programa de tareas específicas de inspección, lubricación y limpieza con el fin de detectar y/o evitar oportunamente el deterioro del equipo.
- Ajustar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Auditar la ejecución de las rutinas de mantenimiento preventivo – predictivo.
- Asegurar que los mantenimientos correctivos sean aplicados cuando sea necesario.
- Trabajar con los equipos de mejoramiento continuo visualizando las oportunidades para crear acciones de mejora en los planes y procesos de mantenimiento que permitan incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los activos.
- Apoyar en la elaboración del presupuesto del mantenimiento.
- Monitorear, analizar y controlar la ejecución del presupuesto de mantenimiento.
- Coordinar y supervisar la ejecución de las funciones del planeador, auxiliar y solicitante de mantenimiento.
- Analizar, controlar, supervisar y definir el manejo de los inventarios y sus niveles operativos.

- Recibir y seleccionar las solicitudes de trabajo evitando su duplicidad. Auditar la descripción de la información consignada en cada solicitud y priorizar la ejecución de los trabajos solicitados.
- Aprobar las solicitudes de trabajo y convertirlas en Órdenes de Trabajo.
- Fijar metas para la ejecución de los planes de mantenimiento y la atención de las órdenes de trabajo. Auditar y controlar los reportes de mantenimiento generados.
- Liderar y participar en la elaboración del plan semanal de trabajo basado en el back log, OT's no ejecutadas y en atraso, con el fin de cumplir con el despacho de las mismas.
- Diseñar y ejecutar acciones a corto plazo que conduzcan al suministro de recursos para el lograr el des atraso en el back log existente.

3.4.1.3 Planeador – Programador de Mantenimiento

Responsable de la planeación y programación de todas las actividades de mantenimiento para el área asignada, asegurando los recursos de mano de obra, repuestos, materiales, herramientas y los servicios especiales.

Funciones específicas del perfil

- Recibir y clasificar las órdenes de trabajo generadas por el coordinador.
- Diligenciar las OT's con los datos de identificación, clasificación, agrupación y descripción requeridos.
- Definir recursos y tiempo de ejecución para las OT's objeto de planeación según demanda y plan de mantenimiento.
- Revisar tipo, características, cantidad y disponibilidad de materiales y repuestos en inventarios, confirmando su existencia y gestionar su adquisición según existencia y disponibilidad.

- Preparar requisiciones para la compra de repuestos y materiales Non - stock.
- Hacer el pedido de materiales y/o repuestos al almacén confirmando las fechas de entrega según demanda.
- Asegurar las herramientas y/o equipos especiales para la fecha en que son requeridos.
- Definir, socializar, ajustar y actualizar los textos de los procedimientos de mantenimiento y asociarlos a los respectivos códigos en el sistema de información.
- Definir, socializar y cargar en el sistema de información los procedimientos SISO que aplican a cada procedimiento de mantenimiento.
- Definir el programa de ejecución de las OT's.
- Analizar y evaluar los costos de mantenimiento. Diseñar estrategias que minimicen los costos de mantenimiento.
- Dar seguimiento a las requisiciones de compra hasta asegurar la disponibilidad de los materiales y/o repuestos
- Preparar requisición de servicios de mano de obra calificada y experta según demanda.
- Hacer seguimiento a las requisiciones de servicios hasta asegurar la disponibilidad de los mismos.
- Asegurar las herramientas o equipo especial para atender las necesidades del mantenimiento.
- Planear la ejecución del mantenimiento preventivo y predictivo.
- Apoyar en la elaboración del presupuesto del mantenimiento.
- Monitorear, analizar y controlar la ejecución del presupuesto de mantenimiento.
- Ejecutar los planes de mantenimiento y la atención de las órdenes de trabajo. Auditar y controlar los reportes de mantenimiento generados.
- Participar en la elaboración del plan semanal de trabajo basado en el back log, OT's no ejecutadas y en atraso, con el fin de cumplir con el despacho de las mismas.

- Diseñar y ejecutar acciones a corto plazo que conduzcan al suministro de recursos para el lograr el des atraso en el back log existente.

3.4.1.4 Auxiliar de Mantenimiento

Responsable del reporte en el sistema de información de los datos requeridos de mantenimiento relacionados en la OT. Su responsabilidad se extiende a realizar consultas del estado de OT e ingresar en el sistema de información los datos relevantes para el cierre de la OT tales como, tiempos laborados, modos de falla, tipos de acción lo mismo que los datos de actualización de medidores de Mantenimiento Preventivo, (MP) y Mantenimiento Predictivo, (MPD). Registrar los datos de los campos nulos existentes en las fichas técnicas de los activos y la información solicitada en las tablas de bases de datos suplementarias de mantenimiento. Servir de soporte a los usuarios de mantenimiento en las operaciones rutinarias del sistema de información.

Funciones específicas del perfil

- Consultar y crear ordenes de trabajo.
- Retroalimentar en el sistema, la información referente a los trabajos ejecutados solicitados por la orden de trabajo. Agregar en el sistema de información los datos suplementarios requeridos.
- Ingresar al sistema las horas efectivas de trabajo causadas en cada actividad por cada centro de trabajo.
- Ingresar lecturas de medidores solicitadas por el programa de mantenimiento predictivo.
- Ingresar lecturas de medidores solicitadas por el programa de mantenimiento preventivo.
- Realizar consultas generales.

3.5 POLITICA DEL PROCESO DE ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

Esta sección está dedicada a la formulación de la política y lineamientos del proceso de administración del mantenimiento.

La política de mantenimiento y sus lineamientos deben ser formulados de manera que oriente unidireccionalmente los esfuerzos de cada equipo responsable del mantenimiento hacia la maximización de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos y que durante su operación trabajen sin perder su funcionalidad durante el mayor tiempo que sea posible. La política de mantenimiento debe formularse de forma tal, que exija que cada actuación este enmarcada bajo estándares de clase mundial y sea realizada con efectividad y responsabilidad, respetando en todo momento las normas de seguridad industrial y la política ambiental vigente. Complementariamente, la política de mantenimiento debe orientarse a lograr el manejo racional de los bienes y recursos de la compañía a fin de controlar efectivamente los costos de producción a la vez que apunte a lograr el manejo integral de su modelo de gestión ambiental.

Producto de la definición de una política de mantenimiento está la definición de los indicadores de mantenimiento con los cuales se podrá evaluar, al interior de la organización, los resultados de las acciones resultantes de esta política y que permita a su vez, realizar una eficaz comparación del estado del arte con su entorno en el corto, mediano y largo plazo.

3.5.1 Formulación de la Política del Proceso de Administración del Mantenimiento

La política del proceso de administración del mantenimiento se formula de la siguiente manera:

“Propender por maximizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos productivos de propiedad de la compañía durante el tiempo que ésta los requiera, garantizando la operación eficiente y eficaz de sus activos, por medio del desarrollo de planes de mantenimiento de corto, mediano y largo plazo, que tras su ejecución permita minimizar los mantenimientos no programados y sus costos asociados. Para alcanzar tal propósito, todas las dependencias que tengan bajo su responsabilidad el mantenimiento, lo deben realizar con efectividad y bajo estándares de clase mundial, de forma tal que garanticen durante su actuar la seguridad de las personas y de los bienes de la compañía, la racionalidad de los costos y el cumplimiento de la normatividad ambiental”.

3.5.1.1 Lineamientos de la Política del Proceso de Administración del Mantenimiento

Para que esta política pueda operar, se requiere definir lineamientos que deben ser de obligatorio cumplimiento por todos los actores responsables del mantenimiento. Los lineamientos formulados son:

- **Prioridad de los Mantenimientos:** La elaboración de la planeación y programación del mantenimiento preventivo/predictivo debe enfocarse prioritariamente en aquellos activos productivos cuyas fallas impacten sensiblemente la funcionalidad de los procesos productivos o el nivel de seguridad. Igualmente, con el fin de atender adecuadamente las solicitudes de mantenimiento se deben clasificar de acuerdo a criterios técnicos con prioridades de alta, media y baja.
- **Planes de Mantenimiento:** Se debe formular un plan de mantenimiento que permita integrar los planes individuales de todos los activos productivos necesarios para la obtención de un producto o servicio, el cual permitirá mantener coherencia e integración y ganar sinergias en el proceso de mantenimiento.

- Actualización de Planes: Toda orden de trabajo no programado debe considerarse para la actualización de los planes de mantenimiento preventivo.
- Planeación del Mantenimiento: Para la planeación del mantenimiento deben ser consideradas las recomendaciones de los fabricantes, requerimientos de la operación, estadísticas de fallas y experiencia en el mantenimiento así como los recursos humanos, económicos y materiales necesarios.
- Estándares de Mantenimiento: Con la finalidad de contar con parámetros de referencia, deben ser recopilados estándares de mantenimiento de clase mundial por tipo de activo productivo, que permitan una planeación más eficiente.
- Historial de Activos Productivos: A los activos productivos incluidos en la base de datos de activos, sujetos a mantenimiento se les deben llevar registros, de aspectos tales como garantías, recomendaciones del fabricante, niveles de utilización, así como las fallas que se han presentado y reparaciones que se le han practicado en forma específica, con el fin de apoyar los procesos, planear, realizar y controlar el mantenimiento.
- Lista de Repuestos Asociados a los Activos Productivos: Con el objeto de identificar y contar con los repuestos necesarios para realizar el mantenimiento de los activos productivos, se deben separar las piezas y considerar en el sistema de información, la totalidad de activos productivos que serán objeto de mantenimiento, conforme a las recomendaciones del fabricante y estadísticas de consumo, para que sirvan como base en la realización del mantenimiento y en el establecimiento de los niveles de inventario.
- Normas de Seguridad: Los responsables de la planeación del mantenimiento, deben definir los planes, procedimientos y elementos de seguridad necesarios para garantizar, durante la realización de los mantenimientos la seguridad de las personas y de los activos productivos, acorde a las directrices definidas por salud ocupacional y teniendo en cuenta las recomendaciones de los responsables de la realización del mantenimiento.

- Índices e Indicadores: Se debe definir índices e indicadores con los cuales se pueda medir la eficacia del proceso de gestión de mantenimiento.
- Presupuesto para Mantenimiento: Los planes operativos (planes de mantenimiento) deben ser el insumo necesario para la elaboración del presupuesto necesario para su ejecución.
- Generación de Órdenes de Trabajo para Mantenimientos Preventivos, Predictivos y Correctivos. Las órdenes de mantenimiento preventivo/predictivo y correctivo que se generen deben ser controladas en el sistema de información y se deben llevar las estadísticas correspondientes. Antes de ejecutar una orden de mantenimiento, debe comprobarse que se cuente con los recursos humanos, equipos y materiales para ser realizada en el menor tiempo posible, ya sea que vaya a ser ejecutada por personal interno o por un contratista.
- Bitácora de Mantenimiento: Cada mantenimiento del tipo preventivo, predictivo y correctivo debe ser registrado en el sistema de información, con el fin de tener una base de conocimiento para el mejoramiento del proceso de administración del mantenimiento. Además para los mantenimientos correctivos deben determinarse las causas que provocaron la falla, analizarse y registrarse con el objetivo de tener bases para implantar soluciones que eviten un nuevo fallo.
- Modificaciones al Plan de Mantenimiento: De ser necesario, una vez se realice un mantenimiento deben hacerse las modificaciones a los planes respectivos.
- Cambios en la Ejecución de los Mantenimientos: Todo cambio en la ejecución de mantenimientos planeados, debe ser revisado y autorizado en forma coordinada entre los responsables de la operación y el mantenimiento y el solicitante de dicho mantenimiento.
- Elaboración de Órdenes de Trabajo: Toda labor de mantenimiento de activos productivos debe estar soportada por una orden de trabajo, donde se deben consignar todos los costos directos, bajo los criterios contables establecidos por la Gerencia Financiera.

- Disponibilidad de Recursos: Se debe contar con los recursos humanos, materiales y económicos necesarios para la ejecución de los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos.
- Uso de Repuestos, Materiales y Herramientas: Para la ejecución de los mantenimientos se deben utilizar los repuestos, materiales y herramientas adecuados al tipo de mantenimiento, así como obedecer los estándares de mantenimiento definidos.
- Herramientas y Equipos de Prueba: Las dependencias responsables de los mantenimientos de los activos productivos, deben contar con las herramientas y equipos de prueba tecnológicamente adecuados, para el desempeño de los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos en forma adecuada.
- Solicitud de Equipos, Materiales y Herramientas: Previa la solicitud de materiales equipos y herramientas se debe verificar su existencia en inventarios. Si no hay existencias se debe proceder a realizar la solicitud de compra, de acuerdo con la normatividad vigente para la adquisición de equipos, herramientas y materiales.
- Cierre de Órdenes de Trabajo de Mantenimiento: Al cerrar un mantenimiento deben establecerse y aplicarse los mecanismos de entrega y aceptación de los activos productivos. Igualmente se deben ingresar al sistema los tiempos y recursos utilizados en la orden de trabajo.
- Evaluación del Mantenimiento: Al término de todo trabajo de mantenimiento deben ser evaluados los resultados en cuanto a tiempo, costo y calidad obtenidos a través del mismo, con objeto de llevar registro y establecer mejoras en futuras intervenciones.
- Evaluación del Plan de Mantenimiento: Periódicamente debe ser evaluado el plan de mantenimiento, con el objetivo de llevar un control y seguimiento del cumplimiento de las actividades y presupuestos asignados y de esta forma poder anticipar cambios para su optimización.
- Calidad de Materiales, Repuestos y Servicios: Se debe hacer una evaluación periódica, de los materiales, repuestos y servicios utilizados, en la realización

de los mantenimientos de los activos productivos, con el fin de lograr el aseguramiento de la calidad.

- Revisión de Normas y Equipos de Seguridad: Se deben evaluar periódicamente las normas y equipos de seguridad, con el fin de garantizar la seguridad de las personas y los bienes de la compañía.

3.6 INDICADORES DE GESTIÓN DEL MODELO ADMINISTRATIVO PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Los indicadores de gestión aplicados al mantenimiento son herramientas que permiten medir la efectividad en la ejecución de las actividades dentro del proceso del mantenimiento. La definición de indicadores de gestión obedece a la necesidad de medir determinada condición enmarcada dentro de cada escala jerárquica de la organización, estableciéndose con ello, tantos grupos de indicadores como procesos y jerarquías existan dentro de la organización.

Los indicadores de gestión se encuentran ubicados dentro del sistema general administrativo de la organización en subsistemas, formando una estructura piramidal totalmente alineada con la estructura de la compañía y en especial con el sector al que pertenece Mantenimiento.

Toda organización de mantenimiento cuenta con indicadores de gestión con los cuales hace seguimiento y control a sus procesos. Sin embargo, se hace necesario analizar los resultados obtenidos en los periodos anteriores y establecer las causas por las cuales los resultados son insatisfactorios. Como resultado de este ejercicio, se establece la necesidad de redefinir o incluir indicadores de gestión al proceso de gestión del mantenimiento.

La puesta en operación de nuevos sistemas de información para la gestión del mantenimiento trae consigo profundos cambios culturales, tecnológicos y

administrativos que impactan el “Saber hacer” y el “Deber ser” del mantenimiento. Por tal motivo, la reingeniería aplicada a los indicadores de gestión debe orientarse hacia el cumplimiento de su política de mantenimiento y por ende al mejoramiento de los índices de los actuales indicadores y al logro de las metas del departamento de mantenimiento.

Esta sección define los indicadores de gestión aplicados al modelo administrativo para la gestión del mantenimiento formulado en esta monografía, que permitan el cumplimiento de la política de mantenimiento formulada y que se constituyan en motor para el mejoramiento de los índices de los indicadores actualmente utilizados en Mantenimiento.

3.6.1 Indicadores de Gestión Orientados a Minimizar el Mantenimiento No Programado

- Nombre del Indicador: Mantenimiento no programado.

- Nombre del Indicador: Mantenimiento planeado

- Nombre del Indicador: Ejecución del mantenimiento planeado

- Nombre del indicador: Trabajos pendientes, BACKLOG.

Descripción del indicador: Determina el tiempo en semanas requerido para finalizar los trabajos pendientes de mantenimiento teniendo en cuenta la cantidad de personas para su ejecución.

- Nombre del Indicador: Índice planeación de OT'S

- Nombre del Indicador: Índice aprobación de OT'S

3.6.2 Indicadores de Gestión Orientados a la Auditoría en la Documentación del Mantenimiento

- Nombre del Indicador: Índice Cierre de OT'S

- Nombre del Indicador: Índice procedimiento de OT

- Nombre del Indicador: Índice lista recursos de OT

3.6.3 Indicadores de Gestión Orientados a la Auditoría en la Planeación de los Trabajos de Mantenimiento

- Nombre del Indicador: Índice Cierre de OT'S

- Nombre del Indicador: Desviación del presupuesto

- Nombre del Indicador: Capacidad utilizada

- Nombre del Indicador: Retraso de OT

3.6.4 Indicadores de Gestión Orientados a la Auditoría General del Proceso de Gestión de Mantenimiento

- Nombre del Indicador: Tiempo medio entre fallas del activo, TMEF.

- Nombre del Indicador: Tiempo medio de reparación, TMR.

- Nombre del Indicador: Costo total del mantenimiento / producción.

- Nombre del Indicador: Disponibilidad total del activo.

4. EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS ROTATIVOS TIPO FRANCIS DE EJE VERTICAL DE POTENCIA NOMINAL 4.5MWH DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA PALMAS

4.1INTRODUCCION

En este capítulo se formula el plan de mantenimiento integrado, PMI, para los equipos rotativos tipo Francis de eje vertical, con potencia 4.5MWH, adscritos a la central hidroeléctrica Palmas. El PMI formulado, está enmarcado dentro del contexto del mantenimiento preventivo y se dirige hacia el cumplimiento de la proyección de ejecución del programa de mantenimiento mayor y de la proyección del mantenimiento primario y predictivo para la central hidroeléctrica de Palmas durante el año 2013. A la par se formula el diseño del programa de gestión del mantenimiento para los años 2013 y 2014. Este diseño cubre la dimensión Planeación y Programación compuesta entre otros, por los elementos de ingeniería de mantenimiento y planeación de largo plazo para: mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento correctivo y acciones modificativas (mejoras o montajes). Esto servirá para atender la brecha establecida de acuerdo al diagnóstico desarrollado en esta monografía dentro del proceso de mantenimiento.

4.2EL MANTENIMIENTO MAYOR Y LA TAREA CRÍTICA

El mantenimiento mayor se define como un mantenimiento de tipo preventivo. Este mantenimiento se encuentra ubicado entre el mantenimiento Overhaul, y el mantenimiento planeado rutinario. Se diferencia del Overhaul en el grado de detalle en las inspecciones y actividades que se realizan en el mismo. Las actividades asociadas a este tipo de mantenimiento, requieren de un menor grado de ingeniería y desarme de los elementos de los equipos y las máquinas y, en este sentido se requiere de menos tiempo para la ejecución de los trabajos. Los

trabajos a ejecutar dentro del mantenimiento mayor se pueden clasificar como del tipo preventivo de frecuenciatrimestral, cuatrimestral o semestral. Este mantenimiento se dirige a intervenir un sistema, un conjunto o una parte de un equipo pero siempre orientado hacia la ejecución de una o varias tareas críticas. Por su parte, la tarea crítica es aquella que posee obligatoriedad en su cumplimiento y que se dirige a evaluar, corregir, reparar o mejorar alguna condición del equipo. La tarea crítica es quien justifica técnicamente ante la Gerencia el paro en el servicio de un equipo. Anexo a la tarea crítica están sus tareas complementarias y son estas en conjunto con la crítica, quienes definen el contexto general de ejecución de una ruta de mantenimiento. El número y cantidad de tareas complementarias son determinadas por el número de activos asociados al activo objeto de la tarea crítica y también por el número de variables que se desea evaluar durante un mantenimiento menor. Entonces, el tiempo de ejecución esperado para realizar la “Tarea Crítica” es quien gobierna la duración total de ejecución de la ruta de mantenimiento. En la ruta de mantenimiento se especifica cada una de las tareas complementarias que dependen de la tarea crítica, además que se indica el tipo de servicio de mantenimiento requerido junto con los procedimientos que serán utilizados para la ejecución de cada trabajo.

4.3 EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MAYOR, DEFINICIÓN DE LA TAREA CRÍTICA

Con el objetivo de reducir el índice de indisponibilidad de equipos y lograr el cumplimiento de las metas de producción de energía eléctrica definidas para el año 2013, el grupo de ingeniería adscrito al área de producción de energía hidráulica, dio cumplimiento en el 2012, al programa de mantenimiento mayor para los turbo grupos de la central hidroeléctrica de Palmas.

Para el año 2013 se proyecta la ejecución de mantenimientos preventivos mayores, mantenimientos primarios, inspecciones y mantenimientos predictivos.

Sin embargo, durante el año 2013 el mantenimiento correctivo continuará teniendo un componente de participación importante como consecuencia de la brecha existente producto, de los factores analizados en el Capítulo 2 de esta monografía.

Para el área de producción de energía hidráulica es de gran importancia fortalecer el mantenimiento preventivo y forjar el camino hacia la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento basado en condición. Sin embargo, esta meta solo puede lograrse si se apropia debidamente el sistema de gestión de mantenimiento preventivo. En esta dirección, la primera meta a lograr es propender por construir bases de datos. Para ello, se debe definir dentro del grupo de mantenimiento aquellos problemas que para dar su solución se carece de la información necesaria.

Uno de estos problemas es el fenómeno de la cavitación – erosión – desgaste ocasionado en los componentes del grupo turbina como consecuencia de la baja calidad del agua. Esta situación se potencializa gracias a los problemas en la calidad de los materiales y de los procesos utilizados durante la reconstrucción y fabricación de repuestos. Para hacer frente a esta situación se plantea la necesidad de construir bases de datos que permitan un mayor conocimiento al fenómeno del desgaste abrasivo, erosivo y de cavitación que sufre el grupo turbina y que pueda correlacionarse con los datos obtenidos del mantenimiento predictivo (Toma de vibraciones).

La proyección del mantenimiento preventivo para el año 2013 esta basado en la ejecución del mantenimiento mayor “Inspección rodete”. En consecuencia, se adoptará este tipo de mantenimiento como la tarea crítica a desarrollar.

4.4 TAREA CRITICA INSPECCIÓN RODETE

4.4.1 Justificación para la Ejecución de la Tarea Crítica

Se requiere ejecutar de forma periódica la revisión del componente principal del turbo grupo generador. Esta revisión se hace de forma visual tratando de mantener los estándares de la pieza para su mejor desempeño y mayor duración. Se mide la cavitación, los desgastes por abrasión y las tolerancias existentes entre el rodete - los blindajes del caracol - el fondo superior – el tubo de aspiración. Se evalúa el estado de los blindajes laterales del rodete, fletos, y se determina si es necesario realizar su cambio. También se evalúa si es necesario reconstruir las superficies erosionadas y cavitadas o si es necesario el cambio del rodete o en caso contrario si se deja la superficie como tal como se encontró para que en el próximo mantenimiento se realice los trabajos que sean necesarios. De igual forma se está tratando de establecer los valores límites permitidos de desgaste para los que se presenta: El punto de arranque de falla del rodete, su punto de falla potencial y su punto de falla funcional. El seguimiento a este problema requiere que de la toma de datos del avance de la cavitación y la erosión en las superficies afectadas y de llevar un registro de estas medidas. Se ha escogido como su frecuencia de medición la escala semestral. Una periodicidad más alta que 6 meses podría hacer que la recolección de datos sea insuficiente y se pierda el control del avance del desgaste.

4.4.2 Variables de Control de la Tarea Crítica

La tarea crítica tiene periodicidad de ejecución semestral y se encuentra catalogada como mantenimiento preventivo mecánico. Se califica como una tarea multi oficios, VC, ya que en ella intervienen diferentes especialidades y centros de trabajo. Se aplica sobre los activos relacionados en la Tabla 2

Tabla 2. Tarea Crítica, Inspección Rodete. Activos Principales a Intervenir.

NÚMERO ACTIVO	DESCRIPCIÓN ACTIVO 1	DESCRIPCIÓN ACTIVO 2	DESCRIPCIÓN ACTIVO 3
22123	RODETE FRANCIS U1 PL	FABRICANTE HYDRO VEVEY	POTENCIA 4.5MW
22167	RODETE FRANCIS U2 PL	FABRICANTE HYDRO VEVEY	POTENCIA 4.5MW
22211	RODETE FRANCIS U3 PL	FABRICANTE HYDRO VEVEY	POTENCIA 4.5MW
22255	RODETE FRANCIS U4 PL	FABRICANTE HYDRO VEVEY	POTENCIA 4.5MW

Fuente: Autores

4.4.3 El Alcance de la Tarea Crítica

El alcance general de la tarea crítica “Inspección rodete” es: Inspección y reparación general del rodete.

4.4.3.1 Detalle del Alcance de la Tarea Crítica

Los trabajos principales a ejecutar sobre el rodete son:

- Desmonte rodete: Desmonte general de sección turbina y extracción del rodete.
- Inspección general: Inspección, calibración y evaluación del rodete.
- Reparación Rodete: Reparación y reconstrucción general. Incluye:
 - ✓ Cambio de blindajes. Reemplazo de blindajes.
 - ✓ Reconstrucción general rodete.
 - ✓ Mecanizado y terminado.
 - ✓ Balanceo dinámico del rodete.

- Montaje de rodete. Montaje de rodete en grupo turbina.

4.4.4 Tareas de Mantenimiento Complementarias de Ejecución Paralela a la Tarea Crítica

Teniendo en cuenta que el turbo grupo se encuentra fuera de servicio, se hace necesario intervenir otros activos asociados al rodete y que complementan el alcance de la tarea crítica. Las intervenciones realizadas son de carácter repetitivo y correctivo. Las primeras corresponden a tareas de inspección que se planean para ejecutarse por ruta de mantenimiento mientras que las segundas son correctivas y se ejecutan según condición del activo.

La planeación de la tarea crítica incluye los tiempos y recursos destinados a las secuencias desmonte y montaje de los activos de la tabla 3. Por tal motivo, para estos activos solo se cargarán los costos relacionados con su reparación, reconstrucción o cambio.

Tabla 3. Tarea Crítica Inspección Rodete, Activos Complementarios a Intervenir

Nº RUTA	Nº DE ACTIVO	DESCRIPCIÓN ACTIVO	TIPO SERVICIO	CODIGO PROCEDIMIENTO	Nº DE OT MODELO
GPLXV001	22123	RODETE FRANCIS U1 PL	Mecánico	GCPLM0043	336
GPLXV001	22167	RODETE FRANCIS U2 PL	Mecánico	GCPLM0043	336
GPLXV001	22211	RODETE FRANCIS U3 PL	Mecánico	GCPLM0043	336
GPLXV001	22255	RODETE FRANCIS U4 PL	Mecánico	GCPLM0043	336
GPLXV001	22118	FONDO SUPERIOR U1 PL	Mecánico	GCPLM0013	609
GPLXV001	22162	FONDO SUPERIOR U2 PL	Mecánico	GCPLM0013	609
GPLXV001	22206	FONDO SUPERIOR U3 PL	Mecánico	GCPLM0013	609
GPLXV001	22250	FONDO SUPERIOR U4 PL	Mecánico	GCPLM0013	609
GPLXV001	22122	TUBO COMPENSACION U1 PL	Mecánico	GCPLM0018	613
GPLXV001	22166	TUBO COMPENSACION U2 PL	Mecánico	GCPLM0018	613
GPLXV001	22210	TUBO COMPENSACION U3 PL	Mecánico	GCPLM0018	613

Nº RUTA	Nº DE ACTIVO	DESCRIPCIÓN ACTIVO	TIPO SERVICIO	CODIGO PROCEDIMIENTO	Nº DE OT MODELO
GPLXV001	22254	TUBO COMPENSACION U4 PL	Mecánico	GCPLM0018	613
GPLXV001	22124	BLINDAJE FLETTE RODETE U1 PL	Mecánico	GCPLM0004	621
GPLXV001	22168	BLINDAJE FLETTE RODETE U2 PL	Mecánico	GCPLM0004	621
GPLXV001	22212	BLINDAJE FLETTE RODETE U3 PL	Mecánico	GCPLM0004	621
GPLXV001	22256	BLINDAJE FLETTE RODETE U4 PL	Mecánico	GCPLM0004	621
GPLXV001	22125	EJE TURBINA U1 PL	Mecánico	GCPLM0001	627
GPLXV001	22169	EJE TURBINA U2 PL	Mecánico	GCPLM0001	627
GPLXV001	22213	EJE TURBINA U3 PL	Mecánico	GCPLM0001	627
GPLXV001	22257	EJE TURBINA U4 PL	Mecánico	GCPLM0001	627
GPLXV001	22126	CAJA SELLO MECANICO U1 PL	Mecánico	GCPLM0049	609
GPLXV001	22170	CAJA SELLO MECANICO U2 PL	Mecánico	GCPLM0049	609
GPLXV001	22214	CAJA SELLO MECANICO U3 PL	Mecánico	GCPLM0049	609
GPLXV001	22258	CAJA SELLO MECANICO U4 PL	Mecánico	GCPLM0049	609
GPLXV001	22127	COJINETE GUIA TURBINA U1 PL	Mecánico	GCPLM0053	610
GPLXV001	22171	COJINETE GUIA TURBINA U2 PL	Mecánico	GCPLM0053	610
GPLXV001	22215	COJINETE GUIA TURBINA U3 PL	Mecánico	GCPLM0053	610
GPLXV001	22259	COJINETE GUIA TURBINA U4 PL	Mecánico	GCPLM0053	610
GPLXV001	22119	BLINDAJE FONDO SUPERIOR U1 PL	Mecánico	GCPLM0044	621
GPLXV001	22163	BLINDAJE FONDO SUPERIOR U2 PL	Mecánico	GCPLM0044	621
GPLXV001	22207	BLINDAJE FONDO SUPERIOR U3 PL	Mecánico	GCPLM0044	621
GPLXV001	22251	BLINDAJE FONDO SUPERIOR U4 PL	Mecánico	GCPLM0044	621
GPLXV001	22121	BLINDAJE SELLO CHICANE U1 PL	Mecánico	GCPLM0021	631
GPLXV001	22165	BLINDAJE SELLO CHICANE U2 PL	Mecánico	GCPLM0021	631
GPLXV001	22209	BLINDAJE SELLO CHICANE U3 PL	Mecánico	GCPLM0021	631
GPLXV001	22253	BLINDAJE SELLO CHICANE U4 PL	Mecánico	GCPLM0021	631

Fuente: Autores

4.4.4.1 El Alcance de las Tareas Complementarias

Las tareas complementarias están orientadas hacia la evaluación detallada del estado de desgaste de cada componente del grupo turbina. Esta revisión se hace principalmente de forma visual aunque se acompaña de inspecciones y análisis especializados de laboratorio destinados a la detección de fisuras y fallas estructurales nacientes especialmente sobre el eje de turbina y el rodete. Se evalúa el efecto de la cavitación y la abrasión y se determina las tolerancias existentes entre el rodete - los blindajes del caracol - el fondo superior – el tubo de aspiración. Se evalúa el estado de los blindajes laterales del rodete y de los fletes, prestando especial atención a su estado estructural, determinando si es necesario realizar el cambio de componentes. También se determina la magnitud del trabajo de reconstrucción a realizar sobre las superficies erosionadas o si se requiere cambiar conjuntos completos de elementos. La documentación de los hallazgos es fundamental para redefinir la vida útil del grupo turbina y reprogramar la frecuencia de ejecución de mantenimientos mayores. También es una oportunidad para evaluar la calidad de los procesos de reconstrucción y fabricación de repuestos y dar ajuste a los términos de referencia para la contratación de tales trabajos. Los resultados obtenidos de este mantenimiento también permiten retroalimentar el análisis del mantenimiento predictivo.

El alcance de los trabajos complementarios a la tarea crítica se define en la tabla 4

Tabla 4. Tarea Crítica, Alcance de los Trabajos Complementarios

Activo a intervenir: Fondo Superior. Procedimiento ejecución tarea: GCPLM0013. Alcance de tarea: Reparación – reconstrucción
Activo a intervenir: Tubería Compensación Procedimiento ejecución tarea: GCPLM0018. Alcance de tarea: Cambio
Activo a intervenir: Blindaje Flette rodete. Procedimiento ejecución tarea: GCPLM0004. Alcance de tarea: Cambio
Activo a intervenir: Eje Turbina. Procedimiento ejecución tarea: GCPLM0001. Alcance de tarea: Reparación – reconstrucción - inspección
Activo a intervenir: Caja sello mecánico. Procedimiento ejecución tarea: GCPLM0049. Alcance de tarea: Reparación.
Activo a intervenir: Cojinete guía de turbina. Procedimiento ejecución tarea: GCPLM0053. Alcance de tarea: Cambio / Inspección.
Activo a intervenir: Blindaje fondo superior. Procedimiento ejecución tarea: GCPLM0044 Alcance de tarea: Inspección - reparación.
Activo a intervenir: Blindaje Chicanne. Procedimiento ejecución tarea: GCPLM0021 Alcance de tarea: Inspección – reparación /cambio.

Fuente: Autores

4.4.5 Planeación de la Tarea Crítica

La planeación de la tarea crítica se presenta en las tablas 5 y 6. La planeación del trabajo requiere de la definición de los centros de trabajo que participan en el

mantenimiento, el tamaño del equipo que conformará cada centro de trabajo y el tiempo total estimado en horas hombre de intervención de cada centro de trabajo. También se requiere de la definición de la lista de recursos que se estima será requerida. (Materiales, herramientas, equipos, contratos de suministro de bienes y servicios).

Tabla 5. Planeación Tarea Crítica, Centros de Trabajo

DESCRIPCIÓN DE TAREA CRITICA: INSPECCIÓN RODETE			
PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN TAREA CRITICA: GCPLM0043			
DESCRIPCIÓN GENERAL DE TAREA CRITICA: Desmontaje, inspección, reparación y montaje de rodete. Inspección, reparación y/o acondicionamiento de activos asociados. Documentación general del trabajo ejecutado.			
PLANEACIÓN DE CENTROS DE TRABAJO EJECUCIÓN DE TAREA CRITICA			
CODIGO CENTRO TRABAJO	DESCRIPCIÓN CENTRO DE TRABAJO	TAMAÑO EQUIPO	TIEMPO
GEHMING	GENERACION HIDRAULICA INGENIERIA	1	60 HORAS
GEHSUP	GENERACION HIDRAULICA SUPERVISOR MANTENIMIENTO	1	120 HORAS
GEHMTO	GENERACION HIDRAULICA MANTENIMIENTO	2	240 HORAS
GEHMTOPL	GENERACION HIDRAULICA MANTENIMIENTO PLANTA	1	120 HORAS
GCHCAL	GENERACION HIDRAULICA CONTRATISTA CALIFICADO	5	450 HORAS
GCHEXP	GENERACION HIDRAULICA CONTRATISTA ESPECIALIZADO	1	120 HORAS
GCHSEXPT	GENERACION HIDRAULICA CONTRATISTA SERVICIO ESPECIALIZADO	1	30 HORAS
DESCRIPCIÓN TRABAJOS PRELIMINARES: ALISTAMIENTO Y PUESTA EN SEGURIDAD DE EQUIPOS PERIFERICOS.			
DESCRIPCIÓN DE TRABAJO PRELIMINAR. EQUIPO PUENTE GRÚA 20TON CASA DE MAQUINAS, CENTRAL PALMAS. Mantenimiento preventivo puente grúa. Laboratorio a motores eléctricos, lubricación de carros, verificación operación control, verificación estado de guayas y cables.			
CODIGO CENTRO TRABAJO	DESCRIPCIÓN CENTRO DE TRABAJO	TAMAÑO EQUIPO	TIEMPO

DESCRIPCIÓN DE TAREA CRITICA: INSPECCIÓN RODETE			
PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN TAREA CRITICA: GCPLM0043			
GEHSUP	GENERACION HIDRAULICA SUPERVISOR MANTENIMIENTO	1	16 HORAS
GEHMTO	GENERACION HIDRAULICA MANTENIMIENTO	1	16 HORAS
GEHMTOPL	GENERACION HIDRAULICA MANTENIMIENTO PLANTA	1	16 HORAS

Fuente: Autores

Tabla 6. Planeación Tarea Crítica, Recursos

DESCRIPCIÓN DE TAREA CRITICA: INSPECCIÓN RODETE	
PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN TAREA CRITICA: GCPLM0043	
DESCRIPCIÓN GENERAL DE TAREA CRITICA: Desmontaje, inspección, evaluación, reparación y montaje de rodete. Inspección, reparación y/o acondicionamiento de activos asociados. Documentación general del trabajo ejecutado.	
PLANEACIÓN DE LISTA DE RECURSOS	
DESCRIPCION DE LISTA DE RECURSOS	SERVICIO
CONTRATO SUMINISTRO BIENES Y SERVICIOS. (ANALISIS ESPECIALIZADOS DE LABORATORIO)	ANALISIS LABORATORIO
CONTRATO SUMINISTRO BIENES Y SERVICIOS. (TOMA Y ANALISIS DE VIBRACIONES)	ANALISIS VIBRACION BALANCEO DINAMICO
CONTRATO SUMINISTRO BIENES Y SERVICIOS. (SERVICIOS METAL MECÁNICA TALLER INDUSTRIAL)	TRABAJOS DE RECONSTRUCCIÓN, MECANIZADO, BALANCEO DINAMICO DE MASAS.
CONTRATO SUMINISTRO BIENES Y SERVICIOS. (COMPRAS, SUMINISTRO DE MATERIALES)	SUMINISTRO MATERIALES
CONTRATO SUMINISTRO BIENES Y SERVICIOS. (COMPRAS, SUMINISTRO DE HERRAMIENTAS)	SUMINISTRO HERRAMIENTAS
CONTRATO SUMINISTRO BIENES Y SERVICIOS. (SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO SOLDADURA)	CONTRATO DE SERVICIOS PROCESO DE APLICACIÓN DE SOLDADURA ESPECIAL
CONTRATO SUMINISTRO BIENES Y SERVICIOS. (SUMINISTRO MANO DE OBRA CONTRATISTA CALIFICADA)	SUMINISTRO DE PERSONAL CONTRATISTA CALIFICADO.

Fuente: Autores

4.5 EL MANTENIMIENTO PRIMARIO

4.5.1 Justificación para la Ejecución del Mantenimiento

Se requiere realizar de forma periódica la inspección, limpieza y lubricación del turbo grupo con el fin detectar tempranamente y dar solución a las situaciones y eventos que puedan desencadenar en costosas averías. Este trabajo se hace según las recomendaciones técnicas del fabricante y alineados con las recomendaciones que en materia de tribología ofrece la casa matriz del lubricante.

Este trabajo es del tipo ON LINE por lo que su ejecución no representa impacto alguno en la meta de producción de energía.

4.5.2 Variables de Control del Mantenimiento.

El mantenimiento primario lubricar distribuidor tiene periodicidad de ejecución mensual, 720 horas de operación y se encuentra catalogada como mantenimiento primario mecánico. Se aplica sobre los activos relacionados en la Tabla 7

Tabla 7. Tarea Lubricar Distribuidor, Activos Intervenidos

NÚMERO ACTIVO	DESCRIPCIÓN ACTIVO 1	DESCRIPCIÓN ACTIVO 2	DESCRIPCIÓN ACTIVO 3
22133	DITRIBUIDOR U1 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	N° ALABES 16
22177	DITRIBUIDOR U2 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	N° ALABES 16
22221	DITRIBUIDOR U3 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	N° ALABES 16
22265	DITRIBUIDOR U4 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	N° ALABES 16

Fuente: Autores

4.5.3 El Alcance del Mantenimiento

El alcance del mantenimiento es: Realizar inspección, limpieza y lubricación general al grupo distribuidor. Inspeccionar el conjunto de alabes directrices en búsqueda de posibles fallas, evaluando en especial el estado de ajuste de los alabes y de su empaquetadura. Inspeccionar el conjunto en búsqueda de fugas de agua y determinar su origen. Documentar los hallazgos.

4.5.4 Planeación del Mantenimiento

La planeación del mantenimiento se presenta en las tablas 8 y 9. La planeación del trabajo requiere de la definición de los centros de trabajo que participan en el mantenimiento, el tamaño del equipo que conformará cada centro de trabajo y el tiempo estimado en horas de intervención de cada centro de trabajo. También se requiere de la definición de la lista de recursos que se estima será requerida. (Materiales, herramientas, equipos, contratos de suministro de bienes y servicios).

Tabla 8. Planeación Tarea Lubricación, Centros de Trabajo

DESCRIPCIÓN DE TAREA: LUBRICAR DISTRIBUIDOR			
PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN: GCPLM0243			
DESCRIPCIÓN GENERAL: Lubricación de distribuidor. Inspección alabes directrices. Inspección fugas de agua.			
PLANEACIÓN DE CENTROS DE TRABAJO			
CODIGO CENTRO TRABAJO	DESCRIPCIÓN CENTRO DE TRABAJO	TAMAÑO EQUIPO	TIEMPO
GEHMTOP	GENERACION HIDRAULICA MANTENIMIENTO PLANTA	1	1 HORAS

Fuente: Autores

Tabla 9. Planeación tarea lubricación, Recursos

DESCRIPCIÓN DE TAREA: LUBRICAR DISTRIBUIDOR	
PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN: GCPLM0243	
DESCRIPCIÓN GENERAL: Lubricación de distribuidor. Inspección alabes directrices. Inspección fugas de agua.	
PLANEACIÓN DE LISTA DE RECURSOS	
DESCRIPCION DE LISTA DE RECURSOS	SERVICIO
CONTRATO SUMINISTRO BIENES Y SERVICIOS. (COMPRAS, SUMINISTRO DE MATERIALES)	SUMINISTRO MATERIALES
CONTRATO SUMINISTRO BIENES Y SERVICIOS. (COMPRAS, SUMINISTRO DE HERRAMIENTAS)	SUMINISTRO HERRAMIENTAS

Fuente: Autores

4.6EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

4.6.1 Justificación para la Ejecución del Predictivo

Se requiere realizar de forma periódica la inspección de vibraciones al grupo turbina y generador con el fin detectar tempranamente y dar solución a las situaciones y eventos que puedan desencadenar en costosas averías. Este trabajo se hace según las recomendaciones técnicas del fabricante y alineados con las recomendaciones de la norma ISO 10816 – 3 1998. Este trabajo es del tipo ON LINE por lo que su ejecución no representa impacto alguno en la meta de producción de energía.

4.5.2 Variables de Control del Predictivo

El mantenimiento predictivo Medir vibración tiene periodicidad de ejecución mensual, 720 horas de operación y se encuentra catalogada como mantenimiento predictivo mecánico. Se aplica sobre los activos relacionados en la Tabla 10

Tabla 10. Tarea Predictiva Medir Vibración, Activos Intervenidos

NÚMERO ACTIVO	DESCRIPCIÓN ACTIVO 1	DESCRIPCIÓN ACTIVO 2	DESCRIPCIÓN ACTIVO 3
22246	TURBINA U4 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	POTENCIA 6500 CV
22269	GENERADOR SINCRONICO U4 PL	MARCA SÉCHERON	POTENCIA 5600KVA
22202	TURBINA U3 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	POTENCIA 6500 CV
22225	GENERADOR SINCRONICO U3 PL	MARCA SÉCHERON	POTENCIA 5600KVA
22158	TURBINA U2 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	POTENCIA 6500 CV
22181	GENERADOR SINCRONICO U2 PL	MARCA SÉCHERON	POTENCIA 5600KVA
22114	TURBINA U1 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	POTENCIA 6500 CV
22137	GENERADOR SINCRONICO U1 PL	MARCA SÉCHERON	POTENCIA 5600KVA

Fuente: Autores

4.6.3 El Alcance del Mantenimiento

El alcance del mantenimiento es: Tomar registro de vibración en modo pico a pico y RMS según espectro de frecuencias, tanto en generador como en turbina. Analizar los registros y documentar el mantenimiento.

4.6.4 Planeación del Mantenimiento

La planeación del mantenimiento se presenta en la tabla 11. La planeación del trabajo requiere de la definición de los centros de trabajo que participan en el mantenimiento, el tamaño del equipo que conformará cada centro de trabajo y el tiempo estimado en horas de intervención de cada centro de trabajo. También se requiere de la definición de la lista de recursos que se estima será requerida. (Materiales, herramientas, equipos, contratos de suministro de bienes y servicios).

Tabla 11. Planeación Tarea Predictiva, Centros de Trabajo

DESCRIPCIÓN DE TAREA: MEDIR VIBRACIÓN			
PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN: GCPLM0283			
DESCRIPCIÓN GENERAL: Tomar y analizar vibraciones.			
PLANEACIÓN DE CENTROS DE TRABAJO EJECUCIÓN			
CODIGO CENTRO TRABAJO	DESCRIPCIÓN CENTRO DE TRABAJO	TAMAÑO EQUIPO	TIEMPO
GEHMING	GENERACION HIDRAULICA INGENIERIA	1	2 HORAS

Fuente: Autores

4.6.5 Protocolo de Monitoreo por Condición

En el anexo E, se presenta el protocolo para la toma de muestras de vibración sobre el equipo rotativo de la central Palmas. En este protocolo se establece la ruta de toma de muestras y su procedimiento técnico. Se establece además las normas de seguridad a seguir. Se presenta los registros y las bases de datos de resultados que permitan realizar análisis y evaluar tendencias.

4.7 EL PROGRAMA ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Esta sección está dedicada a la formulación del programa de gestión administrativo del mantenimiento para los años 2013 y 2014. El propósito de este programa es presentar el diseño de un plan de acción que permita direccionar acciones hacia el cierre de la brecha existente entre la situación actual de desarrollo y apropiación del sistema de gestión de mantenimiento y su nivel esperado de clase mundial. El programa propuesto se presenta en el anexo F.

4.8 RESUMEN DEL PROGRAMA GENERAL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En esta sección se presenta el resumen del programa del mantenimiento preventivo. El programa de mantenimiento es presentado en el Anexo G se ilustra la programación de mantenimientos preventivos, predictivos y primarios a ejecutarse durante el año 2013.

5. CONCLUSIONES

- El modelo actual de administración para la gestión del mantenimiento del área de producción de energía hidráulica, enfoca gran parte de sus recursos hacia la atención del mantenimiento correctivo, situación motivada principalmente por la debilidad en el cumplimiento del ciclo PHVA. Uno de sus problemas más sobresalientes radica en la administración de la información del mantenimiento siendo determinante la cultura entorno a su documentación, situación que no permite la homologación de criterios entorno a la ejecución de las tareas de mantenimiento a la vez que dificulta la atención oportuna de los eventos que causan indisponibilidad a los equipos. Otro aspecto de gran relevancia radica en no contar con un marco de referencia que permita orientar la toma de decisiones y la actuación de todos los involucrados en este proceso según criterios transparentes normalizados desde la dirección de la compañía.
- Con el objeto de ofrecer una solución a la problemática actual del mantenimiento en el APE, se formula en este trabajo de monografía un modelo de gestión para la administración del mantenimiento basado en el ciclo PHVA. A su vez se propone la política del proceso administración del mantenimiento y sus lineamientos, la cual permite alinear el actuar de quienes ejecutan el mantenimiento según estándares de clase mundial. Se propone el uso de diferentes indicadores de gestión que tras su control y verificación, permitirán el apropiamiento de los procesos involucrados en el mantenimiento.
- El modelo propuesto de administración para la gestión del mantenimiento, se explica en detalle, prestando especial atención a establecer con claridad la interacción existente entre cada uno de sus procesos. También se guarda un lugar para exponer las funciones y responsabilidades que tiene de cada uno de los actores dentro del macroproceso. De esta forma se logra un alto grado de

entendimiento de las sinergias y relaciones existentes entre cada uno de ellos y de la importancia que tiene la cabal aplicación del modelo.

- Se presenta un plan de acción que propone ejecutar acciones dirigidas hacia el cierre de la brecha existente entre la situación actual de desarrollo y apropiación del sistema de gestión de mantenimiento y su nivel esperado de clase mundial. Este plan de acción se formula para ser desarrollado en el término de Dos años y pretende lograr un cambio cultural hacia la forma de concebir y ejecutar el mantenimiento.
- El logro de los objetivos propuestos en el modelo administrativo para la gestión del mantenimiento, solo puede alcanzarse si existe apoyo y direccionamiento desde la alta gerencia, la subgerencia y los jefes de área, acompañado de la total claridad del proceso al que se le dará inicio y del deseo de emprenderlo por parte de los ejecutores del mantenimiento. Sin embargo, es fundamental avanzar en el alcance de los objetivos y vender el proyecto a sus usuarios finales para lograr el mejoramiento en la productividad, rentabilidad y efectividad del mantenimiento. Este trabajo de monografía representa un importante avance en el logro del objetivo formulado.

6. BIBLIOGRAFIA

- ❖ ALBARRACIN AGUILLON, Pedro Ramón. Tribología y Lubricación. Bucaramanga: Litochoa, 1993. 980 p.
- ❖ ARCINIEGAS, Álvarez Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Escuela de Ingeniería Mecánica.
- ❖ ASME INTERNATIONAL, CURSO “ANÁLISIS VIBRACIONAL EN EQUIPOS ROTATIVOS Y MANTENIMIENTO PREDICTIVO”, Martínez Ciro, Lima Perú, Diciembre de 2001.
- ❖ BANOS BARON, Joel Enrique. Implementación 5's en el manejo de las materias primas, repuestos y herramientas de mantenimiento de la planta de Agua Brisa. Bucaramanga, 2000, 140 p. Trabajo de grado (Especialista en gerencia de la producción y mejoramiento continuo). Universidad Industrial de Santander.
- ❖ BERNAL MUÑOZ, Edgar. Mantenimiento y mecánica en mantenimiento predictivo. Vol 3, No. 12 (Jun. 2002); 80 p. p.63 – 69
- ❖ GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2006.
- ❖ MORA GUTIÉRREZ, Alberto, Mantenimiento Industrial Efectivo, p.26 – 43, Segunda edición, Editorial Coldi, 2012.

- ❖ ORTIZ, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bucaramanga 2010
- ❖ ORTIZ PLATA, Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. [CD_ROM]. Bucaramanga, 2008. Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.
- ❖ PINILLA. Pablo. Sistemas de información. Bucaramanga. [CD_ROM]. Bucaramanga, 2008. Posgrado Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.
- ❖ RENOVETEC, Colección mantenimiento industrial Volumen 3, Madrid, 2009.
- ❖ RENOVETEC. Paradas programadas y grandes revisiones. Organización, planificación y optimización. Colección mantenimiento industrial, Volumen 2. Garrido García Santiago, Madrid, 2009.

ANEXOS

Anexo A. Estructura Jerárquica de Activos Central Hidroeléctrica Palmas

ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA PALMAS.				
N° ACTIVO	NIVEL JERARQUIA	ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL PALMAS		DESCRIPCION DEL ACTIVO
22000	1	CENTRAL PALMAS PL		CENTRAL EMBALSE PALMAS POTENCIA NOMINAL 13MW/H
22001	.2	ALMACENAMIENTO PL		SISTEMA ALMACENAMIENTO CENTRAL PALMAS
22002	..3	PRESA PL		TIPO BOVEDA SISTEMA ALMACENAMIENTO
22003	...4	COMPUERTA FONDO PRESA PL		TIPO GUILLOTINA ALIVIO Y LIMPIEZA EMBALSE
22004	....5	COMPUERTA FONDO 1 PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA ALMACENAMIENTO
22005	....5	SERVOMOTOR COMPUERTA FONDO 1 PL		MARCA TORINO POTENCIA 6HP
22006	....5	COMPUERTA FONDO 2 PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA ALMACENAMIENTO
22007	....5	SERVOMOTOR COMPUERTA FONDO 2 PL		MARCA TORINO POTENCIA 6HP
22008	....5	COMPUERTA FONDO 3 PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA ALMACENAMIENTO
22009	....5	SERVOMOTOR COMPUERTA FONDO 3 PL		MARCA TORINO POTENCIA 6HP
22010	....5	COMPUERTA FONDO 4 PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA ALMACENAMIENTO
22011	....5	SERVOMOTOR COMPUERTA FONDO 4 PL		MARCA TORINO POTENCIA 6HP
22012	..4	COMPUERTA BASCULANTE PL		TIPO CLAPETA FLOTADOR SISTEMA ALMACENAMIENTO
22013	..4	RASTRILLO PRINCIPAL PL		TIPO PENCA BASCULANTE SISTEMA COMPUERTAS PRESA
22014	..4	CONTROL RASTRILLO PRINCIPAL PL		RASTRILLO PRINCIPAL SISTEMA CAPTACIÓN PRESA
22015	..4	CONTROL EQUIPOS ALMACENAMIENTO		EQUIPOS PERIFERICOS Y APOYO SISTEMA ALMACENAMIENTO
22016	..4	REJAS COLADERAS PRINCIPAL PL		TIPO COLADERAS SISTEMA CAPTACIÓN PRESA
22017	..3	EQUIPOS PERIFERICOS PRESA PL		EQUIPOS PERIFERICOS SISTEMA ALMACENAMIENTO
22018	..4	WINCHE PRESA PL		WINCHE NEUMATICO CAPACIDAD 5 TON
22019	..4	MALACATE PRESA PL		MALACATE NEUMATICO CAPACIDAD 5 TON
22020	..4	SISTEMA AIRE COMPRIMIDO PL		MARCA SULLAIR SISTEMA EQUIPOS PERIFERICOS
22021	...5	COMPRESOR PL		MARCA SULLAIR POTENCIA 100HP
22022	...5	TUBERIA COMPRESOR PL		AIRE COMPRIMIDO MATERIAL HIERRO GALVANIZADO
22023	..3	ALUMBRADO ALMACENAMIENTO PL		TIPO INDUSTRIAL 110/440V
22024	..3	TANQUE DESARENADOR PL		CONTENIDO AGUA CRUDA SISTEMA ALMACENAMIENTO
22025	..4	COMPUERTA PRINCIPAL TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22026	..4	SERVOMOTOR COMPUERTA PRINCIPAL TD PL		MARCA TORINO POTENCIA 5HP
22027	..4	RASTRILLO TANQUE DESARENADO PL		TIPO PENCA BASCULANTE SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22028	..4	UNIDAD POTENCIA RASTRILLO TD PL		UNIDAD POTENCIA HIDRAULICA SISTEMA RASTRILLOS TD
22029	..4	CONTROL RASTRILLO TANQUE DESARENADOR PL		CONTROL OPERACIÓN POTENCIA SISTEMA RASTRILLOS TD
22030	..4	REJAS COLADERAS TANQUE DESARENADOR PL		TIPO COLADERAS SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22031	..4	VALVULA OPERACION TANQUE DESARENADOR PL		LIMPIEZA TANQUE DESARENADOR SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22032	...5	VALVULA OPERACION 1 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22033	...5	VALVULA OPERACION 2 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22034	...5	VALVULA OPERACION 3 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22035	...5	VALVULA OPERACION 4 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22036	...5	VALVULA OPERACION 5 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22037	...5	VALVULA OPERACION 6 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22038	...5	VALVULA OPERACION 7 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22039	...5	VALVULA OPERACION 8 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22040	...5	VALVULA OPERACION 9 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22041	...5	VALVULA OPERACION 10 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22042	...5	VALVULA OPERACION 11 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22043	...5	VALVULA OPERACION 12 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22044	...5	VALVULA OPERACION 13 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22045	...5	VALVULA OPERACION 14 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22046	...5	VALVULA OPERACION 15 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22047	...5	VALVULA OPERACION 16 TD PL		TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR

ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA PALMAS.			
N° ACTIVO	NIVEL JERARQUIA	ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL PALMAS	DESCRIPCION DEL ACTIVO
22048	...5	VALVULA OPERACION 17 TD PL	TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22049	...5	VALVULA OPERACION 18 TD PL	TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22050	...5	VALVULA OPERACION 19 TD PL	TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22051	...5	VALVULA OPERACION 20 TD PL	TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22001	.2	ALMACENAMIENTO PL	SISTEMA ALMACENAMIENTO CENTRAL PALMAS
22052	...5	VALVULA OPERACION 21 TD PL	TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22053	...5	VALVULA OPERACION 22 TD PL	TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22054	...5	VALVULA OPERACION 23 TD PL	TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22055	...5	VALVULA OPERACION 24 TD PL	TIPO GUILLOTINA SISTEMA TANQUE DESARENADOR
22056	..4	PLANTA EMERGENCIA AUXILIAR PRESA PL	MARCA CUMMINS SISTEMA AUXILIARES PRESA
22057	.2	CONDUCCION PL	SISTEMA CONDUCCIÓN CENTRAL PALMAS
22058	..3	TUNEL CONDUCCION PL	CENTRAL PALMAS LONGITUD 7600M
22059	..3	ALMENARA AGUAS ARRIBA PL	CENTRAL PALMAS SISTEMA CONDUCCION
22060	..3	CASA VALVULAS PL	CENTRAL PALMAS SISTEMA CONDUCCION
22061	..4	VALVULA MARIPOSA 1-1 C/V PL	ADMISIÓN AGUA TUBERIA CARGA SISTEMA TUBERIA CARGA 1
22062	..4	SERVOMOTOR VALVULA MARIPOSA 1-1 PL	CONTROL OPERACIÓN SISTEMA CASA VALVULAS
22063	..4	TUBERIA BY PASS 1 VALVULA MARIPOSA C/V PL	CONTROL LLENADO TUBERIA SISTEMA CASA VALVULAS
22064	..4	VALVULA MARIPOSA 1-2 C/V PL	ADMISIÓN AGUA TUBERIA CARGA SISTEMA TUBERIA CARGA 1
22065	..4	SERVOMOTOR VALVULA MARIPOSA 1-2 PL	CONTROL OPERACIÓN SISTEMA CASA VALVULAS
22066	..4	VALVULA MARIPOSA 2-1 C/V PL	ADMISIÓN AGUA TUBERIA CARGA SISTEMA TUBERIA CARGA 2
22067	..4	SERVOMOTOR VALVULA MARIPOSA 2-1 PL	CONTROL OPERACIÓN SISTEMA CASA VALVULAS
22068	..4	TUBERIA BY PASS 2 VALVULA MARIPOSA C/V PL	CONTROL LLENADO TUBERIA SISTEMA CASA VALVULAS
22069	..4	VALVULA MARIPOSA 2-2 C/V PL	ADMISIÓN AGUA TUBERIA CARGA SISTEMA TUBERIA CARGA 2
22070	..4	SERVOMOTOR VALVULA MARIPOSA 2-2 PL	CONTROL OPERACIÓN SISTEMA CASA VALVULAS
22071	..4	CONTROL VALVULA MARIPOSA PL	CONTROL DISPARO VALVULAS SISTEMA CASA VALVULAS
22072	..4	ALUMBRADO CASA VALVULA PL	TIPO INDUSTRIAL 110/440V
22073	..4	PUENTE GRUA CASA VALVULA PL	MARCA ABUS CAPACIDAD 5 TON
22074	..3	TUBERIA CARGA PL	CONTENIDO AGUA CRUDA SISTEMA CONDUCCIÓN
22075	..4	OBRA CIVIL TUBERIA CARGA PL	OBRAS CIVILES SISTEMA CONDUCCIÓN
22076	..4	TUBERIA CARGA 1 PL	CONTENIDO AGUA CRUDA MATERIAL ACERO A-36
22077	...5	VALVULA SEGURIDAD VACIO 1 PL	TIPO AIREACIÓN SISTEMA TUBERIA CARGA
22078	...5	VALVULA SEGURIDAD AIRE 1 PL	TIPO EXPULSIÓN ADMISIÓN AIRE SISTEMA TUBERIA CARGA
22079	..4	TUBERIA CARGA 2 PL	CONTENIDO AGUA CRUDA MATERIAL ACERO A-36
22080	...5	VALVULA SEGURIDAD VACIO 2 PL	TIPO AIREACIÓN SISTEMA TUBERIA CARGA
22081	...5	VALVULA SEGURIDAD AIRE 2 PL	TIPO EXPULSIÓN ADMISIÓN AIRE SISTEMA TUBERIA CARGA
22082	..3	VALVULAS ALIVIO CONTROL PL	CONTROL CAUDAL SOBREPRESIÓN SISTEMA TUBERIA CARGA
22083	..4	VALVULA ESFERICA VE U1 PL	TIPO ESFÉRICA SISTEMA TUBERIA CARGA
22084	..4	COMANDO HIDRAULICO VE U1 PL	CONTROL OPERACIÓN VALVULA SISTEMA VALVULA ESFERICA
22085	..4	VALVULA ALIVIO U1 PL	CONTROL SOBREPRESIÓN SISTEMA TUBERIA CARGA
22086	..4	COMANDO HIDRAULICO VALVULA ALIVIO U1 PL	CONTROL OPERACIÓN VALVULA SISTEMA VALVULA ALIVIO
22087	..4	VALVULA ESFERICA VE U2 PL	TIPO ESFÉRICA SISTEMA TUBERIA CARGA
22088	..4	COMANDO HIDRAULICO VE U2 PL	CONTROL OPERACIÓN VALVULA SISTEMA VALVULA ESFERICA
22089	..4	VALVULA ALIVIO U2 PL	CONTROL SOBREPRESIÓN SISTEMA TUBERIA CARGA
22090	..4	COMANDO HIDRAULICO VALVULA ALIVIO U2 PL	CONTROL OPERACIÓN VALVULA SISTEMA VALVULA ALIVIO
22091	..4	VALVULA ESFERICA VE U3 PL	TIPO ESFÉRICA SISTEMA TUBERIA CARGA
22092	..4	COMANDO HIDRAULICO VE U3 PL	CONTROL OPERACIÓN VALVULA SISTEMA VALVULA ESFERICA
22093	..4	VALVULA ALIVIO U3 PL	CONTROL SOBREPRESIÓN SISTEMA TUBERIA CARGA
22094	..4	COMANDO HIDRAULICO VALVULA ALIVIO U3 PL	CONTROL OPERACIÓN VALVULA SISTEMA VALVULA ALIVIO
22095	..4	VALVULA ESFERICA VE U4 PL	TIPO ESFÉRICA SISTEMA TUBERIA CARGA
22096	..4	COMANDO HIDRAULICO VE U4 PL	CONTROL OPERACIÓN VALVULA SISTEMA VALVULA ESFERICA
22097	..4	VALVULA ALIVIO U4 PL	CONTROL SOBREPRESIÓN SISTEMA TUBERIA CARGA
22098	..4	COMANDO HIDRAULICO VALVULA ALIVIO U4 PL	CONTROL OPERACIÓN VALVULA SISTEMA VALVULA ALIVIO

ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA PALMAS.				
Nº ACTIVO	NIVEL JERARQUIA	ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL PALMAS	DESCRIPCION DEL ACTIVO	
22099	.2	CONVERSION PL	SISTEMA CONVERSIÓN	CENTRAL PALMAS
22102	..3	CASA MAQUINAS PL	OBRA CIVIL CONVERSIÓN	SISTEMA CONVERSIÓN
22103	..3	CONTROL CASA MAQUINAS	CONTROL POTENCIA CONVERSIÓN	SISTEMA CONVERSIÓN
22104	..3	UNIDAD GENERACION 1 PL	POTENCIA ACTIVA 4.5MWH	VELOCIDAD ROTACIÓN 720RPM
22105	...4	SISTEMA REGULACION U1 PL	CONTROL CARGA UNIDAD	SISTEMA CONVERSIÓN
22106	....5	CARTER BOMBAS U1 PL	CONTROL OPERACIÓN	SISTEMA REGULACIÓN
22107	....6	BOMBEO MECANICO CARTER U1 PL	ACEITE HIDRAULICO	SISTEMA REGULACIÓN
22108	....6	LIMITADOR VELOCIDAD CARTER U1 PL	CONTROL SOBREVOLOCIDAD	SISTEMA REGULACIÓN
22109	...5	REGULADOR HIDRAULICO U1 PL	CONTROL OPERACIÓN UNIDAD	SISTEMA REGULACIÓN
22110	....6	ELECTROBOMBA U1 PL	ACEITE HIDRAULICO	SISTEMA REGULACIÓN
22111	....6	SERVOMOTOR HIDRAULICO U1 PL	CONTROL DISTRIBUIDOR	SISTEMA REGULACIÓN
22112	...5	REGULADOR ELECTRONICO U1 PL	CONTROL REGULADOR	SISTEMA REGULACIÓN
22113	...5	CONTROL SISTEMA REGULACION U1 PL	CONTROL SISTEMA REGULACIÓN	SISTEMA REGULACIÓN
22114	..4	TURBINA U1 PL	TIPO FRANCIS VERTICAL	SISTEMA CONVERSIÓN
22115	...5	CARACOL U1 PL	DIAMETRO MAYOR 3.6M	MARCA ATELIERS CHARMILLES
22116	...5	BLINDAJE INFERIOR U1 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22117	...5	TUBO ASPIRACION U1 PL	TUBO ASPIRACIÓN	SISTEMA TURBINA
22118	...5	FONDO SUPERIOR U1 PL	TAPA DE TURBINA	SISTEMA TURBINA
22119	...5	BLINDAJE FONDO SUPERIOR U1 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22120	...5	CHUMACERA ALABE DIRECTRIZ U1PL	SOPORTE RADIAL ALABE DIRECTRZ	SISTEMA TURBINA
22121	...5	BLINDAJE SELLO CHICANE U1 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22122	...5	TUBO COMPENSACION U1 PL	COMPENSACIÓN PRESIÓN	SISTEMA TURBINA
22123	...5	RODETE U1 PL	TIPO FRANCIS LENTO	SISTEMA TURBINA
22124	...5	BLINDAJE FLETTE RODETE U1 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22125	...5	EJE TURBINA U1 PL	EJE VERTICAL TURBINA	SISTEMA TURBINA
22126	...5	CAJA SELLO MECANICO U1 PL	SELLO MECANICO AGUA CRUDA	SISTEMA TURBINA
22127	...5	COJINETE GUIA TURBINA U1 PL	COJINETE GUIA REFRIGERADO	SISTEMA TURBINA
22128	...5	COJINETE EMPUJE TURBINA U1 PL	COJINETE EMPUJE AXIAL	SISTEMA TURBINA
22129	....6	PLATO SUPERIOR COJINETE EMPUJE U1 PL	SOPORTE CONJUNTO AXIAL	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22130	....6	ANILLO PATIN COJINETE EMPUJE U1 PL	SOPORTE AXIAL DESLIZANTE COJIN	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22131	....6	BASE PATIN COJINETE EMPUJE U1 PL	SOPORTE AXIAL FIJO COJINETE	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22132	....6	CUBA COJINETE EMPUJE U1 PL	CARTER ACEITE COJINETE	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22133	...5	DITRIBUIDOR U1 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	Nº ALABES 16
22134	...5	ENFRIAMIENTO U1 PL	ENFRIAMIENTO TURBINA	ENFRIAMIENTO REGULADOR
22135	....6	SERPENTIN COJINETE EMPUJ U1 PL	CONTIENE AGUA CRUDA	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22136	....6	SERPENTIN REGULADOR U1 PL	CONTIENE AGUA CRUDA	SISTEMA REGULACIÓN
22137	..4	GENERADOR SINCRONICO U1 PL	CAPACIDAD 5.6MVA	FABRICANTE SECHERON
22138	...5	ESTATOR GENERADOR U1 PL	AISLAMIENTO CLASE F	FABRICANTE SECHERON
22139	...5	ROTOR GENERADOR U1 PL	Nº POLOS 10	VELOCIDAD ROTACIÓN 720RPM
22140	...5	AUXILIARES GENERADOR U1 PL	EQUIPOS AUXILIARES	SISTEMA GENERADOR
22141	...5	COJINETE SUPERIOR GENERA U1 PL	COJINETE RADIAL	SISTEMA GENERADOR
22142	...5	COJINETE INFERIOR GENERA U1 PL	COJINETE RADIAL	SISTEMA GENERADOR
22143	..4	EXCITATRIZ U1 PL	POTENCIA NOMINAL 32KW	FABRICANTE SECHERON
22144	...5	ESTATOR EXCITATRIZ U1 PL	ESTATOR EXCITATRIZ U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22145	...5	ROTOR EXCITATRIZ U1 PL	ROTOR EXCITATRIZ U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22146	...5	ANILLOS ROZANTES EXCITATRIZ U1 PL	ANILLO ROZANTE U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22147	..4	CONTROL SISTEMA EXCITACION U1 PL	CONTROL POTENCIA	SISTEMA EXCITACIÓN

ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA PALMAS.				
N° ACTIVO	NIVEL JERARQUIA	ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL PALMAS	DESCRIPCION DEL ACTIVO	
22099	.2	CONVERSION PL	SISTEMA CONVERSIÓN	CENTRAL PALMAS
22148	..3	UNIDAD GENERACION 2 PL	POTENCIA ACTIVA 4.5MWH	VELOCIDAD ROTACIÓN 720RPM
22149	...4	SISTEMA REGULACION U2 PL	CONTROL CARGA UNIDAD	SISTEMA CONVERSIÓN
22150	...5	CARTER BOMBAS U2 PL	CONTROL OPERACIÓN	SISTEMA REGULACIÓN
22151	....6	BOMBEO MECANICO CARTER U2 PL	ACEITE HIDRAULICO	SISTEMA REGULACIÓN
22152	....6	LIMITADOR VELOCIDAD CARTER U2 PL	CONTROL SOBREVOLOCIDAD	SISTEMA REGULACIÓN
22153	...5	REGULADOR HIDRAULICO U2 PL	CONTROL OPERACIÓN UNIDAD	SISTEMA REGULACIÓN
22154	....6	ELECTROBOMBA U2 PL	MANEJA ACEITE HIDRAULICO	SISTEMA REGULACIÓN
22155	....6	SERVOMOTOR HIDRAULICO U2 PL	CONTROL DISTRIBUIDOR	SISTEMA REGULACIÓN
22156	...5	REGULADOR ELECTRONICO U2 PL	CONTROL REGULADOR	SISTEMA REGULACIÓN
22157	...5	CONTROL SISTEMA REGULACION U2 PL	CONTROL SISTEMA REGULACIÓN	SISTEMA REGULACIÓN
22158	..4	TURBINA U2 PL	TIPO FRANCIS VERTICAL	SISTEMA CONVERSIÓN
22159	...5	CARACOL U2 PL	DIAMETRO MAYOR 3.6M	MARCA ATELIERS CHARMILLES
22160	...5	BLINDAJE INFERIOR U2 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22161	...5	TUBO ASPIRACION U2 PL	TUBO ASPIRACIÓN	SISTEMA TURBINA
22162	...5	FONDO SUPERIOR U2 PL	TAPA DE TURBINA	SISTEMA TURBINA
22163	...5	BLINDAJE FONDO SUPERIOR U2 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22164	...5	CHUMACERA ALABE DIRECTRIZ U2PL	SOPORTE RADIAL ALABE DIRECTRZ	SISTEMA TURBINA
22165	...5	BLINDAJE SELLO CHICANE U2 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22166	...5	TUBO COMPENSACION U2 PL	COMPENSACIÓN PRESIÓN	SISTEMA TURBINA
22167	...5	RODETE U2 PL	TIPO FRANCIS LENTO	SISTEMA TURBINA
22168	...5	BLINDAJE FLETTE RODETE U2 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22169	...5	EJE TURBINA U2 PL	EJE VERTICAL TURBINA	SISTEMA TURBINA
22170	...5	CAJA SELLO MECANICO U2 PL	SELLO MECANICO AGUA CRUDA	SISTEMA TURBINA
22171	...5	COJINETE GUIA TURBINA U2 PL	COJINETE GUIA REFRIGERADO	SISTEMA TURBINA
22172	...5	COJINETE EMPUJE TURBINA U2 PL	COJINETE EMPUJE AXIAL	SISTEMA TURBINA
22173	....6	PLATO SUPERIOR COJINETE EMPUJE U2 PL	SOPORTE CONJUNTO AXIAL	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22174	....6	ANILLO PATIN COJINETE EMPUJE U2 PL	SOPORTE AXIAL DESLIZANTE COJIN	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22175	....6	BASE PATIN COJINETE EMPUJE U2 PL	SOPORTE AXIAL FIJO COJINETE	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22176	....6	CUBA COJINETE EMPUJE U2 PL	CARTER ACEITE COJINETE	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22177	...5	DITRIBUIDOR U2 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	N° ALABES 16
22178	...5	ENFRIAMIENTO U2 PL	ENFRIAMIENTO TURBINA	ENFRIAMIENTO REGULADOR
22179	....6	SERPENTIN COJINETE EMPUJ U2 PL	CONTIENE AGUA CRUDA	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22180	....6	SERPENTIN REGULADOR U2 PL	CONTIENE AGUA CRUDA	SISTEMA REGULACIÓN
22181	..4	GENERADOR SINCRONICO U2 PL	CAPACIDAD 5.6MVA	FABRICANTE SECHERON
22182	...5	ESTATOR GENERADOR U2 PL	AI SLAMIENTO CLASE F	FABRICANTE SECHERON
22183	...5	ROTOR GENERADOR U2 PL	N° POLOS 10	VELOCIDAD ROTACIÓN 720RPM
22184	...5	AUXILIARES GENERADOR U2 PL	EQUIPOS AUXILIARES	SISTEMA GENERADOR
22185	...5	COJINETE SUPERIOR GENERA U2 PL	COJINETE RADIAL	SISTEMA GENERADOR
22186	...5	COJINETE INFERIOR GENERA U2 PL	COJINETE RADIAL	SISTEMA GENERADOR
22187	..4	EXCITATRIZ U2 PL	POTENCIA NOMINAL 32KW	FABRICANTE SECHERON
22188	...5	ESTATOR EXCITATRIZ U2 PL	ESTATOR EXCITATRIZ U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22189	...5	ROTOR EXCITATRIZ U2 PL	ROTOR EXCITATRIZ U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22190	...5	ANILLOS ROZANTES EXCITATRIZ U2 PL	ANILLO ROZANTE U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22191	..4	CONTROL SISTEMA EXCITACION U2 PL	CONTROL POTENCIA	SISTEMA EXCITACIÓN


ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA PALMAS.				
N° ACTIVO	NIVEL JERARQUIA	ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL PALMAS	DESCRIPCION DEL ACTIVO	
22099	.2	CONVERSION PL	SISTEMA CONVERSIÓN	CENTRAL PALMAS
22192	.3	UNIDAD GENERACION 3 PL	POTENCIA ACTIVA 4.5MWH	VELOCIDAD ROTACIÓN 720RPM
22193	.4	SISTEMA REGULACION U3 PL	CONTROL CARGA UNIDAD	SISTEMA CONVERSIÓN
22194	.5	CARTER BOMBAS U3 PL	CONTROL OPERACIÓN	SISTEMA REGULACIÓN
22195	.6	BOMBEO MECANICO CARTER U3 PL	ACEITE HIDRAULICO	SISTEMA REGULACIÓN
22196	.6	LIMITADOR VELOCIDAD CARTER U3 PL	CONTROL SOBREVOLOCIDAD	SISTEMA REGULACIÓN
22197	.5	REGULADOR HIDRAULICO U3 PL	CONTROL OPERACIÓN UNIDAD	SISTEMA REGULACIÓN
22198	.6	ELECTROBOMBA U3 PL	MANEJA ACEITE HIDRAULICO	SISTEMA REGULACIÓN
22199	.6	SERVOMOTOR HIDRAULICO U3 PL	CONTROL DISTRIBUIDOR	SISTEMA REGULACIÓN
22200	.5	REGULADOR ELECTRONICO U3 PL	CONTROL REGULADOR	SISTEMA REGULACIÓN
22201	.5	CONTROL SISTEMA REGULACION U3 PL	CONTROL SISTEMA REGULACIÓN	SISTEMA REGULACIÓN
22202	.4	TURBINA U3 PL	TIPO FRANCIS VERTICAL	SISTEMA CONVERSIÓN
22203	.5	CARACOL U3 PL	DIAMETRO MAYOR 3.6M	MARCA ATELIERS CHARMILLES
22204	.5	BLINDAJE INFERIOR U3 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22205	.5	TUBO ASPIRACION U3 PL	TUBO ASPIRACIÓN	SISTEMA TURBINA
22206	.5	FONDO SUPERIOR U3 PL	TAPA DE TURBINA	SISTEMA TURBINA
22207	.5	BLINDAJE FONDO SUPERIOR U3 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22208	.5	CHUMACERA ALABE DIRECTRIZ U3PL	SOPORTE RADIAL ALABE DIRECTRZ	SISTEMA TURBINA
22209	.5	BLINDAJE SELLO CHICANE U3 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22210	.5	TUBO COMPENSACION U3 PL	COMPENSACIÓN PRESIÓN	SISTEMA TURBINA
22211	.5	RODETE U3 PL	TIPO FRANCIS LENTO	SISTEMA TURBINA
22212	.5	BLINDAJE FLETTE RODETE U3 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22213	.5	EJE TURBINA U3 PL	EJE VERTICAL TURBINA	SISTEMA TURBINA
22214	.5	CAJA SELLO MECANICO U3 PL	SELLO MECANICO AGUA CRUDA	SISTEMA TURBINA
22215	.5	COJINETE GUIA TURBINA U3 PL	COJINETE GUIA REFRIGERADO	SISTEMA TURBINA
22216	.5	COJINETE EMPUJE TURBINA U3 PL	COJINETE EMPUJE AXIAL	SISTEMA TURBINA
22217	.6	PLATO SUPERIOR COJINETE EMPUJE U3 PL	SOPORTE CONJUNTO AXIAL	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22218	.6	ANILLO PATIN COJINETE EMPUJE U3 PL	SOPORTE AXIAL DESLIZANTE COJIN	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22219	.6	BASE PATIN COJINETE EMPUJE U3 PL	SOPORTE AXIAL FIJO COJINETE	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22220	.6	CUBA COJINETE EMPUJE U3 PL	CARTER ACEITE COJINETE	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22221	.5	DITRIBUIDOR U3 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	N° ALABES 16
22222	.5	ENFRIAMIENTO U3 PL	ENFRIAMIENTO TURBINA	ENFRIAMIENTO REGULADOR
22223	.6	SERPENTIN COJINETE EMPUJ U3 PL	CONTIENE AGUA CRUDA	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22224	.6	SERPENTIN REGULADOR U3 PL	CONTIENE AGUA CRUDA	SISTEMA REGULACIÓN
22225	.4	GENERADOR SINCRONICO U3 PL	CAPACIDAD 5.6MVA	FABRICANTE SECHERON
22226	.5	ESTATOR GENERADOR U3 PL	AI SLAMIENTO CLASE F	FABRICANTE SECHERON
22227	.5	ROTOR GENERADOR U3 PL	N° POLOS 10	VELOCIDAD ROTACIÓN 720RPM
22228	.5	AUXILIARES GENERADOR U3 PL	EQUIPOS AUXILIARES	SISTEMA GENERADOR
22229	.5	COJINETE SUPERIOR GENERA U3 PL	COJINETE RADIAL	SISTEMA GENERADOR
22230	.5	COJINETE INFERIOR GENERA U3 PL	COJINETE RADIAL	SISTEMA GENERADOR
22231	.4	EXCITATRIZ U3 PL	POTENCIA NOMINAL 32KW	FABRICANTE SECHERON
22232	.5	ESTATOR EXCITATRIZ U3 PL	ESTATOR EXCITATRIZ U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22233	.5	ROTOR EXCITATRIZ U3 PL	ROTOR EXCITATRIZ U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22234	.5	ANILLOS ROZANTES EXCITATRIZ U3 PL	ANILLO ROZANTE U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22235	.4	CONTROL SISTEMA EXCITACION U3 PL	CONTROL POTENCIA	SISTEMA EXCITACIÓN

ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA PALMAS.				
N° ACTIVO	NIVEL JERARQUIA	ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL PALMAS	DESCRIPCION DEL ACTIVO	
22099	.2	CONVERSION PL	SISTEMA CONVERSIÓN	CENTRAL PALMAS
22236	...3	UNIDAD GENERACION 4 PL	POTENCIA ACTIVA 4.5MWH	VELOCIDAD ROTACIÓN 720RPM
22237	...4	SISTEMA REGULACION U4 PL	CONTROL CARGA UNIDAD	SISTEMA CONVERSIÓN
22238	...5	CARTER BOMBAS U4 PL	CONTROL OPERACIÓN	SISTEMA REGULACIÓN
22239	...6	BOMBEO MECANICO CARTER U4 PL	ACEITE HIDRAULICO	SISTEMA REGULACIÓN
22240	...6	LIMITADOR VELOCIDAD CARTER U4 PL	CONTROL SOBREVOLOCIDAD	SISTEMA REGULACIÓN
22241	...5	REGULADOR HIDRAULICO U4 PL	CONTROL OPERACIÓN UNIDAD	SISTEMA REGULACIÓN
22242	...6	ELECTROBOMBA U4 PL	MANEJA ACEITE HIDRAULICO	SISTEMA REGULACIÓN
22243	...6	SERVOMOTOR HIDRAULICO U4 PL	CONTROL DISTRIBUIDOR	SISTEMA REGULACIÓN
22244	...5	REGULADOR ELECTRONICO U4 PL	CONTROL REGULADOR	SISTEMA REGULACIÓN
22245	...5	CONTROL SISTEMA REGULACION U4 PL	CONTROL SISTEMA REGULACIÓN	SISTEMA REGULACIÓN
22246	...4	TURBINA U4 PL	TIPO FRANCIS VERTICAL	SISTEMA CONVERSIÓN
22247	...5	CARACOL U4 PL	DIAMETRO MAYOR 3.6M	MARCA ATELIERS CHARMILLES
22248	...5	BLINDAJE INFERIOR U4 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22249	...5	TUBO ASPIRACION U4 PL	TUBO ASPIRACIÓN	SISTEMA TURBINA
22250	...5	FONDO SUPERIOR U4 PL	TAPA DE TURBINA	SISTEMA TURBINA
22251	...5	BLINDAJE FONDO SUPERIOR U4 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22252	...5	CHUMACERA ALABE DIRECTRIZ U4PL	SOPORTE RADIAL ALABE DIRECTRZ	SISTEMA TURBINA
22253	...5	BLINDAJE SELLO CHICANE U4 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22254	...5	TUBO COMPENSACION U4 PL	COMPENSACIÓN PRESIÓN	SISTEMA TURBINA
22255	...5	RODETE U4 PL	TIPO FRANCIS LENTO	SISTEMA TURBINA
22256	...5	BLINDAJE FLETTE RODETE U4 PL	BLINDAJE DESGASTE	SISTEMA TURBINA
22257	...5	EJE TURBINA U4 PL	EJE VERTICAL TURBINA	SISTEMA TURBINA
22258	...5	CAJA SELLO MECANICO U4 PL	SELLO MECANICO AGUA CRUDA	SISTEMA TURBINA
22259	...5	COJINETE GUIA TURBINA U4 PL	COJINETE GUIA REFRIGERADO	SISTEMA TURBINA
22260	...5	COJINETE EMPUJE TURBINA U4 PL	COJINETE EMPUJE AXIAL	SISTEMA TURBINA
22261	...6	PLATO SUPERIOR COJINETE EMPUJE U4 PL	SOPORTE CONJUNTO AXIAL	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22262	...6	ANILLO PATIN COJINETE EMPUJE U4 PL	SOPORTE AXIAL DESLIZANTE COJIN	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22263	...6	BASE PATIN COJINETE EMPUJE U4 PL	SOPORTE AXIAL FIJO COJINETE	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22264	...6	CUBA COJINETE EMPUJE U4 PL	CARTER ACEITE COJINETE	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22265	...5	DITRIBUIDOR U4 PL	MARCA ATELIERS CHARMILLES	N° ALABES 16
22266	...5	ENFRIAMIENTO U4 PL	ENFRIAMIENTO TURBINA	ENFRIAMIENTO REGULADOR
22267	...6	SERPENTIN COJINETE EMPUJ U4 PL	CONTIENE AGUA CRUDA	SISTEMA COJINETE EMPUJE
22268	...6	SERPENTIN REGULADOR U4 PL	CONTIENE AGUA CRUDA	SISTEMA REGULACIÓN
22269	...4	GENERADOR SINCRONICO U4 PL	CAPACIDAD 5.6MVA	FABRICANTE SECHERON
22270	...5	ESTATOR GENERADOR U4 PL	AISLAMIENTO CLASE F	FABRICANTE SECHERON
22271	...5	ROTOR GENERADOR U4 PL	N° POLOS 10	VELOCIDAD ROTACIÓN 720RPM
22272	...5	AUXILIARES GENERADOR U4 PL	EQUIPOS AUXILIARES	SISTEMA GENERADOR
22273	...5	COJINETE SUPERIOR GENERA U4 PL	COJINETE RADIAL	SISTEMA GENERADOR
22274	...5	COJINETE INFERIOR GENERA U4 PL	COJINETE RADIAL	SISTEMA GENERADOR
22275	...4	EXCITATRIZ U4 PL	POTENCIA NOMINAL 32KW	FABRICANTE SECHERON
22276	...5	ESTATOR EXCITATRIZ U4 PL	ESTATOR EXCITATRIZ U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22277	...5	ROTOR EXCITATRIZ U4 PL	ROTOR EXCITATRIZ U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22278	...5	ANILLOS ROZANTES EXCITATRIZ U4 PL	ANILLO ROZANTE U1	SISTEMA EXCITACIÓN
22279	...4	CONTROL SISTEMA EXCITACION U4 PL	CONTROL POTENCIA	SISTEMA EXCITACIÓN

ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL HIDROELÉCTRICA PALMAS.			
Nº ACTIVO	NIVEL JERARQUIA	ESTRUCTURA JERARQUICA DE ACTIVOS CENTRAL PALMAS	DESCRIPCION DEL ACTIVO
22280	.2	TRANSFORMACION PL	SISTEMA TRANSFORMACIÓN CENTRAL PALMAS
22281	..3	TRANSFORMADOR PRINCIPAL U1 PL	FABRICANTE WESTINGHOUSE POTENCIA 5600 KVA
22282	..3	TRANSFORMADOR PRINCIPAL U2 PL	FABRICANTE ASEA POTENCIA 5600 KVA
22283	..3	TRANSFORMADOR PRINCIPAL U3 PL	FABRICANTE ASEA POTENCIA 5600 KVA
22284	..3	TRANSFORMADOR PRINCIPAL U4 PL	FABRICANTE ASEA POTENCIA 5600 KVA
22285	..3	INSTRUMENTACION TRANSFORMACION PL	INSTRUMENTACIÓN CONTROL SISTEMA TRANSFORMACIÓN
22286	..3	OBRAS TRANSFORMACION PL	OBRAS CIVILES SISTEMA TRANSFORMACIÓN
22287	..3	EQUIPOS PERIFERICOS S/E PL	EQUIPO PERIFÉRICO SUBESTACIÓN SISTEMA TRANSFORMACIÓN

Anexo B. Placa Turbina

PLACA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TURBINA, CENTRAL HIDROELECTRICA PALMAS.

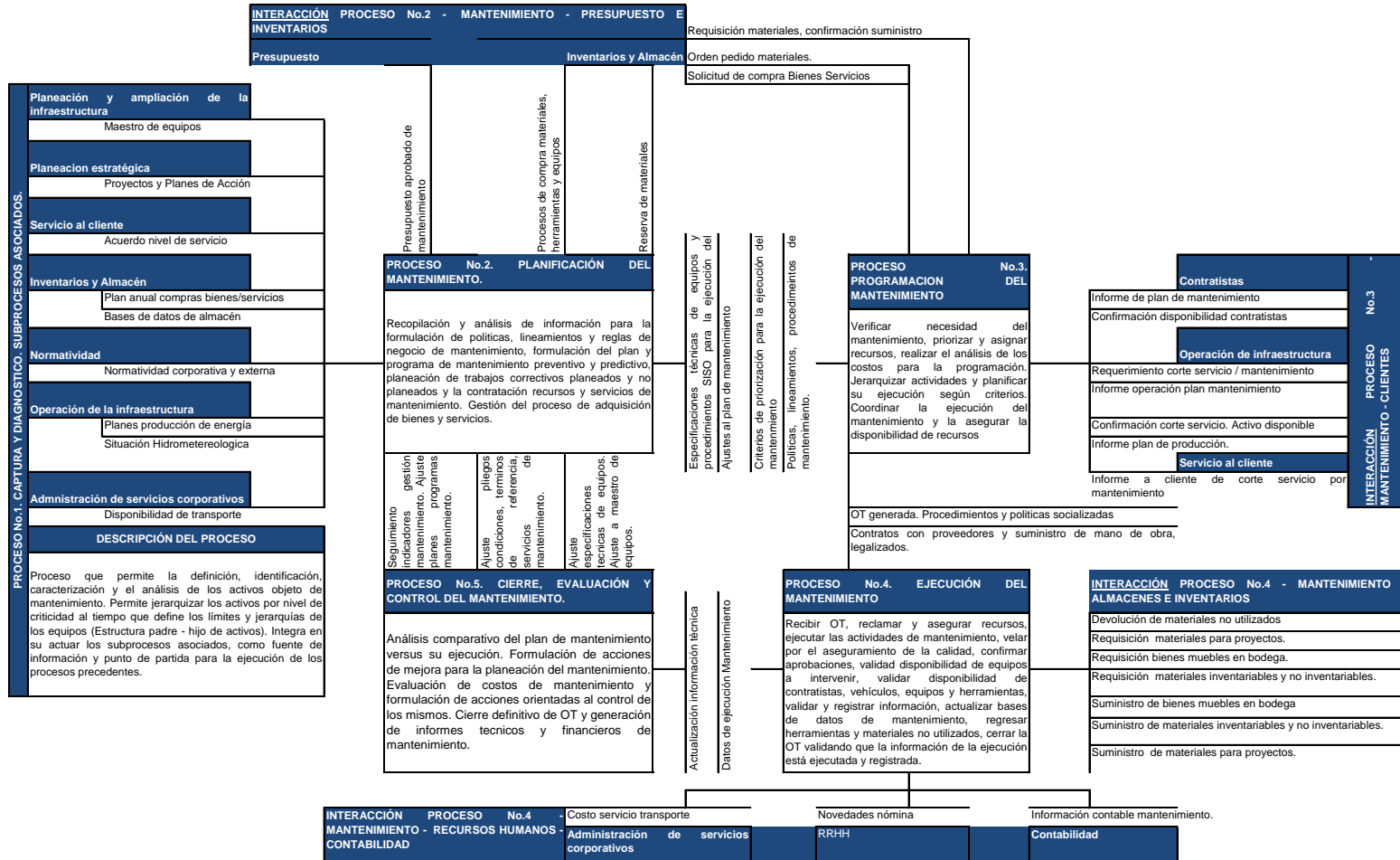
ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES TURBINA CENTRAL PALMAS			
GRUPO TURBINA			
Características generales		Plan Control Operación	
Tipo	Francis Eje Vertical	Temp Cojinete Guia	<60°C
Fabricante	Ateliers des Charmilles	Temp Aceite Lubricación	<60°C
Potencia	6500 CV	Presión Aceite Regulador	>17 BAR
Caida Neta Máxima	149,54 M	Presión Agua Tubería	>11 BAR
Caida Neta Minima	134,43 M	Velocidad Giro	720RPM
Velocidad Giro	720RPM	Frecuencia	60HZ
Caudal	(3,5 - 3,7) M³/S	Potencia Maxima	4784 KW
Eficiencia	91% - 91.86%	Eficiencia potencia nom	0.878
Potencia nominal	4200KW - 4916KW	Vibración norma ISO	Clase IV; <0.395 in/seg
RODETE FRANCIS			
Tipo	Francis Simple Vertical	Montaje anillo desgaste	Calentamiento de Piezas
Fabricante	Hydro Vevey	Masa unitaria pieza final	860 KG
Potencia	4784 KW	Diametro externo	1080mm
N° Alabes Direccionales	13 Alabes	Diametro salida	800mm
Material	Acero X5 Cr Ni 13.4	N° Alabes directrices distr	16 Alabes
Norma material	DIN 1745	Grado forjado	Grado 3
Blindaje desgaste	Anillo exterior desgaste	Equilibrado dinamico	ISO 1940/1
Tipo fabricación blindaje	Rolado Soldado	Calidad Equilibrado Dina	G = 6,3
COJINETE GUIA DE TURBINA			
Calidad de aceite	ISO 68	Refrigeración	Agua cruda
Cojinete Δt (°C)	ΔT, 21,5°C	Tamaño partícula agua	0.5mm - 0.66mm
Diametro nominal	250mm	Serpentin enfriamiento	Serpentin Cobre
SELLO MECANICO EJE TURBINA			
Material sellante	CMS 2000	Diametro Eje	220mm
Presión máxima	200 PSI	Empaque cuadrado	1727 3/4" Chesterton
Contiene	Agua Cruda Rio Lebrija	Material Caja Sello	Acero inoxidable
			
Turbina Francis 6500 CV; 720 RPM.			

Anexo C. Placa Generador


PLACA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERADOR, CENTRAL HIDROELECTRICA PALMAS.

ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES GENERADOR CENTRAL PALMAS			
GENERADOR SINCRONO		EXCITATRIZ	
Características generales		Características generales	
Tipo	SV 10.200 – 50	Tipo	E106
Fabricante	Sécheron, Ginebra	Fabricante	Sécheron, Ginebra
Potencia	5600KVA	Potencia	32KW
Intensidad	778 A	Intensidad	320 A
Velocidad Giro	720RPM	Velocidad Giro	720RPM
Frecuencia	60HZ	Frecuencia	60HZ
Factor Potencia	0.80	Tensión	100V
Resistencia Ohmica		Resistencia Ohmica	
Bornes Estator	UX: 0.0160Ω a 24°C	Inducido	0,00602Ω a 24°C
	VY: 0.0160Ω	Polos auxiliares	0,0046Ω a 24°C
	WZ: 0.0160Ω	Inductores	8,83Ω a 24°C.
	valor medio: 0.0160Ω	Aislamiento Excitatriz, 1500V; 50Hz.	
Rotor sobre anillo	0.265Ω a 24°C	Resistencia dieléctrica 12MΩ	
	0.317Ω a 75°C		
Factor de Inercia	GD ² = 37,8 tm ²	COJINETES GENERADOR	
Aislamiento Estator, 9320V; 50Hz, 1´		Cojinete de Empuje, Pivote.	
Fase UX / VWYZ	280 MΩ	Calidad de aceite	ISO 68
Fase VY / UWXZ	280 MΩ	Cantidad de agua	66 lts/min
Fase WZ / UVXY	280 MΩ	Cojinete Δt (°C)	ΔT, 30°C
Aislamiento Polo, 1500V; 50Hz; 1		Agua refrigerar Δt (°C)	ΔT, 3,20°C
Arrollamiento hierro	2,5MΩ	Cojinete Superior de Generador.	
INFORMACION ESCOBILLAS		Calidad de aceite	ISO 68
Rotor Generador		Cojinete Δt (°C)	ΔT, 34,5°C
Tipo de escobillas	E 1926	Cojinete Inferior de Generador.	
Dimensiones	40mm * 20mm	Calidad de aceite	ISO 68
Fuerza de ajuste	1,5 Kg	Cojinete Δt (°C)	ΔT, 23,5°C
Excitatriz			
Tipo de escobillas	Ringsdorf 3216 RKG		
Dimensiones	16mm * 32mm		
Fuerza de ajuste	1,1 Kg		
Diámetro Colector	330mm		
PLAN CONTROL OPERACIÓN			
Potencia Reactiva	0 a 1 MVAR	Generador N°6703 / 1; 5600KVA; Secheron, Tipo SV 10.200-50; 4160V conexión estrella; 778 A	
Corriente R, S, T	<650A		
Corriente Campo	<240A		
Tensión Campo	<80V		
Tensión Estatorica	4KV - 4,5KV		
Temperatura Generador	<80°C		
Temp Nucleo Superior	<80°C		
Temp Nucleo Medio	<80°C		
Temp Nucleo Inferior	<80°C		
Temp Cojinete Empuje	<60°C		
Temp Cojinete Superior	<75°C		
Temp Cojinete Inferior	<75°C		
Apertura Distribuidor, %.	10 - 100		

Anexo D. Modelo Administrativo para la Gestión del Mantenimiento Preventivo



Anexo E. Protocolo Pruebas Diagnostico Inspección Vibraciones Turbo Generadores

	AREA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA
	PROTOCOLO PRUEBAS DE DIAGNOSTICO
	INSPECCIÓN VIBRACIONES TURBO GENERADORES

1. Alcance

Aplicado a Hidrogeneradores y Turbogeneradores. Realizar toma de medidas de vibración en varias condiciones de operación y durante el paro o el arranque de la unidad. Detectar problemas de operación o fallas en los equipos, analizarlos y crear solicitudes que permitan tramitar la posible solución de forma organizada y confiable.

2. Definiciones

Mantenimiento Preventivo (MP): Hace referencia al conjunto de acciones de mantenimiento y/o reemplazo de componentes de manera cíclica y racional sobre un activo fijo de la planta y sus equipos.

Mantenimiento Predictivo (MPd): Mantenimiento basado en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, controlando y analizando las variables que informan respecto del funcionamiento de una máquina, sin que ésta deje de producir.

Overhaul – Mantenimiento Mayor (MM): Es considerado de tipo preventivo, se diferencia de éste, en el grado de detalle en las inspecciones y actividades que se realizan en el mismo y puede definirse como el conjunto de tareas que busca la

revisión de los equipos a intervalos programados, bien antes de que aparezca algún fallo, o bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente.

AAI: Área Análisis e Ingeniería. Área adscrita a la Subgerencia Operación Generación, que tiene por función básica, la coordinación y control de la planeación y programación de las actividades relacionadas con diseño, estudios técnicos, análisis, contratación, compras e implantación de nuevas tecnologías y normatividad técnica, sistemas de gestión y comisionamiento para brindar apoyo a todas las áreas de la Subgerencia Operación, así como la planeación, programación, realización y análisis del mantenimiento de tipo predictivo.

PDA: Analizador de Descargas Parciales. Equipo para la medida de descargas parciales On-Line y Off Line, en los devanados de armadura de los generadores sincrónicos.

SFRA: Análisis de Respuesta en Frecuencia. Equipo de prueba de diagnóstico, que permite realizar el análisis en el espectro de la frecuencia de los transformadores de potencia.

PIM: Programa Integrado de Mantenimiento. Programación del mantenimiento integrado de todas las plantas de generación adscritas a la APE, programación que normalmente se realiza con un horizonte de dos años.

PMPd: Programa de Mantenimiento Predictivo. Programación del mantenimiento predictivo integrado de todas las plantas de generación adscritas a la APE, programación que normalmente se realiza con un horizonte de dos años

PNMPd: Plan de Mantenimiento Predictivo. Hace referencia a la planeación de corto, mediano y largo plazo del mantenimiento de tipo predictivo.

OT's: Órdenes de Trabajo. Documento a través del cual además de solicitarse y autorizarse una labor de mantenimiento, es el medio en el cual se documentan entre otros las actividades de mantenimiento y los costos asociados a los trabajos.

3. Descripción del mantenimiento

Tipo: Medida de vibraciones (pruebas de diagnóstico)

Clasificación: Repetitivo, mensual.

Código: GANTM0001

Descriptor1: Medida de Vibraciones

Descriptor2: Prueba de Diagnóstico

Objeto: Determinar la condición mecánica de la máquina.

4. Normas de Seguridad

- Asegurarse del uso de la protección auditiva y casco de seguridad.
- Verificar que se pueda entrar con seguridad a las áreas donde se encuentran los puntos de medida.
- Comunicarle al personal de operación que se va a instalar los equipos y el punto donde van a quedar instalados.
- Comunicarle al personal de operación que se va a realizar la prueba y a que sitios restringidos se va a ingresar.
- Limpiar totalmente el sitio de inspección eliminando vestigios de aceite y grasa del sitio de trabajo.
- Realizar inspección con apoyo. No trabajar en solitario.
- Revisar que la iluminación del sitio de inspección opere correctamente.
- No tocar superficies en movimiento.
- Instalar escaleras y andamios según necesidad.

5. Ruta de monitoreo de vibración

La ruta de toma de vibración se establece para análisis de una unidad:

Planta piso generador: Cojinete de empuje.

Planta piso turbina: Cojinete inferior del generador – Cojinete guía de turbina.

6. Procedimientos y chequeos

Inspección infraestructura y chequeo.

- Con el ingeniero, supervisor, mecánico y operador obtener información sobre el estado de la máquina.
- Documentar la información del estado de la operación de la unidad anterior al monitoreo de vibración.
- Colocar una mesa en el lugar donde se encuentra la caja de conexión y toma de datos con el fin de colocar los equipos.
- Instalar los equipos y sensores antes del inicio de la prueba.
- Socializar la secuencia de ejecución y objetivo de la prueba.
- Instalar los sensores en los sitios demarcados para ello.

7. Secuencia del procedimiento

Inspección y prueba, toma de medidas.

- Consultar con operación la carga activa y reactiva de la unidad.
- Conectar fuente de alimentación (-24vdc), localizada en la caja de conexión y toma de datos.
- Tomar lecturas de voltaje de la salida de los drivers (entre sig y com) el voltaje de salida(vs)debe estar entre -6vdc y -14 vdc.

- Realizar una solicitud de trabajo para revisar y corregir los sensores que se encuentran fuera del rango de voltaje.
- Tomar lecturas de vibración con carga durante 5 minutos de todos los puntos, incluyendo las medidas de la carcasa del estator y de la excitación, teniendo en cuenta que solo se medirán los sensores de desplazamiento cuyo voltaje de salida esté en el rango de -6 a -14 vdc. Utilizando el equipo analizador de vibraciones scout 3210 según manual de equipo. "Machineviewuser manual model 3130. Csi v97012 y Machineviewtechnicalrefer manual. Csimodel 3100/3130".
- Tomar lecturas de vibración con la maquina a velocidad nominal y con excitación durante 5 minutos de todos los puntos, incluyendo las medidas de la carcasa del estator y de la excitación utilizando el mismo equipo.
- Tomar lecturas de vibración con la maquina a velocidad nominal y sin excitación durante 5 minutos de todos los puntos, incluyendo las medidas de la carcasa del estator y de la excitación. Utilizando el mismo equipo.
- Desconectar los equipos y entregar la máquina al personal de operación y mantenimiento.

Toma de medidas durante el arranque.

- Se realizan los mismos pasos, solo que el orden de la toma de datos cambia, se toma primero las medidas a la velocidad nominal y sin excitación, luego con excitación y por último con carga.

8. Criterios de aceptación

Los criterios de aceptación se encuentran en el documento GANTM0001 "Medida de vibraciones, pruebas de diagnóstico" para hidroeléctricas. Su resultado debe ser documentado en el campo "Criterios de aceptación" del registro físico de documentación de pruebas, anexo a este protocolo.

9. Registros y documentos

Los datos obtenidos son almacenados en los equipos de medida y adicionalmente consignados en las planillas "Protocolo pruebas de diagnostico – Inspección vibraciones Turbo Generadores". Posterior al trabajo se envía un informe con los resultados de la prueba para análisis de ingeniería.

10. Planeación del trabajo

Se requiere de la intervención de los centros de trabajo.

- GEHMTO, tamaño de equipo 1, duración horas/hombre 2 horas. Descripción de actividad: Tomar vibración
- GEHMING, tamaño de equipo 1, duración de la actividad 2 horas. Descripción de actividad: Analizar vibración.

11. Equipos y herramientas

Descripción: Cantidad.

Equipo analizador de vibraciones scout 3210: 1 unidad

Fototacómetro digital csi 404p: 1 unidad


Fuente de alimentación de -24 vdc.: 1 unidad

Acelerómetro: 4 unidades

Multímetro digital: 1 unidad


12.Formatos y registros

Formato Registro

 AREA DE PRODUCCION DE ENERGIA HIDRAULICA INGENIERÍA Y CALIDAD	
PROTOCOLO PRUEBAS DE DIAGNOSTICO INSPECCIÓN VIBRACIONES TURBO GENERADORES	
Central:	Unidad No.
Ejecutó:	Fecha:
Revisó:	N° OT:
Aprobó:	Procedimiento:
Motivo solicitud del monitoreo de vibración:	
COJINETE GUIA DE TURBINA Lecturas (RMS mm/s)	
Toma lectura N°1	Toma lectura N°2
Lectura Axial	Lectura Axial
Lectura Radial XX	Lectura Radial XX
Lectura Radial YY	Lectura Radial YY
Carga Activa	Carga Activa
Carga Reactiva	Carga Reactiva
COJINETE INFERIOR GENERADOR Lecturas (RMS mm/s)	
Toma lectura N°1	Toma lectura N°2
Lectura Axial	Lectura Axial
Lectura Radial XX	Lectura Radial XX
Lectura Radial YY	Lectura Radial YY
Carga Activa	Carga Activa
Carga Reactiva	Carga Reactiva
COJINETE PIVOTE Lecturas (RMS mm/s)	
Toma lectura N°1	Toma lectura N°2
Lectura Axial	Lectura Axial
Lectura Radial XX	Lectura Radial XX
Lectura Radial YY	Lectura Radial YY
Carga Activa	Carga Activa
Carga Reactiva	Carga Reactiva
Norma Técnica: ISO 7919, ISO 10816	
Criterio:	
Observaciones:	

Fuente: Autores

Formato Registro

 Grupo: epmj	AREA DE PRODUCCION DE ENERGIA HIDRAULICA INGENERÍA Y CALIDAD
PROTOCOLO PRUEBAS DE DIAGNOSTICO INSPECCIÓN VIBRACIONES TURBO GENERADORES	
Central: _____ Ejecutó: _____ Revisó: _____ Aprobó: _____ Motivo solicitud del monitoreo de vibración: _____	Unidad No. _____ Fecha: _____ N° OT: _____ Procedimiento: _____
COJINETE GUIA DE TURBINA	
Toma lectura N°1 (mm/s)	Lecturas frecuencias cpm Toma lectura N°2 (mm/s)
1X _____ 1X _____ 2X _____ 13X _____ 3X _____ 8X _____ 10X _____ 11X _____	1X _____ 1X _____ 2X _____ 13X _____ 3X _____ 8X _____ 10X _____ 11X _____
COJINETE INFERIOR GENERADOR	
Toma lectura N°1 (mm/s)	Lecturas frecuencias cpm Toma lectura N°2 (mm/s)
1X _____ 1X _____ 2X _____ 13X _____ 3X _____ 8X _____ 10X _____ 11X _____	1X _____ 1X _____ 2X _____ 13X _____ 3X _____ 8X _____ 10X _____ 11X _____
COJINETE PIVOTE	
Toma lectura N°1 (mm/s)	Lecturas frecuencias cpm Toma lectura N°2 (mm/s)
1X _____ 1X _____ 2X _____ 13X _____ 3X _____ 8X _____ 10X _____ 11X _____	1X _____ 1X _____ 2X _____ 13X _____ 3X _____ 8X _____ 10X _____ 11X _____
Norma Técnica: ISO 7919, ISO 10816	
Criterio: _____	
Observaciones: _____ _____ _____ _____	

Fuente: Autores

Anexo F. Programa de Gestión del Mantenimiento Años 2013 – 2014

CRONOGRAMA PLANEACIÓN PROGRAMACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	AÑO 2013												AÑO 2014											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Plan Integrado de Mantenimiento Area de Producción de Energía, APE.																								
Revisar y redefinir las rutas existentes de los mantenimientos menores del PIM (MP,MPd), Redefinir procedimientos e instructivos en su logística y hacer técnico, teniendo en cuenta la tarea crítica.																								
Revisar y redefinir las rutas existentes de los mantenimientos anuales del PIM (MP,MPd), Redefinir procedimientos e instructivos en su logística y hacer técnico, teniendo en cuenta la tarea crítica.																								
Revisar y redefinir las rutas existentes de los mantenimientos overhaul del PIM(MP,MPd), Redefinir procedimientos e instructivos en su logística y hacer técnico, teniendo en cuenta la tarea crítica.																								
Definir y documentar trimestralmente la proyección de los equipos que son objeto de mantenimiento en el siguiente trimestre, especificando el tipo de mantenimiento a desarrollar, los recursos requeridos y las acciones a desarrollar.																								
Analizar la información del mantenimiento correctivo a fin de dar ajuste y revisión a las tareas críticas de mantenimiento con el objeto de redefinir planes y programas de mantenimiento.																								
Política del Mantenimiento Area de Producción de Energía, APE.																								
Presentar ante la Subgerencia Tecnica de Energia el documento maestro Politicas de mantenimiento para su evaluación y aprobación.																								
Socializar el documento maestro, Políticas de mantenimiento, en las centrales de generación.																								
Evaluar el documento maestro Politicas de mantenimiento. Homologar criterios y establecer reglas de negocio para su puesta en marcha en las centrales de generación.																								
Documentación del mantenimiento.																								
Formulación, evaluación y aprobación de procedimientos e instructivos de mantenimiento.																								
Revisación y actualización de planillas para la documentación de información técnica del mantenimiento ejecutado.																								
Levantamiento de información de mantenimiento y actualización de las bases de datos.																								
Ejercer auditoria continua a ciclo de vida de la OT.																								
Establecer criterios y reglas de negocios dirigidas a la correcta documentación de la OT.																								
Socialización del proceso de documentación de OT ante el equipo de trabajo.																								
Implementación, seguimiento y control del proceso documentación de OT.																								
Elaboración de registros y plantillas para la documentación de OT.																								
Normalización de la técnica de elaboración de informes de mantenimiento.																								
Generar y socializar un plan de control y actualización de procedimientos, instructivos, planos e información técnica en general.																								
Retroalimentación para corrección de buenas y malas practicas adoptadas para la documentación de OT.																								

CRONOGRAMA PLANEACIÓN PROGRAMACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	AÑO 2013												AÑO 2014											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mantenimiento Predictivo																								
Establecer y homologar las variables que serán objeto de implementación y control en el tiempo																								
Política de mantenimiento predictivo en referencia a la periodicidad de la medida de las variables de control																								
Política de mantenimiento predictivo en referencia a la planeación, programación, ejecución, así como la homologación de bases de datos (variables mecánicas y eléctricas)																								
Establecimiento de bases de datos para el análisis y tendencias de variables de tipo eléctrico																								
Establecimiento de bases de datos para el análisis y tendencias de variables de tipo mecánico																								
Establecer el recurso humano y técnico (equipos) que se requieren para el mantenimiento predictivo																								
Ajustar y/o establecer el nuevo el plan y programa de mantenimiento predictivo, acorde a las necesidades y a los análisis de los datos																								
Implementación del programa de mantenimiento de tipo predictivo																								

Anexo G. Resumen MP, APE

Programa de MP semestral y mensual central Palmas.

PROGRAMA DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO, AREA DE PRODUCCIÓN DE ENERGIA HIDRAULICA.												
Número de Activo	Descripción del Activo	Fecha programada de inicio	Ultima fecha del MP realizado	Rutina			Variable de Control (días)	Procedimiento			OT Modelo	Ocurrencias planeadas Anual
				Código	Descripción 1	Descripción 2		Código	Descripción 1	Descripción 2		
22123	RODETE U1 PL	30/03/2013	29/09/2012	GMMP001	MAYOR SEMESTRAL	INSPECCION RODETE	180	GCPLM0043	CAMBIAR RODETE	6MM: RODETE	2090	2
22167	RODETE U2 PL	15/01/2013	01/07/2012	GMMP001	MAYOR SEMESTRAL	INSPECCION RODETE	180	GCPLM0043	CAMBIAR RODETE	6MM: RODETE	2090	2
22211	RODETE U3 PL	29/06/2013	29/11/2012	GMMP001	MAYOR SEMESTRAL	INSPECCION RODETE	180	GCPLM0043	CAMBIAR RODETE	6MM: RODETE	2090	2
22255	RODETE U4 PL	02/03/2013	29/08/2012	GMMP001	MAYOR SEMESTRAL	INSPECCION RODETE	180	GCPLM0043	CAMBIAR RODETE	6MM: RODETE	2090	2
22104	UNIDAD 1 PL	28/11/2012	10/10/2012	GMMP001	MENSUAL MECANICO PREDICTIVO	MEDIR VIBRACIONES	30	GCPLM0283	MEDIR VIBRACIONES	MM: UNIDAD GENERADORA	2050	12
22148	UNIDAD 2 PL	28/11/2012	10/10/2012	GMMP001	MENSUAL MECANICO PREDICTIVO	MEDIR VIBRACIONES	30	GCPLM0283	MEDIR VIBRACIONES	MM: UNIDAD GENERADORA	2050	12
22192	UNIDAD 3 PL	28/11/2012	10/10/2012	GMMP001	MENSUAL MECANICO PREDICTIVO	MEDIR VIBRACIONES	30	GCPLM0283	MEDIR VIBRACIONES	MM: UNIDAD GENERADORA	2050	12
22236	UNIDAD 4 PL	28/11/2012	10/10/2012	GMMP001	MENSUAL MECANICO PREDICTIVO	MEDIR VIBRACIONES	30	GCPLM0283	MEDIR VIBRACIONES	MM: UNIDAD GENERADORA	2050	12

Elementos básicos del MP. El programa del MP se compone de cuatro elementos básicos que responden a las preguntas: ¿Qué se hace?, ¿Cómo se hace?, ¿Con que se hace? y ¿Cuándo se hace? estos elementos son: La Rutina del MP, el procedimiento de la tarea principal, la OT modelo y las fechas de ejecución, respectivamente.

- **La rutina del MP** Identifica la actividad básica del MP. Se codifica de forma normalizada así: GMMP001. El primer carácter identifica el Negocio, G (Generación); El segundo carácter identifica el tipo de mantenimiento, Mecánico, M, Eléctrico, E, Instrumentista, I; El tercero carácter identifica el tipo de mantenimiento: Preventivo,

MP, Repetitivo, R, Correctivo, C; El cuarto carácter corresponde al número consecutivo de la rutina. A la par del código de la rutina se especifica su descripción.

- **El procedimiento del MP** Identifica el paso a paso de la actividad principal del mantenimiento. Se codifica y describe según la normalización: GCPLM0001. El primer carácter identifica el Negocio, G (Generación); El segundo carácter identifica la central de generación CPL, central Palmas, CCA, central Cascada; El tercero carácter identifica el tipo de mantenimiento: Mecánico, M, Eléctrico, E, Instrumentista, I; El cuarto carácter corresponde al número consecutivo de la rutina. A la par del código se especifica su descripción, que identifica la actividad principal en el primer descriptor y el segundo se normaliza por código 6MM: XXXXXX, que identifica periodicidad 6M; Semestral, Tipo de mantenimiento, M, mecánico y el equipo al cual aplica este procedimiento.
- **OT Modelo** Hace referencia a la orden de trabajo automática planeada en espera de programación. Esta OT cambia de estado una vez se origina como OT de producción al ser programada y es la herramienta con la cual se establece la ruta de ejecución del trabajo programado.
- **Fechas de ejecución** El plan del MP identifica dos fechas principalmente. La fecha programada de inicio que corresponde a la fecha en que se inicia el programa del MP y la fecha ultima del MP realizado que identifica la ultima fecha en la cual se ejecutó ese MP. Con base en estas fechas junto con el número de ocurrencias planeadas en el año para este MP y la variable de control de frecuencia de ejecución del MP, se corre el programa.

Lectura del MP. Se lee un MP de la siguiente forma: “Al activo 22123, Rodete U1 PL, se le ejecuta el programa de MP, mantenimiento mayor semestral, inspección de rodete. En este mantenimiento se realiza predominantemente el cambio del rodete siendo una actividad de ejecución semestral del tipo mecánicapreventiva. Esta actividad se ejecuta dos veces en el año con frecuencia de ejecución semestral, utilizando como guía de trabajo, el procedimiento con código GCPLM0043. La última fecha de ejecución de este tipo de mantenimiento fue el 29/9/2012 y se proyecta su próxima ejecución para el 30/03/2013. La OT modelo en espera de ser vencida para la puesta en operación del MP es la N°2090”.