



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO
MECÁNICO BAJO ESTÁNDARES INTERNACIONALES AMBIENTALES SEGÚN
LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ISO 14001:2004**

José Julián Pellecer Girón

Asesorado por el Ing. MSc. Carlos Anibal Chicojay Coloma

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO
MECÁNICO BAJO ESTÁNDARES INTERNACIONALES AMBIENTALES SEGÚN
LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ISO 14001:2004**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ JULIÁN PELLECCER GIRÓN

ASESORADO POR EL ING. MSC. CARLOS ANIBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MARZO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Véliz Padilla
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Sanabria Solchaga
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO
MECÁNICO BAJO ESTÁNDARES INTERNACIONALES AMBIENTALES SEGÚN
LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ISO 14001:2004**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha septiembre de 2011.


José Julián Pellecer Girón
n

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

Guatemala 18 de enero de 2012

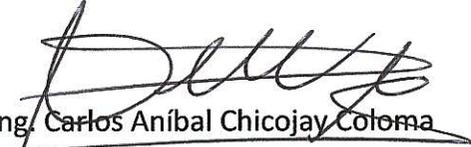
Ing. Julio César Campos Paíz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Campos:

Por medio de la presente informo a usted que como asesor he revisado el trabajo de graduación

titulado PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO BAJO ESTÁNDARES INTERNACIONALES AMBIENTALES SEGÚN LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ISO 14,001:2,004 del estudiante José Julián Pellecer Girón, No. de carnét 8511223.

En tal virtud lo doy por aprobado, solicitándole darle el trámite respectivo.


Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
Asesor

cc. Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor del trabajo de graduación titulado, PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO BAJO ESTÁNDARES INTERNACIONALES AMBIENTALES SEGÚN LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ISO 14,001: 2004, del estudiante José Julián Pellecer Girón, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área



Guatemala, febrero de 2012.

/behdei.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO BAJO ESTÁNDARES INTERNACIONALES AMBIENTALES SEGÚN LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ISO 14,001: 2004, del estudiante José Julián Pellecer Girón, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, marzo de 2012

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de *conocer* la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO BAJO ESTÁNDARES INTERNACIONALES AMBIENTALES SEGÚN LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA ISO 14001:2004**, presentado por el estudiante universitario: **José Julián Pellecer Girón**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, marzo de 2012

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Creador supremo, luz y guía en mi vida.
Mi madre	Marta Aurelia Girón Ruano de Pellecer (q.e.p.d.), que desde el cielo me ha acompañado.
Mi padre	Marco Tulio Pellecer Morataya por su incondicional apoyo y cariño.
Mi esposa e hijos	Ruvis Yesenia Espina de Pellecer, Pablo José y José Julián con amor y en reconocimiento a su paciencia y entrega para ayudarme a culminar esta etapa de mi vida.
Mi hermana	Claudia María Pellecer Girón por todo su cariño.
La Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad San Carlos de Guatemala	Gracias por su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SIMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE UNA BUENA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	1
1.1. Clasificación y definición de los diferentes tipos de mantenimiento	1
1.2. Mantenimiento predictivo	2
1.3. Mantenimiento correctivo	4
1.4. Mantenimiento total productivo- TPM	8
1.5. Principios para iniciar una gestión del mantenimiento	10
1.5.1. Elementos para la administración del mantenimiento	13
2. BENEFICIOS AMBIENTALES DE UN CONTROL DESDE LA SELECCIÓN DE EQUIPOS	19
2.1. Selección de equipos eficientes.....	19
2.2. Control de aspectos ambientales desde la selección de equipos	22
2.3. Beneficios para la empresa con una gestión eficiente del mantenimiento	23

3.	ORGANIZACIÓN Y NORMA ISO 14001.....	27
3.1.	ISO	27
3.2.	El trabajo de ISO y los Comités Técnicos – CT	29
3.3.	La norma ISO 14001.....	32
3.4.	Orígenes y uso potencial de las normas ISO 14001	33
4.	PROPUESTA DEL PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO SEGÚN REQUISITOS DE NORMA ISO 14001:2004	37
4.1.	Requisitos generales para el plan de gestión de mantenimiento, definición del alcance	38
4.2.	La política del mantenimiento con compromiso ambiental	41
4.3.	La planificación de la gestión del mantenimiento	43
4.3.1.	Aspectos ambientales	45
4.3.2.	Requisitos legales y de otro tipo	49
4.3.3.	Objetivos y metas programa de gestión del mantenimiento.	50
4.4.	Implementación y operación.....	53
4.4.1.	Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad	53
4.4.2.	Competencia, formación y toma de conciencia.....	55
4.4.3.	Comunicación	59
4.4.4.	Documentación de la gestión del mantenimiento.....	60
4.4.5.	Control de documentos	63
4.4.6.	Control operacional.....	65
4.4.7.	Preparación y respuesta ante emergencias	68
4.5.	Verificación.....	71
4.5.1.	Seguimiento y medición	72
4.5.2.	Evaluación del cumplimiento legal	74
4.5.3.	No conformidad, acción correctiva y preventiva	76
4.5.4.	Control de los registros	77

4.5.5. Auditoría interna	78
4.6. Revisión por la dirección	80
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA.....	87
ANEXOS	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Proceso de acción de Pinzas	3
2.	Logotipo ISO	28
3.	Organigrama del Comité Técnico 207	30
4.	Etapas para la elaboración y aprobación de norma	31
5.	Bases del modelo de mejora continua	40
6.	Modelo de mejora continua según ISO 14001	41
7.	Ejemplo de aspectos ambientales a controlar	48
8.	Esquema para un plan de emergencia.....	70

TABLAS

I.	Factores para selección de equipos nuevos	22
II.	Beneficios para la empresa	26
III.	Temas de la gestión ambiental incluidos en familia ISO 14000	33
IV.	Potencialidad de uso de ISO 14001	35
V.	Requisitos generales	38
VI.	La política ambiental	42
VII.	Aspectos ambientales	46
VIII.	Requisitos legales y de otro tipo.....	49
IX.	Objetivos, metas y programas.....	51
X.	Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad	54
XI.	Competencia, formación y toma de conciencia	56
XII.	Comunicación.....	59

XIII.	Documentación	61
XIV.	Control de documentos	64
XV.	Documentos requeridos para la gestión del mantenimiento	65
XVI.	Control Operacional	66
XVII.	Preparación y respuesta a emergencias.....	68
XVIII.	Seguimiento y medición	72
XIX.	Evaluación del cumplimiento legal	75
XX.	No conformidad, acción correctiva y preventiva.....	76
XXI.	Control de los registros	77
XXII.	Auditoría interna.....	79
XXIII.	Revisión por la dirección	81

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo



Significado

Dirección de flujo



Toma de decisión y acción

GLOSARIO

Aspecto ambiental	Elementos de las actividades, productos o servicios que interactúan con el medio ambiente para producir impactos ambientales.
Comité Técnico-CT	Grupos de trabajo creados por el Consejo de Administración Técnica con el fin de realizar trabajos específicos propios de la gestión de la ISO.
Control Operacional	Se conoce con el nombre de control operacional al conjunto de procedimientos documentados que requiere la gestión en sus actividades operativas.
FMEA	Análisis de modo de falla y efecto.
FMECA	Análisis del modo de fallo, efecto y criticidad

FTA

Análisis de árboles de fallo

Impacto ambiental

Efecto que genera una determinada acción sobre el ambiente, los impactos ambientales pueden ser positivos o negativos dependiendo de la forma de impactar el ambiente.

ISO

Significa igual, palabra que ha sido oficialmente adoptada por la Organización Mundial de Normalización.

ISO 14001

Única norma de la serie 14000 que ha sido diseñada para fines de certificación o de auto declaración voluntaria de conformidad.

PGA's

Programa de gestión ambiental.

SGA

Sistema de gestión ambiental.

TPM

Total Productive Maintenance
Mantenimiento Productivo Total.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación está fundamentado en el hecho de que corresponde al sector académico universitario vinculado con la gestión industrial, y en este caso específicamente a la gestión del mantenimiento mecánico, brindar el apoyo y las guías base, para contribuir con una actividad responsable con el medio ambiente, que contribuya positivamente al desarrollo sostenible de Guatemala. El sector productivo industrial representa más del 85% del total de empresas establecidas formalmente, los cuales fabrican una gran cantidad de productos, y generan bienes y servicios consumidos a nivel nacional e internacional.

Este trabajo surge tomando en consideración la formación académica del proponente, integrado a la experiencia profesional adquirida en la gestión del mantenimiento mecánico por más de 20 años en el sector industrial de Guatemala.

La importancia del mismo radica en el hecho que los impactos ambientales relacionados con la actividad del mantenimiento únicamente se controlarán mediante una gestión integrada eficaz y eficiente, por lo tanto para desarrollar este trabajo se siguieron los lineamientos internacionales aceptados, tal es el caso de los requisitos establecidos por la normas ISO 14001. Esto significa que todos los aspectos ambientales son gestionados desde la fuente generadora y se toman en cuenta desde la planificación contando con el involucramiento de todos los que lo tienen bajo su responsabilidad ejecutarlo de tal manera que se puedan gestionar todas las acciones para prevenir y corregir impactos.

El presente trabajo de graduación es desarrollado tomando como documento de referencia la norma internacional voluntaria ISO 14001:2004, a través de una descripción literal de los requisitos de norma, integrando una explicación detallada e interpretando cada uno de los requisitos en ella especificados asociándolo a los principios generales de mantenimiento mecánico. Tomando en consideración los siguientes elementos:

Establecer los requisitos básicos de un plan bien estructurado para la gestión del mantenimiento mecánico a través de la recopilación y comparación bibliográfica.

Finalmente, contrastar estos requisitos básicos tradicionales con los requisitos de norma para establecer su complementariedad e integración, y describir la propuesta de desarrollo e implementación tomando en consideración los temas relevantes de las gestiones eficaces actuales.

OBJETIVOS

General

Proponer un plan para la gestión del mantenimiento mecánico bajo estándares internacionales ambientales según los lineamientos establecidos por la Norma ISO 14001:2004.

Específicos

1. Difundir a través de un documento consolidado, los elementos requeridos para la gestión del mantenimiento mecánico industrial siguiendo los requisitos de la Norma ISO 14001:2004, como herramienta de gestión.
2. Integrar en un documento los principios fundamentales del mantenimiento mecánico con los requerimientos ambientales establecidos por una norma internacional.
3. Proponer controles operacionales aplicables a una gestión del mantenimiento mecánico con enfoque ambiental.

INTRODUCCIÓN

A través del presente trabajo se provee un documento de referencia que de forma estructurada establece los lineamientos de cómo se debe gestionar el mantenimiento tomando en consideración la protección ambiental. Este enfoque está sustentado fundamentalmente en dos aspectos:

- El mantenimiento es el proceso mediante el cual se asegura la fiabilidad de los equipos y donde se ejecutan el mayor número de actividades que pueden ocasionar daños al medio ambiente.
- La protección medioambiental debe gestionarse integrada a los procesos donde se originan los impactos.

Relacionado a ello se define la necesidad de un mantenimiento ambientalmente responsable y que se define como el mantenimiento cuya administración está desarrollada tomando en consideración los aspectos ambientales del mismo, mediante la implementación de un conjunto de requisitos administrativos, que aseguran la reducción del riesgo del impacto ambiental de los equipos y de las acciones de mantenimiento desde la fuente de origen.

Las acciones para prevenir daños al medioambiente deben ser dirigidas a las personas, los equipos y los procesos de mantenimiento. Los factores causales más importantes deben ser identificados ya que su ocurrencia puede propiciar un impacto al medio ambiente.

Desde el punto de vista gestión del mantenimiento los impactos ambientales pueden medirse en función de: los errores humanos, la ausencia de mantenimiento, la aplicación de políticas de mantenimiento incorrectas y procesos de mantenimiento no controlados.

El trabajo está estructurado en cuatro capítulos y anexos. El capítulo uno presenta los antecedentes teóricos y prácticos que se deben considerar sobre la gestión del mantenimiento, estableciendo su importancia y relación con una eficaz operación.

El capítulo dos presenta un control inicial a considerar en la selección de equipos tomando en consideración la minimización de los aspectos ambientales asociados a su operación.

El capítulo tres abordará las generalidades sobre las Normas ISO, su origen e importancia a nivel internacional. Finalmente el capítulo cuatro contiene la propuesta del plan de gestión del mantenimiento siguiendo los lineamientos especificados por la Norma ISO 14001:2004, que guiarán a los usuarios potenciales durante la planificación, implementación, operación y seguimiento de un sistema de gestión del mantenimiento considerando los aspectos ambientales asociados.

1. ANTECEDENTES TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE UNA BUENA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

1.1. Clasificación y definición de los diferentes tipos de mantenimiento

Para que los trabajos de mantenimiento sean eficientes es necesario: contar con una planificación precisa y anticipada del trabajo que permita lograr una distribución correcta de los recursos, sin perder de vista los objetivos primordiales de dicha actividad; el cero averías, cero defectos, cero accidentes, cero impactos ambientales, que dan como resultado un aumento de la tasa de operación de los diferentes equipos, impactando directamente en la reducción de costos, la reducción de inventarios, y que ayudan a mejorar la moral y la productividad del personal haciendo mas eficiente y eficaz el proceso productivo.

La gente que ha estudiado el mantenimiento mecánico ha hecho una división de cuatro grandes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo: se efectúa cuando las fallas han ocurrido; su proximidad es evidente.
- Mantenimiento preventivo: se efectúa para prever las fallas con base en parámetros de diseño y condiciones de trabajo supuestas.
- Mantenimiento predictivo: prevé las fallas con base en observaciones que indican tendencias.
- Mantenimiento productivo: mantenimiento diario realizado por los operadores mismos de los equipos.

Muchas personas consideran al predictivo y al preventivo como uno solo, ya que la línea que los separa es muy sutil. Para efectos de este estudio se agruparan en un solo tipo (preventivo).

Desde el punto de vista económico, las actividades de mantenimiento pueden agruparse en tres clases:

- Mantenimiento directo. Se aplica al equipo productivo.
- Mantenimiento indirecto. Comprende las actividades de modificación o modernización del equipo, instalaciones, edificios, etc., que tienden a evitar o reducir fallas, mejorar las condiciones de operación o alargar su vida.
- Mantenimiento general. Abarca todo el trabajo de mantenimiento rutinario que se aplica a las instalaciones, edificios y estructuras (no al equipo de producción).
- Mantenimiento de aseo. Incluye los trabajos rutinarios necesarios para conservar el equipo o el inmueble en razonables condiciones de higiene y apariencia.

1.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo puede agruparse en dos clases: mantenimiento rutinario y mantenimiento de emergencia. El mantenimiento rutinario es la corrección de fallas que no afectan mucho a los sistemas y el mantenimiento correctivo de emergencia se origina por las fallas de equipo, instalaciones, edificios, etc., que requieren ser corregidos en plazo breve. En el medio centroamericano institucional y empresarial prevalece, por una mala concepción de ahorro este tipo de mantenimiento.

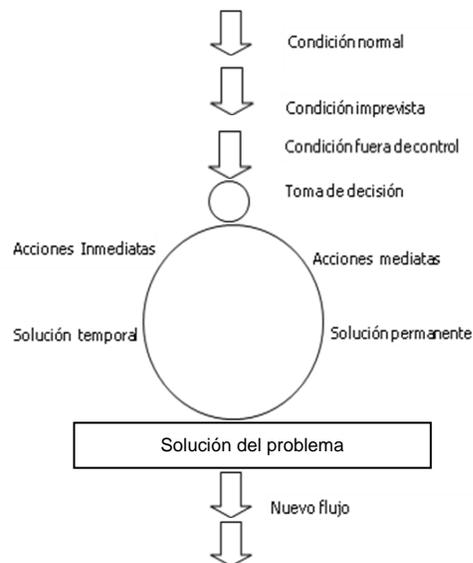
Las acciones necesarias para el mantenimiento correctivo son:

Primero se deben realizar acciones inmediatas para reencauzar la condición u operación. Una vez iniciada se debe empezar en cuanto sea posible la toma de decisiones sobre acciones mediatas que conduzcan a la solución del problema.

Las condiciones resultantes del primer grupo de acciones son de carácter temporal. El segundo grupo de acciones debe conducir a soluciones tan permanentes o definitivas como sea posible. Cuando existe un buen mantenimiento no debe haber fallas repetitivas que provoquen situaciones de emergencia.

A continuación en la figura 1 se muestra el proceso descrito, mismo al que se denomina acción de pinzas.

Figura 1. **Proceso de acción de pinzas**



Fuente: elaboración propia.

En el medio centroamericano institucional y empresarial prevalece, por una mala concepción de ahorro este tipo de mantenimiento, desafortunadamente el empresario, el gerente, o el ingeniero de mantenimiento no ha visualizado el efecto negativo en la productividad, en los resultados finales de la compañía y por ende en el ambiente de gestionar mediante este tipo de mantenimiento sus equipos. Hay también que recordar que entre los costos indirectos están asociados a están: pérdida de prestigio por incumplimiento de programas de producción y entregas, primas por accidentes, litigios y demandas, desmotivación a la calidad y productividad, etc.

1.3. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se caracteriza por evitar que las fallas ocurran mediante el servicio y reparación o reposición programada. También se caracteriza por detectar las fallas en su fase inicial y la corrección en el momento oportuno, ya que la necesidad de un trabajo o servicio en forma ininterrumpida y confiable obliga a ejercer una atención constante sobre el grupo de mantenimiento. Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema preventivo, con la experiencia que gana, cataloga la causa de algunas fallas típicas y llega a conocer los puntos débiles de instalaciones y máquinas.

Dentro de algunas ventajas de mantenimiento preventivo se puede mencionar:

Seguridad. Las obras e instalaciones sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad.

Vida útil. Una instalación tiene una vida útil mucho mayor que la que tendría con un sistema de mantenimiento correctivo.

Coste de reparaciones. Es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo mediante la compra oportuna de repuestos, la contratación de servicios y la programación de paros.

Inventarios. También es posible reducir el costo de los inventarios empleando el sistema de mantenimiento preventivo ya que permite asegurar en que momento y por cuanto tiempo el equipo deberá detenerse de ser necesario para hacer las reparaciones adecuadas.

Carga de trabajo. La carga de trabajo para el personal de mantenimiento preventivo es más uniforme que en un sistema de mantenimiento correctivo ya que la programación de las actividades permite una mejor distribución de las tareas.

Aplicabilidad. Mientras más complejas sean las instalaciones y más confiabilidad se requiera, mayor será la necesidad del mantenimiento preventivo.

Medio Ambiente. Mediante la programación oportuna de las actividades de mantenimiento preventivo respecto al ambiente se alcanzan dos objetivos primordiales. Uno el poder programar también oportunamente el manejo de los impactos derivados de la misma actividad del mantenimiento. Segundo al poder programar adecuadamente un mantenimiento de los equipos permite el mantener la eficiencia de los equipos, permite mantener la calidad de los productos, permite mantener el consumo energético de las máquinas de forma adecuada impactando de mejor forma el ambiente.

El reto al desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para un determinado equipo consiste en determinar, que debe inspeccionarse, con qué frecuencia se debe inspeccionar y evaluar, a qué debe dársele servicio, con qué periodicidad se debe dar el mantenimiento preventivo, a qué componentes debe asignárseles vida útil, cuál debe ser la vida útil y económica y ambiental de dichos componentes, que tipo de recursos técnicos se necesitan. Para determinar los puntos anteriores se recurre inicialmente a la recomendación del fabricante, recomendación de otras instalaciones similares, experiencias propias y el análisis de ingeniería, en todos los casos la evaluación de aspectos e impactos ambientales deben de ser considerados de forma adecuada.

La inspección es una herramienta para determinar lo que debe revisar para lo cual también se establecen algunas recomendaciones siguientes:

- Todo lo susceptible de falla mecánica progresiva, como desgaste, corrosión y vibración.
- Todo lo expuesto a falla por acumulación de materias extrañas: humedad, envejecimiento de materiales aislantes, etc.
- Todo lo que sea susceptible de fugas, como es el caso de sistemas hidráulicos, neumáticos, de gas y tuberías de distribución de fluidos.
- Lo que con variación, fuera de ciertos límites, puede ocasionar fallas como niveles de depósito de sistemas de lubricación, niveles de aceite aislante, niveles de agua fallas al equipo y fallas de los productos que en los equipos se fabrican.
- Los elementos regulares de todo lo que funcione con características controladas de presión, gasto, temperatura, holgura mecánica, voltaje, etc.

Los equipos y trabajos a mantener, corresponden también a una clasificación de componentes tal como se especifica a continuación:

- Componentes no reparables. Aquellos que se desechan al agotar su vida útil o al fallar, para estos es necesario la generación de planes de acción para que la disposición final de los mismos sea adecuada y con un impacto mínimo al medio ambiente especialmente en materiales que por su característica contengan productos químicos sólidos, líquidos o gaseosos que puedan impactar directa o indirectamente el agua, el suelo, el aire.
- Componentes reparables o reconstruibles. Aquellos que al agotar su vida útil o al fallar se sustituyen y se envían a talleres para su inspección, reparación, ajuste, calibración, pruebas, etc., después de lo cual quedan disponibles para ser instalados de nuevo. En el tema ambiental por tratarse de un proceso integral se deben seleccionar proveedores de servicio que a su vez garanticen que los impactos ambientales sean controlados y se manejen adecuadamente, el ingeniero de mantenimiento debe de seleccionar proveedores de servicio que puedan garantizar que el impacto esté controlado al realizar sus operaciones.

Todo esto sujeto a una planeación del mantenimiento. La planeación permite estimar las actividades que estarán sujetas a la cantidad y calidad de mano de obra necesaria, los materiales y repuestos que se deberán emplear, así como el equipo y el tiempo probables en el trabajo que se pretende desarrollar.

1.4. Mantenimiento productivo total-TPM

El mantenimiento productivo total (TPM por sus siglas en inglés) es un sistema mediante el cual el operador o usuario de los equipos se encarga de tareas básicas pero vitales en el mantenimiento como lo son: el orden, la limpieza, la lubricación, y los ajustes menores de los diferentes elementos que componen un sistema mecánico, y aunque en éstas regiones aun se considera como un mantenimiento de tipo complementario en países y regiones mas desarrolladas industrialmente es todo menos un tema complementario y se considera vital para garantizar la eficacia de los procesos productivos.

Los objetivos primordiales del TPM consisten en lograr cero paros cero defectos y máximo rendimiento de los equipos. Para lograr estos objetivos se debe tener el dominio de las seis grandes pérdidas que son el obstáculo para la efectividad de operaciones: 1.- Falla de equipos 2.- Puesta a punto y ajustes o pérdida de velocidad 3.- Tiempo ocioso y paros menores 4.- Reducción de velocidad por defectos de calidad 5.- Defectos en el proceso 6.- Reducción de rendimiento

El mantenimiento tradicional en la mayoría de los casos únicamente tiene como objetivo reducir y minimizar las fallas en el equipo y su procedencia, sin embargo el TPM analiza resuelve y evita también paros innecesarios de operación, bajas de velocidad, defectos de calidad de los productos en fabricación atribuibles a fallas mínimas como ajustes menores, tornillos sueltos, lubricación limitada o exagerada, falta de limpieza, cambios de herramental.

Sin embargo, la detección de estas seis fallas debe estar acompañada a un análisis adecuado completo y profundo, con la participación de todos los componentes de la organización pues el mantenimiento productivo total implica la participación de todos desde la alta dirección hasta los usuarios finales del equipo y servicios. El análisis de las fallas deberá de hacerse en forma consistente y adecuada hasta localizar la causa raíz de la desviación de desempeño y su solución, este tipo de análisis evitará que las operaciones convivan con la falla.

Esta tarea se logra con la capacitación constante, y el entrenamiento de los diferentes equipos de trabajo, lo que desarrollará la habilidad técnica y la técnica de detección que a su vez llegará a convertirse en un hábito.

El funcionamiento del TPM debe estar fundamentada en:

- Procedimientos de operación
- Prevención del deterioro
- Mejoras en las condiciones de diseño
- Mejoras en la habilidad de resolución
- Promoción e implementación de las ideas de mejora

El TPM acompañado de un mantenimiento predictivo y preventivo así como de un sistema de inspecciones auxiliaran de manera importante al desempeño adecuado de los equipos, su implementación requiere un cambio de mentalidad un cambio de actitud de todos los actores.

1.5. Principios para iniciar una gestión del mantenimiento

Según el autor del libro Manual para el mantenimiento, se deben de considerar seis principios fundamentales que son aplicados regularmente a una gestión del mantenimiento exitosa. Estos principios son la base para aplicar un plan de mantenimiento que funcione, si por el contrario no se aplican, difícilmente se lograrán los resultados esperados para la gestión del mantenimiento. A continuación se describen los seis principios referidos:

- La mejor productividad resulta cuando cada colaborador en una organización tiene un trabajo definido para realizarlo de una forma y en un tiempo establecido.

Este principio científico de la administración fue formulado por Frederick W. Taylor en los 1800's y aún continua siendo la piedra angular de la administración y la gestión del mantenimiento no es la excepción

- La medición viene antes del control.

Si un mecánico recibe un trabajo específico para ser realizado a través de un método y en un tiempo establecido, él sabe lo que el gerente espera. El gerente ha proporcionado una meta para el trabajo. Cuando se obtiene retroalimentación efectiva del trabajo recién realizado y el tiempo empleado, esto es el resultado de combinar esfuerzo administrativo y operativo. El control empieza cuando la supervisión compara el resultado contra la meta. Cuando el supervisor piensa sobre la diferencia entre lo planeado y los resultados actuales, y entonces el supervisor da nuevas instrucciones a los colaboradores de mantenimiento, el ciclo del control se ha completado y la mejora continua se produce.

- El servicio y la relación con el cliente es la base de una organización exitosa.

La justificación natural para la existencia de la actividad de servicio de mantenimiento está establecida en que operación requiere los equipos y la infraestructura para llevar a cabo las responsabilidades funcionales de producir. Estas facilidades deben ser mantenidas en un nivel consistente, a un buen costo, en la cantidad y la calidad requerida. El costo de mantenimiento es parte del costo total de la operación y adicionalmente los fondos para esta actividad son presupuestados dentro del departamento de operaciones. En resumen, el cliente paga la factura. Operaciones es el cliente-jefe, o el usuario de los servicios de mantenimiento.

El departamento de mantenimiento provee los servicios requeridos. Esta relación de servicios al cliente es el fundamento para la asignación de autoridad y responsabilidad para los miembros del equipo en una organización. Una organización bien definida debe estar habituada a procesar el flujo de actividades relacionadas con el mantenimiento y proyectos requeridos, si este trabajo se realiza en una rutina de manera ordenada. El enfoque de equipo establecida por la estructura organizacional es vital para el activo y consistente control del mantenimiento. Esta estructura organizacional enfocada en el servicio al cliente, es decir la relación entre los departamentos de operación y mantenimiento.

Ya que el usuario del servicio de mantenimiento es quien paga, el usuario debe tener la autoridad para decidir qué es lo que tiene que hacerse (descripción del trabajo) y cuando (prioridad). El proveedor del servicio-mantenimiento- es el responsable de dar los resultados deseados. Éste debe tener la autoridad para decidir cómo, y además debe sugerir con autoridad

cuando debe de realizarse el trabajo/servicio. Esta autoridad es puesta en evidencia cada vez que el Departamento de Mantenimiento recomienda reparaciones, incluyendo el mantenimiento preventivo mayor, total, modificaciones y mejoras que ayudan a operaciones a alcanzar los objetivos en costo y funcionales.

A pesar de que los objetivos de operaciones y mantenimiento tienen diferentes prioridades y tiende a ser una relación antagónica se puede administrar, siempre y cuando los responsables del proceso estén consientes de este problema potencial y actúen sobre él. Esta relación básica al momento de proveer el servicio de mantenimiento se hace extremadamente importante para el éxito diario de operaciones. Todos los supervisores deben entender y diariamente actuar sobre este enfoque del trabajo en equipo para el cumplimiento de los objetivos.

- El tamaño del equipo de trabajo debe ser la menor cantidad posible necesaria para realizar un trabajo usando un método representativo para realizarlo de manera segura. La mayoría de las tareas requieren un equipo de uno.
- Puntos de control calendarizados de una manera oportuna.

Los trabajos deben ser programados con intervalos y frecuencia suficiente de tal manera que la detección de los problemas ocurra a tiempo, y la realización del trabajo sea oportuna.

- El control de un trabajo depende definitivamente, de la responsabilidad individual de la persona que lo está ejecutando, así como de la supervisión de la cadena de mando.

El Departamento de Mantenimiento es responsable de desarrollar, implementar y operar el soporte necesario para llevar a cabo el programa de mantenimiento. Cada supervisor es responsable de la correcta y completa condición de su sistema dentro de su círculo de influencia.

Tomando en consideración los principios principales del Mantenimiento, con excepciones muy aisladas, todas las empresas, públicas o privadas de Centro América, incorporan la gestión del mantenimiento como parte de sus actividades rutinarias.

En forma simple, se puede decir que la gestión del mantenimiento se refiere a todas aquellas actividades que una empresa u organización efectúa, destinadas a asegurar la fiabilidad de los equipos.

1.5.1. Elementos para la administración del mantenimiento

En ingeniería y administración se sabe que reglamentos, programas, instructivos de mantenimiento, etc., son guías que se deben cumplir, pero que a medida que se gana experiencia deben modificarse o incluso eliminarse. La flexibilidad que se debe tener para mejorar un sistema, programa, formato, etc., es lo que se entiende por mejora continua consistente. Los programas de mantenimiento deben ser dinámicos, se elaboran con base en experiencias previas en el lugar, conocimiento del jefe o del grupo, manuales de equipo, recomendaciones del fabricante, etc. Dos puntos básicos que hay que considerar en la elaboración de los programas de mantenimiento son el principio de Pareto y el análisis del modo, criticidad y efecto de falla, tal como se inició a analizar en el mantenimiento productivo total.

A continuación se describen cada uno de los elementos para la administración del mantenimiento que deben implementarse para lograr programas de mantenimiento que soporten las operaciones con calidad y con los costos esperados.

- Detección grupal de fallas

El enorme potencial del razonamiento grupal radica, en el hecho de que hay una retroalimentación (*feed back*) entre los integrantes del grupo. Se considera fundamental la participación activa de todas las personas relacionadas (y aún de las no directamente relacionadas con el asunto).

- Ceguera de taller

Cuando por primera vez se pasa por alto una condición anómala o deficiente la probabilidad de pasarla por alto una segunda vez aumenta, y así sucesivamente. Cuando en cualquier sitio hay una condición que puede mejorarse y no sucede así, es casi seguro que se vuelva costumbre verla, en este tipo de elementos es donde el TPM es fundamental para la resolución permanente al tema, sin embargo existen otros métodos tales como el utilizado en algunos talleres industriales se ha estudiado el asunto, y para solucionarlo se ha pedido que personas desconocidas dedicadas a trabajos similares a los que se realizan visiten otros talleres y den sus sugerencias. Se recomienda que el departamento de mantenimiento tenga un sistema de inspección de condiciones de seguridad, operación, imagen. El mejor provecho se obtiene si se dispone de metodología para la recopilación, análisis y procesamiento de esta información.

- El principio de Pareto

Este principio es una guía para jerarquizar los problemas en áreas como fiabilidad y control de calidad. El principio de Pareto también es conocido como la ley del 20-80 o de los pocos vitales y muchos triviales. Lo último significa que el 80% de la magnitud de las consecuencias es originada por el 20% de las causas.

En la ingeniería de mantenimiento hay que resolver problemas que tienen una causa y con frecuencia un grado de dificultad. Lo que conviene es aplicar el esfuerzo a aquellos problemas más importantes ordenándolos por la gravedad de las consecuencias que acarrearían.

El ingeniero de mantenimiento debe obtener del principio anterior las bases para la toma de decisiones acerca de las formas de atacar los problemas de mantenimiento, muchas decisiones se estructuran tomando en consideración algunos criterios tales como: la cantidad y tipo de material y repuestos que deben existir, la cantidad de personas que deben asignarse a cada actividad, los equipos/máquinas críticos donde se debe extremar al personal, recursos y atención, los temas en que debe capacitar al personal así como los equipos e instalaciones que deben tener respaldo.

- Clasificación de defectos

Los defectos que se encuentran en los equipos, edificios e instalaciones se deben clasificar en grupos. Se recomienda adoptar una clasificación establecida por la Organización Internacional ISO, tal como es la propuesta que detalla el presente trabajo especial de graduación, a continuación ejemplos de clasificación contenida:

- Defecto. Cualquier discordancia de un elemento con algún requisito específico.
- Defecto crítico. Se teme que pueda constituir un perjuicio para las personas que tengan que utilizar o conservar el producto.
- Defecto mayor. No es crítico aun pero que puede ocasionar una falla o merma en el equipo o sistema.

Es importante tener en cuenta que se considera como defecto tomando en cuenta la geometría, constitución, acabado, apariencia, estética, función, rendimiento, comportamiento, eficiencia. Todos los defectos críticos deben documentarse y observar de cerca su solución hasta su erradicación, incluyendo medidas preventivas que deberán seguirse. Entre los defectos críticos de seguridad más comunes están: los elementos estructurales de edificio mal construido o diseñado, escape de gases o humos tóxicos o explosivos, salidas o equipos de emergencia inoperantes, infiltraciones contaminantes al agua potable/proceso, instalaciones eléctricas en condiciones críticas.

En el mantenimiento es muy valioso usar todos los sentidos para detectar anomalías o potenciales puntos de problema. Un buen ingeniero/operador de mantenimiento tiene ventajas en su trabajo si sabe observar, escuchar, oler, y palpar las instalaciones y equipos. Es importante también considerar que en el departamento de mantenimiento debe haber una buena manera de trascender en el trabajo dejando registros o documentos que sean el resultado de la experiencia diaria de la labor. Finalmente se debe implementar y documentar un control de información y que permita dar el seguimiento y medición necesaria y requerida para el proceso.

Sin embargo, en la actualidad, en la mayoría de los foros, ya sean económicos, políticos, sociales o industriales, la administración tradicional de las actividades productivas y en este caso las de mantenimiento ya no es suficiente, se debaten aspectos esenciales como el impacto ambiental y la supervivencia humana, el desarrollo sostenible es la única opción que queda al hombre para salvarse a sí mismo y es la vía para garantizar la convivencia óptima del crecimiento económico sostenido, la diversidad de oportunidades para los hombres y el equilibrio ecológico. En el contexto de la microeconomía, el desarrollo sostenible significa orientarla hacia la ecoeficiencia, que a su vez es, producir de manera creciente bienes y servicios útiles mientras se reducen sus niveles de consumo y contaminación por el empleo de tecnologías adecuadas.

El problema ambiental es el resultado de la acción del hombre sobre su entorno, por lo tanto la ética profesional significa preguntarse desde la labor que ocupe cada uno en la sociedad, como se está contribuyendo a este problema, tomando como referencia el principio esencial del obrar humano que es hacer bien y evitar el mal.

La ética profesional relacionada al tema ambiental, es sólo alcanzable a través de la educación profunda en este tema, como vía para el desarrollo en el hombre de una conducta que le posibilite establecer sus propias relaciones con el medioambiente, donde entienda cual es su participación y cuales son los aspectos e impactos ambientales con los que se interrelaciona, al conocer esto se deberá de generar un compromiso profesional con sus actividades que le permita mejorar dicha relación.

2. BENEFICIOS AMBIENTALES DE UN CONTROL DESDE LA SELECCIÓN DE EQUIPOS

2.1. Selección de equipos eficientes

La selección de nuevos equipos que serán adquiridos para el proceso productivo que requerirán mantenimiento mecánico industrial, según la finalidad del presente trabajo especial de graduación, es una parte complementaria de la gestión del mantenimiento ecoeficiente, la cual debe realizarse desde el estudio de inversión, que se elabora para tomar la decisión de compra.

El análisis técnico para la evaluación y selección de equipos debe iniciar cuando se determina la necesidad y aplicabilidad de una inversión, se cuente con la disponibilidad de recursos, y se conozcan las características del producto necesitado.

Desde el punto de vista técnico se toman en cuenta elementos tales como: versatilidad del equipo, es decir la diversidad de productos que se puedan producir, la precisión enfocado a la calidad del producto, capacidad de producción de tal manera que se pueda abastecer la demanda prevista para esa nueva adquisición, la confiabilidad del equipo a través del respaldo técnico, facilidad del montaje que permita reducir los tiempos muertos y la adaptabilidad a las condiciones energéticas que determine la factibilidad de instalación. Así mismo, debe considerarse los factores para el control de la calidad del producto y del equipo a través de la disponibilidad de sistemas de monitoreo y control. Y finalmente debe tomarse en cuenta la seguridad de operación.

El montaje del equipo debe permitir el acceso necesario para el mantenimiento, y que el mismo pueda operarse de forma sana y segura.

Desde el punto de vista ambiental los elementos fundamentales a considerar son: durabilidad del equipo, es decir mayor resistencia al desgaste según la operación planeada, consumo eficiente de recursos energéticos es decir menor consumo de energía por unidad de producción terminada, generación mínima de emisiones ambientales tanto al agua, suelo y aire, es decir producción con la generación mínima de desperdicios contaminantes, todos los factores anteriores están directamente asociados al costo con el que se logre fabricar el producto final, el equipo también debe de contar con dispositivos e infraestructura incluida para el control de los aspectos ambientales.

Finalmente, deben considerarse los elementos asociados a la operación y mantenimiento seguro tomando en cuenta los elementos ergonómicos, dispositivos de seguridad, peso y requerimientos de espacios e infraestructura adicional.

En la tabla I se incluye un ejemplo de algunos de los factores a considerar para la selección de equipos nuevos en general y específicamente para los factores ambientales.

Adicionalmente, para el proceso de selección debe evaluarse más de un proveedor, con la finalidad de poder tener varias opciones que permitan el análisis y la comparación según los equipos y las características deseadas. Una vez recibida la información, la misma será analizada para verificar que contenga todos los requerimientos solicitados. Si la información de algún proveedor es incompleta, deberá solicitarse a éste que envíe la porción de información

faltante, a fin de poder tener una evaluación equitativa. Si la información no se encuentra disponible por parte del proveedor, al equipo se le asignará una puntuación más baja ya que la falta de información por sí misma puede considerarse como parámetro de comparación que permita determinar la calidad y respaldo del equipo.

Es recomendable integrar un grupo de evaluación, así una vez recopilada toda la información, la misma será tabulada de acuerdo con los factores de evaluación previamente convenidos en el grupo.

Dependiendo del tipo de maquinaria, se utilizarán algunos o todos los factores de evaluación, de acuerdo con los aspectos que tengan, para el caso, mayor interés. Una vez evaluados los equipos, se escogerá el que obtenga mayor puntuación total, de acuerdo con los factores de evaluación utilizados.

Si después de haberse hecho la evaluación, existe preferencia por la adquisición de uno de los equipos que no haya obtenido la mayor puntuación, es recomendable hacer una justificación escrita por dicha preferencia, y la misma se debe adjuntar a la evaluación para consideraciones futuras.

Tabla I. Factores para la selección de equipos nuevos

Factor de evaluación	Propósito	Técnico	Ambiental	Seguridad
Inversión de Capital	Disponibilidad de Recursos	X		
Aplicabilidad del Equipo	Características del Producto	X	X	X
Operación con Mínimo Desgaste	Durabilidad del Equipo	X	X	X
Seguridad en la Operación	Protección del Personal	X		X
Versatilidad del Equipo	Diversidad de Productos	X	X	
Precisión	Calidad del Producto	X	X	
Capacidad de Producción	Abastecimiento de la Demanda	X	X	
Confiabilidad del Equipo	Respaldo Técnico	X		X
Facilidad de Montaje de Moldes	Tiempos Muertos	X	X	X
Adaptabilidad a Condiciones Energéticas	Factibilidad de Instalación	X	X	
Flexibilidad del Equipo	Sistemas de Monitoreo y Control	X	X	X
Acceso para el Mantenimiento	Montaje de Elementos	X	X	X
Operación con Mínimo de Desperdicios	Costo del Producto	X	X	
Servicios Auxiliares en el Proceso	Monto de la Inversión	X	X	X
Impacto Ambiental	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Consumo de Energía Eléctrica	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Consumo de agua	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Consumo de vapor	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Consumo de aire comprimido	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Consumo de combustibles tradicionales	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Consumo de insumos (grasas, lubricantes, respuestos etc.)	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Generación no deseada de calor	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Generación de emisiones atmosféricas	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Generación de ruido	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Generación de polvo	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Generación de desechos	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Generación de desperdicios de materia prima	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Generación de aguas residuales	Cuidado del Medio Ambiente	X	X	
Dimensiones de la Maquinaria	Disponibilidad de Espacio	X	X	X
Consideraciones Ergonómicas	Ambiente de Trabajo	X		X
Peso del Equipo	Montaje	X		X

Fuente: elaboración propia.

2.2. Control de aspectos desde la selección de equipos

La selección de equipos eficientes como una acción, desde el punto de vista ambiental, constituye un medio para prevenir aspectos ambientales, dado que asegura la fiabilidad de los equipos, lo que reduce el riesgo de ocurrencia de accidentes catastróficos, como incendios, explosiones, emisiones de

sustancias tóxicas etc. y a su vez reducción en consumos tales como energía, agua y/o lubricantes.

Esta operación eficiente de los equipos también reduce la fuente de contaminación, porque en su operación se disminuyen los desechos peligrosos (sólidos, líquidos y gaseosos). Un equipo/producto es mas ecológico si el riesgo daño ambiental asociado es menor comparado con otros que prestan el mismo servicio.

Relacionado a ello, se define que la selección y compra de equipos nuevos debe estar asociado a una gestión integrada que incluye la adquisición, el mantenimiento y la gestión ambiental. Esto se logra mediante el establecimiento de un conjunto de acciones técnico-organizativas, que aseguran el control de los aspectos ambientales y la disminución del impacto y del riesgo ambiental asociados a los equipos y las acciones de mantenimiento.

Las acciones encaminadas a la preservación del medio ambiente en el mantenimiento deben tener carácter preventivo y estar integradas a los trabajos que generan los impactos. Para asegurar que la prevención tenga efecto, todas las acciones (técnicas, organizativas y económicas) deben haber sido tomadas y documentadas; los procesos deben estar bajo control operacional y las personas poseer los conocimientos y el entrenamiento necesario para ejecutar las acciones establecidas.

2.3. Beneficios para la empresa con una gestión eficiente del mantenimiento

Los factores causales más importantes identificados que pueden propiciar la ocurrencia de aspectos ambientales desde el mantenimiento son:

- Errores humanos
- La ausencia de mantenimiento
- La aplicación de políticas de mantenimiento incorrectas
- Los procesos de mantenimiento no controlados

El impacto ambiental provocado por errores humanos es debido fundamentalmente al incumplimiento o a la carencia de los procedimientos. La ausencia del mantenimiento se debe al pobre papel que le asignan a esta función en la organización y la deficiente cultura preventiva en este sentido. La aplicación de políticas de mantenimiento incorrectas y la falta de control de los procesos son consecuencia de una gestión organizacional deficiente.

Si por el contrario, estas deficiencias organizacionales son alineadas a una estrategia ambientalmente responsable y eficiente, sustentada por un claro compromiso por la alta gerencia muchos beneficios y ahorros vendrán como consecuencia.

Hoy día y a nivel mundial, el número de empresas que están incorporando una gestión ambiental dentro de su gestión total es exponencialmente creciente, ya que las presiones y exigencias ambientales por parte de diferentes grupos de interacción, son cada vez más fuertes, frecuentes y necesarias. Centro América no escapa de esta regla, y las empresas que desean ser sostenibles al paso del tiempo ya lo están ejecutando y contemplando como sus pilares fundamentales de gestión cada vez mas, como un insumo de competencia y un arma para optimizar su gestión organizacional total, quien no lo haga simplemente dejara de ser competitivo y como es la regla tenderá a desaparecer al paso del tiempo como han ocurrido ya muchos ejemplos recientes.

A pesar de que existirán costos importantes de inversión durante el proceso de planificación e implantación de una gestión del mantenimiento enfocada al control de los aspectos ambientales dentro de la empresa, también es claro para un mayor número de gerentes cada día, que los primeros que implementen una gestión de responsabilidad ambiental, tendrán múltiples ventajas comparativas y de oportunidades, con respecto de aquellos que se queden estáticos, viendo a sus competidores avanzar.

En la tabla II, se detallan los múltiples beneficios asociados a una gestión del mantenimiento integrado a un modelo de gestión ambiental. Algunos de estos beneficios se han obtenido a corto y mediano plazo, en tanto que otros surgirán a largo plazo.

Tabla II. **Beneficios para la empresa**

<p>Para la empresa: se ampliará el acceso a nuevos mercados, en la medida que el compromiso ambiental se vaya generalizando. Se racionalizará el consumo de agua, energía, lubricantes, repuestos, insumos con lo que se reducirán los costos de mantenimiento y por ende de operación. Se minimizarán los riesgos de reclamos por parte de clientes o comunidades vecinas. Finalmente, se optimizarán los sistemas productivos y de mantenimiento, debido a un incremento en la iniciativa y motivación de los trabajadores, así como su lealtad hacia la empresa.</p>
<p>Para los clientes: los clientes incrementarán su confianza hacia la empresa, por un mejor cumplimiento en tiempos pactados al disminuir las fallas, tiempos muertos, desperdicios y mermas, además tendrán más confianza ya la empresa está aplicando prevención antes que corrección.</p>
<p>Para el medio ambiente: mayor protección y conservación del ambiente, además del uso racional de los recursos naturales por parte de la actividad. El compromiso de prevención de la contaminación ocasionará disminución notable de consumos (agua, aire, lubricantes) y nuevamente por ende de costos.</p>
<p>Para los empleados: el personal incrementará su nivel de concienciación ambiental, se incrementará su compromiso con el medio ambiente, se mejorarán sus condiciones de trabajo y de seguridad, y se provocará un factor multiplicador fuera de su trabajo. Además, se incrementará su nivel de comunicación y de motivación, redundando en mayores iniciativas para favorecer la gestión total de la empresa.</p>

Fuente: elaboración propia.

3. ORGANIZACIÓN Y NORMA ISO 14001

3.1 ISO

ISO no es una sigla, como erróneamente se cree, ya que no corresponde a las letras iniciales de la *International Organization for Standardization* (en este caso habría sido IOS), sino que es una palabra que ha sido oficialmente adoptada por esta organización mundial de normalización, para su identificación y referencia.

La palabra ISO proviene del griego *isos* y significa igual, palabra muy adecuada para esta organización, cuya misión es promover el desarrollo de la normalización a nivel mundial (todos por igual), facilitando el intercambio de bienes y servicios, propiciando la cooperación internacional en las esferas intelectual, científica, tecnológica y económica. A la fecha, ha elaborado más de 13 000 normas internacionales para negocios, gobierno y sociedad civil.

ISO es un organismo internacional no gubernamental con sede en Ginebra, Suiza. No está afiliada a la Organización de Naciones Unidas ni a ninguna otra organización, surge después de la Segunda Guerra Mundial en 1947, y es una federación mundial constituida por los entes o cuerpos más representativos del proceso de normalización en los diferentes países afiliados y trabaja en colaboración con organizaciones internacionales, gobiernos, industrias, y organizaciones representativas de los consumidores. Puede considerarse un puente entre el sector público y privado a nivel mundial.

Al 2011 y con base en la investigación efectuada a través de Internet, la ISO está constituida por 162 países, distribuidos en tres tipos de membresía, denominados: miembro gremial, miembro corresponsal y miembro suscriptor.

En el primer caso (miembro gremial), la membresía se otorga a la entidad oficialmente responsable en su país, de procesos de normalización debidamente desarrollados, y es la única categoría que le confiere al país afiliado derechos de participación activa ante ISO, con voz y voto en cualquiera de sus múltiples Comités Técnicos (como se verá más adelante, el trabajo se realiza a través de comités). En el segundo caso (miembro corresponsal), la entidad adscrita no ha desarrollado completamente su gestión oficial en normalización a nivel de su país, por lo que no cumple aún requisitos para miembro gremial, razón por la que no tiene derecho a participación activa en los Comités Técnicos, sino únicamente acceso a todo tipo de información generada por la ISO. Finalmente, el tercer caso (miembro suscriptor) se aplica a entidades adscritas ante ISO, con el único derecho de recibir periódicamente información sobre normas internacionales aprobadas. Esta categoría es normalmente aplicada al caso de países con bajo desarrollo económico. En la figura 2 se muestra el logotipo oficial de la ISO.

Figura 2. **Logotipo de normalización mundial**



Fuente: www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.openpage. 20/10/2011.

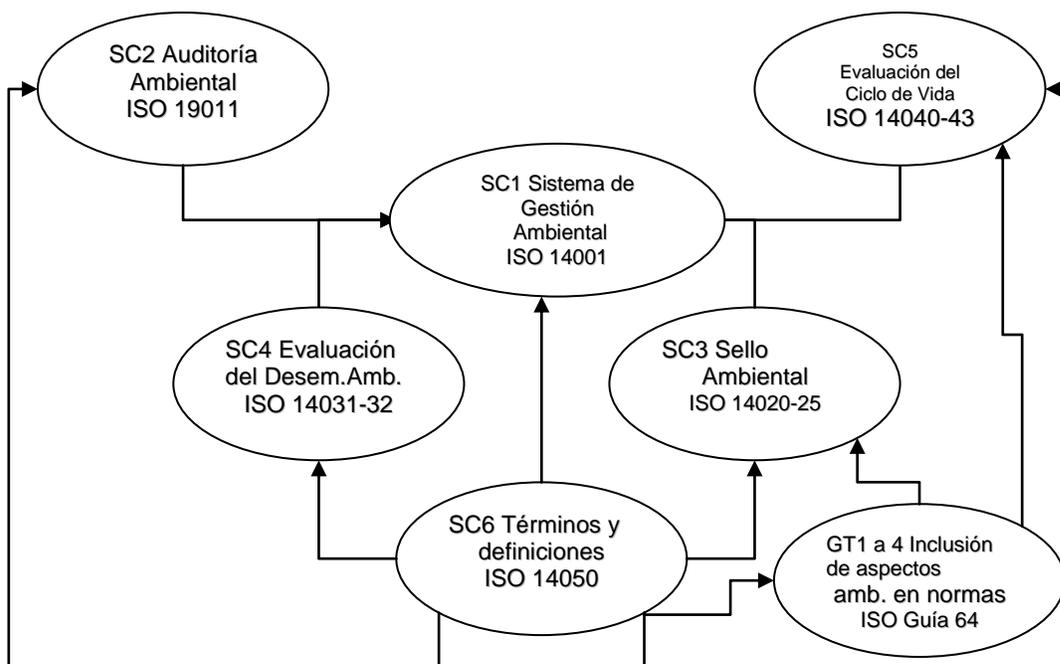
3.2 El trabajo de ISO - los Comités Técnicos (CT)

En la figura 3, se presenta el organigrama funcional de la ISO, pudiendo destacarse que el primer nivel está constituido por la Asamblea General, a su vez constituida por una serie de oficiales principales y por los delegados de cada uno de las 162 entes de los países miembros (de nivel gremial, corresponsal o suscriptor).

A continuación se describe el papel de los Comités Técnicos (CT), que son creados por el Consejo de Administración Técnica con el fin de realizar trabajos específicos propios de la gestión de la ISO. Cada CT es identificado por un número, asignado por el Consejo de Administración Técnica, así como un nombre que define el tipo de trabajo sobre el cual hará su gestión, y es coordinado por un miembro gremial (entidades corresponsales o suscriptoras no pueden coordinar CT).

En cuanto al CT-207, cuyo organigrama funcional se presenta en la figura 3, es el de mayor interés en este estudio por que es el comité que tiene a su cargo los temas de normalización ambiental. Tal y como se muestra, está subdividido en seis subcomités (SC) y cuenta con cuatro grupos de trabajo (GT), cada uno de ellos coordinado por un miembro gremial de la ISO, responsable de temas específicos de trabajo vinculados con los procesos de normalización de SGA y aspectos de apoyo.

Figura 3. Organigrama del comité técnico 207

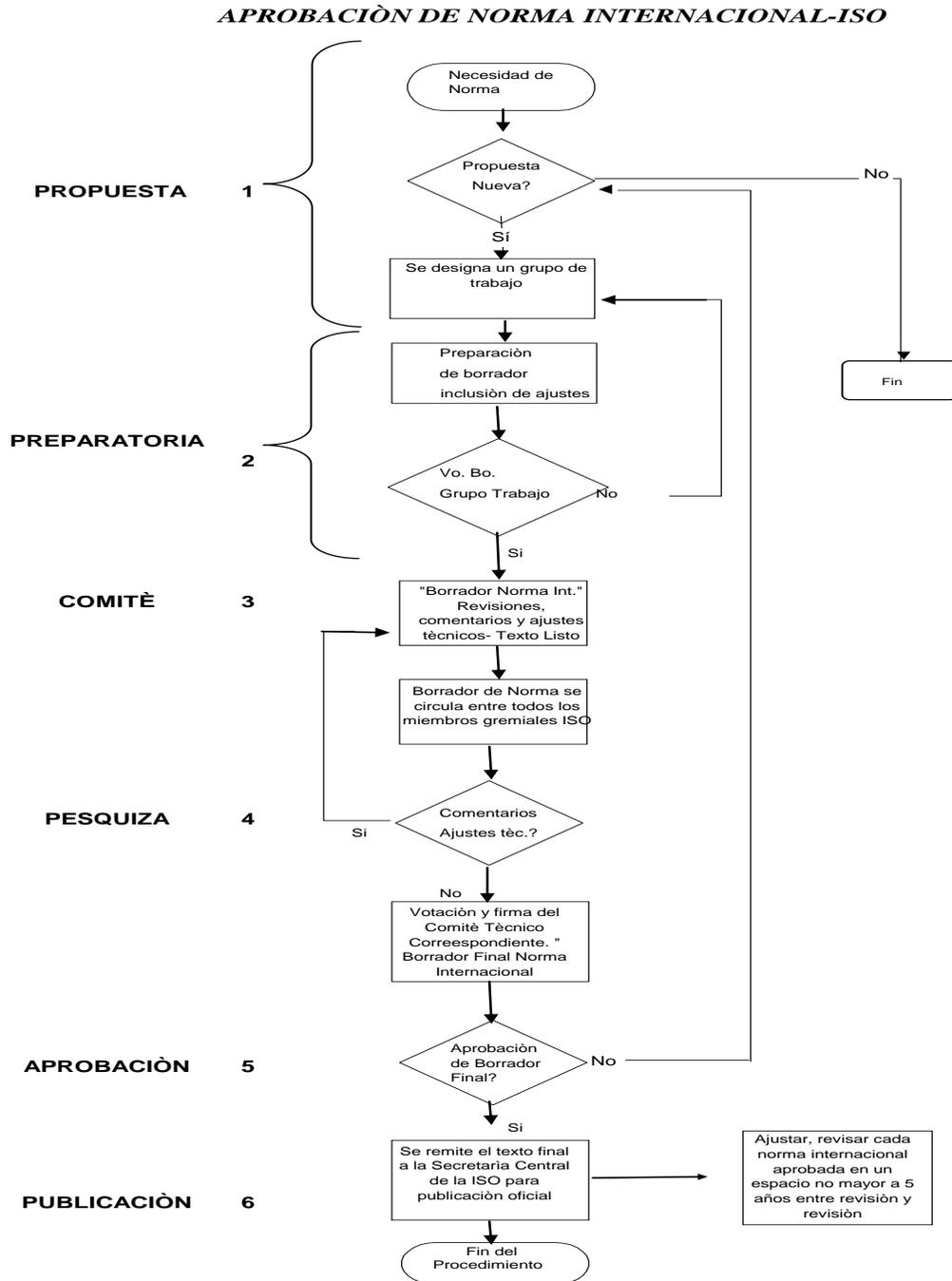


Fuente: www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.openerpage. 20/10/2011.

Finalmente, debe decirse que el proceso de elaboración de una norma internacional es un proceso lento, que requiere de muchos meses de trabajo y obedece a una secuencia de seis pasos o etapas típicas, que podrían tornarse cíclicos. En casos excepcionales, algunos de estos pasos pueden omitirse, siempre que se cuente con información básica suficientemente madura antes del inicio del proceso de trabajo interno en ISO, por ejemplo, cuando ya se cuenta con una norma elaborada y aprobada por otra organización, que puede ser utilizada como modelo para elaborar una norma internacional similar.

En la figura 4 se presenta un flujograma de las etapas básicas del procedimiento para elaboración de una norma internacional por parte de la ISO, a saber:

Figura 4. Etapas para elaboración y aprobación de norma



Fuente: www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.openpage. 20/10/2011.

3.3 La norma ISO 14001

ISO 14 000 es el nombre general que se ha asignado a una familia de normas internacionales, de aplicación voluntaria, que ofrecen herramientas y establecen un patrón de Sistemas y Gestión Ambiental, aplicables a cualquier tipo de organización.

Estas normas fueron desarrolladas por el CT 207 (esquema figura 3), con el objetivo de apoyar la sistematización de la gestión ambiental de las empresas, partiendo de una política ambiental que propicie el mejoramiento continuo con relación al medio ambiente.

Un aspecto importante de mencionar con relación a las Normas ISO 14001, es que para demostrar su aplicación, es necesario que la empresa demuestre con evidencias que está cumpliendo, o que está en proceso de cumplir la legislación ambiental vigente. En consecuencia, las Normas ISO 14001 son de gran interés para nuestros gobiernos. Además, ofrecen las herramientas necesarias para que la empresa, independientemente de su tipo o dimensión, controle, elimine, disminuya o compense sus impactos negativos significativos sobre el medio ambiente. Anteriormente, bajo el enfoque tradicional de gestión ambiental, la empresa podía conocer los resultados de la evaluación de sus impactos ambientales, pero no contaba con dichas herramientas y técnicas precisas para mejorar su desempeño ambiental.

En la tabla III, se presentan los temas incluidos en la familia ISO 14 000, ligados directamente con el manejo (gestión) ambiental:

Tabla III. **Temas de la gestión ambiental incluidos en la familia ISO 14 000**

Sistema de gestión ambiental (SGA) auditoría ambiental e investigaciones relacionadas etiquetado y declaraciones ambientales evaluación del desempeño ambiental evaluación del ciclo de vida términos y definiciones.

Fuente: www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.openpage. 20/10/2011.

La Norma ISO 14001: Sistemas de Gestión Ambiental. Especificaciones con guía para uso, es la única norma de la serie 14000 que ha sido diseñada para fines de certificación o de auto declaración voluntaria de conformidad.

Por lo tanto, las organizaciones o empresas que deseen implantar un sistema de gestión ambiental SGA bajo la normativa ISO 14001, deberán seguir todos los requisitos de naturaleza estructural, que están contemplados en la Norma.

El contenido, interpretación, aplicación, alcances y limitaciones de esta norma, serán desarrollados en detalle en el capítulo cuatro, sobre la base de la versión 2004, vigente durante el período de elaboración de este estudio.

3.4 Orígenes y potencialidad de uso de las Normas ISO 14001

El origen de la serie ISO 14001 sobre Sistemas de Gestión Ambiental, proviene de una secuencia de hechos históricos en materia de normalización de sistemas, iniciando en 1979, cuando fue promulgada la norma británica BS 5750, sobre Sistemas de Calidad.

El éxito inicialmente obtenido por esta norma en Europa, motivó a la ISO para que en 1987 promulgara la serie de normas ISO 9000 sobre Sistemas de Gestión de la Calidad, con el propósito de asegurar que las empresas contarán con un sistema de gestión que incluyera:

- El compromiso escrito de desarrollar una política de calidad.
- Responsabilidades claramente definidas en todos los aspectos pertinentes de la dirección de la empresa.
- Medios apropiados para asegurar el cumplimiento de las especificaciones, que además resultaran aceptables tanto para la compañía como para el cliente.
- Procedimientos escritos que regulen el aprovisionamiento de materias primas, procesos de producción o de compra de servicios, la inspección y el registro, así como las actuaciones requeridas en caso que el producto no cumpla las especificaciones.

Con base en un análisis del contenido y requerimientos de esta normativa, y de los resultados obtenidos por miles de empresas que ya han implementado exitosamente ISO 14001, se pueden identificar una serie de aplicaciones potenciales, que redundarán en amplios beneficios a mediano y largo plazo, resumidos en la tabla IV:

Tabla IV. **Uso potencial de la ISO 14001**

A C O R T O Y M E D I A N O P L A Z O
Evaluación de riesgos ambientales: una parte importante del SGA ISO 14001 consiste en la evaluación y prevención de riesgos ambientales.
Realización de Auditorías Ambientales: la empresa deberá darle seguimiento a la evolución y desempeño de su SGA a través de una herramienta objetiva, sistemática y de aplicación periódica: la auditoría ambiental. Esta práctica derivará en importantes beneficios ambientales y económicos para la empresa.
Preparación de Planes de Contingencia: como resultado de la evaluación de riesgos, la empresa incorporará dentro de su gestión los planes de contingencia, que preservarán la seguridad de los trabajadores al mismo tiempo que la del medio ambiente.
Determinación de impactos ambientales: las Normas ISO 14001 requieren la identificación y evaluación de impactos ambientales significativos, base sobre la cual podrán controlar sus aspectos ambientales.
Proyectos para el medio ambiente: como parte de la operación del SGA, la empresa mantendrá actualizados uno o varios programas de gestión ambiental, que incluirán los proyectos o acciones requeridas para mejorar su desempeño ambiental y controlar los impactos ambientales negativos significativos.
A L A R G O P L A Z O
Productos o procesos más limpios: la prevención de la contaminación será uno de los puntos clave del SGA ISO 14001, lo que redundará en mejoras paulatinas de los procesos productivos con minimización de desechos, reciclajes, etc.
Conservación de los recursos naturales: es uno de los logros más relevantes del SGA según ISO 14001, lo que se logra a través del alcance de objetivos y metas ambientales en forma gradual, acorde con las posibilidades de la empresa.
Reducción de la contaminación global: como consecuencia de los anteriores usos potenciales, la contaminación ambiental se reducirá en todas sus formas.
Desarrollo sostenible: uno de los preceptos básicos del desarrollo económico a nivel mundial.

Fuente: www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.opennerpage. 20/10/2011.

4. PROPUESTA DEL PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO SEGÚN REQUISITOS DE NORMA ISO 14001:2004

Este trabajo de graduación presenta una propuesta para las acciones necesarias a considerar al momento de gestionar el mantenimiento mecánico enfocado a la protección del medio ambiente, que permita cumplir con su razón de ser e incrementar su eficacia, para ello se emplea como base de referencia los requisitos generales ambientales establecidos por la ISO 14001 en su versión 2004 enfocado en un Sistema de gestión medioambiental. Especificaciones con guías para su uso, vigente a la fecha de elaboración de este plan, esto tomando en consideración que esta norma ha desarrollado un modelo de gestión ambiental aceptado a nivel internacional, dado que describe los elementos y especifica los requisitos de un Sistema de Gestión Ambiental.

Es dentro de este contexto donde esta propuesta de plan para el mantenimiento mecánico industrial, puede aportar su grano de arena en esta colosal tarea que interesa a todos los seres vivos y al profesional egresado de la Universidad de San Carlos de Guatemala en especial, que por su preparación tienen más responsabilidad para disminuir los impactos ambientales de su labor.

Es necesario aclarar que las Normas ISO 14001 han sido elaboradas con la idea de implementarse, sin requerimiento alguno de certificación / registro, por cualquier tipo de organización, por lo tanto tomando en consideración su versatilidad y adaptabilidad el presente capítulo desarrolla en forma completa y detallada la propuesta de un plan de gestión de mantenimiento mecánico

enfocada a la industria, tomando como referencia cada uno de los requisitos de las Normas ISO 14001.

Cada subtítulo de este capítulo inicia con la cita textual del requisito correspondiente de la Norma ISO 14001, y a continuación la propuesta para la gestión del mantenimiento asociada a dicho requisito con el fin de facilitar su comprensión, asimilación técnica e implementación por el profesional del mantenimiento que así lo considere necesario, tal como se inicia a desarrollar en la tabla V.

4.1. Requisitos generales para el plan de gestión de mantenimiento, definición del alcance

Según la definición que la ISO 14001 otorga a una organización, abarca una amplia gama de posibilidades, que incluye desde una empresa específica (por ejemplo una compañía, una industria, una sociedad comercial, una empresa de servicios del sector público), hasta una parte de cualquiera de ellas, o una combinación de varias de ellas, de naturaleza pública o privada.

Tabla V. **Requisitos generales**

<p>La organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión ambiental de acuerdo con los requisitos de esta norma internacional y determinar cómo cumplirá estos requisitos.</p> <p>La organización debe definir y documentar el alcance de su sistema de gestión ambiental.</p>
--

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

El único requisito es que dicha organización tenga bien definidas sus propias funciones y administración, esto para el caso específico del presente trabajo especial de graduación se aplicará a la gestión del mantenimiento mecánico dentro de una empresa.

Tomando en consideración el enfoque a la gestión del mantenimiento mecánico la decisión de una gestión responsable será tomada por el responsable del mantenimiento o la gerencia. Cabe aclarar que la implementación de esta propuesta se facilitaría si ya la organización cuenta con algún compromiso y estrategia enfocada a un Sistema de Gestión Ambiental (SGA). Sin embargo, esta propuesta partirá de su aplicación inicial a la parte de la empresa destinada al mantenimiento mecánico para que posteriormente y de manera paulatina ir incorporando el resto de los departamentos e ir modificando estratégicamente la definición y alcances de la empresa.

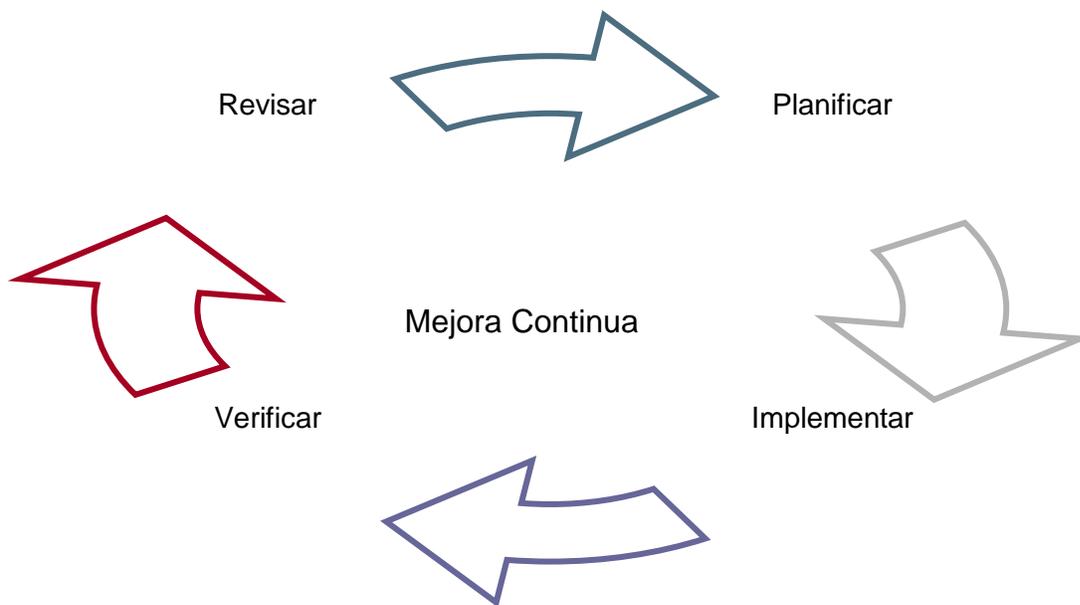
Dentro de la gestión del mantenimiento los elementos y actividades prioritarias que deben de considerarse son: rutina de reparación, trabajo de mantenimiento en emergencias, mantenimiento y reconstrucciones a equipos mayores, inspección, limpieza y lubricación de equipos, compresores de aire, aires acondicionados, sistemas de calefacción y ventilación, iluminación, motores y generadores, sistemas de distribución, cableados, calderas, turbinas, sistemas de soporte para energía, manejo de residuos y desechos.

Este requisito también considera el principio de gradualidad en cuanto a la consecución de resultados de la gestión del mantenimiento con énfasis en el desempeño ambiental. Además, es fundamental comprender entonces, que al hablar de un plan de mantenimiento mecánico como parte de una gestión integrada uno de sus principales objetivos estriba en el mejoramiento continuo

de la empresa y la estrategia para lograrlo se basa en la incorporación paulatina de mejoras en la gestión.

El modelo de mejora continuo que se describe en la figura 5 adoptado por la Norma ISO 14001 como medio propuesto para que la gestión alcance en forma cíclica las mejoras del desempeño del mantenimiento, a partir de las mejoras ambientales.

Figura 5. **Bases del modelo de mejoramiento continuo**

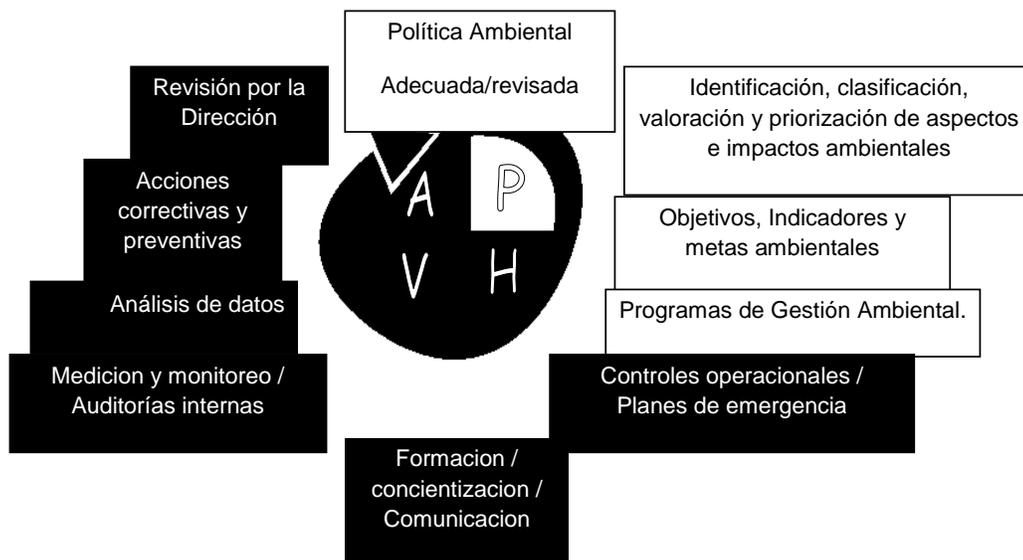


Fuente: www.trst.com. 20/10/2011.

Las bases del modelo constan de cuatro etapas fundamentales bajo la secuencia: Planificar, Implantar, Verificar, Revisar. La explicación de estas bases del modelo es simple: primero se planifican las acciones, luego se ejecutan y después se verifica si los resultados obtenidos en la realidad, coinciden con los resultados planificados. En caso de encontrarse desviaciones

significativas entre lo planeado y lo actuado, se proponen medidas preventivas y correctivas, de tal manera que dichas desviaciones sean cada vez menores a través del tiempo.

Figura 6. **Modelo de mejora continuo según ISO 14001**



Fuente: www.iso14000.com. 20/10/2011.

4.2. La política del mantenimiento con compromiso ambiental

La política de mantenimiento es el punto de partida de esta propuesta fundamentada en el compromiso auténtico del responsable de la gestión del mantenimiento de una empresa, tomando en consideración la protección y preservación ambiental, plasmado en forma clara, contundente documentada y aprobada, tomando en consideración lo descrito en la tabla VI.

Tabla VI. Política ambiental

La alta dirección debe definir la política ambiental de la organización y asegurarse de que dentro del alcance definido de su sistema de gestión ambiental ésta:

- a) Es apropiada a la naturaleza, magnitud e impactos ambientales de sus actividades, productos o servicios.
- b) Incluye un compromiso de mejora continuo y prevención de la contaminación.
- c) Incluya un compromiso de cumplir con los requisitos legales aplicables y con otros requisitos que la organización suscriba relacionados con sus aspectos ambientales.
- d) Proporcione el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos y metas ambientales.
- e) Se documenta, implanta y mantiene.
- f) Se comunica a todas las personas que trabajan para la organización o en nombre de ella, y
- f) Está a disposición del público

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

El elemento primordial de una política es la declaración de la misión y del propósito, objetivo y meta. Todas las empresas tienen un propósito. Éste debe ser expresado de manera formal ya que sólo así todo el personal comparte ese mismo propósito común y toman diariamente las acciones encaminadas a vivirlo para asegurar el éxito. Por lo tanto una política de mantenimiento será la fuerza conductora detrás del buen desempeño con enfoque ambiental del departamento de mantenimiento.

La política servirá de marco de acción para establecer objetivos y metas para que el responsable del departamento pueda proponer avances paulatinos debidamente planificados en cuanto a su desempeño, a través de mejoras efectuadas en su gestión.

Todos los operadores del mantenimiento que forman parte del departamento deberán entender y manejar con claro dominio, su contenido, de tal manera que se convierta en el motor que impulsa la actuación de todos, a manera de formar un equipo de trabajo, comprometido para cumplir sus objetivos y metas.

El objetivo del mantenimiento es proveer un óptimo servicio de mantenimiento con respecto a cantidad, calidad, seguridad, tiempo y a un costo razonable. Adicional, según lo establece el requisito de la norma también debe ser importante el cumplimiento legal, el compromiso de la mejora continuo y la prevención de la contaminación. Al interpretar tres puntos en simultáneo, se concluye que el cumplimiento legal puede hacerse a través de avances paulatinos en el desempeño, o sea, a través de un proceso de mejoramiento continuo. En el Anexo 1 puede verse un ejemplo de política del mantenimiento con compromiso ambiental.

4.3. La planificación de la gestión del mantenimiento

La planificación es la fase de evaluación y formulación concreta de las actividades, obras o proyectos específicos que debe realizar del departamento de mantenimiento con el fin de cumplir sus objetivos y metas. Tal y como se ha introducido anteriormente, los objetivos y metas se refieren a la forma gradual en que el departamento propone las mejoras en su desempeño para proveer un

óptimo servicio de mantenimiento con respecto a cantidad, calidad, seguridad, tiempo y a costo razonable, basándose en indicadores de desempeño.

Para evitar que los recursos financieros asignados al cumplimiento de dichos objetivos y metas, a través de la formulación de los programas para la gestión del mantenimiento, sean orientados hacia esfuerzos equivocados que no resuelvan los problemas relevantes de la empresa, es necesario que el encargado del mantenimiento efectúe un análisis previo de los siguientes tópicos:

- Escoger la mejor estructura para el departamento de Mantenimiento
- Determinar las habilidades requeridas para el departamento
- Generar el organigrama funcional necesario
- Administrar los trabajos de mantenimiento sub-contratados

Por lo tanto, el producto final de la planificación es la elaboración de uno o más programas para la gestión del mantenimiento, herramienta que le permitirá a la empresa cumplir con sus objetivos y metas al mejor costo. A través de la planificación se establece la estructura y responsabilidad, capacitación, concienciación y entrenamiento, comunicación, documentación, controles y costos para cumplir con la política del departamento.

Una buena planificación, basada en argumentos técnicos y científicos adecuados, conducirá a mejoras eficientes en el desempeño del departamento de Mantenimiento, el cual a su vez determinará la eficiencia de la organización, y siempre apegados a los objetivos y metas propuestos por la organización.

La Norma ISO 14001 divide este requerimiento en tres partes, de la siguiente forma: 4.3.1. Aspectos ambientales 4.3.2. Requisitos legales y otros requisitos 4.3.3. Objetivos, metas y programas.

4.3.1. Aspectos ambientales

Según concepto especificado en la Norma ISO 14001, los aspectos ambientales son los elementos de las actividades, productos o servicios de la organización, que interactúan con el medio ambiente para producir impactos ambientales. La estrategia utilizada por la norma es controlar o tener influencia, sobre estos aspectos ambientales, y por ende, controlar sus impactos.

Para hacer eficiente el proceso, es necesario que el departamento de Mantenimiento determine cuáles son los aspectos ambientales significativos, o sea, aquellos que son responsables de impactos ambientales significativos. Para ello, deberá establecer procedimientos documentados y debidamente actualizados. El requisito textual de la Norma ISO 14001 se describe en la tabla VII.

Tabla VII. **Aspectos ambientales**

La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para:

- a) Identificar los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios que pueda controlar y aquellos sobre los que pueda influir dentro del alcance definido del sistema de gestión ambiental, teniendo en cuenta los desarrollos nuevos o planificados, o las actividades, productos y servicios nuevos o modificados, y
- b) Determinar aquellos aspectos que tienen o pueden tener impactos significativos sobre el medio ambiente (es decir, aspectos ambientales significativos).

La organización debe documentar esta información y mantenerla actualizada.

La organización debe asegurarse de que los aspectos ambientales significativos se tengan en cuenta en el establecimiento, implementación y mantenimiento de su sistema de gestión ambiental.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

La relación existente entre aspecto e impacto, es la de causa – efecto. La causa surge de la interacción entre el aspecto ambiental y el factor ambiente afectado. El efecto resulta del análisis de las consecuencias del cambio ocasionado en el factor ambiental.

Para prevenir los impactos ambientales significativos debe llevarse a cabo un proceso que permita identificar todos los aspectos ambientales y establecer las acciones para su control operacional. Para ello se propone tener en cuenta elementos tales como:

- Determinar los equipos y procesos de mantenimiento críticos para el medio ambiente. Se define equipo crítico como aquel equipo que contiene, manipula o controla sustancias o productos dañinos al medio ambiente y la ocurrencia de un fallo en éste, puede producir impacto al ambiente. Un fallo crítico es la inoperatividad que ocurre en un equipo crítico y cuya consecuencia produce puede producir un impacto al ambiente.

Proceso de mantenimiento crítico: acciones de mantenimiento necesarias para mantener o reparar un equipo, en el cual se emplean sustancias o productos, y/o se generan desechos que pueden producir daños al medio ambiente.

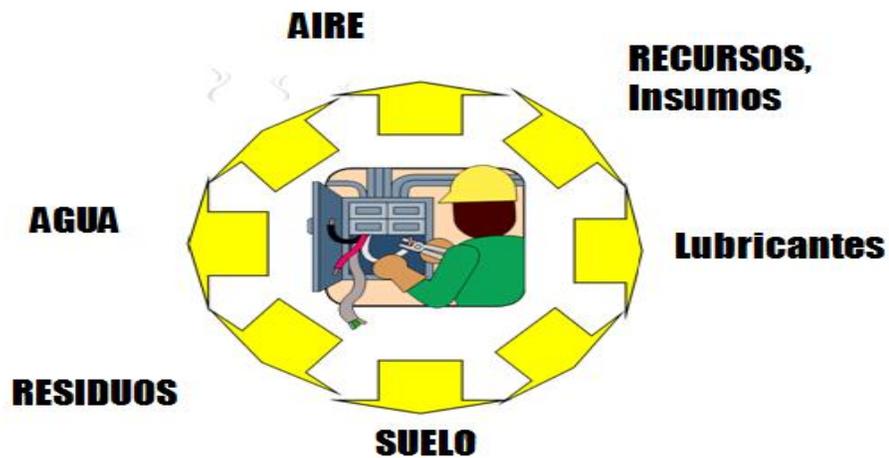
- Identificar, registrar y evaluar los aspectos ambientales de los procesos de mantenimiento y equipos críticos, así como los impactos ambientales significativos asociados a ellos. Identificar los modos de fallo críticos y determinar sus causas raíces.

La significancia ambiental se refiere a la relevancia que el impacto tiene sobre el medio ambiente, desde el punto de vista de su capacidad para asimilarlo y retornar al equilibrio. Un impacto no significativo, es aquel que puede ser asimilado por el medio ambiente sin consecuencia sensible, ya que el ambiente tiene mecanismos naturales de defensa y puede retornar al equilibrio

inicial. Por el contrario, el impacto ambiental negativo significativo, es aquel que no puede ser asimilado por el factor ambiental impactado, de tal manera que se pierde la calidad ambiental en forma significativa es decir se sufre una degradación ambiental.

La Norma ISO 14001 no establecen ni proponen requerimiento alguno en cuanto a la técnica, procedimiento o metodología por lo tanto el departamento debe decidir y utilizar la metodología que considere más apropiada a la naturaleza de sus actividades para identificar y evaluar los aspectos e impactos ambientales. En el anexo 2 puede verse un ejemplo la identificación de aspectos ambientales en actividades de mantenimiento.

Figura 7. **Ejemplo de aspectos ambientales a controlar**



Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Requisitos legales y otros requisitos

Este tema es de vital importancia durante la fase de planificación, ya que la legislación en el país se encuentra en cambio continuo, es dispersa, y a veces no se cuenta con todos los elementos legales aplicables al departamento

y a la organización. En el seguimiento a éste requisito deben tomarse en cuenta lo establecido en la tabla VIII.

Tabla VIII. Requisitos legales y otros requisitos

<p>La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Identificar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba relacionados con sus aspectos ambientales, yb) Determinar cómo se aplican estos requisitos a sus aspectos ambientales <p>La organización debe asegurarse de que estos requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscribe se tengan en cuenta en el establecimiento, implementación y mantenimiento de su sistema de gestión ambiental.</p>

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

La organización deberá entender a cabalidad los requerimientos regulatorios aplicables a la gestión total de la organización, incluyendo actividades, productos y servicios. Dentro de los requisitos legales y de otro tipo, se pueden mencionar:

- Permisos de actividades
- Regulación para sistemas de abasto y eliminación de aguas
- Leyes ambientales, reglamentos, normas, acuerdos comerciales
- Regulación para usos y consumos de energía

- Leyes para la disposición de desechos peligrosos como aceites, pinturas

Es importante tener presente que los requerimientos legales están en proceso de cambios continuos, dado que la sociedad y sus problemas también están cambiando. Es por ello que el departamento de mantenimiento deberá contar con procedimientos para actualizar sus bases de datos, de tal manera que siempre tenga disponibles los últimos requerimientos que afectan y rigen su actividad. En el anexo 3 puede verse un ejemplo de la forma de identificación de requisitos legales para las actividades de mantenimiento ambientales en actividades de mantenimiento.

4.3.3. Objetivos, metas y programa de gestión del mantenimiento

Las metas se refieren a los peldaños o avances paulatinos, que el departamento de mantenimiento alcanza en su desempeño, enfocándose a cumplir con el objetivo y metas propuestas.

La Norma ISO 14001 permite que el responsable de la gestión del mantenimiento defina, acorde con sus posibilidades financieras, tecnológicas, requisitos legales y puntos de vista de operaciones, sus objetivos y metas. Ésta es una característica muy valiosa de la Norma, ya que permite gran flexibilidad en su implementación. Es fundamental tomar en consideración los elementos descritos en la tabla IX.

Tabla IX. **Objetivos, metas y programas**

La organización debe establecer, implementar y mantener objetivos y metas ambientales documentados en los niveles y funciones pertinentes dentro de la organización:

Los objetivos y metas deben ser medibles cuando sea factible y deben ser coherentes con la política ambiental, incluidos los compromisos de prevención de la contaminación, el cumplimiento con los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba, y con la mejora continua.

Cuando una organización establece y revisa sus objetivos y metas, debe tener en cuenta los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba, y sus aspectos ambientales significativos. Además, debe considerar sus opciones tecnológicas y sus requisitos operacionales y comerciales, así como las opiniones de las partes interesadas.

La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios programas para alcanzar sus objetivos y metas. Estos programas deben incluir:

- a) La asignación de responsabilidades para lograr los objetivos y metas en las funciones y niveles pertinentes de la organización, y
- b) Los medios y plazos para lograrlos.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

Un elemento técnico de interés durante el proceso de establecimiento de objetivos y metas, es la selección de indicadores de desempeño adecuados, a través de los cuales será posible medir los avances en el desempeño y verificar el cumplimiento o no, de los objetivos y metas previamente acordados. Es pertinente aclarar, que estos indicadores de desempeño, son en realidad los mismos indicadores que típicamente son utilizados por cualquier plan tradicional de mantenimiento y para darle seguimiento a través de un programa de gestión

del mantenimiento. Los programas serán elaborados para asegurar que la gestión del mantenimiento cuenta con los responsables, los recursos y los tiempos definidos para su ejecución, también se aplicará a los proyectos relacionados con nuevos desarrollos, y con actividades y servicios nuevos o modificaciones, esto incluye entre otras:

- Costo del mantenimiento
- Costo por hora normal
- Horas planeadas para mantenimientos correctivos
- Costo período base / costo período actual
- Número de fallas
- Mantenimiento correctivo/mantenimiento preventivo
- Tiempo transcurrido entre fallas
- Disponibilidad de los equipos

De acuerdo con la Norma, un programa debe incluir la designación de responsables de cada tarea o actividad propuesta para alcanzar las metas, en cada nivel o función del departamento, los medios (recursos, tecnología, insumos, etc.) necesarios para tales fines, así como los plazos (fechas o tiempos propuestos para cumplimiento parcial y total).

El establecimiento de objetivos, metas y programas es parte de un modelo eficiente que garantiza el más alto apoyo administrativo de la gestión del mantenimiento a través de un control efectivo de la productividad y mejora con respecto a los costos. En el anexo 4 puede verse un ejemplo lo que podría ser la forma de la adecuación de objetivos, metas, indicadores y programas de gestión para las actividades de mantenimiento.

4.4. Implementación y operación

La implementación consiste en la incorporación, dentro de la gestión del mantenimiento de todas las acciones, recursos, responsabilidades y controles requeridos para garantizar un éxito del servicio de acuerdo con las Normas ISO 14001.

Este requerimiento está dividido en siete partes, de la siguiente forma:

- Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad
- Competencia, formación y toma de conciencia
- Comunicación
- Documentación
- Control de documentos
- Control operacional
- Preparación y respuesta ante emergencias

4.4.1. Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad

El compromiso de todo el personal del departamento de mantenimiento es un factor clave para el éxito del servicio, sin embargo no basta. Es necesario además, definir claramente los papeles y funciones de cada uno, así como las responsabilidades. Estas funciones y responsabilidades deben estar debidamente documentadas, tal como se especifica en la tabla X.

Tabla X. Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad

La dirección debe asegurarse de la disponibilidad de recursos esenciales para establecer, implementar, mantener y mejorar el sistema de gestión ambiental. Estos, incluyen los recursos humanos y habilidades especializadas, infraestructura de la organización , y los recursos financieros y tecnológicos

Las funciones, las responsabilidades y la autoridad se deben definir, documentar y comunicar para facilitar una gestión ambiental eficaz.

La alta dirección de la organización debe designar uno o varios representantes de la dirección, quien independientemente de otras responsabilidades y autoridad para:

- a) Asegurarse de que el sistema de gestión ambiental se establece, implementa y mantiene de acuerdo con los requisitos de esta norma internacional;
- b) Informar a la alta dirección sobre el desempeño del sistema de gestión ambiental para su revisión, incluyendo las recomendaciones para la mejora.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

El número de los niveles jerárquicos establecidos en el departamento de mantenimiento es directamente proporcional con el tamaño del departamento. Departamentos pequeños de mantenimiento tienden a tener sólo un nivel administrativo y uno de los operadores del mantenimiento.

Para seleccionar las funciones, responsabilidad y recursos ajustables a las necesidades del departamento de mantenimiento que se necesita es recomendable tomar en consideración los siguientes elementos:

- Tamaño
- Número y tipos de equipos
- Distancia entre los equipos y ubicaciones
- Número de turnos requeridos según las operaciones
- Forma de trasladarse para atender equipos y edificios
- Tipos de producción y operaciones en cada ubicación

El responsable del mantenimiento juega un papel clave obteniendo y razonando los recursos necesarios para asegurar que el departamento de mantenimiento funcione de manera efectiva. Dichos recursos pueden ser financieros, aportes en capacitación del personal, incorporación de nuevas tecnologías dentro de los procesos, etc.

4.4.2. Competencia, formación y toma de conciencia

La capacitación va a la mente, en tanto que la concienciación va al corazón. No basta con capacitar y brindar entrenamiento al personal operativo del departamento, vinculado directa o indirectamente con las actividades del mantenimiento. Es necesario además, profundizar dentro de su ser para sensibilizarlo y lograr que tome conciencia, de la importancia de realizar un trabajo eficiente tomando en cuenta el consumo de los recursos para la preservación del medio ambiente, así como la disminución de los insumos eliminados y del valor de su papel con la toma de decisiones diarias para la minimización de las consecuencias que se derivarían de su actividad.

Los elementos que deben de considerarse se describen en la tabla XI.

Tabla XI. **Competencia, formación y toma de conciencia**

<p>La dirección debe asegurarse de que cualquier persona que realice tareas para ella o en su nombre, que potencialmente puede causar uno o varios impactos ambientales significativos identificados por la organización sea competente tomando como base La educación, formación o experiencia adecuados, y debe mantener los registros asociados.</p> <p>La organización debe identificar las necesidades de formación relacionadas con sus aspectos ambientales y su sistema de gestión ambiental. Debe proporcionar formación o emprender otras acciones para satisfacer estas necesidades y debe mantener los registros asociados.</p> <p>La organización debe establecer y mantener uno o varios procedimientos para que sus empleados o las personas que trabajan en su nombre tomen conciencia de:</p> <ul style="list-style-type: none">a) La importancia de la conformidad con la política ambiental, los procedimientos y requisitos del sistema de gestión ambiental;b) Los aspectos ambientales significativos, los impactos relacionados reales y potenciales asociados con su trabajo y los beneficios ambientales de un mejor desempeño personal;c) Sus funciones y responsabilidades en el logro de la conformidad con los requisitos del sistema de gestión ambiental y;d) Las consecuencias potenciales de desviarse de los procedimientos especificados.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

Es importante para la definición de los temas necesarios para las competencias, formación y toma de conciencia la aplicación de la comparación entre buenas prácticas, dirigido a identificarlas, mejorarlas y estandarizarlas a través de la capacitación.

Las acciones dirigidas a prevenir los impactos ambientales desde el punto de vista del mantenimiento, deben estar dirigidas al personal, a los equipos, al proceso así como sus interrelaciones.

Las acciones dirigidas al personal están encaminadas a educación ambiental para:

- Promover nuevas conductas y aptitudes hacia el medio ambiente.
- Buscar el compromiso personal y permanente con la política y cumplimiento de los procedimientos e instructivos para el mantenimiento eficiente.
- Desarrollar capacidades de actuación ante impactos ambientales.
- Mejora del desempeño profesional mediante la capacitación continua para elevar el nivel de conocimiento y adiestramiento en la función que realiza.
- La definición clara de sus funciones, responsabilidades y alcance de sus acciones.
- La evaluación constantemente de su desempeño para mejorar su eficacia.

Estas actividades de formación y adiestramiento deben llevarse a cabo mediante programas de capacitación específicos.

La selección de los empleados que serán objeto de capacitación, así como el tipo de capacitación y entrenamiento, dependerá del papel que cada persona

juego dentro del departamento, no solo desde el punto de vista de su función dentro de la gestión del mantenimiento, sino particularmente respecto de a los impactos ambientales asociados a sus actividades . Debe tenerse presente que todo empleado puede tener un impacto en el ambiente, además, cualquier empleado puede tener buenas ideas acerca de cómo mejorar los esfuerzos en la gestión ambiental del departamento que únicamente serán intercambiados dentro de los procesos de capacitación y toma de conciencia.

La concienciación deberá darse a todos los niveles, y se deberán mantener programas continuos para lograr un cambio real y efectivo de la manera de ser y de actuar de las personas que fungirán como miembros del equipo de mantenimiento. Esta es una tarea que requerirá de tiempo y paciencia para alcanzar los resultados deseados.

El programa de capacitación y toma de conciencia del departamento de mantenimiento debe contemplar todas las etapas desde el personal de nuevo ingreso hasta los técnicos más experimentados, los temas sugeridos son:

- Orientación a personal de mantenimiento de nuevo ingreso.
- Entrenamiento para gerentes y supervisores para una gestión mas efectiva.
- Capacitación a los responsables de planificar el mantenimiento.
- Entrenamiento para mejorar las habilidades del mantenimiento.
- Entrenamiento para aprendices.
- Capacitación sobre equipos específicos.
- Uso eficiente de recursos.
- Capacitación sobre seguridad.
- Manejo y disposición de desechos.

En el anexo 5 puede verse un ejemplo una matriz de competencia, formación, comunicación y toma de conciencia.

4.4.3. Comunicación

A nivel interno, deben existir canales y mecanismos especialmente implantados para optimizar la comunicación vertical en ambos sentidos: del alto mando al nivel operativo de servicios, y viceversa. A nivel externo, es fundamental conocer los puntos de vista, preocupaciones ambientales y temores que existen entre los vecinos, grupos organizados de la comunidad, oficinas estatales, proveedores, clientes y otros grupos que interactúan o se ven afectados por la actividad de departamento, de la organización y los impactos, positivos y negativos generados. Los elementos a tomar en cuenta están establecidos en tabla XII.

Tabla XII. Comunicación

<p>En relación con sus aspectos ambientales y su sistema de gestión ambiental, la organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para:</p> <ul style="list-style-type: none">a) La comunicación interna entre los diversos niveles y funciones de la organización;b) Recibir, documentar y responder a las comunicaciones pertinentes de las partes interesadas externas. <p>La organización debe decidir si comunica o no externamente información acerca de sus aspectos ambientales significativos y debe documentar su decisión. Si la decisión es comunicarla, la organización debe establecer e implementar uno o varios métodos para realizar esta comunicación externa.</p>
--

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

Una buena comunicación vertical permite a los empleados responder con mayor conciencia y eficiencia a los requerimientos solicitados por los altos mandos del departamento. Por otro lado, permite a la dirección de la empresa un mejor conocimiento y valoración de las calidades, profesionales, técnicas y humanas de su personal, así como de sus iniciativas e inquietudes.

Es importante tener presente que el trabajo es efectuado por los mandos medios y bajos, y es ahí precisamente, donde surgirán valiosas iniciativas que redundarán en beneficios tangibles para el departamento.

Tomando en cuenta todo lo anterior, las Normas ISO 14001 requieren que del departamento cuente con procedimientos, tanto para el manejo de la comunicación interna, entre los niveles y funciones operativos del mantenimiento como la externa interacción con otras áreas y departamentos para solicitar, recibir, documentar y responder a las comunicaciones de clientes internos. La comunicación vista así, será un elemento valioso para el responsable del mantenimiento, durante el proceso de establecimiento, revisión o ajustes de los objetivos y metas.

4.4.4. Documentación de la gestión del mantenimiento

Determinar las prácticas de trabajo que deben documentarse es una actividad que requiere del trabajo de equipo liderado por un planificador del mantenimiento, esto debido a que el planificador está entrenado en técnicas de planificación y determinación de secuencias operativas. La Norma establece la documentación mínima con la que se debe de contar tal como se describe en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Documentación**

<p>La documentación del sistema de gestión ambiental debe incluir:</p> <ul style="list-style-type: none">a) La política, objetivos y metas ambientales:b) La descripción del alcance del sistema de gestión ambiental;c) La descripción de los elementos principales del sistema de gestión ambiental y su interacción, así como la referencia a los documentos relacionados;d) Los documentos, incluyendo los registros requeridos en esta Norma Internacional; ye) Los documentos, incluyendo los registros determinados por la organización como necesarios para asegurar la eficacia de la planificación, operación y control de procesos, relacionados con sus aspectos ambientales significativos.
--

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

Esta labor se realiza a través de visitas a campo, acompañadas de observación y entrevistas con los que realizan la actividad. Algunas de los documentos relacionados con la gestión del mantenimiento son:

- Procedimiento para la planificación del mantenimiento
- Procedimientos para cuantificar y determinar material, partes y repuestos requeridos para el mantenimiento y reordenes.
- Instructivos de trabajo para equipos críticos y mayores
- Listas de verificación
- Registros para controlar inventarios de repuestos e insumos
- Ordenes de trabajo

Una vez determinadas las actividades, identificados y evaluados los aspectos ambientales asociados al mantenimiento deben documentarse aquellas buenas prácticas enfocadas a las acciones que reducirán los impactos ambientales de las actividades del mantenimiento, a continuación algunos ejemplos de prácticas a documentar:

- Establecer y documentar las acciones para usar aquellos productos con riesgos de impacto que pueden ser reciclados para reducir desecho, como tratar los residuos peligrosos que se producirán.
- Establecer procedimientos escritos para regular la conducta ambiental del personal de mantenimiento durante la ejecución de los trabajos y ante situaciones de emergencia es decir documentar los planes de contingencia.
- Establecer procedimientos para la recepción de los trabajos a través de recopilar información comparativo del estado de los equipos antes y después del mantenimiento.
- Listas de verificación para evaluar continuamente, mantener y mejorar el estado de orden y limpieza de las áreas.
- Identificar, documentar y establecer los puntos de control y medición en el proceso para evaluar el desempeño ambiental antes, durante y después de la realización de los trabajos de mantenimiento.
- Recolección de datos, tomas de muestras y observaciones. Análisis y comunicación de los resultados.

Un procedimiento de la gestión del mantenimiento también llamado procedimiento estructural, se refieren a la descripción y normalización de los procesos que el departamento establece para poder cumplir con los criterios específicos requeridos para su propósito principal. En los procedimientos debe definirse, paso a paso, la forma y acciones que el personal asignado a dichas responsabilidades debe de realizar, para asegurarse que las actividades se realicen de manera sistemática y estandarizada.

La documentación puede mantenerse en papel o en medios electrónicos. La Norma deja en total libertad a la organización para decidir al respecto, en función de las ventajas y desventajas comparativas que dichas opciones podrían tener, para cada actividad en particular. Así por ejemplo, el formato electrónico presenta la ventaja de su mayor agilidad y facilidad para efectuar revisiones y actualizaciones, menores riesgos de cometer errores en cuanto al uso de información desactualizada, y otros. Sin embargo, el costo de implementación y el acceso a la información a veces es más difícil y no puede generalizarse a todo el personal. Combinaciones de ambos sistemas pueden operar eficientemente, siendo éste el caso más generalizado. En el anexo 6 puede verse un ejemplo una propuesta de estructura documental para la gestión del mantenimiento.

4.4.5. Control de documentos

El interés de este requerimiento es garantizar que una vez la gestión del mantenimiento empiece a operar, se asegure que los procedimientos e instrucciones para realizar el trabajo estén disponibles en los puestos de trabajo, se encuentren en el momento y lugar adecuados, que existan mecanismos ágiles y seguros para revisar y actualizarlos, en los momentos

pertinentes. En la tabla XIV se especifican según norma los requisitos mínimos para el control de los documentos.

Tabla XIV. Control de documentos

Los documentos requeridos por el sistema de gestión ambiental y por esta norma internacional se deben controlar. Los registros son un tipo especial de documentos y se deben controlar de acuerdo con los requisitos establecidos en el apartado 4.5.4.

La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para:

- a) Aprobar los documentos con relación a su adecuación antes de su emisión;
- b) Revisar y actualizar los documentos cuando sea necesario, y aprobarlos nuevamente.
- c) Asegurarse de que se identifiquen los cambios y el estado de revisión actual de los documentos,
- d) Asegurarse de que las versiones pertinentes de los documentos aplicables están disponibles en los puntos de uso.
- e) Asegurarse de que los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables
- f) Asegurarse de que se identifican los documentos de origen externo que la organización ha determinado que son necesarios para la planificación y operación del sistema de gestión ambiental y se controla su distribución y
- g) Prevenir el uso no intencionado de documentos obsoletos y aplicarles una identificación adecuada en el caso de que se mantengan por cualquier razón.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

En otras palabras, el control de documentos sirve para asegurar que los responsables del departamento de mantenimiento estén actuando siempre con apoyo de la documentación necesaria. El procedimiento estructural correspondiente a este requisito, debe asignar claramente la responsabilidad y autoridad para preparar, mantener y actualizar la documentación.

Cuando se haga una revisión, actualización o ajuste de un documento, es necesario revisar con los usuarios los cambios respectivos del documento, para facilitar su identificación y control. Todos los documentos deben estar debidamente ordenados e identificados, también deben existir respaldos de seguridad, en papelería o electrónicos, según sea el caso.

Tabla XV. **Documentos requeridos para la gestión del mantenimiento**

a) Política
b) Objetivos y metas
c) Roles, responsabilidades y autoridad
d) Procedimientos operativos e Instrucciones de trabajo Procedimiento para la planificación del mantenimiento, procedimientos para cuantificar y determinar material, partes y repuestos requeridos para el mantenimiento y reordenes, instructivos de trabajo para equipos críticos y mayores, listas de verificación, registros para controlar inventarios de repuestos e insumos Ordenes de trabajo
e) Planes de respuesta a emergencias

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

4.4.6. Control operacional

También se ha visto que, de acuerdo con los requerimientos de la Norma, es necesario contar con procedimientos documentados de dos tipos: el primero, que se refiere a los requisitos generales del sistema de gestión mismo, o sea, desde el punto de vista de su estructura. El segundo tipo, relacionado precisamente con los temas específicos con el mantenimiento e incluyendo los aspectos ambientales.

Tabla XVI. Control operacional

La organización debe identificar y planificar aquellas operaciones que están asociadas con los aspectos ambientales significativos identificados, de acuerdo con su política ambiental, objetivos y metas, con el objeto de asegurarse de que se efectúan bajo las condiciones especificadas, mediante:

- a) El establecimiento, implementación y mantenimiento de uno o varios procedimientos documentados para controlar situaciones en las que su ausencia podría llevar a desviaciones de la política, los objetivos y metas ambientales; y
- b) El establecimiento de criterios operacionales en los procedimientos; y
- c) El establecimiento, implementación y mantenimiento de procedimientos relacionados con aspectos ambientales significativos identificados de los bienes y servicios utilizados por la organización, y la comunicación de los procedimientos y requisitos aplicables a los proveedores incluyendo contratistas..

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

El control operacional es el apartado de la Norma ISO 14001, referido específicamente a los procedimientos documentados que requerirá el departamento de mantenimiento para aquellas actividades operativas. Los procedimientos de las actividades operativas son aquellos que deberán planificarse, diseñarse, documentarse, aplicarse y revisarse periódicamente, con el fin de evitar que los impactos negativos significativos que ocurren derivados de las actividades del mantenimiento, o sea, con el fin de evitar desviaciones en el las éstas actividades con algún impacto en al ambiente.

El control ambiental que hará la organización, se efectuará directamente en el aspecto ambiental (fuente del impacto, carácter preventivo), ya que se supone que la organización puede ejercer control o tener influencia sobre éstos. Este aspecto ambiental será incluido durante el proceso de fijación de objetivos

y metas ambientales por parte de la gerencia, siempre y cuando se haya evaluado la relevancia del impacto ambiental ocasionado, y haya sido considerado significativo. Esto tomando en consideración que el efecto ecológico del mantenimiento se garantiza mediante la gestión eficaz y eficiente de éste y su mejoramiento continuo dentro de un sistema que tome en cuenta los elementos ambientales, lo cual significa que todos los aspectos ambientales están bajo control operacional y se han tomado todas las acciones para prevenir y corregir impactos.

Otro tema que debe comprenderse en este requerimiento, es la necesidad de establecer, por parte del departamento de mantenimiento, requerimientos operativos a los proveedores y/o contratistas. La clave del requerimiento, estriba en la interacción o efectos que pudiera tener la actividad de estos proveedores y/o contratistas en el compromiso ambiental del departamento. Si las actividades de los proveedores afectan el desempeño y ponen en riesgo el cumplimiento de los objetivos y metas propuestos dentro, entonces la organización podrá exigir la aplicación de procedimientos documentados.

Dependiendo del tipo de procedimiento operacional, también se requerirá capacitación, concienciación y entrenamiento a los propios, proveedores y contratistas. El responsable de llevar esto a cabo es el responsable de la gestión del mantenimiento ya que mediante el establecimiento de un conjunto de acciones técnico organizativas, que aseguran la reducción del impacto ambiental de los equipos y de las acciones de mantenimiento.

Las acciones para prevenir daños al medio ambiente deben ser dirigidas a las personas, los equipos y los procesos de mantenimiento. Los factores causales más importantes identificados que pueden propiciar la ocurrencia de impacto al medio ambiente desde el mantenimiento son: los errores humanos,

la ausencia de mantenimiento, la aplicación de políticas de mantenimiento incorrectas y procesos de mantenimiento no controlados.

Finalmente, para lograr todas éstas buenas prácticas documentadas para minimizar los impactos desde la fuente generadora ya sea práctica y/o equipo lo que se requiere es del compromiso del responsable de la gestión del mantenimiento, este propósito es decisivo para alcanzar los resultados esperados, expresados mediante el establecimiento de políticas y acciones concretas que aseguren cambios en el modo de actuación de las personas hacia el medio ambiente y den al mantenimiento un alcance nuevo.

4.4.7. Preparación y respuesta ante emergencias

El mantenimiento como acción indispensable de los procesos productivos, desde el punto de vista ambiental, constituye un medio para prevenir impactos ambientales negativos, dado que asegura la fiabilidad de los equipos, lo que reduce el riesgo de ocurrencia de emergencias ambientales, accidentes catastróficos, como incendios, explosiones, emisiones de sustancias tóxicas etc. y a su vez, una fuente de contaminación, porque en su ejecución se producen desechos peligrosos (sólidos, líquidos y gaseosos). Para tener estas situaciones en consideración para la gestión del mantenimiento es necesario considerar los requisitos establecidos en la tabla XVII.

Tabla XVII. Preparación y respuesta ante emergencias

La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para identificar situaciones potenciales de emergencias y accidentes potenciales que pueden tener impactos en el medio ambiente y como responder ante ellos.

La organización debe responder ante situaciones de emergencia y accidentes reales y prevenir o mitigar los impactos ambientales adversos asociados.

La organización debe revisar periódicamente, y modificar cuando sea necesario sus procedimientos de preparación y respuesta ante emergencias, en particular después de que ocurran accidentes o situaciones de emergencia.

La organización también debe realizar pruebas periódicas de tales procedimientos, cuando sea factible.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

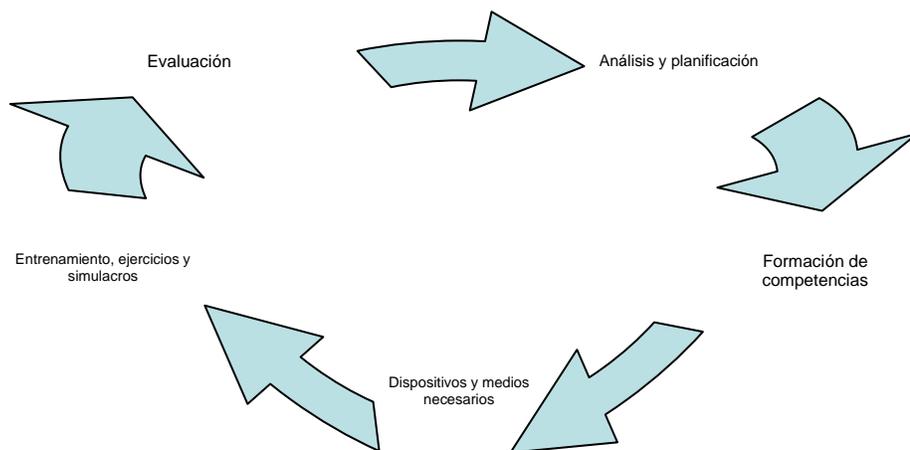
Los eventos asociados con emergencias incluyen tanto la seguridad e integridad de los seres humanos (empleados, vecinos ubicados en el entorno de la organización, poblaciones aledañas) como también la seguridad e integridad del medio ambiente interactuante con la actividad. Dentro de esta connotación, tal emergencia sería la afectación potencial de los trabajadores de una industria ante el escape masivo de un gas peligroso, como el derrame de un tanque de combustible en un río aledaño.

La preparación y respuesta ante emergencias debe tomar en cuenta dos caminos de acción: el primero preventivo, que debe tomar en cuenta las fuentes de riesgo potencial de la operación y se refiere a la gestión que deberá incorporarse dentro de la empresa para tratar de evitar que se presenten las situaciones de emergencia, y el segundo correctivo, se refiere a la gestión que

la empresa deberá desarrollar si el evento se presenta, incluyendo la mitigación de los impactos ambientales que se deriven de la contingencia.

La figura 8 muestra un esquema típico de los temas que deben considerarse al formular un plan efectivo de prevención y respuesta a emergencias.

Figura 8. **Esquema para un plan de emergencias**



Fuente: www.iso.ch/iso/en/ISOONLINE. 20/10/2011.

De acuerdo con el requerimiento de la norma, cada vez que se presenten eventos de riesgo potencial, o en el caso que se presente la emergencia, se deberá evaluar con posterioridad las razones del siniestro, las condiciones que se dieron en el momento, la capacidad de respuesta de la empresa, la efectividad de los planes de contingencia, etc. En el anexo 7 puede verse un ejemplo lo que sería el cuadro de Preparación y Respuesta ante emergencias del sistema de gestión del mantenimiento.

4.5. Verificación

De acuerdo con el modelo adoptado con la Norma ISO 14001, una vez que el departamento/organización implementa la gestión del mantenimiento según los lineamientos ambientales y lo pone en operación, se debe dar seguimiento al desempeño a través de indicadores apropiados, con el fin de verificar si está cumpliendo con los objetivos y metas planificados, y si su evolución es satisfactoria.

En otras palabras, la idea consiste en comparar lo planificado contra lo actuado, para ver si las previsiones teóricas se llevan a cabo en la realidad. En caso de denotarse desviaciones significativas entre lo planeado y lo actuado, se deberán proponer medidas preventivas y correctivas adecuadas, con el fin de garantizar la mejora continuo.

Según se describe a continuación, este requerimiento de la norma se basa en cinco herramientas:

- Seguimiento y medición
- Evaluación del cumplimiento legal
- No conformidad, acción correctiva y acción preventiva
- Control de los registros
- Auditoría Interna

Por la relevancia que representa cada una de las herramientas asociadas a los diferentes requisitos de norma para llevar a cabo la verificación del cumplimiento de lo planificado, se revisa cada uno por individual.

4.5.1. Seguimiento y medición

Se ha dicho que el principal objetivo de implantar una gestión del mantenimiento con un enfoque ambiental según los lineamientos establecidos por la Norma ISO 14001 es mejorar el desempeño general del departamento o de la organización según sea el alcance definido, y para ello, la norma propone una estrategia basada en la mejora continuo de la gestión, tal como se establece en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Seguimiento y medición**

La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para hacer el seguimiento y medir de forma regular las características fundamentales de sus operaciones que pueden tener impactos significativos en el ambiente. Los procedimientos deben incluir la documentación de la información para hacer el seguimiento del desempeño, de los controles operacionales y de la conformidad con los objetivos y metas ambientales de la organización.

La organización debe asegurarse de que los equipos de seguimiento y medición se utilicen y mantengan calibrados o verificados y se deben conservar los registros asociados.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

Por lo tanto, el principal indicador tangible para saber si la gestión está operando tal y como se esperaba, es darle seguimiento a su desempeño a través de indicadores. Para esto es necesario identificar y establecer los puntos de control y medición en el proceso para evaluar el desempeño ambiental antes, durante y después de la realización de los trabajos fundamentado en la recolección de datos, tomas de muestras y observaciones, el análisis y comunicación de los resultados.

También se deben elegir los métodos de medición más aplicables y más representativos para el aspecto al cual se está dando seguimiento.

Normalmente, los indicadores que son utilizados para monitoreo y medición, son los mismos que fueron originalmente utilizados durante la planificación del mantenimiento, específicamente durante el proceso de fijación de objetivos y metas por parte del responsable de la gestión del mantenimiento. Dependiendo del tipo de actividad y equipo a controlar, y más específicamente de la magnitud, naturaleza y criticidad, se deben establecer, proporcionalmente, las frecuencias de muestreo, así como los puntos de ubicación de la colecta de datos y las técnicas de medición aplicables.

Por lo tanto, el número de muestras, puntos de ubicación, número de indicadores a medir, técnicas a aplicar y otros, deben ser racionales y estar en función de la frecuencia y naturaleza de las actividades. También se debe tener presente el impacto ambiental y financiero que debe justificarse adecuadamente en función de los datos que se están recabando y evaluando.

La norma parte del supuesto que una mejora en la gestión ocasiona, en la mayoría de los casos, una mejora en el desempeño. Por lo tanto según actividades y equipos relacionados al mantenimiento es conveniente la recopilación y análisis de datos relacionados con los siguientes temas:

- Datos históricos del equipo
- Información relevante sobre equipos nuevos
- Histórico de reparaciones
- Inventario de materiales
- Tipos de reparaciones
- Tiempo entre reparaciones

- Tiempo para reparaciones
- Consumo de insumos y lubricantes

Para la recolección de datos, análisis del desempeño y el establecimiento de los indicadores se debe aplicar las técnicas de análisis de fiabilidad análisis del modo de fallo y efecto (FMEA), Análisis del modo de fallo y efecto y análisis de criticidad (FMECA), análisis de árboles de fallo (FTA) etc., para identificar problemas repetitivos, determinar su impacto, así como evaluar el estado del equipo y cuantificar su fiabilidad. Esto contribuye a la optimización de acciones de mantenimiento a llevar a cabo para asegurar su fiabilidad y mejorar los procedimientos de ejecución de los trabajos, disminuir desechos y con ello fuentes potenciales de contaminación. El mantenimiento predictivo es el elemento básico para este fin.

4.5.2. Evaluación del cumplimiento legal

Otro de los temas incluidos dentro los requerimientos de la Norma ISO 14001, tal como se especifica en la tabla XIX, indica que es necesario monitorear y medir el cumplimiento de los temas regulados por la legislación y reglamentación vigente. En este punto debe recordarse que no es necesario desde el principio cumplir con la legislación, pero si debe establecerse un plan de cumplimiento de la normativa aplicable, y que se demuestre a través de evidencia objetiva, que la gestión está tomando en cuenta los requisitos pendientes de cumplimiento y hay planes para garantizar su cumplimiento

Tabla XIX. Evaluación del cumplimiento legal

En coherencia con su compromiso de cumplimiento, la organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para evaluar periódicamente el cumplimiento de los requisitos legales aplicables.

La organización debe mantener los registros de los resultados y de las evaluaciones periódicas.

La organización debe evaluar el cumplimiento con otros requisitos que suscriba.

La organización puede combinar esta evaluación con la evaluación del cumplimiento legal mencionado para establecer uno o varios procedimientos separados.

La organización debe mantener los registros de los resultados de las evidencias periódicas.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

Cabe resaltar que dentro de la gestión del mantenimiento tradicional no hace referencia a la identificación de los requisitos legales como parte de los elementos de entrada fundamentales para establecer los parámetros, actividades y datos indispensables para llevar a cabo una gestión del mantenimiento responsable.

4.5.3. No conformidad, acción correctiva y acción preventiva

De acuerdo con el requerimiento de la norma, tal como se describe en la tabla XX, una vez que se ha determinado la no conformidad, es decir una desviación entre lo planificado y lo ejecutado es necesario contar con un procedimiento documentado para investigar las causas, evaluar la significancia del incumplimiento y determinar las responsabilidades para su prevención, corrección o adecuación.

Tabla XX. **No Conformidad, acción correctiva y acción preventiva**

<p>La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para tratar las no conformidades reales y potenciales y tomar acciones correctivas y acciones preventivas. Los procedimientos deben definir requisitos para:</p> <ul style="list-style-type: none">a) La identificación y corrección de las no conformidades y tomando las acciones para mitigar sus impactos ambientales;b) La investigación de las no conformidades, determinando sus causas y tomando las acciones con el fin de prevenir que vuelvan a ocurrir;c) La evaluación de la necesidad de acciones para prevenir las no conformidades y la implementación de las acciones apropiadas definidas para prevenir su ocurrencia.d) El registro de los resultados de las acciones preventivas y acciones correctivas tomadas; ye) La revisión de la eficacia de las acciones preventivas y acciones correctivas tomadas. <p>Las acciones tomadas deben ser las apropiadas en relación a la magnitud de los problemas e impactos ambientales encontrados.</p> <p>La organización debe asegurarse de que cualquier cambio necesario se incorpore a la documentación del sistema de gestión ambiental.</p>

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

El departamento de Mantenimiento podrá mejorar sus niveles de desempeño hasta lograr el cumplimiento de lo planeado, tomando en cuenta aquellos compromisos relacionados con los reglamentos vigentes, a través de metas graduales, dentro de un proceso de mejora continuo, resultado del análisis y toma de acción ya sea para prevenir o corregir. Sin embargo no debe olvidarse que la Norma ISO 14001 tiene un carácter eminentemente preventivo, razón por la que propone una medición, seguimiento y verificación cercana desde la fuente generadora.

4.5.4. Control de los registros

Los registros son vitales para una gestión del mantenimiento efectivo, porque su documentación y mantenimiento en el tiempo acordado en los procedimientos, permitirá que el departamento demuestre fehacientemente ante sus clientes el cumplimiento con los términos pactados. Además de ello, los registros permiten conocer objetivamente la evolución del departamento, orientado hacia el cumplimiento de sus objetivos y metas.

Tabla XXI. **Control de los registros**

La organización debe establecer y mantener los registros que sean necesarios, para demostrar la conformidad con los requisitos de su sistema de gestión ambiental y de esta Norma Internacional, y para demostrar los resultados logrados.

La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, el tiempo de retención y la disposición de los registros.

Los registros deben ser y permanecer legibles identificables y trazables.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

La definición de registro es difícil, debido a que encierra una amplia gama de documentos, declaraciones de hechos, informes técnicos, guías para la capacitación y entrenamiento del personal, rutinas de reparación, ordenes de trabajo, planificación de trabajos y proyectos, control de inventarios, registro de equipos, programas de mantenimiento, rutinas de inspección de equipos e instalaciones, guías para la reparación, controles sobre equipos principales y sistemas de distribución, información que el departamento de mantenimiento debe consignar en forma ordenada y debidamente identificada y directamente ligada con los procedimientos estructurales y operativos de su gestión.

4.5.5. Auditoría interna

La auditoría que necesita la gestión del mantenimiento, tal como se establece en la Norma ISO 14001, la tabla XXII, consiste en un proceso de recolección de evidencias objetivas, por parte del auditor, que le permiten verificar, en forma sistemática, objetiva y documentada, si la gestión ha sido correctamente implantado, si opera y si se mantiene, acorde con los requerimientos de las Normas.

En la tabla siguiente se describen los elementos importantes a considerar para la realización de las auditorías internas, así como las etapas que deben de considerarse al momento de implementarlas.

Tabla XXII. **Auditoría interna**

La organización debe asegurarse de que las auditorías internas del sistema de gestión ambiental se realizan a intervalos planificados para:

a) Determinar si el sistema de gestión ambiental:

es conforme con las disposiciones planificadas para la gestión ambiental, incluidos los requisitos de esta Norma Internacional; y

se ha implementado adecuadamente y se mantiene; y

b) Proporciona información a la dirección sobre los resultados de las auditorías.

La organización debe planificar, establecer, implementar y mantener programas de auditoría, teniendo en cuenta la importancia ambiental de las operaciones implicadas y los resultados de las auditorías previas.

Se deben establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos de auditoría que traten sobre:

las responsabilidades y los requisitos para planificar y realizar las auditorías, informar sobre los resultados y mantener los registros asociados;

la determinación de los criterios de auditoría, su alcance, frecuencia y métodos.

La selección de los auditores y la realización de las auditorías deben asegurar la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoría.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

Con base en el requerimiento de la norma, la organización debe contar con un programa de auditorías, entendiendo por programa a la realización de una serie de auditorías, intermitentes y espaciadas a través del tiempo, que le

permitan al auditor y al responsable de la gestión del mantenimiento, conocer los resultados puntuales con respecto su desempeño a través del programa de auditorías, se podrá comprobar si el departamento está cumpliendo con los objetivos y metas que han sido planificados, además de verificar el cumplimiento de los procedimientos estructurales y operacionales requeridos para sus actividades. Para esto la auditoria debe basarse estrictamente en criterios de objetividad e independencia, requisito fundamental y principio básico de esta herramienta.

4.6. Revisión por la dirección

El modelo de mejora continua termina con una etapa de revisión por el responsable de la gestión del mantenimiento y la gerencia de la empresa, de todos los logros, problemas, expectativas y otros temas relacionados con el mantenimiento, con el fin de autorizar cambios requeridos para ajustar las desviaciones que se hayan producido en el camino, a partir de su planificación, implementación y operación. Precisamente este requerimiento es el eslabón que completa el círculo para garantizar la mejora continua.

A continuación en la tabla XXIII se describen los elementos de entrada y salida del proceso llevado a cabo durante la revisión por la dirección.

Tabla XXIII. Revisión por la dirección

La alta dirección debe revisar el sistema de gestión ambiental de la organización, a intervalos planificados para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas. Estas revisiones deben incluir la evaluación de oportunidades de mejora y la necesidad de efectuar cambios en el sistema de gestión ambiental, incluyendo la política ambiental, los objetivos y las metas ambientales. Se deben conservar los registros de las revisiones por la dirección.

Los elementos de entrada para las revisiones por la dirección deben incluir:

- a) Los resultados de las auditorías internas y evaluaciones de cumplimiento con los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba;
- b) La comunicación de las partes interesadas externas, incluidas las quejas;
- c) El desempeño ambiental de la organización;
- d) El grado de cumplimiento de los objetivos y metas;
- e) El estado de las acciones correctivas y preventivas;
- f) El seguimiento de las acciones resultantes de las revisiones previas llevadas a cabo por la dirección;
- g) Los cambios en las circunstancias, incluyendo la evolución de los requisitos legales y otros requisitos relacionados con sus aspectos ambientales; y
- h) Las recomendaciones para la mejora.

Los resultados de las revisiones por la dirección deben incluir todas las decisiones y acciones tomadas relacionadas con posibles cambios en la política ambiental, objetivos, metas y otros elementos del sistema de gestión ambiental, coherentes con el compromiso de mejora continua.

Fuente: ISO/IEC 14001, 2004.

Los resultados de las auditorías son un valioso insumo, aunque no el único que deberá prepararse previamente y llevarse a la revisión de la gerencia, para que se pueda efectuar estas revisiones es importante contar con un procedimiento respectivo que garantice que la información pertinente esté disponible para su consideración y toma de decisión. La revisión por la dirección, es una etapa fundamental para efectos de retroalimentación enfocado

al cumplimiento de compromisos que determinan la mejora continua, ya que permite verificar si se están cumpliendo los objetivos y metas ambientales, si las acciones preventivas y correctivas están siendo eficaces, si los hallazgos de las auditorias son críticos o no, y permite justificar los cambios pertinentes en el compromiso planteado en la política del mantenimiento.

Finalmente, la revisión por la gerencia es la última etapa del modelo, aunque el requisito pareciera pequeño en su contenido temático, resulta una variable crítica en el éxito operacional del departamento de mantenimiento y en sí de toda la organización, ya que como se mencionó des una revisión consiste que deberá efectuar la gerencia con el fin de asegurar su eficacia y para introducir, desde el nivel más alto de la estructura organizacional, las modificaciones o ajustes que resulten pertinentes para cumplir con los requerimientos. En el anexo 8 puede verse un ejemplo de una agenda para una revisión por la dirección de un sistema de gestión ambiental para el sistema de mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. El presente trabajo constituye de manera más detallada en forma de una guía de implementación los requisitos según Norma ISO 14001, consideraciones y recomendaciones importantes que deben tenerse en cuenta, al implementar una gestión del mantenimiento mecánico bajo estándares internacionales.
2. A la fecha de finalización del presente trabajo de graduación, la implementación de una gestión del mantenimiento con responsabilidad ambiental es voluntaria, pero a la vez se constituye en una herramienta diferencial para la gestión eficaz y eficiente del mantenimiento.
3. Para conseguir mejoras significativas en la protección ambiental por la gestión del mantenimiento, deben ser coordinados los esfuerzos con otras funciones importantes de la organización, como son operaciones, calidad y seguridad industrial, para producir la sinergia necesaria que asegure una mayor fiabilidad y efectividad de las acciones tomadas.
4. Una buena gestión del mantenimiento toma en cuenta los controles operacionales, desde la compra de los equipos que contribuya a disminuir los aspectos ambientales, durante la operación y mantenimiento.

5. Las empresas de Guatemala deben tomar en cuenta que la implementación de una gestión del mantenimiento enfocada en la mejora contribuye a su vez en una gestión de costos y rentabilidad para el beneficio de la empresa.
6. El Mantenimiento, fundamentalmente en la industria guatemalteca, es la actividad que más puede contribuir a reducir los riesgos de impacto al medio ambiente, dado que es el responsable de la fiabilidad de los equipos y donde se realizan gran número de operaciones que pueden producir daños significativos. El mantenimiento industrial con enfoque ambiental es una medida de su eficiencia y su eficacia.
7. Aunque la aplicación de leyes en Guatemala es débil, la implementación voluntaria de una gestión enfocada a la responsabilidad ambiental agrega valor en los procesos de apertura de mercados.

RECOMENDACIONES

1. Debido a que muchas empresas por sí solas, no pueden garantizarse de manera exclusiva los servicios de mantenimiento, tienen que contratar a terceros especializadas por lo que se recomienda en estos casos, se cuente con requerimientos contractuales claros enfocados a la protección ambiental y establecer mecanismos de control más rigurosos sobre la forma en que dichas empresas realizan su trabajo.
2. Para iniciar la implementación de una gestión del mantenimiento enfocada a la disminución de los impactos ambientales, se recomienda contar inicialmente con el compromiso de la gerencia que contribuya al reto de cambio cultural organizacional que representa una gestión ambiental.
3. Antes de entrar en un proceso de implementación de norma internacional se recomienda recibir la formación requerida para fines de interpretación de requisitos de norma.
4. Para evidenciar mejoras económicas derivadas de los controles de mantenimiento con consumos eficientes y reducción del impacto ambiental, se recomienda cuantificar el ahorro y comparar el antes y del después de la mejora en las actividades utilizando para el efecto un indicador económico.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRAUN, Rafael. *Ética y medio ambiente*. 42 a. ed. México: Trillas, 1991. 39 p.
2. BRUGGER, Ernesto. *Del desarrollo sostenible a la ecoeficiencia*. 52 a. ed. México: Akal, 1993. 29 p.
3. Centro de Información ISO. [en línea]. [ref. de 30 de oct. 2011]. Disponible en Web: <<https://www.iso14000.com>>.
4. Comité Técnico 207 de ISO. [en línea]. [ref. de 30 de oct. 2011]. Disponible en Web: <<https://www.tc207.org>>.
5. DE LA VARA GARRIDO, Franklin. "El mantenimiento y su impacto en el medioambiente: una estrategia para producir y sobrevivir". Revista Tecnología. Edición No 1. Industria del Níquel, Cuba 1991. 77 p.
6. Guía ISO 14000. *Las nuevas normas internacionales para la administración ambiental*. México: McGraw –Hill Interamericana, 1996. 101 p.
7. HUNT, David; JOHNSON, Catherine. *Environmental impact assessment training resource Manual*. Australia: Environment Protection Group 2002, 230 p.

8. International Organization for Standardization. [en línea]. [ref. de 30 de oct. 2011]. Disponible en Web: <<https://www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.openpage>>.
9. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de Evaluación, control y seguimiento ambiental*. Acuerdo Gubernativo 431-2007. Guatemala: MARN, 2007. 12 p.
10. PALOMO RICO, Oriol. *Manual de trabajo y diagnóstico ISO 14000: la nueva visión gerencial del medio ambiente*. 8 a. ed. Colombia: Edición Integral, 2002. 8 p.
11. Sistema de Gestión Ambiental. *Requisitos con orientación para su uso*. INTE- ISO CTN 207 INTE-ISO 14001:2004. Costa Rica: INTECO, 2004. 3-35 p.
12. *Sistema de Gestión Medioambiental*. México: McGraw-Hill, 1996. 55p.
13. *Transformation strategies supporting ISO 14000 and environmental management*. [en línea]. [ref. de 30 de oct. 2011]. Disponible en Web: <<https://www.trst.com>>.
14. *Triple ganancia, costos ambientales*. [en línea]. [ref. de 30 de oct. 2011]. Disponible en Web: <[https:// www.cegesti.org](https://www.cegesti.org)>.

ANEXOS

1 Ejemplo de política del mantenimiento con compromiso ambiental

“En el departamento de mantenimiento estamos comprometidos con proveer un servicio óptimo de mantenimiento, para garantizar la disponibilidad de los equipos, en el tiempo establecido, cuidando los costos y los aspectos ambientales relacionados con consumo de recursos, contaminación del agua y del suelo, cumpliendo los requisitos legales asociados y mejorando nuestro desempeño continuamente”.

Fuente: elaboración propia.

2 Ejemplo Identificación de aspectos ambientales en actividades de mantenimiento

ÁREAS	ACTIVIDAD	ENTRADAS	SALIDAS	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
-------	-----------	----------	---------	-------------------	-------------------

MANTTO	SOLDADURA Y CORTE	Insumos (oxígeno, acetileno, electrodos)	Insumos usados (oxígeno, acetileno, electrodos)	Consumo de oxígeno y acetileno por operación del equipo de soldadura	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES
			Humos	Humos de Soldadura	CONTAMINACIÓN DEL AIRE
MANTTO	TRABAJO EN BANCO (ESMERILAR, PULIR AMOLAR, LIJAR, CORTAR,)	Piezas metálicas	Piezas metálicas modificadas	Desechos de partículas metálica	CONTAMINACIÓN DEL SUELO
MANTTO	MANTENIMIENTO DE MOTORES Y BOMBAS	Repuestos usados (cojinetes, sellos mecánicos, empaques)	Repuestos (cojinetes, sellos mecánicos, empaques)	Desechos de repuestos	CONTAMINACIÓN DEL SUELO
MANTTO	MANTO. AIRES ACONDICIONADO	Refrigerantes	Refrigerante	Posibles fugas de refrigerante	CONTAMINACIÓN DEL AIRE
MANTTO	MANTO. AIRES ACONDICIONADO	Agua	Agua sucia	Consumo de agua	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES
				Desechos de agua	CONTAMINACIÓN DEL AGUA
MANTTO	GENERALES	Insumos limpieza (wipes, mopas, epp, aserrín)	Insumos usados (wipes, mopas, epp, aserrín)	Desechos de insumos de limpieza	CONTAMINACIÓN DEL SUELO
MANTTO	GENERALES	Energía Eléctrica	Iluminación	Consumo de energía eléctrica por iluminación	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES
			Funcionamiento de equipo	Consumo de energía eléctrica por operación	AGOTAMIENTO DE RECURSOS

Fuente: elaboración propia.

3 Ejemplo Identificación de requisitos legales para las actividades de mantenimiento

Aspecto Ambiental	Base Legal	Autoridad Administrativa
Acuerdo COM (consejo municipal) No. 028-2002 Reglamento de Manejo de Desechos Sólidos para el Municipio de Guatemala.		
Generación de Desechos sólidos	Artículo 9: En aquellos casos en que se autoricen sitios de almacenamiento temporal de desechos sólidos, se deberá cumplir como mínimo, con las siguientes condiciones: a. Separar los desechos sólidos para facilitar su clasificación en desechos sólidos orgánicos, no orgánicos y materiales de potencial reciclable. El recolector de basura está comprometido a promover entre los usuarios del servicio, la separación de la basura en forma adecuada.	Dirección de Medio Ambiente Municipalidad de Guatemala.
Generación de Desechos sólidos	Artículo 69. Sin perjuicio de lo establecido en cualesquiera otros artículos del presente Reglamento, serán sancionadas las acciones siguientes: 7. Abandonar o arrojar en la vía pública animales muertos o sustancias peligrosas corrosivas, inflamables, salitrosas o cualesquiera otra de ilícito comercio y / o que despidan olores desagradables. 11. Efectuar sin autorización cualquier tipo de trabajo particular en la vía pública: carpintería, metal mecánica, tapicería, expendio de alimentos, bebidas y cualquier otra actividad que generen desechos.	Dirección de Medio Ambiente Municipalidad de Guatemala.
Ley de Comercialización de Hidrocarburos. Decreto 109-97.		
Consumo de Combustibles	Art. 17. Terminales de almacenamiento. Toda persona individual o jurídica podrá almacenar para sí o para terceros, petróleo y/o productos petroleros para el consumo propio o para su comercialización, cumpliendo con lo prescrito en la presente ley y su reglamento, y leyes ambientales.	Dirección General de Hidrocarburos Ministerio de Energía y Minas
Consumo de Combustibles	Art. 18. Licencia de almacenamiento. La solicitud de licencia para instalar y operar depósito de petróleo y/o productos petroleros para el consumo propio y/o para la comercialización, debe tramitarse ante la Dirección.	Dirección General de Hidrocarburos Ministerio de Energía y Minas
Consumo de Combustibles	Art 30. Vigencia de las licencias. El período de vigencia de las licencias para depósitos para consumo propio y expendios de GLP: cinco años a partir de la fecha de emisión de las mismas, renovables por períodos iguales, previa solicitud del interesado.	Dirección General de Hidrocarburos Ministerio de Energía y Minas

Consumo de Combustibles	<p>Art. 50 .Sistemas de prevención de incendios. Con el propósito de prevenir y combatir incendios, deberá cumplirse con los requerimientos mínimos siguientes: a) Para estaciones de servicio, expendios de GLP para uso automotor y depósitos de petróleo y/o productos petroleros:</p> <p>a.1. Un extintor conteniendo polvo químico seco del tipo ABC, en condiciones aptas, con capacidad de 20 libras, ubicado a una altura comprendida entre 1.2 metros y 1.5 metros, libre de obstáculos, en cada área de: tanques de almacenamiento, sala de ventas, bodega y otras de importancia.</p> <p>a.5. Rótulos preventivos; Prohibido fumar, ... y otros relativos a la seguridad de las personas y los bienes, ubicados en lugares visibles, principalmente en áreas de despacho y suministro.</p>	Dirección General de Hidrocarburos Ministerio de Energía y Minas
Consumo de Combustibles	<p>Artículo 51. (Modificado el Plazo del inciso a.5 por el Artículo 2 del Acuerdo Gubernativo Número 410-2004). Sistemas de prevención de contaminación ambiental. Con el propósito de prevenir y combatir la contaminación ambiental, sin perjuicio de otras disposiciones que emita la Dirección, debe cumplirse con los requerimientos mínimos siguientes:</p> <p>a.7. (Reformado por el artículo 2 del Acuerdo Gubernativo No. 410-2004). La construcción e instalación de tanques, tuberías y accesorios, deberá realizarse de acuerdo a técnicas modernas de seguridad industrial y ambiental que satisfagan especificaciones técnicas, tomándose como referencia la última versión vigente, recomendada y aceptada en la industria petrolera como ANSI, API, ASME, NFPA Y DOT.</p> <p>d) Desarrollar Programas de Capacitación al personal, sobre prevención y contingencia de contaminación ambiental; y</p> <p>e) Efectuar simulacros de acuerdo al Plan de Contingencias de Contaminación Ambiental.</p>	Dirección General de Hidrocarburos Ministerio de Energía y Minas
Importación de Gases Clorofluorocarbonados. Acuerdo Gubernativo No. 252-89.		
Emisiones Atmosféricas Clorofluorocarbonados	<p>Artículo 1. Queda prohibido en el territorio nacional las operaciones siguientes:</p> <p>1.3 Almacenamiento, comercialización y uso de gases Clorofluorocarbonados (CFC's).</p> <p>1.4 Quedan excluidos de la prohibición contenida en el presente artículo los productos siguientes:</p> <p>1.4.10 El Clorofluorocarbono CFC-12 para el funcionamiento, operación y mantenimiento de equipos de refrigeración industrial o doméstico incluyendo los gases CFC-22 y CFC-502.</p>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Emisiones Atmosféricas Clorofluorocarbonados	Artículo 13. De las importaciones de SAO y de la fabricación e importación de equipos y artículos que contengan CFC's: el MARN en coordinación con SAT en cumplimiento a la normativa ambiental aplicable, definirán los mecanismos correspondientes para la verificación de las importaciones en sitio.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Emisiones Atmosféricas Clorofluorocarbonados	Artículo 14. De la prohibición de importación o producción nacional de equipo y artículos que utilicen CFC's: se prohíbe a partir de la entrada en vigencia de este Acuerdo Ministerial, la importación y/o producción nacional de los siguientes equipos y artículos, en cuyo proceso de fabricación se utilice CFC's: unidades de aire acondicionado para vehículos automotores (incorporados o no), refrigeradores domésticos y comerciales (nuevos y usados), unidades de aire acondicionado, bombas de calor, congeladores, deshumidificadores, enfriadores de agua, maquinas para la fabricación de hielo, paneles de aislamiento, otros por identificar.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Decreto No. 110-97 Ley que Prohíbe la Importación y Regula el Uso de los Clorofluorocarbonos en sus diferentes presentaciones		
Emisiones Atmosféricas Clorofluorocarbonados	Artículo 2. Se prohíbe la importación e ingreso al territorio nacional de productos industriales o domésticos que usen los clorofluorocarbonos, ya sea como sustancias de enfriamiento y refrigeración, o como propelentes de productos medicinales; o los alcanos halogenados en productos contra incendios, así como en aerosoles o cualquier otra presentación.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Emisiones Atmosféricas Clorofluorocarbonados	Artículo 5. Cuando por cualquier circunstancia o desperfecto mecánico deba cambiarse gases, éste será extraído y recolectado en envases adecuados y con válvulas de seguridad que no permitan la dispersión a través de la atmósfera y se aprovechará para sustituirse por un gas que no sea dañino para el ambiente y la atmósfera.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Fuente: elaboración propia.

4 Ejemplo de Objetivos, indicadores, metas y programas de mantenimiento

Objetivo	Indicador	Rendición de Cuenta	Iniciativas-programas de gestión
<p>Optimizar la disponibilidad de los equipos a través de evitar, reducir y reparar las fallas de los mismos garantizando su máximo rendimiento según aplique.</p> <p>Disminuir los costos de mantenimiento a través de equilibrar los gastos y los costos de la gestión.</p> <p>Optimizar el recurso humano a través de una clara definición de responsabilidades, asegurando la capacitación, entrenamiento consistente y actualizado en temas técnicos, seguridad y medio ambiente relacionados con su gestión</p>	% de paros mantenimiento preventivo	Mensual	<p>Control sistematizado de los indicadores de Gestión.</p> <p>Elaboración de rutinas de mantenimiento priorizadas a través de criticidad de equipos, estado actual y costo.</p> <p>Programa de sensibilización en temas ambientales y de seguridad</p>
	# de falla por equipos	Mensual	
	Costo de mantenimiento por TM/ fabricada	Mensual	
	Horas/hombre capacitación personal de mantenimiento	Mensual	
	Índice de frecuencia de accidentalidad	Mensual	
	Índice de severidad de accidentalidad	Mensual	
	TM desechos producidas por actividades de mantenimiento	Mensual	

Fuente: elaboración propia.

5 Ejemplo de Matriz de Competencia, formación, comunicación y toma de conciencia

Nombre del Entrenamiento	Grupos / Colaboradores a capacitar	Área	Tipo	Proveedor / Instructor
Política del Mantenimiento	Personal técnico, jefes, Supervisores	Mantenimiento	C-IN	Gerente de Mantenimiento
Trabajo en equipo	Personal técnico, jefes, supervisores, gerente	Mantenimiento	C-E	Sub-contratado
Elementos de seguridad en el trabajo	Personal técnico, jefes, Supervisores	Mantenimiento	C-IN	Responsable de Seguridad Industrial y Medio Ambiente
Aspectos ambientales del mantenimiento	Personal técnico, jefes, Supervisores	Mantenimiento	C-IN	Responsable de Seguridad Industrial y Medio Ambiente
Permisos especiales de trabajo actividades	Personal técnico, jefes, Supervisores	Mantenimiento	C-IN	Responsable de Seguridad Industrial y Medio Ambiente
Regulación para sistemas de aguas, combustibles y lubricantes	Jefes, supervisores y gerente	Mantenimiento	C-IN	Responsable de Seguridad Industrial y Medio Ambiente
Nuevas conductas y aptitudes hacia el medio ambiente	Personal técnico, jefes, Supervisores	Mantenimiento	C-IN	Gerente de Mantenimiento
Instructivos de respuesta ante impactos ambientales	Personal técnico, jefes, supervisores, gerente	Mantenimiento	C-IN	Responsable de Seguridad

Planificación del mantenimiento	Jefes y Supervisores	Mantenimiento	C-IN	Gerente de Mantenimiento
Uso eficiente de recursos	Personal técnico, jefes, supervisores	Mantenimiento	C-IN	Gerente de Mantenimiento
Manejo y disposición de desechos	Personal técnico, jefes, supervisores	Mantenimiento	C-IN	Responsable de Seguridad Industrial y Medio Ambiente
Cuantificación y determinación material, partes y repuestos requeridos para el mantenimiento y reordenes	Personal técnico, jefes, supervisores	Mantenimiento	C-IN	Gerente de Mantenimiento
Instructivos de trabajo para equipos críticos y mayores	Personal técnico, jefes, supervisores	Mantenimiento	C-IN	Gerente de Mantenimiento
Lista de verificación para rutinas de mantenimiento	Personal técnico, jefes, supervisores	Mantenimiento	C-IN	Gerente de Mantenimiento
Registros para controlar inventarios de repuestos e insumos	Personal técnico, jefes, supervisores	Mantenimiento	C-IN	Gerente de Mantenimiento
Llenado de registros y órdenes de trabajo	Personal técnico, jefes, supervisores	Mantenimiento	C-IN	Gerente de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia

Tipo:

- I=Individual**
- C=Colectivo**
- IN= Interno**
- E= Externo**

6 Propuesta de estructura documental para la gestión del mantenimiento

CORRELATIVO	TIPO DE DOCUMENTO	ESTADO	NOMBRE DEL DOCUMENTO	FECHA DE VIGENCIA	VERSION
01	Manual	Vigente	Manual General para la Gestión del Mantenimiento	17/09/03	03
02	Anexo	Vigente	Índice del contenido de los capítulos del manual del	14/06/03	03
03	Anexo	Vigente	Organigrama	04/10/03	03
04	Anexo	Vigente	Matriz de responsabilidades del Departamento	14/06/03	03
05	Anexo	Vigente	Perfil del Departamento	01/10/03	02
06	Anexo	Vigente	Directrices Generales Estratégicas	01/05/03	01
07	Anexo	Vigente	Política del Mantenimiento con compromiso Ambiental	06/01/04	01
08	Instructivo	Vigente	Establecimiento y seguimiento de objetivos, indicadores y metas	06/01/04	01
09	Registro	Vigente	Objetivos del Mantenimiento	11/02/04	01
10	Anexo	Vigente	Ficha del Proceso de Mantenimiento	22/02/04	02
11	Procedimiento	Vigente	Planificación del Mantenimiento	18/01/04	03
12	Instructivo	Vigente	Realización del Mantenimiento y prestación de servicio	25/02/04	01
13	Instructivo	Vigente	Gestión de impactos	25/02/04	01

	o		ambientales del mantenimiento		
14	Registro	Vigente	Matriz aspectos	01/03/04	01
15	Registro	Vigente	Programa de Mantenimiento	01/03/04	01
16	Registro	Vigente	Rutinas de Mantenimiento por equipos	01/03/04	01
17	Registro	Vigente	Reportes de Mantenimiento	01/03/04	01
18	Instructivo	Vigente	Identificación y cumplimiento de Requisitos legales	25/02/04	01
19	Registro	Vigente	Identificación y clasificación de la legislación aplicable	25/02/04	01
20	Instructivo	Vigente	Aplicación de Técnicas Estadísticas	03/01/04	02
21	Procedimiento	Vigente	Provisión de los Recursos de infraestructura y ambiente de trabajo	18/01/04	02
22	Registro	Vigente	Justificación Inversiones en Activo fijo	18/01/04	01
23	Procedimiento	Vigente	Inducción de personal	18/01/04	01
24	Formato	Vigente	Perfil de puestos por competencia	20/03/04	01
25	Procedimiento	Vigente		01/03/04	01
26	Anexo	Vigente	Agenda para la revisión	01/03/04	02
27	Procedimiento	Vigente	Auditoría Interna	23/03/04	02
28	Registro	Vigente	Programa Anual de Auditorías	15/04/04	01
29	Procedimiento	Vigente	Gestión del Mantenimiento	29/03/03	01
30	Registro	Vigente	Infraestructura y Ambiente de Trabajo	29/03/03	01
31	Registro	Vigente	Plan de Mantenimiento preventivo	29/03/03	01
32	Registro	Vigente	Orden de Trabajo	29/03/03	01

33	Registro	Vigente	Control de tareas pendientes	29/03/03	01
34	Registro	Vigente	Control de conexiones y calentamiento de equipos	29/03/03	01
35	Registro	Vigente	Control y Mantenimiento de edificios	29/03/03	01
36	Registro	Vigente	Control de red de agua proceso y potable	29/03/03	01
37	Procedimiento	Vigente	Gestión de Metrológica	29/03/03	01
38	Registro	Vigente	Lista de equipo bajo control metrológico	29/03/03	01
39	Registro	Vigente	Equipos Críticos de Mantenimiento	29/03/03	01
40	Registro	Vigente	Control de Puntos Críticos del Proceso	29/03/03	01

Fuente: elaboración propia.

7 Ejemplo de Preparación y respuesta ante emergencias

Emergencia	Preparación	Respuesta
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación y demarcación de zonas seguras - Definición y demarcación de rutas de evacuación - Capacitación y entrenamiento de Brigadas de Emergencias - Simulacros de Evacuación 	Instructivo Actuación en Sismos
Derrame	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones adecuadas de almacenaje, trasiego y consumo de materiales de acuerdo a las características de cada producto. - Capacitación sobre almacenamiento y manipulación adecuada de los materiales - Capacitación y entrenamiento al personal que recibe, almacena y manipula materiales - Capacitación y entrenamiento de Brigadas de Emergencias - Simulacros de identificación y control de derrames. - Tratamiento adecuado de los desechos 	Instructivo Derrames y Fugas de Materiales
Incendio	<ul style="list-style-type: none"> - Señalización e identificación de áreas con mayor peligro de incendio - Instalaciones adecuadas de almacenaje, trasiego y consumo de productos combustibles e inflamables - Capacitación sobre almacenamiento y manipulación adecuada de los productos combustibles e inflamables (PST's) - Inspecciones periódicas de las áreas y ejecución de las acciones tomadas producto de las inspecciones - Capacitación y entrenamiento de la Brigada de Combate al Fuego - Simulacros de control y extinción de incendios en coordinación con entes externos (Bomberos, entre otros) - Equipos para detección y control de incendios y el mantenimiento correspondiente 	Instructivo Actuación en Incendio

Fuente: elaboración propia.

8 Esquema de agenda para una revisión por la dirección

Esquema agenda revisión por la dirección			
Temas estratégicos			
1	Indicadores	3	Estrategia y objetivos estratégicos
2	Programas de mejoras	4	Resultados del período
Sistema gestión de Mantenimiento con responsabilidad Ambiental bajo ISO 14001			
5	Revisión de acciones acordadas	11	Retroalimentación de producción y procesos que interactúan
6	Resultados de Auditorias (internas o externas)	12	Análisis de Recursos
7	Acciones correctivas y preventivas	13	Requisitos legales y otros requisitos
8	Desempeño de procesos, programas y controles (objetivos y metas)	14	Cambios que podrían afectar la gestión del mantenimiento
9	Cumplimiento de la disponibilidad de equipos	15	Recomendaciones para la mejora
10	Monitoreos ambientales de los aspectos ambientales del mantenimiento	16	Validación de Política, Objetivos y Estrategias
Generales de la gestión del Mantenimiento			
17	Inclusión de nuevas tecnologías		
18	Comunicación e Interacción con los procesos de producción		
19	Retos futuros		
20	Estándares y Certificaciones		
21	Otros		

Fuente: elaboración propia.

