

MODELO PARA IMPLEMENTACIÓN DE *PMO* (PLANNED MAINTENANCE
OPTIMIZATION)

Gustavo Hernando Chica Mejía
Juan Guillermo Hernández Florez

ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
UNIVERSIDAD EAFIT
MEDELLÍN
2009

MODELO PARA IMPLEMENTACIÓN DE *PMO* (PLANNED MAINTENANCE
OPTIMIZATION)

Gustavo Hernando Chica Mejía
Juan Guillermo Hernández Florez

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico

Asesor
Phd Luis Alberto Mora Gutiérrez

ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
UNIVERSIDAD EAFIT
MEDELLÍN
2009

DEDICATORIA

El proyecto está dedicado a todas aquellas personas que lograron de este un desarrollo exitoso y que de una u otra forma están involucrados en su formación y constitución; para alcanzar así una meta importante en nuestras vidas, permitiéndonos ser cada día mejores personas en el ámbito académico y moral.

Damos infinitas gracias a nuestras familias que con el esfuerzo de todos los días permitieron que soñar con un mejor mañana no fuera algo inalcanzable, si no que fuera una realidad, por su apoyo incondicional y el amor que nos demuestran en cada momento de nuestras vidas frente a situaciones adversas y otras más llevaderas.

A nuestros amigos y compañeros que por sus aportes en todos los aspectos lograron despertar en nosotros una conciencia investigativa, llevándonos a ser cada vez mejores.

A la universidad EAFIT que nos formo para afrontar la realidad que se nos muestra diariamente en el ámbito laboral y social, y que en sus instalaciones permitió el desarrollo y la consecución de nuestras metas.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Luis Alberto Mora Gutiérrez que con su apoyo integro y sabio supo orientarnos en nuestra última etapa de la carrera dentro de la universidad, además de brindarnos un constante apoyo y asesoría para llevar a cabo la ejecución del proyecto.

A nuestros padres y hermanos que por su apoyo, cariño, amor y paciencia nos mostraron siempre un hogar cálido y comprensivo: Gustavo Hernando Chica Villa, María Magdalena Mejía Vargas y Carmen Elena Chica Mejía; Guillermo León Hernández Rivera, María Doralba Florez Vega y José Luis Hernández Florez.

A los compañeros que nos acompañaron durante esta etapa de nuestras vidas y mostraron una plena confianza en las actividades que desarrollamos:

Andrés Mejía Pérez, Juan David Herrera, Pablo Sánchez Vicente, David Isaza Mejía, Andrés Jiménez, Diego Alejandro Henao, Alejandro Mesa, José Gabriel Barbier, José Miguel Zapata, Luz María Sierra, Andrés Felipe Gómez, Sebastián Chancy, Edgar Gómez, entre otros.

CONTENIDO

	pág.
0	PROLOGO 11
0.1	INTRODUCCIÓN..... 11
0.2	JUSTIFICACIÓN 13
0.3	OBJETIVOS 15
0.3.1	Objetivo general. 15
0.3.2	Objetivos específicos..... 15
0.3.2.1	Objetivo 1..... 15
0.3.2.2	Objetivo 2..... 15
0.3.2.3	Objetivo 3..... 15
0.3.2.4	Objetivo 4..... 15
0.3.2.5	Objetivo 5..... 15
1	FUNDAMENTOS..... 17
1.1	OBJETIVO 1 17
1.2	INTRODUCCIÓN..... 17
1.3	FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO..... 18
1.4	FUNDAMENTOS DE <i>PMO</i> 21
1.4.1	Equipos críticos 21
1.5	PASOS DEL <i>PMO</i> 23
1.5.1	Recopilación de tareas 24
1.5.2	Análisis de modo de falla (<i>FMA</i>)..... 24
1.5.3	Racionalización y revisión del <i>FMA</i> 25
1.5.4	Análisis funcional..... 26
1.5.5	Evaluación de consecuencias. 27
1.5.6	Definición de la política de mantenimiento. 27
1.5.7	Agrupación y revisión. 27
1.5.8	Aprobación e implementación. 28

1.5.9	Programa dinámico	28
1.6	PROCESOS VITALES DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS.....	29
1.7	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	30
2	PARÁMETROS DE UNA TÁCTICA DE MANTENIMIENTO.....	31
2.1	OBJETIVO 2.....	31
2.2	INTRODUCCIÓN.....	31
2.3	TÁCTICA DE MANTENIMIENTO.....	32
2.3.1	Tácticas de mantenimiento industrial	32
2.3.2	Importancia de las tácticas de mantenimiento.....	33
2.3.3	Diferentes tácticas de Mantenimiento.....	34
2.3.3.1	<i>TPM</i> (Mantenimiento productivo total).....	34
2.3.3.2	<i>RCM</i> (Mantenimiento centrado en la confiabilidad).....	38
2.3.3.3	Mantenimiento combinado <i>TPM</i> – <i>RCM</i>	44
2.3.3.4	Mantenimiento proactivo.....	46
2.3.3.5	Mantenimiento reactivo.....	50
2.3.3.6	Mantenimiento orientado a resultados.....	51
2.3.3.7	Mantenimiento de clase mundial - World Class Maintenance – <i>WCM</i> ...52	
2.3.3.8	Mantenimiento Centrado en Habilidades y Competencias.....	55
2.3.3.9	Otras tácticas.....	56
2.4	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	57
3	BASES Y FUNDAMENTOS DEL <i>PMO</i>	58
3.1	OBJETIVO 3.....	58
3.2	INTRODUCCIÓN.....	58
3.3	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	58
3.4	CARACTERÍSTICAS DE LA METODOLOGÍA <i>PMO</i>	61
3.5	RÁPIDA IMPLEMENTACIÓN	63
3.6	MODOS DE FALLO SON OMITIDOS POR LA METODOLOGÍA <i>PMO</i>	64

3.7	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	66
4	CONSTITUCIÓN DEL <i>PMO</i> COMO TÁCTICA DE MANTENIMIENTO ..	67
4.1	OBJETIVO 4.....	67
4.2	INTRODUCCIÓN.....	67
4.3	EVALUACIÓN PRACTICA DE LOS PASOS DE <i>PMO</i>	67
4.3.1	Recopilación de tareas	67
4.3.2	Enfoque de la recopilación de tareas	68
4.3.3	Evaluación de consecuencias.	68
4.3.3.1	Fallas Ocultas.....	69
4.3.3.2	Consecuencias evitables.....	70
4.3.4	Selección de las tareas.	71
4.3.4.1	Selección de tareas para modos de fallas evidentes.....	72
4.3.4.2	Selección de tareas reparación o cambio.....	74
4.3.4.3	Selección de tareas por búsqueda de fallas.....	74
4.3.5	Agrupación y revisión	75
4.3.6	Aprobación e implementación	75
4.3.7	Programa dinámico	75
4.4	TOMA DE DECISIONES BASADAS EN INFORMACIÓN.....	76
4.5	LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS DEL <i>PMO</i>	76
4.6	SOFTWARE DE IMPLEMENTACIÓN.	77
4.6.1	Análisis	78
4.6.2	Descripción de la Tarea.....	79
4.6.3	Aprobación e implementación.	80
4.6.4	Agrupación y revisión.	82
5	CONCLUSIONES.....	84
5.1	OBJETIVO 5.....	84
5.2	INTRODUCCIÓN.....	84
5.3	<i>PMO</i> COMO TÁCTICA DE MANTENIMIENTO.....	84

5.4	DEBILIDADES DEL <i>PMO</i>	87
6	BIBLIOGRAFÍA.....	89

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Ilustración 1. Estructura organizacional del mantenimiento.	14
Ilustración 2. Secuencia lógica de objetivos.	16
Ilustración 3. Comportamiento de los activos en función del ingeniero de mantenimiento.	20
Ilustración 4. Diagrama de flujo de la metodología <i>PMO</i>	22
Ilustración 5. Pasos del <i>PMO</i>	23
Ilustración 6. Fuentes de información del <i>PMO</i>	24
Ilustración 7. Análisis de modos de falla.	25
Ilustración 8. Racionalización y revisión del <i>FMA</i>	25
Ilustración 9. Análisis funcional.	26
Ilustración 10. Evaluación de consecuencias.	27
Ilustración 11. Pasos básicos para la implementación de <i>TPM</i>	37
Ilustración 12. Beneficios del mantenimiento centrado en la confiabilidad.	41
Ilustración 13. Pasos de aplicación del <i>RCM</i>	43
Ilustración 14. Etapas del procedimiento individual <i>RCM</i>	43
Ilustración 15. Relación costo-tiempo-beneficio del <i>RCM</i> y <i>PMO</i>	62
Ilustración 16. Categorías principales para la omisión de modos de fallo.	64
Ilustración 17. Forma de análisis de modos de fallos de <i>RCM</i> y de <i>PMO</i>	65
Ilustración 18. Creación de un plan de mantenimiento desde <i>RCM</i> y <i>PMO</i>	66
Ilustración 19. Clasificación de tipos de fallo.	69
Ilustración 20. Consecuencias de los fallo.	69
Ilustración 21. Como se determina la consecuencia.	71
Ilustración 22. Diagrama de la decisión del proceso.	71
Ilustración 23. Clasificación de una tarea práctica e idónea.	72
Ilustración 24. Tareas por condición.	73
Ilustración 25. Selección de tareas de reparación a cambio.	74
Ilustración 26. Intervalo de búsqueda de fallas.	75
Ilustración 27. Manejo de incidentes de confiabilidad.	76

Ilustración 28. Selección de equipos.....	78
Ilustración 29. Selección de tareas.....	79
Ilustración 30. Descripción del tipo de tarea.....	79
Ilustración 31. Aprobación de la tarea	80
Ilustración 32. Implementación de la tarea	81
Ilustración 33. Agrupación y revisión de la tarea y el modo de falla	82
Ilustración 34. Horario	83

0 PROLOGO

0.1 INTRODUCCIÓN

El departamento de mantenimiento juega un papel importante en la producción o en la prestación de servicios dentro de una empresa, es por esa misma razón que el trabajo presenta las pautas necesarias en la implementación de un modelo sobre la metodología *PMO*¹, donde se encuentra desde las nociones básicas de dicha metodología hasta el modelo que lo propone en un nivel táctico de mantenimiento.

El mantenimiento posee según Steve Turner² poca información sobre los elementos a los cuales se debe realizar dichas tareas (mantenimiento); entonces la causa principal de dicho problema es la poca formalidad o la ausencia total de esta (informalidad), poco o ningún procedimiento establecido y ausencia de decisiones lógicas con la que se realiza en los diferentes ámbitos esta labor.

El autor Steve Turner considera además el *RCM*³ con un cierto nivel de formalidad, sin embargo es una herramienta diseñada para implementarse en la fase de diseño del equipo, y no cuando el equipo se encuentre en uso.

¹ *PMO: Planned Maintenance Optimization* (Optimización del Mantenimiento Planeado).

² Steve Turner: Presidente y manager de OMCS internacional.

³ *RCM: Reliability Centred Maintenance* (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad).

El *PMO* identifica la eficacia de los programas de mantenimiento y estrategias, este se inicia con el actual programa implementado en las instalaciones, identifica que partes del plan de mantenimiento es útil y cual es inadecuado.

La metodología establece posteriormente fallos críticos fuera del programa de mantenimiento una vez que esto termine se implementa la forma más eficiente y eficaz de gestionar el mantenimiento (seguridad, medio ambiente y legislación), además de ser menos abstracto y más conciso que el *RCM*, el *PMO* toma los principios de este y los aplica al análisis.

El proyecto apunta entonces a una búsqueda de documentos y un posterior análisis de los mismos, para ver la posibilidad de considerar el *PMO* como una nueva táctica de mantenimiento (TURNER@, 2005).

0.2 JUSTIFICACIÓN

El proyecto de grado toma los principios básicos de la metodología *PMO*, y ofrece una manera factible de implementar una táctica de mantenimiento alternativa a la metodología *RCM*.

“Las industrias pretenden implementar una táctica de mantenimiento de manera eficaz con el fin de reducir costos en fallas y averías en su maquinaria, el *TPM*⁴, *RCM*, *PMO*, son opción de mantenimiento preventivo y son el último escalón en implementación de tácticas de mantenimiento, en donde el *RCM* se presenta en la empresa como la forma más efectiva de implementar el mantenimiento predictivo, su alto costo y manera lenta implementación, presenta casi una utopía como método de mantenimiento y una metodología imposible en las empresas con bajo presupuesto”

(Turner, 2009).

El *PMO* abarca las necesidades primordiales o significativas de todos los procesos a los cuales se les desea implementar de una manera segura, confiable y eficaz, y sin generar costos innecesarios, pero esto es posible si las características de esta metodología cumplen con los requerimientos de una táctica de mantenimiento.

⁴ *TPM: Total Productive Maintenance* (Mantenimiento Productivo Total).

Ilustración 1. Estructura organizacional del mantenimiento.



(Mora, 2009).

0.3 OBJETIVOS

0.3.1 Objetivo general.

Crear un modelo para la implementación de la metodología *PMO* a nivel empresarial, mediante el análisis de la información y de recursos disponibles.

0.3.2 Objetivos específicos.

0.3.2.1 Objetivo 1

Recolectar la información pertinente sobre *PMO*, existente con el fin de analizarla para evaluar su utilidad - Nivel 1 - Conocer.

0.3.2.2 Objetivo 2

Definir los parámetros fundamentales de una táctica de mantenimiento, como una secuencia lógica de acciones ordenadas de mantenimiento, con sus ventajas y limitaciones. Nivel 1 - Conocer

0.3.2.3 Objetivo 3

Reconocer los elementos estructurales, bases, fundamentos, etc.; que soportan la metodología *PMO*; mediante el análisis de información - Nivel 2 - Comprender.

0.3.2.4 Objetivo 4

Constituir el *PMO* como una táctica de Mantenimiento nueva a partir de sus pasos, normas, aplicaciones y demás conceptos - Nivel 3 - Aplicar.

0.3.2.5 Objetivo 5

Concluir los principales desarrollos obtenidos.

Ilustración 2. Secuencia lógica de objetivos.



1 FUNDAMENTOS

1.1 OBJETIVO 1

Recolectar la información pertinente sobre *PMO*, existente con el fin de analizarla para evaluar su utilidad - Nivel 1 - Conocer.

1.2 INTRODUCCIÓN

El *PMO* es una metodología que se desarrolla en Australia entre el año 1996 y el 2000; y se ofrece como una alternativa para el aumento de la confiabilidad en un proceso de mantenimiento, con la ventaja frente al *RCM* (se desarrolla con mayor profundidad en el capítulo 2).

El capítulo recolecta la documentación existente de *PMO* y crear así una base de datos para su análisis y depuración, con el fin de considerar el *PMO* en un nivel táctico de mantenimiento, y no como una metodología aislada; se presenta además las primeras diferencias y similitudes que se encuentran con el *RCM*, se muestran los conceptos básicos de *RCM*, así como los de *PMO* con sus respectivos pasos para la implementación.

DESARROLLO DEL CAPITULO

1.3 FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El *PMO* y *RCM* son dos términos con los cuales se da comienzo a esta sección y mejor aun mencionar sus diferencias características o relevantes. El *RCM* según Steve Turner es un proceso que se desarrolla por Nowland and Heap (1978) para aplicar en la fase de diseño de equipos en la aviación, mientras que por otro lado el *PMO* se aplica en la fase de funcionamiento.

El *RCM* se enfoca en el régimen de mantenimiento existente, pero el *PMO* encuentra un nicho en la estrategia de desarrollo del mantenimiento en la instalación de equipos nuevos, donde las recomendaciones del vendedor necesitan ser revisadas antes de ser desplegadas (TURNER@, 2005).

Los ingenieros de mantenimiento se encargan de los equipos nuevos que se diseñan por alguna otra persona y no es relevante la calidad del diseño del equipo, es decir, si es un adecuado diseño, si tiene una adecuada fase de construcción entre otros aspectos ya que por lo general el ingeniero de mantenimiento se involucra poco en esta fase del proceso.

La segunda fase (post comisionamiento) aparece con el abandono del ingeniero de confiabilidad, para que este descubra por sus propios medios las intenciones de diseño de los equipos, los modos de falla y sus consecuencias; mientras que por otro lado los operarios cumplen con su función, que es el descubrir cómo se debe de operar el equipo, llevando a estos a sus límites de operación o a rangos para los cuales no fue diseñado.

La tercera fase es la planta en operación y falla, en donde se crean las tareas de mantenimiento, se aumentan las frecuencias, se duplican las actividades, se crean

lo que se denominan tareas innecesarias⁵; los requerimientos de mantenimiento preventivo⁶ exceden los recursos disponibles, el mantenimiento no planeado⁷ consume más horas hombre de las necesarias, se desperdician más recursos, y la pérdida de otros factores que son de vital importancia para el área de mantenimiento (TURNER@, 2009).

La cuarta fase contempla las tácticas de mejoramiento, en donde se plantea por parte de Steve Turner el enfoque de los gerentes de activos en diversos aspectos como:

- El desarrollo de políticas de mantenimiento reales y bien enfocadas.
- La mejora de la planeación y la programación de mantenimiento bajo políticas revisadas.
- El énfasis en los esfuerzos en la eliminación de fallas
- El comportamiento de los activos en función del ingeniero de mantenimiento (TURNER@, 2009).

⁵ Tareas innecesarias: Son todas aquellas que no aportan o que no tienen ningún propósito en el cumplimiento de un plan de mantenimiento.

⁶ Mantenimiento preventivo: Son todas aquellas tareas de mantenimiento que se realizan con un planeación basada en el tiempo.

⁷ Mantenimiento no planeado: Es todo aquel mantenimiento que se lleva de forma correctiva.

Ilustración 3. Comportamiento de los activos en función del ingeniero de mantenimiento.



1.4 FUNDAMENTOS DE *PMO*

La base fundamental de *PMO* se basa en el análisis de los equipos críticos y en una serie de pasos para su implementación.

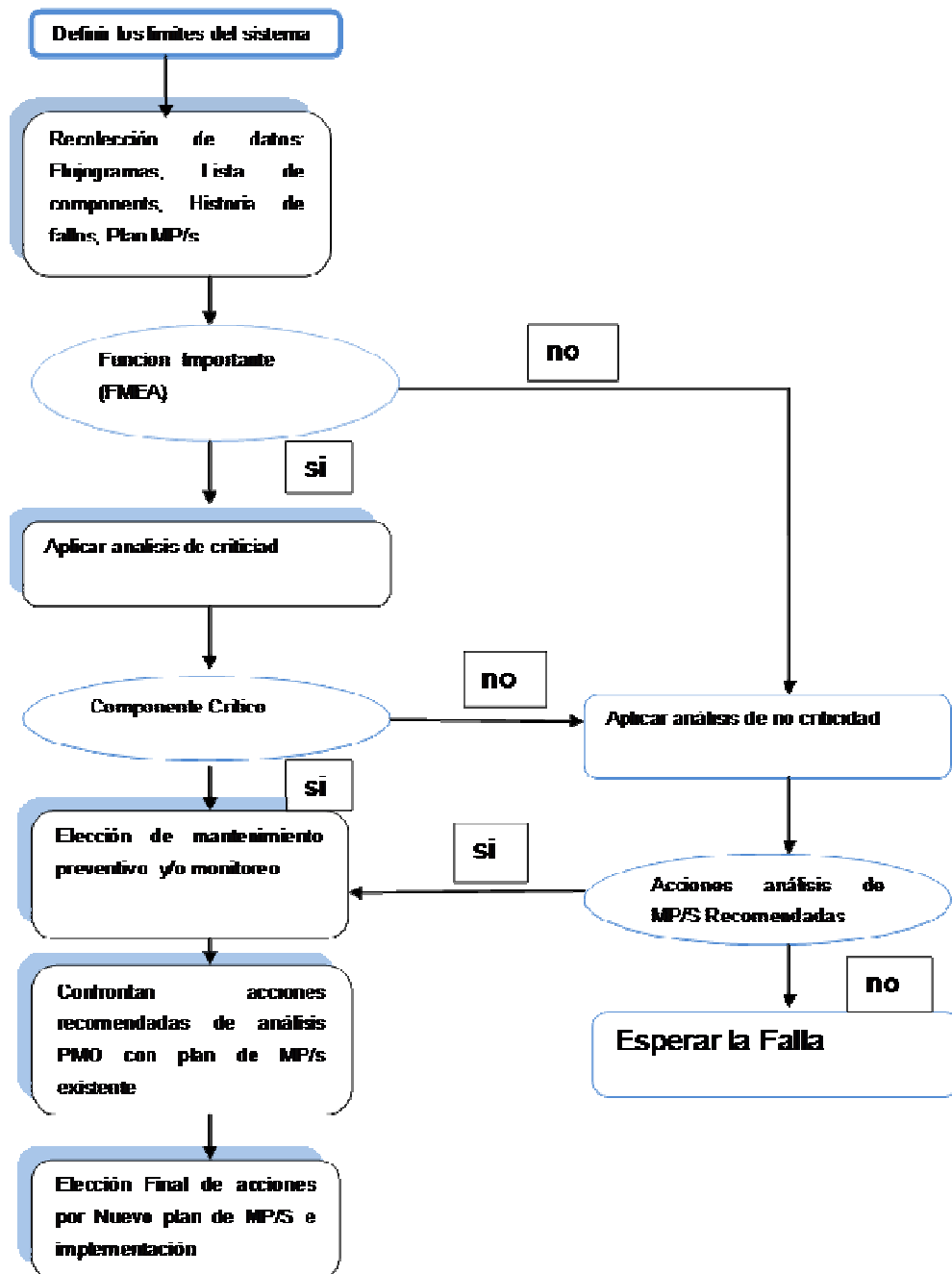
1.4.1 Equipos críticos

La optimización de mantenimiento planeado se basa en la criticidad del equipo o ranking, dicho elemento se puede obtener revisando la priorización de los planes de mantenimiento, filtrando o subdividiendo la información por sistemas y/o equipos para su análisis, una vez que se determinan los equipos críticos, se dirige el enfoque hacia el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización.

Un equipo crítico es todo aquel equipo que refleje de alguna manera un aspecto negativo en:

- Seguridad y medio ambiente.
- Costos y producción de planta.
- Mano de obra (exceso para ser operados o mantenidos).

Ilustración 4. Diagrama de flujo de la metodología *PMO*.

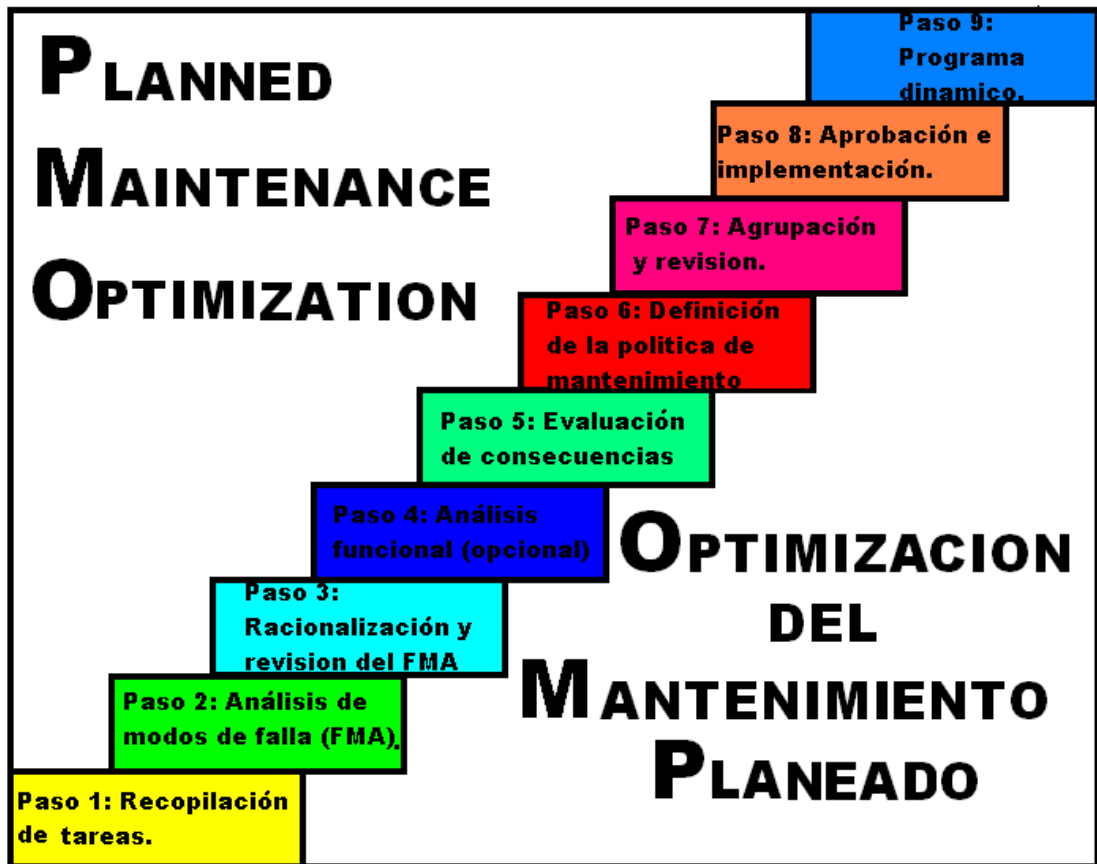


Fuente: OMCS Internacional

1.5 PASOS DEL PMO

El PMO consta de nueve pasos que se deben comenzar a implementar una vez esta definida la criticidad de los equipos.

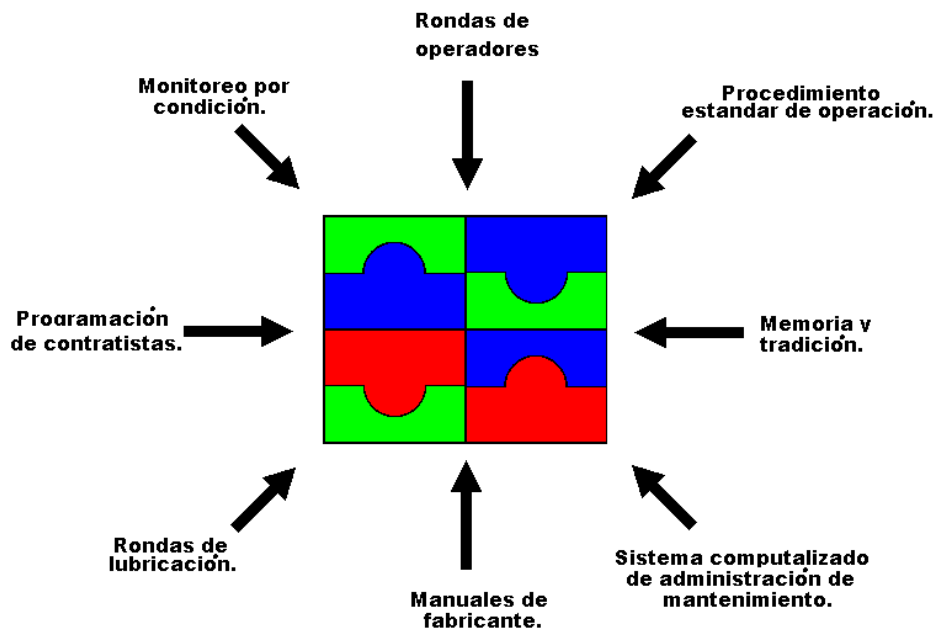
Ilustración 5. Pasos del PMO.



1.5.1 Recopilación de tareas

El paso uno consiste en la recolección o documentación de los planes de mantenimiento existentes, ya sea formales o informales, y los cuales corresponden a una base de datos, dicha tarea la realizan un grupo numeroso de personas, incluyendo a los operadores y personal de mantenimiento; también es de suma importancia resaltar que la mayoría de los *PM*⁹ se hace por iniciativa misma de las personas involucradas (técnicos, operarios, entre otros).

Ilustración 6. Fuentes de información del *PMO*.



Fuente: OMCS Internacional

1.5.2 Análisis de modo de falla (*FMA*⁸)

El paso dos involucra a todo el personal de la planta, se trabaja entonces en grupos multidisciplinarios quienes se encargan de identificar para qué modos de falla⁹ están enfocadas las tareas de mantenimiento.

⁸ *FMA*: Análisis de Modos de Falla.

⁹ Modos de Falla: Hace referencia a la forma como puede fallar un equipo o proceso.

Ilustración 7. Análisis de modos de falla.

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla
tarea 1	diario	operador	falla A
tarea 2	diario	operador	falla B
tarea 3	semestral	instalador	falla C
tarea 4	semestral	Instalador	falla A
tarea 5	anual	electricista	falla B
tarea 6	semanal	operador	falla C

1.5.3 Racionalización y revisión del *FMA*.

La información se organiza u ordena por modos de falla que facilita la identificación de la duplicación de tareas¹⁰. En este paso el equipo filtra y analiza los diferentes modos de falla que resultan del FMA y agrega aquellos faltantes, el listado de fallas se elabora a partir del historial de fallas y documentación técnica.

Ilustración 8. Racionalización y revisión del *FMA*.

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla
tarea 1	Diario	operador	falla A
tarea 4	Semestral	instalador	falla A
tarea 2	Diario	operador	falla B
tarea 5	Anual	electricista	falla B
tarea 3	Semestral	instalador	falla C
tarea 6	Semanal	operador	falla C
	Nótese la detección de una nueva falla en este paso		falla D

Fuente: OMCS Internacional

¹⁰ Duplicación de tareas: esta se da cuando al mismo modo de falla se le aplican varias tareas o rutinas *PM*.

1.5.4 Análisis funcional.

El paso cuatro analiza la pérdida de función, que se puede generar cuando se presenta una falla, este paso es opcional, pero justifica realizarlo cuando se trata de equipos de criticidad alta o de alto grado de complejidad, en donde es necesario el entendimiento de todas sus funciones¹¹ para asegurar un mantenimiento sólido; pero para aquellos equipos que no son críticos no es necesario realizar este paso por que solo agrega tiempos perdidos y costos innecesarios.

Ilustración 9. Análisis funcional.

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla	Función
tarea 1	diario	operador	falla A	función 1
tarea 4	semestral	instalador	falla A	
tarea 2	diario	operador	falla B	función 3
tarea 5	anual	electricista	falla B	función 2
tarea 3	semestral	instalador	falla C	función 1
tarea 6	semanal	operador	falla C	
			falla D	función 1

Fuente: OMCS Internacional

¹¹ Todo aquel tipo de acción de desarrolle el equipo.

1.5.5 Evaluación de consecuencias.

Los modos de falla se analizan en este paso, con el fin de determinar si los fallos son ocultos¹² o evidentes¹³ y se procede entonces:

Ilustración 10. Evaluación de consecuencias.

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla	Función	consecuencia
tarea 1	Diario	Operador	falla A	función 1	operacional
tarea 4	semestral	Instalador	falla A		
tarea 2	Diario	Operador	falla B	función 3	operacional
tarea 5	Anual	Electricista	falla B	función 2	oculta
tarea 3	semestral	Instalador	falla C	función 1	oculta
tarea 6	Semanal	Operador	falla C		

Fuente: OMCS Internacional

1.5.6 Definición de la política de mantenimiento.

La filosofía del mantenimiento moderno se enfoca más el estado de las consecuencias que en los mismos activos en sí, es decir, que en este paso cada modo de falla se analiza bajo los principios del mantenimiento centrado en la confiabilidad (Turner, 2009).

1.5.7 Agrupación y revisión.

El paso siete toma la producción y la eficiencia de los activos y delega las funciones del *PM* a las personas más calificadas, es decir, reasigna las labores o las necesidades de mantenimiento que se encuentran en el paso seis a las personas más idóneas, todo esto con el fin de lograr una buena administración del mantenimiento (eficaz y productiva).

¹² Fallo oculto: es aquel que no es detectable o evidente a los operarios en circunstancias normales de funcionamiento de un equipo.

¹³ Fallo evidente: es aquel que es detectable o evidente a los operarios en circunstancias normales de funcionamiento de un equipo.

1.5.8 Aprobación e implementación.

La revisión y aceptación por parte de la alta dirección forma parte de este paso, pero se presenta dificultad en aquellas personas que presentan muchos turnos y en aquellas organizaciones conservadoras.

1.5.9 Programa dinámico

El proceso presente de los pasos uno al nueve establecen una estructura racional y costo efectiva¹⁴ del *PM*, es entonces el plan dinámico aquel donde se consolida la información y se toma el control de la planta, cuando se planea en mantenimiento reactivo¹⁵ o uno planeado.

¹⁴ Proceso costo efectivo: proceso que es rentable en el tiempo.

¹⁵ Mantenimiento reactivo: mantenimiento basado en la confiabilidad (*RCM*).

1.6 PROCESOS VITALES DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS.

Los procesos vitales de gestión se afinan mientras la rata de mejoramiento se acelera, dichos procesos son:

- La estrategia de producción y mantenimiento.
- La medición de desempeño.
- El reporte y eliminación de fallas.
- La planeación y programación.
- La gestión de inventarios.
- Las prácticas de inventario.

La meta establecida por *PMO* es la creación de una organización que se encuentra continuamente en la búsqueda de un mejoramiento (mejoramiento continuo), para ello es importante crear conciencia de la ejecución y evaluación de los planes para todas las posibles fallas que se presenten, además de contar con los recursos necesarios como:

- El personal capacitado.
- La motivación al personal por parte de la dirección, para crear una mentalidad de pertenencia y compromiso.
- Infraestructura adecuada.
- Departamento adecuado de mantenimiento.
- Etcétera.

1.7 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

El *PMO* está precedido de una serie de pasos, nueve para una culminación completa de esta, y que presenta grandes similitudes con el *RCM*, dando pie a pensar que su implementación en la industria sea viable, confiable y medible; además de presentar ciertas ventajas respecto a este como los son:

- La rápida implementación con la que se desarrolla, ya que esta consta de una serie de pasos sencillos de ejecutar en la industria.
- El bajo costo de implementación, ya que esta metodología solo evalúa los parámetros y necesidades más críticas en la industria.

Las similitudes y ventajas frente al mantenimiento centrado en la confiabilidad hacen de la optimización del mantenimiento planeado una metodología que debe de ser revisada para encontrar una estructura comparable como una táctica de mantenimiento.

2 PARÁMETROS DE UNA TÁCTICA DE MANTENIMIENTO

2.1 OBJETIVO 2

Definir los parámetros fundamentales de una táctica de mantenimiento, como una secuencia lógica de acciones ordenadas de mantenimiento, con sus ventajas y limitaciones. Nivel 1 - Conocer

2.2 INTRODUCCIÓN

La táctica es el conjunto de componentes o métodos que se integran, para satisfacer toda una serie de situaciones, que se presentan durante la solución de un problema determinado, el conjunto de técnicas y procedimientos es el resultado de la combinación de los distintos medios disponibles, con el fin de obtener unas metas determinadas. La táctica es, junto con la logística, la parte ejecutiva de la estrategia (Wikipedia@, 2009).

La definición de táctica es en términos generales, los métodos se emplean con el fin de alcanzar un objetivo. Originalmente, en el ámbito militar se entiende como una acción o método que se usa para lograr enfrentarse al enemigo con éxito en batalla, sin embargo su uso hace tiempo que se ha extendido, con su significado más general, a otros usos y campos tanto teóricos, en donde el mantenimiento no ha sido la excepción (Definiciones@, 2009) (Def@, 2009).

El capítulo recopila las diferentes tácticas de mantenimiento, con el fin de identificar los parámetros o condiciones básicas que tienen cada una de estas y encontrar algunas similitudes que son compatibles con el PMO.

DESARROLLO DEL CAPITULO

2.3 TÁCTICA DE MANTENIMIENTO

El enfoque kantiano de mantenimiento muestra las diferentes formas de organización que pueden adoptar las empresas para manejar y operar el mantenimiento.

2.3.1 Tácticas de mantenimiento industrial

Las compañías implementan las tácticas como la forma de organizar, ejecutar y proponer la forma de desarrollar el mantenimiento de una forma coherente, lógica y sistémica.

La implementación de una táctica implica la existencia de normas, leyes y reglas las cuales presentan parámetros de cómo se debe actuar en la empresa; existen diferentes alternativas internacionales de tácticas, sobresalen entre ellas:

- *TPM*
- *RCM*
- *RPM & RCM*
- Proactiva
- Reactiva
- Clase Mundial

Las empresas crean su propia táctica de mantenimiento cuando no pueden implementar una que ya está establecida, dichas tácticas se construyen y moldean a través del tiempo.

Las empresas alcanzan el tercer de mantenimiento (nivel táctico), en el momento en que maneja con propiedad la mayoría de los instrumentos básicos, avanzados

genéricos y específicos de mantenimiento y comprenden las diferentes acciones factibles de realizar.

Las tácticas de mantenimiento requieren una suficiencia en los dos niveles anteriores al nivel táctico (nivel instrumental y nivel operacional) para su implementación, en donde no se permite ninguna falencia en dichos niveles; ya que cuando se presenta algún inconveniente, se convierte necesario devolverse hasta superar dicha dificultad, para poder cumplir a cabalidad con los objetivos propuestos en el nivel táctico según la táctica de mantenimiento que se desee implementar.

El segundo nivel muestra gran parecido al nivel táctico de mantenimiento, en el cual diferentes tácticas serán exitosas o no en la medida que logren alcanzar las metas de la compañía acorde a su visión y misión, con rangos atractivos de *CMD*¹⁶, bajos costos *LCC*¹⁷ y un grado de desarrollo tecnológico (Smith, 1998) y de mercadeo importante; todo en el marco de una planeación de largo plazo, con planes específicos de mantenimiento que integren los cuatro niveles de una forma coherente (Mora, 2009).

2.3.2 Importancia de las tácticas de mantenimiento.

La táctica se escoge con base en los dos primeros niveles de mantenimiento con requerimientos o necesidades específicas de cada empresa, existen suficientes diferencias y alternativas entre las diversas opciones.

Los resultados deficientes de mantenimiento se reflejan tanto a mediano como a largo plazo, según la escogencia de una adecuada táctica de mantenimiento, es importante tener claro que es indiferente el momento por el cual la empresa cursa.

¹⁶ *CMD*: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.

¹⁷ *LCC*: (*Life Cycle Cost*) Costo de Ciclo de Vida

El diagnóstico inicial integral es como una empresa debe comenzar el análisis de su situación actual, con el fin de determinar el nivel de desarrollo en forma previa a la selección táctica, se tiene claro con qué instrumentos se cuenta y cuáles faltan por desarrollar, y en especial cuenta con un panorama conciso de la ubicación física de los equipos relevantes y/o críticos en sus curvas de tasas de fallas, de tal forma que haya coherencia entre los estados de los equipos y la táctica que se implementa.

La selección de la táctica cuenta con la premisa de la fase en que se encuentra en la curva de la bañera los equipos más importantes de la compañía, las líneas de producción y sobre todo la empresa en conjunto.

2.3.3 Diferentes tácticas de Mantenimiento

Las tácticas de mantenimiento cumplen con una serie de pasos, fases o parámetros para su correcta ejecución, cada una de las tácticas son completamente independientes, pero se encuentran un punto común que es la optimización de los activos mediante el aumento de la confiabilidad.

2.3.3.1 TPM (Mantenimiento productivo total)

Los japoneses determinan en la segunda guerra mundial, que para competir eficazmente en el mercado internacional se debe mejorar la calidad de sus productos; las técnicas de manufactura y de administración, estas se toman del lejano occidente y se adaptan rápidamente a sus sistemas industriales; entre los conceptos importados se encuentra el mantenimiento preventivo, posteriormente le incorporan a este otros conceptos como: mantenimiento productivo, prevención del mantenimiento, ingeniería de confiabilidad, entre otros; se logra modificar en forma radical el ambiente industrial japonés para conformar lo que se conoce como mantenimiento productivo total (Mora, 2009).

El *TPM* es algunas veces definido como mantenimiento productivo que se implementa por todos los empleados, se basa en que la mejora del equipo debe involucrar a todos los funcionarios de la organización, desde los operadores hasta los empleados de la alta dirección (Nakajima, y otros, 1991).

El mantenimiento productivo total cuenta con el apoyo de la alta dirección, ésta incorpora la táctica dentro de las políticas básicas de la compañía y concretar las metas, tales como incrementar el período de uso del equipo a más del 80%, reducir las fallas en al menos un 50%, entre otros. Una vez que se establecen las metas, cada empleado debe entender, identificar y desarrollar las actividades de pequeños grupos en el lugar de trabajo, que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la empresa, en donde los grupos pequeños establecen sus propios alcances basados en las metas globales (Tsuchiya, 1995) (Yamashina, 1995).

La táctica se implementa en intervalos de tiempo que van desde uno hasta tres años, pero requiere de un plan de trabajo de desarrollo de actividades, que permite la división en etapas, de tal manera que los pequeños grupos adecuen sus funciones en cada nivel.

Los pasos específicos para desarrollar el programa de *TPM* se desarrollan individualmente por cada compañía, es decir, se ajustan a sus requerimientos. Hay cinco metas interdependientes, que representan los mínimos requerimientos para desarrollar el programa *TPM*, que son:

- El mejoramiento en la eficacia del equipo.
- El mantenimiento autónomo por los operadores.
- La creación de un plan de mantenimiento que es administrado por el departamento de mantenimiento.
- El entrenamiento para mejorar las destrezas y operaciones de mantenimiento.

- La creación de un programa de administración del equipo, para prevenir problemas que ocurran durante nuevas instalaciones o arranque de máquinas (Nakajima, y otros., 1991).

El autor Rey define el *TPM* como el conjunto de disposiciones técnicas-medias y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas-instalaciones y organización que conforman un proceso básico o línea de producción, puedan desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua (Rey, 1996).

El *TPM* tiene como principal objetivo cuidar y utilizar los sistemas productivos, manteniéndolos en su estado base (de origen o de referencia) y se aplica sobre ellos mejoras continuas (Nakajima, y otros, 1991).

La táctica procura cuatro principios fundamentales: satisfacción del cliente, dominio de los procesos y sistemas de producción, implicar a personas a través del mantenimiento autónomo, el aprendizaje y la mejora continua. El efecto del mantenimiento productivo total sobre una organización pretende eliminar y llevar a cero las averías y los problemas periódicos repetitivos, para lograr una buena disponibilidad y operatividad mediante la metodología de análisis de pérdidas en seis fases: averías, reglajes, falta de piezas o corta vida de elementos, tiempo de vida útil de elementos más cortos de lo que se espera, defectos de proceso y rendimiento reducido entre la operación y su estabilidad.

EL *TPM* como táctica es la más básica de todas, es la pionera en este ramo, sus dos grandes propósitos son: elevar la productividad y concentrar los esfuerzos del personal de producción alrededor del mantenimiento, aglutinando todo el recurso humano alrededor de la gestión y operación del mantenimiento, y cuenta con pilares básicos como: el mantenimiento planeado, la ingeniería de mantenimiento, los grupos que procuran elevar los indicadores *CMD* y las mejoras técnicas

continuas, o se conocen como acciones correctivas, preventivas y esporádicamente las predictivas (Rey, 1996).

Los pasos básicos para la implementación de la táctica comprenden cuatro fases y 12 etapas en su totalidad, estos pasos son:

Ilustración 11. Pasos básicos para la implementación de *TPM*.

I. FASE: INTRODUCCIÓN PREPARACIÓN. (Etapa 1 a 5)	
	ETAPA 1. DECLARACIÓN DE INTRODUCCIÓN DE TPM La alta dirección de la compañía proclama su decisión de iniciar el proceso de aplicación del TPM.
	ETAPA 2. CAMPAÑA DE EDUCACIÓN EN TPM Se le da entrenamiento al personal de apoyo logístico y se hacen acciones de divulgación para todos los empleados.
	ETAPA 3. FORMACIÓN DE COMITES Y EQUIPOS TPM Se forman comités de promoción de TPM y se establecen los vínculos con otros departamentos de la compañía.
	ETAPA 4. FIJACIÓN DE PRINCIPIOS Y METAS Se hacen comparaciones con otras empresas respecto a las metas y se muestran los logros que se deben alcanzar al final.
	ETAPA 5. PREPARACIÓN DE UN PLAN MAESTRO El plan contempla la preparación, la evaluación de metas intermedias y la evaluación de objetivos a lograr al final de la implantación de cada pilar.
II. FASE: INICIO DE INTRODUCCIÓN (Etapa 6)	
	ETAPA 6. INAUGURACIÓN DE TPM Ceremonia donde participan todos los miembros de la compañía, proveedores, filiales y otros. La dirección de la compañía declara formalmente el inicio de la implementación.
III. FASE: EJECUCIÓN (Etapa 7 A 11)	
	ETAPA 7. ESTABLECER UN SISTEMA DE ALTO DESEMPEÑO ENFOCADO A LA PRODUCCIÓN Se inicia la realización de los cuatro pilares básicos: 1. Aumentar La Eficiencia En Los Procesos Y Equipos 2. Mantenimiento Autónomo 3. Mantenimiento Programado 4. Capacitación en la operación y mantenimiento de equipos
	ETAPA 8. ESTABLECER UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE NUEVOS EQUIPOS, PRODUCTOS O ELEMENTOS AL SISTEMA TPM
	ETAPA 9. ESTABLECER UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD
	ETAPA 10. ESTABLECER UN PROCESO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN LAS ÁREAS DE ADMINISTRACIÓN Y SUPERVISIÓN
	ETAPA 11. ESTABLECER UN SISTEMA DE LA SEGURIDAD E HIGIENE (ISO 18000) Y DEL MEDIO AMBIENTE (ISO 14000)
IV. FASE: ESTABILIZACIÓN (Etapa 12)	
	ETAPA 12. IMPLEMENTACIÓN COMPLETA DE TPM EN EL LOGRO DE LAS METAS PROPUESTAS, BÚSQUEDA DEL PREMIO TPM Y REPLANTEAR NUEVOS OBJETIVOS - MONITOREO TOTAL DEL PLAN Y APLICACIÓN DEL TPM

(Mora, 2009).

EL *TPM* es el primer peldaño en la implementación de una táctica, es la base de otras tácticas como el *RCM* o la Proactiva, presenta algunas limitaciones cuando se trata de equipos de alta tecnología o cuando se entra a analizar con profundidad en el campo de la confiabilidad donde se recomienda su implementación en forma combinada con el *RCM*.

El mantenimiento productivo total es una táctica netamente de perfil humanista, sirve para empresas con situaciones difíciles en el recurso humano en producción y mantenimiento, es una metodología ideal para empresas en proceso de crecimientos rápidos y con deficiencias en el clima organizacional.

2.3.3.2 RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad)

El RCM comienza en los años 70 del siglo 20 en la industria de la aviación, este se promulga en primera instancia por ATA (*Air Transport Association*) en donde F. Stanley Nowlan y Howard Heap escriben por primera vez su trabajo bajo el nombre de *Reliability Centered Maintenance* en 1978, el cual optimiza los factores humanos y productivos alrededor del mantenimiento.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad, es un proceso que determina lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico tenga disponibilidad de 100% dentro de la empresa, y es una guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional (Moubray, 2004).

La filosofía del RCM se fundamenta en:

- La evaluación de los componentes de los equipos, su estado y su función.
- La identificación de los componentes críticos.
- La aplicación de las técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo.
- El chequeo en sitio y en operación del estado corpóreo y funcional de los elementos mediante permanente revisión y análisis.

El RCM no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de las fallas de un determinado contexto operacional, se realiza por un equipo de trabajo multidisciplinario, el cual desarrolla un sistema de gestión de mantenimiento flexible que se adapta a las necesidades reales de

mantenimiento de la organización, y toma en cuenta la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón costo/beneficio (Turner, 2009) (Jones, 1995).

El *RCM* es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del diseño y de la construcción de los mismos, y asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en que la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga (Marks, 1997).

Los objetivos del *RCM* son:

- La eliminación de las averías de los equipos.
- El suministro de fuentes de información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas y equipos.
- La minimización de los costos de mano de obra de reparaciones, con base en un compromiso por parte de los responsables del mantenimiento en la eliminación de fallas de máquinas.
- La anticipación y planificación con precisión de las necesidades de mantenimiento.
- El establecimiento de horarios de trabajo más razonables para el personal de mantenimiento.
- La capacidad de permitir a los departamentos de producción y de mantenimiento una acción conjunta y sincronizada a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la planta.
- El incremento de los beneficios de explotación directamente mediante la reducción de los presupuestos del departamento de mantenimiento.

El *RCM* tiene numerosas ventajas en cuanto al aumento de la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria; las más importantes son:

- La creación de un espíritu altamente crítico en todo el personal (operaciones o mantenimiento) frente a condiciones de falla y averías.

- La reducción del costo del mantenimiento, en una medida considerable.
- La optimización de la confiabilidad operacional, maximiza la disponibilidad y/o mejora la Mantenibilidad de las plantas y sus activos.
- La integración de las tareas de mantenimiento con el contexto operacional.
- La fomentación del trabajo en grupo (convirtiéndolo en algo rutinario).
- El incremento de la seguridad operacional y la protección ambiental.
- La optimización de la aplicación de las actividades de mantenimiento, toma en cuenta la criticidad e importancia de los activos dentro del contexto operacional.
- La creación de un sistema eficiente de mantenimiento preventivo.
- El aumento del conocimiento del personal tanto de operaciones como de mantenimiento, con respecto a los procesos operacionales y sus efectos sobre la integridad de las instalaciones.
- La capacidad de involucrar a todo el personal que tiene que ver con el mantenimiento en la organización (desde la alta gerencia hasta los trabajadores de planta).
- La capacidad de facilitar el proceso de normalización a través del establecimiento de procedimientos de trabajo y de registro (Moubray, 2004).

Ilustración 12. Beneficios del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Calidad	Tipo de Servicio	Costo	Tiempo	Riesgo
<p>Aumenta la disponibilidad en al menos un 8%, por el sólo hecho de implementarlo.</p> <p>Elimina las fallas crónicas y elimina las causas raíces.</p> <p>Aumenta la flexibilidad operacional.</p> <p>La programación de mantenimiento se basa en hechos reales.</p> <p>Proporciona el completo conocimiento de las fallas reales y potenciales de las máquinas, así como de sus causas.</p>	<p>Proporciona un mejor clima organizacional para el trabajo en equipo.</p> <p>Ayuda a entender mejor las necesidades y los requerimientos de los clientes.</p> <p>Disminuye las paradas imprevistas.</p> <p>Genera un ambiente de investigación y desarrollo alrededor de los análisis de fallas.</p>	<p>Reduce los niveles de mantenimiento al menos en un 40%.</p> <p>Optimiza los programa de mantenimiento.</p> <p>Reduce los costos planeados o no de mantenimiento al menos en un 40%.</p> <p>Alarga la vida de los equipos para propósitos especiales.</p> <p>Todas las actividades de mantenimiento se analizan en un contexto de costo / beneficio.</p>	<p>Mejora los tiempos medios de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad al menos en un 25%.</p> <p>Aumenta los tiempos de funcionalidad de los equipos al menos en un 150% en promedio.</p> <p>Reduce o elimina los tiempos de demora en suministros o búsqueda de recursos o repuestos.</p> <p>Jerarquiza las actividades de mantenimiento, logrando su reducción en el tiempo.</p>	<p>Brinda seguridad e integridad ambiental en todo el desarrollo del proceso, a niveles muy superiores de los que se tienen antes de implementarlo.</p> <p>Las fallas con consecuencias sobre el medio ambiente o la seguridad son las que más se atacan y eliminan.</p> <p>Reduce al mínimo la posibilidad de fallas en cadena o superpuestas.</p> <p>Su razón de calificación al riesgo la hace como una de las tácticas más seguras.</p>

(Mora, 2009).

El éxito de la metodología depende del factor humano, en este punto el equipo natural de trabajo juega un papel importante, debido a que es este el único responsable de divulgar de manera correcta y eficiente esta filosofía, de manera que las personas involucradas con el *RCM* no vean este cambio como un problema, sino como una solución a sus problemas.

El equipo natural de trabajo son los que definen a qué equipos y componentes se les aplica dicha filosofía, ya que no se puede esperar ejecutar *RCM* a toda una planta y a todos sus equipos, esto lo convierte en un proceso demasiado lento e inoficioso: pero el proceso de selección del equipo de trabajo es demasiado cuidadoso, ya que las personas que conforman el equipo natural de trabajo son los responsables directos de una buena ejecución de esta táctica (Moubray, 2004).

Las siguientes son algunas acciones que se pueden diferenciar dentro del *RCM*:

- Acción correctiva: la reparación o reemplazo sobre las fallas. El costo de control o detección de fallas excede los beneficios.
- Acción preventiva: la reparación o reemplazo sobre tiempos o ciclos.

- Acción predictiva: el uso de condiciones de monitoreo para detectar fácilmente etapas de falla. Reemplazo o reparación sobre condición.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad combina algunas actividades del mantenimiento proactivo para detectar y analizar la presencia de algunas causas de falla reduciéndolas en un periodo determinado (TROYER@, 2001).

El *RCM* es una táctica procedimental que basa su esquema en el permanente cuestionamiento de las actividades de mantenimiento, sigue un proceso lógico y coherente que tiene normas; las preguntas a que da lugar son:

- ¿Funciones y parámetros asociados al equipo en su ambiente operacional normal actual?
- ¿De qué manera puede fallar y no cumplir las funciones anteriores?
- ¿Cuál o cuáles son las causas inmediatas o básicas? - ¿Cuál es su causa raíz?
- ¿Qué pasa y qué impactos genera cada falla funcional?
- ¿Cuál es la importancia de cada falla?
- ¿Cómo se puede predecir, prevenir o eliminar cada falla?
- ¿Qué controles se deben ejecutar para controlar la falla, si no hay tareas que permitan anticiparse a ella o desaparecerla?

La implementación de *RCM* está regida por varios procedimientos de orden universal que plantean las normas y reglas que rigen dicha táctica, en sí son procedimientos parecidos, algunos con mayor validez o no, pero en el fondo apuntan a unos propósitos generales comunes, que es el aumento de la confiabilidad de los equipos.

El desarrollo para la aplicación del *RCM* tiene en cuenta una serie de pasos y una serie de etapas:

Ilustración 13. Pasos de aplicación del RCM.

Pasos para la implementación	
1.	Formación del equipo natural de trabajo
2.	Selección y definición de las áreas y equipos restricción donde se implementará el RCM
3.	Definición de criticidad y selección de los sistemas críticos, estableciendo sus Funciones primarias, secundarias, auxiliares y de apoyo logístico
4.	Análisis de los fallas funcionales reales o potenciales para cada una de las funciones
5.	Realización del análisis de los modos y de los efectos de las fallas, para determinar los modos de fallos a que se tiene lugar en cada falla funcional para cada función (utiliza el procedimiento FMECA)
6.	Selección de las estrategias y procedimientos de mantenimiento (árbol lógico de decisión)
7.	
Implantación y evaluación del CMD en cada caso	
8.	Asigna estrategias y los recursos adecuados para el plan general de priorización asignado con base en el RPN y los costos / beneficios asociados a cada modo de falla
9.	Revisión y monitoreo periódico de todo el esquema general y específico

(Mora, 2009).

Ilustración 14. Etapas del procedimiento individual RCM.

1 - Numere Tabla RCM
2 - Ingrese Código Activo
3 - Defina Prioridad del Activo
4 - En la Hoja 1 Funciones Primaria Secundaria introduzca todas las funciones relevantes a evaluar
5 - En la Hoja 2 - Fallas Funcionales asigne todas las Fallas funcionales a cada Función descrita
6 - En la Hoja 3 - Modos de Fallas asigne estos a cada Falla Funcional enunciada
7 - En la Hoja 4 - Cálculos asigne las calificaciones respectivas de Severidad y Ocurrencia desde la columna H hasta la O inclusive, siguiendo las tablas y opciones mostradas, en las selecciones múltiples de cada casilla, valore esto para todos los modos de falla de cada falla funcional en todas las funciones
8 - En la Columna R de la Hoja 4 - Cálculos asigne la clase de Falla según las opciones OREDA descritas en la opción múltiple dentro de la casilla
9 - Ejecute la Macro Priorizar de la columna U de la Hoja 4 - Cálculos. El resultado obtenido es el Plan de Acción jerarquizado con base en el valor del Riesgo
10 - Organice el Árbol lógico de Reparaciones y Mantenimientos a ejecutar sobre las Fallas, en la zona entre las columnas AA hasta AK de tal manera que se pueda realizar en forma lógica y coherente, acorde a los recursos disponibles
11 - Una vez ejecutadas todas las acciones de mantenimiento, se debe volver a calificar los criterios de Severidad y Ocurrencia desde la columna AN hasta AU, luego se ejecuta la Macro Priorizar de la columna BA de la Hoja 4 - Cálculos, para conocer los nuevos valores de riesgo
12 - Se asignan los valores de Costos y de CMD en las columnas BF a BM de la Hoja 4 - Cálculos para determinar los parámetros estratégicos y encontrar los beneficios obtenidos con el RCM
13 - Reinicia el proceso después de un tiempo prudencial

(Mora, 2009).

La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad es útil en empresas con un gran clima organizacional, donde el recurso humano es motivado y consciente de la importancia del trabajo en equipo entre mantenimiento y

producción alrededor de las máquinas, esto hace posible aplicar esta táctica sin tener que desarrollar en forma previa el *TPM*, pero se requiere el componente humano desarrollado en la empresa donde aplica el *RCM* sin el *TPM*. Es recomendable que la organización esté madura en los niveles uno y dos de mantenimiento con al menos unos cinco años de experiencia para luego proceder a instalar alguna táctica (Mora, 2009).

2.3.3.3 Mantenimiento combinado TPM - RCM

La combinación entre mantenimiento centrado en la confiabilidad y mantenimiento productivo total tiene la ventaja de mejorar el proceso, para facilitar el trabajo en equipo entre mantenimiento y las funciones de producción, mejorar la fiabilidad de las máquinas y bajar los costos de operación; ambas tácticas son excluyentes y complementarias, mientras el *TPM* mejora la productividad el *RCM* aumenta la confiabilidad y la competitividad (MORE@, 1998).

Los pilares básicos del *TPM* y algunos pensamientos sobre su relación con una estrategia *RCM* son:

- El *TPM* trata de restaurar el equipo a una condición parecida a la nueva.
- Las buenas prácticas de *TPM* ayudan a reducir al mínimo las fallas que ocurren en la etapa de mortalidad infantil, durante la instalación y puesta en marcha o a partir de estas
- La restauración del equipo y el cuidado básico es realizada por parte del operador; mientras el *RCM* erradica o controla las fallas.

El *TPM* contribuye a la participación del operador en el mantenimiento del equipo, sin embargo este necesita el trabajo de especialistas cuando el problema en la maquinaria implica tecnologías más avanzadas, estos especialistas usan los principios del *RCM* para analizar los modos de fallas y sus efectos, además utiliza herramientas de monitoreo de condición como el análisis de vibraciones y otros

instrumentos avanzados de mantenimiento que facilitan la identificación de la causa del problema.

- Las dos tácticas procuran mejorar la eficacia y la eficiencia del mantenimiento.
- El *TPM* exige que las personas se entrenen para mejorar sus habilidades de trabajo, mientras que el *RCM* ayuda a identificar las fallas del personal e indica las áreas que requieren entrenamiento.
- El mantenimiento productivo total intensifica el uso del mantenimiento preventivo, mientras que el *RCM* lo complementa al utilizar intensivamente el predictivo, y ayuda a identificar cómo y cuándo usar el mantenimiento preventivo o predictivo a través del análisis de los modos de falla.
- El *TPM* usa el control y la prevención del mantenimiento. Esto es inherente en *RCM* que se encarga de identificar y evitar los modos de falla.

La combinación de ambas modalidades de mantenimiento es una costumbre que se incrementa día a día en las empresas modernas, para mejorar y conservar los equipos y sus funciones. Con la combinación de ambas tácticas complementarias se logra evitar crisis y fallas en el proceso productivo, se minimizan los costos y se mejoran constantemente los procesos de planta.

La relación clave entre estas dos tácticas estriba en que sus principios claves de organización y confiabilidad se combinan para garantizar una excelente operación y gestión de mantenimiento. El *RCM* sirve para determinar los requerimientos de mantenimiento para operaciones físicas con su correspondiente contexto operativo tecnológico y con el *TPM* se logra que estos requerimientos se difundan como los más efectivos y económicos (Geraghty, 1996).

2.3.3.4 Mantenimiento proactivo

El mantenimiento proactivo es una táctica de mantenimiento, que se dirige fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria, una vez que las causas que generan el desgaste son localizadas, no se debe permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria ya que de hacerlo, su vida y desempeño se ven reducidos.

La longevidad de los componentes del sistema depende de los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utiliza una práctica de detección y corrección de las desviaciones según el programa de proactivo. Límites aceptables significan que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

El proactivo se define como la metodología en la cual el diagnóstico y las tecnologías de orden predictivo se emplean para lograr aumentos significativos de la vida de los equipos y disminuir las tareas de mantenimiento, con el fin de erradicar o controlar las causas de fallas de las máquinas. Mediante este mantenimiento lo que se busca es la causa raíz de la falla, no sólo el síntoma.

El mantenimiento proactivo representa el próximo paso en la evolución hacia un mantenimiento planeado y dentro de este procedimiento el personal de mantenimiento lleva estadísticas específicas sobre los equipos por monitorear para cumplir con los requerimientos necesarios (FITCH@, 2002).

La táctica proactiva evita elevados costos de inversión en mantenimiento de maquinaria y en la reposición de la misma. Haciendo una analogía con el cuerpo humano, imagínese poder localizar y eliminar una enfermedad mucho antes de que los síntomas aparezcan en el cuerpo, lo que ahorra dinero en cuentas de

hospitales y médicos y mantiene al paciente en buen estado de salud por un largo periodo de tiempo. Ésta es la ventaja del proactivo sobre otras tácticas (DIAGNETICS@, 1998.).

El mantenimiento proactivo usa las acciones correctivas basado en la criticidad encontrada y con sus efectos potenciales en los sistemas (Klusman,1995), desarrolla acciones predictivas y preventivas de mantenimiento para detectar y analizar las causas de falla, a su vez, estas acciones incluyen un rediseño o modificación de los equipos para prevenir o eliminar los problemas una vez ocurran (PIOTROWSKI@, 2001).

La atención del mundo entero se centra en esta táctica en donde se encuentra uno de los medios más importantes para lograr ahorros insuperables por técnicas convencionales de mantenimiento. Al sustituir una filosofía reactiva del mantenimiento por una proactiva se evita seguir en las condiciones no estándares de falla y el desgaste prematuro de los equipos (FITCH@, 2002).

La integración de herramientas del *TPM* y *RCM* (que pueden utilizarse individualmente o en forma combinada) se logra mediante la táctica proactiva. Conjuntamente estas dos tácticas también se utiliza la mayoría de instrumentos básicos en especial: información, recurso humano, tecnología, planeación, entre otros y avanzados genéricos y específicos, particularmente todos los asociados a fallas, maneja los indicadores *CMD*, con lo cual se deduce que es una táctica integradora de *TPM*, *RCM* y *TPM & RCM* en el tiempo (Klusman, 1995).

Los tres pasos para la implementación de la táctica proactiva, según *Tribology Data Handbook*, con el fin de lograr el éxito de la aplicación y lograr sus inmensos beneficios, son:

- El fijar metas o estándares que se basan en el análisis de causa raíz de las fallas; ya que por definición proactivo implica constante análisis, monitoreo y control de las fallas y de su causa raíz.
- El mantener el control de la causa raíz y conservarla en el tiempo de una manera sostenible es el segundo paso.
- El tercer paso es la permanente vigilancia microscópica de los elementos de control de la causa raíz, manteniéndola dentro de las condiciones estándares y evita de una manera disciplinada que ésta salga de ella.

SKF¹⁸, enumera cuatro pasos en las aplicaciones de la táctica proactiva:

- El establecimiento de un sistema planeado de mantenimiento se soporta en la confiabilidad y en el recurso humano, con utilización intensiva de métodos predictivos y preventivos.
- El diagnóstico y análisis de la causa raíz.
- El mejoramiento a través de Indicadores Clave de Rendimiento (*KPI*).
- El proceso de medición, revisión y monitoreo integral de la gestión y operación industrial.

Los principales objetivos del mantenimiento proactivo son identificar y eliminar las causas básicas, inmediatas y raíces de las fallas, es una táctica que intenta frenar las causas inmediatas por fallas incipientes en los sistemas o máquinas en donde el operario revisa todos los parámetros para determinar la estabilidad de la máquina e identificar si existen condiciones de falla.

El mantenimiento proactivo requiere que el personal tenga un alto nivel de conocimiento y familiarización con la máquina, debe entender los principios de funcionamiento y características de esta, con el objeto de identificar las causas

¹⁸ SKF: principal surtidor global de productos, de soluciones y servicios dentro de la industria de balanceo de cojinetes.

raíces de la falla, en otras palabras, el personal de mantenimiento se entrena para reconocer condiciones defectuosas de funcionamiento.

El resultado que produce la implementación de una táctica proactiva es que crea en la empresa un cambio en la conducta y es el generador de innumerables ahorros para las empresas, con lo cual sufragar su instalación e implementación y genera situaciones positivas como: mejor imagen del cliente, mayor garantía de calidad de los equipos, superior confiabilidad en los equipos, alta seguridad y gran economía en los costos.

Las tareas proactivas (Moubray, 2004) están en el nivel dos de mantenimiento, el tratamiento de la táctica proactiva se logra al aplicar los conceptos que se enuncian con todas sus reglas, normas y condiciones expuestas en el nivel tres de mantenimiento.

La decisión de seleccionar alguna o varias de las cuatro tácticas genéricas expuestas hasta el momento se basa en las expectativas y nivel de desarrollo de la empresa:

- Caso 1: el caso en que una empresa desea tener una táctica rápida y eficiente con un buen desarrollo en los niveles uno y dos de mantenimiento puede optar por las mejores prácticas del *TPM* o su implementación completa, si se está en la situación de una empresa que desea aplicar *RCM* directamente con un buen clima organizacional puede optar por las mejores prácticas del *RCM* o su implementación integral completa.
- Caso 2: la organización que desea un desarrollo de mediano plazo (entre cinco y seis años) en su parte táctica puede decidir por el *TPM & RCM* combinados (tiene en cuenta que los niveles uno y dos de mantenimiento están implementados).

- Caso 3: la empresa que desea un desarrollo de largo plazo con un mejoramiento continuo permanente a unos diez o quince años vista, debe optar por una táctica proactiva, siguiendo cada una de sus etapas: *TPM*, *RCM*; *TPM & RCM* combinados y proactivo. Es importante resaltar que la táctica proactiva tiene la condición de implementarse en etapas en el largo plazo, con lo cual llega a ser efectiva.

La táctica proactiva se fundamenta en la mayoría de instrumentos básicos, avanzados genéricos y específicos de orden técnico, usa los cuatro tipos de acciones del nivel dos de mantenimiento, se apoya en las mejores prácticas de las cuatro tácticas básicas de mantenimiento, pone en práctica las mejores costumbres encontradas a nivel internacional, mediante el *benchmarking*.

Las tácticas que se presentan a continuación son de tipo específico, para situaciones especiales y particulares:

2.3.3.5 Mantenimiento reactivo

El autor Christer Idhammar en su artículo de la revista *Pima's Papermaker*, en la sección de mantenimiento de julio de 1997, escribe:

“En una organización de producción y mantenimiento mal constituidas, la organización reacciona frente a los problemas antes de prevenirlos. No hay tiempo para tomar medidas que rompan este esquema. Es más, cuando los equipos trabajan con problemas graves, el mantenimiento se vuelve lento y espera el próximo problema, lo que genera que entre los trabajos reactivos es poco lo que mantenimiento hace. Desde el punto de vista de operación, es una situación cómoda, ya que el mantenimiento puede atender problemas en los equipos de manera rápida” (Idhammar, 1997a).

La táctica reactiva no se entiende como las actividades que desarrolla una empresa para organizar sus acciones correctivas deficientes e inadecuadas, es una táctica interesante para aquellas organizaciones industriales y de servicio, que no permanecen mucho tiempo con sus equipos, que desarrollan o usan tecnologías avanzadas, que sus productos y áreas de negocio cambian constantemente, por lo cual crean una infraestructura y aprenden habilidades y competencias que les permitan reaccionar rápidamente ante las nuevas fallas y situaciones complejas; son empresas que tienen la particularidad de atender en forma oportuna las necesidades de mantenimiento.

2.3.3.6 Mantenimiento orientado a resultados.

La táctica de mantenimiento orientado a resultados se basa en la intuición, en soluciones de sentido común para problemas recurrentes; por lo tanto se utiliza por las personas con más habilidades dentro de la compañía.

El concepto central de esta táctica es ver a mantenimiento como una actividad productiva de mejora continua (IDCON@, 2000).

El orientar el mantenimiento a resultados, resulta conveniente como táctica de mantenimiento a empresas que no tienen mucho tiempo disponible para organizarse, su uso es de orden temporal mientras define una táctica más estable, como las cuatro enunciadas al principio de la sección. Si mantenimiento hace las cosas correctas y se dirige hacia el logro del cambio de la cultura organizacional, entonces la fábrica logra que esas cosas se hagan bien hechas, en otras palabras, lo principal es hacer lo que se debe hacer; después de esto, la empresa debe aprender a ejecutar bien dichas acciones (Idhammar,1997b).

El énfasis de esta táctica se usa solo en casos de emergencia durante un tiempo limitado, ya que es dócil la planeación integral y el estudio completo del proceso de mantenimiento bajo este modelo administrativo de organización de

mantenimiento. Su ventaja es que se centra en las necesidades finales del cliente, es decir, en mercadeo y desde allí desarrolla las metas o resultados que desea alcanzar.

2.3.3.7 Mantenimiento de clase mundial - World Class Maintenance - WCM

El anhelo de las áreas de mantenimiento es llegar a ser una organización de clase mundial, lo cual denota y se define como el mantenimiento sin desperdicio, donde este es la diferencia entre cómo se realizan las diversas 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 básica es convertir cualquier clase de reparación o modificación en actividades planeadas que eviten fallas a toda costa. Una organización de clase mundial se basa en el hacer y en el pensar (Idhammar, 1997b).

La orientación de la gestión de mantenimiento hacia clase mundial exige cambiar de actitud y de cultura en la organización; requiere que se tenga un alto nivel de prevención y planeación, que se soporta en un adecuado sistema gerencial de información de mantenimiento (CMMS), se orienta hacia las metas y objetivos fijados previamente y realiza las cosas que haya que hacer en la forma más correcta posible con el mayor grado de profundidad científica.

El *benchmarking* se usa como herramienta para alcanzar mejores costos, mejor productividad y máxima competitividad a través del mejoramiento continuo (Boxwell, 1994).

Los pasos fundamentales para implementar una táctica de clase mundial son: planeación, prevención, programación, anticipación, fiabilidad, análisis de pérdidas de producción y de repuestos, información técnica y cubrimientos de los turnos de operación, todo ello se soporta en una organización adecuada y apoyada por sistemas de información computarizado, con un cambio de actitud y cultura hacia

el cliente (producción o cualquier departamento interno o externo que añada valor agregado) (Idhammar, 1997a).

El autor Herman Ellis en su artículo sobre los principios de la transformación de la función de mantenimiento a las normas de categoría mundial de funcionamiento, describe textualmente (ELLIS@, 1999):

“El mantenimiento de clase mundial representa los niveles de funcionamiento del mantenimiento. Al transformar el mantenimiento a uno de clase mundial se debe tener en cuenta sus principios básicos, el entrenamiento de la mano de obra enfocado hacia una nueva actitud de las personas involucradas en mantenimiento y la estratificación del mantenimiento. Si se quiere que la función de mantenimiento alcance sus objetivos y se desarrolle en categoría de clase mundial no se deben bajar las finanzas de sus sistemas de apoyo (administración del mantenimiento, instrumentos, piezas de recambio, planificación, control, cultura, etc.), ya que de las relaciones entre ellos depende la formación de una acción dinámica para establecer la función de mantenimiento firmemente sobre el camino para hacerla de clase mundial. La transformación de las personas (cambio de actitud) es uno de los puntos más complejos para implementar el *WCM*, ya que se deben entrenar en las profesiones específicas que se van a desarrollar en el *WCM* y se debe recompensar el esfuerzo hecho por estas personas.”

Los principios estratégicos que se tienen en cuenta en la táctica de clase mundial, son:

- El *WCM* un proceso de largo plazo, no se deben esperar resultados inmediatamente.
- Implementar el mantenimiento de clase mundial sobre la situación real de la empresa.

- Los sistemas que se basan en cambios estructurales, culturales y organizaciones de la empresa, duran más tiempo y son de mediano y largo plazo.
- El modelo bien estructurado simple es más efectivo que uno complejo, ya que es más duradero y necesita menos entrenamiento.
- Los cambios de actitud y cultura requieren mucha capacitación, entrenamiento y práctica por parte de las personas de la empresa.
- Mientras mejor sea la estrategia, mejores serán los resultados.
- La iniciativa de clase mundial no debe ser lanzada de forma imprevista, urgente y con apremio.
- La táctica de clase mundial se centra en las normas y en la solución de problemas.
- El *WCM* requiere la estratificación del mercado objetivo en función de continentes, países, regiones, normas y costumbres.
- El *WCM* debe haber un alto compromiso de los empleados y un alto nivel de apropiación de todas las personas que forman parte del proceso de clase mundial. Todas las personas que participan en la implementación de la táctica de clase mundial lo hacen en forma voluntaria, en donde se impulsan más por la motivación que por obligación.

Las empresas que están ubicadas en varios países o continentes en el mundo son las llamadas a utilizar intensivamente la táctica de clase mundial, esto las obliga a cumplir normas y tratados internacionales. Las organizaciones que siguen esta táctica normalmente se apoyan en leyes de clase mundial en mantenimiento como: OREDA, *AFNOR*, *British Standard*, EIREDA, *SAE*, *Military Standard*, ESREDA, ISO, DIN, ASME y muchas otras propias de regiones o países; es utilizada también por empresas que exportan gran parte de sus productos o

servicios y se tienen que acoger a las normas de las naciones donde llevan sus bienes¹⁹ (SCHULTZ@, 2005).

2.3.3.8 Mantenimiento Centrado en Habilidades y Competencias.

Las organizaciones procuran que su recurso humano gane habilidades y competencias, como una excelente táctica para preservar el conocimiento y el buen servicio de mantenimiento, con el fin de elevar la posibilidad de controlar, erradicar o prevenir fallas en sus sistemas o equipos. La tendencia es concentrar los departamentos de mantenimiento en pocas personas con muchas habilidades, conocimientos y competencias, con el fin de aumentar la efectividad en mantenimiento, utiliza la subcontratación para realizar las actividades no diferenciadas que no son claves en los procesos propios de la empresa.

El progreso constante de mantenimiento hacia niveles superiores de servicio con sus clientes internos o externos permite desarrollar un proceso sostenido de obtención de habilidades, competencias y de generación de productos y servicios esenciales en mantenimiento, centrando la organización en la ciencia y no en la reparación de equipos.

La insistencia se enfoca en la prestación del servicio, no en marcas específicas ni en equipos definidos, sino en el desarrollo de habilidades y conocimientos científicos alrededor de las ciencias que imperan en el servicio de mantenimiento de equipos (robótica, mecatrónica, electrónica, eléctrica, mecánica, hidráulica, lubricación, generación de potencia, neumática, termodinámica, química, etc.), conduce a mejores opciones futuras para el área.

¹⁹ Lo más aconsejable es que las organizaciones que deseen alcanzar el WCM tengan desarrollados los niveles uno y dos de mantenimiento, y al menos hayan puesto en la práctica una de las tácticas básicas de mantenimiento.

El modelo de desarrollo japonés da prioridad al avance científico de habilidades y competencias esenciales y se apoyan en la ciencia como la forma más sólida de alcanzar niveles de competitividad sostenible en el largo plazo, y difíciles de imitar por parte de la competencia, el modelo de Japón visualiza que es más próspero y busca el desarrollo hacia las raíces de la ventaja competitiva, y no hacia los productos que son altamente comerciales, apoyándose en el avance de la ciencia y en la acumulación específica de conocimientos.

Las organizaciones desarrollan las habilidades y competencias esenciales en mantenimiento, que se les traducen en ventajas competitivas, en la capacidad de la dirección para trasladar a todos los niveles de la organización los conocimientos, las metodologías y las tecnologías para generar competencias profesionales que les permitan adaptarse fácil y rápidamente a cada una de las nuevas situaciones del entorno industrial mundial, de los mercados y de la sociedad empresarial en que se está (Prahalad, y otros., 1991).

La táctica centrada en competencias es una técnica usada en la actualidad por diversas empresas de diferentes sectores, es una práctica que se puede poner en un uso indiferente del nivel en que se encuentre en mantenimiento. Se debe tener un buen clima organizacional y un excelente recurso humano quien se motiva hacia el aprendizaje individual y colectivo.

2.3.3.9 Otras tácticas

Las tácticas que existen en la actualidad indiscutiblemente cumplen con la condición de basarse en normas y ser de uso internacional, hasta el momento se han descrito algunas, como las más conocidas y usadas a nivel mundial, pero queda abierta totalmente la posibilidad de que existan otras o aparezcan nuevas tácticas en el futuro.

2.4 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

El capítulo describe y enuncia todos los componentes que normalmente describen los elementos principales de una táctica de mantenimiento, además cuales son las tácticas más utilizadas y más reconocidas a nivel mundial, la descripción detallada de cada una de estas da una idea de las pautas generales que deben de componer una táctica de mantenimiento en donde prima el recurso humano y el buen clima organizacional.

Las tácticas de mantenimiento reconocidas a nivel mundial ayudan al mejoramiento y desarrollo de las empresas, entre estas tácticas se encuentra el *RCM*, el cual se basa en 7 preguntas básicas, considera la criticidad de los equipos para asignar las labores de mantenimiento, y comprende una serie de pasos o etapas para su ejecución, estas afirmaciones sirven como punto de comparación con respecto a la metodología *PMO* para encontrar así sus diferencias y similitudes.

3 BASES Y FUNDAMENTOS DEL *PMO*.

3.1 OBJETIVO 3

Reconocer los elementos estructurales, bases, fundamentos, etc; que soportan la metodología *PMO*; mediante el análisis de información - Nivel 2 - Comprender.

3.2 INTRODUCCIÓN

El *PMO* como metodología de mantenimiento requiere de un cierto número de pasos, bases, fundamentos, entre otros, como cualquier otra metodología que se implementa en el ámbito industrial, por tal razón el análisis profundo de cada uno de los ítems más relevantes se analizan en este capítulo, en donde se pretende retomar la propuesta de mantenimiento *PMO* como una opción alternativa, donde no se implementa adecuadamente el *RCM* por su complejidad en su ejecución y su alto costo, el *PMO* pretende generar mayor confiabilidad, mantenibilidad y reducción de las horas necesarias para atender la demanda de mantenimiento.

DESARROLLO DEL CAPITULO

3.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El programa de mantenimiento, su definición y revisión por lo general en las industrias se encuentra mal estructurado, por lo tanto no es de extrañar que hecho correctamente este proceso puede ser el medio más eficaz de generar beneficios a las empresas, a través de una mayor producción de los mismos bienes. Es un hecho que la planificación y la programación puede representar un bajo valor añadido al programa de mantenimiento.

Los problemas comienzan en el diseño o la adquisición de los equipos, fase en la que la definición o el examen de los programas de mantenimiento están mal financiados. Los equipos se entregan a menudo sin programa de mantenimiento formal, en algunas ocasiones se proporciona, pero se ha hecho en una forma inapropiada convirtiendo a este en una herramienta que no satisface las necesidades para las cuales está diseñado.

El programa de mantenimiento se desarrolla tiempo después de la adquisición de los equipos, esto ocurre a menudo en un ad hoc²⁰ de forma y los resultados en un programa que carece de foco y es ineficiente, sin medios para revisar estas situaciones, las organizaciones pueden convertirse en “no competitivas”, ya sea porque los costos de mantenimiento son demasiado altos, o la planta no es fiable.

La revisión de los programas de mantenimiento en la historia y los repetidos fracasos representan una actividad que la mayoría de las organizaciones retoman una y otra vez, se lleva a cabo desde que el mantenimiento formal se presenta por primera vez dentro de las empresas mismas, una de las características principales para que los programas de mantenimiento presenten este tipo de falencias es el poco o ningún procedimiento establecido, en donde prima la ausencia de formalidad en la revisión de este, en donde no se genera ninguna crítica constructiva para el mejoramiento y posterior optimización.

El único medio de acercarse a la definición de un programa de mantenimiento es en un principio utilizar *RCM*, sin embargo este es una herramienta que se diseña para su uso en la fase de diseño del equipo de ciclo de vida y no para su uso cuando el equipo ya está en uso (Turner, 2009) (Moubray, 2004).

El *PMO* se diseña específicamente para la revisión de los programas de mantenimiento con los fracasos en la historia de los equipos que están en uso, por

²⁰ Generalmente se refiere a una solución elaborada específicamente para un problema o fin preciso.

esta razón el *PMO* es también una herramienta eficaz en la definición inicial del programa de mantenimiento para equipos nuevos y o equipos existentes, este es un método de análisis que permite:

- Determinar las acciones efectivas de mantenimiento y sus frecuencias adecuadas para cualquier activo físico
- Busca tareas de mantenimiento por condición en cambio de por dé por reparación.
- Considera modificaciones cuando el mantenimiento preventivo no es apropiado.
- Son procesos auditables en su totalidad.
- Se genera como resultado el mismo programa de mantenimiento como si se implementara el RCM.

El *PMO* es un método revolucionario para mejorar la eficacia de los programas de mantenimiento y estrategias.

- El *PMO* se inicia con el actual programa de mantenimiento que se utiliza en la planta.
- Las consideraciones legislativas son de carácter primordial, en donde se tiene en cuenta aspectos tales como: seguridad, medio ambiente y consideraciones legislativas.
- El *PMO* identifica que programas de mantenimiento son útiles y cuáles son inadecuados, en donde se establece en un equipo cuales fallos son críticos y están fuera del programa de mantenimiento.
- El aspecto más importante de la metodología da comienzo en el momento en que se adquiere el equipo y se basa en historiales y recomendaciones más relevantes, lo cual convierte a este en un proceso de aplicación sencillo y de bajo costo (Turner, 2009).

3.4 CARACTERÍSTICAS DE LA METODOLOGÍA *PMO*

EL *PMO* se diseña para operaciones de mantenimiento existentes, este toma los principios básicos que pueden aplicarse al desarrollo de un programa de mantenimiento para equipos nuevos, esta es la manera más eficaz de hacerlo teniendo en cuenta el programa de mantenimiento actual de la planta e implementa la metodología para ajustar el programa en base a las diferentes condiciones de diseño y operación que se experimentan.

La metodología comienza con el actual programa de mantenimiento que se utiliza en la planta, con el análisis de tareas por medio de “trabajo en cruz-funcional” de los equipos de taller, identifica las tareas las cuales requieren duplicación de esfuerzos dentro de su propio entorno.

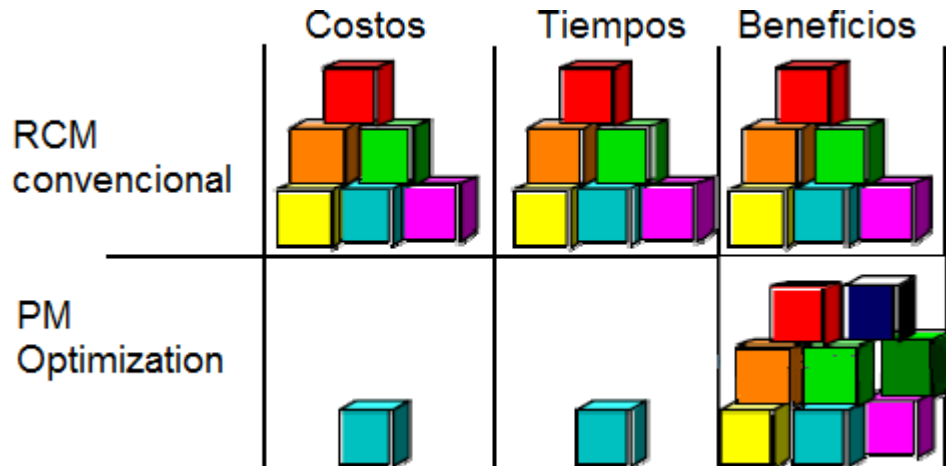
El *PMO* se caracteriza por:

- Maximizar la fiabilidad de activos, minimizar los tiempos de intervención de equipos dando como consecuencia directa el aumento de la capacidad de producción.
- Se implementa en una sexta parte del tiempo que el RCM, inicia con el programa de mantenimiento, el historial de fallas e información técnica.
- El tiempo de implementación del plan de mantenimiento se reduce a la mitad del plazo original (sin aplicar la metodología) de seis a ocho meses para comenzar.
- Maximizar la eficacia del personal de mantenimiento (un 20% más de eficacia)
- Maximizar la eficacia y el retorno de la inversión en un CMMS²¹.
- Reducir al máximo los gastos de mantenimiento.
- Los costos de mantenimiento se minimizan, pero no a expensas de la producción.

²¹ Software de administración de mantenimiento.

- Motivar al personal con respecto a los conocimientos, procesos y herramientas.
- La mejora de la seguridad y el desempeño ambiental.
- El *PMO* es prácticamente realizable, 40% de las empresas las cuales que implementan *PMO* ya han tratado anteriormente de utilizar *RCM*
- El *PMO* es una revisión del proceso, se lleva a cabo en solo una sexta parte del tiempo y del costo del *RCM*, y alcanza un programa de mantenimiento confiable (Turner, 2009).

Ilustración 15. Relación costo-tiempo-beneficio del *RCM* y *PMO*.



Fuente: OMCS Internacional

El *PMO* utiliza el trabajo en cruz-funcional en los equipos de la planta comercial, esto indica que cualquier persona que tenga poder de decisión, por ejemplo:

- Personal de mantenimiento.
- Operadores.
- Contratistas.
- Control de calidad.
- Limpieza.

- Entre otros.

El proceso transforma la cultura de una empresa reactiva a una cultura dinámica en pro de la fiabilidad.

3.5 RÁPIDA IMPLEMENTACIÓN

La creencia común entre los gerentes de planta, es que los enfoques convencionales de su plan de mantenimiento no se encuentra a la altura de las expectativas; muchas organizaciones aciertan que el plan de mantenimiento es demasiado lento y requiere de una gran utilización de recursos, es por esta razón que se toma un cuadro comparativo entre *RCM* y *PMO*.

- El *RCM* es poco práctico para su implementación en las empresas con pequeña infraestructura o escasez de personal las cuales están atrapados en un mantenimiento formal reactivo. Del mismo modo, los métodos estadísticos en la empresa se encuentran demasiado complejos y carecen de datos fiables.
- EL *PMO* es un enfoque que se basa en el análisis de *RCM* el cual involucra rápidamente los equipos críticos, los comerciantes y operadores, este enfoque se ejecuta pronto con la creación de entornos necesarios para que se proyecte un auto sostenimiento del proyecto, el programa es rápido y fácil de entender. Es por ello que los operadores y personal de mantenimiento se identifican con el *PMO*.
- El *RCM* no comienza con un conjunto de modos de fallo que ya son motivo de preocupación para la organización; por el contrario, elabora una lista de todas los posibles averías incluso aquellos que se conectan a las funciones que en realidad no importan o aquellos que, evidentemente, no son prevenibles a través de mantenimiento.

- El *PMO* reconoce que comprender bien las funciones es importante, pero considera que un detallado análisis funcional no suele ser decisivo para el resultado.
- *RCM* es el análisis intensivo, el *PMO* por el contrario es la aplicación intensiva.
- El *PMO* es una revisión y proceso de racionalización, lo que significa que muchas de las tareas ya existentes pueden ser modificadas (Turner, 2009).

3.6 MODOS DE FALLO SON OMITIDOS POR LA METODOLOGÍA *PMO*.

Los modos de falla de un equipo se determinan según el tipo de equipo y su forma de operación, en donde priman tres categorías principales:

- La probabilidad de que ocurra el suceso (falla).
- Las consecuencias que se generan cuando ocurre la falla.
- La viabilidad y practicidad de prevenirlos.

Ilustración 16. Categorías principales para la omisión de modos de fallo.

Probabilidad	Consecuencias	PM Viable
Alta	Peligrosas	Viabile
Media	Costo alto	No viable
Baja	Bajo costo	

Un plan de PM se enfoca a las condiciones de las áreas grises de la tabla. Esto representa la minoría de fallas, ya que la intención de diseño de los equipos es de tratar de eliminar o minimizar las fallas peligrosas y costosas especialmente cuando estas son de alta probabilidad de ocurrencia.

Fuente: OMCS Internacional.

El *PMO* filtra los modos de falla para eliminar tiempos improductivos como los que tiene el *RCM*.

Ilustración 17. Forma de análisis de modos de fallos de *RCM* y de *PMO*.

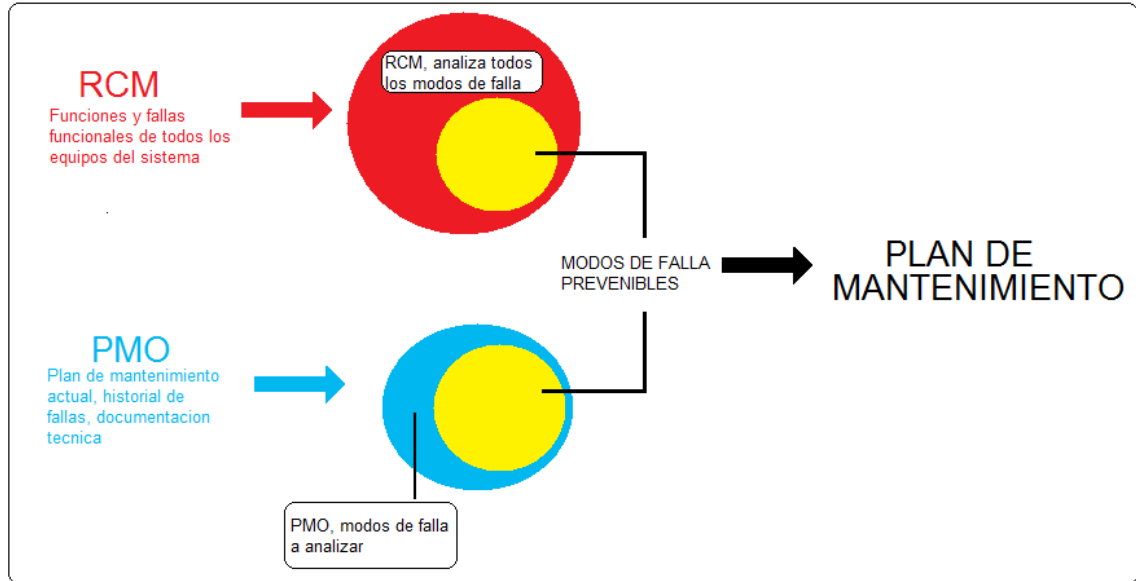
<i>RCM</i>		
Función	Falla Funcional	Modos de Falla
Proveer 20hp al ventilador para que el ventilador corra a 200rpm	No hay poder	Desgaste del engranaje.
	No hay poder	Vencimiento del engranaje por fatiga
	No hay poder	Falla de acople por desgaste.
	No hay poder	Falla de rodamientos debido a desgaste.
Asegurar la caja de engranaje a la cimentación	Afloje de la caja de engranaje	Afloje de pernos de ensamble por vibración.

<i>PMO</i>	
Tarea	Modo de Falla analizado (en grupo)
Realización de análisis de vibración en la Caja de Engranaje	Desgaste o vencimiento del engranaje. Falla de rodamientos debido a desgaste. Afloje de pernos de ensamble por vibración. Falla de acople de la caja de engranaje por desgaste.

Fuente: OMCS Internacional.

Los modos de fallos son más concretos en la metodología *PMO*, en donde se reflejan directamente en el plan de mantenimiento que se crea a partir del análisis de los equipos.

Ilustración 18. Creación de un plan de mantenimiento desde *RCM* y *PMO*.



Fuente: OMCS Internacional.

3.7 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

El *PMO* se muestra como una metodología fácil de implementar, la eliminación de modos de falla (numerosos, utópicos e inmanejables) como lo plantea el *RCM* se complica la asignación de tareas, las consecuencias como tópico importante para su posterior jerarquización y su futura modificación expone la manera más eficiente para la creación de un plan de mantenimiento en una planta.

4 CONSTITUCIÓN DEL *PMO* COMO TÁCTICA DE MANTENIMIENTO

4.1 OBJETIVO 4

Constituir el *PMO* como una táctica de Mantenimiento nueva a partir de sus pasos, normas, aplicaciones y demás conceptos - Nivel 3 - Aplicar.

4.2 INTRODUCCIÓN

El *PMO* es una metodología de mantenimiento que contiene ciertas similitudes con algunas tácticas de mantenimiento como el *RCM*, en este capítulo se muestran dichas similitudes que hacen que el *PMO* se considere en un nivel táctico de mantenimiento, y se toma como una opción donde no se logre implementar adecuadamente el *RCM* por su complejidad en su ejecución y su alto costo; el *PMO* pretende generar mayor confiabilidad, mantenibilidad y la reducción de las horas necesarias para atender la demanda de mantenimiento.

4.3 EVALUACIÓN PRACTICA DE LOS PASOS DE *PMO*

La evaluación práctica de los pasos de *PMO* comprende los nueve pasos de una forma ejecutable.

4.3.1 Recopilación de tareas

La recopilación de tareas se logra en un solo lugar en el cual todas las tareas de mantenimiento están siendo ejecutadas en los equipos a analizar, ya sean formales e informales, se busca reunir toda la información relacionada con todas las actividades de mantenimiento preventivo o rutinario que se ejecutan al equipo de estudio además de organizar las tareas de forma adecuada para el análisis.

4.3.2 Enfoque de la recopilación de tareas

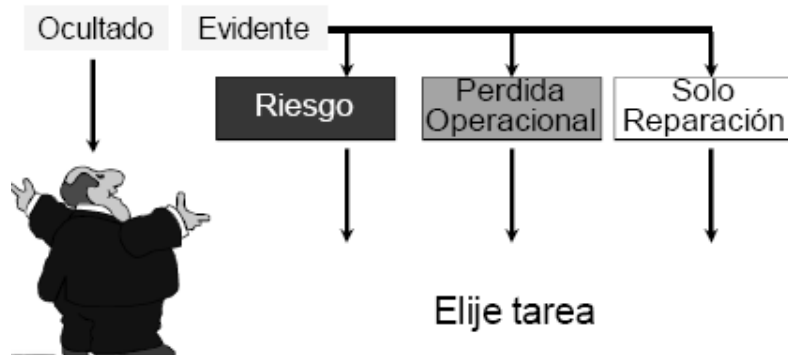
- Las actividades de mantenimiento, formales e informales ejecutadas por el personal de mantenimiento de la planta se recopilan y se someten a análisis.
- Las actividades de mantenimiento se descomponen en tareas separadas si en tal caso están descritas como una sola tarea.
- Las tareas de mantenimiento se recopilan en un mismo formato, en un mismo documento.
- Los especialistas en mantenimiento y las frecuencias deben de estar idénticas para cada tarea.
- El tipo de tarea debe ser identificada plenamente.
- Las tareas de mantenimiento en su gran mayoría están unidas por lo tanto dos o más tareas independientes están escritas en una.
- Las tareas están escritas en forma vaga, esto hace que el especialista o el operador lo ejecutan de manera vaga.

Los pasos dos, tres y el cuatro (opcionales), son consecuencia lógica de la recopilación de tareas reales, como agregar un modo de falla y determinar patrones dominantes en los modos de falla a los cuales se les va a agregar una función.

4.3.3 Evaluación de consecuencias.

La evaluación de consecuencias asigna un calificativo que es previamente estandarizado “evidente u oculto”, y la consecuencia si la falla ocurre de manera inesperada “peligrosa u operacional”, con el fin de poder estandarizar y manejar un cierto nivel de formalidad en el control de información, todo esto facilita que ocurra una priorización de tareas y se imponga un régimen jerárquico para la pronta y temprana intervención de los equipos de la planta y crear un diagrama de decisión lógica.

Ilustración 19. Clasificación de tipos de fallo.



Fuente: OMCS Internacional.

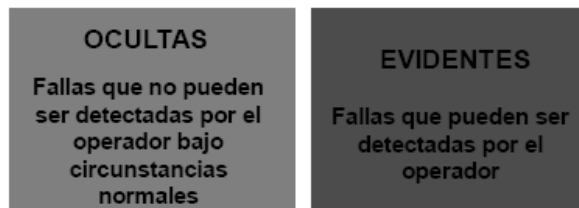
4.3.3.1 Fallas Ocultas.

La falla oculta es la que no puede ser detectada por el operador en circunstancias normales y permanece en este estado a menos que ocurra alguna u otra falla, o que sea ejecutada una búsqueda de fallas, deben haber al menos dos fallas antes de que una falla oculta aparezca.

Las funciones ocultas están asociadas a equipos de protección que son de falla segura, por lo general tienen varios modos de falla; algunos son ocultos y otros son evidentes.

Ilustración 20. Consecuencias de los fallo.

Las consecuencias de las fallas se dividen en dos grupos:



Fuente: OMCS Internacional.

4.3.3.2 Consecuencias evitables.

Las fallas crean riesgos a una empresa, en donde se hace un listado de los potencialmente peligrosos para esta, como son:

- La seguridad personal como pilar importante en el análisis de riesgos para una empresa.
- Las consecuencias ambientales como segundo pilar importante²².
- Las consecuencias del incumplimiento de las cuotas desencadenan consecuencias comerciales desastrosas.

La consecuencia puede significar para la empresa solo el costo de reparación y esta se cataloga como daños secundarios o daños evitables.

²² El incumplimiento de normas y la legislación ambiental puede incurrir en costos millonarios por conceptos de multas o sanciones.

Ilustración 21. Como se determina la consecuencia.

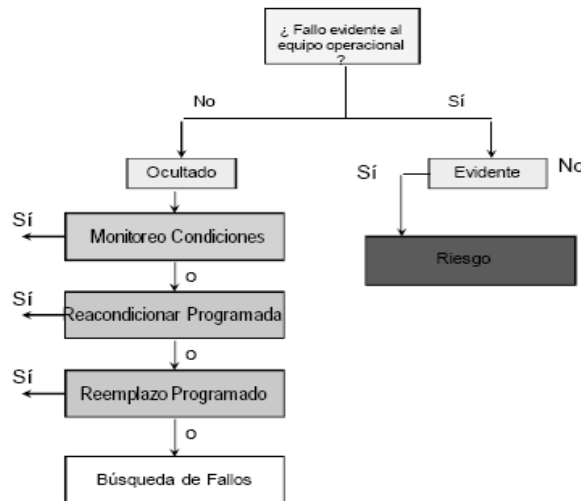


Fuente: OMCS Internacional.

4.3.4 Selección de las tareas.

Las tareas se crean para dar solución a cada uno de los modos de falla, pueden existir una cantidad de tareas infinitas para cada modo de falla, pero solamente se debe asignar una tarea para cada modo de falla, al elegir se avanza al siguiente modo de falla.

Ilustración 22. Diagrama de la decisión del proceso.



(Turner, 2009).

La tarea seleccionada debe ser idónea y eficaz.

Ilustración 23. Clasificación de una tarea práctica e idónea.

<i>Practico</i> significa:	<i>Eficaz</i> significa :
“la tarea es técnicamente factible debido a las características del equipo”	“la tarea vale la pena debido a las consecuencias del fallo”

Fuente: OMCS Internacional.

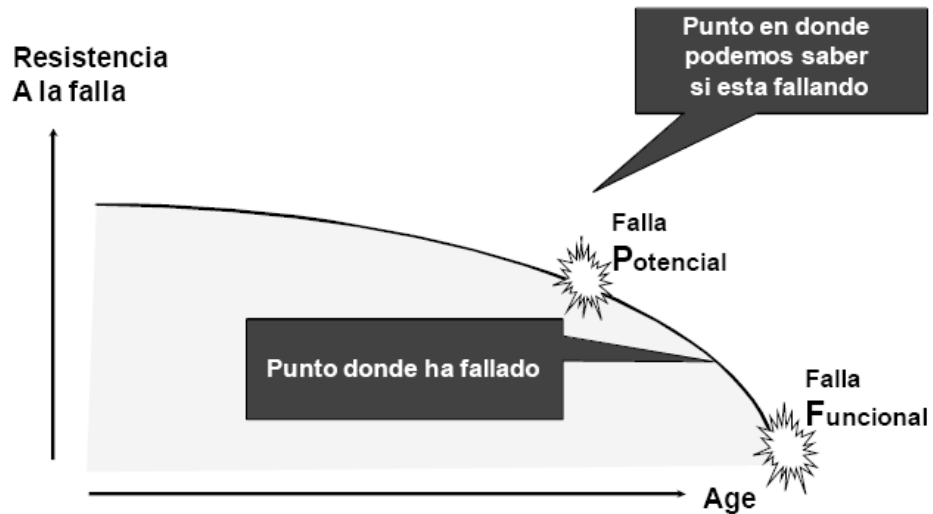
4.3.4.1 Selección de tareas para modos de fallas evidentes.

Hay tres estrategias de mantenimiento para mitigar o eliminar los modos de falla evidentes, estas son:

- Monitoreo por condición (Mantenimiento Predictivo).
- Reemplazo o reparación programada.
- Llevar el equipo a un estado de falla.

Las actividades de monitoreo por condición dan señales de aviso cuando los equipos se encuentran en proceso de deterioro, una falla potencial es una condición identificable que indica el momento en que se encuentra en proceso de ocurrencia.

Ilustración 24. Tareas por condición.



(Turner, 2009).

Las tareas por condición usualmente no son intrusivas y pueden realizarse con el equipo en línea, además de económicas, maximizan la vida del activo, se ejecutan independientemente del patrón de falla, sin necesidad de un historial de estas, las técnicas que normalmente se utilizan en las tareas por condición son:

- El uso de los sentidos “Vista, oído, Tacto”
- la calidad del producto “control de procesos estadísticos”
- Uso de equipo especializado (monitoreo por vibración, termografía, ultrasonido, entre otros).

Las tareas deben ser escritas de forma que los ejecutores de dicha tarea puedan llevar a cabo de forma clara la acción, estas tareas son:

- La instrucción
- Los límites aceptables
- Acción a realizar si una condición inaceptable se presenta.

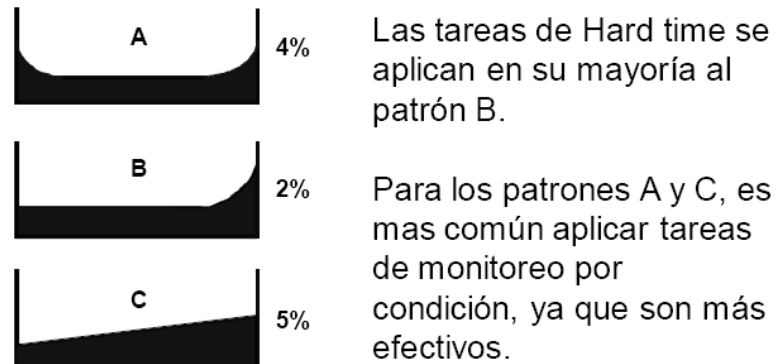
- El uso de palabras como: usar, revisar, inspeccionar.
- Medios de herramienta para ejecutar la tarea.

4.3.4.2 Selección de tareas reparación o cambio

Los intervalos Hard Time se basan en la vida útil de los componentes en el cual la edad y el desgaste son razón primordiales para la toma de decisiones en el cambio o reparación de los equipos. La mayoría de las fallas son aleatorias por naturaleza y no tienen solución en intervalos basados en el tiempo.

Las fallas relacionadas con la edad son comúnmente encontradas bajo condiciones de desgaste directo además de fatiga, corrosión, oxidación, inestabilidad química etc.

Ilustración 25. Selección de tareas de reparación a cambio.



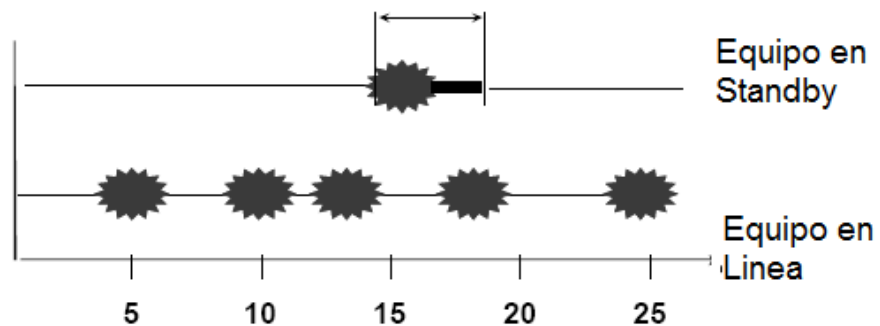
(Turner, 2009).

4.3.4.3 Selección de tareas por búsqueda de fallas

Las pruebas enseñan a través de la historia, cual es el riesgo que pueden correr los equipos en una empresa, entre más largo el intervalo entre cada prueba, es más alto el riesgo de múltiples fallas.

Ilustración 26. Intervalo de búsqueda de fallas.

Intervalo de Búsqueda de Fallas (IBF)



Fuente: OMCS Internacional.

- Reemplazo o reparación programada (mantenimiento preventivo)
- Llevar la falla donde la falla son aleatorias e impredecibles y el costo del mantenimiento planeado es mayor que el costo de la falla.

4.3.5 Agrupación y revisión

Las tareas de mantenimiento se agrupan por especialidad, responsable y frecuencias y se revisan los resultados del análisis para establecer los medios eficientes y efectivos para asegurar la política de mantenimiento este alineada con los objetivos tanto de mantenimiento como con los de producción.

4.3.6 Aprobación e implementación

El personal idóneo aprueba la tarea, se decide que más se necesita para iniciar la implementación de las recomendaciones y completar el proceso.

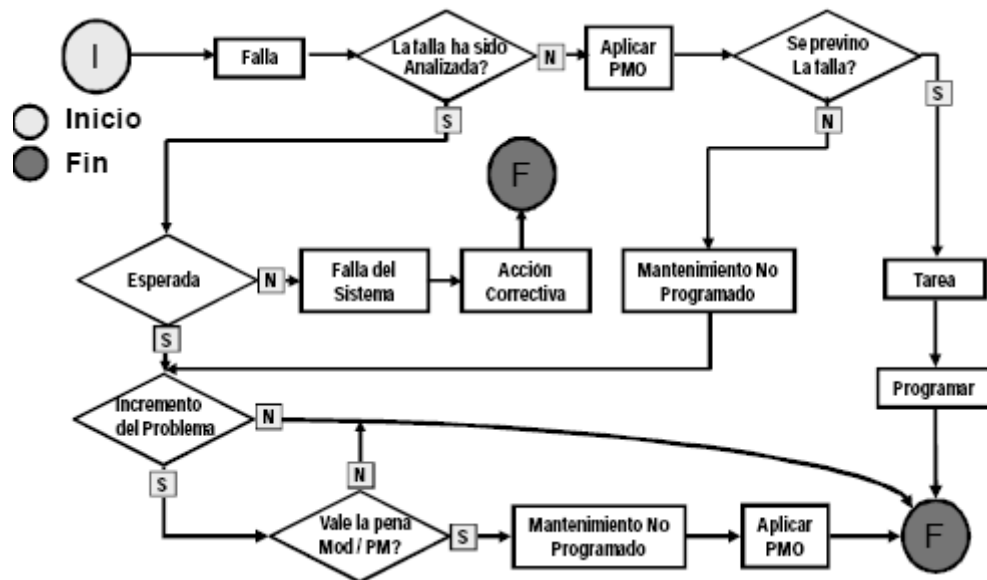
4.3.7 Programa dinámico

El programa de mantenimiento asegura que se revise y se complete a tiempo, revisar las fallas de los equipos y adoptar las herramientas de ingeniería de confiabilidad apropiadas para acelerar la tasa de mejoramiento.

4.4 TOMA DE DECISIONES BASADAS EN INFORMACIÓN

El manejo de información constituye en una empresa el pilar fundamental en la implementación de la táctica de mantenimiento, en pro de la decisión que se toma sea la adecuada se sigue con una secuencia lógica de pasos, para que el manejo de incidentes sea el adecuado y que en un futuro próximo estos puedan ser evitados.

Ilustración 27. Manejo de incidentes de confiabilidad.



Fuente: OMCS Internacional.

4.5 LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS DEL PMO

Las siete preguntas básicas del *PMO* arrojan como resultado la viabilidad del éxito del *PMO*, las preguntas se plantean como un recurso de evaluación de la táctica de mantenimiento, estas preguntas son:

- ¿Qué tareas de mantenimiento se llevan a cabo por parte del personal de mantenimiento y operaciones (recopilación de tareas)?

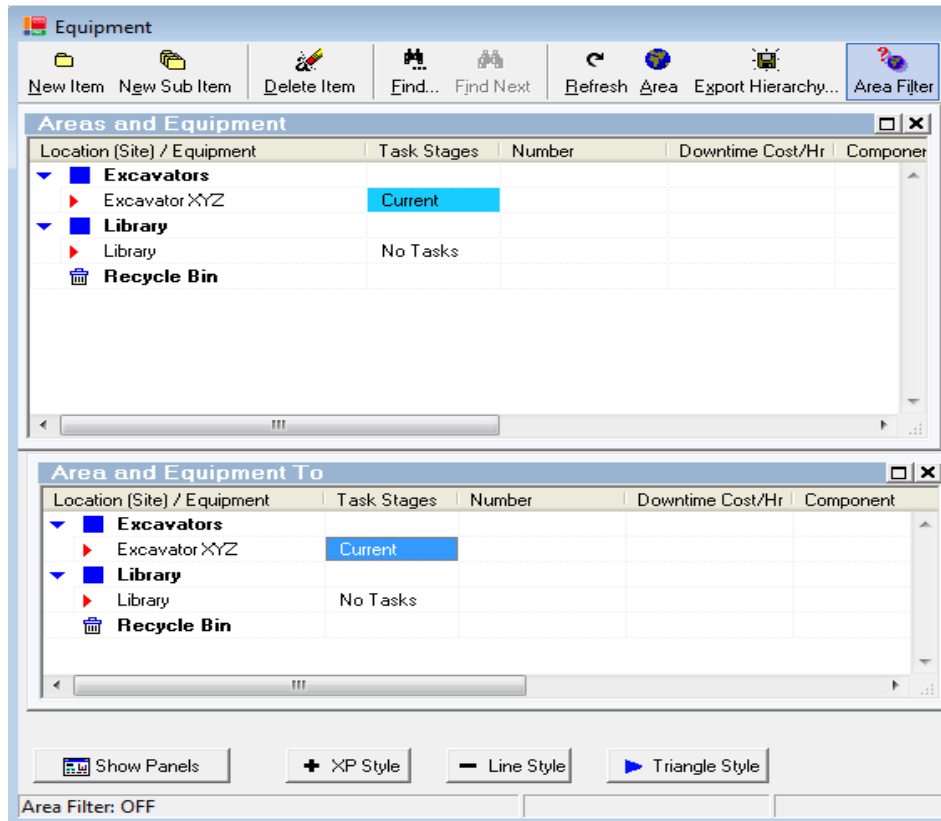
- ¿Cuáles son los modos de falla asociados a una inspección de la planta (análisis de modos de falla)?
- ¿Qué funciones se perderían si cada modo de falla se presentara de forma inesperada (funciones)?
- ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla (efectos de falla)?
- ¿En qué forma afecta cada falla (consecuencia de falla)?
- ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas y sus intervalos)?
- ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva no previene la falla (acciones por omisión)?

4.6 SOFTWARE DE IMPLEMENTACIÓN.

El software *PMOptimisation* que ofrece la empresa OMCS como sistema de información permite entender de manera clara cómo se implementan los diferentes pasos de la metodología *PMO* en una empresa, para ello se toma como ejemplo una excavadora (Turner, 2009).

4.6.1 Análisis

Ilustración 28. Selección de equipos.

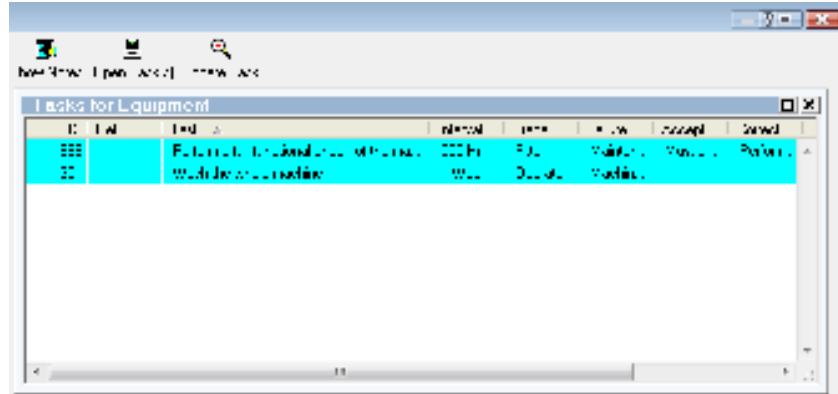


La recolección de tareas se hace de manera organizada y rápida, además de esto se filtran las tareas.

El programa indica:

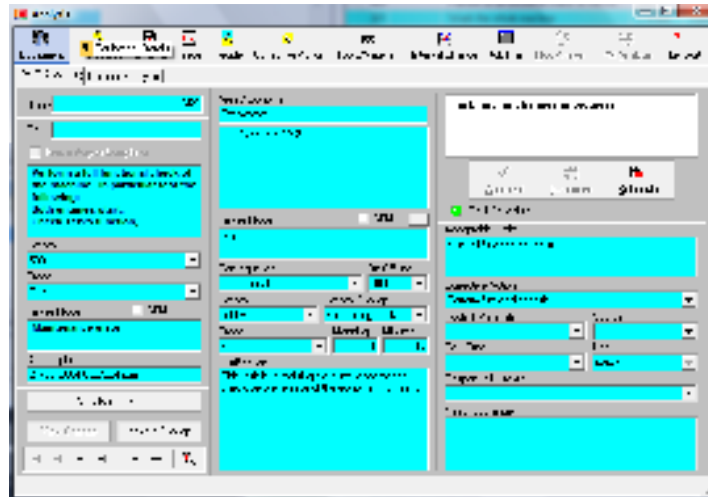
- El estado de la tarea.
- El tipo de tarea con descripción numérica.
- El costo en los tiempos de falla.
- El tipo de componente.

Ilustración 29. Selección de tareas



La ilustración 29 muestra la ubicación de las tareas que se le asignan a cada equipo en este caso las excavadoras.

Ilustración 30. Descripción del tipo de tarea.



4.6.2 Descripción de la Tarea

El vínculo crea una descripción detallada del tipo de tareas, tales como: intervalo en horas de intervención, tipo de accesorio que hay que cambiar, tipo de falla, maquinaria a la cual se hace la intervención, y las más relevante, las consecuencias que se pueden generar con el fallo, además se encuentran opciones como:

- Demora del cambio de las piezas.
- Herramientas y materiales.
- Persona responsable de la intervención, etc.

4.6.3 Aprobación e implementación.

Ilustración 31. Aprobación de la tarea

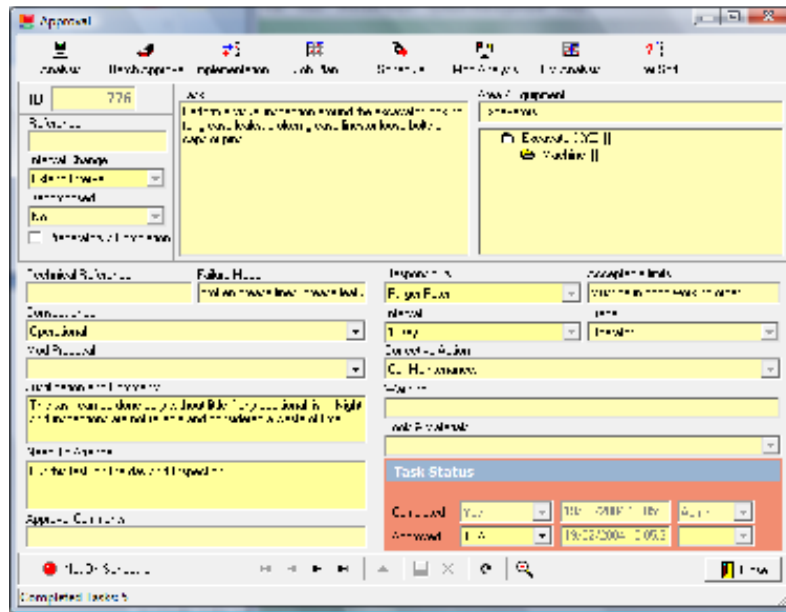
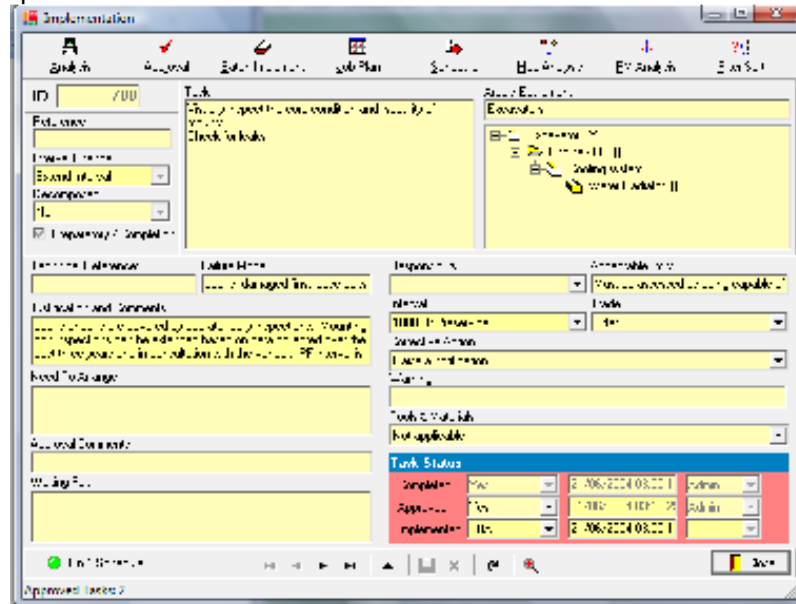


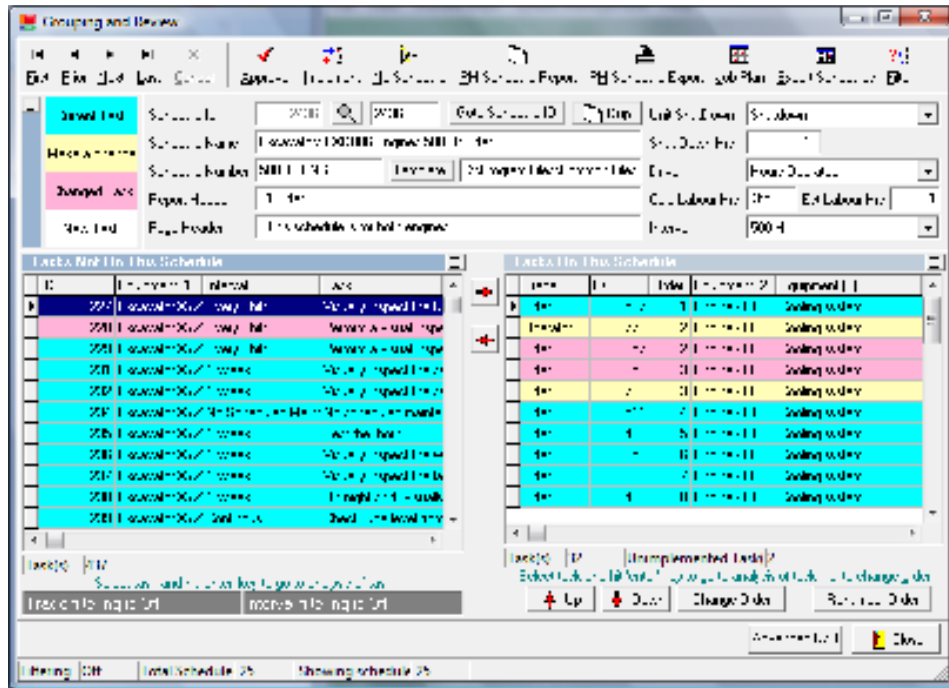
Ilustración 32. Implementación de la tarea



La aprobación e implementación de la tarea es importante, cada una de estas tiene una justificación y la descripción, en caso de que haya una modificación. Cada tarea debe ser autorizada y el software tiene diferentes niveles de autoridad con el fin de que esta información ofrezca utilidad en el futuro, aquí la tarea es aprobada o rechazada, menciona la fecha en que se realiza, ofrece por último una evaluación de consecuencias (Turner, 2009).

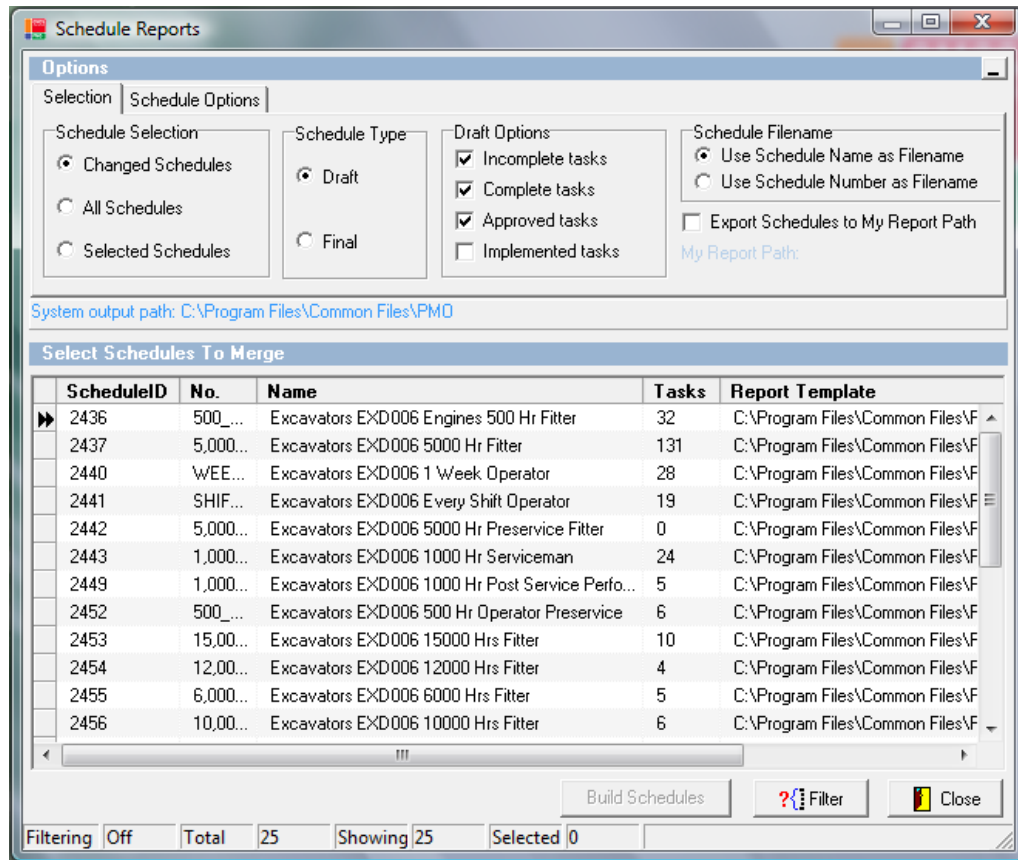
4.6.4 Agrupación y revisión.

Ilustración 33. Agrupación y revisión de la tarea y el modo de falla



El vínculo ofrece una clasificación de las tareas por colores, las tareas que se encuentran en la parte izquierda son todas las tareas posibles a hacer en las excavadoras, como ejemplo del programa; las tareas situadas en el lado derecho, son las tareas que se encuentran actualmente en proceso (de sombreado verde), a las cuales hay que hacer un cambio (de sombreado beige), las que son cambiadas (sombreado rosado) y las nuevas tareas de (sombreado blanco), además facilita el análisis y revisión sobre todo en caso de fracasos en los equipos, retiene la historia y jerarquiza PM tanto activo, inactivo como modificado.

Ilustración 34. Horario



El sistema carga de manera veloz todos los historiales de mantenimiento existentes en formatos electrónicos normales como el Excel (Turner, 2009).

5 CONCLUSIONES

5.1 OBJETIVO 5

Concluir los principales desarrollos obtenidos.

5.2 INTRODUCCIÓN

Las conclusiones son el conjunto de resultados que surgen del análisis, depuración y organización de información encontrada sobre *PMO*, es por esta razón que en este capítulo se pretende presentar las principales conclusiones sobre la documentación existente de *PMO* y los resultados obtenidos al plantear la metodología como una táctica de mantenimiento, en donde se ven las diferencias y similitudes más relevantes con otras tácticas de mantenimiento (RCM).

DESARROLLO DEL CAPITULO

5.3 *PMO* COMO TÁCTICA DE MANTENIMIENTO.

El *PMO* como una alternativa de mantenimiento presenta fortalezas que no presentan otras tácticas, dichas ventajas son:

- El *PMO* analiza los programas de mantenimiento de manera detallada y específica, para permitir al usuario un control minucioso de todas las actividades realizadas en un equipo.
- Las tareas programadas a realizar en los equipos no necesitan de personal altamente entrenado para su ejecución, aprobación e implementación.

- El *PMO* analiza sus actividades desde el actual programa de mantenimiento, lo cual permite depurar las actividades de una especialidad en particular, realizadas en un equipo o planta, convirtiéndolo en un valor el cual se agrega cuando se considera que alguna de las actividades son ineficientes o inefectivas; su implementación es exitosa en plantas por medio de rutas de mantenimiento (lubricación, instrumentación, vibración, entre otras).
- La táctica de mantenimiento *PMO* es altamente efectiva en equipos que presentan numerosos modos de falla y en donde la gran mayoría de estos suelen ser al azar.
- El presupuesto se asigna al análisis de información es por lo general escaso en las diferentes empresas, si este análisis se genera de manera más rápida y eficiente los recursos se convirtieren en activos más rentables, y esto se refleja en un menor impacto tanto en las operaciones como en las actividades rutinarias de las empresas, el presupuesto se asigna al departamento de mantenimiento permite un mayor análisis de equipos, incluso aquellos que representan pequeños ingresos para las compañías, pero que se consideran como insignificantes.
- El *PMO* tiene en cuenta criterios como el medio ambiente, seguridad industrial y la calidad de los productos o las de fallas que afectan directamente estos tres ítems elevan la criticidad del equipo, además permite que se manejen de manera rápida y concisa.
- La táctica ofrece una buena posibilidad de mantenimiento con características similares al RCM, pero con un tiempo de ejecución alrededor de una sexta parte más rápidos y unos costos con mayor rentabilidad.

- La recopilación de tareas de manera detallada es otra de las características del *PMO*, en donde se puede realizar una clasificación de las mismas (recopilación de tareas) y un análisis concreto de las consecuencias de los modos de fallo, dado el caso que la tarea de mantenimiento no haya sido ejecutadas, además de delegar responsabilidades y jerarquizar las formas de aprobación, ejecución e implementación de la tarea.
- El *PMO* maneja la recopilación de manera abierta para un cierto número de usuarios o personas vinculadas en un determinado proceso, con el fin de evitar la alteración de la información a futuro y así poder crear el plan de mantenimiento idóneo para la planta.
- El plan de mantenimiento en esta táctica se basa en el historial de fallas de la planta, prioriza estas por encima de pronósticos de fallas, y de fallas incipientes que no representan mayor riesgos para los equipos, producción y entorno de la planta.
- El *PMO* permite optimizar rápidamente los activos, mediante la planificación eficaz de las paradas programada e intervención de los equipos, permite además un buen manejo del presupuesto de mantenimiento y una amplia cobertura sobre los equipos.
- Las fallas se filtran con el fin de jerarquizar o establecer prioridades en los equipos, así como las consecuencias, tiempos de paro y el costo de los tiempos de parada, estadísticas de qué tipo de maquinas han sufrido un mayor número de fallos o averías.
- El *PMO* es aplicable para todos aquellos departamentos de mantenimiento los cuales no cuentan con suficiente personal, ni con los recursos económicos para establecer otra táctica de mantenimiento.

- La táctica es de fácil entendimiento y no requiere personal que analice posibles fallos, si no, por el contrario se basa en experiencia de pasadas de los modos de fallo de los equipos.
- Los planes de mantenimiento actualmente se desarrollan desde la etapa del diseño y no directamente desde el equipo en funcionamiento.
- El *PMO* ayuda a definir una política clara de mantenimiento: calificación y aprobación del programa actual de mantenimiento, eliminación de tareas innecesarias, contrario a la creación y duplicación de tareas de mantenimiento, tareas que se hacen de manera frecuente y pasivamente que no tienen ningún propósito.
- El *PMO* ayuda después que se implementa se obliga a un mejoramiento constante, a corregir efectos de diseño o limitaciones inherentes a la operación
- El *PMO* maximiza el beneficio que puede lograrse a partir de la aplicación de un CMMS. Un CMMS debe programar tareas eficaces de PM (Turner, 2009).

5.4 DEBILIDADES DEL *PMO*.

El *PMO* tiene una debilidad como las puede tener cualquier otra táctica de mantenimiento, esta debilidad se puede considerar como relativa, ya que es comparada con respecto a otra táctica de mantenimiento (RCM).

El *PMO* no tiene en cuenta todos los posibles modos de falla convirtiéndolo en inseguro y con consecuencias de riesgo para la planta, personal, medio ambiente entre otros.

El *PMO* no garantiza la cero ocurrencia de fallas evidentes simultaneas (pero esto tampoco lo garantiza ninguna otra táctica de mantenimiento), pero esto es lo que hace posible que esta táctica de mantenimiento sea fácilmente ejecutable y rentable para las diferentes empresas.

6 BIBLIOGRAFÍA

Boxwell, Robert J. 1994. *Benchmarking for competitive advantage*. Madrid : Editorial McGraw Hill Companies, Inc.- Traducido al castellano como Benchmarking para competir con ventaja, 1994. ISBN edición en castellano: 84-481-1837-5 - ISBN edición en inglés: 0070068992.

Def@. 2009. Definiciones. Disponible en 2009.
www.efdeportes.com/efd60/tact.htm - 22k.

Definiciones@. 2009. Definiciones. Disponible en 2009.
<http://www.definiciones.como.mx/definicion/T/tactica>.

DIAGNETICS@. 1998.. What is Proactive Maintenance? Disponible en 1998.
<http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/OilAnalysis/oa-what.htm>.

ELLIS@, Herman. 1999. Principles of the Transformation of the Maintenance Function to World-Class Standards of Performance. Disponible en 1999.
<http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/ezine/principles.htm>.

FITCH@, Jim. 2002. Proactive Maintenance's Unruly Cousin - Machinery Lubrication Magazine. Disponible en 2002.
http://www.machinerylubrication.com/article_detail.asp?articleid=335&relatedbookgroup=ContaminationControl.

Geraghty, Tony. 1996. *RCM and TPM complementary rather than conflicting techniques*. USA : Metallurgia, 1996. pág. 231. Vol. 63. ISSN 0141-8602.

IDCON@. 2000. Approach & Philosophy. Disponible en 2000.
<http://www.idcon.com/approach.htm>.

Idhammar, Christer. 1997a. *Maintenance management: moving from reactive to results-oriented* – *Journal Review Pima's Papermaker*. Julio. 1997a. págs. 52 - 55. C. Idhammar es el Presidente de IDCON, Raleigh, NC. ISBN: 02018-00038.

Jones, Richard. 1995. *Risk Based Management: A reliability – Centered Approach* - *Gulf Publishing Company*. Houston : Gulf Professional Publishing, 1995. pág. 282. ISBN-10 0884157857, ISBN-13 978-0884157854 .

Klusman, Robert A. 1995. *Establishing Proactive Maintenance Management – Review Journal - Water / Engineering & Management.* USA : s.n., 1995. págs. 18 - 20.

Marks, John. 1997. *Combining TPM and reliability-focused maintenance (RCM), reliability centered maintenance, electric maintenance & repair.* USA : s.n., 1997. págs. 49 - 52. Vol. Volumen 211. ISSN 0013-4457.

Mora, Gutiérrez - Alberto. 2009. *Mantenimiento Industrial Efectivo.* [ed.] Alberto Mora Gutierrez. 2. Medellin : Coldi Limitada, 2009. pág. 340. Vol. 1. ISBN 978-958-9890-0-2.

MORE@. 1998. SMRP - Casos de estudio - Combining TPM & RCM - Ron Moore The RM Group, Inc.Knoxville, TN and Ron Rath Diesel Technology Company Grand Rapids -. Disponible en 1998. http://www.smrp.org/vl/case_study/rcm1.html - USA - 1998.

Moubray, John Mitchell. 2004. *RCM Reliability Centered Maintenance - Industrial Press Inc.* [ed.] Guilford and Rob Lockhart Biddles Limited. [trad.] Sueiro y Asociados - Argentina Ellman. Primera en castellano. Leicestershire : Aladon Limited, 2004. pág. 433. ISBN 09539603-2-3.

Nakajima, Seiichi, y otros. 1991. *Introducción al TPM Programa Para El Desarrollo.* [trad.] Traducido por Antonio Cuesta Alvarez. Madrid : Editorial Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar, 1991. ISBN 84-87022-81-2.

PIOTROWSKI@, John. 2001. Why Shaft Misalignment Continues to Befuddle and Undermine Even the Best CBM and Pro-Active Maintenance Programs. Disponible en 2001. <http://www.turvac.com/>.

Prahalad, C.K y Hamel, Gary. 1991. *The core competences of the corporation.* s.l. : Harvard Deusto Business Review Referencia 90.311, 1991. págs. 47-67.

Rey, Sacristán Francisco. 1996. *Hacia la excelencia en Mantenimiento.* [ed.] S.L. Tgp Hoshin. Madrid : Tgp Hoshin, S.L., 1996. pág. 411. ISBN 84-87022-21-9.

SCHULTZ@, Bob. 2005. Un Líder sin una visión, no es más que un simple Jefe – Terry Wireman Mantenimiento clase mundia. Disponible en 2005.

http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/management/senecesitanlideres.htm.

Smith, K. 1998. *Modern concepts and methods in maintenance*. USA : s.n., 1998.

TROYER@, Drew. 2001. Reliability-Centered Maintenance and its Meaning to the Oil Analysis Professional. Disponible en 2001. <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/ezone/rcm.htm#up1>.

Tsuchiya, Seiji. 1995. *Mantenimiento de Calidad: Cero Defectos a través de la gestión del equipo*. USA : Productivity Press Inc, 1995. págs. 2 - 4. ISBN 8487022162, ISBN - 13 9788487022166.

Turner, Steve. 2009. OMCS latino America. *OMCS latino America*. [En línea] 2009. www.pmoptimization.com.

Wikipedia@. 2009. Wikipedia. [En línea] 2009. <http://www.wikipedia.com>.

Yamashina, Hajime. 1995. *Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance TPM - Journal of Quality in Maintenance Engineering*. West Yorkshire : s.n., 1995. Vol. Volumen 1. ISSN: 1355-2511.