

**DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE
MANTENIMIENTO DE ACTIVOS, A PARTIR DE LA NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA NTC-ISO 19011 CON ÉNFASIS EN INDICADORES**

Ascanio Ferreira Barreto

Carlos Alberto Mora Montiel



**FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
CARTAGENA DE INDIAS**

2011

**DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE
MANTENIMIENTO DE ACTIVOS, A PARTIR DE LA NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA NTC-ISO 19011 CON ÉNFASIS EN INDICADORES**

Ascanio Ferreira Barreto

Carlos Alberto Mora Montiel

**Trabajo Final Integrador para optar el título de Especialista en
Gerencia de Mantenimiento**

Director Trabajo Final Integrador

MSc, ME Juan Fajardo Cuadro



**FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
CARTAGENA DE INDIAS**

2011

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias, D. T. y C, 25 de Octubre de 2011

Señores:

Comité Evaluador

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

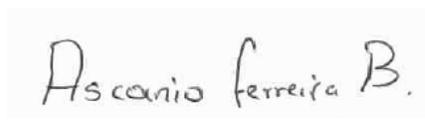
Universidad Tecnológica De Bolívar

Ciudad.

Apreciados señores:

Por medio de la presente nos permitimos someter para su estudio, consideración y aprobación el Trabajo Final Integrador titulado “**DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO DE ACTIVOS, A PARTIR DE LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 19011 CON ÉNFASIS EN INDICADORES**” realizada por los estudiantes **Ascanio Ferreira Barreto** y **Carlos Alberto Mora Montiel**, para optar al título de Especialistas en Gerencia de Mantenimiento.

Cordialmente,



Ascanio Ferreira Barreto



Carlos Alberto Mora Montiel

Cartagena de Indias, D. T. y C, 25 de Octubre de 2011

Comité Evaluador

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Universidad Tecnológica De Bolívar

Ciudad.

Respetados señores:

Por medio de la presente me permito informarles que he llevado a cabo la dirección del Trabajo Final Integrador titulado **“DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO DE ACTIVOS, A PARTIR DE LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 19011 CON ÉNFASIS EN INDICADORES”** realizada por los estudiantes **Ascanio Ferreira Barreto** y **Carlos Alberto Mora Montiel**, para optar al título de Especialistas en Gerencia de Mantenimiento.

Atentamente



Juan Fajardo Cuadro

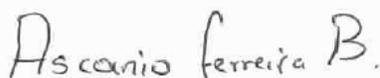
C.C. 9.098.098 de Cartagena

CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Cartagena de Indias D. T. y C., 25 de Octubre de 2011

Yo, **Ascanio Ferreira Barreto**, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica de Bolívar los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor, del trabajo final denominado **“DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO DE ACTIVOS, A PARTIR DE LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 19011 CON ÉNFASIS EN INDICADORES”** producto de mi actividad académica para optar el título de **Especialista en Gerencia de Mantenimiento** de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

La Universidad Tecnológica de Bolívar, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y extensión. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento que hace parte integral del trabajo antes mencionado y entrego al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar.



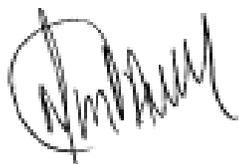
Ascanio Ferreira Barreto
C.C. 73130459 de Cartagena

CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Cartagena de Indias D. T. y C., 25 de Octubre de 2011

Yo, **Carlos Alberto Mora Montiel**, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica de Bolívar los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor, del trabajo final denominado “**DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO DE ACTIVOS, A PARTIR DE LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 19011 CON ÉNFASIS EN INDICADORES**” producto de mi actividad académica para optar el título de **Especialista en Gerencia de Mantenimiento** de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

La Universidad Tecnológica de Bolívar, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y extensión. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento que hace parte integral del trabajo antes mencionado y entrego al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar.



Carlos Alberto Mora Montiel
C.C. 73577513 de Cartagena

CONTENIDO

GLOSARIO	21
RESUMEN	31
INTRODUCCION	32
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	34
OBJETIVOS.....	35
JUSTIFICACIÓN.....	36
MARCO TEÓRICO	37
METODOLOGÍA	38
1. FASE PREVIA.....	39
1.1 FUNDAMENTOS ESENCIALES DE MANTENIMIENTO	39
1.1.1 Evolución del mantenimiento	39
1.1.2 Definición de mantenimiento.....	42
1.1.3 Mantenimiento correctivo	43
1.1.4 Mantenimiento programado	45
1.1.5 Mantenimiento preventivo	46
1.1.6 Mantenimiento detectivo	47
1.1.7 Mantenimiento predictivo	48
1.1.7.1 Inspección visual	53

1.1.7.2	Análisis de vibraciones	54
1.1.7.3	Análisis por ultrasonido.....	54
1.1.7.4	Análisis de lubricación	55
1.1.7.5	Medición de Presión	56
1.1.7.6	Medición de temperatura	56
1.1.7.7	Termografía	57
1.1.7.8	Análisis de circuito de motores (MCA).....	57
1.1.7.9	Análisis de la firma eléctrica (ESA).....	59
1.1.7.10	Mantenimiento predictivo para equipo estático.....	60
1.1.8	Mantenimiento proactivo	61
1.1.9	Mantenimiento autónomo.....	62
1.1.10	Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)	62
1.1.11	Mantenimiento productivo total (TPM)	64
1.2	SALUD OCUPACIONAL RELACIONADA AL MANTENIMIENTO	65
1.2.1	Salud ocupacional.....	65
1.2.2	Áreas de la salud ocupacional.	65
1.2.2.1	Seguridad industrial	66
1.2.2.2	Higiene industrial	66
1.2.2.3	Medicina preventiva.....	66
1.2.3	Enfermedad profesional	67

1.2.3.1	Factores de riesgos físicos	68
1.2.3.2	Factor de riesgo químico	68
1.2.3.3	Factor de riesgo biológico.....	68
1.2.3.4	Factor de riesgo ergonómico	68
1.2.3.5	Factor de riesgo sicolaboral.....	69
1.2.4	Accidente de trabajo	69
1.2.4.1	Factores de riesgo mecánico.....	70
1.2.4.2	Factores de riesgo eléctricos.....	71
1.2.4.3	Factores de riesgos locativos	71
1.2.4.4	Factores de riesgos físico químico	72
1.2.5	Panorama de riesgo.....	73
1.2.5.1	Definiciones asociadas al panorama de riesgo	74
1.3	METODOLOGÍA DE BÚSQUEDA DE EVIDENCIAS (NTC-ISO 19011)..	75
1.3.1	Calidad en mantenimiento	76
1.3.1.1	Máxima disponibilidad al mínimo costo	77
1.3.1.2	Auditoria como herramienta de mejoramiento continuo.....	78
1.3.1.3	¿Por qué realizar una auditoria?.....	79
1.3.1.4	Tipos de auditorias	80
1.3.1.5	Actores de la auditoria	80
1.3.1.6	Principios de auditoría	81

1.3.1.7	Actividades de auditoría	83
1.3.1.8	Recopilación y verificación de la información	83
1.3.1.9	Generación de hallazgos de la auditoría	85
1.3.1.10	Preparación de las conclusiones de la auditoría	85
1.3.1.11	Realización de la reunión de cierre.....	86
1.3.1.12	Preparación del informe de la auditoría	87
1.3.1.13	Realización de las actividades de seguimiento de una auditoría.....	88
1.4	HERRAMIENTA DE DIAGNOSTICO DE PANORAMAS DE MANTENIMIENTO A PARTIR DE LA NORMA ISO NTC 19011	89
1.4.1	Objetivos para el diagnóstico del sistema de mantenimiento.....	89
1.4.2	Valoración de los ítems de cada aspecto.....	90
1.4.3	Resultados de los cuestionarios de primer nivel	90
1.4.4	Temas	90
2.	FASE DE PREPARACIÓN Y PROPUESTA	104
2.1	ALCANCE	104
2.1.1	Organización de la planta	104
2.1.2	Proceso.....	104
2.1.3	Organización interna de la planta	105
2.1.4	Recursos disponibles en el departamento de mantenimiento.....	105
2.1.5	Flujo de trabajo	105

2.1.6	Recursos informáticos.....	105
2.1.7	Listado de equipos productivos de la planta	105
2.1.8	Realización del informe previo	106
2.2	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO.....	106
2.2.1	Ejemplos de estrategias de mantenibilidad.....	106
2.2.2	Ejemplos de Estrategias de Mantenimiento	107
2.2.3	Esquema del Proceso o Metodología para establecer estrategias	107
2.2.4	Lo que es indeseable, con tolerancia CERO	110
2.2.5	Indeseables vs Deseables	110
2.3	MANTENIMIENTO NO-PROGRAMADO – PROGRAMADO	111
2.3.1	Mantenimiento no-programado	111
2.3.2	Mantenimiento programado	112
2.3.3	Mantenimiento en línea.....	114
2.4	PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN.....	115
2.4.1	La orden de trabajo	115
2.4.1.1	El valor agregado.....	116
2.4.1.2	Diagnóstico de falla	116
2.4.1.3	La urgencia o prioridad	117
2.4.2	Flujo de trabajo	118
2.4.3	Planificación.....	119

2.4.3.1	Etapas de la planificación	120
2.4.4	Programación.....	121
2.4.4.1	Programación de actividades del día a día.....	122
2.4.4.2	Programación de una actividad	122
2.4.4.3	Programación de paradas programadas de planta.....	123
2.4.4.4	Diagramas de barras – Gantt.....	123
2.4.4.5	Diagramas de red – CPM – AND - PERT	124
2.5	PROPUESTA DE GESTION.....	124
2.5.1	Definición alcance de la planta	124
2.5.2	Revisar condiciones operacionales.....	126
2.5.3	Diseño e implementación de un modelo de herramienta para la elaboración del panorama de riesgos para lesiones traumáticas en mantenimiento	126
3.	FASE DE IMPLEMENTACION, DESARROLLO Y MONITOREO	127
3.1	FASE DE IMPLEMENTACION.....	127
3.1.1	Alcance	127
3.1.2	Etapas.....	127
3.1.2.1	Reorganizar Recursos Humanos.....	127
3.1.2.2	Organizar Almacén de Repuesto.....	129
3.1.2.3	Poner en marcha un plan de mantenimiento inicial.	130

3.1.2.4	Puesta a punto inicial de la planta (en marcha).....	131
3.1.2.5	Organización del Taller.....	132
3.1.2.6	Estrategia 5 “s”	133
3.2	FASE DE DESARROLLO	134
3.2.1	Alcance	134
3.2.2	Etapas.....	135
3.2.2.1	Análisis de equipos.....	135
3.2.2.2	Elaboración del Plan de Mantenimiento revisado	135
3.2.2.3	Determinación de paradas de mantenimiento	136
3.2.2.4	Elaboración de la lista de repuestos mínimo	136
3.2.2.5	Plan de Formación.....	137
3.2.2.6	Subcontratos.....	138
3.3	FASE DE MONITOREO.....	139
3.3.1	Indicadores	139
3.3.1.1	Índices de Disponibilidad	141
3.3.1.2	Indicadores de Gestión de Ordenes de Trabajo	143
3.3.1.3	Índices de costo.....	146
3.3.1.4	Índices de proporción de tipo de mantenimiento	148
3.3.1.5	Índices de Gestión de Almacenes y Compras	149
3.3.1.6	Índices de Seguridad y Medio Ambiente	151

3.3.1.7	Índices de formación.....	152
3.3.1.8	Resumen de índices usuales.....	152
4.	FASE DE OPTIMIZACION Y MEJORAMIENTO	155
4.1	FASE DE OPTIMIZACION	155
4.1.1	Alcance	155
4.1.1.1	Objetivo general de esta fase	155
4.1.2	Mejoras enfocadas.....	156
4.1.2.1	Mejoras Técnicas.....	156
4.1.2.2	Mejoras Organizativas	156
4.1.2.3	Mejoras Económicas	157
4.2	FASE DE MEJORAS ENFOCADAS EN LA GESTION DEL RIESGO DEL MANTENIMIENTO.....	157
4.2.1	Descripción de metodología para la elaboración de panoramas de riesgo para lesiones traumáticas	157
4.2.2	Metodología para elaborar un panorama de riesgo	158
4.2.2.1	Inspección sistemática de las áreas de la empresa.....	159
4.2.2.2	Lista de verificación de factores de riesgo	159
4.2.2.3	Tabla de valorización subjetiva del grado de peligro	159
4.2.2.4	Consignación de información de factores de Riesgo (resumen)	159
4.2.2.5	Mapa / Plano de factores de riesgo	159

4.2.2.6	Cuadro Resumen de Factores de Riesgo.....	160
CONCLUSIONES	163
RECOMENDACIONES	165
BIBLIOGRAFIA	167
ANEXOS	170

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valoración de ítems	90
Tabla 2. Función básica y planeación estratégica de mantenimiento	92
Tabla 3. Planeación y Programación de Mantenimiento.....	93
Tabla 4. Repuesto de los equipos. - Manejo e Inventarios	96
Tabla 5. Costos de Mantenimiento.	97
Tabla 6. Tecnología de Mantenimiento, aplicabilidad y efectividad	98
Tabla 7. Personal de Mantenimiento y Producción.....	99
Tabla 8. Proceso de gerenciamiento del riesgo en el mantenimiento	101
Tabla 9. Indeseables vs Deseables	110
Tabla 10. Mantenimiento no programado – programado	111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultados de Cuestionarios	91
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del mantenimiento.....	42
Figura 2. Curva de la bañera.....	50
Figura 3. Diversidad de curvas de probabilidad de fallo vs tiempo.....	50
Figura 4. Curva de probabilidad de fallo luego de una revisión.....	51
Figura 5. Clasificación de los factores de riesgo.....	67
Figura 6. Factores de riesgo que generan accidentes.....	70
Figura 7. Actividades de la auditoría.....	83
Figura 8. Recopilación de la información.....	84
Figura 9. Informe de auditoría.....	87
Figura 10. Seguimiento de una auditoría.....	88
Figura 11. Diagrama de flujo – emisión de órdenes de trabajo.....	119
Figura 12. Proceso del riesgo.....	158

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de inspección para consignar los factores de riesgo.....	171
Anexo 2. Lista de verificación de factores de riesgo.....	172
Anexo 3. Tabla de valoración subjetiva del grado de peligro.....	175
Anexo 4. Formato de Inspección para consignar los factores de riesgo	176
Anexo 5. Ejemplo de mapa de riesgos para una planta	177
Anexo 6. Panorama de riesgos de una planta de prefabricación de tubería	178

GLOSARIO

ACTUACIÓN DESEADA: el nivel de actuación deseado por el dueño o usuario de un recurso físico o sistema.

BACKLOG: período de tiempo necesario para que un grupo de mantenimiento ejecute todas las actividades pendientes, suponiendo que durante ese tiempo ningún servicio nuevo va a ser solicitado a ese grupo.

CAMBIO DEL UNO-TIME: cualquier acción tomada para cambiar la configuración física de un recurso o sistema (rediseño o modificación), para cambiar el método usado por operador o mantener realizar una tachuela específica, cambiar el contexto que opera del sistema, o para cambiar la capacidad de operador o mantenedor (entrenando)

CAPACIDAD DEL ARRANQUE INICIAL: el nivel de actuación que un recurso físico o el sistema es capaz de lograr en el momento él entra en el servicio.

CONFIABILIDAD: probabilidad de que un equipo desarrolle una función específica, bajo unas condiciones específicas durante un tiempo determinado sin fallar.

CONSECUENCIAS DE SEGURIDAD: un modo de fallo o fallo múltiple que tiene consecuencias de seguridad si pudiera dañar o podría matar a un ser humano.

CONSECUENCIAS DE FALLO: la manera en que los efectos de un modo de fallo o una materia de fallo múltiple (la evidencia de fallo, impacte en la seguridad, el

ambiente, la capacidad operacional, dirige, y los costos de la reparación indirectos).

COMPONENTE: ingenio esencial al funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física que, conjugado a otro(s), crea(n) el potencial de realizar un trabajo.

CONSECUENCIAS OPERACIONALES: una categoría de consecuencias de fallo que adversamente afectan la capacidad operacional de un recurso físico o sistema (el rendimiento, calidad del producto, servicio del cliente, capacidad militar, o los costos que opera además del costo de reparación).

CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES: un modo de fallo o el fallo múltiple tiene las consecuencias medioambientales si él podría abrir brecha cualquier norma medioambiental corporativa, municipal, regional, nacional, o internacional o regulación que aplica al recurso físico o sistema bajo la consideración.

CONSECUENCIAS NON-OPERACIONALES: una categoría de consecuencias de fallo que no afectan seguridad, el ambiente, o funcionamientos adversamente, pero sólo requiere reparación o reemplazo de cualquier ítem(s) eso puede afectarse por el fallo.

CONTEXTO QUE OPERA: las circunstancias en que un recurso físico o se espera que el sistema opere.

DEFECTO: eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.

DESECHO FIJADO: Una tarea fijada que trae consigo desechando un artículo a o antes de un límite de edad especificado sin tener en cuenta su condición en el momento.

DISPOSITIVO PROTECCIONISTA O SISTEMA DE LA PROTECCIÓN: un dispositivo o sistema que se piensa que evita, elimine, o minimice las consecuencias de fallo de algún otro sistema.

EDAD: una medida de exposición para enfatizar cuánto del momento un artículo o el componente entra en el servicio cuando nuevo o re-entra en el servicio después de que una tarea diseñó para restaurar su capacidad inicial, y puede medirse por lo que se refiere a tiempo del calendario, el tiempo corriente, que la distancia viajó, ciclos de deber, o unidades de rendimiento o unidades de fuerza utilizada.

EFEECTO DE FALLO: lo que pasa cuando un modo de fallo ocurre.

EQUIPO: conjunto de componentes interconectados, con los que se realiza materialmente una actividad de una instalación.

EQUIPO CLASE A: equipo cuya parada interrumpe el proceso productivo llevando a la pérdida de producción y al cese de la obtención de utilidades.

EQUIPO CLASE B: equipo que participa del proceso productivo, pero su parada, por algún tiempo no interrumpe la producción.

EQUIPO CLASE C: equipo que no participa en el proceso productivo.

FALLA: finalización de la habilidad de un equipo, máquina ó sistema para desempeñar una función requerida.

FALLO EVIDENTE: un modo de fallo cuyos efectos se ponen claros a la tripulación que opera bajo las circunstancias normales si el modo de fallo ocurre solo.

FALLO FUNCIONAL: un estado en que un recurso físico o el sistema es incapaz de realizar una función específica a un nivel deseado de actuación.

FALLO MÚLTIPLE: un evento que ocurre si un faltas de la función protegido mientras su dispositivo proteccionista o el sistema de la protección está en un estado fallado.

FALLO OCULTO: un modo de fallo cuyos efectos no se ponen claros a la tripulación que opera bajo las circunstancias normales si el modo de fallo ocurre solo.

FALLO POTENCIAL: una condición identificable que indica que un fallo funcional o está a punto de ocurrir o está en el proceso de ocurrir.

FUNCIÓN: lo que el dueño o usuario de un recurso físico o sistema lo quieren para hacer.

FUNCIÓN EVIDENTE: una función cuyo el fallo solo se pone claro a la tripulación que opera bajo las circunstancias normales.

FUNCIONAR HASTA EL FALLO – CORRER A FALLO: una política de dirección de fallo que permite a un modo de fallo específico ocurrir sin cualquier esfuerzo anticiparse o prevenirlo.

FUNCIÓN OCULTA: una función cuyo el fallo solo no se ponga claro a la tripulación que opera bajo las circunstancias normales.

FUNCIONES PRIMARIAS: las funciones que constituyen la razón principal porque un recurso físico o el sistema son adquiridos por su dueño o usuario.

FUNCIONES SECUNDARIAS: las funciones que un recurso físico o el sistema tiene que cumplir aparte de su primero el función(s), como aquéllos cumplir los requisitos regulador necesitaron y aquéllos que los problemas de preocupación como Protección, mando, contención, consuelo, apariencia, eficacia de energía, y la integridad estructural.

INSPECCIÓN: servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada utilizando instrumentos simples de medición (termómetros, tacómetros, voltímetros etc.) o los sentidos humanos y sin provocar indisponibilidad.

INTERVALO DE P-F: el intervalo entre el punto a que un fallo potencial se pone perceptible y el punto a que degrada en un fallo funcional (también conocido como el período" de desarrollo de "fallo y tiempo de primacía al fallo")

ÍTEM: término general para indicar un equipo, obra o instalación.

LUBRICACIÓN: servicios de Mantenimiento Preventivo, donde se realizan adiciones, cambios, complementaciones, exámenes y análisis de los lubricantes.

MANTENIBILIDAD: la probabilidad de que un equipo sea restablecido a una condición especificada dentro de un período de tiempo dado, usando recursos determinados.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: es el mantenimiento que se ejecuta a un activo después de ocurrida la falla del mismo, por lo que se debe de corregir todos los componentes fallidos en el evento.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO: es aquel mantenimiento nos permitirá hacer una predicción del activo en cuestión, por medio de las técnicas cuales quiera utilizar llámese (análisis de vibraciones, mediciones eléctricas voltaje, amperaje, resistencia, ultrasonidos, medición de espesores, termografías, etc) y que se les pueda aplicar al activo claro.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMÁTICO: servicios de Mantenimiento Preventivo, donde cada equipo para después de un período de funcionamiento, para que sean hechas mediciones, ajustes y si es necesario, cambio de piezas en

función de un programa preestablecido a partir de la experiencia operativa, recomendaciones de los fabricantes.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIÓDICO: lo mismo que Mantenimiento Preventivo Sistemático.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR ESTADO: mantenimiento efectuado a partir de la condición de funcionamiento del equipamiento.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR TIEMPO: mantenimiento efectuado a partir de un programa pre-establecido.

MANTENIMIENTO PREVISTO: lo mismo que mantenimiento predictivo.

MANTENIMIENTO PROACTIVO: en este tipo de mantenimiento se conjugan los tres tipos anteriores, pero el distingo es que cuando se hace el correctivo, se busca el por que de la falla y las acciones que se deben toman para evitar incurrir en la misma falla. Al aplicar este tipo de mantenimiento, el preventivo ya no depende de la calendarización exclusivamente; si no de las actuaciones varias para conseguir su optimización de tal forma que se obtengan beneficios para la mejor funcionalidad del activo.

MANTENIMIENTO SELECTIVO: servicios de cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con recomendaciones de fabricantes o entidades de investigación.

MODO DE FALLO: un solo evento que causa un fallo funcional.

NUEVAS INSTALACIONES: instalaciones de nuevos equipos para ampliación de la producción; modificación en equipos para mejorar su desempeño o facilitar el mantenimiento, sustitución de equipos antiguos por otros mas modernos las pruebas de aceptación de nuevos equipos.

PARADA GENERAL: lo mismo que Reparación General.

PIEZA: Cada una de las partes de un conjunto o de un todo (en este caso equipo).

POLÍTICA DE DIRECCIÓN DE FALLO: un término genérico que abarca tareas del en-condición, restauración fijada, desecho fijado, fallo-hallazgo, correr-a-fallo, y cambios del uno-tiempo.

PRIORIDAD DE EMERGENCIA: mantenimiento que debe ser hecho inmediatamente después de detectada su necesidad.

PRIORIDAD DE URGENCIA: mantenimiento que debe ser realizado a la brevedad posible, de preferencia sin pasar las 24 horas, después de detectar su necesidad.

PROBABILIDAD CONDICIONAL DE FALLO: la probabilidad que un fallo ocurrirá en un período específico con tal de que el artículo involucrado ha sobrevivido al principio de ese período.

PROPIETARIO: una persona u organización que o pueden sufrir o pueden sostener responsable para las consecuencias de un modo de fallo en virtud de la propiedad del recurso o sistema.

REPARACIÓN MAYOR: servicio de mantenimiento de los equipos de gran porte, que interrumpen la producción.

RESTAURACIÓN FIJADA: una tarea fijada a que restaura la capacidad de un artículo o antes de un intervalo especificado (el límite de edad), a un nivel que proporciona una probabilidad tolerable de supervivencia al fin de otro el intervalo especificó sin tener en cuenta su condición en el momento.

TAREA APROPIADA: una tarea que es técnicamente los dos factible y valor que hace (aplicable y eficaz).

TAREA DEL FALLO-HALLAZGO: una tarea fijada determinaba si un fallo oculto específico ha ocurrido.

TAREA DEL EN-CONDICIÓN: una tarea fijada descubría un fallo potencial.

REVISIÓN DE GARANTÍA: examen de los componentes de los equipos antes del termino de sus garantías, tratando de verificar sus condiciones en relación a las exigencias contractuales.

REVISIÓN GENERAL: lo mismo que reparación general.

SERVICIOS DE APOYO: servicios hechos por el personal de mantenimiento tratando de mejorarlas condiciones de seguridad, mejorar las condiciones de trabajo, atender a otros sectores no ligados a la producción.

SISTEMA OPERACIONAL: conjunto de equipos necesarios para realizar una función de una instalación.

TRIBOLOGÍA: estudio de la fricción asociada a la lubricación.

USUARIO: una persona u organización que operan un recurso o sistema y o pueden sufrir o se sostengan responsable para las consecuencias de un modo de fallo de ese sistema.

UNIDAD DE PRODUCCIÓN: planta, fábrica o cualquier unidad fabril de una empresa donde son producidos o generados sus productos o servicios.

RESUMEN

En la actualidad, las empresas del sector industrial con procesos productivos que involucran maquinarias complejas y componente humano calificado, son conscientes de la importancia de la alta funcionalidad de sus activos y están enfocando sus procesos productivos a la confiabilidad operativa centrada en acciones efectivas de calidad en la gestión del mantenimiento. Para el caso en particular de acciones efectivas de calidad, consideramos que las empresas del sector industrial requieren de profesionales en las diferentes disciplinas, con formación por competencias gerenciales en la gestión del mantenimiento que aseguren la satisfacción requerida por la organización, por lo anterior, esta monografía presenta un modelo de gestión integral de mantenimiento de activos en el sector industrial a partir de la norma técnica colombiana NTC-ISO 19011, para la búsqueda de evidencias del estado actual y con énfasis en indicadores como herramienta valiosa de gestión de cuidado de activos, que permita evaluar, de manera sistemática, periódica y objetiva su desempeño para controlar y actuar asegurando la satisfacción.

Esta monografía permite tener un marco conceptual de la terminología nacional e internacional, en temas básicos como el mantenimiento, gestión del riesgo, desarrollo de panoramas de riesgo, lesiones traumáticas y no traumáticas, orientado al estudio, análisis y desarrollo de actividades de mantenimiento de alto riesgo con altos estándares en seguridad, por lo que esta monografía incluye la gestión integral del mantenimiento ligado al HSEQ, colocada a disposición de la universidad para ser evaluada y asimismo como medio de consulta de los estudiantes. Se plantea como una herramienta cuyo alcance pretende determinar una metodología para el desarrollo de un modelo de herramienta para la elaboración de panoramas de riesgo traumáticos en las actividades de mantenimiento.

INTRODUCCION

De acuerdo con la norma europea EN 13306, el mantenimiento se define como el *“conjunto de todas las acciones técnicas, administrativas y de gerencia durante el ciclo de vida de un bien destinadas a mantenerlo o repararlo para ponerlo en un estado en el que pueda realizar las funciones requeridas”*¹.

La gestión del mantenimiento de activos, es esencial para que los equipos, máquinas y entornos de trabajo sigan siendo seguros y fiables y por el mayor tiempo posible manteniendo altos niveles de eficiencia y productividad. La falta de mantenimiento o un mantenimiento inadecuado pueden provocar paradas inesperadas de producción con potenciales pérdidas económicas, accidentes y afectaciones a la salud y al medio ambiente. Por lo anterior, el mantenimiento es una actividad de alto riesgo, y algunos de sus peligros derivan de la naturaleza del trabajo y de las energías relacionadas en el proceso. Esta actividad se lleva a cabo en todos los sectores de la industria y áreas de trabajo.

Por la importancia que reviste para las organizaciones la confiabilidad de sus procesos, esta monografía plantea y se limita al desarrollo de un modelo de gestión en los procesos de mantenimiento para el sector industrial, a partir de la norma técnica colombiana NTC-ISO 19011, que mediante la búsqueda de evidencias del estado actual y con énfasis en indicadores como herramienta valiosa de gestión de cuidado de activos, permita evaluar, de manera sistemática, periódica y objetiva su desempeño para controlar y actuar asegurando la funcionalidad de los activos.

Mantenimiento es un término genérico que designa una variedad de tareas en sectores muy distintos y en todo tipo de entornos de trabajo. Entre las actividades de mantenimiento cabe incluir la Inspección, el ensayo, la medición, la sustitución, el ajuste, la reparación, la conservación, la detección de fallos, el cambio de

¹ http://osha.europa.eu/es/topics/maintenance/index_html#Planning%23Planning

piezas, la revisión, la lubricación y la limpieza entre otras. Todas estas actividades finalmente buscan garantizar la productividad continua, para fabricar productos de gran calidad y mantener la competitividad de la empresa, pero también mantener la seguridad y la salud en el trabajo.

Este trabajo se desarrolló en cuatro fases y en cada una de éstas se aplicaron diferentes metodologías que se describirán más adelante.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las organizaciones de hoy participan en mercados cada día más competitivos y cambiantes lo cual exige a sus procesos productivos la mayor efectividad posible (eficacia y eficiencia) en el aprovechamiento de sus activos y recursos. Este entorno agresivo y competitivo obliga a las organizaciones a plantear nuevas estrategias de gestión en el cuidado de la funcionalidad de los equipos.

Es evidente que la gestión del mantenimiento de activos ha cobrado mayor importancia en la medida que las organizaciones realizan ajustes y mejoras en su proceso productivo, siendo necesario para ello la utilización de técnicas y herramientas que aseguren el cumplimiento del plan de mantenimiento establecido.

Para garantizar el éxito en la ejecución del plan de mantenimiento, ésta debe estar en continua revisión y por ello surge la necesidad de comprobar de manera sistemática, independiente y documentada cómo se gestionan las acciones del mantenimiento de activos, para obtener evidencias y evaluarlas objetivamente, con el fin de determinar el grado de cumplimiento los criterios de calidad.

Quizás la pregunta que más se hacen las organizaciones es ¿cuál es el modelo que diagnostique la situación, determine la problemática, cuantifique el impacto y trace la necesidad como base de la búsqueda de una solución a la optimización en la confiabilidad en los equipos de una planta industrial y petroquímica?

OBJETIVOS

El objetivo principal de esta monografía es desarrollar un modelo de gestión en los procesos de mantenimiento, extrayendo las ventajas de cada una de las actuales filosofías de mantenimiento, para medir, evaluar, controlar y optimizar las diferentes acciones de cuidado de activos y así garantizar su máxima funcionalidad.

Objetivos Específicos

- ✚ Establecer la fundamentación esencial del mantenimiento y metodología de búsqueda, bajo la norma NTC-ISO 19011, de evidencias de la situación actual en áreas claves del proceso de mantenimiento.
- ✚ Desarrollar propuesta de gestión integrada de mantenimiento con objetivos a corto, mediano y largo plazo, a partir de comparaciones y contrastes entre variables obtenidas y variables preestablecidas.
- ✚ Identificar indicadores de control y proceso que faciliten la implementación de un sistema integrado de mantenimiento o Balance Score Card.
- ✚ Desarrollar modelo de estandarización mediante la optimización de estrategias de mantenimiento (PMO).

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, las empresas del sector industrial con procesos productivos que involucran maquinarias complejas y componente humano calificado, son conscientes de la importancia de la alta funcionalidad de sus activos y están enfocando sus procesos productivos a la confiabilidad operativa centrada en acciones efectivas de calidad en la gestión del mantenimiento.

Para el caso en particular de acciones efectivas de calidad, consideramos que las empresas del sector industrial requieren de profesionales en las diferentes disciplinas, con formación por competencias gerenciales en la gestión del mantenimiento que aseguren la satisfacción requerida por la organización.

En la UTB ésta nueva era de formación de especialistas competentes no es la excepción, partiendo de las exigencias actuales de las organizaciones, el aseguramiento de una buena gestión nos lleva a plantear una propuesta de un modelo de gestión integral de mantenimiento de activos en el sector industrial a partir de la norma técnica colombiana NTC-ISO 19011, para la búsqueda de evidencias del estado actual y con énfasis en indicadores como herramienta valiosa de gestión de cuidado de activos, que permita evaluar, de manera sistemática, periódica y objetiva su desempeño para controlar y actuar asegurando la satisfacción en su aplicación.

Finalmente, consideramos necesario aportar a las nuevas generaciones de profesionales de las diferentes disciplinas con poca ó nula experiencia laboral, un modelo guía para la gestión de mantenimiento de activos que a su vez incentive una cultura de liderazgo y calidad dentro de las organizaciones.

MARCO TEÓRICO

El mantenimiento de activos desde sus inicios ha estado en constante evolución y desarrollo. En la actualidad conocemos múltiples filosofías de mantenimiento que son utilizadas por muchas organizaciones de diferentes sectores del mercado pero en general éstas ejecutan sus planes de mantenimiento de activos basándose en una sola filosofía.

Muchas plantas industriales por la diversidad de sus procesos productivos dentro de una misma organización tienen un reto en la planificación y ejecución del mantenimiento de sus activos que inicia desde la selección del tipo de mantenimiento a realizar.

Por otra parte, el seguimiento de la gestión de mantenimiento es generalmente realizado con indicadores que reflejan resultados de efectividad, cumplimiento, horas hombre y disponibilidad de equipos pero éstos no aseguran que las actividades sean realizadas de acuerdo a los estándares de calidad definidos en el plan de mantenimiento.

Muchas organizaciones certificadas con sistemas de gestión de calidad verifican el cumplimiento de los procedimientos de mantenimiento sólo en las auditorías internas ó externas de su sistema de calidad y no porque su plan de mantenimiento lo tenga previsto para garantizar la calidad de dichas actividades.

METODOLOGÍA

El desarrollo de esta monografía utilizó diferentes metodologías en cada una de las cuatro fases en que se desarrolló.

En la primera fase, la metodología empleada es descriptiva conceptual, por abordar las bases conceptuales del mantenimiento, previas al análisis de la situación actual. Se tratan en ésta referentes teóricos de conceptos y filosofías modernas del mantenimiento. Luego pasa a ser descriptiva exploratoria por plantear formas de conocer, lo mejor posible, la planta, el producto y el proceso productivo para poder evaluarlos y así definir los cambios necesarios en mantenimiento. Durante la segunda fase, la metodología usada es correlacionada aplicada descriptiva por comparar variables obtenidas con variables preestablecidas y a partir de ellas describir el desarrollo de acciones de solución de efecto a corto-mediano y largo plazo. Durante la tercera fase, la metodología empleada es experimental de control por centrarse en describir la forma de controlar el fenómeno a estudiar, empleando el razonamiento hipotético-deductivo, a partir de resultados obtenidos de indicadores medibles cuantitativamente y analizarlos en un Cuadro de Mando o un Balance Score Card. En la cuarta y última fase, la metodología es experimental de mejoramiento ya que a partir de los resultados del Cuadro de Mando se describirán diferentes intervenciones o recomendaciones de optimización de estrategias de mantenimiento (PMO).

En conjunto de todas las fases plantearán un modelo de gestión integral de activos innovador que servirá de guía para las nuevas generaciones de especialistas en mantenimiento.

1. FASE PREVIA

1.1 FUNDAMENTOS ESENCIALES DE MANTENIMIENTO

1.1.1 Evolución del mantenimiento

Desde los inicios de la humanidad, de una u otra forma hubo aunque de manera rudimentaria manifestación de la existencia del mantenimiento. Por ejemplo, en los tiempos de las cavernas, los seres humanos fabricaban sus utensilios y herramientas con rocas que eran “mantenidas” ó reparadas de forma rudimentaria para que se mantuvieran filosas y poder cazar y cortar la carne de sus presas.

A mediados del siglo pasado el mantenimiento pasó a ser un elemento clave de las empresas, ya que estas intentaban constantemente sobrepasar sus límites de producción al menor costo posible. En esa época el mantenimiento se limitaba sólo a la reparación y es lo que hoy conocemos como mantenimiento reactivo ó correctivo. Vale la pena destacar que aún en nuestros tiempos se abusa de los equipos hasta que éstos fallan y deben ser reparados en el menor tiempo posible.

Luego de la segunda guerra mundial, un grupo de ingenieros japoneses, plantean un nuevo concepto de mantenimiento, basado en las recomendaciones y cuidados en la operación de los fabricantes de los equipos. Los gerentes de la época se interesaron en esta tendencia e hicieron que sus técnicos en todas las disciplinas desarrollaran programas para prevenir daños y preservar los equipos. Este tipo de mantenimiento se conoce con el nombre de Mantenimiento preventivo. A partir del año 1950, este tipo de mantenimiento contribuyó a reducir pérdidas de tiempo, pero era una alternativa costosa, ya que muchas veces se cambiaban piezas por recomendación del fabricante aún estando estas en condiciones de operación.

El mantenimiento preventivo asignaba muchas horas de operación y los gerentes se dieron cuenta que muchas veces el tiempo que requería el mantenimiento para prevenir la falla era superior al tiempo en repararla. Por lo anterior, con el fortalecimiento de asociaciones de mantenimiento y al desarrollo de instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento pasa a realizar criterios de predicción ó previsión de fallas.

En 1960, se establece una nueva tendencia con un perfil más profesional, donde se asignaron más altas responsabilidades al personal de mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo y de la planta. Esta nueva tendencia exigía un nivel más alto de conocimiento de la confiabilidad de cada elemento de los equipos y de las instalaciones en general. Este tipo de mantenimiento se conoce como mantenimiento productivo.

En 1970, la globalización del mercado exige excelencia en todas las actividades y genera un nuevo sistema de mantenimiento más dinámico. Nace en Japón un nuevo concepto que hoy conocemos como el TPM, (mantenimiento productivo total), que plantea la participación de todos los miembros de la organización hacia la optimización de los equipos e implica un mejoramiento continuo en todos los aspectos.

En resumen podemos distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento que se describen brevemente a continuación y se ilustran cronológicamente en la **Figura 1**.

Primera generación

La más larga, desde la revolución industrial hasta después de la segunda Guerra Mundial, aunque todavía impera en muchas industrias. El Mantenimiento se ocupa sólo de arreglar las averías. Es el Mantenimiento Correctivo.

Segunda generación

Entre la segunda Guerra Mundial y finales de los años 70 se descubre las sustituciones preventivas. Es el Mantenimiento Preventivo.

Tercera generación

Surge a principios de los años 80. Se empiezan a realizar estudios CAUSA-EFECTO para averiguar el origen de los problemas. Es el Mantenimiento Predictivo ó detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe a Producción en las tareas de detección de fallos.

Cuarta generación

Aparece en los primeros años 90. El Mantenimiento se contempla como una parte del concepto de Calidad Total: "Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos. Es el Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR): Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste.

Se requiere un cambio de mentalidad en las personas y se utilizan herramientas como:

- Ingeniería del Riesgo (Determinar consecuencias de fallos que son aceptables o no).
- Análisis de Fiabilidad (Identificar tareas preventivas factibles y rentables).
- Mejora de la Mantenibilidad (Reducir tiempos y costes de mantenimiento).

Figura 1. Evolución del mantenimiento

	Primera Generación	Segunda Generación	Tercera Generación	Cuarta Generación
	Reparar Averías	Relación entre probabilidad de fallo y Edad	Mantenimiento Preventivo condicional	Proceso de mantenimiento
	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento preventivo Programado	Análisis causa efecto	Calidad total
		Sistemas de planificación	Participación de producción	Mantenimiento fuente de beneficios
				Compromiso de todos los departamentos
				Mantenimiento basado en el riesgo (RBM)
	Hasta 1945	1945 - 1980	1980 + 1990	1990 +

1.1.2 Definición de mantenimiento

Mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias que deben realizarse a un equipo ó sistema para corregir ó prevenir fallas de tal manera que éste se mantenga en funcionamiento bajo las condiciones para lo cual fue diseñado.

Por lo anterior, se deducen distintas actividades:

- Prevenir y/ó corregir fallos.

- Cuantificar y/ó evaluar el estado de las instalaciones y aspecto económico (costes).

El mantenimiento tiene como misión:

- La vigilancia permanente y/ó periódica.
- Las acciones preventivas.
- Las acciones correctivas (reparaciones).
- La reposición de maquinaria

Los objetivos implícitos del mantenimiento son:

- Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso.
- Reducir los costes al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
- Mejorar la fiabilidad de máquinas e instalaciones.
- Asistencia al departamento de ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.

1.1.3 Mantenimiento correctivo

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. En este caso la reparación posterior a la falla obliga a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene las siguientes ventajas:

- No genera gastos fijos
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico

- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos

El mantenimiento correctivo tiene importantes inconvenientes:

- La producción se vuelve impredecible y poco fiable.
- Las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento.
- Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes
- La vida útil de los equipos se acorta
- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Por ello, la avería puede repetirse una y otra vez.
- Hay tareas que siempre son rentables en cualquier tipo de equipo. Dificilmente puede justificarse su no realización en base a criterios económicos: los engrases, las limpiezas, las inspecciones visuales y los ajustes. Determinados equipos necesitan además de continuos ajustes, vigilancia, engrase, incluso para funcionar durante cortos periodos de tiempo
- Los seguros de maquinaria o de gran avería suelen excluir los riesgos derivados de la no realización del mantenimiento programado indicado por el fabricante del equipo
- Las averías y los comportamientos anormales no sólo ponen en riesgo la producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente
- Basar el mantenimiento en la corrección de fallos supone contar con técnicos muy cualificados, con un stock de repuestos importante, con medios técnicos muy variados, etc.

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado

supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar.

Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

En segundo lugar, afecta a un indicador llamado 'Fiabilidad'. Este indicador, no incluye las paradas planificadas (en general, las que se pueden programar con más de 48 horas de antelación).

1.1.4 Mantenimiento programado

Este tipo de mantenimiento se basa en la suposición de que las piezas se desgastan en la misma forma y en el mismo período de tiempo, aún cuando se esté trabajando en condiciones diferentes.

En este tipo de mantenimiento se lleva a cabo un estudio detallado de los equipos de la fábrica y a través de él se determina, con ayuda de datos estadísticos e información del fabricante, las partes que se deben cambiar y la periodicidad, de tal manera que con dicha información se elabore un programa que satisfaga las necesidades del equipo.

Aunque este sistema es superior al mantenimiento correctivo, presenta algunas fallas como que sea necesario retirar o desarmar partes que están trabajando en

forma perfecta para poder prestar el servicio que ordena el programa a una determinada parte del equipo.

1.1.5 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en la ejecución de actividades que prevean y anticipen a los fallos de las maquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes.

Este sistema se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarle servicio en forma racional, para garantizar su buen funcionamiento.

La esencia del mantenimiento preventivo son las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva o de cambio.

Los beneficios del mantenimiento preventivo son:

- Reducción de fallas y tiempos muertos (incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones).
- Incrementa la vida de los equipos e instalaciones.
- Mejora la utilización de los recursos. Cuando los trabajos se realizan con calidad y el programa se cumple fielmente. El mantenimiento preventivo incrementa la utilización de maquinaria, equipo e instalaciones, esto tiene una relación directa con el programa de mantenimiento preventivo que se hace. Lo que se puede hacer, y como debe hacerse.
- Reduce los niveles del inventario. Al tener un mantenimiento planeado puede reducir los niveles de existencias del almacén.

- Ahorro económico. Un peso ahorrado en mantenimiento son muchos pesos de utilidad para la compañía. Cuando los equipos trabajan más eficientemente el valor del ahorro es muy significativo.

Los inconvenientes del mantenimiento preventivo son:

- No se aprovecha la vida útil completa del equipo.
- Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.
- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

1.1.6 Mantenimiento detectivo

El mantenimiento detectivo consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios.

En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que falló (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla está en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo).

A este mantenimiento también se le llama de búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo cada el cual se realiza esta tarea se le llama intervalo de búsqueda de fallas, o FFI, por sus siglas en inglés (Failure Finding Interval).

Ejemplos de este tipo de mantenimiento son arrojar humo a un detector contra incendios para verificar su funcionalidad y las pruebas de inyección de corriente que se realizan a los relés de protecciones eléctricas.

1.1.7 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar.

La información más importante que arroja este tipo de seguimiento de los equipos es la tendencia de los valores, ya que es la que permitirá calcular o prever, con cierto margen de error, cuando un equipo fallará; por ese el motivo se denominan técnicas predictivas.

Este tipo de mantenimiento tiene la gran ventaja de que en la mayoría de las ocasiones no es necesario realizar grandes desmontajes, y en muchos casos ni siquiera parar el equipo a inspeccionar. Si tras la inspección se aprecia algo irregular se propone o se programa una intervención. Además de prever el fallo catastrófico de una pieza, y por tanto, pudiendo anticiparse a éste, las técnicas de mantenimiento predictivo ofrecen la ventaja adicional de que la compra de repuestos se realiza cuando se necesita, eliminando capital inmovilizado en repuestos (stock).

Es muy importante resaltar que el mantenimiento predictivo ha tenido un notable desarrollo y aceptación ya que ha permitido reconocer e identificar un error cometido tradicionalmente por los ingenieros de mantenimiento para estimar la realización de tareas de mantenimiento de carácter preventivo basado en la curva de la bañera, detallada en la Figura 2, que representa la probabilidad de fallo frente al tiempo de uso de la máquina, y que se suponían ciertas y lógicas. Las técnicas predictivas han mostrado que esta curva, no corresponde con la mayoría de los elementos que componen un equipo.

En la curva de la bañera se reconocen tres zonas:

- Zona inicial, de baja fiabilidad, por averías infantiles
- Zona de fiabilidad estable, o zona de madurez del equipo
- Zona final, nuevamente de baja fiabilidad, o zona de envejecimiento.

Como se daba por cierta esta curva para cualquier equipo, se suponía que transcurrido un tiempo (la vida útil del equipo), éste alcanzaría su etapa de envejecimiento, en el que la fiabilidad disminuiría mucho, y por tanto, la probabilidad de fallo aumentaría en igual proporción. De esta manera, para alargar la vida útil del equipo y mantener controlada su probabilidad de fallo era conveniente realizar una serie de tareas en la zona de envejecimiento, algo parecido a un 'lifting', para que la fiabilidad aumentara.

La estadística ha demostrado que, tras estudiar el comportamiento de los equipos en una planta industrial, el ciclo de vida de la mayoría de los equipos no se corresponde únicamente con la curva de bañera, sino que se diferencian 6 tipos de curvas de probabilidad de fallo en razón del tiempo de funcionamiento que se indican en la Figura 3.

Figura 2. Curva de la bañera

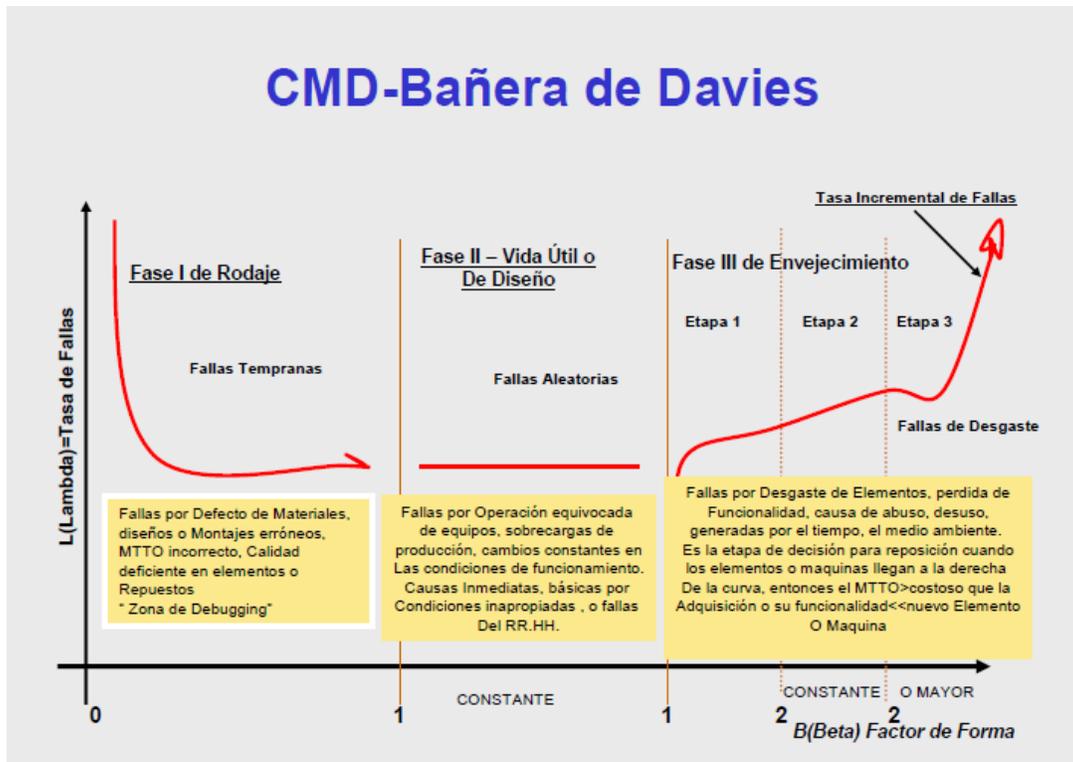
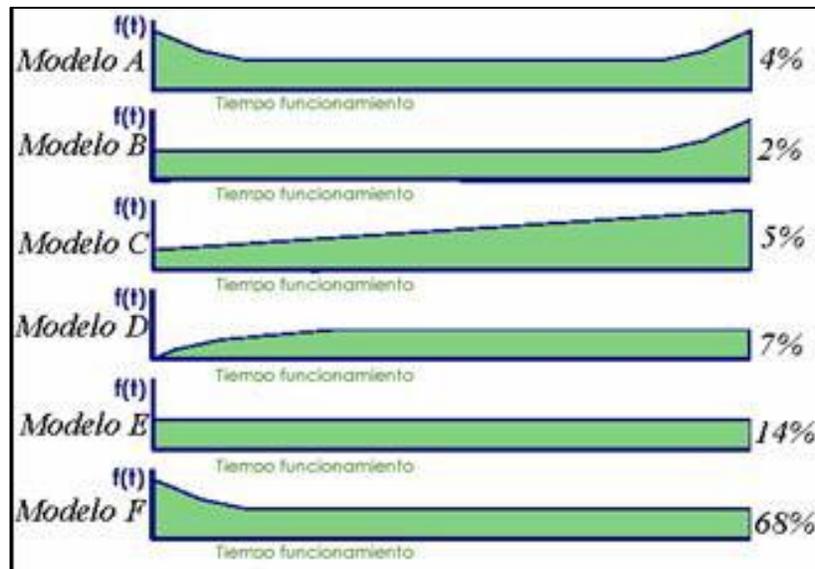


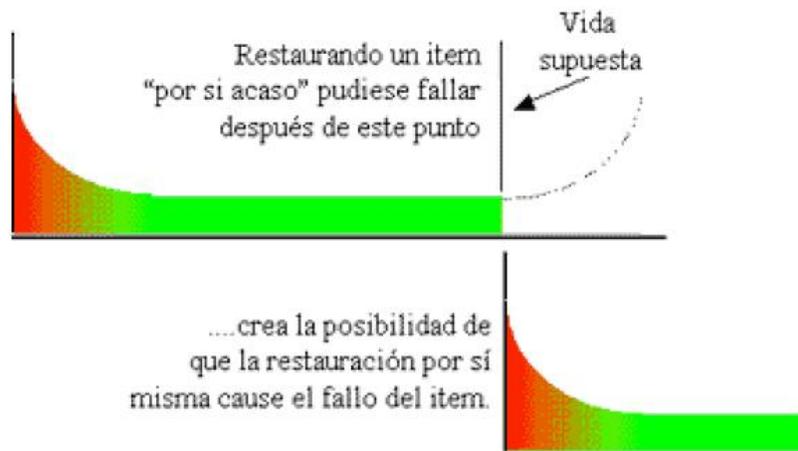
Figura 3. Diversidad de curvas de probabilidad de fallo vs tiempo.



Las técnicas de mantenimiento predictivo muestran curiosamente que:

- La mayor parte de los elementos que constituyen los equipos no se comportan siguiendo la curva A o curva de la bañera.
- Los equipos complejos se comportan siguiendo el modelo E, en el que la probabilidad de fallo es constante a lo largo de su vida, y el modelo F, en el que tras una etapa inicial con una mayor probabilidad de fallo infantil, la probabilidad de fallo se estabiliza y permanece constante. Eso hace que no sea identificable un momento en el que realizar una revisión sistemática del equipo, con la sustitución de determinadas piezas, ante la imposibilidad de determinar cual es el momento ideal, pues la probabilidad de fallo permanece constante. Incluso un revisión sistemática de un equipo, puede ser contraproducente si sigue la curva de probabilidad del modelo F, pues se podría estar introduciendo mayor probabilidad de fallo infantil al sustituir determinadas piezas, como se indica en la Figura 4.

Figura 4. Curva de probabilidad de fallo luego de una revisión



El mantenimiento predictivo tiene grandes ventajas y son listadas a continuación:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

Un Programa de Mantenimiento predictivo aplicado de manera sistemática puede efectivamente brindar beneficios que impactan la confiabilidad, seguridad y productividad de un complejo industrial en un corto plazo:

- Disminución de 50% en costos de mantenimiento.
- Reducción de 55% de las fallas inesperadas.
- Reducción de 50% en el mantenimiento de emergencia.
- Incrementar en un 30% el Tiempo Promedio Entre Fallas.
- Incrementar en 30% la continuidad operacional.
- Disminuir en un 30% el inventario de repuestos.
- Disminuir a solo 30% las actividades de mantenimiento preventivo rutinario

Los inconvenientes del mantenimiento predictivo son:

- El costo inicial de implementar este sistema es alto
- El costo de equipos e instrumentos de diagnóstico es inicialmente alto
- Requiere de personal especializado para operación de equipo e instrumentos
- Requiere capacitación constante en las técnicas de interpretación y diagnóstico

A continuación se describirán brevemente las técnicas predictivas más usuales en la industria.

1.1.7.1 Inspección visual

Abarca desde la simple inspección visual directa de la máquina hasta la utilización de complicados sistemas de observación como pueden ser microscopios, endoscopios y lámparas estroboscópicas.

Se pueden detectar fallos que se manifiestan físicamente mediante grietas, fisuras, desgaste, soldadura de elementos de fijación, cambios de color, etc. Se aplica a zonas que se pueden observar directamente y, cada vez más, se diseñan las máquinas para poder observar partes inaccesibles sin necesidad de desmontar (como las turbinas de gas, por ejemplo, mediante el uso de endoscopios).

Las siguientes son las discontinuidades que pueden ser detectadas por inspección visual:

- **Corrosión**
- **Desgaste**
- **Daños físicos.**

- **Discontinuidades superficiales.**
- **Grietas**
- **Desalineación**

1.1.7.2 Análisis de vibraciones

Todas las máquinas en uso presentan un cierto nivel de vibraciones como consecuencia de holguras, pequeños desequilibrios, rozamientos, etc. El nivel vibratorio se incrementa si, además, existe algún defecto como desalineación, desequilibrio mecánico, holguras inadecuadas, cojinetes defectuosos.

Por tal motivo el nivel vibratorio puede ser usado como parámetro de control funcional para el mantenimiento predictivo de máquinas, estableciendo un nivel de alerta y otro inadmisibles a partir del cual la fatiga generada por los esfuerzos alternantes provoca el fallo inminente de los órganos afectados.

Se usa la medida del nivel vibratorio como indicador de la severidad del fallo y el análisis espectral para el diagnóstico del tipo de fallo.

1.1.7.3 Análisis por ultrasonido

Los ultrasonidos son ondas a frecuencia más alta que el umbral superior de audibilidad humana, en torno a los 20 kHz. Es el método más común para detectar grietas y otras discontinuidades (fisuras por fatiga, corrosión o defectos de fabricación del material) en materiales gruesos, donde la inspección por rayos X se muestra insuficiente al ser absorbidos, en parte, por el material.

El ultrasonido se genera y detecta mediante fenómenos de piezoelectricidad y magnetostricción. Son ondas elásticas de la misma naturaleza que el sonido con

frecuencias que alcanzan los 10^9 Hz. Su propagación en los materiales sigue casi las leyes de la óptica geométrica.

Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión de la señal y la recepción de su eco se puede determinar la distancia del defecto, ya que la velocidad de propagación del ultrasonido en el material es conocida.

Tiene la ventaja adicional de que además de indicar la existencia de grietas en el material, permite estimar su tamaño lo que facilita llevar un seguimiento del estado y evolución del defecto.

También se está utilizando esta técnica para identificar fugas localizadas en procesos tales como sistemas de vapor, aire o gas por detección de los componentes ultrasónicos presentes en el flujo altamente turbulentos que se generan en fugas (válvulas de corte, válvulas de seguridad, purgadores de vapor, etc.). También se utiliza en la detección de arcos eléctricos en celdas, tableros y subestaciones.

1.1.7.4 Análisis de lubricación

El aceite lubricante juega un papel determinante en el buen funcionamiento de cualquier máquina. Al disminuir o desaparecer la lubricación se produce una disminución de la película de lubricante interpuesto entre los elementos mecánicos dotados de movimiento relativo entre sí, lo que provoca un desgaste, aumento de las fuerzas de rozamiento, aumento de temperatura, provocando dilataciones e incluso fusión de materiales y bloqueos de piezas móviles. Por tanto el propio nivel de lubricante puede ser un parámetro de control funcional. Pero incluso manteniendo un nivel correcto el aceite en servicio está sujeto a una degradación de sus propiedades lubricantes y a contaminación, tanto externa (polvo, agua, etc.) como interna (partículas de desgaste, formación de lodos, gomas y lacas). El control de estado mediante análisis físico-químicos de muestras de aceite en servicio y el análisis de partículas de desgaste contenidas en el aceite (ferrografía) pueden alertar de fallos incipientes en los órganos lubricados.

1.1.7.5 Medición de Presión

Dependiendo del tipo de máquina puede ser interesante para confirmar o descartar ciertos defectos, utilizada conjuntamente con otras técnicas predictivas.

Se suele utilizar la presión del proceso para aportar información útil ante defectos como la cavitación, condensación de vapores o existencia de golpes de ariete. En otros casos es la presión de lubricación para detectar deficiencias funcionales en los cojinetes o problemas en los cierres por una presión insuficiente o poco estable.

1.1.7.6 Medición de temperatura

El control de la temperatura del proceso no suele utilizarse desde el punto de vista predictivo. Sin embargo se utiliza muy eficazmente el control de la temperatura en diferentes elementos de máquinas cuya variación siempre está asociado a un comportamiento anómalo.

Así se utiliza la temperatura del lubricante, de la cual depende su viscosidad y, por tanto, su poder lubricante. Un aumento excesivo de temperatura hace descender la viscosidad de modo que puede llegar a romperse la película de lubricante. En ese caso se produce un contacto directo entre las superficies en movimiento con el consiguiente aumento del rozamiento y del calor generado por fricción, pudiendo provocar dilataciones y fusiones muy importantes.

En los rodamientos y cojinetes de deslizamiento se produce un aumento importante de temperatura de las pistas cuando aparece algún deterioro. Asimismo se eleva la temperatura cuando existe exceso o falta de lubricante. También aumenta la temperatura ante la presencia de sobrecargas. Por todo ello se utiliza frecuentemente la medida de temperatura en rodamientos y cojinetes, junto con otras técnicas, para la detección temprana de defectos y su diagnóstico.

La temperatura en bobinados de grandes motores se mide para predecir la presencia de fallos como sobrecargas, defectos de aislamiento y problemas en el sistema de refrigeración.

Por último también puede aportar información valiosa la temperatura del sistema de refrigeración. En efecto, cualquier máquina está dotada de un sistema de refrigeración más o menos complejo para evacuar el calor generado durante su funcionamiento. La elevación excesiva de la temperatura del refrigerante denota la presencia de una anomalía en la máquina (roces, holguras inadecuadas, mala combustión, etc.) o en el propio sistema de refrigeración.

1.1.7.7 Termografía

La termografía es una técnica que utiliza la fotografía de rayos infrarrojos para detectar zonas calientes en dispositivos electromecánicos. Mediante la termografía se crean imágenes térmicas cartográficas que pueden ayudar a localizar fuentes de calor anómalas.

Así se usa para el control de líneas eléctricas (detección de puntos calientes por efecto Joule), de tableros eléctricos, motores, máquinas y equipos de proceso en los que se detectan zonas calientes anómalas bien por defectos del propio material o por defecto de aislamiento o fugas de calor.

Para ello es preciso hacer un seguimiento que nos permita comparar periódicamente la imagen térmica actual con la normal de referencia.

1.1.7.8 Análisis de circuito de motores (MCA)

A partir de mediados de los años 80 se empezaron a desarrollar pruebas de bajo voltaje (no destructivas) para evaluar la condición eléctrica de los motores. Aproximadamente el 50 % de fallas en los motores eléctricos son de tipo eléctrico y el 50% restantes son de tipo mecánico. Entre las fallas eléctricas, se pueden dividir en 5 grandes zonas de falla, las cuales son:

- Circuito de alimentación
- Embobinado del estator
- Rotor del motor (fallas de barras)
- Entrehierro
- Aislamiento

Uno de los métodos más utilizados en la actualidad para la detección de fallas eléctricas en motores es el análisis de circuito eléctrico ó MCA motor circuit analysis por sus siglas en inglés.

El método del MCA consiste en analizar 15 variables eléctricas del motor, entre ellas la impedancia entre fases, ángulo de fase, desbalance de fases, relación corriente frecuencia, inductancia mutua entre el rotor y el estator, resistencia del aislamiento, etc. El motor es analizado en este caso como si fuera, que de hecho lo es, un circuito eléctrico.

Fallas a ser detectadas con el MCA y que están englobadas dentro de las 5 zonas de falla ya mencionadas.

- Circuito de alimentación
 - ✓ Contactos flojos
 - ✓ Falla en los cables
- Estator
 - ✓ Corto en la espira
 - ✓ Corto entre vueltas
 - ✓ Corto entre fases
 - ✓ Desbalance de fases
- Rotor

- ✓ Barras rotas o en mal estado
- ✓ Porosidades
- Entrehierro
 - ✓ Falta de concentricidad entre el rotor y el estator
- Aislamiento
 - ✓ Falla de aislamiento

En lo que corresponde a las fallas mecánicas, la falla más común es la falla de rodamientos. Existen ciertos mecanismos de fallas como el desbalanceo y el desalineamiento, que son en la mayoría de los casos precursores de una falla mecánica como rodamientos, sellos, flexión del eje, etc. La vibración en este caso, es la herramienta principal para detectar este tipo de fallas.

1.1.7.9 Análisis de la firma eléctrica (ESA)

El Análisis de Firma Eléctrica (ESA) es un método de prueba en línea en donde se capturan las formas de onda de voltaje y corriente mientras que el sistema motriz está funcionando y a través de una transformación rápida de Fourier (FFT), se realiza un análisis espectral mediante el software suministrado. A partir de esta FFT, las fallas relacionadas con la alimentación de entrada, el circuito de control, el propio motor, y la carga accionada, se detectan y pueden crear tendencias para propósitos de Mantenimiento Basado en Condición (CBM) / Mantenimiento Predictivo. Nuestro instrumento de ESA es portátil y opera con baterías.

Todos los sistemas de análisis de ESA requieren información de placa de datos del motor acerca del voltaje, velocidad, corriente de carga completa y HP (o kW). Además, información opcional, como barras del rotor y número de ranuras del estator, número de rodamientos e información para los componentes de carga, tal

como el número de hojas de un ventilador o número de dientes en una caja de engranes se pueden introducir para un análisis más detallado y preciso.

Las pruebas energizadas nos proporcionarán información valiosa para motores de inducción en CA y motores de CD, generadores, motores con rotor bobinado, motores síncronos, herramientas del motor, etc.

1.1.7.10 Mantenimiento predictivo para equipo estático

Tintas penetrantes

Se trata de una inspección no destructiva que se usa para encontrar fisuras superficiales o fallos internos del material que presentan alguna apertura en la superficie.

La prueba consiste en la aplicación de una tintura especial sobre la superficie que previamente se ha limpiado concienzudamente. Se deja transcurrir un cierto tiempo para que penetre bien en todos los posibles defectos. A continuación se elimina la tintura mediante limpieza superficial. Finalmente se trata de nuevo la superficie con un líquido muy absorbente que extrae toda la tintura que quedó atrapada en poros o grietas superficiales, revelando la presencia y forma de tales defectos.

Existen asimismo tinturas fluorescentes que se revelan con el uso de una luz ultravioleta (álabes de turbinas).

Partículas magnéticas

Se trata de otro ensayo no destructivo que permite igualmente descubrir fisuras superficiales así como no superficiales.

Se basa en la magnetización de un material ferromagnético al ser sometido a un campo magnético. Para ello se empieza limpiando bien la superficie a examinar,

se somete a un campo magnético uniforme y, finalmente, se esparcen partículas magnéticas de pequeña dimensión. Por efecto del campo magnético estas partículas se orientan siguiendo las líneas de flujo magnético existentes. Los defectos se ponen de manifiesto por las discontinuidades que crean en la distribución de las partículas.

Ultrasonido industrial

Esta técnica ha sido descrita en el numeral 1.1.7.3.

Radiografía industrial

Técnica usada para la detección de defectos internos del material como grietas, burbujas o impurezas interiores. Especialmente indicadas en el control de calidad de uniones soldadas.

Como es bien conocido consiste en intercalar el elemento a radiografiar entre una fuente radioactiva y una pantalla fotosensible a dicha radiación.

1.1.8 Mantenimiento proactivo

En esta estrategia de mantenimiento se identifica y corrigen las causas raíz de las fallas de la máquina. Se pretende maximizar su vida útil operativa.

El aumento de la vida operativa de la máquina a través de una estrategia de mantenimiento proactivo indudablemente disminuye los costos de mantenimiento y aumenta la productividad de la Planta. Sin embargo, en la práctica en muchas empresas no se ha logrado los resultados esperados por falta de personal capacitado en el tema. A continuación se ilustrará las ideas precedentes analizando los factores a considerar cuando se quiere aumentar la vida de los rodamientos.

1.1.9 Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo es una de las etapas de la preparación de las condiciones de implantación del TPM por parte del comité de implantación. Posteriormente en la etapa de implantación, en la formación del personal en la metodología del TPM es una actividad importante. Esto nos indica que se fija en el principio y se corrige más tarde.

Estas actividades comprenden: Metodología de las Cinco S, y el Mantenimiento Autónomo, Promoción y soporte total de los siete pasos del mantenimiento autónomo y Establecimiento de diagnóstico de habilidades (Capacitación y adiestramiento en Multi-habilidades) y Procedimientos de trabajo.

1.1.10 Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Tuvo su origen en la Industria Aeronáutica. De éstos procesos, el RCM es el más efectivo.

La idea central del RCM es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos. Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función. También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y, sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas.

El Mantenimiento RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- Manteniendo mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

El objetivo principal de RCM está en reducir el costo del mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias.

Las ventajas del mantenimiento centrado en confiabilidad son:

- Si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en las empresas, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%.
- Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.

Los principales elementos del análisis RCM se resumen en doce pasos como sigue:

- Estudios y preparación.
- Definición y selección de sistemas.

- Análisis funcional de la falla.
- Selección de ítems críticos.
- Tratamiento de los ítems no críticos.
- Colección y análisis de los datos.
- Análisis de los modos de fallo y sus efectos.
- Selección de las tareas de mantenimiento.
- Determinación de los intervalos de mantenimiento.
- Análisis y comparación de las estrategias de mantenimiento.
- Implantación de recomendaciones.
- Seguimiento de resultados.

1.1.11 Mantenimiento productivo total (TPM)

El TPM, hoy llamado Total Productive Management, es cada vez más popular en el mundo y, especialmente, en los países de América Latina.

El TPM es un método de gestión empresarial que identifica y elimina las pérdidas de los procesos, maximiza la utilización de los activos y garantiza la creación de productos y servicios de alta calidad y a costos competitivos.

Para ello reeduca a las personas para orientarlas hacia la prevención y la mejora continua, aumentando así la capacidad de los procesos sin inversiones adicionales.

Actúa también en la cadena de valor, reduciendo el tiempo de respuesta y satisfaciendo a los clientes con lo cual fortalece a la empresa en el mercado.

Los efectos del TPM se miden en la mejora de los resultados del sistema productivo, es decir, en términos de P (productividad), Q (calidad), C (costos), D (delivery interno y externo), S (seguridad, higiene y medio ambiente) y M (moral y satisfacción en el puesto de trabajo).

Con el TPM se busca mejorar no sólo los factores relacionados con los resultados en términos de producto (P, Q, C, D) sino también los relacionados con el aspecto humano (S y M).

En resumen, la forma más simple de entender el TPM es como un método de gestión altamente integrador de los recursos existentes que direcciona los procesos organizacionales de manera tal que se alcancen los objetivos del negocio y para ello identifica y elimina sistemáticamente las pérdidas es decir aquello que no agrega valor.

1.2 SALUD OCUPACIONAL RELACIONADA AL MANTENIMIENTO

1.2.1 Salud ocupacional

La salud ocupacional es el conjunto de actividades multidisciplinarias que tienen como objetivo promover, recuperar y rehabilitar la salud de la población trabajadora para protegerla de los riesgos de su ocupación y ubicarla en un ambiente de trabajo de acuerdo a sus condiciones fisiológicas y psicológicas.

A continuación se describirán brevemente las áreas que abarca la salud ocupacional

1.2.2 Áreas de la salud ocupacional.

Tres áreas componen la salud ocupacional así:

- Seguridad Industrial
- Higiene industrial
- Medicina preventiva

1.2.2.1 Seguridad industrial

Conjunto de normas técnicas encaminadas a identificar, evaluar y controlar aquellos factores de riesgo ambientales presentes en el medio de trabajo causantes de los accidentes de trabajo:

- Señalización y demarcación de áreas
- Plan de Emergencias
- Investigación de accidentes

1.2.2.2 Higiene industrial

Rama de la ingeniería sanitaria dedicada a identificar, evaluar y controlar aquellos factores de riesgo ambientales presentes en el medio de trabajo causantes de las enfermedades profesionales:

- Inspecciones de seguridad
- Orden y Limpieza
- Elementos de Protección Personal
- Mantenimiento de equipos y maquinaria

1.2.2.3 Medicina preventiva

Conjunto de actividades médicas y paramédicas destinadas a promover y mejorar la salud del trabajador, evaluar su capacidad laboral y ubicarlo en un lugar de trabajo de acuerdo a sus condiciones psicobiológicas:

- Exámenes médicos de ingreso, retiro y periódicos.
- Registro de Ausentismo
- Implementación de Botiquín

1.2.3 Enfermedad profesional

El numeral 1 del artículo 200 del Código Sustantivo del Trabajo, define la enfermedad profesional como todo estado patológico que sobrevenga como consecuencia obligada de la clase de trabajo que desempeña el trabajador o del medio en que se ha visto obligado a trabajar

En la Figura 5 se muestra la clasificación de riesgo que generan enfermedades

Figura 5. Clasificación de los factores de riesgo



1.2.3.1 Factores de riesgos físicos

Son todos aquellos factores ambientales de naturaleza física que pueden provocar efectos adversos a la salud según sea la intensidad, exposición y concentración de los mismos.

1.2.3.2 Factor de riesgo químico

Toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas.

1.2.3.3 Factor de riesgo biológico

Todos aquellos seres vivos ya sean de origen animal o vegetal y todas aquellas sustancias derivadas de los mismos, presentes en el puesto de trabajo y que pueden ser susceptibles de provocar efectos negativos en la salud de los trabajadores. Efectos negativos se pueden concertar en procesos infecciosos, tóxicos o alérgicos.

1.2.3.4 Factor de riesgo ergonómico

Se refiere a todos los aspectos de la organización del trabajo, de la estación o puesto de trabajo y su diseño, que pueden alterar la relación del individuo con el objeto del trabajo produciendo problemas en la salud, en la secuencia de uso o la producción.

1.2.3.5 Factor de riesgo sicolaboral

Se refiere a aquellos aspectos intrínsecos y organizativos del trabajo y a las interrelaciones humanas que al interactuar con factores humanos endógenos (edad, patrimonio genético, antecedentes sicológicos) y exógenos (vida familiar, cultural...etc.), tienen la capacidad potencial de producir cambios sociológicos del comportamiento (agresividad, ansiedad, satisfacción) o trastornos físicos o psicosomáticos (fatiga, dolor de cabeza, hombros, cuello, espalda, propensión a la úlcera gástrica, la hipertensión, la cardiopatía, envejecimiento acelerado).

Los Peligros pueden ser:

Peligros Físicos.

Ruido, radiación ionizante, iluminación, vibración, etc.

Peligros Químicos

Sustancias tóxicas, polvo, partículas, etc.

Peligros Biológicos.

Virus, bacterias, etc.

Peligros Mecánicos.

Maquinaria, equipo, fajas transportadoras, etc.

Peligros Ergonómicos.

Espacios restringidos, manipulación repetitiva, ubicación, etc.

Peligros Psicosociales.

Organización del trabajo, intimidación, sistemas de turno de trabajo, etc.

1.2.4 Accidente de trabajo

Todo suceso repentino que sobrevenga por causa u ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación física o

emocional, invalidez o la muerte. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran los factores de riesgo que generan accidentes.

1.2.4.1 Factores de riesgo mecánico

Objetos, máquinas, equipos, herramientas que por sus condiciones de funcionamiento, diseño o por la forma, tamaño, ubicación y disposición del último tienen la capacidad potencial de entrar en contacto con las personas o materiales, provocando lesiones en los primeros o daños en los segundos.

Figura 6. Factores de riesgo que generan accidentes



Principales Riesgos

- Atrapamiento por o entre objetos
- Contacto con herramientas de cortes
- Proyección de herramientas de cortes
- Contacto con órganos móviles (Cintas, Volantes)

Principales fuentes:

a. Las partes de la maquinas no protegidas

- Puntas de ejes
- Transmisiones por correa
- Engranajes
- Proyección de partes giratorias
- Transmisiones por cadenas y piñón

b. Puntos de operación de la máquina sin protección

1.2.4.2 Factores de riesgo eléctricos

Se refiere a los sistemas eléctricos de las maquinas, los equipos que al entrar en contacto con las personas o las instalaciones y materiales pueden provocar lesiones a las personas y daños a la propiedad.

Principales Riesgos

- Contactos directos e indirectos en las máquinas.
- Contactos directos o indirectos al operar en interruptores
- Contactos directos por conductores en mal estado.
- Contactos con la masa de la instalación, accidentalmente en tensión.

1.2.4.3 Factores de riesgos locativos

Condiciones de las instalaciones o áreas de trabajo que bajo circunstancias no adecuadas pueden ocasionar accidentes de trabajo o pérdidas para la empresa.

Principales riesgos

- Caídas distinto nivel de personas

- Caídas del mismo nivel de personas
- Derrumbe de las estructuras
- Caída de material sobre personas y/o bienes
- Golpes o choques con elementos diversos
- Caídas de alturas

Principales fuentes:

- Obstrucción en las vías de circulación peatonal y vehicular
- Espacios de trabajos reducidos
- Distribución inadecuada de maquinas y equipos.
- Instalaciones locativas en mal estado (pisos, muros, techos, etc.)
- Plataformas y Andamios no protegidas e insegura
- Escaleras fijas y móviles en malas condiciones
- Diseños inadecuados de pasillos y superficies de transito
- Escaleras manuales y fijas inadecuadas
- Estado de las superficies de trabajo
- Medios de enlace entre zonas de distinto nivel inadecuados (rampas).

1.2.4.4 Factores de riesgos físico químico

Se refiere a los materiales combustibles que en determinadas condiciones, pueden entrar en combustión si se le aplica una fuente de ignición capaz de iniciar una reacción en cadena, que al entrar en contacto con las personas y/o materiales, pueden traer como consecuencias lesiones y daños respectivamente.

Focos térmicos

- Fumar o el uso de útiles de ignición
- Instalaciones que generan calor: Estufas, hornos, etc.
- Rayos solares
- Condiciones térmicas ambientales

- Operaciones de soldadura
- Vehículos o maquinas a motor de combustión.

Focos Mecánicos

- Herramientas que puedan producir chispas,
- Roces mecánicos
- Chispas zapato-suelo, etc.

Focos Eléctricos:

- Chispas debida a interruptores, motores, etc.
- Cortocircuitos
- Sobrecargas
- Electricidad estática
- Descargas eléctricas atmosféricas, etc.

Focos Químicos:

- Sustancias reactivas / incompatibles
- Reacciones exotérmicas
- Sustancias auto-oxidables, etc.

1.2.5 Panorama de riesgo

El panorama de riesgos es un instrumento que sirve de guía para la identificación, ubicación y cuantificación de los riesgos presentes en una empresa, para planear los programas de prevención y control a desarrollar mediante la priorización resultante de este ejercicio

1.2.5.1 Definiciones asociadas al panorama de riesgo

Riesgo

Probabilidad de ocurrencia de un evento de características negativas.

Probabilidad

Posibilidad de que los acontecimientos de la cadena se completen en el tiempo, originándose las consecuencias no queridas ni deseadas.

Efecto posible

La consecuencia más probable (lesiones a las personas, daño al equipo, al proceso o a la propiedad) que puede llegar a generar un riesgo existente en el lugar de trabajo.

Consecuencias

Alteración en el estado de salud de las personas y los daños materiales resultantes de la exposición al factor de riesgo.

Factor de riesgo

Es todo elemento cuya presencia o modificación, aumenta la probabilidad de producir una daño a quien está expuesto a él.

Fuente del riesgo

Condición/acción que genera el riesgo.

Sistema de control actual

Medidas implementadas con el fin de minimizar la ocurrencia de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

Exposición

Frecuencia con que las personas o la estructura entran en contacto con los factores de riesgo.

Personal expuesto

Número de personas relacionadas directamente con el riesgo.

Peligro

Fuente o situación con el potencial de daño en términos de lesión humana, enfermedad, daño a la propiedad, daño al entorno del lugar de trabajo o una combinación de estos. (OHSAS 18001:1999).

1.3 METODOLOGÍA DE BÚSQUEDA DE EVIDENCIAS (NTC-ISO 19011)

Hay grupos de mantenimiento que han entendido que hay grandes ahorros a obtener cuando pasamos de tener una Gestión de Mantenimiento Común a una de Clase Mundial. Clase Mundial no es una expresión de marketing, es la certeza de ser los mejores, después de haber realizado una comparación con las mejores empresas del mundo. Es la implementación de las comprobadas mejores prácticas. Es saber que a pesar de ser Clase Mundial se puede dejar de serlo si no tenemos un proceso de Mejora Continua.

La implementación del mantenimiento de clase mundial pasa por una evolución histórica del hombre de mantenimiento. El pasa de un enfoque de mantenimiento eficiente y reparativo a uno enfocado a eliminar lo que causa la falla. El primero se

inicia con la reacción por reparar después de la falla y termina en la planeación de reparar antes de la falla y el segundo se inicia en tener una confiabilidad intrínseca de no reparar sino eliminar la causa de falla y termina con la búsqueda de estándares de calidad de clase mundial que optimicen el uso de los activos en donde todos, incluyendo mantenimiento, son responsables de ser mas competitivos y rentables.

1.3.1 Calidad en mantenimiento

Para llegar a una definición de la calidad en mantenimiento partiremos de las siguientes definiciones:

Según la ISO 9000, la calidad se define como *“el grado en el que un conjunto de características inherentes cumplen con los requisitos: del cliente, legales, normativos y de la organización”*.

Hay otros conceptos asociados a la calidad como:

- La satisfacción total de los requerimientos del cliente.
- Hacer las cosas bien desde el principio
- Prevenir antes de corregir.
- Eliminar el desperdicio y las tareas que no agregan valor al producto.
- Un cambio de actitud, una forma de vida
- El resultado del trabajo en equipo.
- El cumplir lo prometido

De acuerdo a la real academia, la calidad es *“un conjunto de cualidades que constituyen la manera de ser de una persona o cosa”*. Procede del latín *“qualitas”*

De acuerdo al Organismo Internacional de Normalización ISO, la calidad es “*el conjunto de propiedades o características de un producto o servicio que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades*”.

Se puede establecer que hablar de calidad en el mantenimiento es obtener la máxima disponibilidad al mínimo costo.

1.3.1.1 Máxima disponibilidad al mínimo costo

Cuando hablamos de Calidad o de Excelencia en mantenimiento, es conveniente definir con exactitud a que nos estamos refiriendo.

Por Calidad en Mantenimiento se entiende como la máxima disponibilidad al mínimo costo.

La Máxima Disponibilidad al Mínimo Costo significa, entre otras cosas:

- Que dispongamos de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario.
- Que la mano de obra esté suficientemente cualificada para acometer las tareas que sea necesario llevar a cabo
- Que el rendimiento de dicha mano de obra sea lo más alto posible
- Que dispongamos de los útiles y herramientas más adecuadas para los equipos que hay que atender
- Que los materiales que se empleen en mantenimiento cumplan los requisitos necesarios
- Que el dinero gastado en materiales y repuestos sea el más bajo posible

- Que se disponga de los métodos de trabajo más adecuados para acometer las tareas de mantenimiento
- Que las reparaciones que se efectúen sean fiables, es decir, no vuelvan a producirse en un largo periodo de tiempo
- Que las paradas que se produzcan en los equipos como consecuencia de averías o intervenciones programadas no afecten al Plan de Producción, y por tanto, no afecten a nuestros clientes (externos o internos).
- Que dispongamos de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que nos permita tomar decisiones.

Por lo anterior se necesita un mejoramiento continuo para llegar a grandes estándares. Es allí donde tomamos como herramienta de mejoramiento el uso de las auditorias.

1.3.1.2 Auditoria como herramienta de mejoramiento continuo

Según la ISO NTC 9000, Auditoria de Calidad es *“un proceso sistemático, independiente y documentado, para obtener evidencia y evaluarla objetivamente, con el fin de determinar en qué grado se cumplen los criterios de auditoría”*.

Otras definiciones según la ISO NTC 9000

- **Sistemático**
No aleatorio. La auditoría debe ser una actividad planificada y programada.
- **Independiente**
Los auditores no deben pertenecer al área auditada.
- **Documentado**
El proceso de auditoría debe tener un procedimiento escrito.

- **Evidencia**
Elementos verificables.

- **Evaluar objetivamente**
Comparar la evidencia con los criterios de la auditoría, utilizando hechos antes que percepciones subjetivas, opiniones y sentimientos.

- **Criterios de auditoría**
Los requisitos o patrones de referencia para determinar la conformidad.

- **Se cumplen**
Ocurren realmente.

1.3.1.3 ¿Por qué realizar una auditoría?

La respuesta es: Para determinar si el Sistema de Gestión cumple con:

- Los requisitos de la norma.
- Los requerimientos legales.
- Los objetivos de la organización.
- Determinar si el Sistema de gestión está implementado y mantenido.
- Comprobar si los procesos se realizan de acuerdo con un procedimiento establecido.
- Verificar la correcta implementación de un proceso nuevo o que ha sufrido cambio.
- Identificar áreas que estén trabajando bien, de manera que el esquema de trabajo se pueda recompensar y replicar con oportunidades de mejora.
- Mantener una acreditación o certificación.

1.3.1.4 Tipos de auditorias

Las auditorías internas, denominadas en algunos casos como auditorías de primera parte, se realizan por, o en nombre de, la propia organización, para la revisión por la dirección y con otros fines internos, y pueden constituir la base para una autodeclaración de conformidad de una organización. En muchos casos, particularmente en organizaciones pequeñas, la independencia puede demostrarse al estar libre el auditor de responsabilidades en la actividad que se audita.

Las auditorías externas incluyen lo que se denomina generalmente auditorías de segunda y tercera parte. Las auditorías de segunda parte se llevan a cabo por partes que tienen un interés en la organización, tal como los clientes, o por otras personas en su nombre. Las auditorías de tercera parte se llevan a cabo por organizaciones auditoras independientes y externas, tales como aquellas que proporcionan el registro o la certificación de conformidad de acuerdo con los requisitos de las Normas ISO 9001 o ISO 14001.

Cuando se auditan juntos un sistema de gestión de la calidad y un sistema de gestión ambiental, se denomina auditoría combinada.

Cuando dos o más organizaciones cooperan para auditar a un único auditado, se denomina auditoría conjunta.

1.3.1.5 Actores de la auditoria

Según la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 19011 los principales actores son:

- **Cliente**

Organización o persona que solicita una auditoría

- **Auditado**

Organización que es auditada.

- **Auditor**

Persona con la competencia para llevar a cabo una auditoría

- **Equipo auditor**

Uno o más auditores, que llevan a cabo una auditoría, con el apoyo, si es necesario, de expertos técnicos.

- **Experto técnico.**

Persona que aporta conocimientos o experiencia específicos al equipo auditor.

1.3.1.6 Principios de auditoría

La auditoría se caracteriza por depender de varios principios. Éstos hacen de la auditoría una herramienta eficaz y fiable en apoyo de las políticas y controles de gestión, proporcionando información sobre la cual una organización puede actuar para mejorar su desempeño. La adhesión a esos principios es un requisito previo para proporcionar conclusiones de la auditoría que sean pertinentes y suficientes, y para permitir a los auditores trabajar independientemente entre sí para alcanzar conclusiones similares en circunstancias similares.

Los principios siguientes se refieren a los auditores:

- **Conducta ética**

Es el fundamento del profesionalismo. Se debe trabajar con valores como integridad, confidencialidad y discreción.

- **Presentación ecuánime**

Es la obligación de informar con veracidad y exactitud.

- **Debido cuidado profesional**

Es la aplicación de diligencia y juicio al auditar

Los principios que siguen se refieren a la auditoría, la cual es por definición independiente y sistemática:

- **Independencia**

Es la base para la imparcialidad de la auditoría y la objetividad de las conclusiones de la auditoría.

- **Enfoque basado en la evidencia**

Es el método racional para alcanzar conclusiones de la auditoría fiables y reproducibles en un proceso de auditoría sistemático. La evidencia de la auditoría es verificable. Está basada en muestras de la información disponible, ya que una auditoría se lleva a cabo durante un período de tiempo delimitado y con recursos finitos. El uso apropiado del muestreo está estrechamente relacionado con la confianza que puede depositarse en las conclusiones de la auditoría.

1.3.1.7 Actividades de auditoría

La Figura 7 proporciona una visión general de las actividades de auditoría típicas. El grado de aplicación de las disposiciones de este capítulo depende del alcance y complejidad de cada auditoría específica y del uso previsto de las conclusiones de la auditoría.

1.3.1.8 Recopilación y verificación de la información

Durante la auditoría, debería recopilarse mediante un muestreo apropiado y verificarse, la información pertinente para los objetivos, el alcance y los criterios de la misma, incluyendo la información relacionada con las interrelaciones entre funciones, actividades y procesos. Sólo la información que es verificable puede constituir evidencia de la auditoría. La evidencia de la auditoría debería ser registrada.

Figura 7. Actividades de la auditoría



La evidencia de la auditoría se basa en muestras de la información disponible. Por tanto, hay un cierto grado de incertidumbre en la auditoría, y aquéllos que actúan sobre las conclusiones de la auditoría deberían ser conscientes de esta incertidumbre.

Los métodos para recopilar esta información incluyen:

- Entrevistas
- Observación de actividades
- Revisión de documentos

La Figura 8 proporciona una visión general del proceso, desde la recopilación de la información hasta las conclusiones de la auditoría.

Figura 8. Recopilación de la información



1.3.1.9 Generación de hallazgos de la auditoría

La evidencia de la auditoría debería ser evaluada frente a los criterios de auditoría para generar los hallazgos de la auditoría. Los hallazgos de la auditoría pueden indicar tanto conformidad como no conformidad con los criterios de auditoría. Cuando los objetivos de la auditoría así lo especifiquen, los hallazgos de la auditoría pueden identificar una oportunidad para la mejora.

El equipo auditor debería reunirse cuando sea necesario para revisar los hallazgos de la auditoría en etapas adecuadas durante la misma.

La conformidad con el criterio de auditoría debería resumirse para indicar las ubicaciones, las funciones o los procesos que fueron auditados. Si estuviera incluido en el plan de auditoría, se deberían registrar los hallazgos de la auditoría individuales de conformidad y sus evidencias de apoyo.

Las no conformidades y las evidencias de la auditoría que las apoyan deberían registrarse. Las no conformidades pueden clasificarse. Éstas deberían revisarse con el auditado, para obtener el reconocimiento de que la evidencia de la auditoría es exacta y que las no conformidades se han comprendido. Se debería realizar todo el esfuerzo posible para resolver cualquier opinión divergente relativa a las evidencias y/o los hallazgos de la auditoría, y deberían registrarse los puntos en los que no haya acuerdo.

1.3.1.10 Preparación de las conclusiones de la auditoría

El equipo auditor debería reunirse antes de la reunión de cierre para:

- Revisar los hallazgos de la auditoría y cualquier otra información apropiada recopilada durante la auditoría frente a los objetivos de la misma,

- Acordar las conclusiones de la auditoría, teniendo en cuenta la incertidumbre inherente al proceso de auditoría,
- Preparar recomendaciones, si estuviera especificado en los objetivos de la auditoría, y comentar el seguimiento de la auditoría, si estuviera incluido en el plan de la misma.

1.3.1.11 Realización de la reunión de cierre

La reunión de cierre, presidida por el líder del equipo auditor, debería realizarse para presentar los hallazgos y conclusiones de la auditoría de tal manera que sean comprendidos y reconocidos por el auditado, y para ponerse de acuerdo, si es necesario, en el intervalo de tiempo para que el auditado presente un plan de acciones correctivas y preventivas. Entre los participantes en la reunión de cierre debería incluirse al auditado y podría también incluirse al cliente de la auditoría y a otras partes. Si es necesario, el líder del equipo auditor debería prevenir al auditado de las situaciones encontradas durante la auditoría que pudieran disminuir la confianza en las conclusiones de la auditoría.

En muchos casos, por ejemplo, en auditorías internas en pequeñas organizaciones, la reunión de cierre puede consistir sólo en comunicar los hallazgos de la auditoría y las conclusiones de la misma. Para otras situaciones de auditoría, la reunión debería ser formal y las actas, incluyendo los registros de asistencia, deberían conservarse.

Cualquier opinión divergente relativa a los hallazgos de la auditoría y/o a las conclusiones entre el equipo auditor y el auditado deberían discutirse y, si es posible, resolverse. Si no se resolvieran, las dos opiniones deberían registrarse.

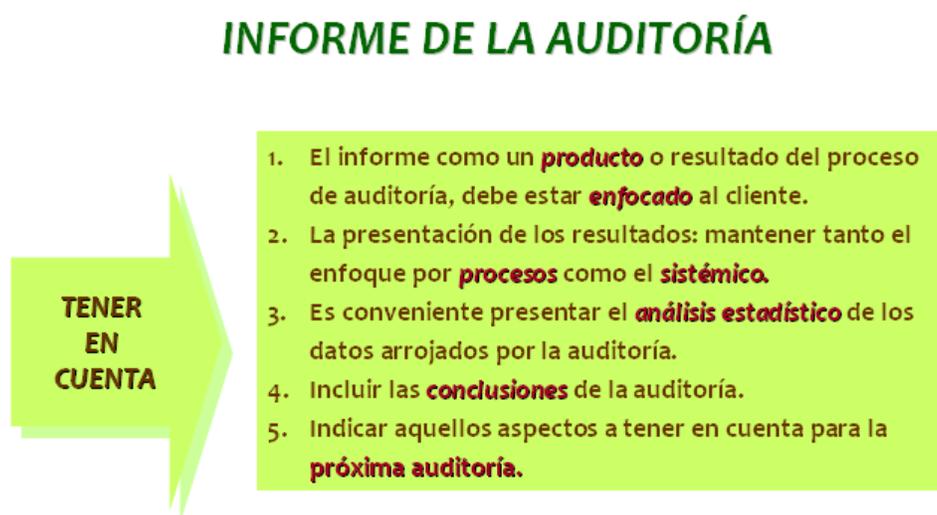
Si está especificado en los objetivos de la auditoría, se deberían presentar recomendaciones para la mejora. Se debería enfatizar que las recomendaciones no son obligatorias.

1.3.1.12 Preparación del informe de la auditoría

El líder del equipo auditor debería ser responsable de la preparación y del contenido del informe de la auditoría.

El informe de la auditoría debería proporcionar un registro completo de la auditoría, preciso, conciso y claro, y debería incluir, o hacer referencia a lo indicado en la Figura 9.

Figura 9. Informe de auditoría



1.3.1.13 Realización de las actividades de seguimiento de una auditoría

Las conclusiones de la auditoría pueden indicar la necesidad de acciones correctivas, preventivas, o de mejora, según sea aplicable. Tales acciones generalmente son decididas y emprendidas por el auditado en un intervalo de tiempo acordado y no se consideran parte de la auditoría. El auditado debería mantener informado al cliente de la auditoría sobre el estado de estas acciones.

Debería verificarse si se implementó la acción correctiva y su eficacia. Esta verificación puede ser parte de una auditoría posterior.

El programa de auditoría puede especificar el seguimiento por parte de los miembros del equipo auditor, que aporte valor al utilizar su pericia.

En estos casos, se debería tener cuidado para mantener la independencia en las actividades de auditoría posteriores. La Figura 10 ilustra las actividades de seguimiento de una auditoría.

Figura 10. Seguimiento de una auditoría



1.4 HERRAMIENTA DE DIAGNOSTICO DE PANORAMAS DE MANTENIMIENTO A PARTIR DE LA NORMA ISO NTC 19011

Con el objeto de contextualizar la labor de mantenimiento dentro de la empresa se debe describir la actividad que realiza la empresa y la importancia que tiene la función del mantenimiento dentro del funcionamiento de la misma.

El entrevistador debe contactarse con una persona dentro de la organización que conozca la situación actual del mantenimiento dentro de la misma y de esta forma determinar el nivel de cumplimiento de cada ítem dentro de los aspectos considerados en el cuestionario.

1.4.1 Objetivos para el diagnóstico del sistema de mantenimiento

Los objetivos del diagnóstico para la administración del mantenimiento dentro de la empresa son los siguientes:

Detectar la problemática que exista en el área de mantenimiento en relación con la administración, el personal, la planificación y programación de actividades y el control de las operaciones.

Determinación del tipo de estrategia o filosofía de mantenimiento que se aplica o se lleva a cabo y el nivel de eficiencia de la misma.

Determinar si la organización mediante la función del área de mantenimiento propende por un mejoramiento continuo en aras de incrementar los niveles de productividad y calidad de los equipos.

1.4.2 Valoración de los ítems de cada aspecto

De este contacto se obtiene información que indica el cumplimiento de los ítems analizados para cada aspecto considerado. Se asignará puntuación según el nivel de cumplimiento de los ítems como se indica en la Tabla 1

Tabla 1. Valoración de ítems

CRITERIO	PUNTUACION
No se cumple o no existe	1
Se cumple o existe de forma parcial pero no se tiene evidencia	2
Se cumple o existe de forma parcial y se tiene evidencia	3
Se cumple o existe de forma total y se tiene evidencia	4

1.4.3 Resultados de los cuestionarios de primer nivel

Tomando como base la puntuación asignada a cada ítem dentro de un aspecto considerado, se procede a realizar un diagrama donde se indique la calificación de cada uno. Posteriormente se realiza su respectivo análisis y se define el plan de acción a tomar para poder establecer la propuesta de mejoramiento. En el Gráfico 1 se muestra a manera de ejemplo los resultados obtenidos de la calificación de las matrices ó cuestionarios luego de haber evaluado los diferentes ítems de cada una.

1.4.4 Temas

A continuación se describen los temas objeto de análisis del panorama actual de mantenimiento de una empresa.

TEMA 1. Función básica y Planeación Estratégica de Mantenimiento

TEMA 2. Planeación y Programación de Mantenimiento

TEMA 3. Repuesto de los equipos – Manejo de Inventarios

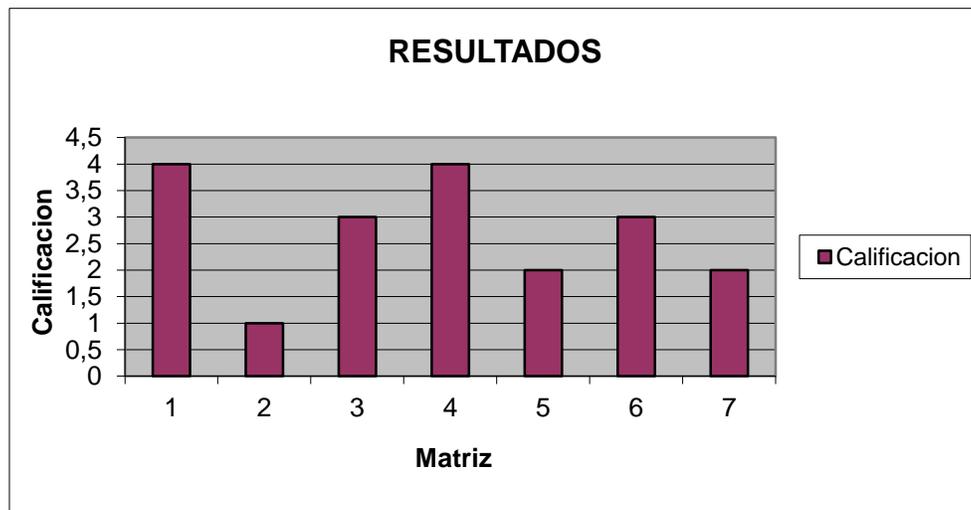
TEMA 4. Costos de Mantenimiento

TEMA 5. Tecnología de Mantenimiento; aplicabilidad y efectividad

TEMA 6. Personal de Mantenimiento y Producción

TEMA 7. Proceso de Gerenciamiento del Riesgo ene el Mantenimiento

Gráfico 1. Resultados de Cuestionarios



Matriz	Calificación	Cuestionarios
1	4	TEMA #1: Función básica y Planeación Estratégica de Mantenimiento
2	1	TEMA #2: Planeación y Programación de Mantenimiento
3	3	TEMA #3: Repuesto de los equipos – Manejo de Inventarios
4	4	TEMA #4: Costos de Mantenimiento
5	2	TEMA #5: Tecnología de Mantenimiento; aplicabilidad y efectividad
6	3	TEMA #6: Personal de Mantenimiento y Producción
7	2	TEMA #7: Proceso de Gerenciamiento del Riesgo en el Mantenimiento

Tabla 2. Función básica y planeación estratégica de mantenimiento

MATRIZ DE DIAGNOSTICO	
TEMA 1. FUNCIÓN BÁSICA Y PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DE MANTENIMIENTO.	
Para efectos de evaluación o diagnostico de la gestión de mantenimiento en la empresa se tomará la siguiente actividad: Aplicación de cuestionario para evaluar la implementación del proceso de gestión de gerenciamiento del mantenimiento.	
En escala de 1 al 10 considere el 1 el más bajo y el 10 el más alto:	
	Estructura Organizacional: ¿Existe la estructura? Todo el personal la conoce? Existe registro de la estructura?
	Objetivos Gerenciales: Son claros los objetivos gerenciales del mantenimiento? Son tenidos en cuenta los objetivos gerenciales dentro de la planeación estratégica? Existe registro de los objetivos gerenciales? Son revisados periódicamente?
	Recursos Administrados por Mantenimiento. Financieros, Humanos, Físicos (planta y equipo): Son claros cuales son los recursos que son administrados por mantenimiento en mano de obra, energía, máquinas y materiales? Existen registros?
	Resultados Estratégicos esperados de la Compañía hacia Mantenimiento: Se tienen en cuenta los resultados estratégicos esperados por la Compañía en la elaboración de la planeación estratégica de Mantenimiento?
	Objetivos y Funciones del departamento de Mantenimiento: Los objetivos y funciones están definidas? Existe registro por escrito de dichos objetivos y funciones? El personal es conocedor de los objetivos y funciones del departamento?
	Roles de las personas de Mantenimiento: Los roles del personal están claramente definidos? Cada persona conoce sus funciones? Existe registro de nombres de cargos y sus funciones? Son revisados las funciones del personal de acuerdo con las necesidades del cargo?
	Funcionamiento Organizacional del departamento de mantenimiento (trabajo en equipo): Existe claridad en las relaciones entre los diferentes cargos y su forma de interactuar? El personal conoce y aplica el modo establecido de funcionamiento del Mantenimiento? Hay registro por escrito de este punto?
	Número total de personal por cargos y especialidades: El Mantenimiento tiene claro sus requisitos de personal en conformidad con el cumplimiento de sus objetivos? Se revisan periódicamente el número de

	personas de acuerdo con la evolución natural del negocio e indicadores de eficiencia? Hay registro por escrito?
	Presupuesto de funcionamiento / inversiones: Existen estimados mensuales de los recursos a ser utilizados por Mantenimiento? Se tienen registros cronológicos de los gastos reales de recursos por parte de Mantenimiento? Se confrontan Gastos Reales vs Estimados? Se hace presupuestación base cero?
	Metas y Reportes de Gestión Establecidos: Existen indicadores para medir la Gestión del mantenimiento? Dichos indicadores están vinculados con los objetivos planteados? Se lleva registro cronológico de los indicadores? Se analizan periódicamente tendencias y cumplimiento de metas? Los análisis son tenidos en cuenta dentro de la planeación estratégica del mantenimiento?
	Indicadores Internacionales de referencia: Son conocidos los indicadores internacionales de referencia del Mantenimiento en el mismo tipo de industria? Existe registro de dichos indicadores? Son actualizados? Son comparados con los presentados localmente? Existe registro de la comparación?
	Plan estratégico de mantenimiento (1-3 años): Se elabora periódicamente un plan estratégico? Queda registro por escrito del Plan? Se revisa el cumplimiento del plan? Está establecido el potencial de mejoramiento mediante la matriz de pérdida?.
Total	
Calificación	INTERPRETACION DEL RESULTADO DE LA EVALUACION
<60	1 Ud. Tiene una gran oportunidad para mejorar. Solicite apoyo
60-89	2 Ud. Está descuidando una gran oportunidad
90-95	3 Lo mejor está por venir, continúe mejorando
96-120	4 Felicitaciones, pero no baje la guardia.

Tabla 3. Planeación y Programación de Mantenimiento.

<p>MATRIZ DE DIAGNOSTICO</p> <p>TEMA 2. Planeación y Programación de Mantenimiento.</p> <p>Para efectos de evaluación o diagnostico de la gestión de mantenimiento en la empresa se tomará la siguiente actividad: Aplicación de cuestionario para evaluar la implementación del proceso de gestión de gerenciamiento del mantenimiento.</p>

En escala de 1 al 10 considere el 1 el más bajo y el 10 el más alto:

	<p>Grupos de Mejoramiento: Mantenimiento cuenta con los espacios para incentivar la creación de grupos de mejoramiento? Existen actualmente grupos de mejoramiento? Existe constancia por escrito de la existencia de los grupos y sus integrantes?</p>
	<p>Reportes de Trabajo Existe la estructura para el trámite de reportes de trabajo? El personal sigue la estructura establecida? Se lleva registro histórico de los reportes de trabajo?</p>
	<p>Programación parada de equipos Están establecidos los procedimientos para la programación de paradas de equipos? El personal conoce adecuadamente los procedimientos? Están definidos los documentos involucrados en la programación de parada de equipos? Existe registro histórico de la parada de equipos?</p>
	<p>Mantenimiento periódico vs Mantenimiento correctivo (%) Se llevan estadísticas del porcentaje de mantenimiento periódico vs Mantenimiento correctivo? Se han extractado tendencias del comportamiento del negocio en este aspecto?</p>
	<p>Divulgación de resultados Se divulga periódicamente el comportamiento de los indicadores de gestión del negocio? La divulgación es tanto interna (para el personal de mantenimiento) como externa (para el negocio)?</p>
	<p>Indicadores de Gestión Existen indicadores de gestión para medir el desempeño del mantenimiento? Existe registro escrito de los indicadores y su definición?</p>
	<p>Ranking de equipos (A,B,C) Se ha elaborado previamente el ranking de equipos? Existe registro de dicho ranking?</p>
	<p>Mantenimiento basado en condiciones (confiabilidad) Se ha comenzado la implantación de mantenimiento basado en condiciones en algunos equipos?</p>
	<p>Mantenimiento basado en el tiempo (mantenimiento Preventivo) Está implementado el mantenimiento preventivo? Existe un plan periódico por escrito de mantenimiento preventivo?</p>
	<p>Porcentaje del mantenimiento actual: operativo, preventivo, correctivo, predictivo Hay estadísticas del porcentaje de aplicación de cada uno de los tipos de mantenimiento? Hay registro cronológico de las tendencias de dichos porcentajes?</p>

	Registro de información de los equipos Existe registro técnico de los equipos y sus partes y sistemas dentro del sistema de mantenimiento?
	Registro de la ejecución del mantenimiento Se lleva registro (actas) de los trabajos de mantenimiento realizados?
	Tipos de ordenes de trabajo Existe la clasificación de las órdenes de trabajo y la diferenciación en su trámite? Hay soporte del sistema de mantenimiento a dicha clasificación?
	Asignación de prioridades en los trabajos El sistema de mantenimiento cuenta con los mecanismos para priorizar el trabajo? Están definidos dichos mecanismos?
	Estimación de las horas de trabajo de mantenimiento Hay forma de establecer previamente el tiempo que debe ser asignado a cada trabajo? Existen registros de tiempos?
	Partes y repuestos necesarios para el trabajo El sistema de mantenimiento cuenta con registro de las referencias de partes y repuestos para realizar un trabajo determinado (prelistamiento)? El sistema es actualizado cuando es necesario (modificaciones técnicas, adquisición de equipos)?
	Planeación trabajos mayores (reparaciones) Existe un procedimiento definido para la planeación de trabajos mayores? Está consignado dicho procedimiento?
	Pedido de materiales Existe un sistema o conjunto de procedimientos para el pedido de materiales?
	Programación general de los trabajos Existen procedimientos para la programación general de trabajos? Están consignados los procedimientos?
	Ejecución de los trabajos (cumplimiento de programas) Se llevan estadísticas del cumplimiento de trabajos?
	Medidas de eficiencia del trabajo realizado vs programado Se llevan cronológicamente estadísticas de cumplimiento de trabajos?
	Registro de información de los trabajos importantes Se registran los trabajos importantes para usar la experiencia adquirida en futuros trabajos?
Total	
Calificación	INTERPRETACION DEL RESULTADO DE LA EVALUACION
<110	1 Ud. Tiene una gran oportunidad para mejorar. Solicite apoyo
110-163	2 Ud. Está descuidando una gran oportunidad
164-174	3 Lo mejor está por venir, continúe mejorando
175-220	4 Felicitaciones, pero no baje la guardia.

Tabla 4. Repuesto de los equipos. - Manejo e Inventarios

MATRIZ DE DIAGNOSTICO	
<p>TEMA 3. Repuesto de los equipos. - Manejo de Inventarios</p> <p>Para efectos de evaluación o diagnostico de la gestión de mantenimiento en la empresa se tomará la siguiente actividad: Aplicación de cuestionario para evaluar la implementación del proceso de gestión de gerenciamiento del mantenimiento.</p> <p>En escala de 1 al 10 considere el 1 el más bajo y el 10 el más alto:</p>	
	<p>Mantenimiento y control del inventario del almacén</p> <p>1. ¿El inventario se encuentra actualizado?; 2. ¿Se generan automáticamente listas de repuestos a pedir?; 3. ¿Se relaciona cada articulo utilizado, con una máquina y con un trabajo de mantenimiento?; 4. ¿Se han hecho acuerdos con proveedores para mantener ciertos artículos (justo a tiempo)?; 5. ¿Se realizan inventarios periódicamente?</p>
	<p>Sistema de control de Inventarios: puntos de reorden, máximos y mínimos, manejo de urgencias, control de pedidos y entregas, criterios de compra de repuestos</p> <p>1. Existe procedimiento para determinar mínimos y máximos?; 2. existe procedimiento para solicitar repuestos al almacén?; 3. existe procedimiento para entrega de repuestos? 4. Existen indicadores de gestión?</p>
	<p>Especificaciones técnicas para pedido de partes y repuestos</p> <p>1. Se manejan catálogos para solicitar repuestos?; 2. Existen ficha técnica de repuestos (plano, proveedor, etc). 3. Existe procedimiento para solicitar repuestos a compras?.</p>
	<p>Organización del almacén: Identificación (códigos), estanterías, Ubicación fácil de los repuestos.</p> <p>1. Se encuentran identificadas las estanterías?; 2. Existe procedimiento para organizar repuestos (ejemplo. Por máquina, comercial etc.). 3. Se encuentran identificados los repuestos. 4. La ubicación de los repuestos coincide con la ficha técnica (MP2 o Kardex)</p>
	<p>Precisión del Inventario (exceso o defecto)</p> <p>1. El inventario actual, esta de acuerdo con las cantidades mínimas y máximas de cada repuesto?</p>
	<p>Valor total del almacén</p> <p>1. Esta cuantificado el valor del inventario?;. 2. Esta cuantificado el valor de la rotación del inventario?.</p>

	Tiempo de rotación de repuestos 1. Están identificados los repuestos de mayor rotación?; 2.hay índice de gestión	
	Materiales y repuestos obsoletos 1. Existe procedimiento para disponer de elementos y materiales Obsoletos	
	Homologación de talleres, proveedores, ferreterías. 1. Existe procedimiento para homologar proveedores?; 2. Se realiza seguimientos a proveedores? (entrega, calidad)	
	Criterios aplicados en la compra de repuestos y servicios técnicos 1. Existen criterios claros al momento de comprar repuestos (Ej.: Por costos, calidad, tiempo de entrega)	
Total		
Calificación	INTERPRETACION DEL RESULTADO DE LA EVALUACION	
<50	1	Ud. Tiene una gran oportunidad para mejorar. Solicite apoyo
50-74	2	Ud. Está descuidando una gran oportunidad
75-79	3	Lo mejor está por venir, continúe mejorando
80-100	4	Felicitaciones, pero no baje la guardia.

Tabla 5. Costos de Mantenimiento.

MATRIZ DE DIAGNOSTICO	
TEMA 4. Costos de Mantenimiento.	
Para efectos de evaluación o diagnostico de la gestión de mantenimiento en la empresa se tomará la siguiente actividad: Aplicación de cuestionario para evaluar la implementación del proceso de gestión de gerenciamiento del mantenimiento.	
En escala de 1 al 10 considere el 1 el más bajo y el 10 el más alto:	
	Presupuestación y control del presupuesto Es conocido el presupuesto de mto asignado por el negocio? Se efectua presupuestación anual por parte del area? Se llevan controles sobre la ejecución del presupuesto ? Como se hace?
	Costo de mano de obra: Propia (%), contratistas (%), temporales (%) Cual es valor de la mano de obra?Se discrimina este valor entre Propios, Contratistas, Temporales? Se llevan registros de las horas extras y los motivos que las generan? Se generan informes sobre el costo de la mano de obra ya sea mensual, quincenal...?

	Porcentaje de la mano de obra de mantenimiento vs total de la compañía Cual es el valor total de la mano de obra en el negocio? Conoce la variación del valor de la mano de obra en el negocio?
	Costo total de mantenimiento: mano de obra, repuestos, inversiones Se llevan registros sobre el costo de los repuestos que se compran?, esta valorizado el almacen? Existen registros del valor de las mejoras realizadas? Existen informes que muestren la tendencia de del costo total de mantenimiento?
	Porcentaje tiempo extra de mantenimiento Como se aplica el criterio de H.E. (es decir como se autoriza, porque se dan H.E. Que analisis se efectua? Como se registra el valor de las horas extras?
	Costos por tipos de mantenimiento: preventivo, emergencias. Existen registros detallados de estos costos? Como son cuantificados los costos según el tipo de mantenimiento?
	Costo total por perdidas debidas a fallas del equipo. Se llevan registros valorizados de las perdidas cuando los equipos fallan (emergencias). Se ha cuantificado el costo total de las perdidas como producto vendible?
Total	
Calificación	INTERPRETACION DEL RESULTADO DE LA EVALUACION
<35	1 Ud. Tiene una gran oportunidad para mejorar. Solicite apoyo
35-52	2 Ud. Está descuidando una gran oportunidad
53-55	3 Lo mejor está por venir, continúe mejorando
56-70	4 Felicitaciones, pero no baje la guardia.

Tabla 6. Tecnología de Mantenimiento, aplicabilidad y efectividad

MATRIZ DE DIAGNOSTICO	
TEMA 5. Tecnología de Mantenimiento; aplicabilidad y efectividad	
Para efectos de evaluación o diagnostico de la gestión de mantenimiento en la empresa se tomará la siguiente actividad:	
Aplicación de cuestionario para evaluar la implementación del proceso de gestión de gerenciamiento del mantenimiento.	
En escala de 1 al 10 considere el 1 el más bajo y el 10 el más alto:	
	Equipos de inspección utilizados Se utilizan estas inspecciones? La inspección es propia o contratada? Se conocen los equipos utilizados?

	Herramientas y equipos para : -confiabilidad del equipo, - prevención de fallas, - monitoreo permanente Existen o se utilizan este tipo de equipos? Como se llevan los registros de esta información?
	Metrología utilizada en mantenimiento y control de mantenimiento de herramientas y equipos de medición. (calibradores, pie de rey, regla métrica). Que instrumentos utilizan? Cada cuanto se calibran estos instrumentos? Existen instrumentos para todos?
	Especificaciones de planos de piezas. Existen planos de las partes de maquina? Como se clasifica esta información? Existe un único registro o existen copias de seguridad de estos registros?
	Tecnologías aplicadas: Termografía, análisis de aceites, vibraciones, dieléctricos en motores, rayos X. Son utilizadas? Cuales se usan? Se llevan registros? Como se analiza la información de estos ensayos?
	Herramientas metodológicas para análisis de fallas: porqué, para que, análisis FMEA, análisis PM Las conoce? Cuales utiliza? Como se registra la información del analisis? Estas técnicas son conocidas para todo el personal? Cual es el nivel de experticia?
Total	
Calificación	INTERPRETACION DEL RESULTADO DE LA EVALUACION
<30	1 Ud. Tiene una gran oportunidad para mejorar. Solicite apoyo
30-44	2 Ud. Está descuidando una gran oportunidad
45-47	3 Lo mejor está por venir, continúe mejorando
48-60	4 Felicitaciones, pero no baje la guardia.

Tabla 7. Personal de Mantenimiento y Producción

MATRIZ DE DIAGNOSTICO	
TEMA 6. Personal de Mantenimiento y Producción	
Para efectos de evaluación o diagnostico de la gestión de mantenimiento en la empresa se tomará la siguiente actividad: Aplicación de cuestionario para evaluar la implementación del proceso de gestión de gerenciamiento del mantenimiento.	
En escala de 1 al 10 considere el 1 el más bajo y el 10 el más alto:	

	Nivel de escolaridad de las personas Se actualiza periódicamente? hay registro escrito?
	Están definidas las habilidades de cada cargo? Están definidas por escrito en el perfil del cargo? Son conocidas por el colaborador?
	Como se determinan y evalúan las necesidades de capacitación. Hay un responsable para esta actividad? Se hace periódicamente?
	Existen grupos de mejoramiento de mantenimiento? Hacen reuniones periodicamente? Cuándo fue el último proyecto propuesto por el grupo? Cuántos proyectos ha generado este grupo?
	Existe polifuncionabilidad o flexibilización (Mecanico-Elctrico) Hay acompañamiento en las tareas de uno u otro? Existen electromecánicos en el grupo? Se presenta padrinazgo en los equipos?
	Existe polifuncionabilidad o flexibilización (Mecanico-Elctrico) Hay acompañamiento en las tareas de uno u otro? Existen electromecánicos en el grupo? Se presenta padrinazgo en los equipos?
	Existe un plan de carrera? Cada uno de los colaboradores lo conoce? Se evalúa dicho plan regularmente?
	Análisis de necesidades de capacitación y entrenamiento Se revisa la evaluación del desempeño? Se actualiza periodicamente? hay registro escrito? se incluyen en los objetivos del periodo o en el plan de actividades anual?
	Programas específicos propios validados y documentados Cuántos hay? Cuándo fue el último? Cuándo es el próximo? Se tienen las memorias en el área de mantenimiento?
	Como es el manejo del tiempo de capacitación? Está claramente definido por la empresa? Es respetado por el área de planeación?
	Existen instructores propios (internos)? Qué relación hay respecto a todo el grupo? Tiene capacitación como formador?
	La capacitación se realiza en el sitio de trabajo (job related training) Existen memorias de esta capacitación? Hay lecciones de un punto, control visual o similares en el área de trabajo?
	Plan de capacitación y entrenamiento Esta por escrito en la cartelera del área? Tiene fechas especificas de terminación? Está relacionado con la evaluación de necesidades?
	Cómo se evalúa la capacitación?

	Se hace en la evaluación periódica de desempeño? O de manera escrita? Hay algún registro de esto?	
	Programas de reconocimiento y plan de ideas? Hay un comité evaluador? Los colaboradores están satisfechos con el reconocimiento?	
Total		
Calificación	INTERPRETACION DEL RESULTADO DE LA EVALUACION	
<75	1	Ud. Tiene una gran oportunidad para mejorar. Solicite apoyo
75-111	2	Ud. Está descuidando una gran oportunidad
112-119	3	Lo mejor está por venir, continúe mejorando
120-150	4	Felicitaciones, pero no baje la guardia.

Tabla 8. Proceso de gerenciamiento del riesgo en el mantenimiento

MATRIZ DE DIAGNOSTICO	
TEMA 7. PROCESO DE GERENCIAMIENTO DEL RIESGO EN EL MANTENIMIENTO.	
Para efectos de evaluación o diagnostico de la gestión de mantenimiento en la empresa se tomará la siguiente actividad: Aplicación de cuestionario para evaluar la implementación del proceso de gestión de gerenciamiento del mantenimiento.	
En escala de 1 al 10 considere el 1 el más bajo y el 10 el más alto:	
	La visión, misión y objetivos del mantenimiento en la organización están claramente definidos y comunicados a todos los participantes e interesados?
	Existe una política y acciones gerenciales frente a la salud ocupacional?
	Seguridad, Confiabilidad Operacional e integridad mecánica son las principales áreas de enfoque durante las fases de planeación y ejecución de cada mantenimiento?.
	Existen una estrategia para condiciones de trabajo seguro?
	El proceso de gerenciamiento de mantenimiento y de HSEQ de mi compañía y los procedimientos, están establecidos y son aplicados de manera consistente en todos los elementos y facilidades de la planta?.

	El equipo de direccionamiento se establece para proveer liderazgo, alineamiento y soporte a las actividades de mantenimiento de equipos y sus participantes?.
	Se hace mayor énfasis en el desarrollo de la interface entre la planeación estratégica del mantenimiento de la planta y la ejecución para evaluar e identificar el cumplimiento de metas, listado de riesgos de lesiones traumáticas y no traumáticas e iniciativas de éxito?.
	Existe una evaluación de condiciones de salud de los trabajadores que realizan las diferentes actividades de las OT?.
	Se tienen reportes de las condiciones de trabajo, de salud organizacional por el trabajador?.
	Se identifican los peligros de manera clara?
	Se valorizan los riesgos?
	Hay medidas de control? (Previsivas?, Preventivas?, Protectivas?, Correctivas?)
	Existe seguimiento a las medidas de control?.
	El programa integrado de mantenimiento y HSEQ incluye todas las actividades relacionadas con las fases de alistamiento, apagada, ejecución, arranque y de alistamiento y evaluación posterior a la ejecución?.
	Los planes de manejo de la información y de comunicación se han desarrollado para lograr efectividad en las comunicaciones y oportunidad en la información?
	Los planes de seguridad, salud y ambiente están desarrollados para alcanzar una ejecución segura y los más altos resultados en HSE?.
	Existe un plan de gerenciamiento de los EPP que asegure una adquisición efectiva en costos, control de calidad, bodegaje y todas las actividades relacionadas?.
	Existe un plan de logística desarrollado que proporcione mínimos conflictos en el área, incremente la eficiencia en campo, y suministre un adecuado servicio de apoyo al trabajador?.
	Existe análisis de trabajo seguro (ATS)?
	Están claramente definidas la OT's / PT's / Matriz 5x5 / 3'Ques?

	Existe un programa de mejoramiento continuo y evaluación total de las actividades de mantenimiento, los incidentes y accidentes para identificar lecciones aprendidas e implementación de programas de mejoramiento al desempeño en futuras paradas de planta?.	
	Se realiza revisión periódica de los panoramas de riesgos de lesiones traumáticas de la planta para precisar que el esfuerzo de la planeación está siendo conducido para conseguir los objetivos?.	
	El desempeño y capacidad de la compañía en el gerenciamiento del mantenimiento y HSEQ son frecuentemente evaluados por medio de la participación de estudios de Benchmarking internos y externos	
	Servicios de expertos, consultores y tutores son regularmente utilizados para mejorar el proceso y las capacidades de gerenciamiento de mantenimiento y HSEQ?.	
	Se identifica una estrategia de uso, herramientas manuales, eléctricas, andamios, escaleras y EPP?.	
Total		
Calificación		INTERPRETACION DEL RESULTADO DE LA EVALUACION
<100	1	Ud. Tiene una gran oportunidad para mejorar. Solicite apoyo
100-150	2	Ud. Está descuidando una gran oportunidad
150-200	3	Lo mejor está por venir, continúe mejorando
200-250	4	Felicitaciones, pero no baje la guardia.

2. FASE DE PREPARACIÓN Y PROPUESTA

2.1 ALCANCE

El objetivo de esta fase es el de comparar y contrastar los estándares establecidos en la estrategia con los hallazgos encontrados en la búsqueda de evidencias, obtenidos a través de las entrevistas, encuestas y observaciones en la organización. Los resultados de esa correlación, serán la base para la creación de los objetivos a lograr con la propuesta a plantear. Así, es necesario conocer lo mejor posible la planta, el producto y el proceso productivo para poder evaluar el estado inicial de la planta y poder así definir los cambios necesarios que podemos realizar en el departamento de mantenimiento (estado futuro) para conseguir una mejora de los resultados globales de la planta. Esta debe ser la fase más corta (a nivel de tiempo) y no debe de durar más de 2 meses puesto que podemos correr el riesgo de “parálisis por análisis”. Básicamente se tratará de identificar las necesidades y marcar los objetivos a conseguir. Los puntos a estudiar y analizar (documentándolo) se describen seguidamente:

2.1.1 Organización de la planta

Lo primero a realizar es conocer lo mejor posible el organigrama de la empresa, la organización funcional de la planta y las posibles peculiaridades (organización o layout de máquinas, dependencia de mantenimiento de producción o no, etc.)

2.1.2 Proceso

Como Mantenimiento el buen conocimiento del proceso nos ayudará a entender las prioridades y necesidades.

2.1.3 Organización interna de la planta

Es muy importante conocer como se gestiona actualmente las distintas incidencias de producción y definir los trabajos actuales del departamento de mantenimiento.

2.1.4 Recursos disponibles en el departamento de mantenimiento

- Presupuesto del departamento (anual y reparto mensual)
- Almacén de mantenimiento (en caso de existir) y su gestión
- Recursos humanos (definir sino existe el organigrama actual)
- Medios disponibles (herramientas e instrumentación)
- Subcontratación (¿Qué se subcontrata y a que costo?)

2.1.5 Flujo de trabajo

Estudiar como se genera un solicitud al departamento y como se tramita (OT o lo que exista) con su posterior gestión.

2.1.6 Recursos informáticos

Computadoras y software de gestión de mantenimiento disponible en el departamento así como formación del personal en ofimática.

2.1.7 Listado de equipos productivos de la planta

Con los diferentes niveles mediante estructura arbórea:

- Planta
- Áreas
- Equipo (máquina o instalación): unidades productivas que constituyen un conjunto único (p.e. extrusora, compresor 1, etc.)

- Sistema o subconjunto: conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo (grupo hidráulico, cargador, etc.)
- Elemento: cada una de las partes que integran un sistema (ejemplo: un motor).
- Componente o repuesto: partes de un elemento (ejemplo. Un rodamiento).

2.1.8 Realización del informe previo

Indicando situación actual y objetivos.

2.2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

La definición de estrategia de mantenimiento es el análisis que se realiza para establecer los criterios de mantenimiento y mantenibilidad que permitan maximizar la disponibilidad de la instalación, al menor costo total. Si se trata de un proyecto, se realiza en la etapa de diseño, del equipo o instalación. Si se trata de adquirir un equipo, debe realizarse en las etapas de selección del equipamiento y su ubicación (layout) en la planta.

Si el equipo es ya existente, se revisan los criterios previamente adoptados, siempre con el mismo propósito.

2.2.1 Ejemplos de estrategias de mantenibilidad

Acceso para el mantenimiento

Permanente vs. Temporario

- Plataformas y escaleras vs. Andamios
- Puente grúas vs. grúas móviles

Trabajo hecho en campo.

- Análisis de falla y reparación en campo vs. reemplazo de módulos o unidades completas y reparación en talleres
- Cañerías soldadas en campo vs. prefabricación en talleres.

2.2.2 Ejemplos de Estrategias de Mantenimiento

En la unidad 1 fueron descritas varias estrategias de mantenimiento ilustrando los beneficios e inconvenientes de cada uno de éstas.

2.2.3 Esquema del Proceso o Metodología para establecer estrategias

Las estrategias de mantenimiento, habitualmente, se establecen mediante sesiones de trabajo en equipo, entre personal de Ingeniería, Mantenimiento, Producción y otras áreas. En empresas pequeñas, esta actividad suele recaer en una sola persona.

Si se trata de un proyecto, la revisión se realiza en la etapa de diseño y selección, para determinar cómo será mantenida cada parte o equipo de la instalación a construir.

Si la instalación ya está construida, se efectúa la revisión en equipo, con participación de personal de Producción y Mantenimiento.

Etapas del proceso

- Definir la guía de estrategia de mantenimiento, para cada proyecto o equipo específico.
- Desarrollar estrategias de mantenimiento para tipos generales de equipamiento.
- Desarrollar estrategias de mantenimiento para casos especiales de equipamiento.
- Documentar los resultados
- Comunicarlos a toda la organización.

Documentos

Como resultado de esta actividad deberían obtenerse los siguientes documentos:

- Bases y criterios de fiabilidad, operabilidad y requerimientos generales de mantenimiento.
- Plan documentado indicando como el equipamiento será mantenido.
- Estimación del costo total en el largo plazo.

Eficiencia técnico-económica y productividad

Toda instalación industrial ha sido concebida con el propósito de lograr una determinada capacidad de producción. Los equipos son seleccionados para lograr esta capacidad, sin embargo, sus capacidades individuales serán diferentes de modo que la capacidad de la instalación dependerá de los equipos o partes más comprometidos. La capacidad máxima, teórica, posible de ser obtenida suele denominarse capacidad máxima de la instalación.

Por otra parte, habrá factores que impedirán que esta capacidad máxima sea obtenida:

- Factores productivos internos:
 - Propios del proceso: variabilidad, tecnología, control, etc

- Inherentes a las actividades productivas: disciplina operativa, calidad deseada, cambios de producto, diferentes tipos de productos, etc.

- Factores productivos externos:
 - Limitaciones del mercado consumidor
 - Falta o corte de servicios externos: Energía eléctrica, gas, agua, etc.
 - Falta de materias primas, insumos, etc.
 - Regulaciones del estado (Municipal, Provincial, etc.)

- Factores “mecánicos” o vinculados al mantenimiento:
 - Paradas de planta.
 - Falla o rotura de equipos.

- Factores financieros
 - Disponibilidad de capital y créditos.
 - Políticas financieras y promocionales del Estado.
 - Oportunidades del mercado de capitales interno y externo, etc.

Todos estos factores son, unos más y otros menos, controlables. Dependiendo del esfuerzo y los recursos que se dispongan para lograrlo. Estos esfuerzos y recursos implican costos. A su vez las ventas de las producciones obtenidas implican beneficios. La dirección de la empresa decidirá sobre estos costos y beneficios y de ello dependerán los resultados productivos deseados. La eficiencia técnico-económica y la productividad representan el equilibrio entre los costos, la calidad, la cantidad y los beneficios de la producción. Una vez definida la política interna de la empresa, la eficiencia y la productividad pueden ser concebidas como el mayor o menor acercamiento de los resultados obtenidos con los deseados.

Las mediciones de eficiencia técnico-económica y de productividad se realizan mediante parámetros indicadores, que veremos más adelante.

La gestión por objetivos

Una tendencia moderna de administración de las empresas es la “gestión por objetivos”. Esto aplica en forma muy especial al personal de las empresas y con frecuencia se establecen estímulos y premios, basados en el cumplimiento de los objetivos.

2.2.4 Lo que es indeseable, con tolerancia CERO

Violaciones a la Seguridad, la Salud y el Cuidado del Medio ambiente.

2.2.5 Indeseables vs Deseables

Tabla 9. Indeseables vs Deseables

Algunos indeseables:	Lo que es deseable:
Paradas de planta, no-programadas	Paradas programadas de planta
Pérdidas de capacidad de producción	Plena capacidad de producción
Pérdidas de calidad de la producción	Calidad de producción constante
Improvisaciones	Tareas previamente planificadas
Precipitaciones	Tareas previamente programadas
Trabajos provisorios o precarios	Ejecución con procedimientos técnicos
Repetición de los trabajos	*Personal capacitado y entrenado *Trabajos bien hechos la primera vez.
Ejecuciones incompletas	Trabajos completos s/ planificación
Incomunicaciones	Involucrados están bien informados
Indisciplinas	Cada uno hace lo que debe hacer.
Incremento injustificado de los costos	Ejecución según presupuestos

2.3 MANTENIMIENTO NO-PROGRAMADO – PROGRAMADO

Toda instalación productiva es diseñada y construida con la idea inicial de que se mantenga funcionando, ya sea en forma continua o discontinua (producción por lotes). Puesto que los mecanismos están siempre afectados de alguna forma de desgaste o fin de su vida útil, es siempre necesario realizar actividades de mantenimiento.

De una manera simple podemos clasificar las actividades de mantenimiento:

Tabla 10. Mantenimiento no programado – programado

No-programado	Programado
A la falla o rotura	Reparativo
Urgencia	Correctivo
Emergencia	Preventivo
	Predictivo
	Proactivo
	RCM

2.3.1 Mantenimiento no-programado

Como método de mantenimiento implica hacer funcionar los equipos e instalaciones hasta que se produzca una falla o rotura que obligue a su reparación o reemplazo. En la mayoría de los casos tales fallas o roturas conllevan la detención de la instalación productiva. Esta práctica del mantenimiento supone, en una visión muy preliminar, el mayor aprovechamiento de las partes, es decir hasta el fin de su vida útil.

En esta categoría también se pueden incluir las situaciones de urgencia y emergencia, debido a factores internos o externos. Este caso es diferente ya que

se trata de situaciones obligadas y no de una estrategia establecida de mantenimiento.

Este método de mantenimiento es aplicable aún hoy, en situaciones especiales.

- Equipos simples, no vinculados a una instalación productiva compleja.
- Su falla o rotura no tiene consecuencias directas con la seguridad, salud, medio ambiente.
- Su falla o rotura no tiene consecuencias directas con el resto de la instalación productiva.

Deben evaluarse, además, las consecuencias indirectas u ocultas de tales fallas, o de la aplicación de este método, por ejemplo:

- Agregar riesgos al resto de la instalación a la que, tales equipos, están vinculados.
- Mayores costos derivados de las intervenciones no programadas.
- Aprovechamiento de oportunidades cuando hay simultaneidad con otras tareas.
- Por el contrario las dificultades de tal simultaneidad, cuando es inesperada.

2.3.2 Mantenimiento programado

Con el propósito de evitar los inconvenientes del mantenimiento no-programado, se desarrolló el mantenimiento programado. Su primer manifestación fue el Mantenimiento Preventivo, con frecuencias predeterminadas y el Mantenimiento Correctivo, destinado a la modificación o mejoramiento de equipos e instalaciones.

El mantenimiento programado ha venido adoptando diferentes métodos y desarrollando técnicas cada vez más complejas y precisas. Se pasa así por las técnicas de inspección, los sistemas de monitoreo, se desarrollan una gran cantidad de técnicas que denominamos predictivas y proactivas.

Otros factores se suman a este desarrollo:

- El compromiso hoy ineludible de cuidar la seguridad, la salud y el medio ambiente.
- La condición de máquina vs. calidad del producto.
- La reducción de costos.
- El mejoramiento de la calidad y productividad.
- El compromiso de mantener la calidad y las entregas oportunas.
- La necesidad de alcanzar niveles de excelencia en todas las actividades, incluyendo al mantenimiento industrial, debido a la globalización.

Aparecen, además, conceptos nuevos:

- Reemplazos igual por igual vs. modificaciones y mejoras.
- Mantenimiento en línea, mediante redundancia de equipos (stand-by).
- Monitoreos a condición; sistemas expertos; gestión en base a riesgo.
- Análisis de modos de fallo y consecuencias.

Esto da lugar al desarrollo de nuevas metodologías: RCM, RBI, etc.

Hoy podemos decir que de todas las formas del mantenimiento programado, los componentes más importantes son: el mantenimiento en línea y el

mantenimiento mayor destinado a la recorrida general de equipos e instalaciones que se lleva a cabo en paradas programadas de planta.

2.3.3 Mantenimiento en línea

Este tipo de mantenimiento es habitualmente programado. Consiste, básicamente, en realizar tareas de mantenimiento preventivo, correctivo o reparaciones por roturas o fallas, sin detención de las instalaciones.

Para que esto sea posible los equipos e instalaciones deben estar preparados con este propósito. Se requiere de equipos adicionales (stand by o de reserva) que están detenidos pero listos para entrar en funcionamiento. Habitualmente los sistemas de control inician el funcionamiento del equipo de reserva en forma automática en casos de fallas o roturas del equipo que está operando. La maniobra de cambio de equipo también puede realizarse en forma manual, cuando el mantenimiento es programado, ya sea preventivo o correctivo.

Las reparaciones o modificaciones de los equipos pueden realizarse en el lugar de la instalación o en talleres. El sector de mantenimiento debe tener las herramientas y equipos auxiliares apropiados y el personal calificado que permita realizar estas tareas en el momento programado.

En casos de equipos críticos puede darse la condición de mantenimiento no programado (en emergencia). Son críticos aquellos equipos que comprometen la seguridad de la instalación o la continuidad de la producción. Para esto el sector de mantenimiento necesitará recursos disponibles en forma permanente.

Es evidente que este tipo de mantenimiento solo será aplicable a una pequeña parte de la instalación productiva, ya que requiere de equipos duplicados, con la consecuente mayor inversión.

2.4 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN

2.4.1 La orden de trabajo

Toda vez que se requiere realizar una reparación o tarea de mantenimiento preventivo o predictivo o cualquiera otra tarea, sobre un equipo, se emite una orden de trabajo, solicitud de reparación, orden de servicio, etc., según sea la modalidad aplicada en cada empresa. En plantas muy pequeñas puede no existir un documento para esto y la orden o requerimiento es verbal entre las personas involucradas. En las empresas medianas o grandes, lo habitual es que se utilice un pequeño documento o formulario, donde se agregan los datos del equipo y las tareas requeridas. Una orden de trabajo debería contener la siguiente información, como mínimo:

Fecha y nombre de la planta o sector de la misma, donde el equipo se encuentra instalado

- Nombre de la persona que emite la orden.
- Nombre que identifica al equipo que debe intervenir.
- Razón por la que se requiere la intervención.
- Nivel de urgencia de la tarea requerida o fecha de realización.
- Cuando sea pertinente, indicar si la tarea requiere de planta detenida.

2.4.1.1 El valor agregado

Este es un concepto o disciplina primordial que debe utilizar el emisor, al confeccionar una orden de trabajo. Consiste en agregar toda información que facilite:

- La fijación del nivel de urgencia o prioridad.
- La búsqueda de la causa de la falla, si aún es desconocida.
- La ejecución de la tarea reparativa.
- La determinación de las prevenciones de seguridad que deben adoptarse.
- La mejor oportunidad para realizar la tarea.
- La planificación y programación de las tareas.

2.4.1.2 Diagnóstico de falla

Para lograr agregar valor a una orden de trabajo, antes de su emisión, el emisor debe realizar un “diagnóstico de falla”, que puede ser desde muy simple hasta un diagnóstico avanzado. De este análisis se espera:

- Determinar qué causa activa o dispara la falla.
- Identificar los síntomas observados.
- Determinar las acciones para eliminar los riesgos, de Seguridad y Mantenimiento.
- Obtener información completa sobre la causa y las posibles acciones correctivas.

Cuando se realiza este diagnóstico, además de las observaciones directas en el equipo, si es necesario, deben verificarse los parámetros del proceso.

De este primer diagnóstico, simple, de fallas puede surgir que:

La causa es algo obvio. En este caso la misma persona puede corregir el problema o requerir al operador del área que lo haga.

- El diagnóstico de falla no ha permitido determinar la causa u obtener información suficiente. En este caso es conveniente pasar a un diagnóstico avanzado de la falla, antes de emitir la orden de trabajo.
- Si la información es suficiente, se procederá a emitir la orden de trabajo.

El diagnóstico avanzado de la falla es similar al anterior, más profundo y se recurre a personas más conocedoras de la operación o proceso involucrados o a, expertos en los fenómenos que rigen el funcionamiento del equipo que está fallando. Si es necesario se determina qué otros parámetros deben medirse; se realizan las mediciones y se analizan los resultados. Si este diagnóstico avanzado resulta aún insuficiente, es muy posible que se haya alcanzado el umbral a partir del cual debe realizarse un análisis de causa raíz (RCA).

2.4.1.3 La urgencia o prioridad

Habitualmente la urgencia o prioridad de las tareas de mantenimiento son las siguientes:

Emergencia

Son requerimientos de intervención de equipos, no programadas, debido a fallas muy serias que afectan directamente a los factores Seguridad y Mantenimiento o producción. También aplica a casos de factores externos que producen este tipo de situaciones. Las emergencias deben atenderse en forma rápida e inmediata, sin demoras en tramitaciones administrativas y superando a las prioridades de las tareas programadas. Esta condición de emergencia, debe aplicarse

excepcionalmente y justificadamente, ya que implicará el quiebre de la programación normal de actividades y traerá aparejado costos mayores.

- **Urgencia**

Son tareas cuya ejecución debe programarse, con la mayor prioridad.

Habitualmente se admite que una tarea urgente debe realizarse en un plazo determinado muy breve, por ejemplo: en las próximas 24 hs. Esta condición aplica al caso de reparaciones que intentan evitar que se produzca una situación de “emergencia”.

- **Normal**

Esta es la condición de la mayoría de las órdenes de trabajo. Las tareas se realizarán programadamente. Si la tarea puede realizarse “en línea”, es decir con la planta funcionando, normalmente se espera que ocurra en un plazo no mayor a una o dos semanas. Si para realizar la tarea se requiere detener la instalación, entonces se programará para la próxima parada de planta.

- **Rutinaria:**

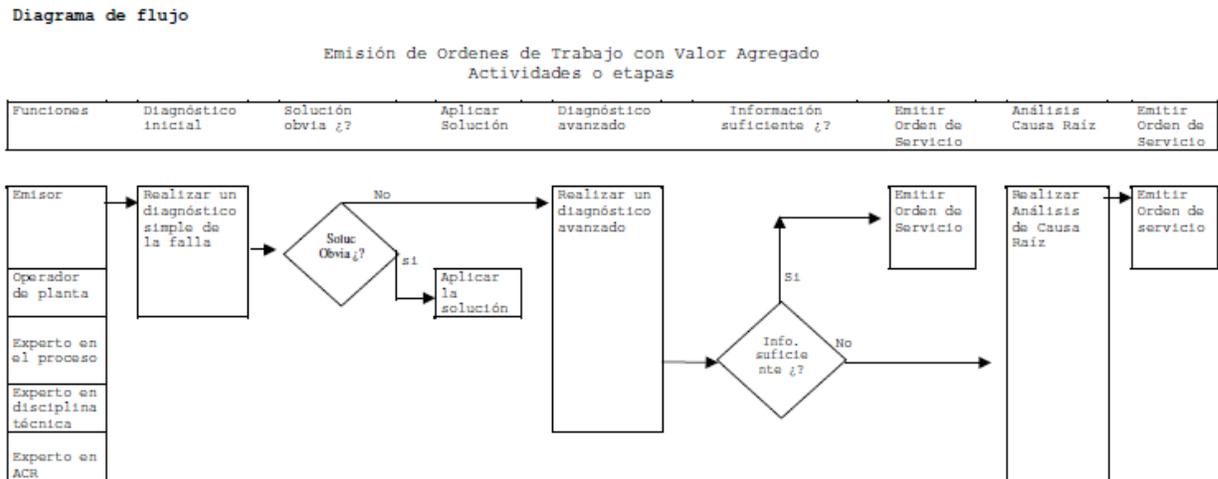
Este es el caso de tareas genéricas, que no afectan en forma directa a la actividad productiva y que se realizarán en un período muy largo, en forma cotidiana y con muy baja prioridad. Habitualmente tareas de salud de las instalaciones (pintura, reparaciones menores en edificios, caminos, etc.)

2.4.2 Flujo de trabajo

Hay varias formas de desarrollar el método mediante el cual se desarrollarán las tareas de gestión del Mantenimiento. Una de ellas es mediante diagrama de flujo

de la gestión. También hay varios modelos de desarrollo de un diagrama de flujo, Pero una forma sencilla y muy efectiva es la que se ilustra en la Figura 11

Figura 11. Diagrama de flujo – emisión de órdenes de trabajo



Una vez que la orden de trabajo está correctamente emitida, con valor agregado suficiente, y establecido el nivel de prioridad, pasamos a la etapa siguiente que habitualmente es la planificación.

2.4.3 Planificación

Básicamente, la planificación consiste en preparar adecuadamente la ejecución de las tareas. Los siguientes conceptos deben desarrollarse en esta etapa:

2.4.3.1 Etapas de la planificación

Desarrollo de las tareas

- Verificación que se ha agregado valor suficiente. Si esto no es así, puede devolverse la O. de T. al Emisor.
- Luego se determinan las diferentes disciplinas técnicas que deben participar, asignando a cada una de ellas la parte que les corresponde y la oportunidad de su ejecución. En algunas empresas se desarrollan “Hojas de ruta”. Esta es la actividad técnica más importante. Expertos o conocedores de las diversas disciplinas técnicas, analizan en detalle las actividades que deberán realizarse, desarrollando los siguientes pasos:
 - Visita al lugar de ejecución de las tareas.
 - Análisis de riesgos: seguridad personal y de las instalaciones, cuidado de la salud y del medio ambiente.
 - Comprensión de los fenómenos técnicos involucrados en la falla.
 - Soporte técnico adecuado a la ejecución; por ejemplo procedimientos de trabajo anteriormente preparados para esta reparación. En algunas empresas no se prosigue delante hasta que un procedimiento haya sido construido. En otras se establecen criterios para decidir si la tarea requiere de un procedimiento escrito, o no.
 - Requerimientos de personal y de recursos materiales, insumos, repuestos, equipos auxiliares. Verificación que tales recursos están disponible y emisión de los requerimiento de adquisición de los faltantes.

Estimación de costos

Algunas veces, cuando una orden de trabajo implica la realización de muchas actividades o el uso de recursos importantes, previo a la liberación de la orden de

trabajo para su programación y posterior ejecución, se realiza una estimación de costos. Esta estimación podrá servir para tomar la decisión final de ejecución de las tareas, o la búsqueda de otras soluciones.

La estimación de costos, habitualmente requiere de datos históricos de reparaciones similares realizadas o bases de datos con precios unitarios de recursos materiales y humanos. Si la reparación requerirá de una prestación de servicios por terceros, suele solicitarse estimaciones de costos a las compañías que pueden ofrecer el servicio.

Cumplida esta etapa, la siguiente será la programación; es decir la ubicación de la ejecución de las tareas, en el tiempo.

2.4.4 Programación

Esta actividad tiene un objetivo primordial: ordenar las tareas en forma de lograr el uso más eficiente de los recursos y determinar los plazos más cortos posible para la ejecución de las tareas.

En esta etapa, el programador verifica la priorización de las órdenes de trabajo y les asigna la oportunidad de su ejecución. Con frecuencia se utilizan programaciones por períodos, por ejemplo semanales. Pero las herramientas utilizadas para esta tarea permiten obtener listados diarios, dos o tres días siguientes, semanales, mensuales, etc.

La programación suele realizarse siguiendo metodologías tales como: diagramas de barras, Gantt, diagramas de red de tareas tipo nodos y flechas o tipo bloques vinculados. A su vez, estas metodologías suelen desarrollarse mediante herramientas informáticas, tales como Project, Primavera, etc.

Debemos distinguir los siguientes tipos más comunes de programación de actividades en el mantenimiento industrial:

2.4.4.1 Programación de actividades del día a día.

Normalmente vinculadas a órdenes de trabajo para reparaciones o PPM's. En estos programas, con frecuencia cada actividad o reparación está representada por una o unas pocas barras o tareas. Estos programas incluyen algunas decenas de tareas, que se realizarán en las próximas dos o tres semanas. Habitualmente las tareas no tienen precedencias ni restricciones importantes, salvo la disponibilidad de recursos. Habitualmente se presentan como diagramas de barras tipo Gantt.

Estos programas son habitualmente preparados y actualizados semanalmente por el programador de mantenimiento.

2.4.4.2 Programación de una actividad

Que por su complejidad requiere de una apertura en muchas tareas de diversas disciplinas y recursos no solo humanos sino también materiales, máquinas y equipos auxiliares. Este es el caso de reparaciones generales de equipos importantes: calderas, hornos, turbinas, compresores, reactores, motores eléctricos de mucha potencia, grandes intercambiadores, etc. o unidades funcionales completas: torres de enfriamiento de agua, plantas de tratamiento de agua para generación de vapor, servicios de purificación o acondicionamiento de efluentes industriales, etc. En estos casos se agregan tareas propias de los sectores productivos que deben preparar equipos e instalaciones, incluyendo desvinculaciones, vaciados, barridos, etc. para permitir su intervención. También los programas parciales de contratistas que participen.

Este tipo de programas con frecuencia superan el centenar de tareas y requieren del establecimiento de precedencias y restricciones. En este caso suele no ser suficiente con diagramas de barras y muchas veces se requiere el uso de redes, determinación del camino crítico y diagramas de carga de recursos y costos. En este caso el programador requerirá el soporte de los expertos en las diversas disciplinas y realizará actualizaciones diarias o con alguna frecuencia predeterminada.

2.4.4.3 Programación de paradas programadas de planta.

Estos programas suman una gran cantidad de los dos tipos de programas mencionados anteriormente y se agregan además, tareas de proyectos de modificaciones destinadas a la ampliación de capacidad productiva o mejoras tecnológicas, etc. Con frecuencia se alcanzan varios cientos de tareas y, en algunos casos, miles. Como en el caso anterior, se requiere del establecimiento de redes de trabajo, precedencias, restricciones, hitos y la determinación del o de los caminos críticos y los diagramas de carga de los recursos y costos. Con mucha frecuencia la programación de paradas de planta exige de equipos de programación, integrados por diversas disciplinas y por programadores de las empresas prestadoras de servicios – contratistas - que participen de las actividades.

2.4.4.4 Diagramas de barras – Gantt

En los diagramas de barras, las actividades se representan mediante barras, habitualmente horizontales, cuya longitud se corresponde con su duración en el tiempo. Habitualmente el tiempo se representa en el eje “x”, del diagrama, en tanto que las tareas se ordenan en filas horizontales, hacia abajo.

En este tipo de diagrama si se indican para cada tarea los recursos requeridos, mano de obra o costos estimados, sumando verticalmente es posible determinar la

carga de recursos o costos, en el tiempo. Si la carga es poco uniforme e implica períodos con excesiva carga y otros con muy poca, permite reordenar las actividades en modo de lograr un aprovechamiento más uniforme de los recursos.

2.4.4.5 Diagramas de red – CPM – AND - PERT

Los diagramas de red permiten determinar el “camino crítico” y también realizar la simulación de alternativas que mejoren los tiempos de ejecución. Si se incorporan los recursos, mano de obra y costos estimados, es posible también elaborar diagramas de carga y replantear la distribución de tareas en el tiempo, para un mejor aprovechamiento de los recursos y/o disminución de los costos.

2.5 PROPUESTA DE GESTION

2.5.1 Definición alcance de la planta

En este punto se define el alcance de la planta física. Aquí se entra a valorizar o jerarquizar los diferentes procesos y equipos para así tener enfoque en la estrategia que beneficie los intereses de la planta. Así entonces planteamos los siguientes pasos:

- a. Elegir por jerarquía los equipos claves.
- b. Definir Población de Equipos
- c. Definir recurso humano (ingenieros, supervisores técnicos, operadores y técnicos)
- d. Definir Materiales (repuestos por rotación, por criticidad / Método ABC)
- e. Analizar estadísticas de equipos mecánicos/ eléctricos y otros reparados en el taller durante un periodo (Pareto de % de Equipos)
- f. Analizar estadísticas de problemas reportados en equipos de impacto (Pareto de % de Problemas)
- g. Analizar resultados con referentes de clase mundial

- h. Analizar fallas mas impactantes para determinar CAUSAS (Metodología Lluvia de ideas, diagrama de afinidad, diagrama de relaciones y matriz de priorización) Árbol de Falla y/o Espina de pescado / RCA.
- i. Implementar Plan de trabajo (PMO) bajo la Metodología del ciclo Deming de la Calidad (PHVA):

 P (Planear)

- Visita de observación a la planta pronta a inspeccionarse
- Recolección de datos operacionales de los equipos en la planta
- Determinación de equipos críticos (Pareto)
- Determinación de equipos problemas (Pareto)
- Análisis de información para determinar el problema

 H (Hacer)

- Determinación de soluciones posibles durante la inspección
- Corrección en campo
- Planes de acción según estándares

 V (Verificar)

- Verificación en campo de implementación en campo
- Reevaluación de condiciones de operación
- Seguimiento de los estados de equipos después de inspección

 A (Actuar)

- Reevaluación del problema en caso que persista
- Elaboración del estándar de trabajo

2.5.2 Revisar condiciones operacionales

Se debe evaluar las condiciones teóricas actuales de operación versus en las que se basó su elección. Hay que tener en cuenta los cambios y variaciones físicas y químicas del producto debido a los cambios operacionales.

2.5.3 Diseño e implementación de un modelo de herramienta para la elaboración del panorama de riesgos para lesiones traumáticas en mantenimiento

Se debe realizar la Identificación de peligros, valorización de riesgos, control de riesgos y medidas de restauración

3. FASE DE IMPLEMENTACION, DESARROLLO Y MONITOREO

Definida la situación actual y los objetivos a conseguir, se debe iniciar el proceso de cambio. Para ello se necesita una implementación, desarrollo y monitoreo por indicadores.

3.1 FASE DE IMPLEMENTACION

Esta es una fase rápida y debe tardar entre tres y seis meses.

3.1.1 Alcance

Objetivo general de esta fase: Iniciar el proceso de cambio con acciones de efecto rápido, que empiecen a mostrar tanto al personal de mantenimiento como al resto del personal de la planta que se están produciendo cambios en el Sistema de Gestión de Mantenimiento. Las acciones deben ser sencillas, lógicas de entender y que den un resultado positivo en el muy corto plazo, para que generen confianza.

3.1.2 Etapas

3.1.2.1 Reorganizar Recursos Humanos.

Estudiar cantidad de personal, turnos necesarios, y adaptarlos a la nueva situación. Contratar al personal necesario y eliminar al personal del que se haya decidido prescindir.

- Responsables: Jefe de Mantenimiento, con el coordinador Técnico.

- Lugar: Obra
- Duración: 2 meses.

La primera preocupación en el proceso de cambio debe ser saber si contamos con el personal adecuado, tanto en número como en formación, y si está correctamente organizado.

Los aspectos que debemos verificar son los siguientes:

- ✚ **Si la organización central o descentralizada que existía es la más adecuada.**

Existen plantas en las que es más conveniente un único departamento central, mientras que en otras es más conveniente un departamento central más una serie de departamentos autónomos.

- ✚ **Si el horario del departamento de mantenimiento responde a las necesidades.**

Se debe decidir el horario y los turnos más adecuados para una planta, dependiendo de una serie de factores (horarios de producción, costes de una parada, capacidad de reserva de la planta, estado de los equipos, etc)

- ✚ **Si la organización funcional (organigrama) es capaz de responder convenientemente a las necesidades de la planta.**

Es necesario estudiar las necesidades, establecer qué puestos son necesarios y reorganizar el departamento.

 **Si el personal tiene la cualificación necesaria.**

Se debe conocer cuales son las habilidades y formación de cada uno de los integrantes del departamento, y a la vez, conocer qué conocimientos necesitamos que posean.

 **Si la cantidad de personal es la correcta**

Se debe proceder a corregir todas las desviaciones, contratando el personal que necesitamos, eliminando el personal sobrante y reorganizando los recursos de manera que se adapten a los necesarios.

3.1.2.2 Organizar Almacén de Repuesto

Inventariar el material que haya en stock, colocar adecuadamente el material en estanterías perfectamente señalizadas, crear un sistema de registro de entradas y salidas.

- Responsables: Responsable del almacén
- Lugar: Almacén de Repuesto
- Duración: 1-2 meses

Tras la auditoria de Mantenimiento, veremos si el sistema de Gestión de Materiales es el que mejor se adapta a las necesidades de la planta. Las actividades a realizar son las siguientes: La realización de inventario del material existente, la colocación de repuestos y consumibles, ordenándolos bien por equipos o por tipos de repuestos, y el establecimiento de un sistema de registro de entradas y salidas del almacén.

3.1.2.3 Poner en marcha un plan de mantenimiento inicial.

Redactar el plan, basándose en lo existente y decidir los operarios que se encargarán de llevarlo a cabo. Ponerlo en marcha.

- Responsables: Jefe de Mantenimiento para facilitar toda la documentación técnica existente, antiguos planes, etc.
Técnico de apoyo, para redactar el plan.
Coordinador Técnico, para impulsar y verificar el plan propuesto
- Lugar: Obra
- Duración: 15-60 días, según la complejidad de la planta.

En primer lugar, cabe la posibilidad de que no haya en la planta ningún sistema de mantenimiento preventivo en funcionamiento. En este caso, la acción a tomar es diseñar un Plan Preventivo, que contenga una serie de actividades de mantenimiento agrupadas según su periodicidad: diarias, semanales, mensuales, y anuales. Éstas contendrán una serie de tareas preventivas a realizar en los diversos equipos. La forma de armar este plan puede ser la siguiente:

- Descomponer la planta en áreas o zonas, agrupadas por centros de costos, por proximidad geográfica, por similitud de equipos, por productos, etc.
- Listar cada uno de los equipos significativos que componen la planta
- Aplicar a esos equipos significativos una gama estándar, que contenga una serie de tareas tipo de acuerdo a la clase de equipo de que se trate. Es conveniente recurrir al manual del equipo para determinar las tareas que

hay que llevar acabo. No se valora, de momento, su importancia dentro del sistema productivo, su criticidad, el costo de una parada, etc.

Este Plan de Mantenimiento provisional no es el óptimo, pero es un plan inicial, una versión previa o inicial. Lo importante en esta fase es desarrollar un plan que pueda ponerse en práctica con rapidez, ya que siempre será mejor un plan imperfecto que de verdad se esté llevando a cabo que un plan perfecto que no se realice.

3.1.2.4 Puesta a punto inicial de la planta (en marcha).

Definir las tareas a realizar, estimar recursos necesarios (mano de obra y materiales), conseguir los recursos, ejecutar, verificar.

- Responsables: Técnico de apoyo, para realizar el diagnostico inicial de la planta, y definir las tareas a realizar.
Jefe de Mantenimiento, para verificar las tareas propuestas por el Técnico de apoyo, estimar los recursos necesarios, conseguir los recursos.
Coordinador Técnico, para verificar la validez de las tareas propuestas, planificación y ejecución de los trabajos y verificar el resultado final.
- Documentación: Informe de puesta a punto inicial, previo a la realización de los trabajos (técnico de apoyo)
- Duración: 15-60 días, según complejidad de la planta.

Tras la auditoria técnica de la planta, en la que habremos determinado todas las anomalías. Se debe determinar todos los trabajos a efectuar, determinar los

recursos necesarios (personal y materiales), y programar intervenciones, encontrando el momento adecuados para efectuarlos.

No todas las anomalías que se encuentran deben ser reparadas: solo aquellas cuya intervención sean rentable. El responsable de la determinación de los trabajos de puesta a punto deberá ser el coordinador técnico, con la ayuda del jefe de mantenimiento y el visto bueno de la dirección.

3.1.2.5 Organización del Taller

Separar lo útil de lo inútil, tirar lo inútil, ordenar el resto, crear un estándar de orden, dotar al taller con los medios técnicos necesarios

- Responsables: Jefe de taller, para realizar las acciones, con la ayuda del personal del taller. Coordinador, para explicar al responsable del taller lo que se pretende, y para dirigir y verificar resultados
- Documentación: Fotografías de antes y después
- Duración: 15-20 días, según complejidad de la planta.

Una de las principales preguntas que debemos responder es si el taller o talleres están ubicados en el sitio adecuado. El lugar más conveniente para colocar un taller de mantenimiento es el centro de la planta, de manera que las distancias de éste a los equipos sean mínimas. A veces no es posible esta ubicación, pero siempre debemos estudiar cual es la ubicación posible mas conveniente.

Además de preguntarnos por su ubicación, debemos estudiar la colocación de la maquinaria, el orden y limpieza del taller, las indicaciones, etc. En lo referente a orden y limpieza, uno de los puntos generalmente conflictivo en estas instalaciones es conveniente aplicar el sistema 5S, por su sencillez y demostrada eficacia.

3.1.2.6 Estrategia 5 “s”

Se llama estrategia de las 5 "s" porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienzan con "s". Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar.

Estas cinco palabras son:

- Clasificar. (Seiri): Organización, Separar lo útil de lo inútil.
- Orden. (Seiton): Ordenar lo útil.
- Limpieza. (Seiso): Tirar lo inútil.
- Limpieza Estandarizada. (Seiketsu): Crear un estándar de orden y limpieza
- Disciplina. (Shitsuke): Esforzarse por mantener el orden y la limpieza.

Las cinco "s" son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y hoy aplicado en empresas occidentales. No es que las 5 "s" sean características exclusivas de la cultura japonesa.

Todos los no japoneses practicamos las cinco "s" en nuestra vida personal y en numerosas oportunidades no lo notamos. Practicamos el Seiri y Seiton cuando mantenemos en lugares apropiados e identificados los elementos como herramientas, extintores, basura, toallas, libretas, reglas, llaves etc.

Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce.

Son poco frecuentes las fábricas, talleres y oficinas que aplican en forma estandarizada las cinco "s" en igual forma como mantenemos nuestras cosas personales en forma diaria. Esto no debería ser así, ya que en el trabajo diario las rutinas de mantener el orden y la organización sirven para mejorar la eficiencia en nuestro trabajo y la calidad de vida en aquel lugar donde pasamos más de la mitad de nuestra vida. Realmente, si hacemos números es en nuestro sitio de trabajo donde pasamos más horas en nuestra vida.

Es por esto que cobra importancia la aplicación de la estrategia de las 5 "s". No se trata de una moda, un nuevo modelo de dirección o un proceso de implantación de algo japonés que "nada tiene que ver con nuestra cultura latina". Simplemente, es un principio básico de mejorar nuestra vida y hacer de nuestro sitio de trabajo un lugar donde valga la pena vivir plenamente. Y si con todo esto, además, obtenemos mejoras en nuestra productividad y la de nuestra empresa.

3.2 FASE DE DESARROLLO

Esta es una base técnica y de estudio minucioso

3.2.1 Alcance

El objetivo general de esta fase es realizar un conjunto de actuaciones basadas en un estudio profundo de cada uno de los equipos que componen el sistema productivo. Debe definirse en un tiempo aproximado de seis (6) meses y se caracteriza por ser más minuciosa de cada equipo de la planta y menos rápida que la fase de implementación.

3.2.2 Etapas

A continuación se plantea su realización en los siguientes etapas

3.2.2.1 Análisis de equipos

Elaboración de la lista de equipos, análisis de criticidad, determinación del modelo de mantenimiento más adaptado a cada equipo, recogida de datos (valores de referencia, repuestos crítico, formación necesaria, subcontratos, mantenimiento de carácter legal).

- Responsables: Técnico de apoyo, para la realización de fichas de equipos.
Coordinador Técnico, para dirigir y validar el trabajo.
Jefe de Mantenimiento, para facilitar información
- Duración: De 1 a tres semanas.
- Documentación: Fichas de equipo, Hoja Resumen.

3.2.2.2 Elaboración del Plan de Mantenimiento revisado

Elaboración de un nuevo Plan de Mantenimiento, basado en los datos recogidos en las fichas de equipo, sobre criticidad y modelo de mantenimiento aplicable.

- Responsable: Técnico de apoyo para realizar nuevo plan.
Coordinador técnico y Jefe de Mantenimiento, que valide el Trabajo.
- Duración: De 2 a 5 semanas, según la complejidad de la planta
- Documentación: Plan de Mantenimiento, versión avanzada.

3.2.2.3 Determinación de paradas de mantenimiento

El mantenimiento de equipos con Alta Disponibilidad debe estar basado en una Parada Programada periódica (anual, semestral, bimensual, etc). A partir de los datos recogidos en las fichas de equipo, puede determinarse que equipos son y preparar las actividades de parada. Deben definirse tareas a realizar, recursos necesarios, planificación de parada, etc.

- Responsable: Técnico de apoyo, Jefe de Mantenimiento, apoyo puntual de personal con experiencia en la planificación de paradas.

- Duración: Variable, tanto en duración como en el momento de Inicio.

- Documentación: Planificación de la parada.

3.2.2.4 Elaboración de la lista de repuestos mínimo

A partir de los datos de repuestos contenidos en las fichas de equipo, debe elaborarse la lista de repuesto mínimo a permanecer en Stock en la planta. A partir de ella, hay que adaptar el almacén de repuesto a esa lista, adquiriendo el que falta y reclasificando el que sobra. Se debe tener en cuenta que un sistema de registros de repuestos no garantiza que el almacén contenga el material necesario para asegurar la disponibilidad de equipos que queremos. Eso solo se puede hacer determinando los equipos críticos, determinando los repuestos críticos de esos equipos, los materiales con alto nivel de rotación y los consumibles habituales en la planta.

- Responsable: Técnico de apoyo, Coordinador Técnico, Responsable de Almacén.

- Duración: De 1 a 3 meses para elaborar lista, variable para Adquirir material.
- Documentación: Lista de repuesto mínimo recomendado.

3.2.2.5 Plan de Formación

A partir de las Fichas de Equipo, en las que se determina la formación que es necesaria para poder hacerse cargo del mantenimiento de los equipos, se realiza el Plan de Formación, se planifica y se pone en marcha.

- Responsable: Jefe de Mantenimiento, Técnico de apoyo, departamento de Personal de recursos humanos
- Duración: De 1 a 2 días.
- Documentación: Plan de Formación.

Curso genéricos

Son cursos que tiene como finalidad que el personal de mantenimiento aumente sus competencias generales en mantenimiento. Algunos de estos cursos son:

- Mecánica para electricistas
- Electricidad para mecánicos
- Alineación
- Neumática
- Hidráulica
- Instrumentación
- Otros.

Cursos específicos

Estos cursos tiene como objetivo formar en temas puntuales que tengan relación con el análisis de equipos

.

Formación específica en HSE (Seguridad – Salud - Medio Ambiente)

Las actuales normativas en materia de Prevención de Riesgos Laborales contemplan la formación e información de riesgos en los trabajadores. Por tal razón se apunta a la confiabilidad integral operativa o confiabilidad en riesgos operacionales.

3.2.2.6 Subcontratos

No todas las tareas de mantenimiento serán abordadas por el departamento de personal propio o habitual de mantenimiento. Una parte de tareas serán contratadas con especialistas en los equipos que pueden ser el fabricante, el importador, o un especialista especialmente preparado en ese tipo de equipos. Las razones que impiden realizar todas las tareas suelen ser dos: no disponer de los conocimientos necesarios para intervenir en los equipos o no disponer de los medios técnicos que se precisan para realizar la intervención.

A partir de las Fichas de Equipo, en las que se detallan los subcontratos necesarios, se estiman estos, se piden oferta y se acuerda con los subcontratistas alcance, presupuestos, etc.

- Responsable: Jefe de Mantenimiento.
- Duración: A lo largo de los 6 meses que dura esta fase.
- Documentación: Contratos con subcontratistas

Los tipos de subcontratos posibles son varios:

- Subcontratar completamente el mantenimiento del equipo al especialista
- Subcontratar exclusivamente la reparación de averías, dejando el mantenimiento rutinario en manos del departamento propio.
- Subcontratar el mantenimiento rutinario exclusivamente
- Subcontratar tan solo una serie de inspecciones periódicas que determinarán el estado del equipo y que servirán de base para decidir si es necesario realizar alguna tarea adicional.

3.3 FASE DE MONITOREO

Esta es una fase de continuo seguimiento.

3.3.1 Indicadores

Para conocer como está la marcha del departamento de mantenimiento y decidir si hay que realizar cambios en algún aspecto concreto, debemos definir una serie de parámetros que permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en el área de mantenimiento después de la implementación de acciones. Aquí es donde entran los indicadores como forma de procesar datos a información útil para la toma de decisiones en mantenimiento.

Se debe enfatizar en definir cuales serán los indicadores pertinentes que aporten información útil y simples datos inútiles que no aporten valor.

Por ejemplo, Si se elige la disponibilidad de equipos como un indicador.

Al listar todas las paradas de cada uno de los equipos de la planta, la fecha y hora en que han ocurrido y su duración, la lista resultante serán datos, pues tal y como se nos presenta no podemos tomar decisiones basándonos en ella.

Si ahora se procesa esta lista, sumando los tiempos de parada de cada equipo y calculando el tiempo que han estado en disposición de producir, obtenemos una lista con la disponibilidad de cada equipo. En una planta industrial con por ejemplo, 500 equipos, esta lista contendrá de nuevo datos, no información mezclada con muchos datos.

Si en esta lista se agrupan los equipos por líneas, áreas, zonas, etc., y procesamos los datos de manera que obtengamos la disponibilidad de una de las líneas, áreas o zonas en su conjunto, el nuevo listado ahora si contendrá información. Esta información nos permitirá, tras un análisis más o menos rápido, tomar decisiones acertadas sobre las actuaciones que debemos realizar para mejorar los resultados.

A continuación se describirán los indicadores más usuales que se emplean en un departamento de mantenimiento. Insistimos en el hecho de que no todos son necesarios: entre ellos habrá que elegir aquellos que sean realmente útiles, aquellos que aporten información, para evitar convertirlos en una larga lista de datos.

Cuando se dispone de un sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por computador, el cálculo de estos indicadores suele ser más rápido. Se debe tener la precaución de automatizar su cálculo, generando un informe que los contenga todos. Una ventaja adicional es que, una vez automatizado, se pueden generar informes con la periodicidad que se quiera, con un esfuerzo mínimo.

En caso de que el sistema de información sea el soporte papel, para el cálculo de estos indicadores es conveniente desarrollar pequeñas aplicaciones (una hoja de cálculo puede ser suficiente) para obtener estos índices. En este caso hay que seleccionar mucho más cuidadosamente los indicadores, pues es más costoso calcularlos. Además, la frecuencia con que los obtengamos deberá ser menor.

Es importante tener en cuenta que no solo es valioso conocer el valor de un indicador o índice, sino también su evolución. Por ello, en el documento en el que se expongan los valores obtenidos en cada uno de los índices que se elijan se deberá reflejar su evolución, mostrando junto al valor actual los valores de periodos anteriores (meses o años) para conocer si la situación mejora o empeora. También es importante fijar un objetivo para cada una de estos índices, de manera que la persona que lea el documento donde se exponen los valores alcanzados en el periodo que se analiza comprenda fácilmente si el resultado obtenido es bueno o malo. En resumen, junto al valor del índice, deberían figurar dos informaciones más:

- Valor de índice en periodos anteriores
- Objetivo marcado

3.3.1.1 Índices de Disponibilidad

Disponibilidad total

Es uno de los indicadores más importantes de la planta. Es el cociente de dividir el número de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el número de horas totales de un periodo:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{horas parada por mantenimiento}}{\text{horas totales}}$$

En plantas que estén dispuestas por líneas de producción en las que la parada de una maquina supone la paralización de toda la línea, es interesante calcular la disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética.

En plantas en las que los equipos no estén dispuestos por líneas, es interesante definir una serie de equipos significativos, pues es seguro que calcular la disponibilidad de absolutamente todos los equipos será largo, laborioso y no nos aportara ninguna información valiosa. Del total de equipos de la planta, debemos seleccionar aquellos que tengan alguna entidad o importancia dentro del sistema productivo.

Una vez obtenida la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética, para obtener la disponibilidad total de la planta.

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{Número de equipos significativos}}$$

Disponibilidad por averías

Es el mismo índice anterior pero teniendo en cuenta tan solo las paradas por averías, las intervenciones no programadas:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{horas totales}-\text{horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}}$$

La disponibilidad por avería no tiene en cuenta, pues las paradas programadas de los equipos.

Igual que en el caso anterior, es conveniente calcular la media aritmética de la disponibilidad por avería para poder ofrecer un dato único.

MTBF (Mid time between failure, tiempo medio entre fallos)

Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Número de horas totales del período de tiempo analizado}}{\text{Número de averías}}$$

MTTR (Mid time to repair, tiempo medio de reparación)

Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Número de horas totales de paro por averías}}{\text{Número de averías}}$$

Por simple cálculo matemático es sencillo deducir que:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{MTBF} - \text{MTTR}}{\text{MTBF}}$$

3.3.1.2 Indicadores de Gestión de Ordenes de Trabajo

Número de órdenes de trabajo generadas en un periodo determinado

Es discutible si el número de Órdenes de Trabajo es un indicador muy fiable sobre la carga de trabajo en un periodo, ya que 100 órdenes de trabajo de una hora pueden agruparse en una sola orden de Trabajo con un concepto más amplio. No

obstante, dada la sencillez con que se obtiene este dato, suele ser un indicador muy usado. La información que facilita este indicador es más representativa cuanto mayor sea la cantidad media de O.T que genera la planta. Así, es fácil que en una planta que genera menos de 100^o.T de mantenimiento mensuales la validez de este indicador sea menor que una planta que genera 1000 O.T.

Número de órdenes de trabajo generadas por sectores o zonas

Igual que en caso anterior, solo la sencillez de su cálculo justifica emplear esta indicador.

Número de órdenes de trabajo acabadas

Suele ser útil conocer es el número de Ordenes de Trabajo acabadas, sobre todo en relación al número de ordenes generadas. Es muy importante, como siempre, seguir la evolución en el tiempo de este indicador.

Número de órdenes de trabajo pendientes

Este indicador nos da una idea de la eficacia en la resolución de problemas. Es conveniente distinguir entre las O.T que están pendientes por causas ajenas a mantenimiento (pendientes por la recepción de un repuesto, pendientes porque producción no da su autorización para intervenir en el equipo, etc.) de las debidas a la acumulación de tareas o la mala organización de mantenimiento.

Por ello, es conveniente dividir este indicador en otros tres:

- Pendientes de repuesto
- Pendientes de parada de un equipo
- Pendientes por otras causas

Número de ordenes de trabajo de emergencia (Prioridad máxima)

Una referencia muy importante del estado de la planta es el número de O.T de emergencia que se han generado en un periodo determinado. Si ha habido pocas o ninguna, tendremos la seguridad de que el estado de la planta es fiable. Si por el contrario, las órdenes de prioridad máxima que se generan son muchas, se podrá pensar que el estado de la planta es malo. Como siempre, es igualmente importante la evolución de este indicador respecto a periodos anteriores.

Horas estimadas de trabajo pendiente

Es la suma de las horas estimadas en cada uno de los trabajos pendientes de realización. Es un parámetro más importante que el número de órdenes pendientes, pues nos permite conocer la carga de trabajo por realizar.

Índice de cumplimiento de la planificación

Es la proporción de órdenes que se acabaron en la fecha programada con anterioridad, sobre el total de órdenes totales. Mide el grado de acierto de la planificación.

$$\text{Índice de cumplimiento de la planificación} = \frac{\text{Número de órdenes acabadas en la fecha planificada}}{\text{Número de órdenes totales}}$$

Desviación media del tiempo planificado

Es el cociente de dividir la suma de horas de desviación sobre el tiempo planificado entre el número de órdenes de trabajo.

Puede haber dos versiones:

a. Desviación media sobre el momento de finalización:

$$\text{Retraso medio} = \frac{\text{Retrasos de cada orden de trabajo}}{\text{Número de órdenes de trabajo}}$$

b. Desviación media de las horas-hombre empleadas en una O.T sobre las horas-hombre previstas:

$$\text{Desviación media} = \frac{\text{Incremento de HH en todas la órdenes de trabajo}}{\text{Número de órdenes de trabajo}}$$

Tiempo medio de resolución de una O.T.

Es el cociente de dividir el número de O.T. resueltas entre el número de horas que se han dedicado a mantenimiento:

$$\text{Tiempo medio} = \frac{\text{Número de O.T Resueltas}}{\text{Número de horas dedicadas a mantenimiento}}$$

3.3.1.3 Índices de costo

La cantidad de índices que hacen referencia a los costes del departamento de mantenimiento es inmensa. Aquí se exponen algunos que pueden resultar prácticos.

Costo de la mano de obra por secciones

Si la empresa se divide en zonas o secciones, es conveniente desglosar este coste para cada una de las zonas o secciones. Si estas tienen personal de mantenimiento permanente, el coste será el del personal adscrito a cada una de

ellas. Si se trata de un departamento central, el coste por secciones se calculara a partir de las horas empleadas en cada una de las intervenciones.

Proporción de costo de la mano de obra de mantenimiento

Es el cociente de dividir el número total de horas empleadas en mantenimiento entre el coste total de la mano de obra:

$$\text{Costo de hora medio} = \frac{\text{Número de horas de mantenimiento}}{\text{Costo total de la mano de obra de mantenimiento}}$$

Costo de materiales

Se pueden hacer tantas subdivisiones como se crea conveniente: por secciones, por tipo (eléctrico, consumibles, repuestos genéricos, repuestos específicos, etc.).

Costo de subcontratos

También pueden hacerse las subdivisiones que se considere oportunas.

Algunas subdivisiones comunes suelen ser:

- Subcontratos a fabricantes y especialistas
- Subcontratos de inspecciones de carácter legal
- Subcontratos a empresas de mantenimiento genéricas

Costo de medios auxiliares

Es la suma de todos los medios auxiliares que ha sido necesario alquilar o contratar: grúas, carretillas elevadoras, alquiler de herramientas especiales, etc.

Con todos los índices referentes a costes puede prepararse una tabla de Costos.

- Ejemplo de tablas de Costos

Año xxxx

Secciones	Mano de obra	No. Horas	Materiales	Subcontratos	Medios auxiliares	Totales
A						
B						
C						
D						
Totales						

3.3.1.4 Índices de proporción de tipo de mantenimiento

La tendencia del mantenimiento mundial es tener un 40% de predictivo, 40% de preventivo y 20% de correctivo.

Índice de mantenimiento programado

Porcentaje de horas invertidas en la realización de mantenimiento programado sobre horas totales.

$$IMP = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

Índice de correctivo

Porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento correctivo sobre horas totales.

$$IMC = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

Índice de emergencias

Porcentaje de horas invertidas en realización de O.T. de prioridad máxima

$$\text{IME} = \frac{\text{Horas O.T. prioridad máxima}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

3.3.1.5 Índices de Gestión de Almacenes y Compras

Consumo de materiales

Consumo de materiales en actividades propias de mantenimiento en relación con el consumo total de materiales. Este dato puede ser importante cuando la planta tiene consumo de materiales del almacén de repuesto adicionales a la actividad de mantenimiento (mejoras, instalaciones, etc.).

Es un índice relativamente poco usual. Es útil se está tratando de optimizar el coste de materiales y se desea identificar claramente las partidas referentes a mantenimiento, a modificaciones y a nuevas instalaciones.

$$\% \text{ Consumo materiales en mantenimiento} = \frac{\text{Valor de materiales consumidos para mantenimiento}}{\text{Valor total del material consumido}}$$

Rotación del almacén

Es el cociente de dividir el valor de los repuestos consumidos totales y el valor del material que se mantiene en stock (valor del inventario de repuestos).

$$\text{Rotación} = \frac{\text{Valor repuesto consumido}}{\text{Valor del stock de repuestos}}$$

Hay una variación interesante de este índice, cuando se pretende determinar si el stock de repuestos y consumibles está bien elegido. Si es así, la mayor parte del material que consume mantenimiento lo toma del almacén, y solo una pequeña parte de lo comprado es de uso inmediato. Para determinarlo, es más útil dividir este índice en dos:

$$\text{Origen de materiales} = \frac{\text{Valor del material consumido del almacén}}{\text{Valor total del material consumido}}$$

$$\text{Rotación de materiales} = \frac{\text{Valor del materiales consumidos del almacén}}{\text{Valor del almacén}}$$

Otra forma de conocer si el almacén de mantenimiento está bien dimensionado es determinando la proporción de piezas con movimientos de entradas y salidas.

Una unidad de este índice es determinar qué porcentaje de piezas tienen escaso movimiento, para tratar de eliminarlas, desclasificarlas, destruirlas, venderlas, etc.:

$$\text{Porcentaje de piezas con movimiento} = \frac{\text{Piezas que han tenido movimientos en un período fijado}}{\text{Número de piezas totales}}$$

Eficiencia en el cumplimiento de pedidos

Proporción entre las peticiones materiales a compras no atendidas con una antigüedad superior a tres meses y el total de pedidos cursados a compras.

$$\text{Eficiencias de compras} = 100 - \frac{\text{Peticiones de materiales no atendidos en un plazo determinado}}{\text{Número de pedidos cursados}} \times 100$$

Tiempo medio de recepción de pedidos

Es la media de demora desde que se efectúa un pedido hasta que se recibe. Este índice se puede calcular por nuestro muestreo (tomar al azar un número determinado de pedidos cursado y realizar la media aritmética del tiempo transcurrido desde su petición hasta su recepción en cada uno de ellos)

$$\text{Tiempo medio de demora} = \frac{\text{Demora de cada pedido}}{\text{Número de pedidos total}}$$

3.3.1.6 Índices de Seguridad y Medio Ambiente

Índice de frecuencia de accidentes

Proporción entre el número de accidentes con baja y el total de horas trabajadas.

$$If = \frac{\text{Número de accidentes con baja} \times 1.000.000}{\text{Horas trabajadas}}$$

Índice de jornadas perdidas

Proporción entre las horas perdidas por bajas laborales y las horas trabajadas.

$$Ip = \frac{\text{Número de jornadas perdidas} \times 1.000}{\text{Horas trabajadas}}$$

Índice de tiempo medio de permanencia de residuos en planta

Es el tiempo medio que transcurre desde que se genera un residuo hasta que lo retira de la planta un gestor de residuos autorizado.

Índice de frecuencia de incidentes ambientales

Es el cociente entre el número de incidentes ambientales graves y el número de horas trabajadas

$$I_i = \frac{\text{Número de incidentes ambientales graves} \times 10^6}{\text{Horas trabajadas}}$$

3.3.1.7 Índices de formación

Proporción de horas dedicadas a formación

Porcentaje de horas anuales dedicadas a formación, sobre el número de horas trabajo total.

$$\% \text{ horas de formación} = \frac{\text{Horas dedicadas a formación}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$$

Proporción de desarrollo del programa

Porcentaje de horas de formación realizadas sobre el total de horas de formación programadas.

$$\% \text{ desarrollo} = \frac{\text{Horas de formación realizadas}}{\text{Horas de formación programadas}}$$

3.3.1.8 Resumen de índices usuales

Índices de disponibilidad

- Disponibilidad total
- Disponibilidad por averías

- MTBF
- MTTR

Indices de gestion de O.T.

- Número de O.T generadas
- Número de O.T generadas por secciones
- Número de O.T. acabadas
- Número de O.T pendientes
 - Pendientes de repuesto
 - Pendientes en espera de parada de un equipo
 - Pendientes por otras causas
- Número de O.T. de emergencia
- Horas estimadas de trabajo pendiente
- Índice de cumplimiento de planificación
- Desviación media del tiempo planificado
- Tiempo medio de resolución de un O.T

INDICES DE COSTO

- Costo de la mano de obra por secciones
- Proporción de coste de la mano de obra de mantenimiento.
- Costo de materiales
- Costo de subcontratos
- Costo de medios auxiliares

Índices de proporción de tipo de mantenimiento

- Índice de Mantenimiento Programático
- Índice de Mantenimiento Correctivo
- Índice de Emergencias

Índices de gestión de almacenes y compras

- Consumo de materiales de mantenimiento
- Rotación de almacén:
 - Origen de materiales
 - Rotación de pieza de almacén
 - Porcentaje de piezas con movimiento
- Eficiencia en los cumplimientos de pedidos
- Tiempo medio de la recepción de pedidos

Índice de seguridad medioambiente

- Índice de frecuencia de accidentes
- Índice de jornadas perdidas
- Índice de tiempo medio de permanencia de residuos
- Índice de incidentes medioambientales

Índices de formación

- Proporción de horas dedicadas a formación
- Proporción de desarrollo del programa de formación

4. FASE DE OPTIMIZACION Y MEJORAMIENTO

A partir de los resultados obtenidos del seguimiento se debe evolucionar a la excelencia mediante la optimización y el mejoramiento continuo.

4.1 FASE DE OPTIMIZACION

Optimizar es asociado a ajustar lo que se esta haciendo.

4.1.1 Alcance

Terminadas todas las acciones anteriores, se deben analizar los siguientes resultados obtenidos:

- Niveles de disponibilidad de la planta
- Averías e incidentes que se han producido
- Costo económico del sistema implantado

4.1.1.1 Objetivo general de esta fase

Cuando todos los cambios están consolidados, es el momento de optimizar, de buscar oportunidades de mejora. Las mejoras siempre deben tener dos objetivos; la optimización económica, buscando reducir costos o aumentar ingresos, y el aumento de la calidad del servicio. Esta fase está basada en el análisis continuo de resultados, tanto a nivel técnico (análisis y evolución de averías e incendias) como a nivel económico.

Su duración es continua.

4.1.2 Mejoras enfocadas

4.1.2.1 Mejoras Técnicas

El análisis de averías dará lugar a propuestas de mejora, a cambios en el Plan de Mantenimiento, o a propuestas de cambio de pautas o instrucciones de producción.

- Responsables: Jefe de Mantenimiento, con sus mandos
Coordinador técnico, para la puesta en marcha
para la recogida de propuesta y su
documentación.
- Documentación: Propuestas de mejora, Plan de
Mantenimiento

4.1.2.2 Mejoras Organizativas

Redistribución de funciones, nuevos organigramas que mejoren la eficiencia de la organización, redacción de procedimientos de trabajo, optimización de métodos de trabajo

- Responsables Jefe de Mantenimiento, sus mandos y su
personal
- Documentación Nuevo Organigrama
Procedimientos de trabajo.

4.1.2.3 Mejoras Económicas

Optimización de la plantilla, redistribución de turnos, disminución de la subcontratación en base a los conocimientos adquiridos según el plan de formación, disminución del consumo de repuesto.

- Responsables: Jefe de Mantenimiento, sus mandos y su personal.

4.2 FASE DE MEJORAS ENFOCADAS EN LA GESTION DEL RIESGO DEL MANTENIMIENTO

Mejorar es aspirar a altos estándares de clase mundial, por eso es vital tener un sentido integrado con la salud ocupacional.

Para efectos de esta propuesta se tendrá un enfoque solo en riesgos para lesiones traumáticas por accidentes.

4.2.1 Descripción de metodología para la elaboración de panoramas de riesgo para lesiones traumáticas

Antes de entrar en detalle a definir que es un panorama de factores de riesgos, se expondrá una situación para que pueda tenerse una idea más clara de lo que es un panorama.

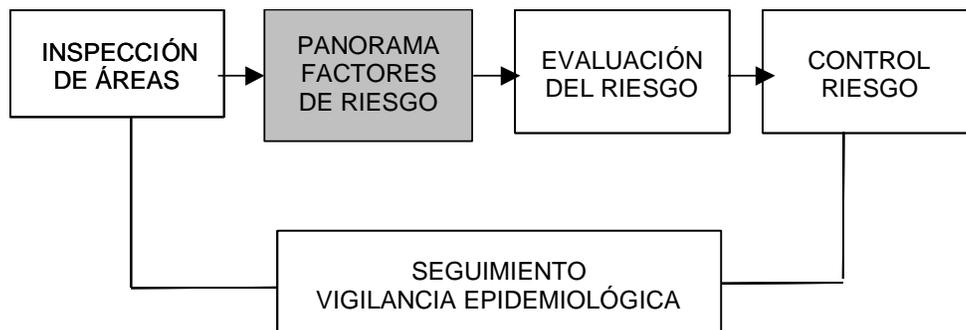
Un paciente consulta al médico porque siente algunos quebrantos de salud. El médico lo ve llegar y evidentemente el paciente revela un aspecto enfermo. ¿Puede el médico decir qué tiene el paciente sólo con verlo? ¡Esto no es posible! El médico ahora, tendrá que identificar y localizar los signos observables y sintomáticos que

causan el problema para poder decir lo que le pasa al paciente utilizando la clasificación de signos y síntomas clínicos existentes para poder diagnosticarlo.

En una empresa el Panorama de Factores de Riesgo será el que le permita elaborar las pautas de orientación del Programa de Salud Ocupacional en los sitios de trabajo, pues mediante su utilización se identifican los factores de riesgo y se localizan las fuentes que los causan, las áreas y la población expuesta o amenazada y los efectos posibles que estos producen en el hombre y el ambiente.

Todo panorama de riesgos debe seguir una secuencia para su correcta aplicación y de esta forma garantizar una buena aceptación de las recomendaciones dadas y ante todo se debe velar por el debido mejoramiento continuo, este esquema se muestra en la Figura 12.

Figura 12. Proceso del riesgo.



4.2.2 Metodología para elaborar un panorama de riesgo

A continuación se explicarán los pasos para elaborar el panorama:

4.2.2.1 Inspección sistemática de las áreas de la empresa

En este paso se deben consignar todos los riesgos a los que están expuestos los trabajadores, que cantidad de trabajadores están expuestos y cuantas horas están expuestos a ese riesgo. En el formato de inspección para consignar los distintos factores de riesgo presentes en las áreas de la empresa: Es una matriz que permite la anotación ordenada de las observaciones practicadas *Ver Anexo 1*

4.2.2.2 Lista de verificación de factores de riesgo

Todos los factores de riesgo que puedan presentarse en la empresa *Ver Anexo 2*

4.2.2.3 Tabla de valorización subjetiva del grado de peligro

Existen varios métodos de valoración del grado de riesgo que se emplean para este fin, entre ellos el de los autores William T. Fine (1975), el de Piker y el del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), entre otros. La valoración subjetiva del grado de peligro es un procedimiento que se aplica a cada factor de riesgo hallado con el fin de obtener un número que permita priorizar su control. *Ver Anexo 3*

4.2.2.4 Consignación de información de factores de Riesgo (resumen)

En este momento se realiza un resumen de las anotaciones de la inspección, se deben sacar los datos mas relevantes para nuestro panorama posteriormente se deberá realizar un mapa de factores de riesgos. *Ver Anexo 4*

4.2.2.5 Mapa / Plano de factores de riesgo

Este mapa es una radiografía en la cual deben quedar consignados los riesgos a los que están expuestos los trabajadores en cada área, se debe realizar en forma

clara y precisa sirviendo como punto de partida para futuros panoramas. Ver Anexo 5

Ahora se profundizará un poco más sobre el objeto de nuestro trabajo que son los panoramas, ahora explicaremos paso por paso como realizar el cuadro de resumen.

4.2.2.6 Cuadro Resumen de Factores de Riesgo

Ver anexo 6. Contiene en sus primeras columnas la misma información consignada en el formato que se utilizó para realizar la inspección, pero aquí se le adicionan las siguientes columnas:

- Repercusión particular
- Repercusión general
- Prioridad particular
- Prioridad general

Ahora se indicará el diligenciamiento del formato Cuadro Resumen de Factores de Riesgo a partir de la columna número ocho (8), ya que de la columna uno (1) a la siete (7) son las mismas del formato de inspecciones y por tanto, solo hay que transcribirlas.

La columna No 8 Total de Expuestos se llena con el resultado de la suma de los datos de todos los expuestos al mismo factor de riesgo (*columna No 7, Número de Expuestos*).

En la columna No 9 Resultado del Grado de Peligro se consigna el resultado de la multiplicación de las variables $P \times E \times C$ que están en el formato de inspección.

La columna No 10 Repercusión Particular resulta de multiplicar la columna No 7 Número de Expuestos de la Sección Afectada, por la columna No 9 Resultado del Grado de Peligro.

La columna No 11 Prioridad Particular se diligencia ordenando de mayor a menor los números de la columna No 10 Repercusión Particular. La información de esta columna es importante porque determina el orden en que se atenderán los afectados por un mismo factor de riesgo específicamente.

La columna No 12 Repercusión General se diligencia promediando los datos de la columna No 9 Resultado Grado de Peligro, de las secciones afectadas por el mismo factor de riesgo, para luego multiplicar por el Total de Expuestos de la columna No 8. Recuerde que el procedimiento para promediar varias cantidades se realiza sumando todas las cantidades de la columna No. 9 de las secciones afectadas por el mismo factor de riesgo y dividiendo por el número de datos obtenidos.

La columna No 13 Prioridad General, se diligencia ordenando de mayor a menor los números de la columna No 12 Repercusión General. La información de esta columna es importante porque determina el orden en que se atenderán los factores de riesgo.

Por último consigne en la columna Métodos de Control las observaciones sobre los controles instalados en la fuente (F), en el medio (M) y en el hombre (H), así como las recomendaciones sobre el tema.

Al registrar los datos en el Cuadro Resumen de Factores de Riesgo, como se puede observar, se obtiene un panorama de todas las áreas, secciones, puestos de trabajo, número de expuestos, grado de peligro y el orden de prioridad particular y general.

El aporte más importante de la técnica de panorama de factores de riesgo es que permite conocer:

- El orden de prioridad particular para determinar las áreas, secciones y puestos de trabajo afectados por el mismo factor de riesgo que deben atenderse primero
- El orden de prioridad general que permite determinar entre todos los factores de riesgo presentes aquellos que deben atenderse primero

CONCLUSIONES

- ✚ Una buena gestión en mantenimiento debe ir acompañada de un modelo integral de acciones que apunten a una alta disponibilidad a un bajo costo, acompañado de toda una gestión del riesgo para así lograr una verdadera confiabilidad operativa. Ese objetivo debe ser asegurado con metodologías normalizadas como la NTC – ISO 19011.

- ✚ La monografía deja planteado beneficios que son muy claros como:
 - Implementación de las Mejores Prácticas para iniciar el camino hacia una Gestión de mantenimiento de Clase Mundial.
 - Ordenar y conocer en detalle cada proceso involucrado en auditorias de Mantenimiento.
 - Mantener un control preciso de las actividades relacionadas con Mantenimiento.
 - Registro de toda la información y procedimientos en un Manual de Gestión de Mantenimiento disponible para todos.
 - Identificar permanentemente las oportunidades de Mejora
 - Desarrollo de proyectos altamente rentables

- ✚ El panorama de riesgo es una herramienta didáctica y funcional que nos permite identificar las situaciones y/o condiciones que afectan la salud y seguridad de los trabajadores ya que estas ocasionan a su vez daños a la productividad, la calidad y los bienes de la empresa. El panorama de factores de riesgo también permite a la organización identificar en qué áreas de la empresa se encuentran los mayores riesgos para la salud de los trabajadores,

con el fin de dirigir y priorizar las actividades del Programa de Salud Ocupacional, hacia esas áreas o factores. La eficaz ejecución y aplicación de esta herramienta en el área de mantenimiento le asegura a la empresa una disminución en los índices de accidentalidad y enfermedades profesionales, un mayor rendimiento de sus equipos y una mayor seguridad para sus trabajadores.

- ✚ Las organizaciones deben estar conscientes que actualmente la salud va más allá de no estar enfermo, es responsabilidad de los líderes empresariales proveer las condiciones de ambiente laboral propicias para el buen desempeño de los colaboradores. Los accidentes producen un sinnúmero de repercusiones personales y laborales que podrían ser evitadas si se hace uso correcto de las herramientas provistas por los programas de salud ocupacional en seguridad e higiene industrial.

RECOMENDACIONES

Algunas recomendaciones para lograr una excelente gestión de mejoramiento de la calidad y la reducción de los accidentes, son:

- ✚ Comprometerse con la seguridad y la calidad, rodearse de personas que quieran trabajar en equipo y promover la participación de los trabajadores con una orientación definida a los resultados esperados por el cliente.

- ✚ Controlar y estandarizar sus procesos, esto significa conocimiento detallado de las operaciones teniendo en cuenta no sólo tiempos y movimientos sino también condiciones no ergonómicas y definir posibles desviaciones.

- ✚ Seleccionar personal competente y al actual hacer énfasis en la capacitación y el entrenamiento para evitar desviaciones en la calidad y la seguridad.

- ✚ Utilizar las 7 herramientas básicas de la calidad como son el diagrama causa efecto, el análisis del Pareto, los gráficos, hojas de registro, los histogramas, los diagramas de dispersión y los gráficos de control dentro del ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) para el análisis y solución de problemas, esto servirá para determinar la causa raíz en las desviaciones de la calidad y la seguridad y podrá generar verdaderas acciones correctivas y preventivas y no simplemente correcciones.

- ✚ Iniciar su gestión con conceptos ya conocidos como las 5 S, evitar los desperdicios que no agregan valor al producto o servicio e implementar estándares.

- ✚ La recomendación final es volver a los inicios de la calidad y al concepto de mejoramiento continuo, no sólo como palabras de moda dentro de los sistemas de gestión certificables, sino al concepto y el espíritu de que, con herramientas de bajo costo, todo es susceptible de mejorarse y lograr así que las empresas disfruten los sistemas de gestión y no los sufran o se vuelvan una carga para mejorar la calidad o prevenir los accidentes laborales.

BIBLIOGRAFIA

- ✚ GARCÍA, GARRIDO, Santiago. “*Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*”, Editorial Diaz Santos, 2003

- ✚ MORA, Luis Alberto. “*Mantenimiento estratégico para empresas de servicios y/o industriales*”. Editorial Coldi, 2009

- ✚ MOUBRAY, John. “*Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*”, Editorial Aladon Ltd, 2004

- ✚ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. “Directrices para la auditoria de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental” NTC-ISO 19011(2002 – 11 - 27, año 2003.)

- ✚ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. “Guía Técnica Colombiana GTC45”. GUIA PARA ÉL DIAGNOSTICO DE CONDICIONES DE TRABAJO O PANORAMA DE FACTORES DE RIESGOS, SU IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN

- ✚ PIEDRAHITA SALAZAR Luisa Maria, Guía para la realización de Panoramas de Factores de Riesgo “Corporación Universitaria El minuto de Dios” 2010

- ✚ infosena@memorias del Diplomado de HSEQ 24 “Tecnológico Comfenalco

- ✚ De apoyo teórico: Cartilla sobre los Factores de Riesgo. SENA”
- ✚ Gobierno Bolivariano de Venezuela @ Ministerio de Ciencia tecnología
“Tipos de Investigación”. Internet :
www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/metodologia/Tema4.html
- ✚ Confiabilidad@ “ La cultura de la Confiabilidad” . Internet:
www.confiabilidad.net
- ✚ Portal Latino Americano de Mantenimiento. Mundial@ “Filosofía del
Mantenimiento”. Internet: www.mantenimientomundial.com
- ✚ Tavares Lourival, Augusto, “Auditorias de Mantenimiento”. Internet :
www.mantenimientoplanificado.com/gerardo%20trujillo%20noria/lourival%20AUDITORIA%20MANTENIMIENTO.pdf
- ✚ info@renove.com, “ Auditorias de Mantenimiento” Internet:
www.renovetec.com/editorial/auditoriasdemantenimiento.pdf
- ✚ Servicio en línea@ “ARP SURA” . Internet: www.arpsura.com/
- ✚ Osha.europa.eu.es@ “Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el
Trabajo”
.Interneth[http://osha.europa.eu/es/topics/maintenance/index_html#Planning%
23Planning](http://osha.europa.eu/es/topics/maintenance/index_html#Planning%23Planning)

✚ infomantenimeintoplanificado@ “Soporte y Creación de Mantenimiento Planificado”. Internet: <http://www.mantenimiento planificado.com>

ANEXOS

Anexo 1. Formato de inspección para consignar los factores de riesgo

FORMATO DE INSPECCIÓN PARA CONSIGNAR LOS FACTORES DE RIESGO													
EMPRESA _____ ÁREA _____ ELABORADO _____ FECHA _____													
GRUPO FACTOR RIESGO	FACTOR RIESGO (Código)	FUENTE FACTOR RIESGO	SECCIÓN AFECTADA	PUESTOS AFECTADOS	No EXP	GRADO PELIGRO			Resultado	METODO DE CONTROL INSTALADO			METODO DE CONTROL RECOMENDADO
						P	E	C		G.P	F	M	

Anexo 2. Lista de verificación de factores de riesgo

LISTA DE VERIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO

GRUPO	FACTOR DE RIESGO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	
1	Del ambiente de trabajo. Microclima	1A	Temperatura extrema : calor o frío	
		1B	Humedad relativa o presencia de agua	
		1C	Aireación natural inadecuada	
		1D	Niveles de luz natural inadecuados	
		1F	Presiones barométricas inusuales	
2	Contaminantes del ambiente tipo físico	2A	Ruido	
		2B	Vibraciones	
		2C	Radiación ionizantes: alfa, beta, rayos x, gamma	
		2D	Radiaciones no ionizantes: <i>luz visible directa; ultravioleta (UV), infrarroja (IR), láser</i>	
	Contaminantes del ambiente tipo químico	2E	Polvo	
		2F	Humo	
		2G	Rocío	
		2H	Niebla	
		2I	Vapores, gases	
		2J	Ácidos, bases	
		2K	Disolvente	
		2L	Desechos	
	Contaminantes del ambiente tipo biológico	2M	Plaguicidas	
		2N	Vectores	
		2Ñ	Animales venenosos o enfermos	
		2O	Plantas venenosas o urticantes	
		2P	Microorganismos	
	3	De insalubridad	2Q	Parásitos macroscópicos
			3A	Basuras

		3B	Aseo servicios sanitarios inadecuado
		3C	Alcantarillado faltante o en mal estado
		3D	Lavatorio insalubre
		3E	Ropa trabajo faltante o inadecuada
		3F	Zona de alimentación faltante o inadecuada
		3G	Vestier faltante o inadecuado
		3H	Abastos agua desprotegidos o faltantes
		3I	Elementos aseo faltantes
4	Productores de sobrecarga física	4A	Posiciones inadecuadas: sentado, parado acostado
		4B	Postura corporal inadecuada: encorvado, rotado, flexionado, extendido, encogido
		4C	Tipo de trabajo: liviano, moderado, pesado, dinámico, estático
		4D	Organización trabajo: jornada, ritmo, descanso, incentivo, exceso atención
5	Productores de sobrecarga síquica	5A	Turnos: rotativos nocturnos
		5B	Tarea monótona rutinaria fragmentadas repetitivas sin valorar
		5C	Alta concentración
		5D	Estilo de mando inadecuado
		5E	Amenaza seguridad laboral y extralaboral
		5F	Relaciones tensas
		5G	Alta decisión y responsabilidad
		5H	Políticas de estabilidad
6	Productores de inseguridad tipo mecánico	6A	Máquinas peligrosas sin protecciones
		6B	Motores primarios peligrosos
		6C	Herramientas manuales defectuosas
		6D	Vehículos de pasajeros, carga mal mantenida
		6E	Bandas transportadoras inseguras
		6F	Sistemas de izar inseguros
	Productores de inseguridad tipo físico-químico	6G	Sustancias o materiales: <i>combustibles / inflamable / reactivos productores de incendio</i>
		6H	Sustancias o materiales: <i>combustibles / inflamable / reactivos productores de explosiones</i>
		6I	Incendio por corto circuito

		6J	Incendios por llamas abiertas, descargas
	Productores de inseguridad tipo locativo	6K	Estado de techos
		6L	Estado de paredes, ventanas
		6M	Estado de pisos
		6N	Estado de escaleras
		6Ñ	Puertas de interiores y salidas
		6R	Zonas de almacenamiento
		6S	Zona vecinos
		6T	Desorden y desaseo
		6O	Vías y pasillos
		6P	Distribución de puestos
		6Q	Estado instalación eléctrica
		6X	Trabajos en alturas o profundidades
		6Y	Áreas abiertas, descargas eléctricas

Anexo 3. Tabla de valoración subjetiva del grado de peligro

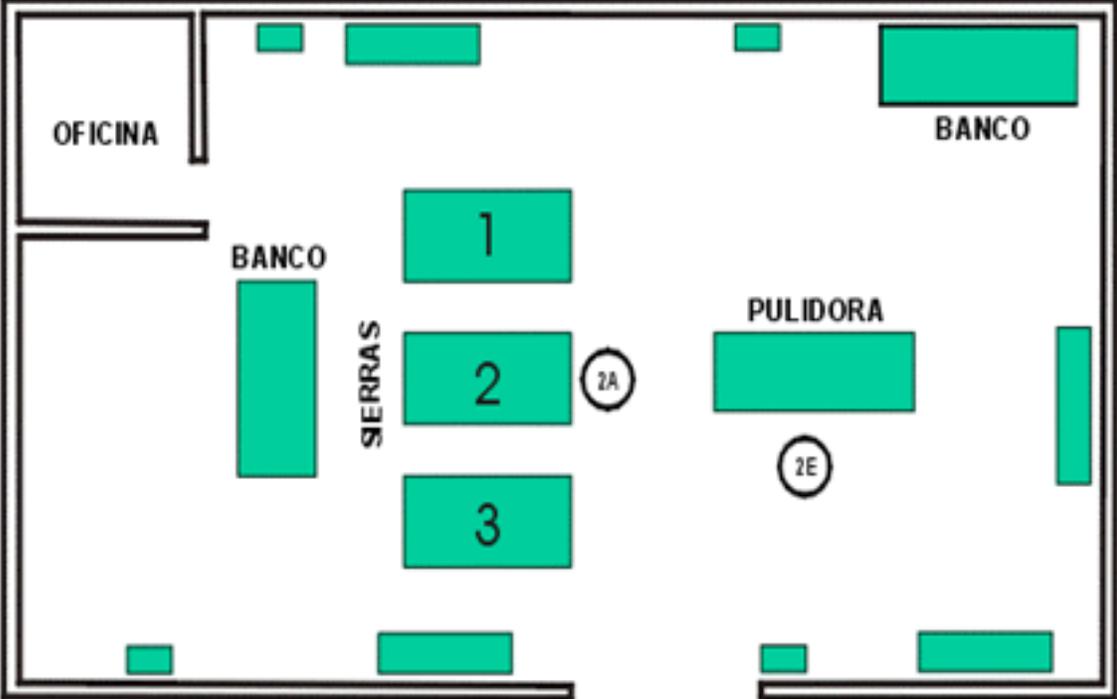
TABLA DE VALORACIÓN SUBJETIVA DEL GRADO DE PELIGRO EN SEGURIDAD E HIGIENE OCUPACIONAL				
VAR IABLES	CONDICIÓN	INDICADOR PARA ACCIDENTALIDAD	INDICADOR PARA ENFERMEDAD	VALORACIÓN
P PROBABILIDAD DEL SUCESO <i>Accidente o Enfermedad</i>	• MAXIMA	• Ausencia de control. Resultado probable máximo		10
	• ALTA	• Control existente inadecuado/ineficiente. Resultado probable alto		7
	• MEDIA	• Controles en el hombre. Resultado probable medio		5
	• BAJA	• Control en el medio. Resultado probable bajo		2
	• MINIMA	• Control en la fuente. Resultado probable mínimo		1
E EXPOSICIÓN AL FACTOR DE RIESGO	• CONTINUA	• Muchas veces al día	• Por más de 8 horas /diarias	10
	• FRECUENTE	• Una vez por día	• Entre 5 horas y < 8 horas /diarias	7
	• OCASIONAL	• Una vez por semana	• Entre 2 horas y < 5 horas /diarias	5
	• IRREGULAR	• Una vez al mes	• Entre 1 horas y < 2 horas /diarias	2
	• RARAMENTE	• Se sabe que ocurre	• Por < 1 horas /diaria	1
C CONSECUENCIAS PARA LA SALUD y LA INTEGRIDAD FÍSICA	• FATAL	• DESASTRES <i>Varias muertes Toxicidad categoría I</i>	• PATOLOGÍA IRREVERSIBLE A LARGO PLAZO (Cáncer, esterilidad, intoxicación crónica)	76 - 100
	• IIIVALIDEZ	• GRAVE <i>Traumas o Heridos graves. Toxicidad categoría II</i>	• CAUSA SOSPECHOSA DE PATOLOGÍAS IRREVERSIBLES	51 - 75
	• IIICAPACIDAD PARCIAL	• SEVERA <i>Lesiones con pérdida de integridad física. Toxicidad categoría III</i>	• PATOLOGIA NO EMPEORABLE CON CESE DE LA EXPOSICIÓN AL RIESGO (Sordera, dermatosis)	26 - 50
	• IIICAPACIDAD TEMPORAL	• IIIMPORTANTE <i>Lesiones importantes con ausentismo. Toxicidad categoría IV</i>	• PATOLOGÍAS BENIGNAS <i>Ceden con tratamiento médico</i>	11 - 25
	• MOLESTIAS	• NOTABLE <i>lesiones que requieren primeros auxilios</i>	• MOLESTIAS	1 - 10

Anexo 4. Formato de Inspección para consignar los factores de riesgo

FORMATO DE INSPECCIÓN PARA CONSIGNAR LOS FACTORES DE RIESGO													
EMPRESA: La gran Madera			AREA: Producción		ELABORADO: Wilfredo Urrego Díaz			FECHA: 10 sep/2002					
GRUPO FACTOR RIESGO	FACTOR RIESGO (Código)	FUENTE FACTOR RIESGO	Sección AFECTADA	PUESTOS AFECTADOS	No EXP	GRADO DE PELIGRO			Resultado	MÉTODO DE CONTROL INSTALADO			MÉTODO DE CONTROL RECOMENDADO
						P	E	C		G.P	F	M	
2 Contaminante físico	Ruido 2A	Sierras circulares 1,2,3	Taller ebanistería	Operarios sierra circular Ayudante Operario pulidora	3 2 1	10	10	50	5000			Orejeras	Diseño para encerramiento
		Pulidora 1	Oficina supervisor	Supervisor Secretaria	2 1	7	5	50	1750				
3 contaminante tipo químico	Polvo de madera y aserrín 2E	Pulidora 1	Taller ebanistería	Operario sierra circular Ayudante Operario pulidora	3 2 1	10	5	75	3750			Mascarilla tela	Mascarilla para polvos Campana extractora

Anexo 5. Ejemplo de mapa de riesgos para una planta

LOS PLANOS DE LAS ÁREAS DE LA EMPRESA



Anexo 6. Panorama de riesgos de una planta de prefabricación de tubería

PANORAMA DE RIESGO DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE PREFABRICADOS EN TUBERIA																
GRUPO DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	FUENTE DE RIESGO	AREA AFECTADA	SECCION AFECTADA	OFICIO / PUESTO DE TRABAJO AFECTADO	No. EXP	TOTAL EXP	RIESGO (PXEXC)	REPERCUCION PARTICULAR (7X9)	PRIORIDAD PARTICULAR	REPERC. GENERAL (PROMEDIO 9) X 8	PRIORIDAD GENERAL	METODO			
													INSTALADO			RECOMENDADO
													FUENTE	MEDIO	H	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			15
6	Mecánico, golpeado por (6C)	Cortadora de tubería y/o biseladora, material de corte	M/to	Taller de M/to	Medición, corte y biselado de tuberías, con maquina biseladora	2	5	5X5X40= 1.000	2000	3	7083	1		ENTRENAMIENTO	EPP	Utilización de los EPP, guantes, gafas, petos , utilización de cepillos manuales de alambre para limpieza de las virutas
	mecánicos golpeado, cortado por (6A)	Pulidoras y discos de corte o de pulir, fragmentos del material trabajado.			Corte o biselado de tuberías, uso de equipos eléctricos	2		5X5X50= 1.250	2500	1				ENTRENAMIENTO	EPP	Utilización EPP,(guantes, gafas, caretas de protección facial, petos y mangas de baquetilla o carnaza , protectores auditivos, botas de seguridad.)
	Riesgo eléctrico (6Q)	Moto-generadores, pulidoras, taladros			Corte o biselado de tuberías, utilización de equipos eléctricos	1		5X5X90= 2000	2250	2			GFCI		EPP	Plantas con conexión a tierra, extensiones eléctricas con tres polos (polo a tierra), equipos eléctricos en buen estado y mantenimiento, Capacitación al personal sobre los efectos de la electricidad, como evitarlos, que hacer en caso de un accidente elé
2	Riesgo físico Ruido continuo (2A)	Moto generador, pulidora, fricción del disco de corte con el tubo a cortar o biselar	M/to	Taller de M/to	Corte o biselado de tuberías, uso de equipos eléctricos	2	2	5X5X75= 1875	3750	1	3750	2				Protectores auditivos , educación continuada a los trabajadores sobre las consecuencias de no usar los protectores auditivos, exámenes médicos ocupacionales, de pre ingreso y egreso.