

**METODOLOGÍA PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN PMO PARA LAS PLANTAS Y CENTROS DE GENERACIÓN
TELLO Y DINA BAJO IBM-MAXIMO.**

SAÚL HERNANDO HERNÁNDEZ GÓMEZ

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

2016

**METODOLOGÍA PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN PMO PARA LAS PLANTAS Y CENTROS DE GENERACIÓN
TELLO Y DINA BAJO IBM-MAXIMO.**

SAÚL HERNANDO HERNÁNDEZ GÓMEZ

**Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

Director

YENNI NERIETH NIÑO MALAVER

Ingeniera Electricista

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

2016

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi mamá Ana Gómez por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi papá Luis Hernandez por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A la Ingeniera Yenni Nerieth Niño Malaver por el compromiso y dirección de esta monografía.

A mis familiares y amigos que con su apoyo ayudaron a la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	15
1.1. EMPRESA	15
1.2. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	17
1.3. OBJETIVOS.....	21
1.3.1. Objetivo general.....	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
2. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	22
2.1.1. Técnicas del mantenimiento.	24
2.1.1.1. Mantenimiento correctivo.....	24
2.1.1.2. Mantenimiento programado.....	25
2.1.1.3. Mantenimiento preventivo.....	25
2.1.1.4. Mantenimiento predictivo.....	25
2.1.1.5. Mantenimiento proactivo.....	26
2.1.1.6. Mantenimiento de clase mundial (WCM – World Class Maintenance). .	26
2.1.2. Indicadores.	27
2.1.2.1. Costo del ciclo de vida (LCC).	27
2.1.2.2. Gestión de Activos.....	27
2.1.3. Modelo óptimo de gestión.....	29
2.1.4. Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).	29
2.1.5. Optimización del plan de mantenimiento (PMO).....	31

2.1.5.1.	Diferencias entre el PMO y RCM.....	32
2.1.6.	Aplicabilidad del mantenimiento total (TPM).....	34
2.1.7.	Selección metodológica gerencial del mantenimiento.	36
2.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	38
2.2.1.	Gestión de mantenimiento.	38
2.2.2.	Activos estratégicos.....	39
2.2.3.	Objetivos de la administración de activos.	40
2.2.4.	Sistema de gestión de activos IBM MAXIMO.	41
2.2.5.	Funcionamiento global del sistema de información.	43
3.	ESTADO ACTUAL DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO	44
3.1.	FUNCIONAMIENTO Y RELACIÓN PERSONAS – MANO DE OBRA.....	45
3.2.	ESTRUCTURA DE TAXONOMÍA DE ACTIVOS.	46
3.2.1.	Parametrización de ubicaciones y activos en MAXIMO.....	47
3.2.2.	Análisis de Ordenes de trabajo.....	48
3.2.2.1.	Tipos de órdenes de trabajo.....	48
3.2.2.2.	Estados de órdenes de trabajo.....	49
3.2.3.	Análisis Solicitud de Servicio.	50
3.2.3.1.	Tipos de solicitud de servicio.....	50
3.2.3.2.	Estados de Solicitud de Servicio.	50
3.3.	ANÁLISIS FLUJO ACTUAL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	51
3.4.	PLANES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO	52
3.5.	INDICADORES.....	53
4.	DESARROLLO METODOLOGICO	54
4.1.	GENERALIDADES METODOLÓGICAS.....	54

4.1.1.	Metodología – Pasos del PMO.	55
4.2.	IDENTIFICACION DE TAREAS AUSENTES	58
4.3.	TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	59
4.3.1.	Cantidad de personas requeridas.....	60
4.3.2.	Horas hombre del PMO por estrategia.	61
4.4.	IDENTIFICACION DE MALOS ACTORES	62
4.4.1.	Análisis de los flujos de trabajo.....	63
4.4.1.1.	Flujo para la Solicitud de Servicio.....	64
4.4.1.2.	Flujo de trabajo para las órdenes de trabajo Correctivas.	65
4.4.1.3.	Flujo de trabajo para las órdenes de trabajo Preventivas.....	66
4.4.2.	Evaluación del análisis de los flujos.....	67
4.5.	EVALUACION COSTO BENEFICION	68
5.	RECOMENDACIONES	70
6.	CONCLUSIONES.....	71
	BIBLIOGRAFIA.....	72
	ANEXOS.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Logo MASA A STORK COMPANY	15
Figura 2. Planta de Gas Dina y Centros de Generación Tello.	18
Figura 3. Estructura Organizacional.....	19
Figura 4. Evolución del mantenimiento	22
Figura 5. Circulo vicioso del mantenimiento.	32
Figura 6. Eficiencia del PMO.....	34
Figura 7. Propuesta combinada LCC.....	37
Figura 8. Módulos Máximo Asset Management.	43
Figura 9. Estructura de la gestión del mantenimiento	44
Figura 10. Parametrización centros de generación y planta Dina.....	45
Figura 11. Esquema general de funcionamiento y relación Personas –M.O.	46
Figura 12. Jerarquización Taxonómica	47
Figura 13. Taxonomía de Activos	47
Figura 14. Parametrización de los activos.	48
Figura 15. Flujo de trabajo general de Generación de órdenes de trabajo.	51
Figura 16. Planes de Trabajo.....	52
Figura 17. Base conceptual del PMO.	54
Figura 18. Recopilación de tareas.	55
Figura 19. Análisis de Modos de Falla.....	55
Figura 20. Revisión del FMA.....	56
Figura 21. Análisis funcional.	56
Figura 22. Consecuencia de las fallas.	57
Figura 23. Selección de tareas.	57
Figura 24. H – H del PMO por estrategia.....	61
Figura 25. H – H del PMO por especialidad.....	62
Figura 26. Flujo de trabajo Solicitud de Servicio.	64
Figura 27. Flujo de trabajo Ordenes de Trabajo.	65
Figura 28. Máxima efectividad de tareas.	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Ordenes de Trabajo.	49
Tabla 2. Estado de Orden de Trabajo.....	49
Tabla 3. Tipos de Solicitud de Servicio.	50
Tabla 4. Estados de Solicitudes de Servicio	51
Tabla 5. Activos Vs. Tares de mantenimiento.....	58
Tabla 6. Tareas de Mantenimiento.	59
Tabla 7. Horas – Hombre.....	60
Tabla 8. Personal requerido.....	60

RESUMEN

TÍTULO: METODOLOGIA PARA OPTIMIZAR LA GESTION DE MANTENIMIENTO
BASADO EN PMO PARA LAS PLANTAS Y CENTROS DE GENERACION
TELLO Y DINA BAJO IBM-MAXIMO

AUTOR: SAÚL HERNANDO HERNANDEZ GÓMEZ

Palabras Claves: Metodología, Mantenimiento, PMO, Generación eléctrica.

La presente monografía muestra el desarrollo de la metodología para optimizar la gestión de mantenimiento basado en PMO para las plantas y centros de generación Tello y Dina bajo el sistema de información IBM – MAXIMO, las cuales está operando y manteniendo MASA a STORK COMPANY, el cual es elaborado como pilar fundamental para el mejoramiento de la gestión de mantenimiento, minimizar los impactos en la operación causadas por paradas no programadas de los equipos críticos y represamiento de órdenes de trabajo sin ejecutar, optimizando todos los recursos de la empresa. Esta metodología estaba basada en información recopilada durante los años en los cuales se ha operado y mantenido, informes, bases de datos y de las experiencias del personal que opera y mantiene los equipos día a día.

El alcance del presente documento es el diagnóstico para la optimización de la gestión de mantenimiento evaluando estado actual del sistema de información de mantenimiento que implemento MASA teniendo como base fundamental el PMO, y así desarrollar una metodología de trabajo que optimice el tiempo de realización de las tareas de mantenimiento, generando la disminución en el represamiento de las tareas de mantenimiento pendientes por ejecutar.

El documento contiene la contextualización donde se presenta la empresa del estudio, objetivos que se definieron, planteamiento del problema su análisis y solución. El marco teórico se presenta un breve repaso a la historia del mantenimiento evidenciando su evolución y el cómo la misma industria hace encaminar la gestión de mantenimiento a optimizar más los recursos, adicional a esto se muestra la herramienta que MASA implemento como sistema de información y las ventajas que contiene. Por último se presenta la propuesta de la metodología de la optimización en donde se muestran las recomendaciones para la aplicación en el sistema de gestión de mantenimiento.

*Monografía de Especialización

** Facultad de ingenierías físico – mecánicas. Especialización en Gerencia
De Mantenimiento, Director Ing. Yenni Nerieth Niño Malaver

ABSTRACT

TÍTULO: METHODOLOGY TO OPTIMIZE MAINTENANCE MANAGEMENT BASED
PMO FOR GENERATING PLANTS AND CENTRES UNDER TELLO AND
DINA IBM

AUTHOR: SAÚL HERNANDO HERNANDEZ GÓMEZ

Keywords: Methodology, Maintenance, PMO, electric generation.

This paper shows the development of the methodology for optimizing maintenance management based on PMO for plants and generation centers Tello and Dina under the IBM system information - named MAXIMO, which is operating and maintaining MASA a STORK company, which it is prepared as essential to improve maintenance management pillar minimizing impacts on the operation caused by unscheduled downtime of critical equipment and damming work orders unexecuted, as well optimizing all resources of the company. This methodology was based on information gathered during the years in which it has operated and maintained reports, databases and experience of staff that operate and maintain the equipment daily.

The scope of this document is the diagnosis for optimizing maintenance management evaluating current system status information maintenance implement MASA taking as a fundamental basis the PMO, and develop a methodology to optimize the time of completion of the maintenance, resulting in decreased damming outstanding maintenance tasks to run.

The document contains the contextualization where the company's study, objectives, approach the problem analysis and solution defined is presented. The theoretical framework a brief review of the maintenance history is presented showing its evolution and how the same industry makes routing maintenance management to further optimize resources; in addition to this tool already MASA had implemented the system information containing advantages. Finally methodology proposed to optimize where it shows the recommendations to enforcement in the maintenance management system.

* Monograph Specialization

** Faculty of Engineering Physical - Mechanical. Specialization in
Maintenance Management, Director Ing. Yenni Nerieth Niño Malaver

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la generación eléctrica depende principalmente de las acciones de los equipos dispuestos en cada uno de los procesos de generación, razón por la cual, la disponibilidad y confiabilidad de los equipos que se encuentran activos son de vital importancia para el cumplimiento de los objetivos de la compañía, lo cual en estos momentos con mercados tan competitivos y globalizados como los actuales el área de mantenimiento tiene que seguir evolucionando tan rápido como las condiciones cambiantes de cada uno de los interesados esto con el fin de satisfacer las necesidades del cliente y perdurar en el tiempo.

El permanente desarrollo de nuevas metodologías con ayuda de tecnologías nuevas orientadas a la búsqueda de Optimizar la Gestión de Mantenimiento es el camino a seguir como aporte a la sostenibilidad de la compañía que pretende mantenerse vigente en un mercado sumamente exigente y globalizado, la adopción de una metodología basado en gestión de activos y teniendo como centro el PMO ha reportado muy buenos beneficios para las empresas de clase mundial que lo han adoptado y esta es la propuesta presentada en este trabajo, que pretende establecer un modelo para la optimización del plan de mantenimiento que apunte a reducir el número de órdenes de trabajo represadas, así como disminuir los tiempos para ejecución de las órdenes de trabajo correctivas y preventivas. Maximizar los recursos económicos y talento humano.

Esta monografía muestra la metodología de un plan de optimización basado en PMO, entregando a la organización las herramientas para administrar el desempeño, los riesgos y gastos asociados a sus activos físicos ,durante su ciclo de vida para alcanzar los objetivos de su Plan Estratégico de Negocios. De seguro han de encontrarse obstáculos con diferentes niveles de relevancia pero la implementación basada en un cambio de cultura hacia la confiabilidad.

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. EMPRESA

Hace 30 años Mecánicos Asociados (MASA) nació en el departamento del Huila, como respuesta a las oportunidades que ofrecía el sector petrolero en la región. En medio de fuertes competidores con mayor trayectoria y experiencia, se dio inicio a un proceso de crecimiento sostenible, poco a poco se fue adquiriendo el conocimiento para especializarse en los servicios de Operación y Mantenimiento eléctrico, electrónico y mecánico tanto preventivo como correctivo, para así comenzar operaciones con Hocol S.A.

Figura 1. Logo MASA A STORK COMPANY



Fuente. <http://www.masateam.com/website/wwwmasa/site/index.php>

Tras varios años de operaciones, se ampliaron las fronteras y se fueron desarrollando proyectos en diferentes regiones del país, con clientes como Oxy, Petrobras y Ecopetrol, manteniéndose en el sector de hidrocarburos. Sólo hasta 1993 se obtiene el primer contrato de mantenimiento electromecánico, latonería y pintura de equipo de soporte minero con Cerrejón, lo que le abriría las puertas a una nueva industria.

Con la llegada de un nuevo siglo, MASA se enfrentó a nuevos retos y desafíos, lo que implicó un gran esfuerzo para prepararse, mejorar sus procesos y ampliar el portafolio de servicios, de tal manera que lograra mantenerse en el mercado y sobresalir en medio de un mercado altamente competitivo. Ejemplo de esto fue la

creación de la unidad de negocio Proyectos y Construcciones en el 2002, dedicada a la realización de proyectos desde su concepción hasta la puesta en marcha, garantizando altos estándares de calidad y eficiencia para los clientes.

Para el 2004 la compañía inició operaciones en plataformas off-shore con Chevron, única compañía operadora con plataformas marinas en el país. La adjudicación de dicho contrato, el cual incluye el soporte a la operación y mantenimiento de las instalaciones de producción de las plataforma Chuchupa A y Chuchupa B de la concesión de la Guajira; ha significado para MASA tener una experiencia exportable a otros países de la región que puedan requerir de estos servicios en un futuro cercano.

En el 2005 se creó la unidad de negocio Servicios Industriales, enfocada en la optimización de procesos que mejoren la actividad principal del cliente, a través de servicios complementarios como tratamiento de gas y suministro de energía. Paralelo a esto, nació el grupo de Consultoría Asset Management Solutions – AMS, con el objetivo de ofrecer acompañamiento a los clientes en el manejo integral de gestión de activos, garantizando un desempeño óptimo de los mismos. Hoy en día AMS se establece como una unidad de negocio de MASA, permitiendo ofrecer servicios de valor agregado a lo largo de toda la cadena de gestión de los activos de sus clientes, desde la planeación y diseño hasta el decomisionamiento y paradas.

En el año 2006 Mecánicos Asociados se estableció como pionero en el esquema de creación del Centro de Generación de Dina para Ecopetrol, implementando nuevas operaciones para Servicios Industriales, Operación y Mantenimiento y Proyectos y Construcciones. En este mismo año, surge para la compañía la unidad de negocio Facilidades Tempranas de Producción, enfocada en la operación y/o alquiler de activos productivos móviles portátiles disponibles para acompañar al cliente en el desarrollo de sus actividades.

Posteriormente, en el 2008 comenzó a operar el Centro de Generación en Tello y un año más tarde, se toma la iniciativa de explorar nuevas tecnologías y procesos con la creación de la Planta de Gas en Dina. En efecto, los Centros de Generación Tello y Dina, resultan estratégicos a la hora de reducir las paradas no programadas del campo de producción debido a la continuidad y confiabilidad en el suministro de energía, resultando así en ejemplos de operación eficiente para otros clientes y otras industrias.

Hoy en día, MASA pertenece en su totalidad a Stork Technical Services, lo que le ha permitido ampliar los conocimientos y recursos para fortalecer su posicionamiento en el mercado no sólo nacional sino internacional, punteando en seguimiento y apoyo constante en la gestión integral de activos de sus clientes. MASA ha sido un grande creciendo entre los grandes, y ha marcado un crecimiento sostenido, generando no sólo desarrollo económico en la región del Huila sino en todo el país; una empresa que ha tenido que enfrentar momentos difíciles y grandes retos, que han sido asumidos con liderazgo, diferenciación y decisión; valores infundidos en cada uno de sus colaboradores.

Es así como MASA le apuesta a seguir creciendo, a contribuir al desarrollo y progreso tanto de sus empleados y clientes, como del país y Latinoamérica, desarrollo que viene de la mano de la experiencia y posicionamiento ganado en el mercado en casi 30 años de historia contruidos por MASA y con la trayectoria y conocimiento de más de un siglo que Stork Technical Services tiene en tres continentes.

1.2. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

La planta de Gas Natural Dina y Centro de generación Tello están actualmente ubicadas en Neiva la cual es operada por Masa – Mecánicos Asociados S.A.S siendo una empresa colombiana líder en la prestación de servicios integrales de

gestión de activos para el sector petrolero, de minería y energía, constituida hace más de 28 años y que hoy en día hace parte del grupo industrial holandés Stork Technical Services. Con presencia en varios países en Suramérica y un respaldo internacional en tres continentes.

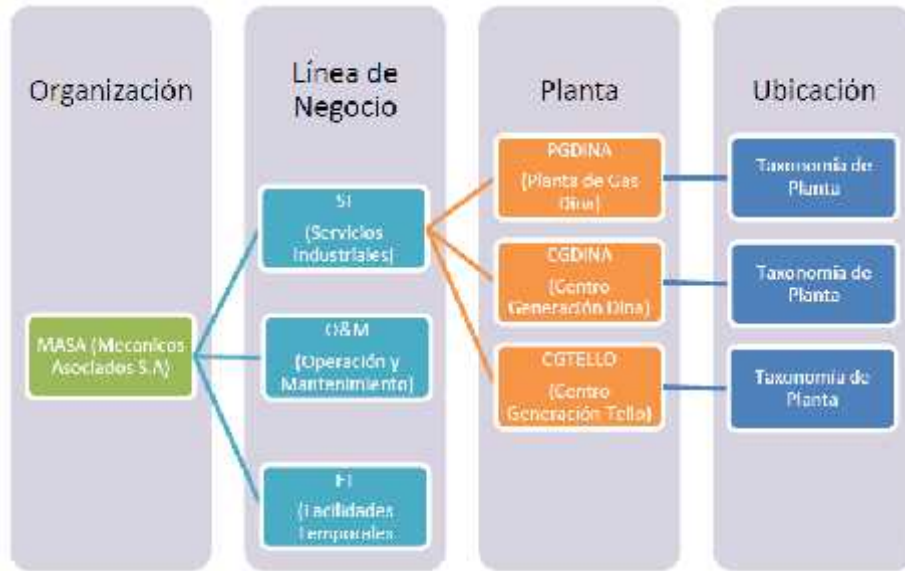
Figura 2. Planta de Gas Dina y Centros de Generación Tello.



Fuente: <http://www.masateam.com/>

Los Centros de Generación Tello y Dina, con 21 y 15 MW instalados respectivamente, resultan estratégicos a la hora de reducir las paradas no programadas del campo de producción debido a la continuidad y confiabilidad en el suministro de energía. De esta forma se disminuyen los costos de levantamiento de barril por la eficiencia del sistema, acercando más a Ecopetrol a sus metas de producción de barriles limpios Más de 5MMSCFD de gas; Con el fin de realizar las actividades propias de mantenimiento en los centros de generación MASA realizó la adquisición e implementación del sistema de información y software de mantenimiento IBM Maximo Asset Management V.7.5 (EAM).

Figura 3. Estructura Organizacional.



La parametrización inicial del sistema de información se realizó en referencia a procesos de mantenimiento reactivos con una participación de preventivo - predictivo aceptable todo esto basado en la filosofía de operación y mantenimiento entregados por la ingeniería inicial, en términos generales el sistema funciona bajo dos flujos de trabajo, el primer flujo trata a cerca de las Solicitudes de Servicio las cuales son generadas por el área operativa, dichas solicitudes pasan a la bandeja del administrador del área de mantenimiento y son direccionadas al segundo flujo de trabajo que se encarga de convertir dichas solicitudes en ordenes de trabajo. Mediante esta parametrización es posible monitorear el proceso de mantenimiento desde fase inicial. El progreso es lento, sin importar las exigencias de disponibilidad permanente casi del 100% de los equipos no permitiendo dar paso a una ampliación del Mantenimiento Planeado con llevando lo anterior también a una relación de tensión permanente con Operaciones por falta de acuerdos de nivel. Se maneja un alto índice de contratación por proveedores con los cuales se hace difícil el control de costos y supervisión de los trabajos realizados a falta de

mecanismos de adecuada contratación y reclamación para dar cumplimiento a los requerimientos exigidos.

Al realizar una revisión del plan de mantenimiento se evidencia el alto número de Órdenes de trabajo represadas y sin ser ejecutadas, debido al gran número de solicitudes de servicio generadas a causa del aumento de las actividades correctivas, causando que los indicadores llevados por la gerencia Tiempo promedio entre fallas (MTBF), Tiempo promedio de reparación (MTTR) y en especial el Mantenimiento Planificado ($\text{Mantenimiento Planificado} / \text{Mantenimiento total}$) $>90\%$, Costos de Mantenimiento ($\text{Costo Totales de Mantenimiento} / \text{Costos totales de manufacturación}$) $< \sim 10\%$ y Mantenimiento Planificado ($\text{Mantenimiento Planificado} / \text{Mantenimiento total}$) $>90\%$ se encuentren por debajo de los límites establecidos, a esto podemos sumar la falta de entrenamiento al personal que se encuentra administrando el sistema de información ya que no cuenta con el conocimiento completo de la herramienta por causa de la constante rotación que se generó al momento de una reestructuración interna de la empresa.

La Optimización de la Gestión de Mantenimiento es el camino a seguir como aporte a la sostenibilidad de la compañía que pretende mantenerse vigente en un mercado exigente y la adopción de un modelo basado en gestión de activos y teniendo como núcleo el PMO aportara muy buenos beneficios.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general. Desarrollar una metodología basada en PMO que optimice la gestión de mantenimiento dentro del sistema de información IBM-MAXIMO para las plantas y centros de generación Tello y Dina.

1.3.2. Objetivos específicos

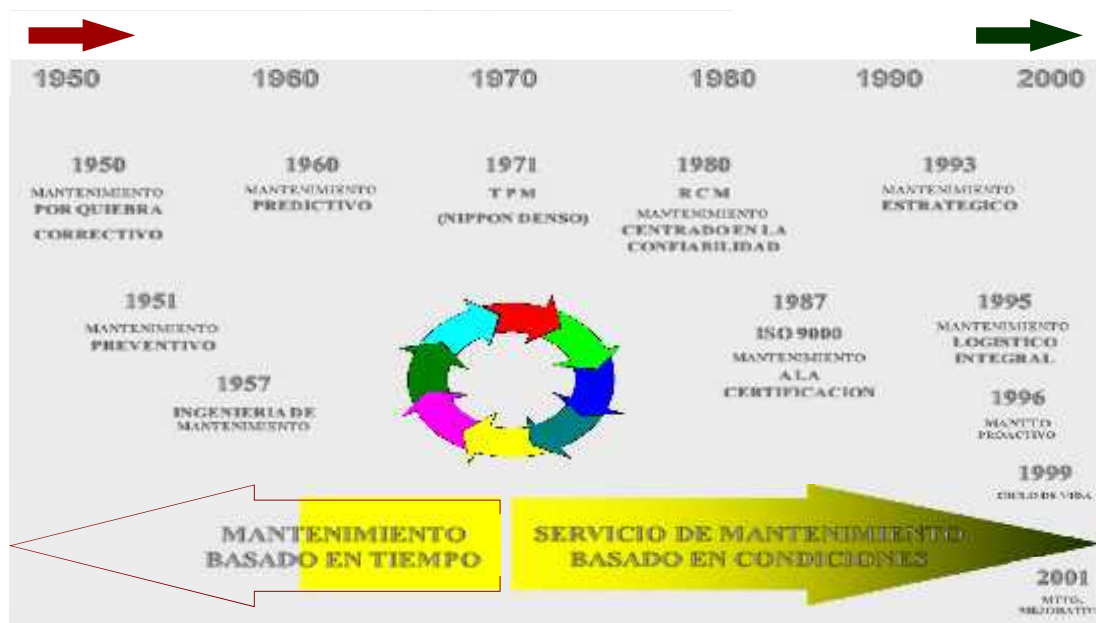
- Identificar tareas ausentes o innecesarias en los planes de mantenimiento actuales y en actividades no formales.
- Identificar los malos actores evaluando los procesos de mantenimiento definidos en flujos de trabajo (Solicitudes de servicio y Órdenes de trabajo)
- Realizar el desarrollo metodológico para implementación de PMO, en IBM-MAXIMO.
- Evaluar la relación costo beneficio del PMO, como apoyo para para decisión de implementación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Históricamente el Mantenimiento ha sido una actividad particularmente empírica, basada en la experiencia práctica del día a día y considerada como generadora de gastos. Sin desdeñar la experiencia necesaria para desempeñar correctamente esta función, es frecuente que cuando el modelo de gestión que se aplica solo se basa en el empirismo, sea debido al desconocimiento real del comportamiento de los equipos y a los fenómenos que su uso producen así como a los resultados que se obtienen con una adecuada y correcta gestión.

Figura 4. Evolución del mantenimiento



Fuente. PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento OMCS Latin America.

El mantenimiento es ante todo la administración de unos recursos sobre unas bases sólidas de ingeniería. Al igual que las decisiones gerenciales globales, las

decisiones técnicas deben ser confiables y estar basadas en datos experimentales que faciliten un conocimiento real de los problemas y regulen los estimativos institucionales, lo que evita el oneroso proceso de ensayo y error, antes de lograr una acertada solución.

Las organizaciones industriales existen para generar un beneficio; usan equipos y mano de obra para transformar materias primas en productos acabados de mayor valor. El mantenimiento está relacionado con la rentabilidad a través de la productividad de los equipos y el gasto de explotación.

Los trabajos de Mantenimiento elevan el nivel de rendimiento de los equipos y su disponibilidad, pero al mismo tiempo incrementan los gastos de explotación. El objetivo, de un departamento de mantenimiento industrial debe ser la consecución del equilibrio óptimo entre estos factores, esto es *el balance que maximice la contribución del departamento a la rentabilidad.*¹

El mantenimiento se define como un conjunto de cuidados permanentes que se observan en las máquinas y equipos para conservar sus mecanismos y su precisión por largo tiempo. Además, se puede describir como el conjunto de observaciones, revisiones, ajustes, cambios y reparaciones que se ejecutan sobre una máquina y/o proceso para alargar su vida útil y reducir costos de operación y producción. Una máquina sólo puede ser eficiente en su trabajo cuando éste también resulta económico.

El mantenimiento es el cuidadoso monitoreo de la condición del equipo para diagnosticar y encontrar la información sobre la base de ingeniería. Una vez el problema se ha identificado, es fácil asignar el trabajo. El mantenimiento a justo

¹ A. Kelly; M.J Harris, Gestión del Mantenimiento Industrial

tiempo, es la eliminación de pérdidas de tiempo, insumos, y otros; exige como compromiso el suministro de los elementos necesarios en la cantidad solicitada y en el momento oportuno.²

Para trabajar es necesario garantizar el no paro de la máquina, por eso el proceso de mejoramiento de las empresas debe sin duda alguna garantizar la gestión de mantenimiento.

2.1.1. Técnicas del mantenimiento. El concepto inicial de Mantenimiento es ser el conjunto de actividades realizadas sobre los equipos e instalaciones que intervienen en un proceso, para mantenerlos en el estado operativo que se desea. Se tiene una clara diferencia con el concepto de Reparación el cual es el conjunto de actividades realizadas sobre los equipos e instalaciones que intervienen en un proceso y que se encuentran en mal estado, para reparar sus defectos y devolverlos al estado normal de operación. De lo anterior se desprenden las distintas Técnicas de Mantenimiento las cuales son paralelas prácticamente a la evolución del mismo. El rastro de esta evolución se puede seguir a través prácticamente de 3 generaciones las cuales arrancan desde la década de los 30 hasta nuestros días.

2.1.1.1. Mantenimiento correctivo. Mantenimiento nace como el área encargada de reparar equipos, corregir averías y desgastes. Para el desarrollo tecnológico no se requería prevenir los problemas ni estaba en las expectativas del usuario del servicio. Solo se interviene el equipo cuando este se para, convirtiéndose en Bomberos en un estado permanente de apagar incendios.

² CORTÉS M., Elkin Alonso. Fundamentos de mantenimiento de maquinaria y equipo mecánico. Profesor asociado. 1995. P 1.

2.1.1.2. Mantenimiento programado. Se empieza a pensar en la vida útil de partes y equipos y a programar paros para el cambio de dichas partes por su fin de vida útil. Existe un incipiente pero efectivo monitoreo de vida útil de partes. Estadística sobre la duración y eficiencia de partes de equipos. Se realizan paros para reconstruir equipos. Se programa paro para intervenir todo el equipo, pretendiendo dejar este en el estado original. El servicio de Mantenimiento se convierte en un costo exagerado y de paradas prolongadas.

2.1.1.3. Mantenimiento preventivo. Por definición es el paro del equipo en estado productivo para realizarle los ajustes en partes que garanticen la continuidad de la producción, buscando prevenir la aparición de daños y la corrección de estos cuando se presenten en estado incipiente.

La misión de mantenimiento es la de “mantener” calibrados los equipos, realizar los ajustes necesarios, rutinar el servicio hacia producción, y establecer dichas frecuencias de revisión, inspección y calibración de dichos equipos, acordando con el cliente interno los paros para las revisiones. “GARANTIZADORES DEL EQUIPO”:

Mantenimiento se asume como área staff de apoyo a producción. Entra en una relación directa con su cliente interno a través de la calidad y el paro improductivo.

2.1.1.4. Mantenimiento predictivo. Posibilita diagnosticar sin parar el equipo para determinar fin de vida útil del repuesto, basado en el muestreo, análisis y registro de variables, que pueden “predecir” el final de vida útil de un repuesto o parte y su posible falla. Se interviene el equipo cuando se anuncia fallo de este, “MEDIDORES DE CONDICIONES”.

Mantenimiento garantiza la disponibilidad del equipo sin tener que parar este, diagnosticando condiciones de trabajo hasta el paro para de mantenimiento preventivo.

2.1.1.5. Mantenimiento proactivo. Utiliza una Metodología en la cual el diagnóstico y las tecnologías de orden predictivo son empleadas para lograr aumentos significativos de la vida de los equipos y disminuir las tareas de mantenimiento, erradicando y controlando las causas de fallas de las maquinas. Mediante este mantenimiento se busca es la causa raíz de la falla, no solo el síntoma.

La integración de herramientas del TPM y RCM se logra mediante la táctica proactiva. Conjuntamente con el TPM y RCM también se utiliza la mayoría de instrumentos básicos y avanzados, genéricos y específicos (particularmente todos los asociados a fallas), también maneja los indicadores CMD-Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad; deduciéndose con lo anterior en ser una Técnica integradora de las anteriormente mencionadas e inclusive de nuevas como el PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento.

2.1.1.6. Mantenimiento de clase mundial (WCM – World Class Maintenance). Definido como el mantenimiento sin desperdicio, donde este es la diferencia entre cómo se realizan las diferentes acciones en la actualidad y el deber ser óptimo de las mismas. Se basa en anticiparse a lo que suceda en el futuro, su función es convertir cualquier clase de reparación o modificación en actividades planeadas que eviten fallas a toda costa. La orientación de su gestión requiere que se tenga un alto nivel de prevención y planeación, soportado en un adecuado sistema gerencial de información de Mantenimiento (CMMS), muy orientado hacia las metas y objetivos fijados previamente y realizando las cosas que haya que hacer en la forma más correcta posible con el mayor grado de profundidad científica. Utiliza el benchmarking como herramienta para alcanzar mejores costos, mejor productividad y máxima competitividad a través del mejoramiento continuo (Boxwell, 1994). Las empresas ubicadas en

varios países o continentes son las llamadas a utilizar intensivamente la táctica de clase mundial, esto los obliga a cumplir normas y tratados internacionales.

2.1.2. Indicadores. Las diferentes empresas y asociaciones de Mantenimiento, establecen diversos indicadores de gestión u operación mediante los cuales hacen un control muy particular de su manejo empresarial ,por lo cual es muy lógico encontrar múltiples indicadores que persiguen fines muy particulares de las instituciones que los construyen ,la recomendación es trabajar con indicadores de corte internacional y de validez mundial como son el LCC (Costo de Ciclo de Vida) y el CMD (Confiabilidad-Mantenibilidad-Disponibilidad) conocido como indicador universal relacional de los sistemas de mantenimiento y producción.

2.1.2.1. Costo del ciclo de vida (LCC). Es la ciencia integradora de todos los aspectos del enfoque kantiano de mantenimiento, a través de ella se logran integrar todos los niveles de mantenimiento junto con sus elementos estructurales y sus relaciones gobernadas por las leyes del CMD. Es en la tero tecnología donde se apoya el concepto del costo económico Integral del Ciclo de Vida LCC y a partir de allí donde se establecen los indicadores magnos de mantenimiento: efectividad, LCC y CMD.

2.1.2.2. Gestión de Activos. Las empresas día a día se enfrentan a la difícil situación de tener que incorporar, administrar y mantener una mayor cantidad de activos fijos para poder atender los mismos mercados con los mismos servicios y productos, esto genera entonces la necesidad de desarrollar una metodología de gestión de activos basada en costos e indicadores CMD que garanticen que estos generen cada vez más ingresos y menos gastos.

Es el LCC y la metodología de Gestión de Activos la única forma de enfrentar estos hechos que conducen cada vez más a la necesidad de desarrollar metodologías científicas, prácticas y útiles que permitan controlar los costos

durante su ciclo integral de vida, con apoyo de los indicadores estratégicos de LCC,CMD y costos integrales.

El impacto de su implementación se refleja en sus cuatro objetivos principales: reducción de costos en la gestión y operación del mantenimiento, aumento de la disponibilidad de los equipos y líneas de producción, incremento de la vida útil de los activos y disminución de los niveles de inventarios de repuestos e insumos.

La Gestión de Activos según PASS 55 (Especificación para la gestión optimizada de activos de infraestructura física –Institute of Asset Management). “Son todas aquellas actividades y prácticas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales una organización gerencia de manera óptima sus activos físicos y el comportamiento de los equipos, riesgo y gastos durante su ciclo de vida útil con el propósito de alcanzar su plan estratégico organizacional”.

Para lo anterior se requiere que la organización cuente con:

- La Política de Gestión de Activos: La Alta Gerencia de la organización establece una política de Gestión de Activos la cual se basa y es consistente con el plan estratégico organizacional ,provee con este último la estrategia del Modelo de Gestión de Activos, los objetivos ,metas y planes que se esperan del modelo de gestión ,es consistente con el marco organizacional para la administración de los riesgos y es apropiada a la naturaleza y escala de los activos físicos de la organización y sus operaciones.
- Información, riesgos y planeación del activo: La organización debe establecer un sistema de información de los activos el cual debe proveer un soporte adecuado para. El desarrollo y logro de la política, la estrategia de gestión, la administración del riesgo, la evaluación y control, operación, acciones preventivas, correctivas y de mejora y revisiones por la dirección. La

organización establece y mantiene planes para gestión del activo que permitan alcanzar la estrategia, objetivos, metas incluyendo el diseño CAPEX (Capital Expendings), OPEX (Operacional Expendings), decomisionamiento ,disponibilidad de partes y repuestos.

- Implementación y operación: estructura de roles, responsabilidades y autoridad consistente con las metas y objetivos de la política.
- Revisión y acciones correctivas: La organización establecerá actividades y procedimientos para el monitoreo y medición de los procesos del modelo de gestión así como de desempeño y condición de los activos físicos mismos.

2.1.3. Modelo óptimo de gestión. Para el análisis de un Modelo de Gestión óptimo aplicable centraremos la atención en los conceptos de RCM y PMO con extensión a la posible aplicación de TPM y teniendo como directriz estratégica la Gestión de Activos.

Una metodología de estadística y el manejo de un buen Mantenimiento Preventivo (PM) son el fundamento común a los modelos mencionados buscando determinar el comportamiento de los equipos y su frecuencia óptima de intervención necesaria para lograr el costo Total Mínimo de Mantenimiento.

2.1.4. Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) es un proceso desarrollado por la Industria de la Aviación Civil en USA .Su fin primordial es ayudar al personal de Mantenimiento, a determinar las mejores prácticas para garantizar la Confiabilidad de las funciones de los activos físicos mantenibles y para manejar las consecuencias de sus fallas.

El Objetivo primario del RCM es conservar la función del sistema, antes que la función del equipo. La metodología lógica del RCM, que se deriva de múltiples investigaciones se puede resumir en 6 pasos:

1. Identificar los principales sistemas de la Planta y definir sus funciones.
2. Identificar los Modos de Falla que puedan producir cualquier falla funcional.
3. Jerarquizar las necesidades funcionales de los equipos usando Análisis de Criticidad.
4. Determinar la Criticidad de los efectos de las fallas funcionales.
5. Emplear el Diagrama de Árbol Lógico para establecer la estrategia de Mantenimiento.
6. Seleccionar las actividades preventivas u otras acciones que conserven la función del sistema.

El RCM es un enfoque sistémico para diseñar programas que aumenten la Confiabilidad de los Equipos con un mínimo costo y riesgo; para ello combina aplicaciones técnicas de Mantenimiento Autónomo, Preventivo, Predictivo y Proactivo mediante estrategias justificadas técnica y económicamente. La Información almacenada en las hojas de trabajo de RCM minimiza los efectos de rotación del personal y de falta de experiencia.

Las premias básicas para el diseño de cualquier proyecto de RCM que propenda por la Optimización del Mantenimiento deben ser:

- Lo fundamental es la disponibilidad de los equipos.
- El interés principal debe ser la función que estos desempeñan.
- Se debe cuestionar todo plan no sustentado por Análisis de Confiabilidad.
- El análisis debe ser sistemático, tanto en extensión como en profundidad.

De acuerdo con la norma SAE JA-1011 editada en Agosto de 1999, un programa debe asegurar que las siete preguntas básicas sean contestadas satisfactoriamente en la secuencia mostrada:

- ¿Cuáles son las funciones asociadas al activo en su actual contexto operacional (funciones)?
- ¿De qué manera puede no satisfacer sus funciones (fallas funcionales)?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional (modo de fallas)?
- ¿Qué sucede cuando ocurren las diferentes fallas (efectos de las fallas)?
- ¿De qué manera afecta cada tipo de fallas (consecuencia de las fallas)?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir/predecir cada falla (tareas probables e intervalos de las tareas)?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada (Acciones preestablecidas)?

El resultado de cada análisis de RCM de un equipo es una lista de responsabilidades de mantenimiento que permiten aumentar la Disponibilidad,

Confiablez y rendimiento operativo del equipo, con un alto nivel de eficiencia de costos.

2.1.5. Optimización del plan de mantenimiento (PMO). Es un método diseñado para revisar los requerimientos de Mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación. La teoría básica del PMO parte del análisis del ciclo vicioso del mantenimiento mostrado en la figura a continuación.

Figura 5. Circulo vicioso del mantenimiento.



Fuente: <http://www.ipeman.com/cursos/2007/septiembre/10/pmo.pdf>

2.1.5.1. Diferencias entre el PMO y RCM. Son dos productos completamente diferentes con el mismo objetivo; definir los requerimientos de mantenimiento de los activos. Sin embargo los Gerentes de los Activos deben entender que están diseñados para ser utilizados en situaciones totalmente diferentes. RCM fue diseñado para desarrollar el programa inicial del mantenimiento durante la etapa de diseño del ciclo de vida de los activos (Moubray 1997) mientras que PMO ha sido diseñado para usarlo una vez los activos están en uso.

Como resultado PMO es un método de revisión mientras que RCM es un proceso de fundación. A pesar de que los dos generan el mismo programa de mantenimiento, PMO es un análisis mucho más efectivo y flexible que RCM, ya que inicia el trabajo desde un programa de mantenimiento razonablemente bueno y toma en cuenta la experiencia de operación y las características de falla de la planta.

La diferencia central metodológica entre RCM y PMO radica en la forma en que se generan los modos de falla.

RCM genera una lista de los modos de falla desde un riguroso análisis de todas las funciones, después de considerar todas las posibles fallas funcionales y de una valoración de los modos de falla que se relacionan a cada falla funcional. RCM busca analizar todos los modos de falla en cada equipo del sistema a analizar.

PMO genera una lista de modos de falla desde el plan de mantenimiento actual, de una evaluación del historial de fallas y de la revisión de documentación técnica.

Las diferencias entre los dos enfoques son que PMO maneja una cantidad mucho menor de modos de falla que RCM y llega a los modos de falla de manera más rápida. La experiencia en la industria de energía nuclear de los Estados Unidos ha demostrado que en promedio PMO es seis veces más rápido que RCM en generar resultados (Johnson 1995). Las razones principales por las cuales PMO es más rápido que RCM respecto a costos, tiempo y beneficios son las siguientes:

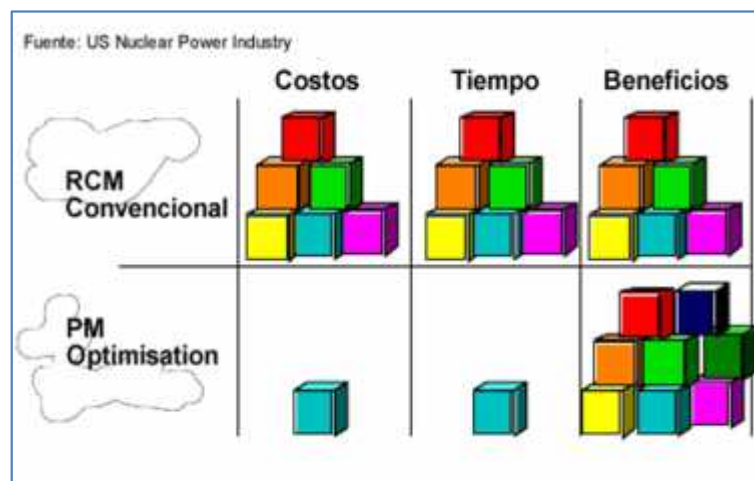
Los modos de falla insignificantes no son analizados por PMO mientras que RCM analiza todos los modos de falla posibles, usando la metodología de PMO varios modos de falla se unen y se analizan en conjunto, mientras que RCM analiza cada modo de falla por separado.

Con PMO el análisis detallado de las funciones es un paso opcional. La función del equipo se determina en el análisis de consecuencia de falla, ya que en definitiva la pérdida de la función es consecuencia de cualquier falla.

También se concluye de acuerdo a la experiencia en PMO que en un análisis completo de RCM en un sistema el 80 % de los modos de falla se manejan bajo el mantenimiento no programado, aumentando este número en equipos electrónicos como los PLC y disminuyendo en equipos que cuentan con partes en movimiento

como una banda transportadora. Esto es porque el análisis encuentra que no hay solución por parte de mantenimiento para el 80 % de los modos de falla, estos modos de falla habrían podido ser filtrados al inicio del análisis para no perder la calidad del mismo. Es claro también que el inconveniente de este enfoque es que aquellos modos de falla que puedan resultar peligrosos y ser omitidos, tiene como herramienta de detección también la realización de un FMECA de escritorio.

Figura 6. Eficiencia del PMO.



Fuente. PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento OMCS Latín América.

2.1.6. Aplicabilidad del mantenimiento total (TPM). El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo de la industria, que permite con la participación de todo el personal de la organización tener equipos de producción siempre listos. Su metodología, soportada por varias técnicas de gestión, establece algunas estrategias adecuadas para mejorar la productividad empresarial, con miras a lograr afrontar con éxito y competitividad, el proceso de globalización y apertura de la economía.

La filosofía del TPM hace parte del enfoque hacia la Calidad Total. Mientras la Calidad Total pasa de hacer énfasis en la inspección y selección, a hacer énfasis

en la prevención el TPM pasa del énfasis en la simple reparación al énfasis en la prevención y predicción de las averías y del mantenimiento de las máquinas.

El TPM incluye las cinco metas siguientes:

1. Mejora de la Eficacia de los Equipos.
2. Mantenimiento Autónomo por operadores.
3. Planeación y programación óptima de un sistema Preventivo – Predictivo.
4. Mejoramiento de la habilidad operativa.
5. Gestión Temprana de Equipos para evitar problemas futuros.

En el TPM todos los problemas de operación de los equipos se consideran pérdidas de su función, las cuales deben ser monitoreadas y agrupadas en “las seis grandes pérdidas:

1. Pérdidas por Averías.
2. Pérdidas de Preparación y Ajustes.
3. Inactividad y Paradas Menores.
4. Pérdidas de Velocidad Reducida.
5. Pérdidas de Puesta en Marcha.
6. Defectos de Calidad y Repetición de Trabajos.

El indicador de gestión clave del TPM es la Eficacia Global del Equipo (OEE), cuyo valor está definido como el producto de tres factores: la disponibilidad, el rendimiento del ciclo y la tasa de calidad .Los operarios y personal de mantenimiento se capacitan para identificar los problemas relacionados con la eficacia de los equipos y realizar análisis para determinar las pérdidas.

El Alcance del TPM ha evolucionado ampliamente desde la década de los años setenta hasta el día de hoy, al punto que se le considera actualmente como un

sistema de Innovación Empresarial, sobrepasando los modelos de mejoramiento industrial del final del siglo pasado.

Sintetizando los aportes del TPM a un sistema de mantenimiento óptimo podemos decir que:

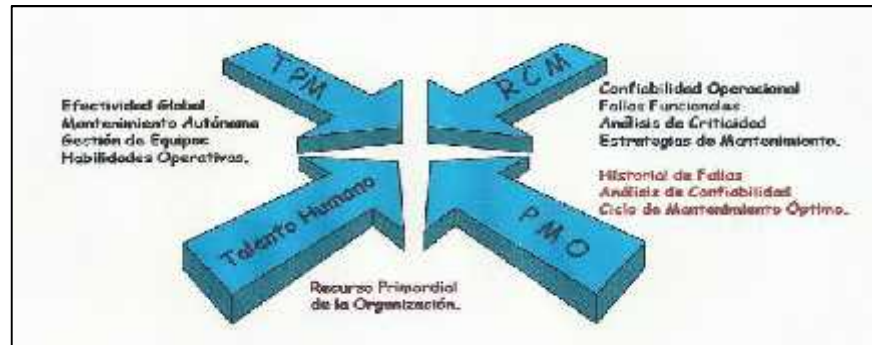
- El TPM mejora la eficiencia y eficacia del Mantenimiento.
- El TPM trabaja para llevar al equipo a su condición de diseño.
- El TPM busca la gestión del equipo y la prevención de averías y pérdidas
- El TPM requiere que el mantenimiento se lleva a cabo en cooperación activa con el personal de producción.
- El TPM necesita capacitación continua del personal.
- El TPM usa efectivamente las técnicas de mantenimiento Preventivo y Predictivo.
- El TPM mejora la moral del personal y crea un auténtico sentido de pertenencia.
- En el TPM el ciclo de vida útil del equipo se extiende, y se reducen los costos totales de operación.

La aplicabilidad para este caso de estudio está enfocada en la participación activa de los operadores de equipos para lograr un involucramiento total en el reporte de anomalías.

2.1.7. Selección metodológica gerencial del mantenimiento. Un Sistema de Mantenimiento Óptimo implica el uso de más de una de las técnicas modernas de Mantenimiento. Muchas plantas han usado eficientemente el TPM y otras el RCM o PMO, pero la mayoría tienen la necesidad de mejorar sus comunicaciones y el trabajo de equipo y esto se posibilita usando un modelo mixto. Cuando se integran las tres tecnologías anotadas inicialmente, con el soporte que representa el Capital Intelectual y bajo una estrategia de Gerencia de Activos, como recursos principales de la organización, se tienen los elementos constitutivos de

un modelo mixto propuesto óptimo, el cual busca establecer el ciclo de vida más económico LCC de los equipos utilizando los índices de gestión más representativos. Se establecen los componentes primordiales de cada uno de ellos.

Figura 7. Propuesta combinada LCC.



Fuente. PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento OMCS Latin America.

La primera etapa para integrar TPM, RCM y PMO, es desarrollar el análisis funcional con base en RCM, de un sistema de producción de la planta. Se identifican las fallas funcionales y en lo posible la causa y efectos de cada una de ellas. El PMO genera una lista de modos de falla del programa de mantenimiento real, hace una evaluación de las fallas y el análisis de riesgos sobre la documentación técnica.

El siguiente paso es aplicar los principios del TPM para aumentar la efectividad global de los equipos, y por ende su confiabilidad y fijar las estrategias más apropiadas para la mejora continua, iniciando con las prácticas modernas del mantenimiento autónomo y las técnicas de inspección, preventivas y predictivas.

La acción del operador del equipo representa la mejor vigilancia básica de su condición, pero frecuentemente necesita el apoyo de técnicas de predicción y

solución de problemas. Esto se facilita por la integración de los métodos de TPM, RCM y PMO.

La Gestión de Mantenimiento de hoy, está cambiando viejos principios por nuevos Paradigmas de excelencia. Las prácticas de Ingeniería de la Confiabilidad, Gerencia de Activos, Indicadores de Gestión y análisis de los costos totales del mantenimiento constituyen los objetivos centrales de las empresas enfocadas en la Competitividad Internacional.

Se presenta un sistema para mejorar la programación de todas las actividades del Mantenimiento. El análisis de fallas es la etapa más importante en la determinación de un programa de mantenimiento óptimo, y éste depende del historial de fallas de los equipos durante su vida útil.

Metodologías tales como TPM, RCM, PMO, RCFA, RBI, etc., trabajan muy bien cuando se aplican coherentemente. Combinándolas se gestiona un mejor proceso, se potencia el trabajo en equipo y se disminuye el costo de operación.

El resultado de implementar un Modelo Mixto de Confiabilidad para optimizar los procesos debe ser un mantenimiento más armonioso, más eficiente, seguro y eficaz, que logre minimizar los costos totales, y que incremente la productividad y competitividad de la organización.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Gestión de mantenimiento. El concepto de gestionar está íntimamente ligado a la gerencia por ende para su definición y comprensión tomaremos las siguientes postulaciones las cuales se consideran por abarcar un concepto global de lo que es la gestión.

La palabra gestión se relaciona con la dirección de empresas, aplicada a un sistema técnico y social cuya función básica es crear bienes y servicios que contribuyan a elevar el nivel de vida de la humanidad. La expresión empresa se entiende como un conjunto formado por hombres, maquinas, tecnología, información, planeación y recursos financieros o de cualquier índole que procura alcanzar unos objetivos establecidos con antelación (eficacia y eficiencia), utilizando adecuadamente los recursos disponibles y protegiendo la naturaleza. La gestión es el integrador para lograr estas premisas.

La gestión integral de mantenimiento consiste en actuar en todos aquellos aspectos de importancia para el buen desarrollo de la empresa y que, de una u otra manera, se relacionan con el mantenimiento de las instalaciones. Se trata, por lo tanto, de gestionar de una manera activa basándose en los objetivos de la empresa y no solo en los objetivos tradicionales de mantenimiento, disponibilidad y costos, admitiendo una postura pasiva.

Si se observa que la tendencia en el estilo de gestionar mantenimiento de los últimos años comparte conceptos de integridad de varios autores plasmados en sus obras referentes a la gestión del mantenimiento como Navarro, Sourris, Kelly, Harris, Mora entre otros; concepto el cual se trata de dilucidar y seguir en este documento, teniendo en cuenta cada uno de los componentes del sistema de mantenimiento que interactúan en él.

2.2.2. Activos estratégicos. *Los activos estratégicos* de la planta de Gas Natural Dina y Centro de generación Tello son los activos que están directamente o muy cercanamente asociados con la generación de los ingresos o que son críticos a la misión de la organización.

Ellos incluyen a los siguientes tipos de activos:

- Tangibles
- Fijo
- Físico
- Capital

Para compañías manufactureras dependen del tiempo de funcionamiento de los activos para cumplir con los objetivos de producción: para ellos, la *maquinaria* de piso de la planta es claramente estratégica. En el caso de las plantas de generación y gas requiere de *instalaciones* libres de problemas para entregar la calidad de los servicios al cliente y que los usuarios esperan (Operación).

2.2.3. Objetivos de la administración de activos. Las actividades de mantenimiento de la planta de Gas Natural Dina y Centro de generación Tello generan una demanda para el reemplazo de activos por su gran uso, ensambles de sistemas nuevos, y componentes dañados. Por lo tanto, los activos que producen el flujo de ingreso, las partes que mantienen funcionando los activos, y los procesos de adquisición por medio de los cuales estas partes se obtienen, están todas vinculadas a los esfuerzos de la compañía para maximizar el desempeño de los activos y los cinco objetivos de la administración de activos, que al final afectan la última línea de las corporaciones.

Existen cinco objetivos principales con la que cuenta MASA para la administración de activos:

- Inversión – Minimizar fondos invertidos para conseguir los objetivos del negocio.
- Costos de Propiedad – Minimizar costos para asegurar un nivel requerido de desempeño.
- Retorno Comercial – Maximizar el valor que el activo agrega al negocio.
- Valor estratégico – Optimizar el valor de mercado y flexibilidad de la base del activo.

- Riesgo – Administrar riesgos comerciales, de salud y medioambientales.

2.2.4. Sistema de gestión de activos IBM MAXIMO. La gestión de mantenimiento de la planta de Gas Natural Dina y Centro de generación Tello cuenta con el sistema de información que se llama MAXIMO debido a que a las operaciones propias de mantenimiento generan una gran cantidad de datos, y una abundante información de las actividades de mantenimiento tratando de aumentar mayores niveles de productividad y de costo-eficiencia. Con la implementación de MAXIMO se trató de hacer el seguimiento e información datos y procesos asociados al mantenimiento de activos.

Las soluciones de gestión de activos e instalaciones de IBM ayudo a la organización que cuenta con gran cantidad de activos a mantener sus Plantas e instalaciones funcionando a máximo rendimiento.

Con la implementación de MAXIMO, MASA buscó gestionar los activos e instalaciones siguiendo tratando de alcanzar las siguientes ventajas que cuenta el sistema de información:

- Reduce el consumo de energía, mejora la sostenibilidad ambiental y reduce los costes operativos con una gestión más eficaz los activos y el espacio inmobiliario.
- Proporciona mayor visibilidad y control sobre los activos más importantes que afectan a la conformidad, los riesgos y el rendimiento del negocio.
- Prolonga la vida útil de los activos fijos con mejores procesos de negocio para aumentar el rendimiento de los activos y la eficiencia operativa.
- IBM Maximo Asset Management es una solución completa para gestionar activos físicos en una plataforma común en sectores con muchos activos.

Ofrece acceso móvil “integrado”, compilación al momento, gestión de personal y conocimientos analíticos.

- Maximo Asset Management permite a las organizaciones compartir e implementar las mejores prácticas, el inventario, los recursos y el personal. Permite gestionar todo tipo de activos, entre ellos planta, producción, infraestructura, instalaciones, transporte y comunicaciones.
- Está disponible como solución en local o de software como servicio (SaaS).
- Maximo Asset Management dispone de seis módulos de gestión en una arquitectura orientada a servicios mejorada.

MAXIMO es un paquete de software integrado que le brinda en su escritorio actividades oportunas y automatizadas respecto de la administración de activos. Esta información le ayuda a:

- Analizar costos y estado de los activos.
- Gestionar el inventario y los recursos de mano de obra.
- Planificar las actividades de mantenimiento y servicios.

Con lo mencionado anteriormente IBM MAXIMO está dispuesto y alineado al 100% con los requisitos de la PAS55 y las mejores prácticas del mantenimiento que van más allá de ser compatible puede beneficiar a las empresas no sólo desde el punto de vista regulatorio, sino también para ayudarles a obtener una ventaja competitiva, asegurando que están gestionando con eficacia sus activos. Utilizando esta metodología estándar para la gestión integral de activos puede conducir ahorro de costes y mejora del servicio.

Figura 8. Módulos Máximo Asset Management.



Fuente: <http://www.conssur.com/web/ibm-maximo-asset-management>

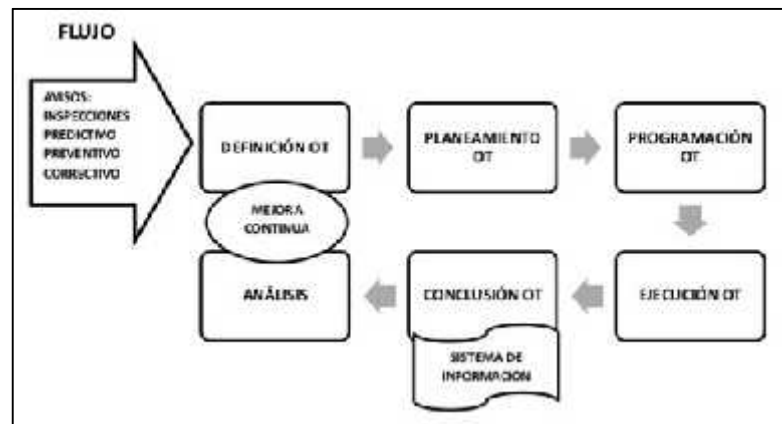
Con el sistema de información el personal de mantenimiento puede registrar rápidamente cada falla y salida de servicio del equipo y/o función, incluso problemas menores de rápida solución. Con estos datos, se desarrolla análisis detallados y precisos de fallas, salida de servicio, costos, recursos y gestión del trabajo. De igual forma, se decide la acción más adecuada para disminuir los problemas analizando y realizando un seguimiento de la disponibilidad, la salida de servicio total y la salida de servicio operativa del equipo y/o función, para identificar causas, frecuencia de fallas y salidas de servicio.

Las facilidades de integración con otros sistemas, garantizará integridad y rápido acceso de información corporativa requeridas para la gestión de mantenimiento. Las facilidades para la planeación de recursos, brinda ayuda para producir planes de trabajo mientras se optimiza el uso de la mano de obra, las especialidades y las asignaciones de otros recursos (herramientas, materiales, comisiones).

2.2.5. Funcionamiento global del sistema de información. El personal de mantenimiento tiene la capacidad de registrar las solicitudes de trabajo, las cuales son atendidas y analizadas en su primer nivel de respuesta por los planeadores - programadores de las mesas de servicio agrupados por área técnica funcional.

Los planeadores, con base en el análisis de la solicitud, deciden la necesidad o no de emitir la orden de trabajo e identifican posibles garantías activas para cualquier equipo que haga parte del sistema.

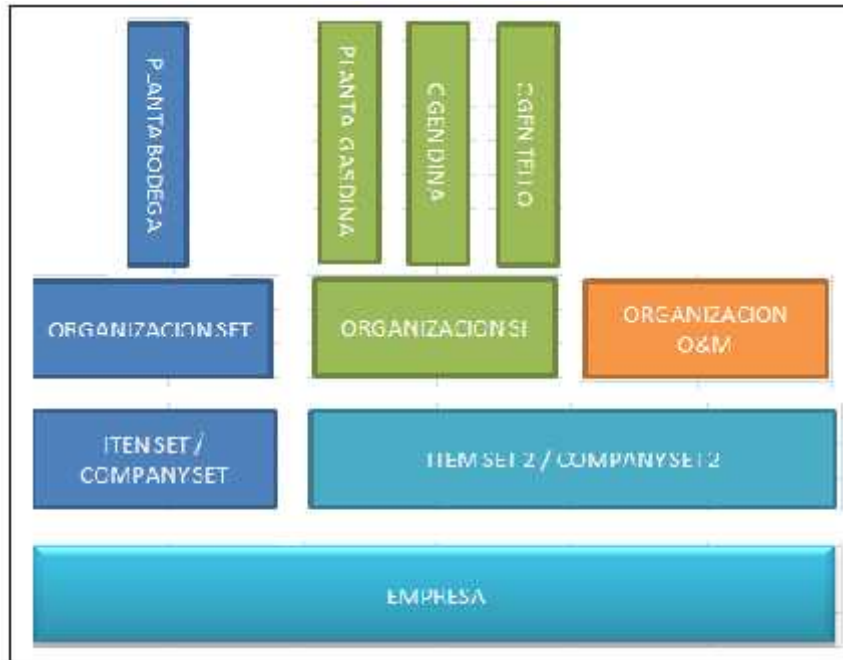
Figura 9. Estructura de la gestión del mantenimiento



3. ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

A nivel organizacional y base de datos se manejó una instancia individual como un solo sistema que puede contener varios conjuntos de organizaciones y plantas que para el caso de la operación de MASA se adaptó de forma idónea. Se concibe la estructura organizacional como Multi-sede, definiendo a MASA SI como el nivel más alto desde el punto de vista de parametrización de módulo (Organización). El siguiente nivel de estructura (Sedes) serán los diferentes, plantas (CGDINA, CGTELLO y PGDINA).

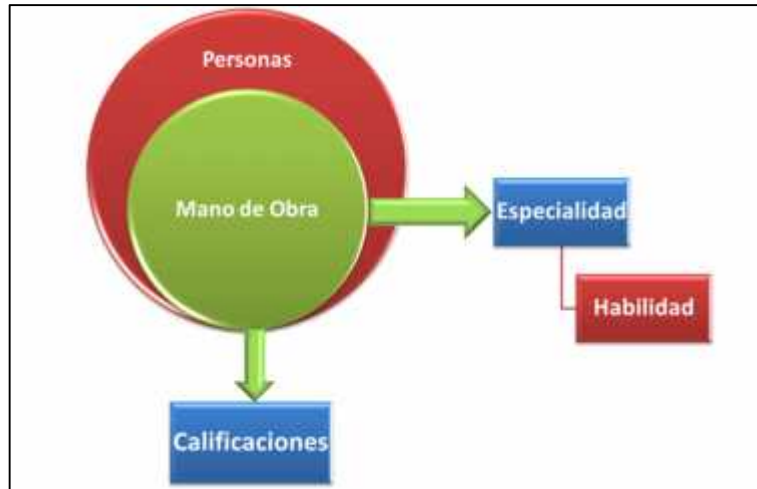
Figura 10. Parametrización centros de generación y planta Dina.



3.1. FUNCIONAMIENTO Y RELACIÓN PERSONAS – MANO DE OBRA

Dentro de la gestión de recursos se encuentra la gestión de personas y mano de obra. En primera instancia, todo usuario que accede al sistema o toda persona con algún rol dentro de los flujos de trabajo son considerados como personas y requieren de una caracterización y/o parametrización en el sistema. Dentro de esa población de personas registradas existe un grupo de ejecutores o personal a quien se asignan los trabajos generados, denominados Mano de obra. A estos últimos se hace necesaria una configuración específica de recursos de ejecución incluyendo la especialidad, nivel de habilidad y calificación de cada uno.

Figura 11. Esquema general de funcionamiento y relación Personas –M.O.



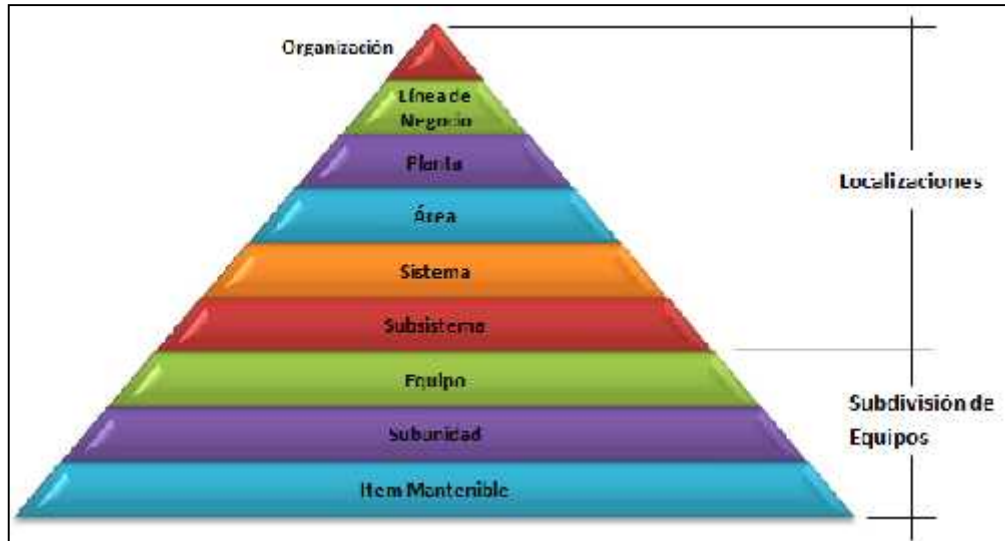
En las aplicaciones del módulo Recursos (en el módulo Administración) se crean registros acerca de las personas que forman el grupo de trabajadores. Las personas que se documenten pueden incluir trabajadores internos y externos y otras personas cuyos nombres o ID pueden estar listados en otros registros.

MASA cuenta con diferentes especialidades las cuales no suplen las necesidades en la actualidad pero muestran la capacidad de respuesta la cual hasta el día de hoy cubren las necesidades del cliente.

3.2. ESTRUCTURA DE TAXONOMÍA DE ACTIVOS.

El sistema de información IBM MAXIMO fue configurado de manera piramidal llamada taxonomía que es una clasificación sistemática de activos y/o ubicaciones en grupos genéricos, partiendo del uso de factores comunes a varios de estos. Se tuvo en cuenta la Organización, Planta y Ubicación (Ver figura 12). La columna identificada como “Línea de Negocio” se manejó en el sistema como un campo anexo que identifico la procedencia de cada planta perteneciente a la organización.

Figura 12. Jerarquización Taxonómica



Los primeros cinco niveles representan una clasificación de alto nivel la cual hace específica referencia a las condiciones particulares de cada Organización o Planta. Los últimos niveles hacen referencia directa al equipo/activo y sus componentes, siendo tan extenso como lo requiera la estrategia de mantenimiento.

Figura 13. Taxonomía de Activos

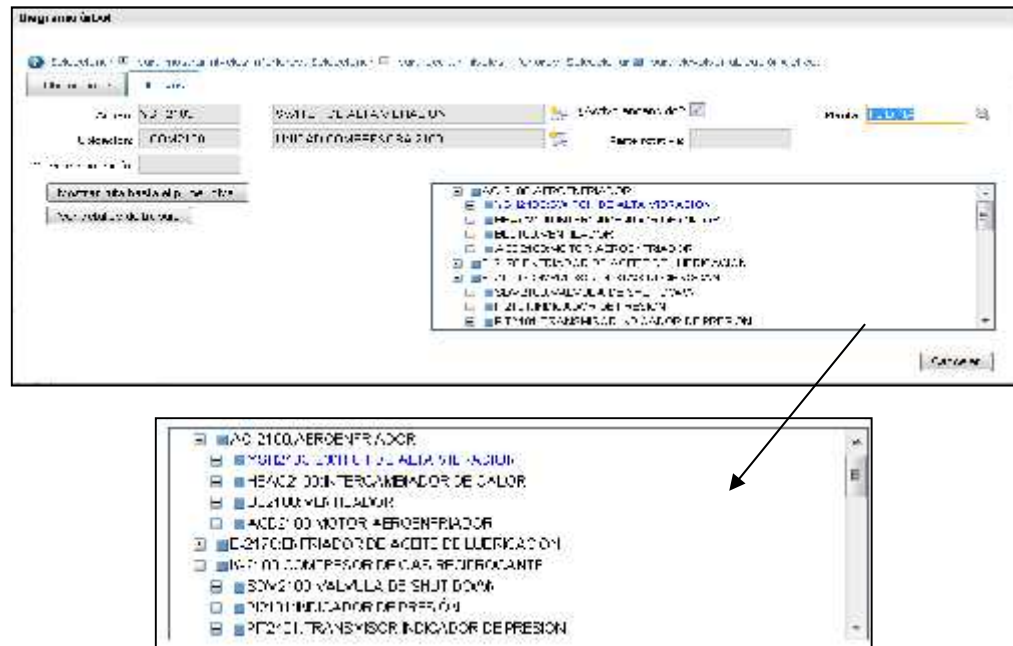
ORGANIZACIÓN	LÍNEA DE NEGOCIO	PLANTA	ÁREA	SISTEMA	SUBSISTEMA	EQUIPO	SUBUNIDAD	ITEM MANTENIBLE
AAAA	XXXXX	AAAAA	AAAAAXN	AAAAAAAAXX	AAAAAAAAXX	AXNNNNX	AAANNNN	AAANNNNX
MAA	9	XXXXXX	SI/ACTA	AGUIA/NH/A	AL/MACTN-	EQ/IMP		TRAG/IMP

La taxonomía se conformó por un código alfanumérico. En la figura 13 se observa la estructura taxonómica definida. La letra A significa Alfabético, la letra N significa numérico, la letra X significa Alfanumérico.

3.2.1. Parametrización de ubicaciones y activos en MAXIMO. La parametrización de las localizaciones y equipos en el sistema de información de

las plantas y centros de generación Tello y Dina, se realizó en tres niveles siguiendo como documento base la norma ISO 14224.

Figura 14. Parametrización de los activos.



En el sistema se encuentran cargados 865 Activos.

3.2.2. Análisis de Ordenes de trabajo. Las órdenes de trabajo son el corazón de la gestión de mantenimiento. Una orden de trabajo especifica una tarea en particular a ser completada; en ella se registran las especialidades, los materiales, servicios y herramientas necesarios para completar el trabajo. Cuando se crea una orden de trabajo en IBM MAXIMO usted inicia un proceso de gestión de mantenimiento y crea un registro histórico del trabajo a ser desarrollado.

3.2.2.1. Tipos de órdenes de trabajo. Los Tipos de Ordenes de Trabajo son de gran importancia en todo el proceso de gestión de mantenimiento, ya que gracias a ellos podemos hacer una clasificación de los trabajos ejecutados sobre

cada activo perteneciente a una organización. De acuerdo a la clasificación que se encuentra implementado sobre las órdenes de trabajo, se tiene la siguiente tipificación.

Tabla 1. Tipos de Ordenes de Trabajo.

TIPO OT	DESCRIPCIÓN
MHSE	Mantenimiento Derivado de HSE (MP)
MME	Mantenimiento Mejorativo (MP)
MRCA	Mantenimiento Derivado de Proceso RCA
MCU	Mantenimiento Correctivo Urgente (MC)
MCP	Mantenimiento Correctivo Programado (MC)
MCBM	Mantenimiento Basado en Condición (MP)
MINS	Mantenimiento Basado en Inspección (MP)
MLOC	Mantenimiento Locativo (OTRO)
MPBT	Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo (MP)
MPBH	Mantenimiento Preventivo Basado en Horas (MP)
MPDM	Mantenimiento Predictivo (MPPr)
RINS	Ruta de Inspección
PROD	Soporte a Producción
PROY	Soporte a Proyectos

3.2.2.2. Estados de órdenes de trabajo. En el sistema de información, se establecieron estados de Órdenes de Trabajo, para hacer el control de la gestión de Mantenimiento. Esto permite saber que se está haciendo y que tan bien se hace. Para ello, los estados definidos se reflejan a modo de Indicadores de desempeño, de tal forma que la gestión de mantenimiento sea fácilmente medible y monitoreable.

Tabla 2. Estado de Orden de Trabajo.

ESTADO OT	DESCRIPCIÓN
CAN	Cancelada
OTHIST	Orden de Trabajo en Historial
OTEA	Orden de Trabajo Esperando Autorización & Priorización
OTAP	Orden de Trabajo Autorizada & Priorizada
OTPP	Orden de Trabajo Esperando Parada de Planta

ESTADO OT	DESCRIPCIÓN
OTEM	Orden de Trabajo Esperando Materiales o Servicios
OTPL	Orden de Trabajo Planeada
OTCE	Orden de Trabajo Cerrada
OTPR	Orden de Trabajo Programada
OTEJ	Orden de Trabajo Ejecutada
OTRP	Orden de Trabajo Reprogramada

3.2.3. Análisis Solicitud de Servicio. Las solicitudes de servicio captura la información sobre una solicitud por parte de operaciones, incluido el tipo de servicio, quién lo necesita, dónde, cuándo y por qué. Las Solicitudes de servicio se gestionan para los servicios que implican un activo o una ubicación esto incluye un activo o ubicación de las plantas y centros de generación comunicando directamente lo sucedido al área de mantenimiento.

3.2.3.1. Tipos de solicitud de servicio. Los Tipos de Solicitud de Servicio son de gran importancia en todo el proceso de gestión de mantenimiento, ya que gracias a ellos podemos hacer una clasificación de los trabajos ejecutados sobre cada activo perteneciente a una organización. De acuerdo a la clasificación que se encuentra implementado sobre las solicitudes de servicio, se obtienen Indicadores efectivos que ayudan a realizar un mejor seguimiento a cada proceso de mantenimiento y además aseguran una acertada toma de decisiones.

Tabla 3. Tipos de Solicitud de Servicio.

CAMPO	ACCIÓN
ADMINISTRACION	Solicitud generada por Administración
OPERACIONES	Solicitud generada por Operaciones
PROYECTOS	Solicitud generada por Proyectos
HSEQ	Solicitud generada por HSEQ

3.2.3.2. Estados de Solicitud de Servicio. En el sistema de información, se establecen estados de Solicitudes de Servicio, para hacer el control de la gestión de Mantenimiento. Esto permite saber que se está haciendo y que tan bien se

hace. Para ello, los estados implementados se reflejan a modo de Indicadores de desempeño, de tal forma que la gestión de mantenimiento sea fácilmente medible y monitoreable.

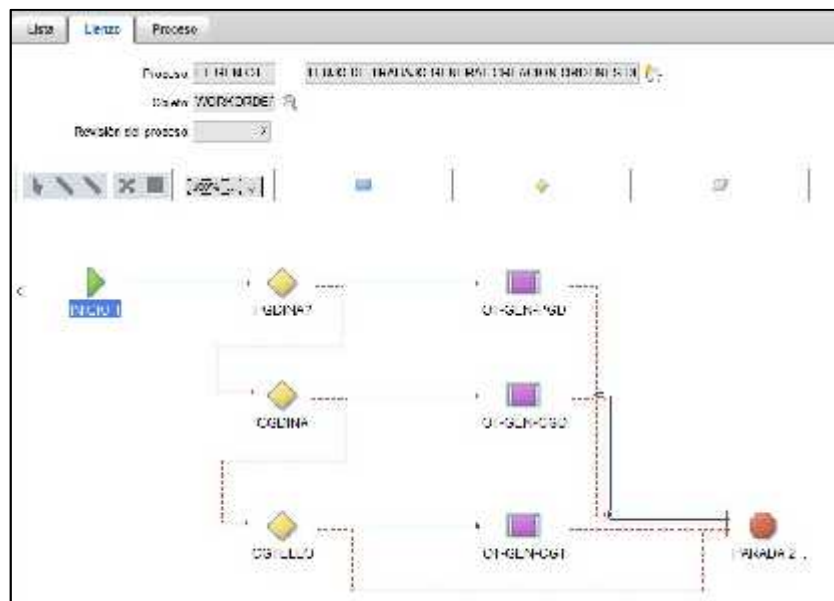
Tabla 4. Estados de Solicitudes de Servicio

CAMPO	ACCIÓN
SGEN	Solicitud Generada
SAOT	Solicitud Atendida Mediante OT
STSO	Solicitud Tramitada sin OT
SEJE	Solicitud Ejecutada (en espera de cierre)
SCER	Solicitud Cerrada

3.3. ANÁLISIS FLUJO ACTUAL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

El flujo de la gestión de mantenimiento se encuentra dividido en dos sub-flujos a saber, el primero es el detallado donde podemos encontrar los tipos de mantenimientos. (Ver Tabla 2.)

Figura 15. Flujo de trabajo general de Generación de órdenes de trabajo.



Este flujo es el más largo y extenso de los dos sub-flujos y su explicación se encuentra expuesta en la sección 2.2.5. En el diagnóstico de este flujo se encontró que existen una serie de debilidades en las acciones de planificación, programación y ejecución de las órdenes de trabajo lo cual genera un represamiento en el trámite de órdenes de trabajo afectando el proceso del sistema que impacta directamente sobre los indicadores de la gestión realizada a través de la aplicación.

3.4. PLANES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

Los planes de trabajo para las plantas de generación y planta de gas es una descripción detallada del trabajo llevado a cabo para una orden de trabajo o un permiso, los planes de mantenimiento contienen las tareas e información relativa a la mano de obra estimada, horas de trabajo, materiales, servicios y herramientas necesarios para llevar a cabo el trabajo

Figura 16. Planes de Trabajo.

Ejemplar	Descripción	Estado	Cantidad	Superficie	Costo	Tipo de obra	Categoría	Sitio
000-ACC001-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACIONES MOTORES PATRONS	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ACC01-ELEC-T000-001	PLAN SEMESTRAL - ASESORACIONES OTOMOS	1	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE001-ELEC-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	40.00	2000000	ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE01-ELEC-S000-001	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE02-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE03-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE04-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE05-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE06-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE07-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE08-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE09-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE10-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE11-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE12-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE13-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE14-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE15-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE16-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE17-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE18-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE19-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A
000-ASE20-ELEC-S000-000	PLAN SEMESTRAL - ASESORACION DE MOTORES DIESEL	0	0.00		ACTIVO	MANTENIMIENTO	MA04-0	0000A

Los planes de trabajo se pueden aplicar a registros de mantenimiento preventivo, rutas, órdenes de trabajo y permisos. Los planes de trabajo desarrollados para usarse con permisos deben tener un tipo de plantilla de Permiso. Una vez que un plan de trabajo genérico se ha convertido en un plan de trabajo específico o en un plan de permiso dentro de una orden de trabajo o de un permiso, se puede modificar el plan específico de trabajo sin que afecte al plan genérico de trabajo. Actualmente se cuenta con 499 planes de trabajos activos.

3.5. INDICADORES

Los indicadores llevados por la gerencia Tiempo promedio entre fallas (MTBF), Tiempo promedio de reparación (MTTR) y en especial el Mantenimiento Planificado (Mantenimiento Planificado / Mantenimiento total) >90%, Costos de Mantenimiento (Costo Totales de Mantenimiento / Costos totales de manufacturación) <~10% y Mantenimiento Planificado (Mantenimiento Planificado / Mantenimiento total) >90%.

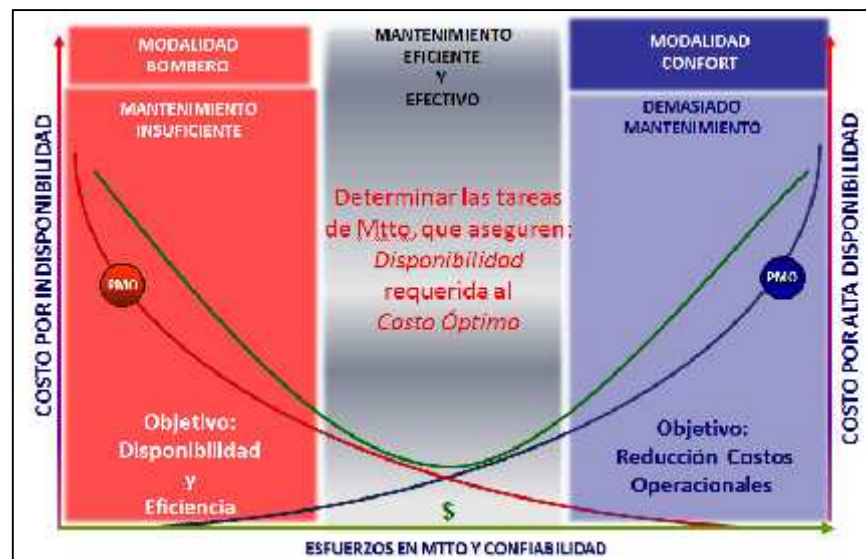
El objetivo que la gerencia busca en el indicador de cumplimiento de preventivo es del 100% la cual presenta un difícil nivel de realización por diferentes variables, entre ellas acuerdos de nivel claros con operaciones de equipos a intervenir y a mantener en labores de mantenimiento, políticas de equipos a dar de baja y restitución por temas presupuestales. Su resultado es la relación entre el número de equipos intervenidos sobre el total de equipos programados para gama en cada periodo analizado.

4. DESARROLLO METODOLOGICO

4.1. GENERALIDADES METODOLÓGICAS.

Para el desarrollo de la metodología para la optimización del mantenimiento de las plantas y centros de generación está en mejorar la efectividad de los equipos y las personas, esto se puede lograr con el aseguramiento de que cada tarea de PM (Mantenimiento Planeado) sea *costo efectiva* y tenga *valor agregado* para la organización y la manera de hacer esto es por medio de un programa de PMO basado en la eliminación de fallas y un programa de mejoramiento de productividad.

Figura 17. Base conceptual del PMO.



Fuente. PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento OMCS Latín América.

El mayor beneficio de la implementación de esta metodología, es el Cambio de Actitud del personal de su organización, lo cual se reflejara en todos los indicadores de negocio.

4.1.1. Metodología – Pasos del PMO. El proceso del PMO comprende nueve pasos que son:

- Paso 1 Recopilación de Tareas: Se recopilan en un solo lugar todas las tareas de mantenimiento que están siendo ejecutadas a los equipos a analizar, ya sean formales o informales.

Figura 18. Recopilación de tareas.

Tarea	Frecuencia	Responsable
Tarea 1	Diario	Operador
Tarea 2	Diario	Operador
Tarea 3	6 meses	Mecánico
Tarea 4	6 meses	Mecánico
Tarea 5	Anual	Electricista
Tarea 6	Semanal	Operador

Fuente. PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento OMCS Latín América.

- Paso 2 Análisis de Modos de Falla (FMA). Se elabora una lista de los modos de falla que están siendo atacados por las tareas del plan de Mantenimiento.


Figura 19. Análisis de Modos de Falla.

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla
Tarea 1	Diario	Operador	Falla A
Tarea 2	Diario	Operador	Falla B
Tarea 3	6 meses	Mecánico	Falla C
Tarea 4	6 meses	Mecánico	Falla A
Tarea 5	Anual	Electricista	Falla B

Fuente. PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento OMCS Latín América.

- Paso 3 Racionalización y Revisión del FMA. Se agregan otros Modos de Falla dominantes.

Figura 20. Revisión del FMA.

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla
Tarea 1	Diario	Operador	Falla A
Tarea 4	6 meses	Mecánico	Falla A
Tarea 7	Semanal	Mecánico	Falla A
Tarea 2	6 meses	Operador	Falla B
Tarea 5	Anual	Electricista	Falla B
Tarea 3	Semanal	Mecánico	Falla C
Tarea 6	Diario	Operador	Falla C
Modo de Falla Nuevo			Falla D

Fuente. PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento OMCS Latín América.

- Paso 4 Análisis Funcional (Opcional). Se Listan las funciones que se pierden con cada Falla.

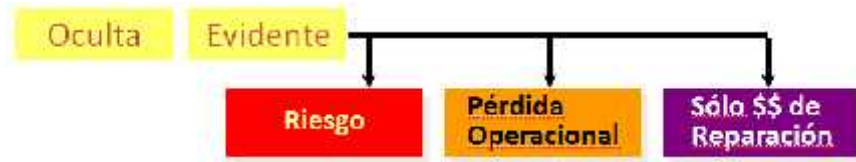
Figura 21. Análisis funcional.

Modo de Falla	Función
Falla A	Función 1
Falla B	Función 2
Falla C	Función 3
Falla D	Función 4

Fuente. PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento OMCS Latín América.

- Paso 5 Evaluación de Consecuencias. Se evalúa si el Modo de Falla es evidente u oculto y cuál será la el efecto y consecuencia.

Figura 22. Consecuencia de las fallas.



Fuente. PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento OMCS Latín América.

Las consecuencias de las fallas se dividen en dos grupos:

Evidentes: Fallas que pueden ser detectadas por el operador.

Ocultas: Fallas que no pueden ser detectadas por el operador bajo circunstancias normales. Es oculta a menos que una de estas dos cosas ocurra alguna otra falla ocurre, o Una tarea de búsqueda de fallas es ejecutada y Deben aparecer al menos dos fallas antes de que la falla oculta pueda identificarse.

- Paso 6 Definición de la Política de Mantenimiento. Se Seleccionan las tareas óptimas y aseguramiento del enfoque hacia el monitoreo de condición, minimizando el mantenimiento intrusivo.

Figura 23. Selección de tareas.

Modo de Falla	Función	Consecuencia	Tarea Nueva	Frecuencia	Responsable
Falla A	Función 1	Peligrosa	Inspección	Diario	Operador
Falla B	Función 2	Operacional	Inspección	Semanal	Mecánico
Falla C	Función 3	Operacional	No Mitto Programado		
Falla D	Función 4	Ocultas	Pruebas	6 meses	Electricista

Fuente. PMO-Optimización del Plan de Mantenimiento OMCS Latín América.

- Paso 7 Revisión y Agrupación. Se agrupan las tareas de mantenimiento por especialidad responsable y frecuencias, y se revisan los resultados del análisis para establecer los medios eficientes y efectivos para asegurar que la política de mantenimiento este alineada con los objetivos tanto de mantenimiento como con los de producción.
- Paso 8 Aprobación e Implementación. Se debe obtener la aprobación del personal indicado, se decide que más se necesita para iniciar la implementación de las recomendaciones y completar el proceso
- Pasó 9 Programa Dinámico. Se debe asegurar que el programa de mantenimiento que se ha revisado se completa a tiempo, revisar las fallas de los equipos y adoptar las herramientas de Ingeniería de Confiabilidad apropiadas para acelerar la tasa de mejoramiento.

4.2. IDENTIFICACION DE TAREAS AUSENTES

Actualmente la gestión de mantenimiento de las plantas y centros de generación Tello y Dina existen 865 Activos, las cuales tienen estrategias de mantenimiento en la diferentes especialidades (mecánicas, electrónica, eléctrica, lubricación).

Tabla 5. Activos Vs. Tares de mantenimiento.

No. Activos	Tareas Mtto analizadas
865	51758

Se establece un comparativo entre el PMO definido para los equipos de las plantas y centros de generación contrastando el plan de mantenimiento que se tenía anteriormente. El proceso de análisis de tareas existen equipos que aún no

están codificados, los cuales tienen tareas de mantenimiento independientemente al equipo padre. En este proceso solo se pudo encontrar activos fuera de servicio y modificaciones en equipos hijos, por tal motivo la base de activos de este proceso sigue siendo la misma.

Tabla 6. Tareas de Mantenimiento.

Especialidad	No. de tareas PMO	ANTES
Mecánica	4945	15454
Electricidad	5578	17434
Electrónicas	2983	9546
Lubricación	3056	9546
*TOTAL	16562	51758

Se presenta una reducción del 32% con respecto al número de tareas anteriores al PMO. El cumplimiento del procedimiento de operación de las plantas, asegura el control de las ventanas operativas e integridad de los equipos y por ende asegura su disponibilidad para el proceso.

4.3. TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

La medición de los tiempos de mantenimiento se hace teniendo en cuenta el tiempo necesario para realizar cada tarea de mantenimiento y la frecuencia con que debe llevarse a cabo.

Las siguientes son las horas-hombre requeridas para la ejecución de las tareas de Mantenimiento del PMO comparado con las horas requeridas por el Plan de Mantenimiento anterior. No incluye las horas-hombre para ejecutar las tareas de Producción.

Tabla 7. Horas – Hombre.

ESPECIALIDAD	H-H PMO Anual	H-H ANTES
Mecánica	2971	0
Electricidad	791	0
Electrónica	460	0
Lubricación	1730	0
Total	5952	0

En el sistema de información MAXIMO antes del PMO no se registraba hora hombre para la ejecución de tareas, motivo por la cual se debió asignarle el tiempo necesario en un 100% para la ejecución de la tareas en la estrategia.

4.3.1. Cantidad de personas requeridas. En el sistema de información MAXIMO no se registra la cantidad de personal requerido para la ejecución de las tareas. Se debió asignarle el número de persona requeridas en un 100% para la ejecución de tareas en forma óptima. Considerando 20 días al mes, con un factor de productividad de 6,5 horas de trabajo diario, el personal requerido para la ejecución del NUEVO Plan de Mantenimiento es el siguiente.

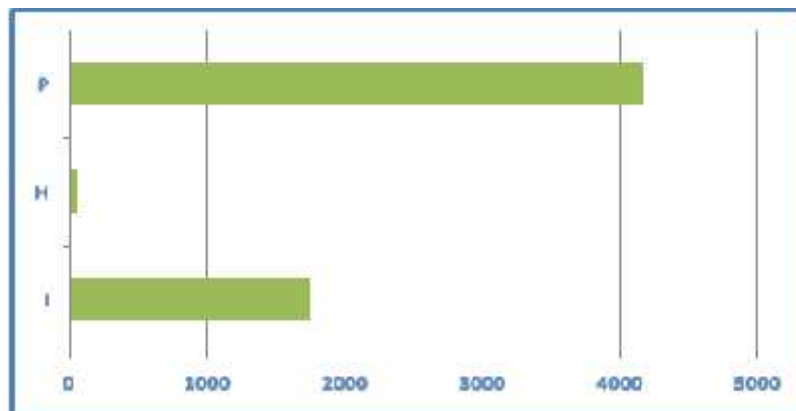
Tabla 8. Personal requerido

Especialidad	No personas PMO	No personas ANTES
Mecánica	15	0
Electricidad	12	0
Electrónica	12	0
Lubricación	10	0
TOTAL	49	0

Se necesitan 49 persona en las diferentes especialidades para mantener la planta en forma óptima.

4.3.2. Horas hombre del PMO por estrategia. Para determinar los tiempos requeridos para alcanzar con los objetivos propuestos se muestra el número total de H-H (Horas Hombre) del Plan de Mantenimiento de las plantas y centros de generación Tello y Dina dedicadas por cada tipo de intervención (I: Inspección, P: Preventivo, H: Predictivo) de acuerdo con la nueva estrategia definida en el PMO.

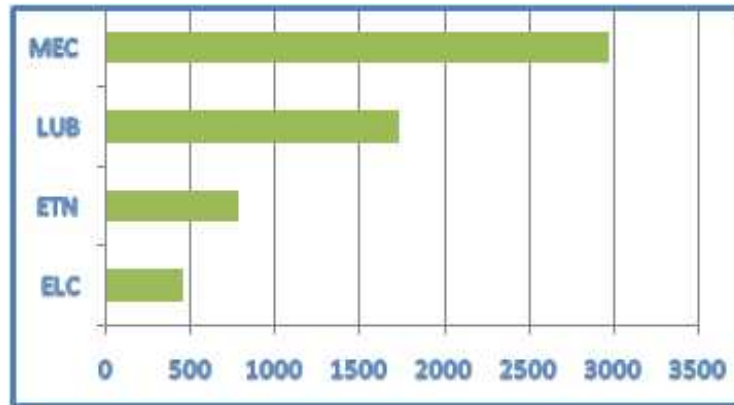
Figura 24. H – H del PMO por estrategia.



- El 29% está dedicado a tareas de inspección
- El 70% está dedicado a tareas de Preventivo
- El 0.9% está dedicado a tareas de Predictivo

Horas Hombre del PMO por especialidad. La distribución de H-H (Horas Hombre) del Plan de Mantenimiento de las plantas y centros de generación Tello y Dina por especialidad (mecánica, electricidad, electrónica y lubricación) es la siguiente.

Figura 25. H – H del PMO por especialidad.



En las plantas y centros de generación, el 49% de las tareas están incluidas en las especialidades MEC (Mecánica), 13% para ELC (Electricidad), 7.7% para ETN (Electrónica), y 29 % para LUB (Lubricación).

4.4. IDENTIFICACION DE MALOS ACTORES

Dentro del proceso de la optimización un paso clave es la selección de los equipos Malos actores. Un mal actor aplica a los equipos o componentes que tienen una alta frecuencia de fallas y un alto impacto económico. Adicionalmente deben considerarse los sistemas componentes que generan una alta frecuencia de ocurrencia con afectación a la integridad operativa.

La identificación se debe realizar sistemáticamente para el seguimiento de la eliminación de los malos actores. Revisando los procesos podemos evidenciar que en la operación normal el compromiso por parte de operación es pobre, el cual es necesario que este en capacidad en cuanto a competencias y comportamientos, de reconocer cambios en los componentes (ruidos y vibraciones extrañas, desgastes, fugas y desajustes).

Se debe generar un reporte a través del sistema de información MAXIMO para todos los activos en un periodo determinado que haya presentado condición de falla. Para identificar los sistemas, equipos o componentes que afecten los indicadores.

Aquellos activos que registren un desempeño por debajo de los límites establecidos por la gerencia y con el más alto impacto económico para el negocio, serán identificados como malos actores del sistema.

4.4.1. Análisis de los flujos de trabajo. El sistema se encuentra dividido en dos flujos, el primero podemos encontrar las solicitudes de servicio y el segundo es el flujo encontramos las ordenes de trabajo que requieren la programación y planificación.

El personal de operaciones tiene la posibilidad de reportar un evento mediante las solicitudes de trabajo, dicha solicitud se realiza por usuarios licenciados, identifica un problema o evento en el funcionamiento de un activo o de una situación que requiera mantenimiento o la necesidad de un servicio.

En el ingreso de la solicitud de servicio, el solicitante o el escritorio de ayuda identifica el problema. De conocerlo, informa el equipo que falló o al menos la ubicación donde se presenta, para esto el solicitante debe apoyarse en las ayudas que le da el sistema para la búsqueda o localización de ubicaciones y activos a través de la Jerarquía de Ubicaciones. Igualmente se incluyen datos básicos como el nombre del solicitante, teléfono, fecha de solicitud, área funcional y regional.

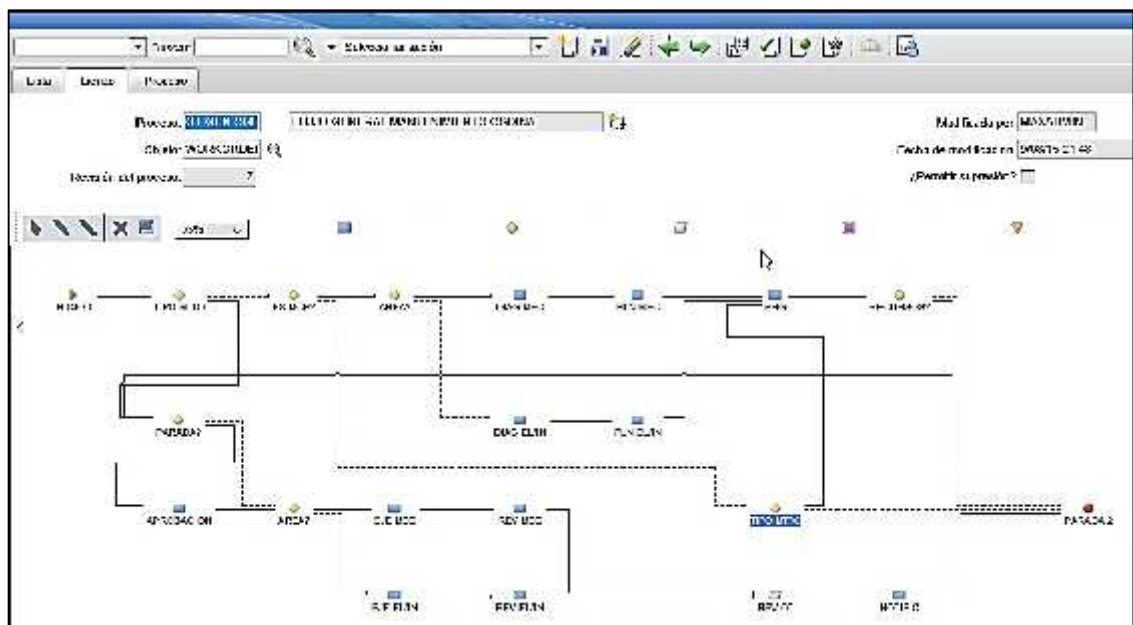
El seguimiento de las órdenes de trabajo se realiza por usuarios licenciados por el área de mantenimiento, el sistema indica en que sitio del flujo de trabajo establecido se encuentra la orden de trabajo en un momento determinado.

Cuando el diagnóstico se da bajo la forma de MCU este se dispone como una acción posterior a la ejecución de un trabajo; este diagnóstico se tiene como la inclusión y caracterización del esquema de clases de anomalía; en el cual el diagnosticador mediante el software dispondrá de una selección de problemas, posibles causas y soluciones. Si el diagnóstico procede del lado del MCP, en este caso el diagnosticador procederá a identificar de la manera clara el problema, si se puede la causa y más adelante, después de la ejecución del trabajo a notificar la solución.

4.4.1.2. Flujo de trabajo para las órdenes de trabajo Correctivas.

Cualquier usuario registrado en el sistema con perfil de planificador puede generar una orden de trabajo a partir de una solicitud de servicio o simplemente generar un trabajo con actividades específicas para un activo. Para este caso se realizara por parte del personal de mantenimiento (supervisores y programador) designado en cada una de las plantas (gas dina y centros de generación Dina y Tello).

Figura 27. Flujo de trabajo Ordenes de Trabajo.



Es de aclarar que la acción de planificador es propia del sistema y tiene que ver con la asignación de actividades o tareas encaminadas a la atención temprana o no de un Activo; a la designación de la Especialidad de Mano de Obra y a estimar el tiempo para dichas actividades entre otras.

La acción de planificar para el caso de MASA SI se puede dar en tres escenarios y por dos roles diferentes a saber. Para el supervisor; el cual tiene la posibilidad de crear una Orden de Trabajo de tipo MCU a partir de una solicitud de servicio de prioridad 1 o 2, o partir de un requerimiento interno de Mantenimiento. Para el planificador; el cual tiene la posibilidad de crear una OT de tipo MCP a partir de una solicitud de servicio prioridad 3,4 o 5; o partir de un requerimiento interno de Mantenimiento.

En cualquiera de los escenarios las respectivas solicitud de servicio u órdenes de trabajo reposaran en la respectiva (Bandeja de entrada \ Asignaciones).

4.4.1.3. Flujo de trabajo para las órdenes de trabajo Preventivas.

Cualquier usuario registrado en el sistema con perfil de planificador programador puede generar Ordenes de Trabajo automáticamente de tipo Preventivo Programado a partir del módulo de MP, estas órdenes pueden basarse en:

- Frecuencia en tiempo, (días, semanas, meses y años)
- Frecuencia en Medidor. (horas, kilómetros, etc.)
- Una combinación de las anteriores.

Los registros de mantenimiento preventivo (MP) son plantillas que se utilizan para programar trabajos de mantenimiento preventivo. Se utilizan para generar órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo. Los MP contienen los planes de trabajo y la información del plan de seguridad correspondiente que se copia en las órdenes de trabajo, se puede especificar una programación de frecuencia para un

mantenimiento preventivo (MP) para determinar con qué frecuencia genera el MP órdenes de trabajo. Normalmente, el trabajo de mantenimiento preventivo se activa al producirse una o varias condiciones:

- Tiempo transcurrido desde el trabajo anterior. Estos MP se denominan MP basados en tiempo.
- Utilización de activos de medición. Estos MP se denominan MP basados en medidor.

4.4.2. Evaluación del análisis de los flujos. Los flujos de trabajo fueron evaluados en acompañamiento de los usuarios del sistema de información iniciando los procesos de MCU y MCP, los cuales se inician la mayoría de las veces desde la línea de producción (Operaciones), de donde se generan solicitudes de servicio, las cuales se analizan por los Supervisores de cada área o en caso contrario por el Programador

Los tiempos del diligenciamiento de las solicitudes de servicio y de las ordenes de Trabajo las plantas (gas dina y centros de generación Dina y Tello) se encuentran fuera de los parámetros normales, ya que se evidencia una disminución en la velocidad del prestador de internet, lo cual es un punto vital en el desempeño del aplicativo.

- Tiempos.

Elaboración de SdS: 10 min c/u.

Generación de OT: 10 min c/u.

Diagnóstico de OT: 15 min

Asignación de actividades 20 min.

Programación de OT: 20 min

Ejecución de OT: 25 min.

Revisión de OT: 20 min.

Se analiza que las ordenes de trabajo una vez son aprobadas el ejecutor proporciona flujo de trabajo a la misma sin haberse cumplido la fechas reales esto ocasiona dos inconsistencias en el desarrollo normal del flujo; primero que la fechas reales no coincidan con las fechas del reporte del trabajo, y cuando se desea reportar o realizar el resto de acciones de la actividad de ejecución no se desarrolle de la manera normal ya que en el momento que el ejecutor pone en progreso la Orden de Trabajo el sistema asume que esta se realizando.

El sistema por defecto posee una opción la cual posibilita que los ejecutores puedan caer en un indebido cruce en los flujos, esta causa del sistema ocasiona represamientos de las órdenes. Adicional a esto de evidencia la falta de información y detalle en las operaciones por parte del personal licenciado, esto se debe a la falta de capacitación para los que interactúan con la herramienta que es evidente.

4.5. EVALUACION COSTO BENEFICION

Con el fin de determinar si las tareas son costo efectiva se realizó un acercamiento a esta práctica mediante la utilización de la relación costo beneficio (CBR).

De esta manera se aseguró que se elegiría la combinación de tareas de mantenimiento más viable en cuanto a costo-efectividad.

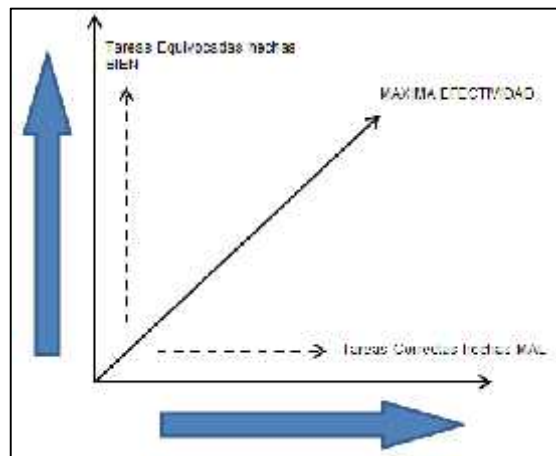
$$CBR = \frac{\text{Costo PM}}{\text{Costo Correctivo}}$$

De la expresión anterior se entiende que para $CBR > 1$, la realización de la tarea o combinación de tareas no es costo-efectiva por lo cual se deben analizar otras opciones:

- Revisar las tareas para optimizarlas.
- Validar las tareas y aprobarlas manualmente en pro de la Confiabilidad (También se hizo necesario en caso de que nos encontremos frente a modos de falla como consecuencias tengan riesgo sobre las personas y el medio ambiente).
- Eliminar las tareas y reparar a falla.

La máxima efectividad de Mantenimiento no solo radica en la identificación de las tareas correctas mediante esta metodología, sino también mediante la ejecución correcta de dichas tareas por ello el llamado a un adecuado fortalecimiento en los procesos de planeación, programación, ejecución de mantenimiento, interacción con MAXIMO como herramienta de realimentación, compras, administración de inventarios o bodegas, calidad de los trabajos, tanto internos como externos, que afectan los indicadores de desempeño y la estrategia de mantenimiento, pero sobre todo en las competencias del personal que ejecutará la estrategia tanto de mantenimiento como de operaciones.

Figura 28. Máxima efectividad de tareas.



Fuente. AMS

Todas las recomendaciones fueron enfocadas según un Modelo de Gestión de Activos, con la intención a lograr la confiabilidad deseada.

5. RECOMENDACIONES

- Mayor involucramiento de personal de Producción en la realización de las listas de verificación de equipos, estas corresponden a la estrategia de mantenimiento, por tanto la no realización correcta pone en riesgo sus resultados y como consecuencia el desempeño de los equipos
- Priorizar las modificaciones al programa encontrados durante los primeros seis meses de implementación.
- Solicitar al área de operaciones información clara y precisa para establecer los planes de mantenimientos para equipos en stand by.
- Las integraciones de MAXIMO con el ERP de la empresa potencializa la funcionalidad de los módulos del mismo.
- Es tema a tener en cuenta la relación específica y no general de los problemas, las causas y las soluciones específicas
- Para potencializar el módulo de los planes de trabajo es ideal que en cada una de las actividades o tareas que conforman el plan se determine e incluya el procedimiento adecuado del desarrollo de la tarea.
- Se recomienda realizar el estudio y adecuación de los planes de seguridad para cada uno de los activos, el cual debe tener concordancia y relación con los planes de trabajo de cada activo, esto es de gran ayuda para efectos de procesos de seguridad industrial y de calidad del servicio de mantenimiento prestado a propios y terceros.

6. CONCLUSIONES

- La implementación de la metodología PMO es una alternativa viable ya que nos ofrece el beneficio de realizar un cambio de aptitud del personal de la organización, la cual se reflejara en todos los indicadores del negocio
- Con el proceso de identificación de los Malos actores es permisible en establecer acciones de corto y largo plazo que permiten recuperar la operación confiable de los activos, de una forma segura y sostenible en el tiempo.
- La aplicación de esta metodología es la base para generar un proceso más óptimo dentro de la gestión de mantenimiento que permita la reducción en los costos de mantenimiento y por ende alcanzar las metas establecidas por la gerencia.
- El seguimiento al cumplimiento del PMO y continua revisión bajo el proceso de mejora continua permite una efectividad de los procesos de mantenimiento de manera que se enfoque en la reducción de la cantidad de trabajo.
- El enfoque en la productividad de personal es un ingrediente esencial en el desarrollo exitoso del análisis de mantenimiento en base al PMO, por lo tanto se hace imperativo que el análisis efectuado no se pierda en el tiempo.

BIBLIOGRAFIA

- BORRAS PINILLA, Carlos, Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.
- CORTES M, Elkin Alonso. Fundamentos de mantenimiento de maquinaria y equipo mecánico. Universidad Nacional de Colombia 1995.
- GOMEZ CUBILLOS, Rafael. Administración y estilos gerenciales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006. 44p
- MORA GUTIERREZ, Luis Alberto – Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. Editorial AMG. 1ª Edición 2005
- MOUBRAY, John. RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.1a Edición en Español. Buenos Aires.2004.433 p.
- MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de Servicios.1 ed. Medellin. Editorial AMG, 2005.306 p
- TURNER, Steve. MBA. OMCS.PM Optimization Programs Maintenance, Analisis for Results. 2002. Disponible en internet: <http://www.ipeman.com/cursos/2007/septiembre/10/pmo.pdf>.

Nota: Ver anexos adjuntos en la carpeta del CD.