

**DISEÑO DE UN MANUAL PARA LA IMPLEMENTACION DE UN MODELO DE
GESTION DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA LA
EMPRESA BETONSA LTDA.**

EDUARDO MIGUEL BABILONIA RODRIGUEZ

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA
2012**

**DISEÑO DE UN MANUAL PARA LA IMPLEMENTACION DE UN MODELO DE
GESTION DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD PARA LA
EMPRESA BETONSA LTDA.**

EDUARDO MIGUEL BABILONIA RODRIGUEZ
Código: T00017379

Director: VLADIMIR QUIROZ MARIANO
Ingeniero Mecánico

Codirector: JAIME VERGARA C
Ingeniero mecánico

**PROPUESTA PRESENTADA PARA OBTENER EL
TITULO DE INGENIERO MECANICO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA
2012**

Agradecimientos

Infinitas gracias a mi padre celestial “el señor todo poderoso” que una vez más me ha tomado entre sus manos y me ha puesto en victoria con su infinita gracia y misericordia en esta etapa de mi vida.

A Mis padres: Eduardo Babilonia y Teresa Rodríguez por ser los mejores padres del mundo que con su gran amor que son pilares fundamental y principal de nuestra familia han hecho de mí la persona que soy. Gracias padres por acompañarme en este camino sin desfallecer en momento alguno por realizarme como profesional.

A Yenis Babilonia, por haber sido más que una tía, una hermana mayor que con su gran amor, paciencia, apoyo incondicional y consejos, ha contribuido de una manera solida en mi desarrollo personal, social y profesional.

A Estela Babilonia por sus grandes aportes en cada una de las etapas de mi vida.

A Jaime Vergara Cárdenas por mostrarme el maravillo mundo de Gestión de Mantenimiento y darme la oportunidad de realizar este proyecto en BETONSA LTDA.

A Vladimir Adolfo Quiroz Mariano por su ayuda, apoyo incondicional y gran aporte como Asesor.

A Carmen Margarita Botet por ser la mujer que me acompañó y siempre creyó, y que con su corta experiencia de vida me enseñó que lo más importante no es caer si no saber cómo levantarse y a ser constante en la vida.

A todas las personas en general que participaron directa e indirectamente en este proceso y que de una u otra forma creyeron en mí.

NOTAS DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

JURADO

Cartagena de Indias, 12 Junio de 2012

CONTENIDO

	GLOSARIO	
	RESUMEN	
	INTRODUCCIÓN	
1	GENERALIDADES	23
1.1	RESEÑA HISTÓRICA	23
1.2	PLAN ESTRATÉGICO	23
1.2.1	Visión	24
1.2.2	Misión	24
1.2.3	Objetivos Corporativos	24
1.2.4	Estrategias Corporativas	24
1.2.5	Situación Actual	25
2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	26
3	JUSTIFICACIÓN	27
4	OBJETIVOS	28
4.1	OBJETIVO GENERAL	28
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	28
5	ESTATO DEL ARTE DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	30
6	DISEÑO DEL MANUAL	32
6.1	REQUERIMIENTOS BÁSICOS	32
6.1.1	Check List o lista de verificación	34
6.1.1.1	Implementación del Check List	35
6.2	ESTABLECIMIENTO DE LOS PLANES DE ACCIÓN	36
7	MODELOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	37
7.1	FASE O ESTADO DE GESTION DE MANTENIMIENTO REACTIVO	38
7.1.1	Inventario de equipos y codificación de activos	38
7.1.2	Especificación de equipos (ficha técnica).	40
7.1.3	Ordenes de Trabajo	41
7.1.3.1	Asignación de prioridades a la O.T.	41
7.1.4	Reportes	42
7.1.5	Programación diaria	42
7.1.6	Desarrollo de contratistas	43
7.1.7	Programa de Salud Ocupacional	43
7.1.8	Plan de Manejo ambiental	43
7.2	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PLANEADO-PREVENTIVO	43
7.2.1	Listado de partes	43
7.2.2	Mantenimiento por oportunidad	45
7.2.3	Equipos críticos	45
7.2.4	Plan de mantenimiento	50
7.2.5	Reporte semanal de mantenimiento	52
7.2.6	Estructura de costos de mantenimiento	52
7.2.6.1	Costos fijos	53
7.2.6.2	Costos variables	53
7.2.6.3	Costos financieros	53

7.2.6.4	Costos de fallo	54
7.2.6.5	Costo integral	54
7.2.7	Planificación rutinas (o gamas) de mantenimiento	54
7.2.7.1	Gamas diarias	55
7.2.7.2	Gamas semanales y mensuales	55
7.2.7.3	Gamas anuales	55
7.2.7.4	Información que debe tener una gama de mantenimiento	55
7.2.7.5	Informe de revisión de gamas	55
7.2.8	Administración de paradas de planta	56
7.2.8.1	Alcance de la parada	56
7.2.8.2	Organigrama de la parada	57
7.2.8.3	Aspectos para la optimización de las paradas de planta	57
7.2.8.4	Apoyo del CMMS y otras herramientas de información	57
7.2.8.5	Capacitación del personal	58
7.2.8.6	Estrategias de contratación	58
7.2.8.7	Materiales, equipos y herramientas	58
7.2.8.8	Seguridad, salud ocupacional y medio ambiente	58
7.2.9	CMMS y sistemas de manejo de información	59
7.2.9.1	Objetivos de la informatización	59
7.2.9.2	Fases de la implementación	60
7.2.10	Auditorías de la gestión de mantenimiento	61
7.2.10.1	Auditoría interna del mantenimiento	61
7.2.10.2	Un modelo de auditoría para el mantenimiento	62
7.3	GESTION DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	63
7.3.1	Políticas inventario y compras de repuestos	63
7.3.1.1	Gestión de inventarios y mejoramiento en almacén	65
7.3.1.2	Administración del maestro de inventarios	66
7.3.1.3	Gestión de compras	71
7.3.1.4	Procesos con instructivos a desarrollar y documentar	72
7.3.2	Indicadores de mantenimiento	75
7.3.2.1	Estratégicos	76
7.3.2.2	Tácticos	76
7.3.2.3	Operativos	76
7.3.2.4	Indicadores clave de desempeño	77
7.3.2.4.1	Indicadores de desempeño del equipo	77
7.3.2.4.2	Indicadores de eficiencia en la gestión de mantenimiento	77
7.3.2.5	Indicadores de desempeño de costos	78
7.3.2.6	Evolución de los indicadores para cada fase del modelo	80
7.3.3	Histórico fallas de equipos	81
7.3.4	Herramientas de análisis problemas RCA y FMEA	81
7.3.4.1	Herramientas basadas en RCA	82
7.3.4.2	Herramientas basadas en FMEA	83
7.3.5	Monitoreo en línea	85
7.3.6	Optimización plan de mantenimiento	86
7.3.6.1	Estrategias de control	87
7.3.6.2	Comunicación	88
7.3.6.3	Selección y entrenamiento de planificadores	88

7.3.6.4	Calidad total	88
7.3.7	Técnicas mantenimiento predictivo	89
7.4	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	91
7.4.1	Análisis indicadores de operación planta	93
7.4.2	Optimización equipos	93
7.4.3	Ciclo de vida de activos	94
7.4.3.1	Evaluación y restauración de la condición de los activos	94
7.4.4	Identificación de la condición física de los equipos de proceso	95
7.4.4.1	Desarrollo del archivo de historial de los equipos de proceso	95
7.4.5	Equipo de trabajo por proceso	96
7.4.5.1	Definición de un proceso	96
7.4.5.2	Elementos por procesos	97
7.4.5.3	Documentación de los procedimientos, revisiones, archivos	97
7.4.6	Equipos de trabajo de alto desempeño	98
7.4.7	Mejoramiento de procesos en la organización	98
7.4.8	Análisis probabilístico de fallas	98
7.4.9	Balance Scorecard	98
7.4.9.1	Mapa de balance Scorecard	99
7.4.10	Mantenimiento de clase mundial	100
8	SALUD OCUPACIONAL EN MANTENIMIENTO	101
8.1	PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL	102
8.1.1	Subprograma de medicina preventiva y del trabajo	102
8.1.2	Subprograma de Higiene y seguridad industrial	104
8.1.3	Comité Paritario de Salud Ocupacional	106
9	LA PROTECCION AMBIENTAL EN LA GESTION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	108
9.1	ACCIONES DIRIGIDAS A LAS PERSONAS	109
9.2	LAS ACCIONES DIRIGIDAS A LOS EQUIPOS	109
9.3	ACCIONES DIRIGIDAS AL PROCESO DE MANTENIMIENTO	110
10	ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODELO DE GESTION	112
10.1	DEEFINICION DE LOS PLANES DE ENTRENAMIENTO PARA LAS FASES DEL MODELO	113
10.2	COMPROMISO GENERAL	117
10.3	DIVULGACIÓN Y COMUNICACIÓN	119
10.4	SEGUIMIENTOS	122
11	NUEVAS TENDENCIAS INNOVADORAS EN GESTION DE ACTIVOS	123
11.1	EQUIPOS DE ALTO DESEMPEÑO	123
11.2	APLICACIÓN DEL CONCEPTO SEIS (6) SIGMA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	125
11.3	IMPLEMENTAR CONCEPTUALMENTE EL RCM	129
11.4	TRABAJAR CON METODOLOGIAS DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)	130

12	ASPECTO FINANCIERO	131
13	CONCLUSIONES	135
14	RECOMENDACIONES	137
15	BIBLIOGRAFÍA	138
	ANEXOS	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Pirámide de clase mundial	33
Figura 2	Fases modelo de mantenimiento	34
Figura 3	Cadena de Valor de Mantenimiento	35
Figura 4	Flujo grama fases de mantenimiento	37
Figura 5	Estructura de árbol para codificación	39
Figura 6	Ejemplo listado de partes	44
Figura 7	Componentes de la Confiabilidad Operacional	46
Figura 8	Metodología Básica Análisis de Criticidad	47
Figura 9	Análisis de criticidad	49
Figura 10	Diagrama de barras del análisis de criticidad	50
Figura 11	Flujo de ingreso de materiales	67
Figura 12	Centralización de materiales	69
Figura 13	Interrelación de los niveles y objetivos del negocio del mantenimiento	76
Figura 14	Monitoreo en línea	86
Figura 15	Entradas y salidas de un proceso	96
Figura 16	Diferencias grupo de trabajo tradicional y equipos de alto desempeño	124
Figura 17	Seis (6) sigma	125

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Relación indicadores de gestión y áreas de negocio	79
Tabla 2	Indicadores fases del modelo	81
Tabla 3	Indicadores de confiabilidad operacional	131
Tabla 4	Beneficios económicos iniciales por implementación de modelo de gestión	133

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Formato de Check List	141
Anexo B	Formato plan de acción	146
Anexo C	Formato para la toma de inventario	147
Anexo D	Formato de ficha técnica	148
Anexo E	Formato de orden de trabajo	149
Anexo F	Formato plan de mantenimiento anual	150
Anexo G	Formato gama de mantenimiento	151
Anexo H	Formato entrega de equipos	152
Anexo I	Evolución del mantenimiento en el ámbito mundial	154
Anexo j	Indicadores de desempeño de equipos	161
Anexo K	Indicadores de eficiencia en la gestión de mantenimiento	162
Anexo M	Indicadores de desempeño de costos	163

GLOSARIO

Accidente de trabajo: es todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, aun fuera del lugar y horas de trabajo.

Activo: término contable para cualquier recurso que tiene un valor, un ciclo de vida y genera un flujo de caja, puede ser humano, físico y financiero intangible. Por ejemplo: El personal, Centros de Trabajo, Plantas, Equipos.

Análisis Causa Raíz (RCA - Root Cause Analysis): metodología usada para identificar factores causales de fallas, relacionados a gente, procesos, y tecnología, con el objeto de resolver problemas.

Análisis de Criticidad: es la herramienta que permite establecer bajo criterios homologados, jerarquías entre sistemas, equipos y componentes, de acuerdo a su impacto total en el proceso, obtenido de la influencia combinada de la probabilidad de ocurrencia de fallas y la severidad medida en sus consecuencias en la seguridad, ambiente, operación y costos, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones.

Análisis RAM (Reliability, Availability and Maintainability Analysis): es el estudio que determina los valores esperados de pérdidas de producción y la no disponibilidad de un proceso de producción, de acuerdo a la configuración o arreglo de los equipos, las fallas aleatorias, las reparaciones, las paradas parciales y totales, las pérdidas de capacidad por degradación de sus componentes y el tiempo fuera de servicio por mantenimiento planeado.

Avería, Daño o Falla: cese de la capacidad productiva de un equipo o instalación para realizar su función específica, evento o estado inoperable, en el cual parte de él, no funciona o no funcionaría como previamente se especificó.

Aviso de avería: describe un daño o una falla en un determinado equipo o sistema que restringe su desempeño de alguna manera; el aviso de avería se utiliza para notificar que el equipo o sistema se encuentra fuera de operación por falla o funcionando fuera de las especificaciones de diseño y operación.

Aviso de actividad: documentación de las actividades ejecutadas que no ameritan el uso de una orden de trabajo.

Aviso de Solicitud PM: solicitud para realizar trabajos de apoyo diversos en los cuales se utilizan recursos de mantenimiento y en rehabilitaciones, modificaciones o

modernizaciones. Estas actividades no son propias de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Entre estas actividades de apoyo se pueden mencionar las siguientes: instalación de equipos nuevos, supervisión en la construcción, arranque de equipos, reubicaciones, rotulación, entre otros.

Backlog: trabajo programado el cual no ha sido terminado en una fecha requerida. El período de retraso de cada orden de trabajo, se define como la diferencia entre la fecha actual y la fecha requerida. El backlog se mide generalmente en semanas.

Brecha de competencias: la diferencia entre el perfil de competencias que tiene el personal y el perfil de competencias requerido por el puesto. La diferencia entre el nivel de dominio esperado en el puesto y el nivel de dominio obtenido a través de la evaluación.

Causa de falla: circunstancias durante el diseño, manufactura o uso que ha conducido a que un sistema, equipo o componente se encuentre fuera de operación.

Capacidad: cantidad definida hasta donde se puede llevar dentro de los estándares de operación en desempeño óptimo un equipo o uno proceso; esta capacidad puede ser o no la de diseño.

Centro de Trabajo: aquella entidad constituida por organizaciones e instalaciones interrelacionadas e interdependientes entre sí, que persiguen un mismo fin, el cual en la mayoría de los casos es productivo, pero que no está limitado sólo a éste. En un Centro de Trabajo, las organizaciones realizan funciones preponderantemente administrativas, mientras que las instalaciones realizan actividades preponderantemente productivas.

Ciclo de Vida: tiempo durante el cual un equipo o componente conserva su capacidad de utilización. El periodo abarca desde diseño, instalación, puesta en marcha, operación, Mantenimiento hasta que es sustituido o es objeto de Restauración/Rehabilitación.

Competencia: conjunto de conocimientos y destrezas necesarios para el desempeño de las funciones en un puesto de trabajo.

Conductas observables: son aquellas actuaciones o acciones específicas, que al ser aplicadas a situaciones de trabajo, demuestran la presencia de una competencia.

Confiabilidad: es la probabilidad de funcionamiento libre de falla para un período determinado, bajo un contexto operacional definido.

Consecuencia: resultado de un evento. Pueden existir una o más consecuencias de un evento. Las consecuencias pueden variar de positivas a negativas.

Las consecuencias de un evento pueden ser expresadas cualitativa o cuantitativamente, los modelos para el cálculo de consecuencias deben tomar en cuenta el impacto en seguridad, higiene, ambiente, producción, costos de reparación e imagen de la empresa.

Contexto Operacional: las circunstancias bajo las cuales se espera que opere un activo físico.

Criticidad: es una característica que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

Defecto: causa inmediata de una falla (des alineamiento, mal ajuste, fallas ocultas en sistemas de seguridad, entre otros).

Disponibilidad: una medida del grado por el cual un ítem está en un estado operable y confiable en el inicio de una función, cuando la función es solicitada en cualquier momento (aleatorio).

Desempeño deseado: el nivel de productividad lograda sobre una capacidad deseada por el dueño o usuario de un activo físico o sistema.

Ejecución: proceso mediante el cual se efectúan las actividades planificadas y programadas.

El ciclo PHVA: es una herramienta de la mejora continua, presentada por Deming a partir del año 1950; se basa en un ciclo de 4 pasos: Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act). Es común usar esta metodología en la implementación de un sistema de gestión de la calidad, de tal manera que al aplicarla en la política y objetivos de calidad así como en la red de procesos, la probabilidad de éxito es mayor.

Emergencia: falla que requiere una atención inmediata por mantenimiento, a fin de evitar potencial peligro a la seguridad del personal, trabajadores, comunidad, ambiente, instalaciones y producción.

Situación derivada de un incidente/accidente que puede resultar en efectos adversos a los trabajadores, la comunidad, el ambiente y/o las instalaciones y que por su naturaleza de riesgo, activa una serie de acciones para controlar o mitigar la magnitud de sus eventos.

Energías peligrosas: son todas las formas de energías (eléctrica, mecánica, térmica, cinética, neumática, hidráulica, radioactiva, potencial y otras), que están presentes en los equipos o instalaciones, que puedan construir riesgo contra la seguridad e integridad física de los trabajadores, equipos e instalaciones.

Equipo de Trabajo: conjunto de personas que actúan alineados y enfocan su esfuerzo, conocimientos, habilidades y destrezas al logro de un objetivo común mediante la asignación de roles y responsabilidades que facilitan su funcionamiento.

Equipo Multidisciplinario: son equipos de trabajo conformados por personal de distintas especialidades o disciplinas sin importar el área al que pertenece y con un compromiso único.

Equipo Multifuncional: son equipos de trabajo conformados por personal que representa las diferentes áreas o funciones involucradas en la actividad a desarrollar.

Equipo Natural de Trabajo: son equipos de trabajo conformados por personal involucrado directamente en la actividad a desarrollar por el equipo, sin importar su área o especialidad.

Falla: terminación de la habilidad de un activo para ejecutar una función requerida.

Falla Funcional: se define como la incapacidad de cualquier elemento físico (ubicación técnica) de satisfacer los parámetros de funcionamiento deseados.

Fallas Recurrentes: son aquellos eventos repetitivos o crónicas. En ocasiones resultan de bajo impacto, por lo que su efecto acumulado es desapercibido por los que operan o mantienen la instalación.

Ficha de Mantenimiento: documento que contiene la descripción de las intervenciones detalladas a las cuales se pueden ejecutar actividades con una metodología definida en un activo, repuesto o componente de un equipo productivo.

Gamas: procesos descriptivos y métodos de mantenimiento y reparación, que unidas a las operaciones de mantenimiento, nos permitirían definir una Ficha de Mantenimiento completa.

Para definir una gama de mantenimiento preventivo de un determinado equipo, debemos establecer el equipo, familia (tipo), periodicidad, tipo de mantenimiento, estado (marcha, parado, frenado, otro), especialidad, acciones a realizar y tiempo previsto.

Hoja de Ruta: lista de todas las tareas de mantenimiento u operaciones que se deben realizar a un equipo o ubicación técnica. Para cada operación se especifica la periodicidad con que debe realizarse, el puesto de trabajo que debe realizarla, el material y herramientas necesarias, así como el tiempo estimado de ejecución. Las hojas de ruta son la base para la creación de las órdenes de mantenimiento.

Tipos de Hoja de Ruta:

- Para equipos.
- Para Ubicaciones Técnicas.
- Instrucción general (para equipos o ubicaciones técnicas similares).

Incidente de trabajo: suceso acontecido en el curso del trabajo o en relación con este, que tuvo el potencial de ser un accidente, en el que hubo personas involucradas sin que sufrieran lesiones o se presentaran daños a la propiedad y/o pérdida en los procesos.

Indicadores: parámetro numérico que mide el desempeño utilizando un factor crítico identificado en las personas, la organización o en los procesos respecto a los objetivos y las metas del negocio.

Ingeniería de Mantenimiento: el conjunto de filosofías encaminadas a realizar las tareas de diseño, construcción y mantenimiento por las cuales se logra la Confiabilidad y la Mantenibilidad deseada.

Inspección Basada en Riesgo (IBR): es una metodología sistemática, cuyo objetivo es estimar el riesgo asociado a la operación de equipos estáticos y evaluar la efectividad del plan de inspección (actual o potencial) en reducir dicho riesgo. Está basada en la ejecución de una serie de cálculos para estimar la probabilidad y la consecuencia de una falla de cada equipo estático de proceso.

Ítem: término específico usado para denotar cualquier producto, incluyendo sistemas, partes materiales, sub-ensambles, conjuntos, accesorios, entre otros.

Jerarquización: ordenamiento de acuerdo a su prioridad.

Know How: proviene del inglés y significa: "saber cómo o saber hacer". Consiste en las capacidades y habilidades que un individuo o una organización posee en cuanto a la realización de un tarea específica. Con el Know How se obtiene exclusividad para utilizar y mantener la propiedad industrial sobre un proceso u objeto. De esta forma, se usa como una gran ventaja competitiva al hacer el producto o servicio más valioso.

MAF's: medios Auxiliares de Fabricación: Grúas, Maquinas de Soldar, Herramientas Especiales, Brazos Hidráulicos, Andamios y otros.

Mantenibilidad: es una función determinística que identifica la facilidad con la cual una actividad de mantenimiento puede ser ejecutada en un equipo, se identifica como MTTR y es un indicativo de la Mantenibilidad y es función del diseño y la tarea a efectuar, considerando siempre el uso de recursos humanos y materiales adecuados.

Mantenimiento: es la combinación de actividades técnicas y administrativas efectuadas en un Activo, con el objeto de restaurarlo a un estado que le permita continuar desempeñando la función requerida.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC o RCM): es un proceso analítico y sistemático basado en el entendimiento de la función de los sistemas y las fallas funcionales, establece tareas óptimas y estrategias de mantenimiento de tipo predictivo, preventivo, detectivo, rediseño y operación hasta la falla, para la estructuración de un plan que dé respuesta a los requerimientos de mantenimiento para un contexto operacional específico.

Mantenimiento Correctivo: todas las acciones desempeñadas como resultado de una falla, para restituir un Activo a su condición específica. Se clasifica en mantenimiento correctivo de urgencia y mantenimiento correctivo programado de acuerdo a la prioridad de la actividad.

Mantenimiento Predictivo: mantenimiento basado en la medición de la condición de un equipo para evaluar su probabilidad de falla durante algún período futuro con objeto de tomar la acción apropiada para evitar las consecuencias de esa falla.

La condición del equipo es monitoreada usando monitoreo de Condición, técnicas de Control Estadístico de Proceso, monitoreo del Funcionamiento del equipo con un hardware y software específicos y/ o a través del uso de los Sentidos Humanos. Los términos Mantenimiento Basado en Condición, Mantenimiento en Condición y Mantenimiento Predictivo pueden ser usados indistintamente.

Mantenimiento Preventivo: es una de las estrategias para mantenimiento de equipos basada en la restitución de un activo a una condición específica, mediante la inspección y detección sistemática, y la prevención de fallas incipientes, aplicado en intervalos fijos independientemente de su condición actual.

Matriz de Criticidad: es la representación gráfica que permite identificar y comparar cada modo de falla con el total de todos los otros modos de falla con respecto a la severidad.

Metodologías de Confiabilidad: representan los procesos de análisis que permiten sistematizar la solución de problemas en equipos, instalaciones y procesos industriales. Entre éstas, las más conocidas son: Análisis de Criticidad (AC), Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC o RCM). Análisis Causa Raíz (ACR), Inspección Basada en Riesgo (IBR), Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad (Análisis RAM), Optimización Costo – Riesgo (de refacciones o frecuencias de mantenimiento), entre otras.

Modo de Falla: es la manera observada de una falla. Un evento único, que causa una falla funcional.

Nivel de dominio: es el grado o nivel en que una persona domina una competencia.

Optimización Costo – Riesgo: el Modelo Costo Riesgo permite comparar el costo asociado a una actividad de mitigación del riesgo (mantenimiento preventivo,

mantenimiento predictivo, reemplazo, reacondicionamiento, rediseño, actualización tecnológica, nivel de inventario de repuestos, entre otras), entre el nivel de reducción de riesgo o mejora en el desempeño, debido a dicha acción. El modelo permite saber “cuanto obtengo por lo que gasto”.

Orden de Trabajo (OT): documento usado por el área mantenimiento para controlar las tareas de mantenimiento. Incluye la información de la descripción del trabajo requerido, la prioridad de la tarea, el procedimiento del trabajo aplicable, los repuestos, materiales, herramientas y equipo auxiliar requerido para terminar el trabajo, las horas de mano de obra, costos y materiales consumidos en la terminación de la tarea, así como también información clave de las causas de falla, que trabajo fue desarrollado y otros.

Panorama de Factores de Riesgo: es el reconocimiento pormenorizado de los factores de riesgo a que están expuestos los distintos grupos de trabajadores en una empresa específica, determinando en éste los efectos que pueden ocasionar a la salud de los trabajadores y la estructura organizacional y productiva de la empresa.

Permisos de trabajo: es una herramienta de comunicación para la ejecución de un trabajo, mediante la cual se garantiza que los métodos y el sitio para realizar el trabajo ofrecen condiciones seguras, permitiendo conocer a las partes involucradas, los riesgos del trabajo y las medidas que se deben adoptar para su control.

Planificación: proceso sistemático o metodológico mediante el cual se determinan las actividades requeridas a corto, mediano y largo plazo para la realización de un trabajo con objetivos determinados.

Plan de capacitación: conjunto de eventos de capacitación y adiestramiento dirigidos a cerrar la brecha de competencias del puesto.

Priorización: la importancia relativa de una tarea en relación u otras tareas.

Prioridad de emergencia: importancia definida sobre el mantenimiento que debe ser hecho inmediatamente después de detectada su necesidad.

Prioridad de urgencia: importancia definida sobre el mantenimiento que debe ser realizado a la brevedad posible, de preferencia sin pasar las 24 horas, después de detectar su necesidad.

Prioridad normal: importancia definida sobre el mantenimiento que puede ser postergado por algunos días.

Probabilidad: una medida (expresada en porcentaje o razón) para estimar la posibilidad de que ocurra un evento.

Programación: proceso mediante el cual se acuerda y determina la fecha de inicio y fin de un trabajo, de acuerdo a la disponibilidad de recursos.

Riesgo: probabilidad de que ocurra un daño.

Rol: es el nombre con el que se define una función a realizar en el sistema de soluciones de industria, compuesta por uno o más perfiles.

SAP: por sus siglas en inglés Sistemas, Aplicaciones y Productos en procesamiento de datos, es el sistema institucional para administrar los recursos de la empresa, que incluye al módulo de mantenimiento PM (Plant Maintenance).

Taxonomía de equipos: es la clasificación consistente y formal de equipos, ubicaciones y eventos (fallas), incorpora cada pieza de equipo, sus componentes, eventos de mantenimiento y de operación, catálogos de fallas, el desarrollo y la compilación de indicadores clave de desempeño (KPI's).

Tiempo Promedio Entre Falla (TPEF o MTBF): es el valor que permite conocer el tiempo promedio que estuvo operando un equipo, o un grupo de equipos, antes que ocurra una falla.

Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR o MTTR): es el valor que permite conocer el tiempo promedio de una reparación cada vez que ocurre una falla. Este indicador es comúnmente utilizado para dimensionar la influencia de los tiempos de reparación de un equipo, que en adición al resto de tiempos asociados a la cadena ejecución de actividades (tiempo de interrupción total), afectan a la mantenibilidad (a menor MTTR mejorará la mantenibilidad).

Trabajos en altura: se define como cualquier actividad o desplazamiento que realice un trabajador mientras este expuesto a un riesgo de caída de distinto nivel, cuya diferencia de cota sea aproximadamente igual o mayor a 1.5 metros con respecto del plano horizontal inferior más próximo. Se considera también trabajo en altura cualquier tipo de trabajo que se desarrolle bajo nivel cero, como son: pozos, ingreso a tanques enterrado, excavaciones de profundidad mayor 1.5 metros y situaciones similares; en estos casos se comienza a compartir conceptos de trabajo en espacios confinados.

Trabajos en caliente: son todas las actividades que implican la aplicación o generación de calor durante su ejecución y donde el calor generado es de magnitud e intensidad suficiente para producir ignición de los vapores o gases derivados de la pirolisis o descomposición de materiales combustibles o inflamables (punto de chispa).

Trabajos en espacios confinados: son todas las actividades que se ejecutan en espacio con aberturas limitadas de entrada y salida en cuanto a la seguridad y rapidez, ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, o tener una atmósfera deficiente en oxígeno,

y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador. En cuanto a las condiciones atmosféricas, se refiere al estado en el cual se encuentra el espacio confinado en cuanto a concentración de gases en el aire.

RESUMEN

Betonsa Ltda. para estar a la vanguardia de los cambios sociales y avances tecnológicos producto de la globalización, considera que es imprescindible generar un valor agregado en el servicio que presta a sus clientes, lo que justifica el diseño de una herramienta de gestión como es el Manual de Mantenimiento Basado en Confiabilidad ; el parámetro que se siguió para el desarrollo de este manual fue la pirámide de clase mundial para mantenimiento en la que se establecen los pasos representados en fases de gestión de mantenimiento así: Correctiva, Planeación-Preventiva, Predictiva y Basado en Confiabilidad,

Cada fase está conformada por una serie de aspectos referentes a la organización y metodologías de trabajo, que se deben desarrollar, y que son los que aseguran el logro de la madurez en el proceso de mantenimiento, lo que facilita y garantiza pasar de una fase a la siguiente, hasta llegar al modelo deseado y planteado en este proyecto.

Para que la implementación de un modelo de gestión sea exitoso se debe contemplar en este proceso el análisis de las pautas requeridas para que el personal de mantenimiento y de otras áreas involucradas asuman el reto del cambio de manera proactiva, con un compromiso total de la Gerencia y con el establecimiento de el mecanismo de comunicación a todos los niveles de la compañía y asegurar así que todos trabajan para el objetivo común que es la mejora de la confiabilidad operacional.

Y por ultimo Como cada empresa tiene expectativas y presupuestos diferentes para invertir en proyectos de esta envergadura, entonces el modelo financiero trabajado para este proyecto se orienta en describir en forma general, los ahorros y beneficios que se logran al implementar herramientas como las del modelo de gestión. Estos beneficios impactaran positivamente en la preservación y aumento de vida útil de los activos y que será un efecto dominó en el cumplimiento de las metas de producción, a unos costos óptimos en un entorno seguro y cuidado del medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

En una economía de apertura económica como la de hoy, las empresas deben ser competitivas teniendo como focos estratégicos los aspectos: social, económico, tecnológico y el medio ambiente. Lo que le permitirá estar preparados y enfrentar con dinamismo los cambios del entorno; así como ofrecer productos y servicios competitivos de valor agregado para sus clientes

Betonsa Ltda. cuya misión se concentra en la prestación de servicios a las organizaciones para contribuir en la optimización de sus procesos y la preservación de la vida útil de sus activos productivos, se debe preparar para asumir los desafíos que acompañan a las empresas de hoy, por tal razón está revisando su proceso interno para mejorarlo, y el resultado es un plan de acción que se orienta al diseño de manual basado en confiabilidad como una estrategia administrativa y técnica que soporte su know How.

Las actividades inherentes a esta estrategia están orientadas a definir y construir documentos que soporten el cómo implementar el paso a paso y el generar un cambio en las organizaciones en su modelo de gestión y que como resultado de ello, una mayor confiabilidad en sus procesos productivos.

Otro de los propósitos del desarrollo de este manual es la búsqueda de presentar las posibles soluciones para satisfacer las expectativas de los clientes internos y externos mostrando indicadores con metas alcanzables en tiempos razonables, con el control de las inversiones al evaluar cada mejora y cada cambio dentro de las estrategias de las organizaciones.

El Manual de mantenimiento integra los siguientes aspectos: situación actual de la empresa Betonsa Ltda. su visión, misión, objetivos estratégicos y organigrama que se convirtieron en fuente de consulta para definir los criterios a seguir para la formulación del problema y el diseño del Manual de Mantenimiento basado en Confiabilidad, así como todos aquellos aspectos que se interrelaciona con el Mantenimiento como la Salud Ocupacional y Medio Ambiente para garantizar la salud física y mental de los trabajadores en su ambiente de trabajo y la contribución con la adopción de las medidas pertinentes en las actividades de mantenimiento para disminuir su impacto ambiental.

Y por ultimo establecer las directrices para la implementación exitosa de un modelo de gestión de mantenimiento en las empresas, que se logra con el compromiso de la gerencia y la implementación de todas las fases para llegar a una cultura de mantenimiento basado en confiabilidad.

1 GENERALIDADES

Betonsa Ltda., es una compañía de capital mixto Colombiano, integrada por profesionales de alta experiencia en las áreas de Gestión de Activos, proyectos de automatización y reingeniería de procesos entre otros, y está asociada a organizaciones exitosas, que presta sus servicios dentro de la filosofía de aportar para generar cambios y crecimiento inducido, y ser asumido como propio en las organizaciones que la contratan.

Es una compañía que se originó por requerimientos en la industria en general, orientándose a prestar servicios de Ingeniería en el área de Gestión de Activos, para industrias con procesos productivos continuos, con necesidades de mejoramiento internos, orientando a generar cambios que sean asumidos e interiorizados con indicadores definidos previamente, permitiendo que sean sostenibles en el tiempo; dentro de una metodología propia y con definiciones estratégicas alineadas con los la misión, visión, objetivos y estrategias de las organizaciones que la solicitan, coadyuvando a que con soportes técnicos, logísticos y de seguridad, al ser aplicados con alta calidad en cada compañía se den los cambios y se genere en ellas lo requerido para orientar sus procesos y métodos a obtener resultados de clase mundial.

1. 1 RESEÑA HISTORICA

Betonsa Ltda. compañía que se gestó a finales de los años 90 y entra en operación a inicios del año 2004, en un principio generará para sus socios aportes y soportes básicos de consecución de logros profesionales personales particulares, reorientándose en el año 2006 a la prestación de servicios de Ingeniería, vinculando para ello profesionales y filosofías salidas de metodologías de mejoramiento continuo asumiendo que sus clientes serán líderes del mercado aportando cambios a sus paradigmas internos, en búsqueda de mejoramiento sobre las metodologías implementadas en equipos de alto desempeño en sus fundadores dentro de su experiencia en industrias de procesos continuos.

La vinculación de técnicos profesionales y metodologías modernas le permite estar a la vanguardia para ofrecer a sus clientes los cambios que esperan sustentados con experiencia y documentados, que permitan establecer la ruta para la estandarización de los procesos contratados , originando con ello una fiabilidad y entendimiento mutuo para así crecer conjuntamente y ser altamente exitosos y rentables.

1.2 PLAN ESTRATEGICO

El crecimiento de Betonsa Ltda. Ha sido planeado dentro de las estrategias, permitiendo cada vez ser mas considerado un aliado requerido como proveedor de servicios, su entrega a sus clientes está enmarcada en su plan estratégico de crecimiento, permitiendo que la mejora continua interna se realice de manera fácil y con la orientación a poder estar certificados en ISO 9001 para el año 2013 y lograr un mejoramiento continuo sostenible.

La base estratégica de su crecimiento y proyección se fundamenta en la Vinculación de profesionales con experiencia, formados en diferentes disciplinas técnicas, administrativas y con las competencias y conocimiento en metodologías modernas, proactivos y comprometidos en generar mejoramientos a nuestros clientes, permaneciendo en actualización continúa de metodologías y modelos integrados de producción confiables.

Esta compañía avanza con firmeza hacia el encuentro de mejores clientes que le permitan el crecimiento y su fortalecimiento para continuar generando cambios reales en procesos productivos, con indicadores claros de desempeño que lo lleven al logro de la visión establecida y a su rentabilidad.

1.2.1 Visión. Ser en el 2015 una empresa que integre servicios de consultoría, proyectos y soporte técnico especializado, convirtiéndose en un aliado estratégico de sus clientes, y que puedan dedicarse a la razón de ser de sus negocios.

1.2.2 Misión. Garantizar en forma integral la confiabilidad de los servicios que prestan para que les permitan a nuestros clientes ofrecer sus productos o servicios con valor agregado, asegurando así su permanencia en el mercado globalizado.

1.2.3 Objetivos Corporativos. Integrar equipos en búsqueda de la mejor alternativa, optimizando los resultados de sus asociados, apoyando los cambios continuos de mejoramiento interno, facilitando con ellos su crecimiento sostenible.

Ofrecer seguridad en sus proyectos, diseños y acompañamientos, permitiendo que los cambios propuestos y logrados sean exitosos, con mediciones lógicas y seguimientos constantes hasta lograr normalizaciones y estabilizaciones por los cambios generados en los sistemas de gestión de sus asociados.

1.2.4 Estrategias Corporativas. Validar con sus clientes los requerimientos y expectativas y con base en ellos plantear las mejoras, evaluando los costos de inversión y su retorno en el tiempo, definiendo las etapas escalonadas de mejoramientos con detalles de participación y cambio gradual de los roles en la búsqueda de coadyuvar en los cambios, trabajando con dedicación y compromiso.

Adelantar con metodologías de Coaching en las implementaciones y en la construcción de procedimientos, para que el personal de nuestros asociados desarrolle las habilidades necesarias, que le permitan el manejo del cambio de manera eficiente y que sea asumida como propia y sostenible en el tiempo.

1.2.5 Situación Actual. Muchas organizaciones reconocen y han escuchado sobre los requerimientos y la necesidad de acometer en sus organizaciones los temas que los orientan a mejorar su procesos, muchos los cuales giran alrededor de una mejor productividad y mejoras internas que pudieran tener en control los objetivos de producción y llegar a cumplir las metas definidas en ventas logrando cumplir medianamente sus objetivos de producción.

En la actualidad la organización considera clave el cumplimiento de metas de producción y para ello tiene bien definido el tener confiabilidad en sus procesos internos. Allí es donde muchas empresas en la actualidad tienen oportunidades y ello se logra en el acometer en cortos plazos soluciones que pudieran ser la razón de su mejoramiento sobre la búsqueda de esa forma es que aún persisten en el medio, organizaciones, se utilizan al igual asesores que nos orientan en la búsqueda de soluciones rápidas, para lograr colocar nuestros productos en clientes que pudieran ser rentables de manera inmediata.

Ahora bien una estrategia a usar es el vincular profesionales a las empresas que puedan ser gestores de cambio hacia el mejoramiento de la organización, ya que vienen de organizaciones con una madurez definida en temas de gestión de cambio o que por el otro lado vienen desde el alma mater con fundamentos claros con la experticia para lograr implementaciones duraderas en sus empresas.

El punto de partida para cuales quiera de los dos casos posibles de implementación de mejoras son una evaluación detallada del estado actual encontrado o punto de partida y desde allí con definiciones claras y con acompañamientos específicos lograr una maduración que a la postre es una sola manera de ver las cosas en pos de resultados óptimos de la compañía.

Los argumentos de unificación de los lineamientos de orden y claridad en una empresa y esto permitirán, adelantar con pasos propios con evaluaciones internas para llegar a una solución de unificación trabajando todos en la misma dirección y así poder mejorar de manera optima.

2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las fortalezas de Betonsa Ltda., están orientadas a la prestación de servicios para generar soluciones técnicas aplicadas en la optimización de los posesos, coadyuvar en el mejoramiento de estos y ofrecer servicios de valor agregado en la gestión de mantenimiento, para ello debe estandarizar su ofrecimiento a las organizaciones que lo consultan.

En la actualidad se posee una información que aporta indiscriminadamente un mejoramiento, sin un soporte dentro de una norma, y por ende los aliados que solicitan estos servicios ven con temor y con dudas no sustentables la falta de una metodología con orientación formal que pueda ser implementadas en sus organizaciones, sobre este temor infundado, pero entendible salido de encuestas de prestación de servicio, es que Betonsa Ltda., espera mejorar su soporte logístico mostrando una herramienta dentro de estándares y controlada, hacia la industria en general para mejorar su calificación y proseguir la consolidación de sus procesos internos.

Apoyado en las estrategias de mejoramiento continuo y definiendo las necesidades hacia los clientes potenciales, se planteo esta alternativa para desarrollar, a partir de modelos estándares y con el soporte de la pureza del conocimiento de estudiantes del alma mater.

3 JUSTIFICACIÓN

Con el desarrollo de este proyecto se busca aportar una herramienta para la empresa Betonsa Ltda., que igualmente describe detenidamente una ruta a seguir e incorpora las estrategias de gestión para implementación de un modelo de mantenimiento basado en Confiabilidad; que le permita prestar servicios de consultoría en gestión de mantenimiento y dar soluciones que se ajusten a las necesidades en particular de cada compañía y cuyos resultados se traducen en la rentabilidad de estas, soportada en disponibilidad y confiabilidad de los equipos, máquinas, herramientas e instalaciones para preservar la vida útil de los mismos y la consecución de lo definido en sus visiones, misiones y estrategias como entes corporativos.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un manual de mantenimiento como herramienta de consulta para la empresa Betonsa Ltda., que describa los pasos a seguir en el desarrollo de un modelo de mantenimiento basado en Confiabilidad, y ajuste de este a las necesidades particulares de la industria en general que le soliciten sus servicios de implementación.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir la pirámide de clase mundial como estándar a seguir para el diseño y desarrollo del manual de Mantenimiento Basado en Confiabilidad.
- Diseñar la herramienta (ejemplo de formato de Check List) para evaluar el estado actual de la gestión de mantenimiento de una empresa con el fin de establecer y desarrollar los planes de acción de las brechas encontradas.
- Describir la metodología, soportada con un flujograma, de los diferentes pasos que se deben cumplir para garantizar la madurez y la transición de los modelos de gestión de mantenimiento Correctivo, Planeado-Preventivo, Predictivo y Basado en Confiabilidad.
- Especificar y establecer los principios a desarrollar en la fase de Mantenimiento Correctivo para garantizar el paso a la fase de Mantenimiento Planeado –Preventivo.
- Definir y establecer los aspectos a desarrollar en la fase de Mantenimiento Planeado –Preventivo para garantizar el paso a la fase de Mantenimiento Predictivo.
- Definir y establecer los elementos a desarrollar en la fase de Mantenimiento Predictivo para asegurar el paso a la fase de Mantenimiento Basado en Confiabilidad.

- Definir y establecer los aspectos a desarrollar en la fase de Mantenimiento Basado en Confiabilidad, para consolidar su desarrollo y madurez.
- Describir los fundamentos que componen la Salud Ocupacional, las responsabilidades y la contribución del área de Mantenimiento en el logro y la alineación de sus objetivos y metas para garantizar la salud de los trabajadores en su puesto de trabajo, cuyos resultados se reflejan en la confiabilidad de los procesos.
- Describir y determinar los elementos que se deben tener en cuenta en el área de Mantenimiento que involucra a las personas, equipos y el proceso en sí, para contribuir al cuidado y protección del medio ambiente.
- Definir las directrices para el diseño e implementación del proceso de entrenamiento en el modelo de Gestión de Mantenimiento con el fin de lograr alinear a las personas a la nueva filosofía de gestionar el mantenimiento y poder alcanzar el éxito esperado.
- Involucrar y asociar al modelo de gestión de mantenimiento el concepto de seis sigma, la estrategia de equipos de alto desempeño y la filosofía de Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.) con el fin de hacer una mezcla efectiva de los recursos y contribuir con el crecimiento y consolidación de un proceso de mantenimiento, acorde a las tendencias en la gestión de los activos.
- Establecer los lineamientos para el diseño de un modelo financiero que ajuste a los requerimientos para la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento.

5 ESTADO DEL ARTE DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

La historia del mantenimiento desde el principio de los tiempos acompaña el desarrollo técnico-industrial de la humanidad, al finalizar el siglo XIX, con la necesidad de mecanizar la industria, surgen las primeras reparaciones con el claro objetivo de asegurar la producción. Hasta 1914 antes de la primera guerra mundial, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación y producción. La mayoría de las fallas que se experimentaban eran consecuencia del uso incorrecto de la maquinaria, además la técnica no estaba tan evolucionada y las reparaciones se realizaban después de ocurrida la avería o cuando esta estaba a punto de producirse. Luego de la primera guerra mundial surge la producción en serie instituida por la Ford-Motor Company fabricantes de vehículos, desde ese momento las fabricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y en consecuencia a sentir la necesidad de crear equipos que pudieran efectuar el mantenimiento en las máquinas de las líneas de producción en el menor tiempo posible. A este tipo de mantenimiento se le llamó Mantenimiento Correctivo (Reactivo). Esa situación se mantuvo hasta la década de los cuarenta durante la segunda guerra mundial.

En la década de los años 40 y 50 con el aumento masivo de la producción con motivo de la segunda guerra mundial, el mantenimiento se ve obligado no solo a corregir fallas si no evitar que estas ocurran. Esto llevo a estudiar las fallas de los equipos y dar sus soluciones dando lugar a un gran avance técnico, consecuentemente el personal técnico pasó a desarrollar el proceso de Mantenimiento Preventivo, como una metodología para reducir y evitar las fallas.

El desarrollo que experimentó la industria para atender las necesidades en la época de la posguerra a mediados de 1950, la revolución de la aviación comercial y los inicios de la industria electrónica, fueron suficientes para que los gerentes de mantenimiento se dieran cuenta que los tiempos de paradas de la producción para diagnosticar las fallas eran mayor que la ejecución de la reparación, este acontecimiento da lugar a la selección de un equipo de especialistas como organismo de asesoramiento para la producción que se llamo Ingeniería de Mantenimiento con roles de: planeación , control y análisis de causa y efectos de averías.

En los años de 1960 la electrónica empieza a cambiar la estructura de las industrias contribuyendo a la aparición de nuevas técnicas de reparación apoyadas por equipos más sofisticados para detectar oportunamente posibles fallas y aun para su recuperación. Es aquí donde la Ingeniería de Mantenimiento pasa a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, optimizando la actuación de los equipos de ejecución para el mantenimiento. Esos criterios

llamados como Mantenimiento Predictivo o Previsivo y fueron asociados a métodos de planeación y control de mantenimiento.

La tercera generación de mantenimiento está asociada al Mantenimiento Proactivo, esta estrategia de mantenimiento se utilizan varias metodologías orientadas a maximizar la vida de las máquinas y eventualmente eliminar el mantenimiento reactivo. La parte principal de un programa de mantenimiento proactivo es identificar y corregir la causa raíz de las fallas de las máquinas. Dos de las metodologías más relevantes son el TPM (Mantenimiento Total Productivo) que surge en Japón en 1971 para afrontar la recesión económica que se estaba desarrollando en la década de los años 70 y la competencia que se avecinaba en las diferentes industrias de occidente. El TPM busca agrupar a toda la cadena productiva con miras a cumplir objetivos específicos y cuantificables. Su principal objetivo es la reducción de las pérdidas. En el TPM se destacan seis grandes pérdidas: pérdida por avería en los equipos, pérdida debidas a preparaciones, pérdidas provocadas por tiempo de ciclo vacío y paradas cortas, pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida, pérdidas por defecto de calidad, recuperaciones y reprocesado, pérdidas en funcionamiento por puesta en marcha del equipo. El TPM es una metodología que busca integrar todas las áreas de la empresa desde el nivel más bajo hasta la gerencia o ramas administrativas.

Y el RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), es una de las Metodologías desarrolladas entre los años 60 y 70 en varias industrias, principalmente en la industria aérea comercial con el objetivo de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencia de sus fallas.

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología (filosofía) utilizada para determinar los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto operacional. Una filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas del mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originaran los modos de falla de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.

Ver en anexo I, un resumen de la evolución del Mantenimiento incluyendo las diferentes metodologías y responsables a través del tiempo.

6 DISEÑO DEL MANUAL

Hasta hace no más de 15 años, había muy poca conciencia a nivel de los ejecutivos y expertos financieros, de la contribución que las organizaciones de operaciones y mantenimiento pueden hacer a través de la optimización de metodologías, aplicación de nuevas tecnologías y desarrollos estratégicos que están alineados al objetivo del negocio.

Acorde a esto, Betonsa Ltda., define su carta de navegación que incluye los focos que son de directa responsabilidad de mantenimiento y operaciones, que son la base del diseño del manual para mejoramiento del sistema de gestión de mantenimiento, entre otros se mencionan los siguientes:

1. Reducir los costos de mantenimiento en un porcentaje definido y claro
2. Alcanzar el rendimiento y disponibilidad en las plantas a niveles de clase mundial, con factores de marcha definidos.
3. Establecer y mantener nivel de inventarios de repuestos e insumos óptimos con la producción y la capacidad instalada.
4. Definir estrategias de control de perdidas efectivas, que apunten a reducir los riesgos en las organizaciones y disminuir el número de accidentes.
5. Definir claramente estructuras organizacionales con planes de entrenamiento y de formación de líderes requeridos en los procesos.
6. Desarrollar un manual que determine las pautas a seguir para la implementación de un modelo de gestión centrado en Confiabilidad.

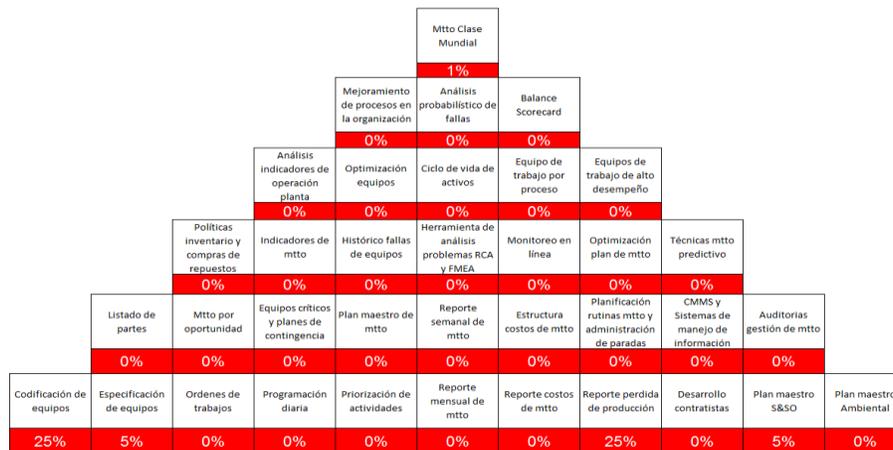
6.1 REQUERIMIENTOS BÁSICOS

Para lograr establecer un modelo de gestión de Mantenimiento Basado en Confiabilidad, se requiere poder partir de estudios de estado; estos análisis de estado, ayudaran a descubrir cuál es el punto de partida o el estado real de la gestión de mantenimiento de una organización en particular referenciado a un estándar mundial.

Otro punto de partida para la evaluación de una organización es definir las bases de confiabilidad en ambos sentidos, e identificar las necesidades y expectativas de los clientes, que ayudará a que los acuerdos comerciales fluyan en ambos sentidos.

El proponer establecer un modelo de gestión de Mantenimiento Basado en Confiabilidad, se soporta en una pirámide de clase mundial (Ver figura 1), como modelo a seguir y al cual, una vez iniciada su implementación y al cumplir en un 100% los puntos indicados en cada nivel, permitirá indicar una mejora por etapas, cambiando de estado, con madurez de la fase y claridad de conceptos.

Figura 1 Piramide de clase mundial



Fuente: Jaramillo, William. Seminario Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM). Colombia 2008, p 17

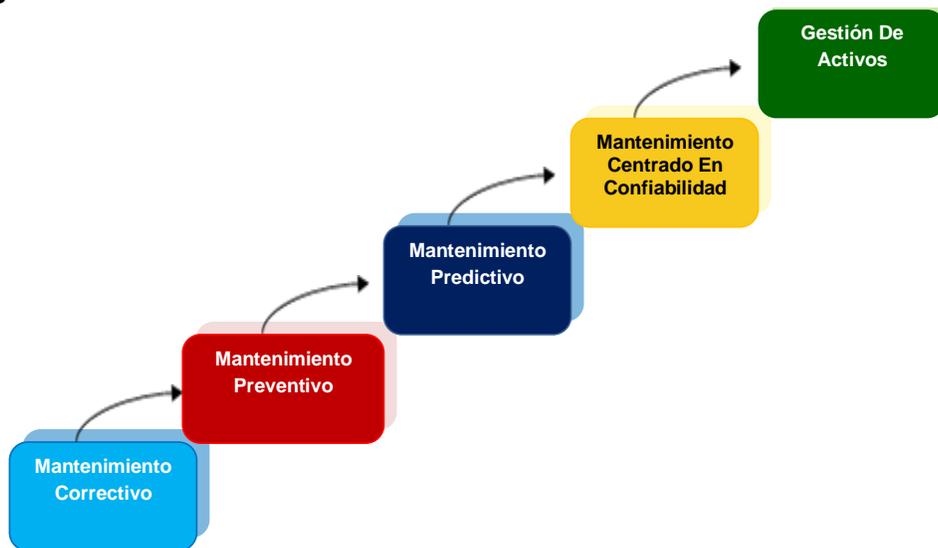
Esta pirámide es la guía en la que se involucran todos los aspectos a cumplir en las diferentes fases de mejoramiento del mantenimiento; estas fases son referenciales del estado de la gestión del mantenimiento.

Se puede aplicar en organizaciones nuevas o que ya existen y para el caso de estas últimas indica los estados que debieron madurar en su crecimiento conceptual de gestión y filosofía de mejoramiento en el mantenimiento; las fases de mantenimiento a evaluar son:

- Gestión de Mantenimiento Correctivo o Reactivo.
- Gestión de Mantenimiento Planeado-Preventivo.
- Gestión de Mantenimiento Predictivo.
- Gestión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Cada etapa o fase de estado posibilitará evaluar, analizar y estudiar los elementos que la soportan; que son diferentes requerimientos en cada fase y que el cumplimiento, estabilización y normalización de los aspectos de cada uno de ellos, en conjunto permitirá al superarlos y poder pasar al estado siguiente de la gestión del mantenimiento de cada organización en particular (Ver figura 2), generando una transformación en el conocimiento y en la forma de gestionar los resultados logrando gradualmente un desarrollo.

Figura 2 Fases Modelo de Mantenimiento



Fuente: autor de la monografía

6.1.1 Check List o lista de verificación. El Check List o lista de verificación es una herramienta de gestión que tiene el detalle de los aspectos que se van a analizar y/ o verificar en el proceso de mantenimiento, y el objetivo de su implementación es el de medir el avance de la gestión de mantenimiento en la etapa en que se está aplicando. Con el Check List se logrará tener una visión real del estado actual del mantenimiento de una compañía y permite comparar los resultados obtenidos en su aplicación con el estándar donde se quiere llegar con el fin de determinar las brechas encontradas, poder diseñar y desarrollar los planes de acción pertinentes para pasar a una fase y modelo de gestión de mantenimiento más avanzada y lograr en un paso a paso llegar a la meta de Mantenimiento Basada en Confiabilidad.

Los aspectos que se analizarán y comprobarán con la lista de verificación, o check list se asociarán en grupos que se llaman eje administrativo y eje técnico, se describirán a continuación:

Eje Administrativo: se agrupan aquí todos los aspectos relacionados con la estructura del área de Mantenimiento y son: organigrama, misión, visión, estrategias, políticas, objetivos, descripción y perfiles de los cargos, roles y responsabilidades, planes de reclutamiento y selección, programas de entrenamiento y capacitación, desarrollo de competencias y evaluación del desempeño entre otros.

Eje Técnico: se describen aquí todos los aspectos de la organización del mantenimiento, y de la cadena de valor de mantenimiento.

Organización del Mantenimiento: Se estudian y verifican si el área de mantenimiento tiene estructurado los siguientes conceptos: Inventario de equipos, codificación de equipos, especificaciones de los equipo, ordenes de trabajo, prioridades de las ordenes de trabajo, programaciones diarias, reporte mensual de mantenimiento, reporte de costos de mantenimiento, reporte de pérdidas de producción, desarrollo de contratistas y los planes de Salud Ocupacional y Medio ambiente.

La cadena de valor de mantenimiento: Conformada por los roles de planeación, programación, ejecución y confiabilidad, que representa una integración en los procesos de mantenimiento para lograr los resultados en esta área, Ver figura 3.

Planeación: se debe evaluar todos aquellos aspectos que son fundamentales para que todas las actividades de mantenimiento se realicen con previsión y con las estrategias adecuadas.

Programación: se estudian los fundamentos relacionados con los recursos requeridos para desarrollar las actividades planeadas.

Ejecución: se refiere a la ejecución de todas las actividades involucradas en el proceso de planeación y programación.

Confiabilidad: en este aspecto se evaluarán todos los elementos que son imprescindibles en un proceso de mantenimiento para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Figura 3 Cadena de Valor de Mantenimiento



Fuente: autor de la monografía

6.1.1.1 Implementación del Check List. Lo ideal es que sea realizado por asesores externos y expertos en los temas de gestión de mantenimiento para lograr objetividad en su aplicación.

Para obtener los resultados de la calificación del Check List, se debe dar una valoración a cada componente de los ejes administrativos y técnicos; y esta dependerá de un acuerdo entre los asesores externos y la empresa; sin embargo es relevante destacar que para lograr pasar a una fase siguiente del estado de

Gestión de Mantenimiento se debe cumplir el cien por ciento (100%) de todos los componentes de los ejes funcionales desarrollados e implementados.

Ver anexo A, ejemplo de un modelo de Check List a aplicar.

6.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS PLANES DE ACCIÓN

Una vez efectuado el Check List y analizadas las brechas encontradas, se establecen planes de acción para completar todas aquellas actividades de los componentes de los ejes que están pendientes por finalizar; estos planes son el desarrollo de las tareas específicas pendientes e incluyen el cómo hacerlo y definen un tiempo de ejecución y quiénes serán los responsables que se encargarán de su cumplimiento.

Los planes de acción son una herramienta para programar la ejecución y seguimiento de actividades que se deben realizar para dar cumplimiento a los objetivos y metas trazadas en el proceso de mejoramiento de las etapas de gestión del mantenimiento y así llegar a la madurez requerida para pasar a una fase siguiente en la implementación del Modelo de Mantenimiento Basado en Confiabilidad.

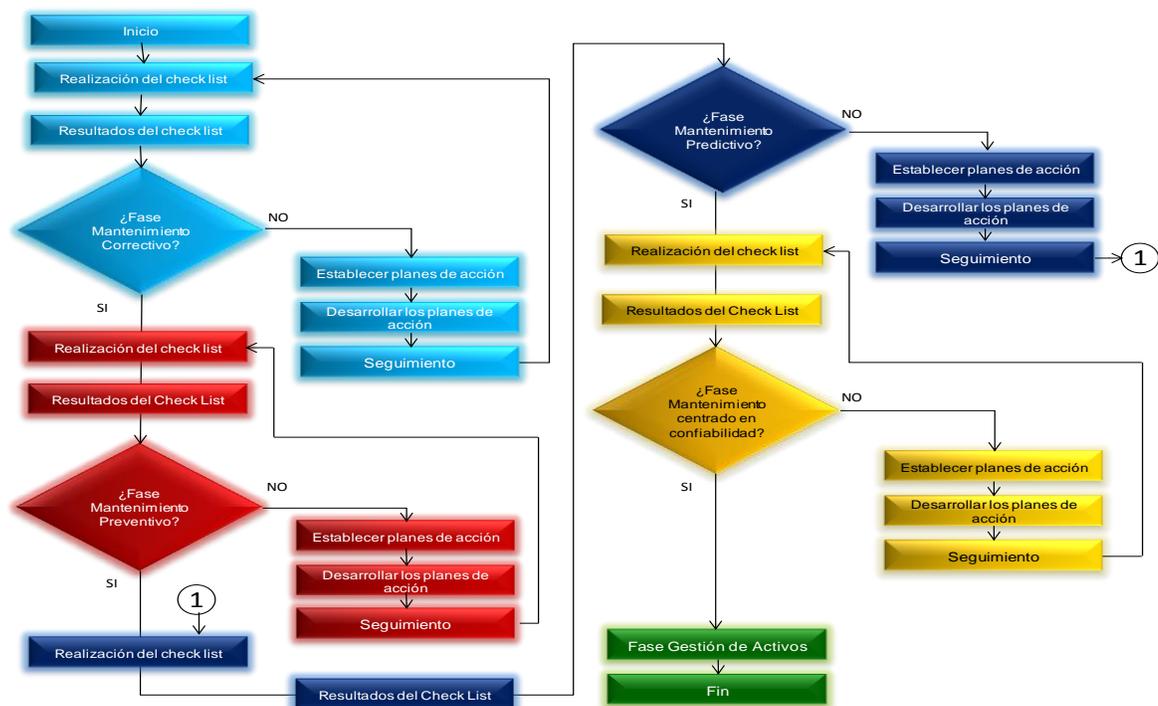
Estos planes de acción definidos, con sus actividades y con responsables deben ser verificados periódicamente para evaluar su cumplimiento y maduración, esto forma parte de las actividades y responsabilidades de los diferentes líderes encargados dentro de la cadena de valor.

Ver anexo B, ejemplo de un formato para el desarrollo de los planes de acción.

7 MODELOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

A continuación se describen cada una de las fases de gestión de mantenimiento con los diferentes elementos que la componen y que desarrollados en conjunto le dan la madurez y evolución a las diferentes fases de los modelos de gestión de mantenimiento: correctivo, planeado-preventivo, predictivo y basado en confiabilidad. En cada etapa se desarrollan aspectos que son requisitos para el desarrollo y mejoramiento continuo en la fase siguiente. El punto de partida en la implementación del modelo es la aplicación de una auditoría interna utilizando como herramienta de gestión un Check List, aplicado por un profesional experto en el tema en gestión de mantenimiento, se puede decir que la línea base es la fase de mantenimiento correctivo, sin embargo es posible que algunas empresas ya tengan implementada esta fase y están en la posterior, quiere decir iniciaran a desarrollar la metodología teniendo como punto de partida la fase de mantenimiento planeada-preventiva. Para pasar de un estado al otro se deben implementar los check List antes de iniciar a implementar un modelo de gestión, para revisar las brechas y establecer los planes de acción requeridos, la forma de saber si se alcanzó avanzar en las acciones pendientes es realizando nuevamente el Check List. Ver figura 4.

Figura 4 Flujoograma fases de mantenimiento



Fuente: autor de la monografía

7.1 FASE O ESTADO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO REACTIVO

Es el tipo de gestión de mantenimiento que caracteriza a las organizaciones que se encuentran en estado total de crisis y emergencias, la gran mayoría de las tareas que se ejecutan en este tipo de gestión de mantenimiento consisten en reparación de las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento.

En otras palabras, es la condición de los equipos quien determina las paradas. La función primordial del personal de mantenimiento en esta fase consiste en poner en marcha el equipo lo más rápido posible y no se efectúan las actividades planeadas.

Por lo tanto el área de mantenimiento de una compañía para poder hacer la transición de una fase de Gestión de Mantenimiento Correctivo a un estado de Gestión de Mantenimiento Planeado-Preventivo, y generar cambios graduales en la madurez en su gestión debe desarrollar e implementar una serie de aspectos que son imprescindibles para alcanzar este objetivo.

A continuación se relacionan los conceptos a trabajar y que son elementos mínimos, que contribuyen a la evolución de la primera fase del mantenimiento y deben ser mantenidos al lograr su cumplimiento en un 100% siendo ellos: Inventario de equipos y codificación de equipos, especificaciones de equipo, ordenes de trabajo, prioridades de las ordenes de trabajo, programaciones diarias, reporte mensual de mantenimiento, reporte de costos de mantenimiento, reporte de pérdidas de producción, desarrollo de contratistas y los planes de Salud Ocupacional y Medio ambiente.

7.1.1 Inventario de equipos y codificación de activos. Un compañía ya sea de servicios o industrial posee una serie de activos fijos como equipos, máquinas, edificaciones, herramientas, e instrumentos que están sujetos a acciones de mantenimiento,; el primer paso a seguir es saber con certeza la cantidad, tipo, características técnicas y su ubicación, identificar a los proveedores de los equipos, el estado actual en que se encuentran, así como establecer la complejidad de las equipos y de sus sistemas.

El inventario de los equipos es insumo para construir la base de datos, codificación y las fichas técnicas de los activos de una organización; cada empresa diseña el formato de recolección de la información acorde a sus necesidades.

Ver anexo C, ejemplo de un formato para la toma del inventario.

Para que la codificación de los equipos se oriente de forma útil se plantea un sistema que permita facilitar, organizar y mejorar las actividades de mantenimiento con resultados hacia el logro de una cultura de gestión de Mantenimiento Basado en Confiabilidad.

Se expresara entonces el inventario de los equipos en forma de estructura de árbol, en la que se indiquen las relaciones de dependencia de cada uno de los ítems.

En una planta industrial se puede distinguir los siguientes niveles, a la hora de elaborar esta estructura de árbol: Ver figura 5.

Figura 5 Estructura de árbol para codificación



Fuente: <http://mantenimientoindustrial.wikispaces.com/Listado+y+codificacion+de+equipos>

Una empresa puede tener una o varias plantas de producción, cada una de las cuales puede estar dividida en diferentes zonas o áreas funcionales. Estas áreas pueden tener en común la similitud de sus equipos, una línea de producto determinada o una función. Cada una de estas áreas estará formada por un conjunto de equipos, iguales o diferentes, que tienen una entidad propia. Cada equipo, a su vez, está dividido en una serie de sistemas funcionales, que se ocupan de una misión dentro de él. Los sistemas a su vez se descomponen en

elementos (el motor de una bomba de lubricación será un elemento). Los componentes son partes más pequeñas de los elementos, y son las partes que habitualmente se sustituyen en una reparación.

Se definirá en primer lugar qué se entiende por cada uno de estos términos:

Planta: centro de trabajo. Ejemplo: empresa X, Planta de Colombia.

Área: zona de la planta que tiene una característica común (centro de costo, similitud de equipos, línea de producto, función). Ejemplo: área Servicios Generales, Área hornos, Área Línea 1.

Equipo: cada uno de las unidades productivas que componen el área, que constituyen un conjunto único.

Sistema: conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo.

Elemento: cada uno de las partes que integran un sistema. Ejemplo: el motor de la bomba de lubricación de un compresor. Es importante diferenciar elemento y equipo. Un equipo puede estar conectado o dar servicio a más de un equipo. Un elemento, en cambio, solo puede pertenecer a un equipo. Si el ítem que tratamos de identificar puede estar conectado o dar servicio simultáneamente a más de un equipo, será un equipo, y no un elemento. Así, si una bomba de lubricación sólo lubrica un compresor, se tratará de un elemento del compresor. Si en cambio, se trata de una bomba que envía aceite de lubricación a varios compresores (sistema de lubricación centralizado), se tratará en realidad de otro equipo, y no de un elemento de alguno de ellos.

Componentes: partes en que puede subdividirse un elemento. Ejemplo: rodamiento de un motor, junta rascadora de un cilindro neumático.

7.1.2 Especificación de equipos (ficha técnica). La ficha técnica de los equipos sirve para relacionar sus atributos y componentes principales, permitiendo una base de datos apropiados para fuente de consulta en la compra de nuevos equipos, repuestos e información en general, los elementos más importantes a ser considerados son: marca, modelo, número de serie, fabricante, datos del proveedor, año de fabricación, entre otros. Ver anexo D, ejemplo de un formato de ficha técnica y contiene lo siguiente:

- Código de la sección: identificación de la sección a la que pertenece el equipo.
- Código del equipo: identificación del equipo.
- Nombre del equipo: designación del equipo.
- Marca: es el nombre del fabricante del equipo.

- Placa inventario: número de la placa de inventario.
- Modelo: Según el fabricante, el cual lo identifica dentro de un grupo.
- Centro de costo: lugar donde el equipo se encuentra asociado contablemente.
- Tipo: se refiere a qué clase de máquina o al tipo que corresponde dentro de un grupo.
- Serie: número que el fabricante asigna a cada máquina o equipo.
- Fabricante: casa matriz que suministra y poseedora de los derechos o patentes.
- Proveedores: nombre de quien suministra la máquina o repuestos.
- Planos: número e identificación de los planos relacionados con el equipo.
- Descripción del equipo.
- Orden de compra número: documento que se genera para la adquisición del activo.
- Costo: valor comercial del equipo.
- Fecha de adquisición: fecha en que se compró.
- Fecha de instalación: fecha en que se instaló el equipo.
- Costo del montaje: costo total del montaje del equipo.
- Lubricantes: tipo de lubricante del equipo.

En este aspecto es relevante poseer toda la información de los equipos como: planos, manuales, catálogos.

7.1.3 Ordenes de Trabajo. El sistema de órdenes de trabajo es el primer paso en la planeación y control de los trabajos de mantenimiento. Normalmente las actividades de mantenimiento a desarrollar se formalizan mediante una orden de trabajo (O.T.), en ella se detallan y clasifican todas las tareas necesarias para dar cumplimiento a las tareas previstas. Las O.T. se originan por solicitudes de usuarios, o por reportes de anomalías producto de las inspecciones efectuadas por los técnicos de mantenimiento.

La Orden de Trabajo describe la acción a realizar sobre el equipo programado, así como la fecha requerida de realización, los materiales, repuestos y hora-hombre utilizada, tipo y causa de las fallas, estado en el que quedó el equipo después de su intervención y el responsable en la ejecución de las acciones. Ver anexo E, ejemplo de un formato de orden de trabajo.

7.1.3.1 Asignación de prioridades a la O.T. Las prioridades en la orden de trabajo permiten establecer criterios claros y unificados para la generación, programación y ejecución de los trabajos: se pueden establecer las siguientes prioridades.

Prioridad 1: son aquellas O.T. que son realizadas a equipos considerados críticos, cuya falla afecta la continuidad del proceso, afectan el medio ambiente o ponen en

riesgo la vida de las personas, deben ser ejecutadas en un plazo máximo de un (1) día.

Prioridad 2: son O.T. que se realizan en equipos que aunque causan un trastorno al normal funcionamiento de la planta pueden esperar a que todas las averías urgentes sean resueltas. Su plazo de ejecución es de ocho (8) días calendario.

Prioridad 3: corresponde a O.T. que se hacen en equipos que cuando fallan no afectan directamente la operación, son trabajos cuyo objetivo se orienta a evitar el deterioro de las instalaciones y su ejecución se debe comenzar entre quince (15) y treinta (30) días calendario.

Prioridad 4: se refiere a O.T. que esperan la parada del equipo, o el trastorno que causan es pequeño y se espera acumular otras órdenes para el mismo equipo.

7.1.4 Reportes. Los reportes son información fundamental para llevar la trazabilidad del proceso de mantenimiento en un periodo determinado, permiten hacer los análisis que facilitaran la toma de decisiones, la implementación de acciones correctivas logrando así mejorar la gestión de mantenimiento en el día a día.

En esta fase de mantenimiento su debe iniciar en llevar reportes semanales que formaran parte de los reportes mensuales de mantenimiento en el que se incluyen variables de control que indican afectaciones o mejoras de la gestión del mantenimiento en varios aspectos como son costos y pérdidas producción entre otros.

Los reportes de mantenimiento describen la gestión del mes, comportamiento de los indicadores (ordenes de trabajo realizadas/ ordenes totales, costos de mantenimiento, cumplimiento del presupuesto) y el establecimiento de las acciones correctivas de las desviaciones del mes.

Y los reportes de pérdida de la producción son información valiosa ya que se lleva una base de datos por pérdidas de tiempo en la producción ocasionadas por la no programación o falta de mantenimiento de los equipos, estas pérdidas deberán ser valorizadas y son insumo para que el área de mantenimiento tome las acciones pertinentes en la eliminación de estos tiempos muertos.

7.1.5 Programación diaria. Se debe hacer una programación diaria de las actividades de mantenimiento a realizar al día siguiente, y contar con los recursos requeridos (horas-hombres, materiales, repuestos, equipos y herramientas) para la ejecución de esas tareas.

7.1.6 Desarrollo de contratistas. Desarrollar un manual para la administración y contratación de servicios de mantenimiento donde se describa las directrices claras, las políticas y procedimiento en el manejo de los proveedores de los servicios de mantenimiento.

7.1.7 Programa de Salud Ocupacional. Para llegar a la meta de Mantenimiento basado en Confiabilidad se imprescindible que el entorno de mantenimiento se desarrolle en un ambiente de trabajo seguro y para ello se deben implementar una serie elementos que contribuyen a la disminución de los incidentes o accidentes que pueden impactar en el resultado de la Gestión de Mantenimiento.

Se parte de conocer el panorama de factor de riesgos del área de mantenimiento, siguiendo con la generación de los procedimientos de trabajo seguro, formación de líderes de seguridad , certificar emisores de permisos de trabajo , certificar al personal de mantenimiento en tareas de alto riesgo como son trabajos en altura, en espacios confinados, trabajos en caliente, y en energías peligrosas , realización de inspecciones de seguridad , realización de charlas de seguridad, investigación de incidentes y accidentes de trabajo.

7.1.8 Plan de Manejo ambiental. Cumplimiento del plan ambiental con actividades como: procedimientos para el manejo y disposición de residuos producto de la actividad del mantenimiento, capacitación al personal en Las políticas y normas ambientales.

Desarrollados e implementados todos y cada uno de los fundamentos anteriormente descritos se logra una madurez en el proceso de mantenimiento que garantiza pasar a una fase mantenimiento planeado-preventivo.

7.2 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PLANEADO-PREVENTIVO

En esta fase se realizan intervenciones que implican la restauración, sustitución de partes y/o elementos de un sistema o equipo, a intervalos predeterminados, con el fin de prevenir o eliminar las fallas o disminuir sus consecuencias.

Los elementos que forma parte soporte de esta fase y que se deben desarrollar completamente para poder avanzar paso a paso en las etapas de mejoramiento de la gestión de mantenimiento de una manera sostenible son:

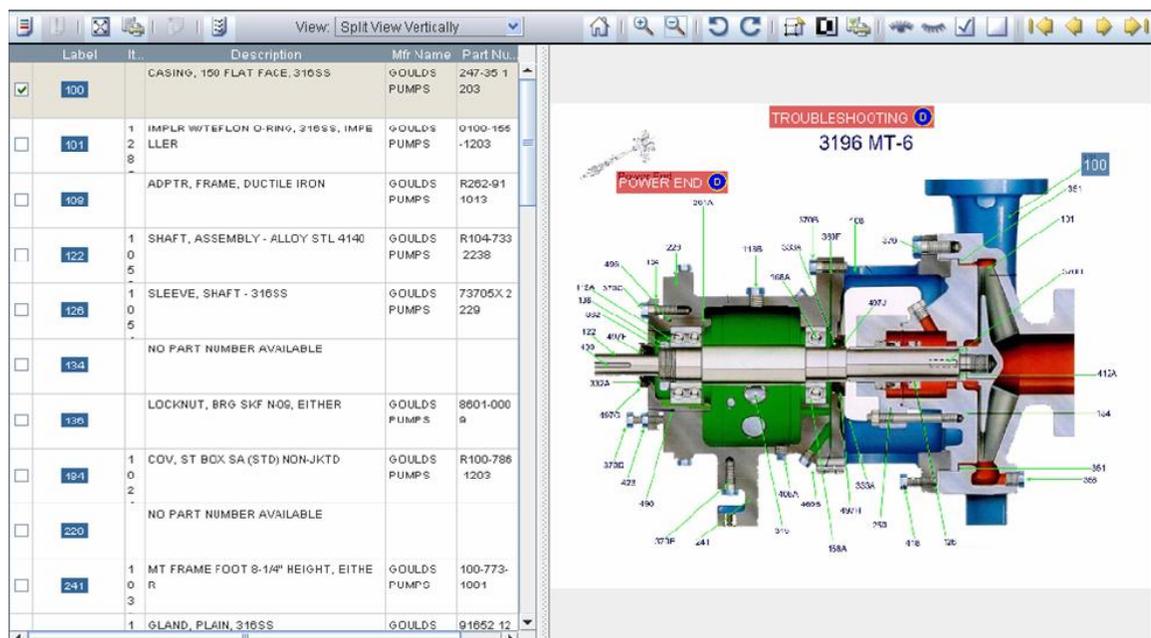
7.2.1 Listado de partes. Todos los equipos Mantenibles tienen listado de partes y cargados en la Herramienta informática de soporte del mantenimiento.

En el aparte anterior con la construcción de los códigos de equipos y con la definición de los niveles de estructura de codificaciones se trató el tema de la codificación en los diferentes subniveles, hasta el nivel donde se da el manejo de los componentes; así detalladamente se debe trabajar en la construcción del

listado de partes de cada equipo y su punto de partida es con los catálogos de los equipos en mano, o de no poderse adelantar de esa forma para que puedan existir los listados, se debe adelantar consultas con el personal de experiencia y así sean consultados para cada equipo, otra metodología a realizar sería aprovechar el despiece de los equipos en los mantenimientos programados para poder construir detalladamente este requerimiento. Ver figura 6.

Todas estas actividades definidas requieren un plan de trabajo, que involucra los responsables en el área de planeación, apoyos externos para su verificación y construcción de manera práctica y unificada, para una vez estén construidos en bases de datos soporte como es el Excel, se puedan de manera masiva ingresar al sistema informático o ERP.

Figura 6 Ejemplo listado de partes



Fuente: WIERMA, Daniel. Asset Management Solutions IBM Global Business Services Lima, 25 de Junio de 2009, p 47

Los beneficios de poder contar con el listado de partes se traducen en beneficios para el mejoramiento de la gestión y organización, como son: el unificar códigos, cantidades requeridas por equipos, bases únicas para definir en el caso de repuestos importados las compras frecuentes y poder negociar mejores costos, hacer seguimiento de elementos cambiados, tener definidas políticas de reposición y consumos, mínimos en stock de inventario apoyando a que la gestión de mantenimiento sea mejorada de forma gradual.

7.2.2 Mantenimiento por Oportunidad. La detección de fallas ocultas produce el Mantenimiento por oportunidad, que se caracteriza por que no es ejecutado inmediatamente después de detectada la avería, sino que es postergado de acuerdo a los lineamientos dados por el área de mantenimiento y se interviene cuando surge la ocasión de mejorar un estado, usualmente, se realiza durante los paros generales programados de un sistema particular. Según el alcance de la intervención, de naturaleza técnica y/o económica, y de acuerdo a los enfoques de mantenimiento antes descritos, el mantenimiento por oportunidad pueden ser de:

- Reparación: se restablecen los sistemas productivos y/o sus componentes llevándolos a un estado de “condición aceptable”, mediante un examen o inspección completa y exhaustiva que determine la ejecución de ajustes para continuar prestando un servicio.
- Reemplazo: es la reposición, cambio o renovación de un sistema productivo o componente que interfiera e influya negativamente en el flujo de una operación.
- Modificación del diseño: se lleva a cabo para hacer que un sistema alcance una condición determinada, que sea aceptable en un momento para enfrentar un cambio de capacidad y/o fabricación. implica el trabajo en equipo, es decir, requiere de la sinergia de varias unidades de la organización, además introduce mejoras.

Esta política de mantenimiento por oportunidad es la más apropiada para los elementos de difícil sustitución o en funcionamiento continuo, con altos costos de parada y/o de indisponibilidad, es útil para aquello donde es conveniente esperar y aprovechar el tiempo otorgado por una parada aleatoria.

7.2.3 Equipos críticos¹. Para tener claridad sobre los equipos críticos de un proceso es importante definir su criticidad a través de un procedimiento adecuado. Por tanto el análisis de criticidad es una metodología que permite establecer prioridades en la toma de decisiones acertadas para direccionar los recursos en procesos, áreas y equipos para mejorar su confiabilidad operacional tomando como base su realidad actual.

Para mejorar la Confiabilidad Operacional en una instalación o cualquiera de sus componentes se deben asociar cuatro (4) aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad de procesos, confiabilidad del diseño de equipos y la confiabilidad del mantenimiento. La variación en conjunto o individual de cualquiera de los cuatro parámetros presentados en la figura 7, afectará el comportamiento global de la confiabilidad operacional de un determinado sistema.

¹<http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope.> recaudado 10/07/2012. 11:00pm

Figura 7 Componentes de la Confiabilidad Operacional



Fuente: <http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/>

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \quad (\text{formula 1})$$

La frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: los impactos en seguridad y medio ambiente, flexibilidad operacional, los costos de reparación. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes elementos:

- Seguridad.
- Medio ambiente.
- Producción.
- Costos (operacionales y de mantenimiento).
- Tiempo promedio para reparar.
- Frecuencia de falla.

Una metodología básica de análisis de criticidad, es equivalente a la mostrada en la figura 8. El establecimiento de los seis (6) criterios se basan en las pautas nombradas anteriormente. Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y calificación semicuantitativos sustentados en la opinión de un equipo de expertos que participan en el análisis (método de puntos). Para la aplicación de un procedimiento definido se debe cumplir la guía de aplicación o estrategias que se hayan diseñado o establecido para el caso específico de cada instalación. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis de criticidad.

Figura 8 Metodología Básica Análisis de Criticidad



Fuente: <http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/>

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Su aplicación se orienta a establecer programas de implementación y prioridades en los siguientes campos:

- Mantenimiento.
- Inspección.
- Materiales.
- Disponibilidad de planta.
- Personal.

Mantenimiento: al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se podrá establecer de una manera más eficiente la priorización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo y correctivo inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; además permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

Inspección: el estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos y tipo de inspección requerida para sistemas.

Materiales: la criticidad de los sistemas ayuda a tomar decisiones más acertadas sobre el nivel de stock de materiales y repuestos de cada sistema y/o equipo logrando un costo óptimo de los inventarios.

Disponibilidad de planta: los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.

Personal: permite potenciar la capacitación y desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica y de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas, que es donde se concentra las mejores oportunidades iniciales de mejora y de agregar el máximo valor.

Para la realización de esta metodología sé si sigue los siguientes lineamientos:

a. integrado por personal directamente involucrado con la operación, mantenimiento y áreas de apoyo, con conocimiento y experiencia:

- Un ingeniero facilitador (capacitado en análisis de criticidad).
- Ingeniero de Confiabilidad.
- Ingenieros especialista de operación (procesos).
- Ingenieros de las diferentes es especialidades del área de mantenimiento (mecánico, eléctrico, instrumentos, entre otros).

Las Responsabilidades del equipo natural de trabajo serán:

Aplicar apropiadamente la metodología para definir el nivel de criticidad, considerando su impacto en la seguridad, la producción, el ambiente y la calidad de los productos si aplica.

Participar en la aplicación de la metodología, aportando la información requerida de acuerdo a su especialidad, para unificar los criterios y validar resultado del análisis.

Ingeniero de Confiabilidad: bases estadísticas de fallas. Mantendrá una base de datos, la cual permitirá hacer seguimiento a las acciones pendientes y la actualizará periódicamente.

Ingenieros Especialistas de Operaciones: filosofía y contexto operacional. Validar los criterios y las consecuencias asociados a la seguridad industrial y protección ambiental.

Ingenieros de Especialidad: Estimación de frecuencias de fallas, históricos de reparación y consecuentes de las fallas.

- Registrar y documentar los resultados de los análisis aplicados.
- Difundir los resultados de los análisis aplicados para su integración en la base de datos de las instalaciones.

El Facilitador: mantendrá todos los reportes en un formato electrónico estándar, aplicará la metodología de análisis de criticidad durante las sesiones de análisis, se responsabiliza en garantizar que la metodología sea utilizada apropiadamente, seguirá el progreso de implantación de todas las recomendaciones del análisis de criticidad a través de los líderes de equipos y coordinará entrenamiento para todos los grupos involucrados.

b. La información Requerida: la determinación de las frecuencias de fallas se puede soportar de la base datos de fallas y mantenimientos realizados, seguidamente de la opinión de expertos. Sin embargo desde el punto de vista práctico, dado que pocas veces se dispone de una base de datos históricos de excelente calidad, el análisis de criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cuál sería la condición más favorable, así como la condición menos favorable de cada uno de los criterios a evaluar. La información requerida para el análisis siempre estará referida con la frecuencia de fallas y sus consecuencias.

c. El manejo de la información: se comienza con una discusión entre los representantes principales del equipo natural de trabajo, para preparar una lista de todos los sistemas que formaran parte del análisis. El método es sencillo y está basado exclusivamente en el conocimiento de los participantes, el cual será plasmado en una encuesta preferiblemente personal (puede adoptarse el trabajo de grupo, con cuidado para evitar que los líderes naturales parcialicen los resultados con su opinión personal). El número de sistemas a ser listados, dependerá del alcance que el equipo natural de trabajo fijó al inicio, por lo cual la cantidad será variable dependiendo de cada caso. El orden en el que se listan no tiene ninguna relación con su nivel de criticidad, dado que es esa la información que arrojarán los resultados. La encuesta referencia la empresa y organización responsable de ejecutar la actividad. De igual forma se indica el área y la fecha de ejecución. Ver un ejemplo de formato de análisis de criticidad en la figura 9.

Figura 9 Analisis de Criticidad

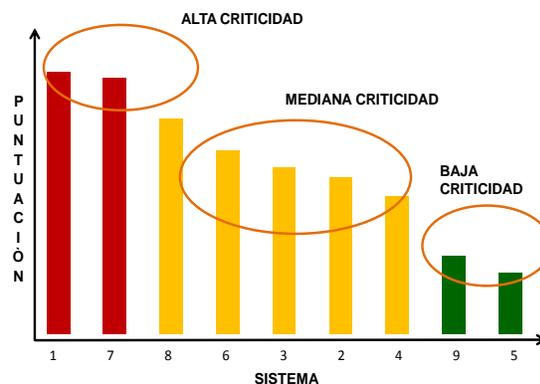
FORMATO DE ANALISIS DE CRITICIDAD											
NOMBRE DE LA EMPRESA:				FECHA DE REALIZACIÓN							
ÁREA:				DD	MM	AA					
RESPONSABLE:											
INSTALACIÓN/SISTEMA EQUIPO			FALLA PRINCIPAL	FRECUENCIA FALLA (a)	CATEGORIA DE IMPACTOS				TOTAL	NIVEL DE CRITICIDAD (a*b)	CATEGORIA DE CRITICIDAD
SISTEMA	DESCRIPCIÓN	PROCESO			SEGURIDAD	AMBIENTE	COSTO DE REPARACIÓN	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN			
1									0	0	ALTA
7									0	0	ALTA
8									0	0	MEDIA
6									0	0	MEDIA
3									0	0	MEDIA
2									0	0	MEDIA
4									0	0	MEDIA
9									0	0	BAJA
5									0	0	BAJA

Fuente: SOUTH CONSULTING. Informe Análisis de Criticidad. Sodexo S.A. Colombia 2007, p17

La última columna de la encuesta corresponde a la criticidad, de acuerdo a los cálculos de la fórmula 1 que relaciona la frecuencia de falla por su consecuencia, estimará un valor para cada sistema y permitirá obtener la lista jerarquizada. Los valores de criticidad obtenidos serán ordenados de mayor a menor, y serán graficados utilizando diagramas de barra, lo cual permitirá de forma fácil visualizar la distribución descendente.

La figura 10 muestra el diagrama de barra correspondiente a los resultados que se pueden obtener al desarrollar la tabla de la figura 9, e indican las tres zonas que caracterizan un análisis de criticidad.

Figura 10 Diagrama de barras del análisis de criticidad



Fuente: <http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/>

La distribución de barras, en la mayoría de los casos, permitirá establecer de forma fácil tres zonas específicas: Alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Esta información permite orientar la toma de decisiones, focalizando los esfuerzos en la zona de alta criticidad, donde se ubica la mejor oportunidad de agregar valor y aumentar la rentabilidad del negocio.

Teniendo identificado las áreas y equipos críticos de una empresa se puede desarrollar e implementar el plan de contingencias de estos activos para resolver con oportunidad cualquier evento fortuito que afecte la confiabilidad operacional global.

7.2.4 Plan de mantenimiento. El plan de mantenimiento define los programas de mantenimiento a los activos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectivas), con los objetivos de mejorar la efectividad de estos, con tareas necesarias y oportunas, y de definir las frecuencias, las variables de control, el presupuesto de recursos y los procedimientos para cada actividad.

El plan de mantenimiento no es más que una serie de tareas que de manera planeada y programada se deben realizar a un equipo o sistema productivo con una frecuencia determinada.

Las frecuencias del mantenimiento, se determinarán según el tipo de mantenimiento requerido y a los resultados de la aplicación de las estrategias de mantenimiento. Las frecuencias pueden ser:

- Por Contador: frecuencia basada en la lectura de magnitudes (horas de operación, kilometraje recorrido, horas de servicio, número de arranques, entre otros).
- Intervalos Fijos: frecuencia con base en períodos de tiempo definidos (mensual, bimestral, trimestral, anual).
- La combinación de los anteriores.
- Condición: resultado de lectura del estado operativo de los equipos.

La elaboración de un plan de mantenimiento puede hacerse de tres formas:

Modo 1: realizando un plan basado en las instrucciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen la planta. Consiste en recopilar toda la información existente en los manuales de operación y mantenimiento de estos equipos.

Modo 2: realizando un plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas y en la experiencia de los técnicos que habitualmente trabajan en la planta.

Modo 3: realizando un plan basado en un análisis de fallos que pretenden evitarse. Eso quiere decir que para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la planta.

Este análisis además de permitir diseñar el plan de mantenimiento, facilita proponer mejoras que eviten esos fallos, crear procedimientos de mantenimiento o de operación y seleccionar los repuestos necesarios.

Una vez desarrollado el plan de mantenimiento, se deberán determinar cada uno de los requerimientos para la ejecución de los distintos tipos de mantenimiento, que servirán como soporte para garantizar la asignación de presupuesto a través de una justificación detallada de las necesidades para cumplir con los objetivos del negocio.

Se deberán validar los siguientes elementos de cada actividad que se requiere planear para cumplir con el plan de mantenimiento:

- Repuestos requeridos para la ejecución de los trabajos.
- Materiales, herramientas y talleres especializados de mantenimiento requeridos.
- Equipos auxiliares necesarios para el desarrollo de las actividades.
- Calidad y seguridad requeridas en la ejecución de los trabajos.
- Tiempos de ejecución.
- Especialidad del trabajo.

Los planes de mantenimiento se definen para periodos a largo plazo (5 años), mediano plazo (cada dos años o un año) y corto plazo (semestral o trimestrales). Ver en anexos F, ejemplo de un formato de Plan de Mantenimiento anual.

7.2.5 Reporte semanal de mantenimiento. Son el insumo para la generación de los reportes mensuales, es información que se genera para saber el desempeño de los equipos y el modelo de mantenimiento que se le aplica, es decir un informe que se presenta periódicamente y según la cronología en que se aplique el mantenimiento a dicho elemento; permite evaluar y analizar las posibles averías, predecir y controlar periódicamente el comportamiento de los equipos, de la maquinaria y se pueden tomar acciones a las desviaciones encontradas en la semana.

Se incluye en estos reportes el análisis de los indicadores definidos en el sistema de gestión gerencial (costo de mantenimiento, disponibilidad de equipos, tiempo medio entre fallas (MTBF), cumplimiento del preventivo.), tiempo medio para reparar (T.M.R.) entre otros.

7.2.6 Estructura de costos de mantenimiento. La actividad de reparar o mantener un equipo es un costo más que se suma al costeo final del producto.

Los costos de mantenimiento son variables ya que una empresa puede variar la cantidad de recursos que destina para la actividad del mantenimiento.

Si se descomponen los costos que involucran al mantenimiento en sus diferentes aspectos, se puede dividir en cuatro bloques.

- Costos fijos.
- Costos variables.
- Costos financieros.
- Costos de fallos.

7.2.6.1 Costos fijos. La característica de este tipo de costos es que son independientes del volumen de producción o de ventas, como su nombre los indica son fijos, dentro de este tipo de costo se pueden destacar la mano de obra, alquiler, seguros, servicios entre otros.

Los costos fijos en el mantenimiento están compuestos principalmente por la mano de obra, y los materiales necesarios para hacer el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo así como el gasto generado para la lubricación de los equipos.

Desde el punto de vista de mantenimiento estos costos son gastos que garantizan el mantenimiento y la vida útil de los equipos a mediano y largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo limita la cantidad de inversiones programadas y al comienzo representa un ahorro para la empresa, que después se traduce en mayor incertidumbre y gastos mayores para mantener los equipos en su nivel óptimo.

7.2.6.2 Costos variables. Son costos proporcionales a la producción realizada. Se puede destacar dentro de estos costos la mano de obra indirecta, materia prima, energía eléctrica, además de los costos variables que incluyen el mantenimiento.

Dentro de los costos variables de mantenimiento esta básicamente el de la mano de obra, repuestos, materiales necesarios para el manteamiento correctivo. Que es consecuencia de las averías imprevistas en los equipos así como las reparaciones programadas por otros tipos de mantenimiento al equipo. La forma de reducir este tipo de gastos se logra evitando que se produzcan este tipo de fallas inesperadas.

7.2.6.3 Costos financieros. Los costos financieros asociados al mantenimiento se deben tanto al valor de los repuestos de almacén como a las amortizaciones de los equipos.

El costo de tener repuestos en el almacén para hacer reparaciones o mantenimientos es un desembolso para la empresa ya que limita su liquidez. Si los inventarios son utilizados con cierta frecuencia la repercusión es menor, dado que es una inversión que se hace para mantener la capacidad productiva de una instalación. Sin embargo cuando los repuestos tardan mucho en ser utilizados se incurre en un gasto que en un principio no genera ningún tipo de beneficio para la empresa. Dentro de estos gastos financieros debe tenerse en cuenta los costos de tener un stock de repuestos críticos para no poner en riesgo la disponibilidad de los equipos. En determinadas circunstancias es necesario tener en paralelo un equipo idéntico en stand by que sea utilizado para suplir el que está en reparación. El costo de la duplicidad de equipos no se suma al gasto de mantenimiento, pero

se debe tener en cuenta dado que el motivo de su presencia es para aumentar la disponibilidad y este concepto es responsabilidad de mantenimiento.

7.2.6.4 Costos de fallo. Se refiere al costo o pérdida de beneficio que la empresa soporta por causas relacionadas directamente con el mantenimiento. Normalmente, este costo no suele tenerse en cuenta cuando se habla de los gastos de mantenimiento, pero su volumen puede ser incluso superior a los gastos tradicionales, costos fijos, costos variables y financieros. Este concepto aplica tanto a empresas productivas como a empresas de servicios.

En las empresas productivas los costos de fallos en los equipos se deben principalmente a pérdidas de materia prima, tiempos muertos del personal de producción en espera que se realicen las reparaciones, pérdidas energéticas por malas reparaciones o porque no se hacen, rechazo de productos por mala calidad, averías medioambientales que pueden suponer desembolsos importantes, averías que pueden suponer riesgo para las personas o para las instalaciones, costos directos, pérdidas de imagen, ventas, etcétera.

A los costos que generan estos eventos, se debe sumar el valor de las reparaciones para volver a la normalidad.

En las empresas de servicio este costo se relaciona con otros aspectos como por ejemplo la pérdida de clientes, es difícil cuantificar en este tipo de empresas el costo del fallo, sin embargo se pueden tomar indicadores del tiempo necesario para realizar las reparaciones desde que se conoce de estas hasta la culminación, tomando en cuenta que tipo de falla es para su comparación.

La elaboración de presupuestos de mantenimiento por activo diferenciando rutina, mejoras y grandes reparaciones y la causación del gasto se realiza de esta manera.

7.2.6.5 Costo integral. El costo integral es el resultante de la suma de los cuatro costos anteriormente descritos. Este costo da una idea global de la gestión de mantenimiento que el análisis de cualquiera de los costos que la componen.

Con este costo se pretende relacionar no solo los gastos que el mantenimiento ocasiona a la empresa, sino también los posibles beneficios que puede generar.

7.2.7 Planificación rutinas (o gamas) de mantenimiento. Elaboradas las listas de tareas del plan de mantenimiento es conveniente agruparlas para facilitar su ejecución. La asociación de tareas que son las rutinas de mantenimiento, también denominadas gamas de mantenimiento, puede hacerse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Las tareas se agrupan en gamas siguiendo alguna característica común a todas

las que la integran. Así, existen gamas por frecuencia (gamas diarias, gamas mensuales, gamas anuales) o por especialidad (gamas de operación, gamas mecánicas, gamas eléctricas, gamas predictivas, entre otras). Ver en anexo G, ejemplo de un formato gama de mantenimiento.

7.2.7.1 Gamas diarias. Las gamas o rutas diarias contienen tareas que se realizan fácilmente. La mayor parte de ellas se refieren a controles visuales (ruidos y vibraciones extrañas, control visual de fugas), mediciones (tomas de datos, control de determinados parámetros) y pequeños trabajos de limpieza y/o engrase. En general, todas las tareas pueden hacerse con los equipos en marcha. Son la base de un buen mantenimiento preventivo.

Por la gran cantidad de papel que generan, no es conveniente que estén en el sistema informático de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador. Es más práctico generar las hojas de ruta manualmente. Si se generaran a partir del sistema informático habría que completar todo el ciclo de una O.T. (apertura, aprobación, carga de datos, cierre, aprobación del cierre); todo este esfuerzo no está justificado, genera trabajo que no agrega valor.

Al realizar todas las rutas diarias es conveniente diligenciar la parte de Incidencias, en el que se reflejen todas las anomalías observadas en la planta. A partir de esa parte, el rol autorizado o el propio operario encargado de realizar las rutas debe generar tantas ordenes de trabajo como anomalías haya encontrado.

7.2.7.2 Gamas semanales y mensuales. Las gamas semanales y mensuales contemplan tareas más complicadas, que no está justificado realizar a diario. Implican en algunos casos desmontajes, paradas de equipos o tomas de datos más laboriosas.

7.2.7.3 Gamas anuales. En algunos casos se hace una revisión completa del equipo, y en otros, la realización de una serie de tareas que no se justifica realizar con una periodicidad menor. Se programa la parada del equipo durante varios días, por lo que es necesario estudiar el momento más adecuado para realizarlo.

7.2.7.4 Información que debe tener una gama de mantenimiento

- Equipo en el que hay que realizar la tarea.
- Descripción de la tarea a realizar.
- Resultado de la realización.
- Valor de referencia, en el caso de que la tarea consista en una lectura de parámetros, una medición o una observación.

7.2.7.5 Informe de revisión de gamas. La realización de gamas y rutas de mantenimiento debe ser completada con la realización de un informe en el que se detallen todas las anomalías encontradas y todas las reparaciones que se han efectuado o que son necesarios. Describir la lista de la emisión de las ordenes de

trabajo y su seguimiento, son tareas tan importantes que si no se realizan es infructuoso poner en marcha estas rutas diarias. Los principales objetivos son dos (2): Por un lado, detectar anomalías en una fase inicial, cuando todavía no han supuesto un grave problema, y por otro, conocer en todo momento el estado de la planta.

Muchas de las ordenes que se emitan no estarán resueltas al realizar la siguiente ruta diaria al día siguiente, por lo que queda la duda de si es necesario consignar en cada ruta diaria todas las anomalías que se encuentren o tan solo las fallas nuevas no detectadas en inspecciones anteriores. Una solución práctica puede ser consignar tan solo las nuevas anomalías, y un día a la semana consignarlas todas, indicando de cuales se ha emitido ya orden de trabajo (y fecha de emisión) y las ordenes de trabajo que se generan en ese momento.

7.2.8 Administración de paradas de planta. Una parada de planta es un plan de actividades donde se ejecutan trabajos que no pueden ser realizados durante la operación normal de la planta de proceso y principalmente están orientados hacia el reemplazo de partes o componentes por vencimiento de su vida útil, inspección de equipos, incorporación de mejoras o modificaciones y correcciones de fallos.

Una parada de involucra la planeación, programación y coordinación detallada de muchas tareas, recursos (internos y externos) e interacción con otras áreas del negocio tales como producción, confiabilidad, inventarios, compras, proyectos, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente. La magnitud del trabajo y el limitado tiempo para su ejecución demandan un gran nivel de coordinación, por ello las mejores prácticas en la industria aplican técnicas de gerenciamiento de proyectos en los procesos de optimización de paradas programadas.

Los elementos a considerar para un efectivo desarrollo de una parada de planta programada son los siguientes:

- Metodología.
- Estrategia de integración con otras áreas.
- Desarrollo del alcance del trabajo.
- Ejecución.
- Cierre.
- Administración de listas de chequeo.
- Requerimientos de entrenamiento.

7.2.8.1 Alcance de la parada. Se debe identificar y definir el alcance de trabajos de la parada usando el proceso de gestión órdenes de trabajo a ejecutar durante una parada programada mayor, este se define e identifica considerando:

- Identificación del alcance de la parada.

- Metas y objetivos.
- Identificación de tipos de equipo.
- Evaluación de riesgos.
- Desarrollo de la lista de trabajo.
- Programa de reuniones y métodos de comunicación.
- Gestión del cambio.
- Costos de la parada y control de presupuesto.
- Proyección de planeación de recursos.

7.2.8.2 Organigrama de la parada. El organigrama para una parada programada, incluye elementos como:

- Identificación de líderes y recursos de la parada.
- Roles y responsabilidades.
- Integración con contratistas.
- Estructura organizacional de la parada.
- Requerimientos de consultores.
- Lineamientos de trabajo de técnicos/supervisores de operarios.

7.2.8.3 Aspectos para la optimización de las paradas de planta. A continuación se describen algunos aspectos importantes para la optimización de las paradas así:

- Conformar un equipo de trabajo cuya función será la programación, planeación y administración de la parada programada.
- Identificar y seleccionar los candidatos más calificados para cubrir las funciones de la parada.
- Identificar las necesidades de entrenamiento. Se debe desarrollar un plan de capacitación para contar con el personal calificado.
- Desarrollar y documentar procedimientos y proceso de trabajo para la optimización de la parada.
- Es importante que las tareas de optimización de las paradas programadas mayores estén alienadas con el área de confiabilidad, con el fin de asegurar que las actividades serán priorizadas, programadas y ejecutadas de acuerdo a la criticidad de los equipos.

De esta forma debe realizarse un alineación entre los integrantes de la parada programada y los ingenieros de confiabilidad para ejecutar el proyecto de optimización por medio de comunicación de objetivos, roles y responsabilidades de cada miembro del grupo.

7.2.8.4 Apoyo del CMMS y otras herramientas de información. Para lograr una efectiva planeación, programación, seguimiento y control de una parada mayor, el

CMMS debe proporcionar la información necesaria durante todas las fases del proyecto. Adicionalmente se deben considerar otras herramientas de información que apoyen esta gestión, entre otras: MS Project, entre otros.

7.2.8.5 Capacitación del personal. Se debe capacitar a las áreas involucradas en la parada con el propósito hacer un desarrollo apropiado de las actividades y un manejo óptimo del programa y eventos de la parada, con esto se logrará un mejoramiento en la productividad de los equipos y en la optimización de recursos y costos, barreras comunes y las claves de éxito que determinan los resultados de una parada.

7.2.8.6 Estrategias de contratación. Se deben entender los fundamentos de las estrategias de contratación apropiadas para seleccionar y administrar los servicios prestados por contratistas como:

- Estrategias de contratación.
- Tipos de contratos y sus definiciones.
- Planeación y coordinación de contratos.
- Evaluación de contratistas.
- Reportes de contratistas y procedimientos de seguimiento.

7.2.8.7 Materiales, equipos y herramientas. Se debe coordinar y controlar la consecución de materiales, herramientas y proveedores de servicios para mejorar el desempeño de la parada. Aspectos que se deben tener en cuenta:

- Importancia de una adecuada administración de materiales y herramientas.
- Identificación y compras de elementos con tiempos de entrega.
- Recepción y despacho de almacén.
- Trazabilidad de materiales.
- Ubicación de materiales y herramientas en el área demarcada de inventarios.

7.2.8.8 Seguridad industrial, salud ocupacional y medio ambiente. Se debe desarrollar e implementar un programa efectivo de seguridad industrial para mejorar el desempeño de la parada:

- Programa de Seguridad industrial.
- Capacitación y orientación específica para operarios.
- Permisos de trabajo.
- Capacitación en las políticas y normas ambientales a los contratistas y establecimiento de los sitios de disposición intermedia y final de los desechos producto de las actividades de mantenimiento durante la parada.

7.2.9 CMMS y Sistemas de Manejo de Información. Un CMMS (Computerized Maintenance Management System), es un sistema que nace para atender la administración del mantenimiento y abarca materiales y personal, más bien enfocado a la disponibilidad de recursos, para atender las necesidades de mantenimiento., y que se definirá en este documento como sistema informático de gestión de mantenimiento asistido por computador.

El sistema informático es una herramienta como todo sistema de gestión de información, cuya función es, exclusivamente, tratar los datos que se introducen para convertirlos en información útil para la toma de decisiones.

Generalmente, es posible afirmar que aquellas empresas que manejan poco personal, pocas órdenes de trabajo y un número reducido de equipos no es necesario informatizarlos para tratarlos y obtener a cambio información. Es más sencillo manejar con archivos organizados por carpetas, desarrollar pequeñas aplicaciones con una hoja de cálculo o con una base de datos, que se pueden crear, con conocimientos informáticos a nivel usuario.

De manera algo más explícita, puede decirse que en una empresa con un equipo de mantenimiento inferior a diez (10) personas difícilmente las ventajas que se detallaban en el párrafo anterior superaran a las desventajas de la informatización.

Con un equipo de mantenimiento superior a veinticinco (25) personas, el uso del sistema informático de gestión de mantenimiento asistido por ordenador realizado de la manera adecuada traería beneficios indudables a la empresa. En el margen comprendido entre diez (10) y veinticinco (25) personas cada caso particular tendrá una respuesta diferente. Hay que tener en cuenta en estos casos el número de equipos que posee la planta, la información que deseamos obtener y la cantidad de datos que se generan.

7.2.9.1 Objetivos de la informatización. Hay que recordar que cuando se adquiere un sistema de gestión de mantenimiento asistido por computador se adquiere un programa vacío que hay que configurar y parametrizar, cargar los equipos y activos de que dispone la planta, diseñar un esquema de generación y cierre de órdenes de trabajo, cargar el mantenimiento preventivo diseñado para la instalación, establecer la forma en que se gestionará la entrada y salida de materiales del almacén de repuestos, el cómo se solicitarán los materiales que se necesiten y el procedimiento de la gestión de compras.

Para que el proceso de implementación sea el correcto y se obtenga el máximo partido del sistema es conveniente definir en primer lugar qué objetivos se pretende alcanzar, definir de manera precisa qué es lo que se quiere conseguir con la implementación.

Entre los objetivos principales que se buscan con la implementación de un programa informático de mantenimiento esta:

- Ahorrar dinero.
- Poder disponer de información de manera rápida que ayude a los responsables de mantenimiento y de producción a tomar decisiones.

7.2.9.2 Fases de la implementación

- Las etapas de un proceso de implementación correctamente dirigido son las siguientes:
- Codificación de los equipos. Creación de la estructura árbol que contiene todos los activos de la planta y las relaciones de dependencia entre ellos.
- Introducción de los equipos en el sistema. Carga de los equipos en el sistema informático, junto con las características más importantes de éstos.
- Introducción del personal en el sistema. Carga de las fichas de personal en el sistema, incluyendo todos los datos relevantes para mantenimiento.
- Codificación de tareas. Las tareas de mantenimiento programado de carácter periódico deben estar codificadas, para facilitar (en algunos casos posibilitar) su planificación o programación en el tiempo. Debe diseñarse en esta fase el tipo de código que deben tener las tareas.
- Introducción de las tareas en el sistema.
- Codificación de los repuestos. Hay que diseñar el tipo de código para los tres tipos de materiales habituales en mantenimiento (consumibles, repuesto específico y repuesto genérico).
- Introducción del inventario de repuesto en el sistema. Realizada la codificación, hay que introducir lo que se tiene en el almacén en el momento de la puesta en marcha del sistema.
- Definición del plan de mantenimiento programado. Una de las partes más importantes de la implementación es la definición del plan de mantenimiento, que debe ser anterior a la puesta en marcha del sistema de información o parametrización del sistema de gestión de mantenimiento asistido por computador. Aunque parezca obvio, es necesario recordar que el sistema informático no genera un plan de mantenimiento, sino que gestiona un plan de mantenimiento previamente diseñado por el personal de mantenimiento.
- Introducción del plan en el sistema.
- Definición de los flujos de: Apertura y cierre de órdenes de trabajo, entradas y salidas del almacén, gestión de compras.
- Creación de documentos: orden de trabajo, formato de gama de mantenimiento, formato de informe de intervención, formato de propuesta de mejora.
- Diseño de los informes que debe generar el sistema. La información que genera el sistema con todos los datos introducidos y que permite tomar las decisiones adecuadas es la parte más importante del proceso y el objetivo último de este.

- La lista de tareas que es conveniente preparar en paralelo a la implantación del programa para que estén listos en el momento preciso en que se necesiten, que sería la siguiente: definir el plan de mantenimiento preventivo, tener inventariado los repuestos, lista del personal y su organigrama, definir el flujo de una orden de trabajo, definir el sistema de entradas y salidas del almacén, definir el sistema a seguir para realizar las compras, definir los informes que se necesitarán.

7.2.10 Auditorias de la gestión de mantenimiento. El propósito de la Auditoria es determinar si la organización del mantenimiento está bien implementada, a fin de fortalecer este aspecto y revisar las áreas que deben ser mejoradas para que los servicios sean entregados con la calidad y oportunidad que son requeridos. Este instrumento provee una visión de la estructura, relaciones, procedimientos y personal, relativo a una buena práctica del mantenimiento. Este es el primer paso para decidir e implementar mejoramientos en la gestión del mantenimiento.

7.2.10.1 Auditoría interna del mantenimiento. La auditoría interna es una función dentro de la organización que tiene la capacidad de evaluar permanente e independientemente en cada organización, si es que tiene implementado un sistema de retroalimentación destinado al mejoramiento continuo. Su objetivo principal es asesorar al tomador de decisiones en la promoción de la eficiencia de los procedimientos existentes. Cuando se plantea la necesidad de realizar la auditoría interna es para garantizar los resultados de la gestión y además tener recomendaciones, las cuales son objeto de consideraciones, planes de acción y toma de decisiones.

Múltiples factores impulsan a tener un sistema de auditoría, pero entre lo más relevante se puede mencionar que durante los últimos veinte años, el mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina de la administración. Los cambios se deben a un aumento en el número y variedad de recursos físicos que deben mantenerse, plantas mucho más complejas, nuevas técnicas de mantenimiento y puntos de vistas cambiantes en la organización del mantenimiento y en sus responsabilidades.

El mantenimiento también está respondiendo a las expectativas del cambio. Éstos incluyen un rápido y creciente conocimiento de hasta qué punto la falla del equipo afecta la seguridad y el medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión entre el mantenimiento y calidad del producto, presión creciente por lograr una alta disponibilidad de la planta y mantener controlados los costos. Se suma a lo anterior que ha habido un crecimiento ascendente de nuevos conceptos del mantenimiento y sus técnicas además de las que están surgiendo en el presente.

Los nuevos desarrollos incluyen: Herramientas de apoyo a la toma de decisión, como estudios de riesgo, modos de falla y análisis de efectos y sistemas expertos;

nuevas técnicas de mantenimiento, como monitoreo de condición; diseño de equipo con un énfasis mayor en la confiabilidad y mantenibilidad y un cambio mayor en el pensamiento de la empresa hacia la participación, equipo- trabajo y flexibilidad.

La auditoría interna del mantenimiento es una función que evalúa en forma permanente si el sistema de control interno, implementado por la administración del mantenimiento, está operando efectiva e eficientemente. Su objetivo primordial es dar recomendaciones a la alta administración tanto para fortalecer los controles internos existentes o para sugerir nuevos controles, como para promover la eficiencia de los procedimientos existentes, después de evaluarlos.

7.2.10.2 Un modelo de auditoría para el mantenimiento. Hay muchos instrumentos para auditar el mantenimiento, cuya selección o diseño depende de la estrategia definida para la empresa en primer lugar, y para el Departamento de Mantenimiento en segundo; sin embargo, el foco central de la herramienta, que se aplica por primera vez, debe apuntar a una auditoría global. El contenido de la auditoría debe cubrir las áreas que van desde la identificación y descripción del departamento de mantenimiento hasta el uso de herramientas de gestión. La importancia de este recorrido por todos los aspectos involucrados en la gestión del mantenimiento, es tener las bases para más adelante, cuando llegue el momento de plantear alternativas de soluciones en los planes de acción a los problemas detectados durante la auditoría. Hay que destacar que, una vez que se deciden implementar acciones para el mejoramiento de aquellos aspectos del mantenimiento que no estaban de acuerdo con los estándares esperados de acuerdo a la herramienta de auditoría debe incluir en su estructura las preguntas necesarias para medir al momento de aplicar nuevamente la encuesta o check list, el estado del área en proceso de mejoramiento.

Esto indica que el instrumento no es algo estático en el tiempo, sino que debe seguir la dinámica de la evolución para lograr la madurez en las diferentes etapas para pasar de un modelo de gestión de mantenimiento a otro. La auditoría se puede dividir en cinco (5) pasos de acuerdo a las fases de la pirámide de clase mundial y de esta manera cubrir todos los campos que componen cada fase. Se comienza con la caracterización del tipo de gestión mantenimiento que se practica en la empresa, se hace el check list, se establecen los planes de acción, se hacen los seguimientos respectivos, y nuevamente se aplica el check list para garantizar que se aplicaron los correctivos, metodología que se repite cada vez que se requiera pasar de un fase a otra hasta lograr llegar a la fase de mantenimiento basado en confiabilidad.

7.3 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Esta fase se caracteriza por la planeación y programación de actividades que conllevan a la prevención, predicción o eliminación de las fallas o disminución, a niveles tolerables, de las consecuencias de las fallas.

Dentro del estado de gestión de Mantenimiento Proactivo se considera la aplicación del Mantenimiento Predictivo, al igual que el Mantenimiento Preventivo y el Mantenimiento Detectivo.

El Mantenimiento Correctivo está reducido a aquellas fallas que no tienen muchas incidencias o se presenta muy eventualmente como consecuencia de eventos no controlados que en este nivel son mínimos, se incluyen al igual los siguientes elementos que son imprescindibles el que sean cumplidos en un 100% para poder considerarse haber superado esta fase.

Los elementos que confirman y deben desarrollarse complementarios de esta fase son:

7.3.1 Políticas inventario y compras de repuestos². Tal como se ha manifestado en esta monografía en apartes anteriores, la implementación de un programa de mantenimiento orientado a Gestión Basada en Confiabilidad acompañada de una excelencia operacional requiere definir no solo los procesos internos de mantenimiento sino definir claramente las interrelaciones y dependencias con los procesos de otras áreas. También es absolutamente necesario que cada una de las áreas que interactúan con mantenimiento cuente con procedimientos documentados que describan en forma sistemática todos y cada uno de los procesos que forman parte de sus propias actividades.

En este contexto se requiere igualmente que en área Inventarios y de compras se trabaje de forma paralela para optimizar sus gestiones en materiales y repuestos. Iniciativas como esta involucran el desarrollo de un proyecto que contemple todos los elementos necesarios para soportar la gestión de mantenimiento como excelencia operacional.

La existencia de niveles de stock que satisfagan las necesidades de operaciones y mantenimiento es un requisito imprescindible para garantizar la fluidez del sistema de producción de forma eficiente y efectiva para cumplir con los requerimientos del cliente externo.

² JURAN, Institute. Manual Sistema Administración del Mantenimiento Petróleos de México (PEMEX). México 2004.

El manejo de los inventarios es, sin lugar a dudas, un elemento crítico dentro de los planes de la pirámide de clase mundial. Si éste no se efectúa correctamente, la posibilidad de abastecimiento incurre en costos mayores, por lo tanto constantemente se deben revisar las políticas y los procesos para optimizar su manejo dentro de la organización.

Cualquiera que sean los niveles de inventarios que posee actualmente cualquier organización representa un capital invertido, seguramente por varios miles o quizás millones de dólares. Esto constituye un valor de inventario por capacidad instalada que es un referencial en U\$\$/Unidad producida.

Se deben plantear estrategias para optimizar los niveles de stock para alcanzar un referencial de estándar mundial de cada organización en U\$\$/Unidad producida. Se requiere adicional el implementar estrategias de manejo de inventario centralizado, con administraciones eficientes por parte de los proveedores de materiales básicos para la operación, buscando costos conformes al volumen de operación y niveles de inventario adecuados para apoyar los planes de negocios de la organización.

Para optimizar la gestión de repuestos y materiales es necesario encarar estudios sistemáticos analizando la interrelación con los clientes internos, los proveedores, almacenes y compras, analizando necesidades y riesgos y calculando el impacto que las resoluciones adoptadas pudieran tener en los planes de negocios de la organización.

Para lograr una eficiente implementación de la gestión de repuestos y materiales es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Desarrollar procedimientos estándar, de aplicación global, basados en las mejores prácticas a nivel mundial.
- Se debe contar con el soporte de la alta gerencia para ejecutar los planes derivados de este análisis.
- Se debe contar con liderazgo efectivo en la ejecución del plan y seguimiento, con poder delegado por la alta gerencia para poder llevar a cabo los planes de acción desarrollados.
- Es necesario capacitar a todo el personal con respecto a la aplicación de las nuevas metodologías y procesos estándar de trabajo.
- Impulsar el cambio de cultura laboral adoptada.
- Lograr la participación activa de todos los miembros de la organización.
- Implementar un programa de mejora continua.

7.3.1.1 Gestión de inventarios y mejoramiento en almacén³. Realizar la definición de los aspectos que se deberán tener en cuenta en la evaluación y los temas (procedimientos, instructivos o flujogramas) que no se encuentren cubiertos en el actual proceso de la administración de inventarios y que puedan impactar la operación e interrelación con los demás procesos, adicionalmente, se especificará, una vez se tenga una evaluación global como se debe implementar el modelo de Almacén que incluya las mejores prácticas con sus factores críticos dentro de la operación.

Para el desarrollo de los temas siempre se tendrán en cuenta los objetivos y políticas aplicando nivel de inventarios, para dar claridad de lo que se tiene y los objetivos que se hayan proyectado, definiendo de manera única directrices y lineamientos para el funcionamiento de los almacenes de forma consistente con la operación actual y la optimizada a futuro. Se debe realizar la evaluación con el jefe de inventario y el responsable de confiabilidad para definir planes de acción en cuanto a los niveles de existencia, puntos de reposición, exactitud de inventarios, mejoras de infraestructura y programas de capacitación.

En este punto se evaluarán los puntos críticos que se tienen en la Administración de Inventarios como son:

- Planes tácticos.
- Plan de la demanda (pronósticos, datos, tiempo, cantidad y espacio).
- Planeación de suministro o niveles de inventario (obtención de la producción planeada por cada grupo de productos, determinación de perfil de recursos, cálculo de requerimientos y necesidades en cada grupo de productos).
- Cálculo de recursos financieros para la viabilidad del plan.
- Integración de los planes de venta, de producción, de la demanda y de suministro.
- Coordinación e integración de las actividades de planeación y control de producción y de inventarios.
- Definición de Metas.
- Definición de indicadores y rangos. En este punto se tendrán en cuenta los que en la actualidad se están manejando como punto de referencia y se tendrán en cuenta los que puedan aportar al mejoramiento de interrelaciones y seguimiento del proceso interno.
- Definir los costos anuales de mantener el inventario y determinar qué porcentaje representa del valor del inventario anual. Igualmente se debe hacer el análisis de equilibrio en conjunto con Confiabilidad, del costo de mantener el inventario y compararlo con los riesgos y costos asociados de no tener los materiales en stock. Los elementos para definir las herramientas de análisis de niveles de stock incluyen:

3 Ibid.

- Ejes de Acción.
- Esquema de información (procesos actualizados según homologación).
- Procedimientos documentados.
- Análisis de sistemas de reposición (tiempo y consistencia).
- Programas de automejoramiento.
- Manejo e interacción con los otros procesos (Acuerdos de niveles de servicio).
- Estudiar como es el requerimiento de repuestos para equipos nuevos y proyectos en fase de diseño. (Inventarios - Confiabilidad - Proyectos).
- Homologación de equipos internamente entre procesos. (Inventarios - Confiabilidad - Proyectos).
- Estudiar la credibilidad de los clientes internos, con base en el cumplimiento de la necesidad de estos, en cantidad, calidad, oportunidad y precio.

La gestión se debe realizar en conjunto entre la Gerencia de Compras, la Gerencia Comercial, las Gerencias de Planta, la Dirección de Inventarios y los Procesos que los apoyan.

Igualmente la reducción de los inventarios se consigue mediante métodos mejorados de compras, la interacción con Confiabilidad y de una programación adecuada de la producción con base en los presupuestos de ventas de la Compañía, por ello la importancia del trabajo en equipo entre todos los procesos para facilitar un control global de las actividades relacionadas a producción.

7.3.1.2 Administración del maestro de inventarios. El objetivo de lograr una administración del maestro de inventarios es el de instalar un programa que interactúe con el cliente interno y suministre agilidad en la creación y asociación de códigos, suministrando efectividad y eficiencia para los procesos de operaciones y mantenimiento, igualmente suministrando cumplimiento de políticas, automatización, seguimiento, control e interacción con el sistema de mantenimiento asistido por computador para facilidad de la coordinación de los usuarios de los diferentes procesos que ingresan al Maestro de Inventarios y el Jefe de Inventarios.

Se realizará y definirá el desarrollo de la aplicación para que el cliente interno solicite los códigos necesarios para planear la orden de trabajo y a su vez realizar la orden de requisición. Igualmente existirá una revisión de la homologación del maestro con respecto a la homologación de equipos que se realice en la planta:

A- Desde la recepción de materiales es requerido adelantar análisis de mejoramiento así: teniendo como base las actividades actuales de los almacenes, se estudiará el mejoramiento de la operación para asegurar que la actividad de recibo y descargue se realice en forma eficiente con los mecanismos necesarios para verificar que la calidad y cantidad sean correctas de acuerdo a los requerimientos del cliente interno.

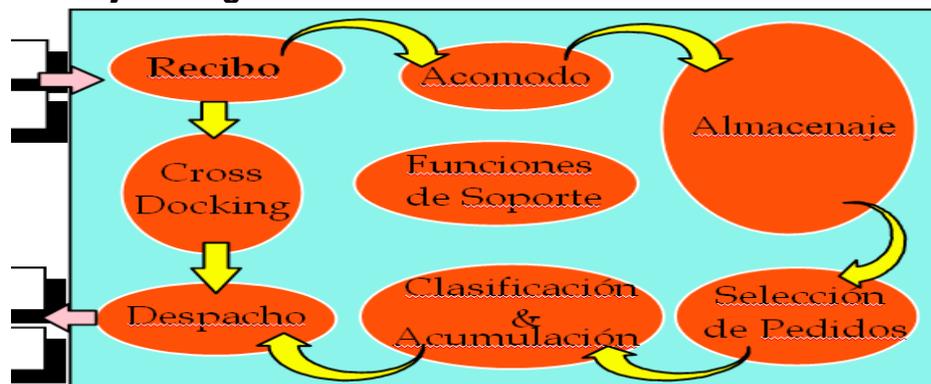
El estudio incluirá aspectos tales como:

Esquema en el cargue y descargue de Materiales.

Tipos de carga.

- Inspección de materiales en el recibo (Cantidad y Calidad).
- Esquema para manejar el recibo de piezas fabricadas o con base en plano. Metodología con personal propio y/o outsourcing.
- Velocidad en la operación.
- Zonificación y seguridad en la operación.
- Identificación de los materiales y repuestos en zona de recibo y estanterías.
- Administración de kits armados por el proveedor para entrega al usuario bajo un esquema de entrega Justo a Tiempo.
- Informes de recepción e información que se genera al cliente interno.
- Métodos de despacho directo al usuario (Cross Docking). Ver figura 11

Figura 11 Flujo de ingreso de materiales



Fuente: SIEMENS. Estrategia y Plan de Mantenimiento. Servicios Industriales Colombia 2006, p 41

B.- Desde el Almacén el objetivo debe ir direccionado a plantear procesos y actividades de mejoramiento en cuanto a la estructura física, diseño de patios y bodegas, para garantizar la protección de materias primas, insumos y materiales, con la maximización del uso del espacio (volumen), minimizando los costos de operación, buscando la optimización de mano de obra y equipos además de garantizar un nivel de servicio adecuado para la operación de cada uno de los procesos de la empresa.

Inicia con la adecuación de las condiciones para ubicar las materias primas, equipos, insumos y repuestos recibidos y finaliza con la disponibilidad de sitios adecuados y acorde con la necesidades.

Dentro del proceso de evaluación y diagnóstico, se revisarán, actualizarán si es necesario o se crearán los procedimientos o instructivos para garantizar la nueva modalidad de operación, los aspectos que se deberán tener en cuenta, son los siguientes:

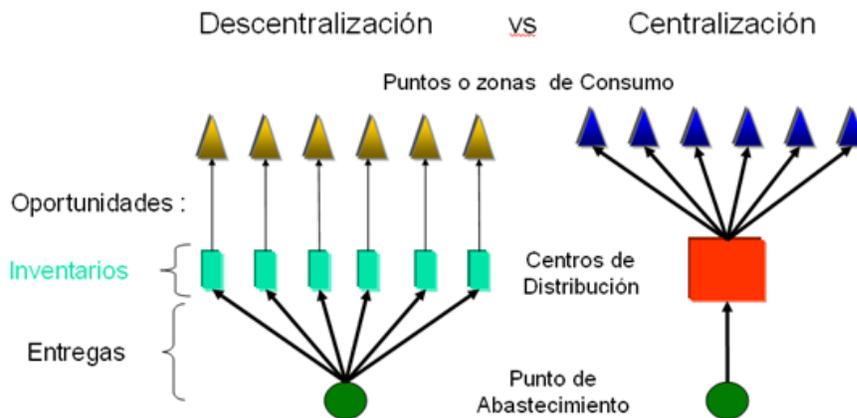
- Análisis Geográfico de las Bodegas que permita identificar aquellas que deben ser consolidadas en una sola por su aspecto de cercanía, incrementando la centralización de existencias y el control de ellas.
- Estudio de optimización de espacios, mano de obra y tiempos de operación, para disminuir los costos.
- Identificación de los materiales.
- Condiciones ambientales de almacenamiento.
- Conservación física de los materiales y de los empaques para repuestos.
- Layout, Numero de bodegas y Distribución.
- Aspectos de seguridad industrial y salud ocupacional en la manipulación de los materiales y repuestos. Programa 5S.
- Ergonomía.
- Distribución de cargas.
- Administración de obsoletos y materiales de baja rotación.
- Confiabilidad del inventario (Calidad intrínseca del artículo y condiciones físicas, línea y exactitud).
- Manejo del ABC de inventarios, para poseer claridad en el manejo de grupos de inventarios estratégicos para realizar acuerdos de manejo con el proveedor o con centros de distribución.
- Posibilidad de implantación de nuevas tecnologías (Código de barras, que se ajusten al modelo de acuerdo con la herramienta informática de enlace con las actividades de mantenimiento actual) o el mejoramiento de las aplicaciones e interrelación con otras que posiblemente se adquieran.
- Trazabilidad (Manejo de lotes).
- Conservación física de infraestructura.
- Establecer manejo de las herramientas especiales bajo custodia de inventarios. (calibraciones, mantenimiento, inspecciones de seguridad y disponibilidad).
- Manejo de los repuestos en custodia de inventarios que requieren tareas de mantenimiento preventivo, tales como: motores, reductores (rotación de ejes), posición de cilindros neumáticos e hidráulicos, piezas que requieran cambios de lubricantes, almacenamiento de motores de media y alta tensión que requieran calefacción.
- Administración de productos con fecha de vencimiento tanto en el sistema como en físico (alerta de prevención), tratamiento de vencidos en los aspectos de Inventarios y Ambiental.
- Perfeccionamiento del manejo de recuperados en cuanto a responsables, ciclo del proceso, trazabilidad en el lapso que se encuentre en reparación con agentes externos o internos, control de ingreso al inventario y garantías.
- Manejo de garantías de equipos, reparaciones de equipos y el manejo a través de la herramienta informática de gestión de mantenimiento y otros procesos.

- Instalar procedimiento de manejo de excedentes peligrosos o elementos contaminantes (Radioactivos, baterías, transformadores, lubricantes, metales pesados, etc.), definitivamente definido dentro de los planes manejo ambiental.
- Definición de repuestos críticos, estratégicos y tácticos en cada uno de los procesos, actividad conjunta con el responsable de la confiabilidad de la planta, con base al tiempo de entrega y al estudio de optimización que se derive del proyecto de administración de mantenimiento.

Se analizará igualmente la posibilidad de centralizar el manejo de Inventarios ver figura 12, cuando se tengan más de una planta o proceso productivo de la organización con el fin de:

- Incrementar la rotación.
- Reducir el costo de ordenar.
- Mejorar el control de la calidad y del servicio.
- Unificar los criterios comerciales.
- Mayor productividad en las operaciones de preparación, despacho y recibo.
- Disminuir los tiempos de espera.
- Disminuir los costos de los inventarios cíclicos.
- Aumentar el control, seguridad y conservación de los materiales.

Figura 12 Centralización de materiales



Fuente: SIEMENS. Estrategia y Plan de Mantenimiento. Servicios Industriales. Colombia 2006, p 44

C.- Por el lado de los despachos es necesario dejar definido el objetivo de entregar al cliente interno materias primas, equipos, insumos y repuestos

disponibles para satisfacer sus requerimientos es la base de su mejoramiento, paralelo con el mejoramiento de la gestión de mantenimiento.

Trabajar internamente en los despachos hacia el mejorar y definir el plan que se realizará de implantación de la actividad de despacho según el requerimiento de programación de Operaciones y Mantenimiento, buscando la optimización de tiempo utilizado por el personal, los equipos requeridos, agilización en la entrega, disminución de recorridos y errores en el despacho.

Se definirá el método de preparación de pedidos, análisis de factibilidad de aplicación en la planta o procesos anexos de la reorganización, área proyectada para cada espacio físico de los almacenes, acuerdos de niveles de servicio respecto a la solicitud y despacho, controles para establecer retiros de materiales y métodos de retroalimentación a los procesos.

Constituir un procedimiento sistemático para determinación óptima de máximos y mínimos basados en una matriz con una escala de calificación imparcial y transparente para todos los procesos, teniendo en cuenta el concepto de confiabilidad, las listas de partes de equipos, criticidad de los equipos en la línea de producción, y las políticas de activos.

Establecer claramente los tiempos para solicitar los materiales, tiempos de planeación, tiempos de entrega, integrantes del comité de abastecimientos, establecimiento de matriz de acuerdo de niveles de Servicio.

Para poder estar acorde con los procesos de mantenimiento y la forma de atender estos es de otro lado muy importante trabajar en el modelo de operación con urgencias y emergencias de mantenimiento.

El estudio establecerá la posibilidad que una vez se tenga la información por parte de programación y confiabilidad, se pueda realizar contacto con el proveedor para que realice la entrega justo a tiempo en planta. Estudio de viabilidad de conexión del proveedor al sistema de manejo de información de inventarios y mantenimiento. Esto implica tener una base de datos de proveedores altamente confiables y negociaciones con proveedores, con bases sólidas para tener un sistema apoyado en la gestión en conjunto Proveedor – Compras – Inventarios:

- Se debe acordar con Compras y Confiabilidad que tipo de evaluación se debe aplicar a los proveedores, tiempo de entrega, calidad, cantidad y confiabilidad que se encuentren relacionados a su provisión.
- Perfeccionar el manejo del Outsourcing y la verificación de inventarios en los materiales utilizados en ese tipo de contrataciones.
- Estudio de las rutas de aprobación actuales y las propuestas.
- Se establecerá claramente que tipo de contactos, niveles de autorización y a través de quien se administrarán los contratistas y sus consumos.

- Que tipos de despachos se realizarán de las ordenes de trabajo programadas (Horarios, tiempo), acuerdos niveles de servicio (ANS) cuando se reprograman o se realiza una destinación diferente al listado de piezas relacionado a una OT específica.

Se deben establecer los roles y responsabilidades con respecto a los procesos de Inventarios, teniendo en cuenta los procesos de administración de mantenimiento.

Para asegurar un análisis completo de los aspectos inherentes a la Administración del Recurso Humano de Inventarios, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Ambiente laboral.
- Comunicación interna del proceso.
- Presentación personal
- Servicio al cliente.
- Evaluación de competencias y/o desempeño.
- Capacitación y/o entrenamiento.

Necesario adelantar periódicamente Informes escritos con detalle de cada elemento, con sus posibles acciones correctivas o planes de acción, fecha de posible terminación, responsables y su correspondiente monitoreo con porcentaje de avance, única forma de medir los cambios de mejoramiento en lo referente a la implementación de las políticas definidas de mejoramiento en Inventarios, desde sus procesos internos recepción de materiales, almacenamiento y despachos.

7.3.1.3 Gestión de compras. El objetivo estratégico de todas las organizaciones que compiten en una economía cada vez más globalizada es la subsistencia a largo plazo y el éxito económico.

Los negocios en el mundo de hoy viven una competencia global, requerimientos de los clientes, complejidad de los negocios mismos, costos, regulaciones, entre muchos otros aspectos inherentes de los mismos. Para que las empresas logren permanecer en esa competitividad deben mejorar la disponibilidad y confiabilidad de sus procesos, reducir costos, anticipar y satisfacer las necesidades de sus clientes.

Consistente con el cambiante ambiente de los negocios, las organizaciones de compras se ven en la obligación de coordinar todas sus funciones tácticas maximizando su efectividad, a través de las fronteras (internas y externas) para cumplir con los objetivos del negocio.

Alineado con este precepto, las empresas que desean mejorar sus gestiones deben emprender la implementación de nuevas estrategias corporativas destinadas a adoptar nuevas prácticas globales de trabajo que incluyen las mejores prácticas de la industria.

No ajena a este concepto, el área de Compras debe emprender paralelo con los mejoramientos de la gestión de Mantenimiento cambios fundamentales en su organización y forma de operar, basándose en los siguientes principios adoptados, que son políticas para empresas de primera línea a nivel mundial:

- Compras debe alinear sus actividades con el resto de las distintas áreas de la empresa. Un cambio fundamental en el proceso de compras, consiste en trabajar en forma conjunta con las áreas de operaciones, mantenimiento, inventarios, control de calidad, seguridad y medio ambiente, ingeniería, finanzas.
- Promover una cultura multidisciplinaria para resolver problemas, trabajando en forma conjunta con clientes internos y externos e incorporando a los proveedores a los procesos de mejoramiento de la confiabilidad, disponibilidad, y calidad.
- Cambiar los procesos operativos de compras teniendo en cuenta que la mejor forma de comprar materiales, servicios y reducir variaciones y no conformidades es seleccionar proveedores con el conocimiento, la capacidad y la voluntad de proveer productos y servicios de alta calidad siempre.
- Compras no puede dejar a un lado la calidad y el servicio dándole prioridad solamente a la estrategia de los precios más bajo. Compras debe cambiar el enfoque de sus procesos, dejando de simplemente considerar el costo de un producto o servicio y pasando a considerar el costo e impacto de mantenimiento, reparaciones, almacenamiento, re-trabajo y calidad asociados a ese producto o servicio.
- Compras debe fomentar el desarrollo de los proveedores, entendiendo y haciéndoles entender no solo cuan críticos son sus productos y servicios para las funciones internas de la organización, sino que ellos deben ejercer una función más activa en todo el proceso productivo de la empresa.
- Compras debe encarar un proceso sistemático de recolección y análisis estadístico de datos, como base fundamental de evaluación para el mejoramiento de los procesos.

7.3.1.4 Procesos con instructivos a desarrollar y documentar. Los siguientes elementos, que forman parte de las políticas, reglamentos y operaciones diarias del área de compras deberán contar con procedimientos e instructivos, los cuales deberán ser desarrollados, paralelo con los de mejoramiento de gestión de mantenimiento:

- Solicitud de Compra de Urgencia

Este instructivo detalla las directivas para permitir la adquisición en el menor tiempo posible de los activos, equipos, insumos, repuestos y servicios que se solicitan de urgencia, aún cuando la requisición no haya sido registrada o esta no se encuentre aprobada.

- Plan de Requerimientos

Compras debe participar en la planeación anual o semestral de los requerimientos de mantenimiento y operaciones para estar actualizado y tener conocimiento de sus requerimientos, condiciones y fechas.

- Clasificación de Artículos

Todos los artículos deben estar clasificados como:

Estratégicos: cuando el artículo está asociado a un equipo crítico, fácil consecución, tiempo de reposición bajo, y no es necesario que tenga existencia en almacén.

Críticos: artículo asociado a un equipo crítico, difícil consecución, tiempo de reposición alto, debe tener existencia en almacén.

Tácticos: artículo no necesariamente asociado a un equipo crítico, consecución y tiempo de reposición no relevantes, no es necesario tener existencia en todas las plantas, incluidos el 80% del valor del inventario. Esto con el fin de dar la debida importancia a cada uno de los artículos en las negociaciones que se lleven a cabo.

Esta clasificación será particular de la organización dependiendo de su ubicación geográfica.

- Análisis y Evaluación de Cotizaciones

La gestión de compras se debe realizar bajo criterios técnicos, económicos y de calidad que permitan dar cumplimiento a las políticas internas y generen resultados satisfactorios a los diferentes clientes de la organización.

- Selección de Proveedores

Los proveedores deben ser seleccionados con base en los criterios éticos, técnicos y de calidad definidos por la organización. En el criterio de evaluación se deben tener en cuenta la capacidad de los mismos de formar acuerdos de cooperación con la organización y su capacidad de suministrar materiales o servicios con valor agregado.

- Evaluación de Proveedores

Se debe realizar una evaluación periódica a los proveedores que permitan la medición de su gestión y la identificación sistemática de oportunidades de mejoras.

- **Calificación en Base de Datos de Proveedores**

La calificación de los proveedores se debe mantener actualizada en el maestro de proveedores, para asegurar la selección confiable de éstos al momento de las negociaciones.

- **Retroalimentación de la Evaluación**

El resultado de la evaluación debe ser informado a los proveedores con el fin de que puedan plantear las acciones correctivas para mejorar su desempeño.

- **Negociaciones con Proveedores**

Se deben llevar a cabo negociaciones con proveedores, con el fin de obtener beneficios técnico-económicos para la organización, optimizar el proceso de compras y establecer relaciones de beneficio mutuo y largo plazo con los proveedores.

- **Artículos a ser negociados**

Se deben incluir en una negociación prioritariamente los artículos cuyo nivel de criticidad y complejidad (según clasificación) sea definido como alto. Igualmente los artículos cuya rotación sea igual o mayor a 4 veces al año.

- **Tipos de Convenios**

Los tipos de convenios definidos son: catalogo de precios, inventario en consignación y orden de compra abierta. Estos se determinaran según la clasificación de los artículos.

- **Convenios de Servicios**

El cliente interno debe consolidar los servicios según su tipología e informar a compras acerca de los servicios más representativos y que según su cuantía y frecuencia amerite que se seleccionen proveedores para la prestación de estos servicios para llevar a cabo negociaciones con estos y generar convenios. Las negociaciones las efectúa compras con el acompañamiento del cliente interno.

- **Información contenida en la orden de requisición para servicios**

Contiene las especificaciones técnicas del servicio, las cantidades de obra estimada, planos detallados, condiciones, y otros, además de la fecha para la cual se requiere el servicio.

- **Acuerdos de Niveles de Servicios**

Se deben definir acuerdos de niveles de servicio con los clientes internos y los proveedores para que la operación del negocio funcione correctamente y se debe hacer seguimiento al cumplimiento de estos para facilitar la medición de los acuerdos pactados.

- **Compras Urgentes**

Las solicitudes de compras urgentes deben llevarse a cabo según procedimiento definido en cada proceso de compras para que se ejecuten correctamente.

- **Generación de Contratos**

Se debe generar contrato para las negociaciones que así lo requieran, según recomendación de los entes superiores de la organización con el fin de formalizarlas.

- **Requerimiento de Activos, equipos, insumos y repuestos**

El requerimiento de activos, equipos, insumos y repuestos por parte del cliente interno se debe hacer buscando la optimización de los inventarios, garantizando que estos sean para consumir dentro del tiempo establecido, evitando así el aumento de los inventarios. Compras previamente deberá consultar la disponibilidad en las bodegas.

Los procesos y prácticas de compras deben estar enfocados en los objetivos de negocios y la estrategia de integración de las mejoras en los procesos propuestos por el cambio gradual de sistema de gestión de mantenimiento, debiendo orientarse a lograr los siguientes elementos:

- Excelencia en los procesos.
- Calidad y rentabilidad de los productos comprados.
- Motivación y satisfacción personal y de proveedores y clientes internos.
- Máxima confiabilidad.
- Máxima seguridad y salud ocupacional.
- Máxima protección ambiental.

Para lograr implementar los aspectos definidos como mejores prácticas, se debe establecer un plan de trabajo detallando las actividades a ejecutar, la forma de llevarlas a cabo, el responsable y las fechas de ejecución. Se debe partir de la situación actual para determinar la brecha con respecto al modelo a seguir:

En general debe existir toda la serie de políticas de inventarios y compras anteriores encaminadas a la optimización de repuestos.

7.3.2 Indicadores de mantenimiento. La fabricación de un producto cualquiera que sea requiere de un proceso continuo. Para que esto se cumpla, los equipos de producción deben mantenerse en condiciones apropiadas y deben operarse en forma correcta para garantizar un proceso estable y una mínima variabilidad en la calidad. Así pues como el mantenimiento es un factor clave para garantizar la calidad del producto. Si este no se realiza o no se hace de la forma adecuada, la condición de los equipos se deteriora, se afectan las tolerancias, el proceso productivo se ve impactado y finalmente se afecta la calidad.

Identificar los factores de operaciones y mantenimiento que pudieran afectar la calidad del producto y desarrollar una estrategia para minimizar las desviaciones en los procesos y de esta forma asegurar la calidad requerida del producto es la clave de mejorar por ello es que se deben implementar indicadores que varían con las fases de mejoramiento pero que desde la base se definen y son fundamentales para el control y mejoramiento del proceso.

Los indicadores propuestos para medir de manera cuantitativa el resultado de la gestión de mantenimiento a nivel operativo, táctico y estratégico, van a ser utilizados cotidianamente bajo una base periódica como parte misma de la gestión. Ver figura 13.

7.3.2.1 Estratégicos. Son aquellos indicadores que permite medir la direccionalidad y efectividad de la organización. Ver en anexos J de indicadores estratégicos.

7.3.2.2 Tácticos. Son aquellos indicadores que sirven para monitorear la efectividad en el cumplimiento de los objetivos. Ver en anexos K de indicadores estratégicos.

7.3.2.3 Operativos. Son aquellos indicadores que nos sirven para verificar el rendimiento, efectividad y calidad de los procesos. Ver en anexos M de indicadores estratégicos.

Figura 13 Interrelación de los niveles y objetivos del negocio del mantenimiento



Fuente: TREJOS, Emilio. Seminario Indicadores de Mantenimiento. Universidad Simón Bolívar Caracas 2009. P 36

Los indicadores de mantenimiento son la única forma de evaluar el mejoramiento de la gestión de mantenimiento hacia los equipos, por ello ayudan a tomar acciones para la mejora continua del proceso. Registrar todos los datos para generar los Indicadores Clave de Desempeño en todas las instalaciones y centros de trabajo.

Es relevante evaluar al personal con capacidad de influencia sobre el cumplimiento de los Indicadores Clave de Desempeño, en función del logro de los mismos, con la finalidad de establecer un proceso de mejora continua.

7.3.2.4 Indicadores clave de desempeño. A continuación se presentan los títulos de los Indicadores claves de desempeño de acuerdo a su clasificación funcional, estos son de desempeño de equipos, de eficiencia en la gestión de mantenimiento y de desempeño de costos del mantenimiento.

Se referencian cada uno de ellos, los cuales deben construirse para cada empresa en particular, esto forma parte del desarrollo intrínseco en el que se implementara un mejoramiento del sistema de gestión de mantenimiento de cada organización específica.

7.3.2.4.1 Indicadores de desempeño del equipo. Son aquellos indicadores cuya finalidad es evaluar la gestión del desempeño de los equipos, en pos de un mejoramiento, mediante cambios en el sistema de gestión del mantenimiento. Ver en anexo J.

- Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).
- Tiempo Medio Para la Reparación (MTTR).
- Índice de Horas de Paro No Programado del Equipo (IPNP).
- Disponibilidad Inherente (%DI).
- Disponibilidad Operacional (%DO).
- Utilización del Equipo (UTLZ).
- Efectividad Total del Equipo (OEE).

7.3.2.4.2 Indicadores de eficiencia en la gestión de mantenimiento. La finalidad de este tipo de Indicadores es controlar y evaluar los cambios y el mejoramiento en la eficiencia en la Gestión de Mantenimiento ver en anexo K. Los indicadores que se encuentran en esta clase son:

- Cumplimiento Presupuestal (CMPP).
- Rotación de Inventarios (ROIN).
- Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo (CMMP).
- Cumplimiento de Mantenimiento Predictivo (CMMPd).
- Eficiencia en la Gestión de Mantenimiento (EFGM).
- Backlog (BACK).
- Índice de Mantenimiento Autónomo (INMA).

- Tasa de Capacitación (TCAP).
- Tasa de Ausentismo (TAUS).
- Esfuerzo en Mantenimiento Preventivo (ESMP).
- Esfuerzo en Mantenimiento Predictivo (ESMPd).
- Esfuerzo en Mantenimiento Correctivo (ESMC).
- Efectividad de Costos de Mantenimiento (ECMO).
- Horas Hombre de Mantenimiento Normalizadas (HHMO).
- Tiempo Extra de Mantenimiento (TXMA).

7.3.2.5 Indicadores de desempeño de costos. Son aquellos indicadores cuya finalidad es controlar los costos ejercidos en la ejecución de las actividades de mantenimiento y poder evaluar de modo gradual su mejoramiento en resultados por cambios en la gestión de mantenimiento. Ver en anexo M. Los indicadores que se encuentran en esta clase son:

- Costo de Mantenimiento Normalizado (COMN).
- Costo de Mantenimiento con Relación al Costo de Operación (CMCO).
- Costo Unitario de Mantenimiento (CUMO).
- Costo Unitario de Mantenimiento por Producto (CUMP).
- Porcentaje del Valor de Materiales Obsoletos (%VMO).
- Costo de Capacitación (COCA).
- Costo de Mantenimiento por Valor de Activos (CMVA).
- Valor Económico Agregado (EVA).

Las metas de una organización en mejoramiento, se miden por indicadores y sus metas se deberán ajustar y revisar anualmente como parte de la planeación estratégica para el siguiente período de acuerdo a los planes de acción correspondientes. Normalmente los proyectos de transformación del Negocio de mantenimiento del tipo del Sistema de Gestión de Mantenimiento en mejoramiento producen efectos perdurables y medibles a través de los indicadores de gestión en las siguientes áreas:

Planificación y programación de los Trabajos.

Productividad del personal.

Costos de Mantenimiento y Operaciones.

Confiablez y Paros de Equipos e Instalaciones.

Disponibilidad de Equipos e Instalaciones.

Como se explicó anteriormente, la implantación del proyecto de mejoramiento en gestión de mantenimiento impactará áreas de negocio específicas. A continuación se muestra en la Tabla1, la relación existente entre los indicadores de Gestión y dichas áreas, ya que dicha relación es la base para asociar los indicadores a los Planes de Acción del Sistema de Gestión de Mantenimiento en implementación, en función de las áreas del negocio que dichos planes impactarán.

Tabla 1 Relación indicadores de gestión y áreas de negocio

Indicador	Áreas de Negocio Impactadas				
	Planificación/ Programación	Confiabledad/ Paros	Costos	Productividad	Disponibilidad
Tiempo Medio Entre Paradas (MTBS)	X	X			x
Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)		X			
Tiempo Medio Para la Reparación (MTTR)				x	x
Índice de Paros no Programados (IPNP)		X			
Disponibilidad Inherente (%DI)		X		x	x
Disponibilidad Operacional (%DO)	X			x	x
Utilización del Equipo (UTLZ)					x
Efectividad Total del Equipo (OEE)		x			x
Cumplimiento Presupuestal (CMPP)	x		x		
Rotación de Inventarios (ROIN)	x				
Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo (CMMP)	x			x	
Cumplimiento de Mantenimiento Predictivo (CMMPd)	x			x	
Eficiencia en la Gestión de Mantenimiento (EFGM)	x			x	
Backlog (BACK)				x	
Índice de Mantenimiento Autónomo (INMA)		x			x
Tasa de Capacitación (TCAP)		x		x	x
Tasa de Ausentismo (TAUS)				x	
Esfuerzo en Mantenimiento Preventivo (ESMP)	x			x	
Esfuerzo en Mantenimiento Predictivo (ESMPd)	x			x	
Esfuerzo en Mantenimiento Correctivo (ESMC)	x	x		x	
Efectividad de Costos de Mantenimiento (ECMO)	x		x		
Tiempo extra de Mantenimiento (TXMA)				x	
Costo de mantenimiento con relación al costo de operación (CMCO)		x	x		x
Costo Unitario de Mantenimiento (CUMO)		x	x		x
Costo unitario de Mantenimiento por producto (CUMP)		x	x		x
% del valor de Materiales Obsoletos (%VMO)	x		x		
Costo de Capacitación (COCA)			x	x	
Costo de Mantenimiento por Valor de Activo (CMVA)		x	x	x	
Valor Económico Agregado (EVA)			x		

Fuente: autor de la monografía

7.3.2.6 Evolución de los indicadores para cada fase del modelo. Todos los anteriores indicadores mencionados y los siguientes tienen que ver con el modelo que se está implementando, sin embargo, los indicadores que van a determinar en principio el avance en la madurez de la organización en su tránsito por el modelo, son aquellos a través de los cuales se puede evidenciar el avance en las metas de negocio.

En consecuencia, los indicadores que van a mostrar claramente el avance en el modelo en una organización dispuesta al cambio gradual, en la fase Reactiva serán inicialmente y exclusivamente los siguientes, que se definen para dar impulso al cambio gradual de salir de la etapa de emergencias continuas, hacia un cambio con la implementación de nuevas prácticas:

- Disponibilidad Inherente (%DI).
- Disponibilidad Operacional (%DO).
- Tiempo medio entre paros (MTBS).
- Tiempo Medio entre Fallas (MTBF).
- Tiempo Medio para Reparar (MTTR).
- Utilización (UTLZ).
- Costo de Mantenimiento con Relación al Costo de Operación (CMCO).
- Backlog (BACK).

Estos indicadores deben formar parte de los reportes semanales y mensuales; y en la medida que los equipos de trabajo se integren, estos serán más controlados y así en la maduración gradual se podrán implementar los restantes, paralelo con poder en cada uno de ellos adelantar afinamientos de metas graduales.

En la tabla 2 se muestran los indicadores que referencialmente deben ser calculados y analizados para cada fase del modelo del Sistema de Gestión de Mantenimiento, independiente de los ya sugeridos para iniciar a generar cambios controlados.

Tabla 2 Indicadores fases del modelo

Indicador	Fase del modelo			
	Correctivo	Planeado - Preventivo	Predictivo	Basado en Confiabilidad
MTBS	X	X	X	X
MTBF	X	X	X	X
MTTR	X	X	X	X
IPNP	X	X	X	X
%DI	X	X	X	X
%DO	X	X	X	X
UTLZ	X	X	X	X
OEE			X	X
CMPP	X	X	X	X
ROIN		X	X	X
CMMP		X	X	X
CMMPd		X	X	X
EFGM		X	X	X
BACK	X	X	X	X
INMA			X	X
TCAP		X	X	X
TAUS		X	X	X
ESMP		X	X	X
ESMPd		X	X	X
ESMC		X	X	X
ECMO				X
TXMA		X	X	X
CMCO	X	X	X	X
CUMO		X	X	X
CUMP				X
%VMO		X	X	X
COCA		X	X	X
CMVA			X	X
EVA			X	X

Fuente: autor de la monografía

7.3.3 Histórico fallas de equipos. Se debe con un sistema informático que permita realizar seguimiento al historial de fallas de los equipos para tomar acciones para la mejora de estos desde el síntoma.

7.3.4 Herramienta de análisis problemas RCA y FMEA. Se aplican dentro de las actividades normales las metodologías de RCA y FMEA para la solución de problemas y se hace seguimiento sistemático a los planes de acción.

7.3.4.1 Herramientas basadas en RCA. Este análisis es obligatorio para todas las fallas críticas. La base fundamental de todo programa de confiabilidad es que “las fallas de los equipos son inaceptables”. Todas las fallas de equipos críticos deben ser analizadas para identificar la causa raíz de las fallas. El proceso de RCA debe incluir los siguientes elementos:

- Límites operacionales o de costo (elemento de disparo): debe establecerse un conjunto de criterios los cuales de presentarse, causarán que se inicie un proceso RCA. Estos criterios deben ser incorporados dentro de los planes de operaciones y el personal responsable por RCA debe ser contactado e iniciar los planes de acción ya desarrollados.
- Técnicas: cada falla de un componente crítico debe ser sometida a un análisis sistemático RCA. Se puede adoptar cualquiera de las técnicas popularmente aceptadas para realizar este estudio. Las técnicas más comunes son: la técnica de los 5 Por-qué, análisis de árbol de fallas y Diagrama Ishikawa o espina de pescado.
- Herramientas: el proceso de RCA puede ser acelerado y estandarizado si se emplean utilizando algunos de los programas computarizados disponibles en el mercado para tal efecto. Debe tenerse en cuenta sin embargo que el uso de un programa de este tipo no reemplaza la experiencia y los conocimientos técnicos del personal, sino que permite manejar un gran volumen de información en una forma sistemática.
- Entrenamiento: todo el personal que lleve a cabo RCA debe estar entrenado en el proceso para llevarlo a cabo y debe tener experiencia en el uso de una o varias de las técnicas de análisis descritas anteriormente. Este entrenamiento debe ser provisto previo a intentar cualquier análisis RCA.
- Acceso a ensayos de laboratorio: frecuentemente es necesario realizar ensayos de laboratorio de partes que han fallado, como parte del proceso RCA. Estos servicios pueden ser contratados a cualquier laboratorio confiable. Para contratar estos servicios debe especificarse qué tipo de ensayos se requerirán, que es lo que se ensayará, cuán rápido se requieren los resultados y en qué forma deberán proveerse los reportes del ensayo.
- Captura de los materiales: la captura de todos los componentes fallados es vital para el proceso RCA, especialmente cuando se necesitan realizar ensayos de laboratorio para descubrir los mecanismos de falla. Los sitios donde ocurre la falla deben ser controlados e investigados inmediatamente luego de descubierta la falla. Los componentes fallados deben ser

inspeccionados tan pronto como sea posible luego de ocurrida la falla y deben ser mantenidos en la condición en la que se hallaron para maximizar la posibilidad de descubrir evidencias. Si fuera necesario, los restos de componentes que fallaron deben ser llevados en forma inmediata a los laboratorios de ensayo.

- Historial de fallas de equipos (Base de datos de fallas): los detalles específicos de las fallas de equipos deben ser registrados en una base de datos de fallas. El historial de operaciones de los equipos fallados generalmente contiene claves para identificar los mecanismos de falla.
- Datos de monitoreo de equipos / reportes: los datos de la operación de los componentes fallados a menudo contienen claves que permiten identificar los mecanismos de falla. Los datos de operación deben contener información que sea completa, segura y confiable. Deben implementarse los mecanismos que permitan contar con datos periódicos de la operación de los equipos de manera que puedan detectarse tendencias en el funcionamiento de los mismos.
- Seguimiento de las acciones emprendidas: es necesario completar el proceso de RCA para detectar la verdadera causa raíz y asegurarse que no se ha dejado de lado ningún elemento. De la misma manera, la única forma de asegurar el éxito en la prevención de re-ocurrencias de fallas es implementar un sistema que permita monitorear y verificar que todas las medidas preventivas y correctivas han sido implementadas completamente.

7.3.4.2 Herramientas basadas en FMEA. es una metodología cuyo propósito es identificar todo lo que puede causar problemas en un activo, facilitando la detección de acciones para reducir el riesgo asociado a una "FALLA". Es reconocida como la herramienta fundamental utilizada en Ingeniería de Confiabilidad y Riesgo.

Para un proceso específico, el FMEA permite identificar los modos de falla, sus causas y frecuencia (Confiabilidad) y los efectos generados si algunas de las fallas ocurren durante la operación del producto (Riesgo).

El FMEA es una función esencial en el diseño, desde la conceptualización hasta el desarrollo, sin embargo también es usado en: Mantenibilidad, Análisis de seguridad, Análisis de soporte logístico, análisis de planes de mantenimiento, diseño de sub-sistemas de detección de fallas y aislamiento.

El proceso de aplicación de un FMEA se divide en los siguientes pasos:

- Selección del sistema y recolección de información: en esta etapa se deberá seleccionar el equipo/sistema a analizar. Una planta usualmente contiene

diferentes procesos, sistemas o tipos de equipos dentro de los cuales algunos son más críticos que otros. Previamente a la aplicación del FMEA deberá efectuarse un análisis de criticidad con la finalidad de jerarquizar los equipos/sistemas a los cuales se le aplicará esta metodología.

- Recolección de información técnica: la cual típicamente incluye lo siguiente: diagramas de tuberías e instrumentación, diagrama de bloques y/o esquemático del sistema, manuales de diseño y operación del equipo, historial de equipos y bases de datos de fallas de sistemas similares.
- Definición de los límites del Sistema: los límites del sistema definen que subsistemas y componentes serán incluidos como parte del mismo. Esto es fundamental para registrar por separado los modos y efectos de falla para cada componente que forman parte del sistema contenido dentro de los límites. Hay dos razones por las cuales es preciso definir los límites del sistema en un proceso FMEA: debe tenerse un conocimiento preciso de que está incluido y que está excluido en el sistema, así como las funciones potencialmente importantes (y sus respectivos equipos de soporte) y los límites son el factor determinante para establecer las entradas y salidas (potencia, flujo, calor, señales, entre otros) durante el análisis del proceso.
- Descripción del Sistema: una vez que el sistema es seleccionado y se definen los límites, el próximo paso es identificar y documentar los detalles esenciales del sistema que son necesarios. La información requerida para desarrollar este paso es: identificación: es la descripción del sistema/equipo de acuerdo al nivel de ensamble, información adicional acerca del diseño del sistema/equipo, descripción de la función específica que cumple el sistema/equipo, las condiciones internas del manejo del producto, presiones y temperaturas de operación, entre otros y a las condiciones externas como la existencia de áreas ventiladas natural y/o forzadamente.
- Definición de las funciones y fallas funcionales: durante la aplicación de la metodología se deberá tener presente que el estado del equipo que se desea conservar es aquel en que continúe desempeñando las funciones deseadas, por lo que no se deberá determinar los requisitos de mantenimiento de un elemento sin haber comprendido claramente las funciones del activo.
- Definición de los modos de fallas con sus tasas de fallo: el paso siguiente es tratar de identificar los modos de fallas que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que se está tratando de prevenir.

Es importante destacar que solo deben registrarse aquellos modos de fallas que tengan una probabilidad real de ocurrencia.

- Descripción de los efectos por cada modo de falla: los efectos de las fallas deberán ser descritos mediante una explicación secuencial de que pasaría si la tarea no es hecha. Este paso permite decidir la importancia de cada falla y por lo tanto que nivel de mantenimiento sería necesario.

El impacto que un modo de falla tiene sobre la empresa depende del contexto operacional del sistema/equipo, los parámetros de funcionamiento y los efectos de cada modo de falla. Esta combinación implica que cada falla tiene un específico conjunto de consecuencias asociadas a esta.

- Tareas de mantenimiento Recomendadas: si un modo falla tiene consecuencias significativas en los términos de su probabilidad de ocurrencia e impacto, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no se justifica realizar mantenimiento preventivo que no sea el de las rutinas básicas y servicio.

A partir del proceso de FMEA, se puede definir dependiendo de las consecuencias y probabilidad de ocurrencia de los diferentes modos de fallas, si se debe realizar una tarea predictiva, preventiva, o simplemente dejar que ocurra la falla. Sin embargo, el proceso de selección de las tareas debe ser revisado considerando el modo de falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

- Equipo de Trabajo : la aplicación de esta metodología requiere de la formación de un grupo de trabajo, integrado por personal directamente involucrado con la operación del proceso, conocimiento y experiencia: un ingeniero facilitador (capacitado en análisis de criticidad.), ingenieros de mantenimiento (planificación programación, especialistas.), Ingenieros de operación (especialistas en proceso.), Ingenieros de seguridad., Personal de las especialidades de mantenimiento mecánico, eléctrico, instrumentos., personal de operación y proveedor del equipo.

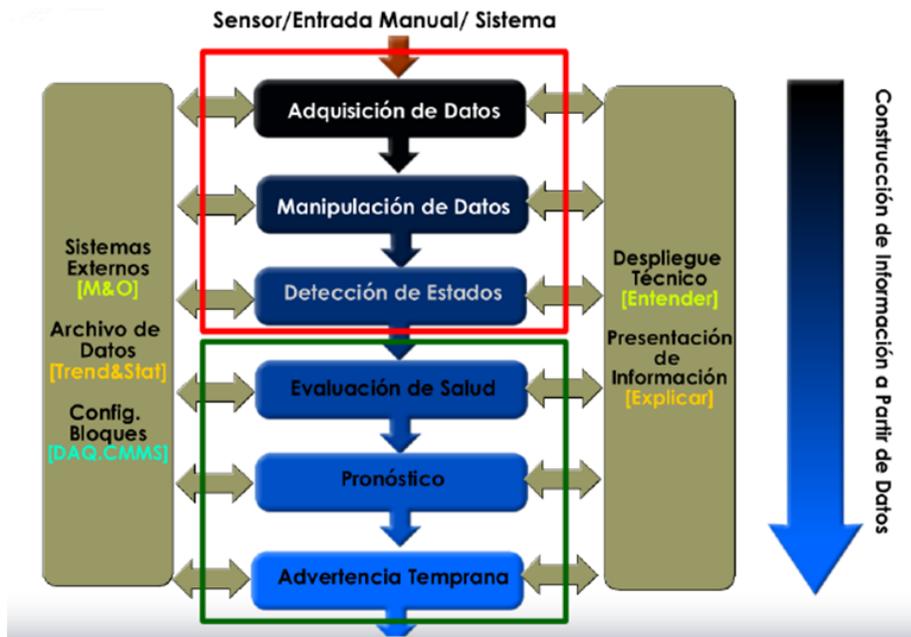
7.3.5 Monitoreo en línea. Se dispone de herramientas de monitoreo en línea para todos los equipos críticos, donde se pueden analizar y controlar variables como: vibraciones, temperatura, nivel, flujo, entre otros.

Un programa de Monitoreo de mantenimiento Predictivo basado en el análisis de variables críticas como vibraciones, debe tener los siguientes elementos indispensables para su correcta operación. Ver ejemplo en figura 14.

- 1.- Definición del Alcance del Programa.
- 2.- Instrumentación y equipo de cómputo adecuado.
- 3.- Establecimiento de Programas de Monitoreo.
- 4.- Definición clara de estándares de medición y alarmas.
- 5.-Definición clara de estándares de aceptación de maquinaria.

- 6.- Reporte de condiciones de maquinaria.
- 7.- Indicadores de desempeño.

Figura 14 Monitoreo en línea



Fuente: JURAN, Institute. Manual Sistema Administración del Mantenimiento. PEMEX. México 2004, p 750

Todos los sistemas de Mantenimiento Predictivo con éxito dedican personal de tiempo completo para llevar a cabo el programa.

En algunas ocasiones estos grupos cubren varias áreas dentro de una planta, o también varias plantas a la vez.

La interrelación de equipos y de plantas permite preparar grupos de trabajo que generan apoyo para un mejor diagnóstico y así se da un crecimiento gradual.

Debido a la necesidad intrínseca de interpretar la información colectada y la forma en que se colecta el recurso humano es el ingrediente más importante dentro de un programa de mantenimiento Predictivo basado en análisis de vibraciones, por lo que es de suma importancia tomar en cuenta: selección del personal analista, capacidad y certificación del personal analista, y correcta valoración del presupuesto.

7.3.6 Optimización plan de mantenimiento. Se evalúan periódicamente los resultados de los planes de mantenimiento.

Los procesos de mantenimiento presentados en los capítulos anteriores podrán verse afectados por diversas razones, ocasionando que los resultados deseados no sean alcanzados o estos sean alterados.

Las variaciones presentadas se pueden presentar de diversas formas, lo que requerirá consideraciones particulares para cada caso. Los procesos por lo tanto requieren usualmente ser controlados según distintos criterios, entre los cuales destacan:

- Eliminar o reducir el error humano.
- Control de costos.
- Reducir almacenamientos intermedios.
- Respetar la normatividad de seguridad y protección ambiental.
- Alcanzar y/o mantener un resultado adecuado.
- Comunicación entre todas las áreas de la organización.
- Selección y entrenamiento de planificadores (Grupo Planificador).
- Uso de indicadores claves de desempeño.
- Utilización de reportes estándares.

La base de la mayoría de las estrategias de control se agrupa generalmente en dos conceptos:

- Retroalimentación.
- Anticipativo.

7.3.6.1 Estrategias de control. La retroalimentación es una técnica comúnmente utilizada y es el concepto sobre el cual la mayor parte de la teoría de control se encuentra basada. El control sobre la retroalimentación es la estrategia desarrollada para alcanzar y mantener una condición en el proceso, comparar la condición medida con la condición deseada e iniciar la acción correctiva basada en la diferencia entre la condición deseada y la condición actual. Como ejemplo de retroalimentación se puede considerar la lectura de mediciones de temperatura de un equipo y la comparación con la temperatura deseada. La estrategia dependería del nivel de la temperatura leída, es decir, se tomarían acciones para aumentar o reducir la temperatura del equipo.

Este mismo ejemplo puede ser extrapolado a los procesos de mantenimiento en donde los distintos responsables de su aplicación, a través del uso de indicadores y su evaluación, deberán tomar acciones para lograr el cumplimiento de los objetivos del negocio, y retroalimentar el ciclo de mantenimiento para acciones futuras.

El control anticipativo es aquel que define el momento, a futuro, en que se dará un hecho o un conjunto de hechos y se toman las acciones para evitar o reducir su

efecto. Generalmente este tipo de control está asociado a actividades de mantenimiento predictivo.

7.3.6.2 Comunicación. Para lograr una retroalimentación efectiva dentro del proceso de mantenimiento y controlar las variables que surjan, es necesario contar con una comunicación efectiva y eficiente a lo largo de toda la organización.

Se deben contar con tres canales de comunicación:

- Hacia los niveles superiores de la organización.
- Hacia los niveles inferiores de la organización.
- A través de los mismos niveles de la organización.

Generalmente todas las comunicaciones deberán estar reducidas al mínimo necesario y de manera efectiva. Se deberá considerar de igual forma que la información deberá fluir hacia los niveles superiores solo tan alta como sea necesario para tomar acciones efectivas.

Los canales horizontales también deberán ser reducidos al mínimo necesario para garantizar la cooperación efectiva y eficiente entre las distintas áreas de mantenimiento.

7.3.6.3 Selección y Entrenamiento de Planificadores. Debido a que los trabajos requeridos para cumplir con las necesidades del negocio son muy diversos y complejos, a los planificadores no se les pueden dar instrucciones simples para su planeación. A los planificadores se les podrá orientar sobre el alcance de los trabajos, sin embargo, la identificación del alcance correcto de las actividades es responsabilidad del planificador y con base en sus habilidades.

El hecho de contar con Planificadores capacitados permitirá controlar el éxito del Grupo Planificador y de los procesos de Planeación Estratégica y de la Planeación Táctica y Operativa.

7.3.6.4 Calidad Total. La calidad total tiene como objetivo fundamental buscar la satisfacción de las necesidades de los clientes de la empresa, por medio del aprovechamiento máximo de la confiabilidad de los productos y servicios, cumplir con todos los requisitos propuestos, recompensa al usuario por su inversión (gasto) e inexistencia del deterioro de la relación comercial ocasionando reclamos respecto a disconformidades en el producto.

Las metas de la calidad total son: la continua atención de las necesidades de los clientes al más bajo costo, dando libertad al potencial de todos los empleados.

Se consideran como principios básicos de la calidad total:

- Atender los requisitos y necesidades de los clientes.
- Hacer las cosas bien y siempre que sea posible, desde la primera vez.
- Aplicar mecanismos correctos de medición para una buena evaluación.
- Comprender y practicar la concatenación proveedores / clientes.
- Mantener un plan de capacitación y evaluación.
- Tener por meta la mejora continua.
- Mantener medios de comunicación internos y externos.
- Poseer líderes capacitados.

7.3.7 Técnicas mantenimiento predictivo. Tener implementadas técnicas de mantenimiento predictivo como: termografías, vibraciones, análisis de aceites, ultrasonido, cromatografía de gases de transformadores, medición de aislamientos, medición de espesores, coordinación de protecciones, alineaciones en general entre otros, y cada uno de ellos con la frecuencia necesaria para garantizar el adecuado funcionamiento de los sistemas operativos.

- **Termografía:** la Termografía es la rama de la Teledetección que se ocupa de la medición de la temperatura radiada por los fenómenos de la superficie de la Tierra desde una cierta distancia. Una Termografía Infrarroja es la técnica de producir una imagen visible de luz infrarroja invisible (para el ojo humano) emitida por objetos de acuerdo a su condición térmica. Una cámara de Termografía produce una imagen en vivo (visualizada como fotografía de la temperatura de la radiación).

Las cámaras miden la temperatura de cualquier objeto o superficie de la imagen y producen una imagen con colores que interpretan el diseño térmico con facilidad. Una imagen producida por una cámara infrarroja es llamada: Termografía o Termograma.

- **Vibraciones:** se considera vibración todo movimiento oscilatorio de un cuerpo sólido respecto a una posición de referencia.
Las vibraciones se caracterizan por su frecuencia y por su amplitud; la frecuencia es el número de veces por segundo que se realiza el ciclo completo de oscilación y se mide en Hercios (Hz) o ciclos por segundo.
Para efectos de su análisis se descompone el espectro de frecuencia de 1 a 1500 Hz, en tercios de banda de octava.
La amplitud se puede medir en: aceleración m/s^2 , en velocidad m/s y en desplazamiento m , que indican la intensidad de la vibración.
- **Análisis de Aceites:** técnica Predictiva, utilizada para evaluar el estado del aceite usado en los equipos.

Análisis Iniciales: se realizan a los aceites de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del estudio de lubricación y permiten

correcciones en la selección del aceite, motivadas a cambios en condiciones de operación.

Análisis Rutinarios: aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y la contaminación entre otros.

- Ultrasonido: este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano. Ultrasonido pasivo: Es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos.

Otras técnicas que se utilizan son:

- Cromatografía de gases: la cromatografía es un método muy utilizado en todas las ramas de la ciencia y que permite la separación, identificación y determinación de los componentes químicos en mezclas complejas de los gases. Ningún otro método de separación es tan potente y de aplicación tan general como la cromatografía.
- Medición de asilamientos: los daños debidos a sobretensiones en equipos electrónicos (ordenadores, tv., vídeo, etc.) e instalaciones vienen aumentando desde hace años. Esto se debe al empleo de componentes electrónicos cada día más sensibles a dichas sobretensiones.
- Medición de espesores: este estudio sirve para medir el espesor real de los materiales en una amplia gama de industrias, tanto para controlar la calidad de fabricación, como para monitorear su desgaste y así determinar si soportará la presión con el fluido que va a conducir o contener, evitando riesgos de fugas por fisuras, e incluso explosión.
- Coordinación de protecciones: la coordinación de sobre corriente, es una aplicación sistemática de dispositivos de protección que actúan por corriente en el sistema eléctrico, que en respuesta a una falla o sobrecarga, sacará de servicio sólo una mínima cantidad de equipo.

El objetivo principal será proteger al personal de los efectos de estas fallas, minimizar el daño al equipo eléctrico y reducir los costos por salidas de servicio de la carga asociada. El estudio de coordinación de protecciones de sobre corriente consiste en un estudio organizado tiempo – corriente de todos los dispositivos en serie desde la carga hasta la fuente. Este estudio es una comparación del tiempo que toma cada uno de los dispositivos individuales para operar cuando ciertos

niveles de corriente normal o anormal pasa a través de los dispositivos de protección.

El objetivo de un estudio de coordinación de protecciones de sobre corriente es determinar las características, valores nominales y ajustes de los dispositivos de protección que aseguren que la mínima carga no fallada se interrumpa cuando los dispositivos de protección aíslan una falla o una sobrecarga en cualquier parte del sistema eléctrico. Al mismo tiempo, los dispositivos y ajustes de protección deberán proporcionar satisfactoriamente protección contra sobrecargas e interrumpir corrientes de corto circuito tan rápidamente como sea posible.

7.4 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD

El nivel de Confiabilidad que una instalación industrial se alcanza en un determinado período y ello condiciona la rentabilidad de su proceso productivo en dicho período, esto es una realidad y sucede por la estrecha relación que existe entre la Confiabilidad, los ingresos generados y el costo de la explotación de los equipos.

Ante un planteamiento de aumento de producción de una instalación hacia una optimización de la eficiencia de esta, el diseño y aplicación de un programa adecuado de mantenimiento preventivo es una de las opciones más consideradas actualmente. Esto se debe a la gran importancia que el mantenimiento preventivo tiene en la consecución de unos altos niveles de los equipos en una instalación y se reflejaría en su confiabilidad operativa y como resultado de ello en productividad, pero se impacta por la imposibilidad de hacerlo si se da que tiene equipos inmovilizados o no eficientes, sobre todo cuando las posibilidades de modificar el diseño de los equipos y sistemas son pequeñas o el margen de actuación sobre la demanda es restringido; siendo por otro lado los costos de mantenimiento una partida importante del costo total de explotación y normalmente se trata de un área dedicada a otros temas adicionales al mantenimiento e incompleta y sin conceptos claros, en la mayoría de los casos, bajo la planificación y el control del personal propio de la instalación.

En un entorno real, donde los recursos siempre son limitados, la realización de un programa eficiente de optimización del mantenimiento de una instalación industrial requiere, como primera tarea, la identificación y priorización de los elementos susceptibles de ser mantenidos, al objeto de distribuir entre ellos los recursos disponibles, de manera que el beneficio o mejora que se obtenga sobre el conjunto de la explotación de la instalación sea lo mayor posible. Una vez seleccionados los equipos sobre los que se va a actuar, deberán identificarse aquellas actividades de mantenimiento que se consideren necesarias acometer con una evaluación técnica y económicamente convenientes para definir las acciones y proceder a su implantación y, posteriormente, a su seguimiento y control con el fin de evaluar el grado de eficiencia alcanzado.

El análisis de esta cuestión, con el propósito de elaborar una metodología coherente con la lógica del razonamiento cotidiano que aplican los expertos en mantenimiento y que tenga el suficiente grado de objetividad como para complementar su intuición y, a la vez, facilitar un adecuado canal de comunicación entre los niveles gerenciales, centrados en la rentabilidad de la empresa, y los niveles responsables de la operación, ocupados en sus temas y adicional de ello normalmente también del mantenimiento de las instalaciones, acusándose de no haber tenido, hasta la fecha, la suficiente atención que se merece, es un verdadero reto.

Probablemente, la razón hay que buscarla en la siempre importancia que han tenido los aspectos relacionados con la operación de las instalaciones, frente a los relativos a su mantenimiento, en épocas pasadas de mayor bonanza económica y menor competencia, a la subvaloración de la importancia que la Mantenibilidad de los equipos tiene en la rentabilidad de la explotación de las instalaciones industriales y a la dificultad de efectuar un planteamiento global y práctico que cuantifique su eficiencia y el impacto de las indisponibilidades forzadas o programadas de los equipos sobre la Confiabilidad de los sistemas de los que forman parte y a la larga sobre la Confiabilidad de la propia instalación.

Como aporte para resolver y plantear opciones de estas situaciones, esta monografía plantea un esquema práctico para adelantar la implementación de un mejoramiento gradual, con la maduración de conceptos alineados con un seguimiento del estado de la gestión del mantenimiento de una instalación industrial en funcionamiento y de la de sus equipos, para que se facilite el análisis del cómo mejorar la eficiencia de su explotación y la priorización de sus diferentes sistemas, estructuras y componentes en el contexto de un proceso de optimización del programa de mantenimiento vigente en sus empresas pero susceptible de mejorar siempre.

En el capítulo donde se presenta el estado del arte, se profundiza en el problema objeto de análisis, se discute la cuestión y se precisa la finalidad de esta monografía, como modelo a seguir para paso a paso lograr la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento mejorado y alineado con conceptos hacia ser clase mundial.

Los elementos obligatorios a trabajar antes y durante toda esta etapa y así poder al completarlos y dominarlos en un 100% poder defender con argumentos propios el estar muy cerca de la excelencia operativa y ser personas de integridad y de familia ya que los beneficios se ven reflejados en tiempo con los propios y disminución en grado sumo del estrés por cargas de trabajo de urgencias y emergencias dando tiempo para la familia y otras actividades complementarias de crecimiento personal individual.

Los aspectos que se desarrollan en esta fase de acuerdo a los lineamientos de la pirámide son:

7.4.1 Análisis indicadores de operación planta. Se efectúan análisis del impacto de la gestión de mantenimiento en los indicadores de la operación de la planta. (Consumos energéticos, consumo calórico, calidad de producto, manos de obra).

Adicional de los indicadores referenciados en esta monografía en al aparte de indicadores claves de desempeño del mantenimiento en las etapas de mejoramiento y normalización se requiere adicional a ellos, el que se estén manejado y en control, adicional que se deben construir en base a cada proceso.

7.4.2 Optimización equipos. Existe una metodología con plan estructurado para la restauración y optimización de equipos.

Se garantiza la participación de mantenimiento en las diferentes etapas de proyectos: diseño, implementación y entrega.

Durante las diferentes fases de los proyectos toda información para la planeación preventiva y proactiva de los equipos este plenamente definida y optimizada ya que está basada y/o establecida por los fabricantes mismos y esto permite una optimización en el ciclo de vida de los equipos en cuanto a su operación y mantenimiento.

Cuando la fase de pre-planeación se ha ejecutado correctamente, el proyecto ya tiene como mínimo los siguientes elementos:

- Estrategia del negocio del proyecto.
- Selección de tecnologías clave para el proyecto.
- El alcance de trabajo plenamente definido.
- El costo del proyecto y el cronograma de implementación bien definido.
- Seleccionado el equipo de trabajo con los niveles de experticia para su operación plenamente establecidos.
- Documentación bien organizada para que el proyecto fluya eficientemente hacia la fase de ejecución.
- Total entendimiento del objetivo del proyecto.
- Han quedado establecidas las decisiones a tomar en el momento que se presente cualquier cuestionamiento y/o tener las bases necesarias para resolver problemas tomando decisiones adecuadas.
- Se ha establecido el compromiso de todos los interesados dentro de los términos y alcance de trabajo, costo, cronograma y plan de ejecución.
- Obtención o investigación exhausta de los requerimientos para los permisos necesarios.

A partir de allí se puede acelerar decisiones y es cuando el líder del proyecto delega autoridad para aprobar cambios de diseño hasta cierto nivel o a un predeterminado costo. Es importante recordar que la pre-planeación se hace precisamente para evitar el mayor número de cambios posibles ya que esto incrementa costos e impacta la programación de cualquier proyecto, por lo tanto es importante comunicar cualquier posible cambio rápidamente a los miembros que pudieran ser afectados por este cambio.

Dos de las mejores prácticas en este sentido son:

- Una buena definición del alcance de trabajo.
- Una temprana orden que no permita ingresos para cambios en el alcance de trabajo.

De cumplirse las anteriores recomendaciones está garantizada la participación de operaciones y mantenimiento en las diferentes etapas de los proyectos y estos ayudara a que los resultados esperados sean los mejores al momento de iniciar operaciones, ya que lo que al participar en estos ejercicios genera confianza y mejoramiento.

7.4.3 Ciclo de vida de activos. Se hacen análisis periódicos de ciclo de vida de activos para establecer los planes de reposición.

La experiencia obtenida en los últimos años indica que una parte importante de los eventos de fallas son asociados con incompatibilidades entre el diseño y el contexto operacional de los equipos. Sin embargo, en muchos casos los diseños son desarrollados siguiendo las mejores prácticas y considerando contextos operacionales específicos y sus posibles variaciones. No obstante ello, buenos diseños realizados según las mejores prácticas y técnicas pueden tener aún baja confiabilidad.

Es función importante del área de Mantenimiento el determinar las tareas óptimas a realizar para la restauración de la integridad de los activos y llevar su desempeño a los niveles esperados.

7.4.3.1 Evaluación y restauración de la condición de los activos. Dentro de la política de confiabilidad y la metodología de identificación y restauración de integridad de equipos adoptada, se deberán desarrollar procedimientos específicos y ejecutar las tareas detalladas a continuación:

- Establecer el listado maestro de equipos

El alcance de esta actividad es desarrollar el listado completo de los equipos de proceso de cada planta, según procedimiento específico incluido en el presente documento.

- Identificación de los niveles de criticidad

Identificación de la criticidad de cada equipo de proceso basado en la importancia de su función según instrucciones del procedimiento incluido en el presente documento.

- Establecer la capacidad según diseño y parámetros propios de los equipos

El alcance de esta tarea es identificar los requerimientos funcionales de los equipos de proceso que se consideren candidatos para la Evaluación y Restauración de Condición. El alcance de la tarea incluye las siguientes actividades:

- Identificación y documentación de las capacidades funcionales de los equipos de proceso.
- Identificación y documentación de los requerimientos de capacidad de los equipos de proceso para satisfacer los planes de negocios.
- Desarrollo de estrategias de trabajo para aquellos equipos de cualquier área que no sean capaces de soportar los requerimientos de operación de la planta.

7.4.4 Identificación de la condición física de los equipos de proceso. Esta tarea comprende la identificación de la condición física de los equipos de proceso, en incluye las siguientes actividades:

- Identificación de los parámetros de operación que indiquen las condiciones actuales de los equipos.
- Identificación de las tecnologías de mantenimiento predictivo que pueden ser usadas para evaluar en la forma más precisa posible los parámetros de operación detallados anteriormente. Las tecnologías de mantenimiento predictivo disponibles actualmente están descritas en el capítulo “Tecnologías de Mantenimiento” incluido en el presente documento.
- Inspección y determinación de la condición de los equipos mediante la aplicación de algunas de las tecnologías descritas.
- Identificación y documentación de la condición en la cual fueron encontrados los equipos.

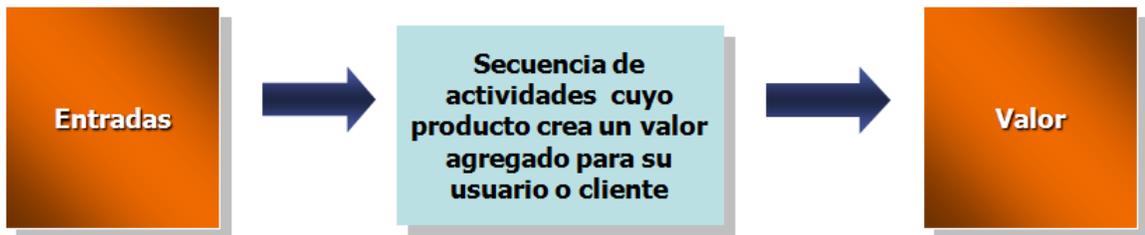
7.4.4.1 Desarrollo del archivo de historial de los equipos de proceso. Esta tarea permite el desarrollo del historial de equipos de proceso e incluye las siguientes actividades:

- Iniciar un archivo electrónico de historial para cada pieza de equipo crítico de proceso.
- Documentar el historial de operaciones y mantenimiento de cada pieza de equipo crítico de proceso.
- Documentar la condición actual de cada pieza de equipo crítico.

7.4.5 Equipo de trabajo por proceso. El mejoramiento de los procesos productivo obliga a que en esta etapa la forma de trabajar en una organización sea netamente por procesos, siendo estos claramente identificables a lo largo de todo el proceso de mejoramiento.

7.4.5.1 Definición de un proceso⁴. Es un conjunto de actividades destinadas a generar valor agregado sobre las entradas para conseguir un resultado que satisfaga los requisitos del cliente. Ver figura 15.

Figura 15 Entradas y salidas de un proceso



Fuente: JURAN, Institute. Manual Sistema Administración del Mantenimiento PEMEX México 2004, p 189

Para intervenir y direccionar los procesos se aplica la gerencia por procesos lo cual busca en los procesos repetitivos lograr el dominio tecnológico de la organización, a través de la documentación dinámica y participativa de las mejores prácticas empleadas en la cotidianidad organizacional. Esta cuenta con una metodología estructurada de solución de problemas, el análisis de los procesos, la gerencia del servicio y la estandarización.

Se dice que las organizaciones no existen para la administración, pero sin una adecuada gestión no hay viabilidad en tales asociaciones humanas para alcanzar sus fines, por lo que se dice que la gestión es el gran "habilitador" para realizar los objetivos de las organizaciones.

La gestión ha sido transformada por los cambios en el entorno, como corresponde a un mecanismo de regulación; hoy en día el centro de la gestión, no está en las tradicionales funciones, sino en los procesos, lo que permite una aproximación a la cotidianidad organizacional enfocada a las interacciones y no a los actores.

Ahora, debido a la complejidad de la gestión, se requiere identificar la existencia de algunos elementos estructurales en las organizaciones que permitan conceptualizar la gestión, la orientación estratégica, los procesos y la cultura

⁴ JURAN, Institute. Manual Sistema Administración del Mantenimiento PEMEX México 2004, p 189

organizacional. Estos elementos permiten construir un esquema integral de gestión a través de la articulación de conjuntos de técnicas administrativas.

7.4.5.2 Elementos por procesos. Elementos que deben contener los procedimientos de operación por proceso.

Los procedimientos estándar de operaciones deben contener como mínimo los siguientes elementos:

- Finalidad.
- Ubicación física del proceso en la planta.
- Operaciones que componen el proceso.
- Identificación de operaciones críticas.
- Sistemas que componen el proceso.
- Descripción de las máquinas.
- Instructivos para:
 - Arranque y paro de equipos.
 - Giro de equipos con sistemas con motor auxiliar.
 - Evaluación de perfil térmico del equipo.
 - Realización de curvas de eficiencia.
- Cuadro de control de proceso.
- Muestreo.
- Especificaciones de calidad.

7.4.5.3 Documentación de los procedimientos, revisiones, archivos. Se deberá identificar e implementar la metodología para la documentación, archivo, revisión y control de los documentos estándar de mantenimiento y operaciones. La misma deberá seguir los lineamientos de los procedimientos específicos emanados del manual de calidad ISO 9000.

El Mapa de Procesos proporciona a la empresa lo siguiente:

Una visión integrada de las actividades que la empresa necesita para cumplir sus obligaciones ante el mercado.

Una ayuda imprescindible para planificar nuevas estrategias o el despliegue de nuevas políticas. Este aspecto se hace especialmente relevante cuando la innovación (tecnología y reingeniería) tiene un papel destacado en esas nuevas políticas.

En esta etapa están maduros y se tienen establecidos equipos multidisciplinarios responsables para la atención de los procesos operativos, que garanticen el cumplimiento de los objetivos del negocio.

7.4.6 Equipos de trabajo de alto desempeño. Son grupos de trabajo maduros con líderes efectivos a todo nivel, que están implementando e involucrando disciplinadamente los siguientes pilares.

- 1.- Desarrollo de liderazgo efectivo a todo el nivel de la organización.
- 2.- Proceso formal de mejora continua basado en datos.
- 3.- Desarrollo de fuerza laboral de alto desempeño.
- 4.- Mejora dirigida a corto plazo.
- 5.- Estructura y sistemas de apoyo.

7.4.7 Mejoramiento de procesos en la organización. Se realiza revisión periódica de la relación del macroprocesos de mantenimiento con los demás macroprocesos en busca de oportunidades de mejora.

Como estrategias de mantenimiento alineado con las políticas de mejoramiento continuo, se efectúa una revisión detallada de la relación de los procesos de mantenimiento internamente y hacia el exterior de sus procesos dentro de la empresa en búsqueda continua de un mejoramiento.

7.4.8 Análisis probabilístico de fallas. Existe una metodología que permita pronosticar fallas en equipos y sistemas mediante el uso de de información estadística (curva de la bañera, análisis Wueibull, entre otros) y se implementan las acciones resultantes de los planes.

Estas metodologías se deben estar trabajando en esta etapa y tienen que ver con el manejar los conceptos de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad dentro del ámbito de las evaluaciones estadísticas extractados de la información de paros y sus causas, al igual que de los indicadores normales ya trabajados en este nivel y estabilizados que permitirían poder tomar decisiones más precisas sobre acciones de mejoramiento en planes de mantenimiento en inversiones direccionadas a resultados tangibles.

7.4.9 Balance Scorecard. Balance Scorecard es la principal herramienta metodológica que traduce la estrategia de una empresa en un conjunto de medidas de la actuación, las cuales proporcionan la estructura necesaria para tener un sistema de gestión y medición continuo y definido.

La visión y la estrategia de los negocios marcan el camino hacia lo que se debe orientar los esfuerzos particulares y grupales de una compañía. La definición de estrategias siempre ha sido considerada como un tema complicado y adicional a ello el poder implementarse resulta más difícil que lo anterior. El verdadero reto es poder identificar exactamente a lo que se debe hacer seguimiento, para que todos los niveles de la empresa estén enterados del cómo se está logrando cumplir las estrategias a través de acciones muy puntuales definidas.

7.4.9.1 Mapa del Balance Scorecard. Este mapa clasifica la estrategia de la organización en 4 perspectivas:

- Perspectiva financiera: es el resultado de la combinación de estrategia de crecimiento y una estrategia de productividad desarrolladas en las perspectivas siguientes.
- Perspectiva clientes: en esta perspectiva se desarrollan estrategias de crecimiento con un propósito exclusivo de generar valor al cliente, se compite por los clientes basados en excelencia operacional, bajos precios, siempre buscando generar valor agregado al cliente.
- Perspectiva Procesos: se enfoca en lo que operativamente hace la organización, como maneja sus procesos internamente y con sus clientes para lograr realizar los objetivos planteados.
- Perspectiva de aprendizaje y crecimiento: en esta perspectiva se determina que competencias, tecnología y clima requiere la organización para ejecutar la estrategia.

De acuerdo a investigaciones realizadas por los creadores de esta herramienta en organizaciones que se encuentran enfocadas en su estrategia, indican que su éxito está basado en cinco principios:

1. Traducir la estrategia a términos operacionales.
2. Vincular y alinear la organización a la estrategia.
3. Motivar a la organización.
4. Aprender y Adaptarse a manejar la estrategia como un proceso continuo.
5. Liderazgo Ejecutivo, movilizándolo a la organización a un proceso de cambio continuo.

El éxito de la implementación y ejecución de la estrategia en la organización está basado en el cumplimiento de los cinco principios anteriores.

Cuando se ha logrado el nivel de internalización de mejoramiento en una organización, se logra controlar los procesos de manera óptima, el Balance Scorecard proporciona los siguientes beneficios:

- Jerarquización de los indicadores de la organización.
- Orientación de la organización hacia una cultura participativa, así como también hacia principios de buen gobierno, motivación de los empleados, comunicación, entre otros.
- Las decisiones que resulten del uso de esta herramienta han de reflejarse en mejoras en la contribución de la empresa a la cadena de valor del cliente.

- La aplicación de este modelo direcciona a la organización hacia un proceso de mejora continua debido a su naturaleza de cíclica.

7.4.10 Mantenimiento de Clase Mundial. Para avanzar en los conceptos hacia gestión de mantenimiento basado en confiabilidad, se tratan a lo largo de los capítulos y se define la Confiabilidad de un dispositivo como visión integradora de los conceptos de mejoramiento gradual, control de Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad, analizándose el carácter fundamental de dichos elementos y sus relaciones para los diferentes tipos de eventos reales que se pueden encontrar en una instalación industrial, para así llegar a los métodos por los cuales se puede aproximar a estar trabajado en una fase óptima del mantenimiento.

Con el cumplir y asumir propio las fases anteriores, el resultado es que se logrará elevar la Mantenibilidad, la Confiabilidad y la disponibilidad de los equipos durante todo su ciclo de vida, asegurando la continuidad de la operación y niveles óptimos de seguridad industrial. Además de elevar la productividad financiera del proceso de mantenimiento y de la organización que acepta iniciar un cambio, generando recursos que puedan ser reinvertidos y creando un ciclo de mejora continua que permita cumplir permanentemente los objetivos del negocio, acorde a una Filosofía, Misión, Visión, Políticas, Estrategias definidas y claras que forman parte del cambio que se define desde la nueva forma de trabajar.

8 SALUD OCUPACIONAL EN MANTENIMIENTO

Es deber de la dirección de las empresas mejorar el bienestar general de los empleados adecuando las condiciones de trabajo y vigilando su estado de salud para evitar que puedan llegar ser afectados por accidentes de trabajo o enfermedades profesionales. La función de mantenimiento es una de las más afectadas e involucradas en el ejercicio con el personal, por lo tanto los líderes de mantenimiento deben tener un amplio conocimiento e información sobre todos aquellos elementos que contribuyen a la salud de los trabajadores en su puesto de trabajo contribuyendo desde esta área en la confiabilidad operacional de la compañía.

El sistema de seguridad social integral estructurado por la ley 100 de 1993 que cubre a toda la población colombiana tiene especial vigencia y aplicación para los empleadores y trabajadores vinculados por una relación laboral.

La seguridad social integral comprende tres grandes seguros⁵:

- a. El sistema general de pensiones (pensiones de invalidez, vejez y sobrevivientes) desarrollado en dos regímenes; prima media con prestación definida, administrada por el Instituto de Seguros Sociales, y Ahorro individual con seguridad, prestado por las administradoras de fondos de pensiones.
- b. Sistema de seguridad social en salud, para atender las contingencias de enfermedad general o de origen común y maternidad, prestado a través de las Entidades Promotoras de Salud (E.P.S.) y las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (I.P.S.).
- c. El sistema General de Riesgos Profesionales, para amparar los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales. Las Administradoras de riesgos profesionales (A.R.P.) son las responsables de cubrir los eventos derivados de riesgos ocupacionales o de trabajo y todo empleador tiene la obligación de afiliar a sus empleados a una ARP. El valor total del aporte le corresponde al empleador. Con esa afiliación se cubren todos los gastos de salud que ocasionen los accidentes o enfermedades profesionales, así como el pago de los días de incapacidad. La atención de los accidentes o enfermedades será realizada por la EPS a la que se encuentre afiliado quien cobrará los gastos ocasionados a la ARP.

5 VERA, Cesar Edmundo. Salud Ocupacional. Universidad Industrial de Santander. (1998)

Para prevenir y evitar que ocurran estos riesgos profesionales, existe la Salud Ocupacional. Que tiene por finalidad proteger y mejorar la salud física, mental y social de los trabajadores en los puestos de trabajo, y que se concentra de manera específica en cada empresa a través del programa de Salud Ocupacional, que consiste en la planeación, ejecución y evaluación de una serie de actividades para prevenir y mejorar la salud de los trabajadores en sus puestos de trabajo y en la empresa en general.

8.1 PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL

El Programa de Salud Ocupacional contiene diversos elementos como la identificación de la empresa, los objetivos del programa, la relación del proceso productivo, puestos de trabajo, panorama de riesgos, las políticas de salud, actividades de los subprogramas, cronogramas de ejecución, funcionamiento del Comité Paritario de Salud Ocupacional y sistemas de evaluación entre otros.

El Programa de Salud Ocupacional está constituido así:

Subprograma de Medicina Preventiva y del trabajo.

Subprograma de Higiene y Seguridad Industrial.

Comité Paritario de Salud Ocupacional.

8.1.1 Subprograma de Medicina Preventiva y del Trabajo. Comprende el conjunto de actividades encaminadas a la promoción de la salud de los trabajadores y protección de los mismos frente a los factores de riesgo, de tal forma que se mantengan o se ubiquen en un puesto de trabajo acorde a sus capacidades psicofisiológicas y manteniéndolo en aptitud de producción de trabajo. Entre las actividades de Medicina Preventiva.

- **Historias Ocupacionales:** son los documentos que registran de manera sistemática y organizada las condiciones de salud de cada trabajador. Se inicia con el examen de ingreso, se le agregan todos los exámenes periódicos, registro de vacunación, registro de asistencia a capacitación, incapacidades, reporte de accidentes de trabajo, entrega y utilización de los elementos de protección personal. Termina con el examen de egreso al retirarse el trabajador de la empresa, la historia ocupacional ha de conservarse en un archivo con acceso únicamente al personal de salud ocupacional.
- **Exámenes de Egreso:** dentro de los cinco días siguientes al retiro del trabajador, cualquiera que sea la causa del mismo, se le practicara un examen de egreso similar al de ingreso, con énfasis en los sistemas orgánicos susceptibles de daño por los factores de riesgo a los que estuvo expuesto y en las lesiones que pudiese haber sufrido por accidentes de trabajo.

- Sistemas de vigilancia epidemiológica: Son programas que evalúan de manera integral todos los aspectos referentes al factor de riesgo desde su generación hasta sus efectos en la salud, haciendo énfasis en los métodos de control y evitar accidentes de trabajo, enfermedades profesionales. De acuerdo con los factores de riesgo existentes en el área de Mantenimiento se adoptaran los siguientes entre otros:

1. Conservación Visual.
2. Conservación auditiva.
3. Riesgo Ergonómico.
4. Riesgo Psicosocial.

- Estudio de puestos de trabajo: exige consideraciones relativas de higiene, seguridad y medicina, teniendo por objeto la adaptación o la ubicación del trabajador al puesto de trabajo. Se realizará cuando se perciba una dificultad del trabajador para desarrollar su labor o cuando se presenten problemas de salud.
- Actividades de recreación y deporte: la empresa promoverá la integración de los trabajadores en programas recreativos de las cajas de compensación familiar, con el criterio de fomentar el esparcimiento y el desarrollo de las habilidades del trabajador de tal forma que se logre un crecimiento individual paralelo a su crecimiento en experiencia laboral.
- Servicio de Primeros Auxilios: se debe contar con un Servicio Médico que atienda a los trabajadores de manera oportuna además donde se realizan periódicamente campañas de prevención.
- Plan de Capacitación: se hace de manera sistemática permanente a todos los niveles de la empresa, en el caso de mantenimiento se harán de acuerdo a las necesidades y riesgos de esta área.
- Plan de inducción y entrenamiento: se desarrollará este plan dirigido al personal de Mantenimiento que ingresa por primera vez a un puesto de trabajo o que experimenta una tecnología nueva cuyos contenidos serán de los aspectos generales del proceso, la identificación de factores de riesgo, medidas de prevención y control. Esta actividad debe estar a cargo del Coordinador de Salud Ocupacional en compañía del Comité Paritario de Salud Ocupacional. Las normas de seguridad que el trabajador ha de poner en práctica se le entregarán por escrito.
- Ausentismo laboral: con el fin de establecer posibles relaciones de causalidad entre el puesto de trabajo y las enfermedades del trabajador, la empresa registrará sistemáticamente las incapacidades por enfermedad común, por

accidente de trabajo y por enfermedad profesional. La clasificación de las incapacidades y su consolidación permitirán establecer medidas preventivas además del seguimiento del ausentismo mediante el cálculo de los índices de evaluación.

8.1.2 Subprograma de higiene y seguridad industrial. La higiene del trabajo se define como el conjunto de acciones orientadas a la prevención de Enfermedades Profesionales. Es una ciencia dedicada al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales presentes en el lugar de trabajo y que puedan generar enfermedad. En la empresa y en el área de mantenimiento se desarrollará el subprograma teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Reconocimiento de los factores de riesgo (productos, procesos e instalaciones) presentes en el ambiente laboral. En el área de mantenimiento son frecuentes los factores de riesgos iluminación y ruido.
- Evaluación de los riesgos existentes y su comparación con estándares máximos o promedios permisibles, para ello se aplicaran técnicas de muestreo o medición directa.
- Establecimiento de métodos de control: de acuerdo con los datos obtenidos en las fases anteriores se establecerán medidas correctivas según sea el caso, sustitución de productos y procesos, medidas de ingeniería, reducción del tiempo de exposición, utilización de elementos de protección personal.
- Programa de capacitación al personal expuesto.

La Seguridad Industrial: el principal objetivo es prevenir accidentes de trabajo mediante el establecimiento de mecanismos de control, aplicación de normas de seguridad, dotación de elementos de protección personal, capacitación, vigilancia permanente de riesgos a partir de visitas de inspecciones de seguridad. Es compromiso de la dirección de los niveles directivos facilitar la realización de estos, así como promover la participación activa de los trabajadores en el reconocimiento de las condiciones inseguras para el establecimiento de medidas de control. A continuación se describen los elementos que conforman la seguridad industrial:

Elementos de protección personal: la Dirección de Mantenimiento suministrará los elementos de protección personal necesarios para los riesgos prioritarios en los puestos de trabajo. Dicho suministro debe contemplar además del costo la facilidad de uso y mantenimiento, la duración, el grado de protección que ofrece; éste programa exige capacitación y verificación de su uso.

Normas de seguridad: el análisis de riesgo en el trabajo permite establecer normas de seguridad que reduzcan la ocurrencia de accidentes de trabajo. El departamento de Mantenimiento debe tener manuales de seguridad por oficio, donde se especificaran las indicaciones para realizar la labor. Estos manuales se deben divulgar a los trabajadores y formará parte del material a entregar al trabajador en el momento de la inducción.

Se deben delimitar o demarcar las áreas de trabajo, zona de almacenamiento y vías de circulación y señalizar salidas, salidas de emergencias, sectores peligrosos de las maquinas e instalaciones de acuerdo con las disposiciones vigentes.

Para hacer la actividad de mantenimiento de forma segura se deberán diligenciar los permisos de trabajo en aquellas actividades que lo ameritan y son consideradas de alto riesgo. Formato de Permiso de trabajo.

Capacitación: ejecutar programas de inducción y entrenamiento para prevenir incidentes y accidentes, se requiere que el personal ejecutor de las tareas esté capacitado y certificado en las tareas de alto riesgo como son: trabajos en altura, trabajo en ambiente confinado, trabajos en caliente, energías peligrosas y en izaje de cargas.

Análisis de Incidentes y Accidentes de trabajo: participar activamente en actividades de investigación de accidentes e incidentes de trabajo y contribuir en la ejecución de las acciones correctivas. Una de las metodologías empleadas en los análisis de accidentes es el análisis causa raíz (R.C.A.).

Plan de saneamiento: se refiere al mejoramiento de las condiciones higiénicas de la empresa en relación con las instalaciones locativas, manejo de desechos y aguas residuales. El saneamiento básico incluye la distribución de zonas adecuadas para las diferentes actividades, los pisos, paredes están en buenas condiciones de mantenimiento y aseo, los desperdicios y basuras se deben recolectar en recipientes de acuerdo con el tipo de material para facilitar el reciclaje estos.

Plan de emergencias: el plan de emergencias se inicia con un análisis de las posibles amenazas, con el fin de definir procedimientos para cada riesgo y de esta manera minimizar las consecuencias, este plan debe contemplar:

El Análisis de vulnerabilidad: se basa en un inventario de recursos físicos, técnicos y humanos con el objeto de poder determinar los posibles efectos y elaborar una estrategia para responder ante una amenaza.

Procedimientos de emergencia: antes, durante y después de la emergencia.

Conformación y entrenamiento de brigadas.

Inventario de equipos contra incendio.

Realización de simulacros.

Capacitación a todo el personal de Mantenimiento sobre su comportamiento para enfrentar una emergencia, los temas deben contener como mínimo: uso de los equipos contra incendio, rutas de evacuación, sistemas de alarma, participación en simulacros.

Inspecciones de Seguridad: serán desarrolladas por el Coordinador del programa de Salud Ocupacional y el Comité paritario de salud ocupacional de Salud Ocupacional en coordinación con los trabajadores del área visitada. El propósito de estas visitas será verificar la adopción y la práctica de hábitos seguros en el trabajo, además de proponer medidas correctivas. Para que se mejoren las condiciones de trabajo se requiere la participación de todos los trabajadores en el diseño de sus normas de seguridad y en el diseño de las listas de chequeo que han de ser revisadas durante las visitas de inspección.

8.1.3 Comité Paritario de Salud Ocupacional. Toda empresa con más de diez (10) trabajadores está en la obligación de conformar un Comité Paritario de Salud Ocupacional, entre otras funciones de este comité se relacionan las siguientes:

1. Proponer actividades de salud ocupacional dirigidas a trabajadores y directivos, participando activamente en ellas.
2. Vigilar el desarrollo de las actividades que debe realizar la empresa en materia del mejoramiento de las condiciones de trabajo y salud, de acuerdo con las normas vigentes y con el Reglamento de Higiene y Seguridad Industrial.
3. Visitar periódicamente los sitios de trabajo e inspeccionar ambientes, maquinas, equipos y las operaciones realizadas por trabajadores en cada área o sección e informar al empleador sobre la existencia de factores de riesgo y sugerir medidas correctivas y de control.
4. Servir como organismo coordinador entre el empleador y los trabajadores en la solución de problemas relativos a salud ocupacional.
5. Colaborar en el análisis de las causas de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales y proponer al empleador medidas correctivas a que haya lugar para evitar su ocurrencia.

6. Reunirse por lo menos una vez al mes o en forma extraordinaria en caso de accidente grave o riesgo inminente, mantener un archivo de las actas de cada reunión y de las y de las actividades que se desarrollen.

9 LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

A continuación se da un enfoque de cómo puede ser gestionada la protección ambiental en la práctica del mantenimiento industrial. Este enfoque está sustentado fundamentalmente en dos aspectos:

El mantenimiento es el proceso mediante el cual se asegura la confiabilidad de los equipos y en donde se ejecutan el mayor número de actividades que pueden ocasionar daños al medio ambiente.

Y la protección medioambiental debe gestionarse integrada a los procesos donde se originan los impactos.

El efecto ecológico del mantenimiento se garantiza mediante la gestión eficaz y eficiente de éste y su mejoramiento continuo dentro de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), lo cual significa que todos los aspectos ambientales están bajo control operacional y se han tomado todas las acciones para prevenir y corregir los impactos.

Se define entonces el Mantenimiento Ecológico como el mantenimiento cuya gestión está integrada a un Sistema de Gestión Ambiental, mediante el establecimiento de un conjunto de acciones técnico organizativas, que aseguran la reducción del riesgo de impacto ambiental de los equipos y de las acciones de mantenimiento.

Las causas más importantes que propician la ocurrencia de impacto al medio ambiente desde el mantenimiento son los errores humanos, la ausencia de mantenimiento, la aplicación de políticas de mantenimiento incorrectas y procesos de mantenimiento no controlados, por lo tanto Las acciones para prevenir daños al medioambiente deben ser dirigidas a las personas, los equipos y los procesos de mantenimiento.

Para normalizar las acciones para la protección medioambiental e incrementar su eficacia, la ISO desarrolló la serie de norma ISO-14000, adoptada como modelo de gestión ambiental a escala mundial. El documento más importante de éstos, es la norma ISO-14001:1996 "Sistema de gestión medioambiental.

Especificaciones con guías para su uso", dado que describe los elementos y especifica los requisitos de un Sistema de Gestión Medio Ambiental".

Es dentro de este contexto donde el mantenimiento industrial puede aportar su grano de arena y sus acciones dirigirse a prevenir los riesgos de impacto ambiental desde el punto de vista: del mantenimiento, al personal, a los equipos, al proceso y sus interrelaciones.

9.1 ACCIONES DIRIGIDAS A LAS PERSONAS

Se describen a continuación:

- Están encaminadas a la educación ambiental para promover nuevas conductas y aptitudes hacia el medio ambiente.
- Buscar el compromiso personal y permanente con la política y procedimientos ambientales de la organización.
- Desarrollar capacidades de actuación ante impactos ambientales.
- La capacitación continúa para elevar el nivel de conocimiento y adiestramiento en la función que realiza.
- La definición clara de sus funciones, responsabilidades y alcance de sus acciones.
- La evaluación constantemente de su desempeño para mejorar su eficacia.

Estas actividades de formación y adiestramiento deben llevarse a cabo mediante planes.

9.2 LAS ACCIONES DIRIGIDAS A LOS EQUIPOS

Son entre otras:

- Determinar los equipos y procesos de mantenimientos críticos para el medio ambiente. El equipo crítico desde el punto de vista ambiental contiene, manipula o controla sustancias o productos dañinos al medio ambiente y la ocurrencia de un fallo en éste, puede producir impacto ambiental; los procesos de mantenimiento crítico involucra acciones de mantenimiento necesarias para mantener o reparar un equipo, en el cual se emplean sustancias o productos, y/o se generan desechos que pueden producir daños al medio ambiente.
- La aplicación de técnicas de análisis de fiabilidad (Análisis del modo de fallo y efecto (FMEA), análisis del modo de fallo y efecto y análisis de criticidad (FMECA), análisis de árboles de fallo (FTA) etc. para identificar problemas repetitivos, determinar su impacto, así como evaluar el estado del equipo y cuantificar su confiabilidad.
- La optimización de acciones de mantenimiento a llevar a cabo para asegurar su confiabilidad y mejorar los procedimientos de ejecución de los trabajos. Esto permite disminuir los desechos y con ello fuentes potenciales de

contaminación. (La metodología RCM y el mantenimiento predictivo son dos elementos básicos para este fin).

- El establecimiento de la frecuencia de las acciones de mantenimiento para su Planificación y programación posterior.

9.3 ACCIONES DIRIGIDAS AL PROCESO DE MANTENIMIENTO

- Identificar las acciones de mantenimiento a ejecutar con riesgos de impacto ambiental.
- Determinar las acciones a llevar a cabo para reducir riesgos potenciales.
- Identificar los productos con riesgos de impacto que pueden ser reciclados para reducir los desechos.
- Identificar los residuos peligrosos que se producirán producto de las actividades del mantenimiento como es el caso de lubricantes usados, las tecnologías a emplear para su procesamiento, lugar y tipo de almacenamiento y procedimientos de control.
- Establecer programas para la gestión de residuales y su mejora.
- Identificar los procesos que pueden ser mejorados o cambiados por tecnologías más limpias y eficientes. Establecer programa para evaluación técnico económico de alternativas y su introducción al proceso.
- Identificar productos o sustancias con riesgo de impacto ambiental que pueden ser sustituidos por productos ecológicos u otros cuyo riesgo y nivel de contaminación sean menores. Establecer planes para su sustitución.
- Establecer procedimientos escritos para regular la conducta ambiental del personal de mantenimiento durante la ejecución de los trabajos y ante situaciones anormales. Establecer planes de contingencias.
- Determinar la capacidad del personal de mantenimiento para ejecutar los trabajos.
- Identificar necesidades de formación y adiestramiento. Establecer los planes de acción.
- Establecer procedimientos para la recepción de los trabajos. Realizar análisis comparativo del estado de los equipos antes y después del mantenimiento. Ver anexo H, el Formato de entrega de equipos.

- Evaluar continuamente, mantener y mejorar el estado de orden y limpieza de las áreas. Implementar un programa de orden y aseo.
- Identificar y establecer los puntos de control y medición en el proceso para evaluar el desempeño ambiental antes, durante y después de la realización de los trabajos.

Para conseguir mejoras significativas en la protección ambiental por la gestión del Mantenimiento, deben ser coordinados los esfuerzos con otras funciones importantes de la organización, como son la Calidad y la Seguridad Industrial, para producir la sinergia necesaria que asegure una mayor fiabilidad y efectividad de las acciones tomadas.

En cuanto a la Calidad, la adopción de los modelos de la ISO 9000 la favorecen porque aseguran el establecimiento de procedimientos documentados para cada actividad dentro del proceso, permiten detectar y registrar no conformidades y establecer acciones para corregirlas y su mejora continúa.

Las relaciones con la Seguridad Industrial garantizan procedimientos documentados de seguridad relativos a las operaciones dentro del mantenimiento, determinar y proveer los recursos necesarios para garantizarla; programar las acciones de control sobre las acciones establecidas, tener planes de emergencia ante incidentes y accidentes ambientales y realizar estudios relativos a la seguridad para introducir métodos de trabajos más seguros y eficaces.

Este proceso por sí sólo no produce resultados, requiere de una visión nueva, integradora, que le dé al mantenimiento una trascendencia más relevante en la gestión empresarial. Para el logro de este fin, se requieren cambios que conduzcan a la mejora del proceso. Los cambios deben estar precedidos por el compromiso decidido de la gerencia con este enfoque, expresado mediante políticas y acciones concretas, encaminadas a modificar procesos y las conductas de los miembros de la organización, para hacer que el mantenimiento adquiera una dimensión nueva y sus efectos sobre la preservación del medio ambiente sean tangibles.

10. ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN

El Modelo de Gestión de Mantenimiento se desarrolla teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

El primero es definir la visión, misión y filosofía de la Gestión de Mantenimiento, que servirá de inspiración para el desarrollo del Modelo del Sistema de Administración de Mantenimiento

El segundo objetivo es definir la implementación del nuevo modelo de gestión del mantenimiento y esta es una actividad clave, ya que define el alcance dentro de la organización y los procesos que participaran de esta nueva forma de trabajar hacia un mejoramiento continuo.

Por otra parte se deberá definir una terminología específica para la nueva forma de trabajar, es complementaria a las actividades necesarias dentro de los pasos de implementación de una nueva forma de trabajar en el mantenimiento ya que involucra a todos los procesos internos en una organización.

Se requiere además, definir los responsables y entes internos de control para orientar y validar los cambios, que son pasos necesarios dentro de la nueva metodología de cambio; los involucrados y participantes de los procesos de cambio y su rol es clave en este proceso de mejoramiento

Se expone en este capítulo una serie de acciones paralelas orientadas al entrenamiento de las personas para la puesta en marcha del modelo de gestión con el fin de hacer viable la integración del recurso humano involucrado con la gestión de mantenimiento. En la medida que el talento humano este mas entrenado su aporte al proceso de mejora continua en el área de mantenimiento será una realidad, por lo tanto el desarrollo de las competencias será prioridad fundamental, y se parte de los procesos de análisis y descripción de los cargos del área de mantenimiento, y así lograr un desempeño exitoso en los todos roles involucrados.

Para garantizar el éxito de la implementación del modelo de gestión, se contempla igualmente, el compromiso de la alta gerencia, así como las estrategias de divulgación y comunicación del modelo de gestión a todo el personal involucrado en la gestión de los activos.

10.1 DEFINICIÓN DE LOS PLANES DE ENTRENAMIENTO PARA LAS FASES DEL MODELO

Para llevar a cabo este objetivo se plantean los planes de entrenamiento en la implementación del modelo e incluye las siguientes etapas así:

PRIMERA ETAPA: elaboración de los manuales de descripción y análisis de cargos de la empresa, dentro del marco de exigencias del sistema de gestión de calidad.

El Objetivo de esta primera etapa comprende la revisión y análisis de los aspectos indispensables de la misión y las responsabilidades de cada cargo. Con el fin de identificar los factores críticos de éxito de cada uno, ajustados a las necesidades de la organización. Esta información facilita la identificación real de las competencias requeridas, basados en educación, formación, habilidades y experiencia que debe poseer el responsable del cargo, para el eficaz y eficiente desempeño de sus funciones.

Las fases de esta etapa se pueden dividir como:

Fase 1: establecer las competencias claves para la organización, y para cada área, niveles o roles. Al igual que su definición conceptual.

Fase 2: revisar los perfiles de competencias por nivel o rol.

Fase 3: producir un documento o memoria que establezca cambios y/o mejoras en los perfiles de competencias actuales, de la organización y de cada área o roles.

SEGUNDA ETAPA: evaluación de las Competencias del personal de mantenimiento.

El Objetivo es el de medir el grado de desarrollo actual de las competencias de cada trabajador y compararlo con el grado de desarrollo establecido en los perfiles a fin de determinar las acciones para su fortalecimiento y alcanzar un desempeño competitivo.

Y las fases son:

Fase 1: evaluar el nivel de desarrollo actual de las competencias del personal de mantenimiento utilizando un método medición de conocimientos técnicos y competencias.

Fase 2: comparar el perfil de competencias del recurso humano de mantenimiento con el perfil exigido para el rol.

Fase 3: analizar las diferencias entre la situación actual de las competencias y la requerida para lograr los objetivos de la organización de mantenimiento.

Fase 4: definir estrategias y planes de acción, individuales y grupales, para el desarrollo de las competencias.

Fase 5: proporcionar retroalimentación, orientación y seguimiento a los planes de desarrollo de las competencias.

De los pasos anteriores se genera una matriz de desarrollo que muestra en que competencias debe trabajar cada persona del área de mantenimiento y permite establecer los lineamientos de acción de acuerdo a la realidad actual.

Las acciones trazadas en la matriz de desarrollo, hacen referencia a formación técnica complementaria y al crecimiento personal y organizacional. Estas deben ser evaluadas de acuerdo a las áreas del conocimiento a reforzar.

Esta metodología facilita trabajar en forma individual o grupal a las personas impactando en forma directa sus áreas a reforzar. El objetivo último es alcanzar un equipo humano en mantenimiento comprometido y productivo que brinde un excelente resultado.

TERCERA ETAPA: establecer las disposiciones generales para diseñar e implementar un entrenamiento de las competencias técnicas del personal de mantenimiento basado en documentar y divulgar el contexto operacional de los sistemas y sub-sistemas de la organización en la que se desea mejorar el sistema de gestión de mantenimiento.

Se contemplan las siguientes fases:

Fase 1: el contexto operacional se deberá establecer en un documento formalizado en el que se deberán describir las condiciones y factores que influyen en la operación. Se debe asegurar que contenga los lineamientos, políticas y normativas generales que apliquen en las instalaciones de la organización.

El documento que describe el contexto operacional debe ser desarrollado por un equipo de trabajo liderado por los asesores y el Ingeniero de Confiabilidad conjuntamente con el apoyo del personal de producción y de mantenimiento de la planta, considerando los siguientes aspectos, que deberán describirse de forma breve y concisa:

- Nombre de la instalación y el equipo.
- Descripción – antecedentes.
- Propósito general.
- Localización geográfica.

- Condiciones del entorno: ubicación (características de la zona), ambiente (condiciones especiales: ambiente, zona de volcanes, temblores, sismos, otros).

Esta información deberá generarse una sola vez y será un documento general que contenga un modulo por cada sistema y a su vez este estará conformado con la información de cada uno de los sub-sistemas.

Anexo a este documento se prepara un borrador de cómo se diseña el programa para la elaboración de todos estos documentos, en el mismo se encuentran listados los sistemas y sub-sistemas con el nivel de criticidad (es necesario completar su cálculo correspondiente).

Fase 2: se elabora un cronograma y debe ser desarrollado con base al nivel de criticidad y estar planificado su culminación para un periodo definido, iniciando en una fecha definida, y será orientado y liderado por el ente rector de Mantenimiento y la participación directa de Recursos Humanos.

Fase 3: se establece un plan de auto-capacitación podrá iniciarse como mínimo tres (3) semanas posteriores al inicio de la ejecución del programa de elaboración del contexto operacional.

Fase 4: se realiza la descripción clara del proceso, considerando sus distintas etapas, la función de la instalación y/o equipo, sub-procesos que lo integran, así como los parámetros de funcionamiento que debe cumplir, características de los insumos y parámetros de calidad de los productos.

Para lograr una definición adecuada del proceso, pueden utilizarse recursos tales como:

- Diagramas de Flujo.
- Diagramas de Tuberías e instrumentación.
- Planos.
- Manuales de operación.
- Manuales de Mantenimiento.
- Parámetros de diseño y operación de los equipos y sistemas.
- Límites mínimos y máximos de operación, fuera de los cuales se pone en riesgo la integridad o funcionamiento seguro del equipo o la instalación.
- Políticas de Repuestos, Recursos, Logística.
- Otros.

Al evaluar el efecto del cambio, deberá poderse discriminar lo más asertivamente posible el impacto que puede tener tanto para el sistema propio como para la producción total, la pérdida de las funciones del sistema con los cambios del

sistema de gestión propuesto. Para esto deberán tomarse en cuenta los tiempos y las facilidades de flexibilidad de las que dispone el sistema.

Los registros y documentos resultantes de la elaboración del contexto operacional y los documentos de soporte del sistema de gestión se deben mantener en un expediente de acuerdo a lo establecido, en archivo electrónico y conservado durante la vida útil de la instalación o equipo, de manera que permita su consulta y revisión periódica o cuando sea requerido, apegándose a la administración de los cambios.

La custodia de los registros y demás documentos generados será responsabilidad del departamento de Confiabilidad quién además será el responsable de administrar y controlar los registros.

El contenido de los documentos se hará en presentaciones modulares independientes desarrolladas en Microsoft PowerPoint, con base en los diagramas, las funciones primarias y secundarias identificadas, sus respectivos parámetros de desempeño, el riesgo de exposición del personal y al medio ambiente, y el impacto de pérdida de las funciones.

Las capacitaciones presenciales se plantean centralizadas en la planta, aun cuando se trate de tutorías y asignaciones pueden ser realizadas de esta manera. Desde luego que las tutorías pueden presentar mayor facilidad de realización de manera local, en cuyo caso se recomienda aprovechar los recursos y eventos disponibles localmente para su realización, incluyendo los facilitadores y los proyectos de mejora vigentes.

Con efecto de tomar acciones preventivas, la recomendación más importante es la de elaborar programas específicos de ausencias por capacitación, que conduzcan al aseguramiento de la continuidad de todos los trabajos asignados a los participantes y que se contemplen todos los programas, planes y proyectos de la planta esto con el fin de que se tenga un programa de capacitación integral para el trabajador.

Por parte de Recursos Humanos se le debe dar seguimiento estricto a la asistencia de aquellos inscritos, no aceptándose sustitutos, ya que el desarrollo de las capacidades del Sistema de Gestión de Mantenimiento solo tiene utilidad para aquellos cuya medición así lo indica y solo tiene utilidad para la empresa si se realiza además en el momento que se requiere para efectos de la progresión de las fases del SGM (sistema de gestión de mantenimiento).

Es importante destacar que el plan de entrenamiento dará los resultados esperados si se da continuidad al proceso de adopción de los roles del modelo de gestión de mantenimiento, lo cual será el único medio que permita la evolución en los grados de madurez del mismo.

CUARTA ETAPA: para lograr el interface de la mezcla efectiva del conocimiento administrativo y técnico en el área de mantenimiento, se debe complementar el entrenamiento a los diferentes roles en los procesos que involucra:

a. Los elementos necesarios para pasar de un esquema de gestión del mantenimiento reactivo (emergencias), a un preventivo, predictivo o basado en confiabilidad.

b. Aquellos aspectos fundamentales en el proceso de mantenimiento, y que son susceptibles de mejora dentro de los procesos de gestión de activos, con sus procedimientos debidamente soportados por flujogramas, que muestran un paso a paso de las actividades a seguir, se considera adicional incluir una matriz de los roles responsabilidades de cada proceso. Entre otros aspectos se mencionan:

- Solicitud de trabajo
- Planeación
- Programación
- Ejecución
- Confiabilidad
- Emergencias
- RCFA (análisis de causa raíz de fallas)
- Reparables
- Compras
- Inventarios
- Paradas Programadas Mayores

Todos los procesos deben estar debidamente documentados en el manual de mantenimiento, que sirva como guía o sustento para su correcta implementación.

Todo el personal administrativo de operaciones y mantenimiento debe recibir la capacitación en los procesos, esto incluye a los gerentes y directores, quienes serán los responsables de exigir la aplicación de estos procesos.

La capacitación debe venir acompañada del seguimiento y apoyo en campo por parte de expertos que garanticen el pleno entendimiento de estas nuevas metodologías.

10.2 COMPROMISO GERENCIAL

El éxito en la implementación de estos procesos en las empresas requiere de parte de la alta dirección y de la administración de las empresas un gran compromiso para que todo el personal asuma la responsabilidad que le corresponde.

Un factor clave de éxito es la asignación del personal con el perfil, experiencia y conocimiento técnico adecuados para las funciones que se le asignen.

Los procesos sobre los que se adelantaran mejoramientos en la gestión de mantenimiento deben ser soportados en su totalidad por herramientas informáticas para su control y son llamados CMMS, y los beneficios reales para su implementación se lograrán si hay una definición y un apoyo gerencial

Para lograr un compromiso gerencial total se debe presentar y plantear un análisis completo teniendo en cuenta los resultados del estudio de funcionalidad de las posibles herramientas y son necesarios los apoyos para poder adelantar un comparativo entre las mejores y así definir para cada caso en particular cual es la mejor solución respecto a la herramienta informática o CMMS para que integre los procesos de una organización.

Dado que el enfoque de un modelo de Sistema de Gestión del Mantenimiento y la decisión estratégica debe ser tomada por la dirección general para así poder respaldar el adoptar un modelo para direccionar la gestión de mantenimiento, el alcance de esta determinación al igual debe ser respaldar la construcción de un manual que estará enfocado a guiar la gestión en lo concerniente a la definición de los estándares y procedimientos administrativos que sustenten las mejores prácticas de la gestión del mantenimiento y no a los procedimientos técnicos ni operativos.

Este manual debe contener un prototipo para su estandarización. Los procedimientos técnicos y operativos resultantes de la aplicación de las mejores prácticas de gestión en los distintos niveles de madurez del modelo propuesto, deberán ser revisados y desarrollados por los especialistas del área específica de acuerdo con el prototipo sugerido, discutidos y respaldados, al igual deberá ser difundido y controlado por un ente que sea definido por la dirección y que a su vez ejerza control, este órgano debe ser el rector de mantenimiento conforme al sistema de aseguramiento de calidad.

Así mismo, debe ser aprobado el manual que incluyen entre otros los siguientes entregables, revisados y respaldados por la gerencia en línea:

- Manual de Mantenimiento.
- Manual de Procedimientos y Administración de Recursos Materiales.
- Manual de Estándares e Implantación de Prácticas.
- Manual de Políticas de Reparaciones y Reemplazo.

Estos manuales que se encuentran íntimamente relacionados entre si en la gestión de mantenimiento, es recomendable que estén contenidos en un solo

documento ya que aplican para todos los procesos descritos y a su vez deben ser validados y respaldados por la gerencia en línea.

Las áreas usuarias serán responsables de identificar la necesidad del desarrollo de procedimientos técnicos y operativos y de reportar las necesidades de actualización de procedimientos vigentes, para ser aprobados y respaldados por la alta dirección y presentados para que sean debatidos en orden por el órgano rector de mantenimiento respaldado por la gerencia, demostrando así su compromiso y direccionamiento.

El Órgano Rector de Mantenimiento tendrá la responsabilidad de validar, aprobar, homologar y estandarizar los procedimientos técnicos y operativos en toda la organización, respaldados por la alta gerencia y a su vez establecer un esquema estándar de actualización periódica de dichos procedimientos. Adicionalmente designará el responsable de desarrollar un procedimiento técnico u operativo cuando sea identificada su necesidad.

10.3 DIVULGACIÓN Y COMUNICACIÓN

La definición de conceptos básicos de mantenimiento es el primer gran paso en el aseguramiento de que las prácticas de mantenimiento y la manera de medir su desempeño sean efectuadas también de una manera estándar.

En todo proceso de transformación de negocios es necesario obtener el consenso suficiente para hacer que los cambios positivos se den. Es más fácil lograr resultados cuando la organización se siente identificada con las propuestas de cambio formuladas.

Como consecuencia de lo anterior, la mejor forma de recorrer el camino hacia la excelencia es cuando los lineamientos, estrategias, prácticas se definen y se divulgan de forma tal que sean aplicables de manera generalizada.

El establecimiento de términos estándar de mantenimiento, es tarea que se ha realizado por órganos, asociaciones y comités de mantenimiento durante mucho tiempo, en este caso las definiciones propuestas son las que aplicarán a cada organización en particular. Siempre habrá discusiones sobre cuál es el verdadero significado de cada término, lo importante es que la terminología usada tenga una interpretación común en toda la organización y esa interpretación este unificada.

En las definiciones propuestas de estas tareas, existe un consenso respecto a la palabra mantenimiento, que se define como: “la acción o efecto de mantener”, “medidas necesarias para la conservación o permanencia de algo”, no obstante, a partir de las divisiones que hay del mantenimiento, surgen divergencias en los conceptos de los términos usados. Con el paso de los años, el mantenimiento ha evolucionado, debido al gran incremento en número y variedad de activos

(instalaciones, equipo y edificios), diseños más complejos, nuevas técnicas de mantenimiento y cambios en su organización y responsabilidades. Una de estas nuevas técnicas es la Ingeniería de Confiabilidad, la cual establece los conceptos de mantenimiento que son utilizados por las empresas con las mejores prácticas.

Proporcionar la definición de los conceptos de mantenimiento para su correcta interpretación y aplicación en las actividades del proceso de mantenimiento es fundamental, por ello es igualmente importante el método y la forma como se define para adelantar la divulgación y comunicación de los cambios que se están implementados en una organización.

Un punto de partida es una base única de definiciones de términos a usar en la implementación de conceptos de mejoramiento y el escoger los participantes y los métodos de divulgación. La base de definiciones de términos luego de ser discutidos y aprobados por el órgano rector de mantenimiento son divulgados a los miembros que participan en la implementación de la nueva forma de trabajar y desde allí se multiplica el uso de los términos a través de la organización.

Las definiciones de los conceptos básicos de mantenimiento aplican a todas las áreas e instalaciones de una empresa a excepción de aquellas áreas fuera de control del mantenimiento y, deberán ser usadas en la ejecución de los capítulos del manual a construir otra forma de adelantar la divulgación.

Para lograr un cambio cultural que permita implementar una nueva metodología de mantenimiento, los directivos de la organización deben:

Identificar y reconocer los cambios culturales a modificar y promover la implementación de la nueva forma de trabajar en mantenimiento.

Asignar el personal competente (interno y externo) para desarrollar e implementar los cambios.

Promover la voluntad de cambio apoyando o facilitando los medios necesarios ya sea:

- Demostrando al personal como la nueva cultura de trabajo les permitirá alcanzar sus objetivos personales dentro de la organización (seguridad en el trabajo, desarrollo profesional, entrenamiento).
- Modelando los nuevos comportamientos que deben adoptar los empleados.
- Utilizando casos exitosos ya logrados dentro de la organización.
- Utilizar métodos probados (discursos públicos para los empleados, fiestas, anuncios, recompensas no monetarias, entre otros) para promover y/o celebrar las nuevas estrategias.
- Institucionalizando los cambios mediante su inserción permanente dentro de las estructuras de la organización.

Los gerentes de planta o directores deben:

Divulgar la información sobre el cambio, entre su gente, en forma abierta y sincera.

Emplear una estrategia de comunicación que asegure que la información relativa al cambio es irradiada en forma eficiente a todos sus empleados, previniendo los rumores. La información debe ser comunicada a todo el grupo al mismo tiempo, y debe ser seguida por entrevistas personales que permitan identificar necesidades individuales para afrontar el cambio.

Dar opciones al personal y ser honesto sobre las posibles consecuencias al adoptar cada una de estas opciones ante el cambio.

Dar tiempo a todo el personal para expresar sus puntos de vista, dando respuestas, consejos o información cuando sea necesario.

Dar a los empleados la oportunidad de expresar sus temores con respecto al cambio.

Promover la aplicación de los nuevos planes, procedimientos y prácticas de trabajo.

Los líderes modelo de la vieja cultura deben adoptar los valores de la nueva cultura que se desea adoptar así como la metodología de mantenimiento que se desea implementar o de lo contrario deben ser removidos de sus posiciones.

Es necesario contar en cada área con personal que se conviertan en modelos de comportamiento de acuerdo a los valores de la nueva cultura. Esto proporciona dos beneficios: primero, los miembros de la organización verán que a medida que las nuevas metodologías de trabajo son implementadas hay gente en cada lugar que les mostrará la nueva forma en que deben hacerse las cosas y, segundo, les demuestra a todos los miembros de la organización que los directivos de la empresa tienen una postura seria con respecto a los cambios.

Finalmente debe prestarse atención a los miembros claves de la red cultural existente. Estos individuos están presentes en la red de comunicaciones invisible existente en la organización y se puede llegar a necesitar de su ayuda para introducir los cambios culturales. Esto puede llegar a lograrse incorporándolos al proceso de cambio.

10.4 SEGUIMIENTOS

Uno de los más importantes elementos del proceso de cambio consiste en efectuar el seguimiento y evaluación continua del cambio a fin de detectar desviaciones e introducir las medidas correctivas que permitan obtener los objetivos deseados.

Sin un buen plan de seguimiento y evaluación todas las ventajas obtenidas en las etapas iniciales del proceso pueden llegar a perderse, y lo que resulta aún como escenario crítico es que se puede generar un sentimiento de desconfianza generalizada sobre la validez del programa que se intenta implementar.

Este proceso requiere el desarrollo e implementación de los siguientes elementos:

- Desarrollo de procedimientos específicos para guiar el proceso de cambio.
- Identificar valores requeridos y definir nueva forma de trabajo.
- Asignar personal competente para desarrollar e implementar cambios.
- Desarrollo de profesionales.
- Definir cambios organizacionales.
- Facilitar recursos.
- Entrenamiento.
- Promover voluntad de cambio.
- Desarrollar e implementar nuevos procedimientos de trabajo.
- Modificar estructura corporativa.
- Implementar nuevos métodos de comunicación.
- Establecer Indicadores claves de desempeño.
- Divulgar información sobre la nueva forma de trabajar.
- Los niveles correspondientes deben interactuar con el personal.
- Medir/evaluar evolución cambio cultural.
- Introducir medidas preventivas y correctivas.
- Implementar proceso de mejoras continuas.

11 NUEVAS TENDENCIAS INNOVADORAS EN GESTION DE ACTIVOS

11.1 EQUIPOS DE ALTO DESEMPEÑO

Muchas organizaciones en su afán por ser cada vez más competitivas y eficientes, se han enfocado en crear, desarrollar y gestionar los llamados Equipos de Alto Desempeño⁶.

Los equipos de trabajo tradicionales muestran un desarrollo sostenible y cambios entre los cuales se encuentran:

- El reto del desempeño individual fomenta la creación del equipo de trabajo.
- Mientras más alto es el nivel jerárquico (ya sea formal o funcional), mayor es la problemática para formar y trabajar en equipo.
- Las estructuras organizacionales favorecen la responsabilidad individual y complican la conformación de equipos de trabajo.

Las estructuras de las organizaciones con desarrollo de equipos de alto desempeño muestran los siguientes resultados observables:

- Las organizaciones con altos estándares de desempeño crean más equipos de trabajo que aquellas que promueven en sus políticas el “trabajo en equipo”. Los equipos no se forman por decreto, sino que se establecen a través de compromisos que generan las claras demandas de desempeño individual.
- Los equipos de alto desempeño son poco frecuentes. El mantener el interés de personas que no siguen los estándares convencionales de la dirección y la alta susceptibilidad de los miembros de este tipo de equipos provoca un compromiso temporal con el objetivo colectivo.
- Los equipos de alto desempeño trascienden las estructuras organizacionales, se convierten en la base de los procesos dentro de las organizaciones. Rompen con jerarquías y establecen la propia como estándar en la organización.
- Estos equipos integran el desempeño y el aprendizaje. Logran un balance entre las exigencias de corto y largo plazo.

6 BUCHLOZ y ROTH. (1992). Cómo crear un Equipo de Alto Rendimiento en su Empresa. Editorial Atlántida. Buenos Aires. NEWFIELD CONSULTING. (2004) Artículo “Secretos de un equipo de alto desempeño”

- Los equipos de alto desempeño nunca se pensaban como tal, hasta que alguien les preguntó sobre eso. Conscientemente no se identificaban como equipo.
- El rol del líder de estos equipos es difícil de identificar porque su conducción requiere la madurez suficiente para no intentar acaparar la atención y permitir que cada miembro se sienta responsable absoluto de su desempeño sin perder la brújula del compromiso colectivo tácito. Un equipo de estrellas requiere forzosamente un líder estrella.

A continuación se explica Cómo diferenciar entre los Grupos de Trabajo Tradicionales y los Equipos de Alto Desempeño. Ver figura 16.

Un Líder de equipos de Alto Desempeño tiene a la actitud para reconocer las expectativas de sus colaboradores y colocarlas en un escalafón más alto; está convencido de que las personas pueden mejorar su desempeño, independientemente de que tan alto esté; y siempre tienen la disposición de ayudar y dialogar de forma constante con sus colaboradores.

Un líder de equipos de Alto Desempeño tiene la habilidad de establecer relaciones de confianza; escuchar el doble de lo que habla; y retroalimentar igualmente un trabajo extraordinario que uno malo, sin herir sentimientos o destruir la motivación. Este nuevo líder adquiere los conocimientos sobre el negocio que maneja; las políticas, tácticas y estrategias de la compañía, de igual manera que los planes de carrera, expectativas y motivaciones de sus colaboradores.

En una época de cambio radical como la que se vive hoy en día, el liderazgo real es aquel que fomenta un aprendizaje continuo; aquellas personas que ya han aprendido están equipadas para un mundo que ya no existe.

Figura 16 Diferencias grupo de trabajo tradicional y equipos de alto desempeño

DIFERENCIAS GRUPO DE TRABAJO TRADICIONAL VERSUS EQUIPO DE ALTO DESEMPEÑO	
Grupo de Trabajo Tradicional	Equipo de Alto Desempeño
La relación con el objetivo puede ser baja. El líder continuamente tiene que orientar al equipo y darle seguimiento a las metas.	La relación con el objetivo es elevada. Existe una conciencia individual de que si el equipo falla, el individuo se va con él.
La especialización individual no es relevante para la tarea del equipo.	La especialización individual es un factor clave para la realización de la tarea.
Los roles varían entre los integrantes del equipo. En ciertos grupos se favorece la rotación de roles.	Se estimula el rol del líder. Se fomenta el desarrollo de liderazgos alternativos y se confronta a los miembros del equipo.
El protagonismo pocas veces se ve y, cuando sucede, es el resultado de un complejo proceso de interacción.	El protagonismo se fomenta y resulta de la conformación del equipo. Se expresa a través de un "individualismo colectivo".
La competencia de grupos y miembros de un grupo se advierte como perjudicial para la operación del mismo.	La competencia entre equipos e individuos del equipo es fomentada para desarrollar el máximo potencial colectivo.

Fuente: Autor de la monografía

En resumen, el Líder de equipos de Alto Desempeño, además de buscar el éxito de manera apasionada y de estar en constante movimiento en búsqueda de mejores oportunidades para él y su empresa, procura que sus colaboradores mejoren su desempeño de forma permanente, se coloquen metas cada vez más altas, y se sientan satisfechos de sí mismos al alcanzarlas.

El tránsito hacia un equipo de alto desempeño es una cuestión de profundización y adecuación, orientada hacia la competitividad de la gestión, donde cada uno de los integrantes del equipo tiene que aprender de su propia experiencia y de la experiencia colectiva.

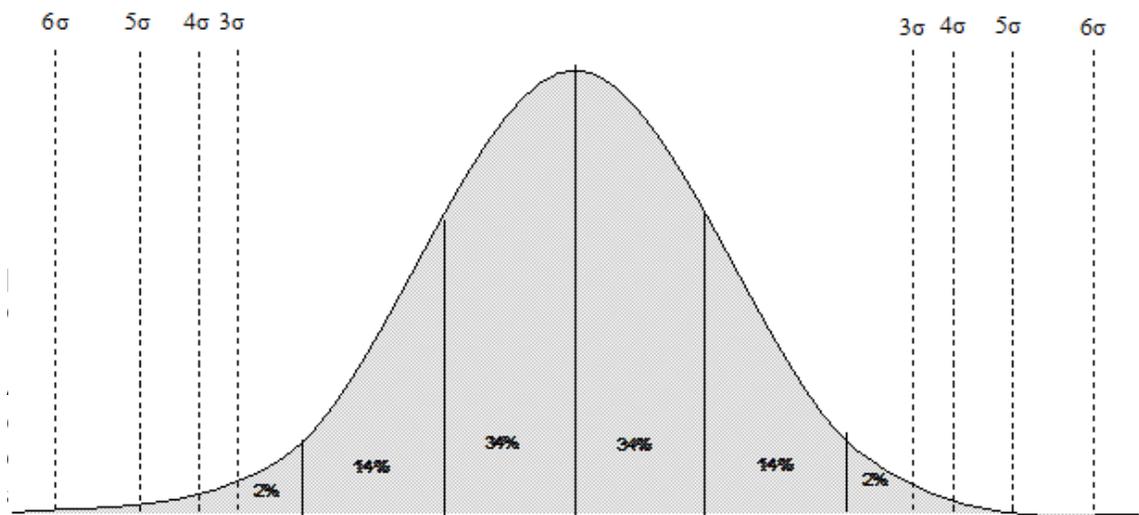
11.2 APLICACIÓN DEL CONCEPTO SEIS (6) SIGMA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La aplicación del concepto seis (6) sigma como a continuación se explica, no es del todo aplicada a este modelo de gestión de mantenimiento, el cual si cuenta con diversos puntos de control.

Definición de Seis (6) Sigma: es una medición estadística de la variabilidad, típicamente para un proceso dado o para el desempeño de un negocio en el cumplimiento de una especificación crítica del cliente.

La Figura 17 Seis (6) Sigma muestra las desviaciones estándar del proceso de producción:

Figura 17. Seis Sigma



Fuente: JURAN, Institute. Manual Sistema Administración del Mantenimiento. PEMEX. México 2004, p 525

Como se mencionó antes, no es práctica usual que un solo indicador muestre la calidad del mantenimiento ya que este es aplicado de acuerdo a las características funcionales de los equipos e instalaciones.

Se sabe por ejemplo que en la ecuación del costo de mantenimiento hay dos principales entradas que son:

- Cantidad de mantenimiento necesario (depende de la Confiabilidad).
- Eficiencia de aplicación de recursos (depende de la Mantenibilidad).

Un enfoque puede ser tratar de controlar la variable de tiempo lo cual aplica obviamente para un solo proceso. Otras como MTBF, MTTR, OEE, frecuencias de aplicación de mantenimiento, están limitadas a equipos específicos, en cuyo caso se reducirían las variables de entrada comparadas con las variables de entrada necesarias para describir estadísticamente una variable dependiente en una instalación.

La variable dependiente a controlar sea cual fuere de las mencionadas en el capítulo de indicadores es función a su vez de una gran cantidad de variables independientes acorde a cada tipo de equipo o procedimiento técnico específico. La recomendación es aplicar este control al parámetro OEE de los equipos críticos en el proceso, con la característica que el seguimiento a variables discretas tiene un mayor costo que aquellas continuas.

Para medir la variabilidad en el OEE y cualquier otro parámetro en el diseño, instalación, operación, confiabilidad y Mantenibilidad, costo, tiempo de ejecución, se recomiendan los siguientes pasos:

En la metodología Seis (6) Sigma se destacan tres grandes bloques:

1. Procesos estratégicos
2. Procesos de mejora
3. Procesos de control

Los procesos estratégicos están relacionados con la identificación de los procesos críticos del negocio que tienen alto impacto en el logro de los objetivos estratégicos de la compañía. Su propósito final es el de identificar los procesos, clientes y objetivos clave.

Los procesos de mejora tienen que ver con los mecanismos utilizados para medir el estado actual de los procesos claves seleccionados, valorar las posibilidades de ser optimizados, identificar las variables sobre las que se debe actuar y diseñar planes concretos de mejora.

Los procesos de control están relacionados con las actividades de gestión de las acciones cotidianas para asegurar que los logros se mantienen a través del tiempo.

La metodología Seis Sigma más difundida en la industria y negocios internacionales es la descrita como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar):

- Definir: se trata de identificar los procesos críticos que afectan los resultados de la función o el negocio. Una vez identificados los procesos, se definen los clientes, sus necesidades y las metas a alcanzar en la optimización de los procesos clave.
- Medir: se definen las medidas clave de los procesos, sus entradas y salidas con el propósito de conocer el estado actual y las posibilidades de ser mejorados. las medidas se expresan en términos de sigma.
- Analizar: se formulan hipótesis que se deben comprobar para identificar las variables clave que se deben optimizar.
- Mejorar: se desarrollan actividades que permitan reducir la variabilidad de las características seleccionadas para la optimización del proceso, se implantan soluciones y diseñan sistemas de seguimiento.
- Controlar: se asegura el sostenimiento de las mejoras a través del tiempo.

La base metodológica de esta estrategia es el uso intenso y disciplinado de datos y hechos. La estadística juega un papel importante en la metodología de mejora. La estrategia Seis Sigma busca aplicar los principios de gestión de calidad de procesos desarrollados en las industrias de manufactura a todas las actividades empresariales.

En organizaciones de mantenimiento que están aplicando la metodología Seis Sigma se han beneficiado de la cultura de los “datos”, ya que la forma de trabajo había sido intuitiva y con poca disciplina para el registro de información y utilización de los datos para mejora las operaciones y eficacia del mantenimiento.

Una organización de mantenimiento que pretenda implantar los principios Seis Sigma debe seguir los siguientes pasos:

1. Tener una postura estratégica clara de cómo la función de mantenimiento contribuye al logro de los objetivos estratégicos del negocio. Con esta visión se seleccionan los procesos claves que desarrolla mantenimiento; se define los clientes claves y objetivos a alcanzar. Definir el equipo gestor del proyecto de mejora (Los términos black belt y green belt, son empleados para definir los roles de las personas que intervienen en el equipo del proyecto de mejora. Los cuales deben tener el entrenamiento y formación teórica específicos para la actividad).
2. Establecer las métricas o medidas que permitan conocer el estado de las variables de los procesos claves seleccionados. Dependiendo del proceso

seleccionado se aplicarán métodos cuantitativos o cualitativos para la medición. Se busca identificar las causas de variabilidad del proceso y las variables que introducen esta variabilidad. Algunos estudios podrán ser útiles en aquellos casos en que las variables son cuantitativas. Una vez identificado el estado actual de las variables críticas, se procede a formular objetivos de mejora. Un ejemplo es la medición y control del OEE de los equipos críticos del proceso.

3. Para el análisis de las causas de variabilidad se pueden emplear numerosas técnicas. Las más habituales son: análisis de flujo de procesos, estratificación de información, principio de Pareto, diagramas de afinidad y relaciones, histogramas, análisis de capacidades de procesos y otras técnicas estadísticas simples. Como resultado de la aplicación de estas técnicas, se identifican las causas clave sobre las que se debe actuar.
4. Formulación de planes de acción. En esta fase del proyecto se diseñan acciones correctivas las cuales se deben implantar para eliminar las causas clave de la variación del proceso. Si es necesario se rediseña un nuevo proceso para realizar un trabajo o prestar un servicio.
5. Los gráficos de control estadístico por atributos o variables, son instrumentos útiles para seguir el avance de las acciones implantadas.

Es necesario mencionar que la Estrategia Seis Sigma combina el fuerte liderazgo de los responsables del proyecto de mejora (black belts) con la aplicación eficaz de los métodos estadísticos. Las soluciones numéricas por sí solas no darán frutos. Es necesario que la dirección se involucre activamente en la realización de los proyectos de transformación del negocio.

Se considera que la función de mantenimiento se puede beneficiar de esta estrategia aplicándola a los equipos críticos con el personal capacitado, ya que contribuye a mejorar la disciplina en el manejo de la información de mantenimiento, a valorar la importancia de los datos que arrojan las intervenciones en los equipos y el uso eficaz de la información para diseñar estrategias de mantenimiento óptimas. La organización requiere que la estructura de mantenimiento tenga un alto peso en los resultados del negocio.

Se considera que un proceso cumple con las especificaciones Seis Sigma cuando todas las muestras se encuentran dentro del 30 % del límite superior e inferior de control.

11.3 IMPLEMENTAR CONCEPTUALMENTE EL RCM

Parecería que trabajar con este concepto de mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM es la solución a todos los problemas, pudiera ser que sí, pero en muchos casos es considerada como una más de las formas de lograr ser realmente exitosos en mejorar la gestión de mantenimiento, adicional de ser un camino a seguir por la combinación de metodologías que incluyen cambios y transformaciones conceptuales hacia la solución a sus problemas.

Frente a cambios, el personal que dirige el mantenimiento está buscando un nuevo camino y no quiere volver a equivocarse cuando se toma una acción para mejorar lo que ya se tiene. Tratar de encontrar un marco de trabajo estratégico que incluya los nuevos avances hacia un modelo que la facilite y le ayude a mejorar, de forma que pueda ser evaluado rápidamente con resultados tangibles en sus compañías los obliga a tomar decisiones prontas.

Esta forma que se busca de trabajo, está acompañada como ya se mencionó de una filosofía que entrega justamente esa forma de trabajar en pos de mejoría, se llama Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, y ella reconoce la gestión de mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos (equipos) continúan consiguiendo su capacidad incorporada (confiabilidad inherente).

El RCM: es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional. Una definición más amplia de RCM podría ser “un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúa desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente”.

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen y tener claridad de cuáles son los que están sujetos a revisión para mejorar, para ello se han definido siete (7) preguntas que son claves en su momento de optar determinaciones para implementar este proceso en los elementos definidos para su aplicación.

Para desarrollar esta herramienta y tener resultados medibles pronto, se requiere de la participación de consultores con experiencia para lograr cambios radicales.

Lo que pueda aportar de cambios, es mayor seguridad y protección del entorno; mejora rendimientos operativos; mayor control de los costos de mantenimiento; mas larga vida de los activos; mayor motivación del personal de mantenimiento; amplía la base de datos de mantenimiento.

Las herramientas que se mencionaron dentro de los diferentes capítulos se integran como parte de esta forma de trabajar y aportan mejoras en la

confiabilidad, se mencionan entre ellas la aplicación de RAMs, que se requiere sean aplicadas con acompañamientos y metodologías claras que integran resultados y a la postre se muestran en utilidades para los socios de las empresas, base de las inversiones y objetivo de poder generar cambios en cada centro productivo.

El RCM produce resultados muy rápidos. De hecho, la mayoría de las organizaciones pueden completar una revisión del RCM en menos de un año utilizando el personal existente. La revisión termina con una recopilación de la documentación, fiable y totalmente documentada del mantenimiento cíclico de todos los elementos significativos de cada equipo de la planta, es muy importante que para poder adelantarse es requerido y necesario tener claramente la gestión de mantenimiento organizada lo contrario es tratar de saltar sin aprender a caminar.

11.4 TRABAJAR CON METODOLOGIAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Se conoce desde hace más de 30 años y la que ha permitido que países como el Japón sean y sigan siendo líderes en sus formas de trabajar. La mística de su implementación es un arte, muchas empresas han querido iniciar sus actividades orientadas a trabajar en esta forma reconociéndolas como exitosas, lo importante de hacerlo es tener la claridad de que se persigue y los pasos por cumplir para poder lograr su éxito.

Involucrar al personal de operaciones y/o mantenimiento en actividades cruzadas, permite que las organizaciones aprovechen al máximo su recurso humano ; la claridad conceptual de esta metodología obliga a una mayor responsabilidad y mayor compromiso desde recursos humanos hasta la gerencia en la definición gradual y cambio de políticas tradicionales para dar entrenamiento de su mano de obra en conceptos que son en ocasiones considerados solo de aplicación en una línea de miembros de sus equipos de trabajo.

Hay bastantes temas de cambios involucrados al pretender implementar esta metodología, pero la realidad es que es más romper paradigmas tradicionales sobre conceptos arraigados por muchos años incluso en el seno familiar, cuando se dan las primeras orientaciones sobre cuáles son las responsabilidades intrínsecas en la disciplina escogida como forma de vida y cuáles son sus límites y consideraciones para el logro personal de cada individuo como persona en su hogar y hacia su futuro.

Esta es parte de la base de la conformación de equipos de alto desempeño, que requieren de una madurez gradual y que sin duda no se puede aplicar si tener involucrados especialistas en estos temas de cambio cultural hacia la organización.

12 ASPECTO FINANCIERO

Todo mejoramiento planeado dentro de una organización tiene un costo definido y al igual se espera de su implantación un retorno de inversión como proyecto, para el caso de adelantar una implementación en gestión de mantenimiento igualmente de esta inversión se espera una recuperación y normalmente los asesores dedicados a este tipo de optimizaciones presentan estos proyectos con factores inciertos para las organizaciones soportados en experiencia de haber adelantado los mejoramientos en organizaciones que decidieron tomar esa ruta.

Un ejemplo de indicadores de confiabilidad operacional de los beneficios ofrecidos en la fase inicial como retorno de las inversiones es lo que aparece en la tabla (Ver tabla 3) donde se muestran parcialmente los beneficios en los indicadores que al implementar el mejoramiento planeado en sistemas de gestión de mantenimiento con acompañamientos directos en cada fase se logra para que los aprendizajes y cambios graduales en maduración, sean tomados como propios que es parte de lo ofrecido por Betonsa Ltda., cuando esto se da en organizaciones proactivas.

Tabla 3 Indicadores de confiabilidad operacional

INDICADORES DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL		
Producción	10-12%	
Disponibilidad y Confiabilidad	10-15%	
Horas Hombre	35-40%	
Costos de Mantenimiento	23-30%	
Costos de Producción	12-16%	
Accidentabilidad	80%	
Retrabajo	20-40%	
Inventarios	10-30%	
Paradas Imprevistas	50-55%	

Fuente: BETONSA LTDA.

Traducir estos ofrecimientos en dinero solo se da si la organización avanza convencida de que el modelo de gestión en proceso de implementación es propio, ya que se convierte en una forma de vivir y paralelo con ello se dan los cambios culturales y normalizaciones graduales al cierre de etapas maduras sin correr y con el convencimiento que los beneficios son posibles.

A continuación se presentan beneficios obtenidos en empresas donde se logró generar un cambio cultural al implementar cambios en gestión de mantenimiento hacia el logro de una mejora en la confiabilidad de sus sistemas.

Los reportes de seguimiento del responsable del proceso de mejoramiento de la Confiabilidad dentro del nuevo proceso de mantenimiento de una organización en proceso de mejoramiento, reflejan que una vez logrados los cambios de gestión en cada mes se den los beneficios económicos que solo son el reflejo de madurez organizacional así:

Beneficios Cuantitativos

- Disminuir el número de horas de paradas de la línea # 1 en un 14% y la línea # 2 en un 11%. Para la línea # 1 se recuperan 2200 Ton y 4620 Ton en la línea #2 por año. Esto representaría US\$ 683 mil dólares por año que equivale a US\$ 1 millón de dólares al final del proyecto.
- Disminución de averías que conllevan a reducción en consumo de materiales y repuestos de 2%, lo cual equivale a US\$60 mil dólares por año.
- Reutilización de elementos y partes similares a los encontrados actualmente en patios llamados de chatarra y bodegas de elementos desmontados. Reducción anual de costos en US\$150 mil dólares.
- Reducción del 50% del valor actual de reposición de las herramientas de uso del personal de mantenimiento; en la actualidad se generan altas inconformidades en ejecuciones por faltas de estas y por no existir asignación de responsables de seguimiento.

Beneficios Cualitativos

- Personal de mantenimiento motivado para generar el cambio, formado para enfrentar los retos, con alta capacidad para desarrollar y elaborar planes y programas de mantenimiento, enfocados en la solución de las fallas y proactivos en las intervenciones e inspecciones programadas. Lo anterior conlleva a cumplir con el pronóstico de producción de la línea # 3 a partir de su estabilización, entrega y entrenamiento a satisfacción del sistema, por el proveedor contratado.
- Enfoque de mantenimiento hacia la misión del negocio y el cumplimiento de objetivos y metas corporativas.
- Participación del personal de producción en las actividades del mantenimiento.
- Manejo eficientes de compras y contratos de materiales y servicios.
- Utilización eficiente del SAP y trazabilidad de las transacciones.

Se presentan en la Tabla 4 beneficios cuantificables logrados en una organización, sin indicar cuál es esta como parte del compromiso de confidencialidad adquirido al iniciar estos procesos de mejoramiento con las empresas asociadas.

Tabla 4 Beneficios económicos iniciales por implementación de modelo de gestión

TABLA EJEMPLO DE BENEFICOS CUANTIFICABLES POR MEJORAMIENTO GESTION SISTEMA DE MANTENIMIENTO							
Codigo	Equipo	Fecha de deteccion	Diagnostico	Falla evitada	Costo de reparacion (Euros)	Costo potencial de falla (Euros)	Ahorro (Euros)
K1-G9	Parrilla de Equipo Critico No 1	19/02/2012	Desgaste de bujes en las 2 ruedas de la parrilla del enfriador, lado horno 2	Fractura de elementos soporte del Equipo	1.858,29 €	32.521,57 €	30.663,28 €
K2-682	Ventilador exhaustor de filtro	28/02/2012	Desbalance de ventilador por desgaste de alabes	Rotura de chumaceras, eje, carcasa e impelente	13.131,78 €	744.610,60 €	731.478,82 €
K2-609	Equipo Critico No 2	20/03/2012	No hay espacio para la formacion de pelicula lubricante entre los ejes de soporte de la estacion de descarga lado Equipo No 2	Fundicion de Cojinetes	751.643,61 €	1.875.421,96 €	1.123.778,36 €
K2-625	Equipo Critico No 3	20/03/2012	No hay espacio para la formacion de pelicula lubricante entre los ejes y los cojinetes de la estacion intermedia Equipo No 3	Fundicion de Cojinetes	751.643,61 €	1.875.421,96 €	1.123.778,36 €
K1-F18	Ventilador de Equipo Critico No 2	24/04/2012	Daño en rodamientos del motor: en pista interior en rodamiento lado libre, y en pista exterior en rodamiento lado acople	Motor quemado	60.840,07 €	521.121,88 €	460.281,81 €
K1-F6	Accionamiento principal Equipo Critico No 1	28/04/2012	Daño en pista exterior del rodamiento del motor lado libre	Motor quemado	1.399,72 €	381.590,16 €	380.190,44 €
K1-G9	Parrilla del Equipo critico No 1	28/04/2012	Sprocket motriz desgastado	Rotura de cadena	2.618,16 €	133.976,21 €	131.358,05 €
K2-409	Ventilador eliminador de polvo	28/04/2012	Soltura entre el rodamiento y la caja	Rotura de chumaceras, eje, carcasa e impelente	2.256,30 €	72.462,70 €	70.206,40 €
K1-F6	Accionamiento Equipo critico No 1	25/05/2012	Motor de refrigeracion apagado	Motor recalentado	19,23 €	94.872,54 €	94.853,31 €
					1.585.410,76 €	5.731.999,59 €	4.146.588,83 €

Fuente: BETONSA LTDA.

El factor de recuperación de dinero para cada etapa de implementación del modelo cambia, pero se tienen referenciales internacionales en los procesos implementados, y aseguran que se deben hacer las inversiones en aras de no seguir perdiendo dinero. Se referencian para las fases iniciales los resultados económicos que facilitan la toma de decisiones sobre poder proseguir con las inversiones requeridas para el acompañamiento de especialista en pos de lograr una implementación segura y sin tropiezos.

13 CONCLUSIONES

Si bien el manual se diseñó y desarrolló con el fin de tener las pautas a seguir para implementar un modelo de gestión de Mantenimiento Basado en Confiabilidad, permite además ser fuente de consulta para aquellas empresas que quieran solo desarrollar modelos de mantenimiento planeado, preventivo y predictivo e igualmente sirve de orientación a las personas interesadas e mejorar sus conceptos sobre gestión de activos, y de entender la problemática compleja que existe, al tratar de adelantar cambios en sus procesos y en definir que un acompañamiento es requerido para lograr los cambios esperados en su organización para mejorar la rentabilidad de sus procesos.

Es confirmado que para tener éxito en la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento, se requiere que la confiabilidad de los activos y la preservación de su vida útil sea una política gerencial y que las acciones se desplieguen como parte del plan estratégico de una compañía, contrario a ello se perderán esfuerzos y dinero destinados para alcanzar cambios esperados sin el compromiso de la alta gerencia.

Para lograr exitosas implementaciones y cambios sustentables en el tiempo, es requerido un acompañamiento de especialistas, el documento es solo guía y orientara en la toma de decisiones para tener claridad conceptual y soportada, para que una vez entendidos los conceptos se defina que para lograr una verdadera acción de cambio es con el acompañamiento en el día a día, la única manera de generar cambios en la forma de hacer las cosas, y que es metodología valida en muchas compañías, que decidieron cambiar su modo de adelantar estos procesos, y que son en la actualidad más rentables y convencidas de que es el camino del cambio.

La motivación requerida en los diferentes grupos de trabajo en las empresas que no tienen claros sus conceptos sobre gestión del mantenimiento hacia procesos confiables, se consigue observar que las emergencias que los mantenían atados a las organizaciones y alejados de sus familias cada vez son menores, permitiéndoles orientar esfuerzos propios a generar más cambios dentro de sus procesos, por tener claridad hacia donde se debe trabajar, con la premisa que no se debe correr para avanzar y que se debe mejorar paso a paso, mirando atrás después de dejar enterrados conceptos que fueron validos en épocas en donde el romper paradigmas era imposible sin el apoyo externos y las directrices internas de sus compañías.

Los formatos diseñados y que contribuyen a enriquecer el sistema de información de mantenimiento son un modelo a seguir, sin embargo es importante destacar que cada compañía adopta y adapta los formatos de acuerdo a las necesidades

específicas de su proceso de mantenimiento, que nunca son iguales a otro proceso similar, por la gran variedad de factores intrínsecos en cada proceso y por la necesaria participación de personas con diferentes niveles de preparación encontrados en cada empresa.

En los últimos 15 años los conceptos de mantenimiento se han reorientado a trabajar con miras de resultados cuantificables y medibles con indicadores, con aplicación de conceptos claros por existir, documentos como este hacia el manejo de cambios de sus procesos, permitiendo indefectiblemente que se traduzcan en mayores ganancias para las compañías, confiabilidad operacional impactando de manera positiva a los resultados económicos y de mejoramiento internos de las diferentes áreas como son: Producción, Calidad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente e Inventarios

El mantenimiento, fundamentalmente en la industria, es la función que más puede contribuir a reducir los riesgos ambientales, dado que es el que garantiza la confiabilidad de los equipos que la pueden impactar y donde se realizan gran número de operación que pueden producir daños al medio ambiente; el tener en control y con definiciones y orientaciones claras hacia a donde se deben hacer los esfuerzos de mejoramiento nos permitirá internamente cambiar dando adicionalmente una necesaria maduración hacia entender que el mundo es nuestro espacio y que la responsabilidad de no afectarlo parte de nuestras responsabilidades acompañado de acciones que saldrán de mejorar los procesos de mi ámbito diario.

14 RECOMENDACIONES

En términos generales es importante que cuando una compañía solicite un Diagnóstico, e Implementación de un modelo de gestión de mantenimiento, en las reuniones de acercamiento con el cliente, quede claro las expectativas y necesidades de la empresa para ofrecer un servicio que se ajuste a las necesidades particulares de cada cliente.

Como parte integral de la implantación de gestión de activos basado en confiabilidad, se efectúa previamente un diagnóstico en las instalaciones de la empresa para que muestre el estado actual del mantenimiento , destacándose en esta evaluación las grandes áreas de oportunidad de mejora con la utilización de las mejores prácticas en las que se fundamentan los temas de la implementación del sistema de gestión y la construcción de toda una nueva cultura que se incluye en los manuales para la organización.

Con base en los resultados de dicho diagnóstico y con apoyo de especialistas en este tipo de actividades se desarrolla un modelo particular para cada organización partiendo de bases solidas y conceptos claros sobre cómo aportar un mejoramiento al modelo del Sistema de Administración de Mantenimiento que le permitirá a una organización gradualmente ser una empresa de clase mundial en la gestión del mantenimiento, en un período definido por etapas de maduración.

15 BIBLIOGRAFÍA

ARTIDA, J. y Oliete, F. M., “Mantenimiento basado en la Fiabilidad (MBF). El caso de ENUSA. Planta Quercus”. Nuclear España. Págs. 37-39. Febrero (1998).

BUCHLOZ y ROTH. (1992). Cómo crear un Equipo de Alto Rendimiento en su Empresa. Editorial Atlántida. Buenos Aires. NEWFIELD CONSULTING. (2004) Artículo “Secretos de un equipo de alto desempeño”.

GALVAN, Blas Jose. Introducción a la Ingeniería de Confiabilidad. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (2011).

JURAN, Institute. Manual Sistema Administración del Mantenimiento Petróleos de México (PEMEX). México (2004).

PÉREZ, Carlos Mario. Organizaciones del Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. (1999).

RUEDA, Gustavo. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. (1998).

SIEMENS. Estrategia y Plan de Mantenimiento .Servicios Industriales Colombia (2006).

TAMAYO, Carlos Mario. Mantenimiento Preventivo. Universidad Industrial de Santander. (1999).

VERA, Cesar Edmundo. Salud Ocupacional. Universidad Industrial de Santander. (1998).

Cibergrafia

<http://www.mantenimientopetroquimica.com/elaboraciondelplandemantenimientopetroquimica.html>

<http://www.monografias.com/trabajos89/manual-de-mantenimiento/manual-de-mantenimiento.shtml>

<http://confiabilidad.net/articulos/desarrollando-un-plan-de-mantenimiento-apoyados-en-rcm/>

<http://es.scribd.com/doc/36317036/19/Mantenimiento-de-oportunidad>

<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/GestionBecerra.pdf>

<http://es.scribd.com/doc/28229762/auditoria-de-mantenimiento>

<http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope>

ANEXOS

Anexo A Formato de Check List

FORMATO CHECK LIST			
FECHA			Nombres y Apellidos de la persona que realiza el Check List
DD	MM	AA	•
			Cargo:
			Empresa:
Instrucciones De Diligenciamiento:			•

ID	Aspecto a Evaluar	SI	NO	No Aplica	Avances	Porcentaje de Avance (%)	Calificación (0% a 100%)
1. Eje Administrativo							
1	Visión y misión						
2	Objetivos corporativos						
3	Planes de reclutamiento y selección						
4	Estructura organizacional						
5	Perfiles de cargo						
6	Programas de entrenamiento y capacitación						
7	Desarrollo de competencias						
8	Evaluación del desempeño						
2. Eje Técnico							
9	Organización del mantenimiento						
	a) Inventario de equipos						
	a) Codificación de equipos						
	b) Especificaciones de los equipos						
	c) Ordenes de trabajo						

ID	Aspecto a Evaluar	SI	NO	No Aplica	Avances	Porcentaje de Avance (%)	Calificación (0% a 100%)
	d) Prioridades de las ordenes de trabajo						
	e) Programaciones diarias						
	f) Reporte mensual de mantenimiento						
	g) Reporte de costos de mantenimiento						
	h) Desarrollo de contratistas						
	i) Planes de salud ocupacional y medio ambiente						
	Planeación del Mantenimiento						
10	a) Documentado el inventario de equipos						
	b) Registro o actualización del inventario de equipos en el CMMS						
	c) Plan de mantenimiento						
	d) Documentar los planes de mantenimiento						
	e) Jerarquizar solicitudes de mantenimiento						
	f) Estimar alcance y recursos de los trabajos						
	g) Administración de contratistas						
	h) Presupuestos de mantenimiento						

ID	Aspecto a Evaluar	SI	NO	No Aplica	Avances	Porcentaje de Avance (%)	Calificación (0% a 100%)
11	Programación de Mantenimiento						
	a) Programación mensual, semanal y diaria						
	b) Generar las Ordenes de trabajo por tipo de mantenimiento						
	c) Programación de mantenimiento correctivo						
	d) Analizar el porcentaje (%) de avance de las ordenes abiertas con respecto a lo programado						
	e) Realizar informe de gestión de mantenimiento						
	f) Administración del backlog						
12	Ejecución del Mantenimiento						
	a) Revisar y organizar la programación de mantenimiento						
	b) Administrar los recursos materiales, humanos y equipos de acuerdo al programa de trabajo						
	c) Asignar Ordenes						

ID	Aspecto a Evaluar	SI	NO	No Aplica	Avances	Porcentaje de Avance (%)	Calificación (0% a 100%)
	de Trabajo						
	d) Elaborar los permisos de trabajo						
	e) Supervisar la calidad técnica de los trabajos en campo						
	f) Documentar las actividades ejecutadas en la orden de trabajo						
	g) Cierre de la Orden de trabajo						
	h) Difundir los procedimientos de mantenimiento al equipo de trabajo						
	Confiabilidad						
13	a) Base de datos de reporte de fallas						
	b) Análisis de criticidad de equipos						
	c) Apoyar a la planeación en la solicitud de los requerimientos de materiales, repuestos y contratos						
	d) Determinar la disponibilidad de equipos						
	e) Aplicar metodologías de confiabilidad						
	f) Llevar						

ID	Aspecto a Evaluar	SI	NO	No Aplica	Avances	Porcentaje de Avance (%)	Calificación (0% a 100%)
	indicadores de mantenimiento						
	g) Optimización de planes de mantenimiento						
	h) Actualizar contexto operacional						

Anexo E Formato de orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO	
NOMBRE DE LA INSTALACION: _____	
CENTRO DE COSTO _____	PRIORIDAD 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/>
MOTIVO DE LA SOLICITUD: _____	
FECHA DE ASIGNACION _____	FECHA DE TERMINACION _____
TRABAJO A REALIZAR EN SERVICIO : NORMAL <input type="checkbox"/> PARADA <input type="checkbox"/>	
LIQUIDACION DE LA ORDEN DE TRABAJO	
DESCRIBIR EL TRABAJO EFECTUADO:	

RECURSOS	NUMERO DE PERSONAS _____ HORAS-HOMBRE _____
HERRAMIENTAS	_____

MATERIALES E INSUMOS	_____

OBSERVACIONES RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD : _____	

FIRMA	

Anexo H Formato Entrega de Equipos

ACTA DE ENTRGA DE EQUIPOS		
NOMBRE DE LA INSTALACION:		
FECHA: _____	# DE LA O.T.	_____
SUPERVISOR RESPONSABLE _____		
DESCRIPCION CORTA DEL TRABAJO EFECTUADO : _____		
1.SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL		
1. Se demarcaron zonas de trabajo	SI	N.A.
2. Se retiraron las etiquetas y candados de los equipos bloqueados		
3. Se hizo el cierre de los permisos de seguridad		
3. Se retiraron andamios, puntos de anclaje, escaleras y líneas de vida provisionales		
2.GESTION AMBIENTAL		
SE RECOLECTARON Y DISPUSIERON ADECUADAMENTE:	SI	N.A.
1.Los residuos producto de las actividades de limpieza		
2. En los recipientes adecuados destinados para tal fin		
3. ORDEN, ASEO Y PRESENTACION		
1. Está el área de trabajo externo limpio y ordenado	SI	N.A.
2. Está el área de trabajo interno limpio y ordenado		
3. Se recolectaron y dispusieron adecuadamente los repuestos e insumos no utilizados.		

4.CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL TRABAJO		
1. Se ejecutaron todos los trabajos según el alcance de la orden	SI	N.A.
2. Se cumplió con las especificaciones técnicas solicitadas		
3. Se reviso el área con el cliente.		
4. Se cumplió el cronograma establecido para el trabajo.		
5. Se entregó la instalación a tiempo según el cronograma.		
6. Se ejecutaron trabajos adicionales a los referenciados en los alcances		
5.CALIDAD		
1. Esta satisfecho con la calidad del servicio	SI	N.A.
3. Se presentó informe técnico de los trabajos ejecutados		
4. Las competencias del personal que laboró correspondían a los requerimientos del servicio.		
6.OBSERVACIONES		
7.RECIBO DEL SERVICIO		
FECHA:	HORA	
	:	
	NOMBRE	FIRMA
SUPERVISOR	_____	_____
PRODUCCION	_____	_____
MANTENIMIENTO	_____	_____
LOGISTICA CLIENTE	_____	_____

Anexo I Evolución del Mantenimiento en el Ámbito Mundial

Evolución del mantenimiento en el ámbito mundial			
FECHA	CAUSAS	PROMOTOR DEL CAMBIO	EFECTOS EN EL MANTENIMIENTO
120000 a. C	Inicio del pensamiento y habilidades del hombre.	Homo Sapiens	Solo realizaban trabajos de mantenimiento correctivo en sus herramientas y utensilios.
1780- 1830	Durante la Primera Revolución Industrial los bienes se fabricaban en forma manual, por lo que era necesario hombres diestros y hábiles. Como resultado, los productos fueron pocos y caros y de calidad variable.	Fábrica de papel 1780	El personal de producción, además de realizar sus labores, cuidaban las máquinas con acciones de mantenimiento correctivo, ya que no las consideraban tan importantes para el desarrollo del trabajo
1798	Surgió la necesidad de mejorar el Mantenimiento Correctivo , pues los trabajos eran muy tardados y frecuentemente exigían la atención de varios especialistas, ya que las piezas rotas tenían que volverse a hacer a la medida.	Eli Whitney 1765- 1825	En 1798 el inventor norteamericano Eli Whitney desarrolló la idea de utilizar partes intercambiables en las armas de guerra, pues él ya lo hacía en sus máquinas algodoneras cinco años antes.
1879	Debido a la proliferación de fábricas, en muchas se contrató personal sin preparación, lo cual complicó fuertemente su adiestramiento y la administración de las mismas fábricas; además ambos problemas presionaban mucho para ser resuelto.	Frederick W Taylor 1856-1915	El trabajo de Taylor dio base a la Segunda Revolución Industrial al aumentar el interés por el científicismo en el trabajo y en la administración , lo cual incrementó de manera rápida la productividad; pero el mantenimiento a las máquinas seguía siendo correctivo.

1903	Los bienes que necesariamente tenían que ser de buena calidad eran muy caros y, por lo tanto, tenían poca demanda; solo los ricos podían aspirar a comprar, por ejemplo, un automóvil. La división de trabajo era difícil de mejorar, pues se trabajaba con grupos de especialistas.	Henry Ford 1879-1947	Estableció la producción industrial masiva de automóviles, su objetivo fue abaratar su producto a tal grado que pudiera ser comprado hasta por la gente del pueblo; lo cual obtuvo con la creación de un nuevo proceso de manufactura por medio de "cintas transportadoras", que fue montado en 1914.
1910	Se incrementó la cantidad de máquinas, y por razón natural, el trabajador dedicado a la producción invirtió cada vez más de su tiempo para hacer trabajos de arreglo a las mismas (Mantenimiento Correctivo)	Albert Ramond Y asociados	Se forman cuadrillas de Mantenimiento Correctivo con personal de baja calidad para liberar de este trabajo al personal de producción, el cual debía conocer y tener habilidad para producir lo que hacía la máquina.
1914-1918	La industria de guerra tuvo la necesidad de trabajar en forma continua, debido a la demanda urgente de sus productos, pero la cantidad de máquinas con falla era cada día mayor.	Primera Guerra Mundial	El personal de Mantenimiento Correctivo se le comenzó a signar labores de prevención para evitar que las máquinas más importantes fallaran. Nacieron los departamentos de Mantenimiento Preventivo PM.
1916	Existían muchas maneras de aplicar la Administración Científica. Cuando Fayol desarrolló su modelo de administración Industrial y General. Dicho modelo fue integrado con cinco elementos: previsión, organización, dirección, organización y control.	Henry Fayol 1841-1925	Se desarrolló el actual Proceso Administrativo, con cinco elementos planeación, organización, integración, ejecución y control, dando un concepto holístico a los departamentos de cada empresa, lo cual hizo notoria la rivalidad existente entre el personal de Producción y el de Mantenimiento.

1927-1931	Debido al cientificismo y a los trabajos de Taylor en la aplicación de tiempos y movimientos, creció el interés por el uso de la estadística en el trabajo, pero su aplicación era muy lenta y poco confiable. Los triunfos comprobados por el uso de la estadística en el trabajo industrial norteamericano hicieron que dicha rama de la matemática fuera aceptada como de	Walter A. Shewhart 1891-1967	Shewhart desarrolló el Control Estadístico de Calidad (SQC) y Deming se le unió con su libro (el control económico de la calidad del producto manufacturado). Deming continuó trabajando con Shewhart, mejorando como el SQC la industria norteamericana, hasta 1939 que con la llegada de la Segunda Guerra Mundial se abandonó esta práctica.
1937	El creciente número de trabajos que era necesario desarrollar en los activos físicos de una empresa obligó a analizar la importancia de cada uno y tomar acciones para priorizarlos.	Joseph Juran 1904-	Joseph Juran dio a conocer su regla del 80/20 a la cual llamó "Principio de Pareto", y éste permite establecer prioridades al determinar los ítems de influencia vital o importante a fin de entenderlos por orden de importancia con respecto al producto.
1939-1945	La Segunda Guerra Mundial obligó a los países beligerantes, sobre todo a Estados Unidos de América, a trabajar con sus industrias de acero las 24 horas y a tomar a los obreros como administradores de primer nivel a fin de mejorar la comunicación y la toma de decisiones en la línea de trabajo.	Segunda Guerra Mundial	Se sistematizan los trabajos de Mantenimiento Preventivo, y en Estados Unidos se empezó a abandonar el Control Estadístico de Calidad, que habían establecido especialistas como Walter A. Shewhart y W. Edwards Deming, antes de la Segunda Guerra Mundial.
1946	El Mantenimiento Preventivo continuó sin proporcionar buenos resultados, pues no aseguraba que las máquinas entregaran el producto con la calidad y cantidad deseada, aunque se aumentaron fuertemente los costos.	American Society For Quality	Se creó la Sociedad Americana de Control de Calidad de la cual fue socio el Dr. W. Edwards Deming. Dicha sociedad ayudó al estudio estadístico del trabajo y mejoró, de manera notable, la calidad de los productos obtenidos.

1950	Durante la Segunda Guerra Mundial Japón quedó destrozado en su industria y en su campo, y el Comando Supremo de las Fuerzas aliadas, al mando del general estadounidense Douglas MacArthur, estableció un programa de desarrollo con especialistas, entre ellos el principal fue W. Edwards Deming,	W. E Deming 1900-1993	Los trabajos de Deming dieron inicio a la Tercera Revolución Industrial, al establecer en la industria japonesa el Control Estadístico de Calidad. Aplicó el criterio de que la empresa empieza en el proveedor y termina en el cliente, al que se le considera lo más importante. Aplicó el "Ciclo Shewhart" (PDCA) o PHVA.
1950	Debido al fuerte crecimiento de la productividad, la exigencia de los mercados por la mejora aumentó la calidad del producto.	Industriales de Estados Unidos de America	Se creó el concepto de mantenimiento productivo PM. Esto enfocó el trabajo de mantenimiento a obtener tanto calidad como cantidad de producto, y no sólo dedicarse al cuidado de las máquinas.
1951	Aunque el uso de la estadística en el trabajo era cada vez más frecuente, existían más problemas planteados por la seguridad del usuario, cuyo análisis exigía la intervención de especialistas y mucho tiempo.	Wallodi Weidull 1887-1979	Presentó por escrito La Distribución Weibull de la que se deriva el análisis Weibull, técnica utilizada para estimar una probabilidad y basada en datos medidos o supuestos. Dicha distribución fue aplicada para solucionar problemas de seguridad y mantenimiento, lo cual ha hecho posible la seguridad en naves aéreas.
1960	En todo el mundo, a pesar del sobremantenimiento y los altos costos, las naves aéreas sufrían, por cada millón de despegues, mas de 60 accidentes catastróficos al año. Se comprobó que las intervenciones periódicas y el cambio de piezas usadas por nuevas, no aseguraban la calidad del servicio ofrecido, por lo que existían otros defectos que producían fallas.	ATA Air Transport Association	Se especificaron las labores de mantenimiento necesarias para conservar el vuelo de una nave aérea. Se dio el concepto de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Comienza la aplicación del Sistema Equipo/satisfactorio , el cual debe cuidar se equilibrio con respecto a las expectativas del usuario.

1960	En Japón la necesidad de mejorar la calidad de sus productos los llevó a visitar, a principios de 1960, la industria de Estados Unidos, en la que ya se trabajaba con la filosofía del mantenimiento Productivo, y en sus administración intervenían obreros y supervisores.	Kaoru Ishikawa 1915	Autor del Diagrama Ishikawa. Su experiencia en el estudio del PM estadounidense desarrolló los círculos de Calidad QC y preparó cursos y materiales obteniendo magníficos resultados en la calidad y productividad. En la actualidad, estos círculos ya son muy conocidos en el ámbito mundial.
1961	Los desastres catastróficos con pérdidas de vidas humanas representaban una alta tasa de errores humanos involuntarios, generalmente más en la operación de las máquinas que en el diseño. El operador no se daba cuenta de que la máquina presentaba defectos anunciándole la aproximación de la falla.	Shingeo Shingo 1909-1990	A partir de 1961 Shingeo comenzó a desarrollar el sistema Poka-Yoke , que literalmente significa “a prueba de errores”, este sistema es indispensable cuando lo que está en juego es la seguridad de la vida humana, además de cuidar la calidad del producto o servicio proporcionado por las máquinas.
1965	Cada decisión tomada para solucionar los problemas del trabajo presentaba una forma de pensar desordenada y hasta absurda, por lo que la comunicación entre las personas tenía graves deficiencias.	KEPNER TREGOE	Presentación del libro El Directivo Racional, del cual se derivó el actual Análisis-Causa-Raíz RCA que facilita la investigación de las causas que producen un efecto para obtener un buen diagnóstico.
1968	Durante más de 20 años la Aviación Civil Estadounidense investigó a fondo los problemas de mantenimiento, empleado toda clase de herramientas.	STANLEY NOWLAN Y HOWARD HEAP (Air Transport Association)	Publicaron su libro Reliability Centered Maintenance. El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, del cual se derivó el documento Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa Guía- MSG-1 revisado en 1988 y 1993
1970	Se comenzó a difundir el uso de las computadoras en oficinas y fábricas en forma indiscriminada y sin integración a la administración total de las respectivas instalaciones. En esta época las computadoras se empleaban en los Departamentos de Producción y Mantenimiento solo para el inventario de los activos fijos y no para su administración.	Ordenadores 1970	Se crea el Software Sistema Computarizado para la Administración del Mantenimiento CMMS enfocado en resolver la problemática administrativa del área de mantenimiento. El software ha evolucionado los sistemas de Administración de Activos de la Empresa EAM y planeación de las necesidades de la empresa ERB

1971	Existían dos problemas perennes: la lucha intestina entre los departamentos de Producción y Mantenimiento y la pérdida de oportunidad por no aprovechar al personal de producción para hacer con los activos, trabajos de mantenimiento autónomo.	Seiichi Nakajima 1928	Creó el mantenimiento productivo total TPM basado en el Mantenimiento Productivo PM estadounidense, integrando a todo el personal de la empresa (incluyendo a los proveedores) para ejecutar todo tipo de mantenimiento, se apoya en los círculos de calidad.
1978	Los fabricantes de naves aéreas tenían que conquistar y mantener en el ámbito mundial sus mercados basados en la seguridad y calidad ofrecidas.	(Air Transport Association)	Produjo la Guía MSG-3 dedicada a los fabricantes de naves aéreas para que hicieran sus programas de mantenimiento.
1980	En las plantas generadoras de electricidad que funcionan con energía nuclear se detectó la existencia de sobre mantenimiento y se deseó abatir costos, más que mejorar la calidad del producto. Se empezó a aplicar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM.	Instituto para la investigación de la energía eléctrica	El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad fue modificado en forma tan profunda que ha dado lugar a la Optimización del Mantenimiento Planificado PMO Enfoque hacia la confiabilidad = RCM Enfoque hacia los costos= PMO
1980	Los avances obtenidos en plantas aeronáuticas, eléctricas y de energía nuclear dieron la oportunidad de estudiar y probar su aplicación en el resto de las industrias.	John M. Moubray 1924-2004	John M. Moudray y Asociados aplicaron el RCM en toda clase de industrias, empezando en sudafrica e Inglaterra. Mejoraron el RCM sin perder su enfoque en la Confiabilidad y ofreciendo su versión RCM-2
1995	Los lugares de trabajo generalmente eran sucios y desordenados, lo que ocasionaba que los tiempos perdidos por accidentes de trabajo y búsqueda de herramientas y refacciones fueran muy elevados, de lo cual no existía conciencia	Hiroyuki Hirano 1946-	Presentó su libro 5 Pillars of the Visual Workplace (5Ss) comunmente llamado "Las cinco eses". La aplicación de esta filosofía mejoró de manera notable el ambiente de trabajo, la limpieza de la fábrica, la definición y organización de herramientas y sobre todo, la calidad y productividad.

2005	<p>Hasta la fecha existe un gran problema con la palabra mantenimiento, pues se usa para tratar de explicar dos sistemas de trabajo diferentes. El primero es el cuidado del equipo (máquina/hombre), y el segundo es el cuidado del producto o servicio que proporciona la máquina. Esto se presenta como una dicotomía, aunque sus efectos se interrelacionan y han traído como consecuencia una gran confusión, ya que no existe una taxonomía al respecto que nos permita hablar el mismo idioma.</p>	<p>Oportunidad de desarrollo.</p>	<p>Desde hace más de 30 años flota en el ambiente mundial la existencia de una nueva filosofía, con características ecológicas: Filosofía de la Conservación (preservación y mantenimiento), la cual se basa en el principio ecológico: el equipo se preserva y el satisfactorio se mantiene, esto ha dado lugar a la presencia de entidades y personas interesadas en estudiar el desarrollo de la Conservación Industrial IC.</p>
------	---	--	--

Anexo J Indicadores de Desempeño de Equipos

Indicador	Unidad de Medición	Frecuencia de Medición	Tipo	Referencia Clase Mundial
MTBF	Horas - equipo	Mensual	Operativo	Según contexto operacional
MTBS	Horas - equipo	Mensual	Operativo	477
MTTR	Horas	Mensual	Operativo	Según contexto operacional
IPNP	Porcentaje	Anual	Estratégico	6%
%DI	Porcentaje	Mensual	Táctico / Operativo	90%
%DO	Porcentaje	Mensual	Táctico / Operativo	90%
UTLZ	Porcentaje	Mensual	Táctico	85%
OEE	Porcentaje	Mensual	Táctico	Según contexto operacional

Anexo K Indicadores de Eficiencia en la Gestión de Mantenimiento

Indicador	Unidad de Medición	Frecuencia de Medición	Tipo	Referencia Clase Mundial
CMPP	Porcentaje	Mensual	Táctico	100%
ROIN	Frecuencia por año	Anual	Táctico / Operativo	Materiales Tipo A=12,B=6,C=3
CMMP	Porcentaje	Mensual	Operativo	≥ 95%
CMMPd	Porcentaje	Mensual	Operativo	≥ 95%
EFGM	Porcentaje	Trimestral	Táctico / Operativo	100%
BACK	Semanas	Mensual	Operativo	Según contexto cultural y organizacional
INMA	Horas	Anual	Táctico	Según contexto cultural y organizacional
TCAP	Porcentaje	Anual	Táctico / Operativo	5%
TAUS	Porcentaje	Anual	Táctico / Operativo	2.2%
ESMP	Porcentaje	Mensual	Táctico	20%
ESMPd	Porcentaje	Mensual	Táctico	70%
ESMC	Porcentaje	Mensual	Táctico	10%
ECMO	Porcentaje	Anual	Táctico	90%-110%
TXMA	Porcentaje	Mensual	Operativo	Según contexto cultural y organizacional

Anexo M Indicadores de Desempeño de Costos

Indicador	Unidad de Medición	Frecuencia de Medición	Tipo	Referencia Clase Mundial
CMCO	Porcentaje	Anual	Táctico	30%-35%
CUMO	Soles / Unidad de volumen	Anual	Estratégico	Según contexto operacional
CUMP	Soles / Unidad de volumen	Anual	Estratégico	Según contexto operacional
%VMO	Porcentaje	Anual	Estratégico	Según contexto operacional
COCA	Porcentaje	Anual	Táctico	Según contexto cultural y organizacional
CMVA	Porcentaje	Anual	Estratégico / Táctico	3%
EVA	Miles de Soles	Anual	Estratégico / Táctico	Según contexto operacional

