

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y TURISMO
DEPARTAMENTO INGENIERÍA INDUSTRIAL



MANUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Autor: Antonio Rodríguez Machado

Santa Clara 2012

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y TURISMO
DEPARTAMENTO INGENIERÍA INDUSTRIAL



MANUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Autor: Antonio Rodríguez Machado
Tutores: Dr. C. Aramis Alfonso Llanes
Dr. C. Yodaira Borroto Pentón

Santa Clara 2012

*“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: La Voluntad.”
Albert Einstein*

Le dedico este manual a mi familia en especial a mis padres por su ayuda y apoyo incondicional, y a Dunia por estar siempre a mi lado.

Mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que de una forma u otra colaboraron en la realización de este proyecto. Un reconocimiento especial a mis tutores la Dra. C. Yodaira Borroto Pentón y el Dr. C. Aramis Alfonso Llanes, por la dedicación y empeño con que asumieron este proyecto depositando toda su maestría, sabiduría y experiencia

A Nerelis y Jorge Luis

A mis compañeros de estudios en estos cinco años, en especial a Dunia, Reinier, Laura, Pino y Bety.

Introducción	1
Capítulo 1. Generalidades del mantenimiento	4
1.1 Evolución del concepto de Mantenimiento	5
1.1.1 Evolución del mantenimiento en el mundo	6
1.1.2 Evolución del mantenimiento en Cuba	9
1.2 Bases del mantenimiento	14
1.2.1 Función del mantenimiento	14
1.3 Tipos de mantenimiento	15
1.3.1 Mantenimiento correctivo	15
1.3.2 Mantenimiento preventivo	15
1.3.3 Mantenimiento modificativo	16
1.3.4 Mantenimiento detectivo	16
1.4 Aspectos clave	17
1.5 Preguntas del capítulo	17
Referencias	18
Capítulo 2. La Gestión o Administración del mantenimiento	20
2.1 La planificación del mantenimiento	22
2.2 La organización de mantenimiento	24
2.3 La ejecución del mantenimiento	25
2.4 El control del mantenimiento	26
2.5 Aspectos clave	28
2.6 Preguntas del capítulo	29
Referencias	30
Capítulo 3. Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado	31
3.1. Tipos de intervenciones del MPP	32
3.2. El ciclo de reparación del MPP	34
3.2.1. Duración del ciclo de mantenimiento (T)	35
3.2.2. Estructura del ciclo de reparación del MPP	35
3.3. Grados de complejidad	36
3.4. Organización del MPP	38
3.5. Ventajas del Mantenimiento Preventivo Planificado	39
3.6. Desventajas del Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado	39
3.7. Aspectos clave	40
3.8 Preguntas del capítulo	41
Referencias	42
Capítulo 4. Sistema Alternativo de Mantenimiento	43
4.1. Concepción del sistema	44
4.2. Características del Sistema Alternativo de Mantenimiento	45
4.3. Procedimiento general para la aplicación del Sistema Alternativo de Mantenimiento	47
4.4. Ventajas de la aplicación del SAM	54
4.5. Aspectos clave	55
4.6 Preguntas del capítulo	55
4.7 Experiencias en la aplicación del SAM	55
Referencias	59
Capítulo 5. Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	60
5.1 Definición y objetivos del MCC	61

5.2 Procedimiento para la aplicación del MCC	63
5.3 Beneficios y limitaciones de la aplicación del MCC	77
5.3.1. Beneficios de la aplicación del MCC	77
5.3.2. Limitaciones de la aplicación del MCC	79
5.4 Aspectos clave	80
5.5 Preguntas del capítulo	80
Referencias	82
Capítulo 6. Sistema de Mantenimiento Productivo Total	84
6.1. Origen del TPM	85
6.2. Elementos generales del TPM	86
6.3. Pilares del TPM	88
6.4. Proceso de puesta en marcha del TPM	93
6.5. Seis grandes causas de pérdidas que limitan la eficacia del equipo	98
6.6. Estrategia de las 5 “S” y el TPM	100
6.6.1. Paradigmas que imposibilitan la implantación de las 5 S	101
6.6.2. Significado de las 5 S	103
6.6.3. De las cinco a las nueve S	107
6.7. Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Productivo Total	109
6.7.1. Ventajas de la aplicación del TPM	109
6.7.2. Desventajas de la aplicación del TPM	110
6.8. Aspectos clave	112
6.9 Preguntas del capítulo	113
Referencias	114
Capítulo 7. Análisis de criticidad de los activos fijos	116
7.1 Conceptos y clasificaciones de los equipos	117
7.1.1 El Análisis de los Modos de Fallos y sus Efectos	118
7.1.2 Análisis de Modos de Fallo y Efectos Críticos	119
7.1.3 Análisis de Riesgos “Matrices de Riesgo”	121
7.1.4 Metodología de Confiabilidad “NORSOK”	122
7.2 Clasificación de los activos físicos	124
7.3 Procedimiento para el análisis de criticidad del equipamiento	124
7.4 Aspecto claves	128
7.5 Preguntas del capítulo	129
7.6 Experiencias en el análisis de criticidad de del equipamiento	129
7.6.1 Aplicación del procedimiento para análisis de criticidad en una empresa “Confitera	129
Referencias	137
Capítulo 8. Tercerización del mantenimiento	140
8.1 Generalidades sobre la externalización del mantenimiento	141
8.2 Ventajas asociadas a la Tercerización	142
8.3 Mitos respecto a la tercerización del mantenimiento	144
8.4 Procedimientos para realizar la tercerización	145
8.4.1 Selección de las actividades candidatas a tercerizar	147
8.4.2 La selección de proveedores. Métodos y criterios utilizados	149
8.5 Procedimiento para la tercerización del mantenimiento basado en Factores Críticos de Éxito (FCE)	155
8.5.1 Diseño del procedimiento general para la toma de decisiones relativa	155

a la tercerización de la ejecución del mantenimiento	
8.5.1.1 Fase 1: Inicio o preparación	156
8.5.1.2 Fase 2: Seleccionar la(s) tarea(s) de mantenimiento a tercerizar	156
8.5.1.3 Fase 3: Selección de proveedores	168
8.5.1.4 Fase 4: Establecimiento del contrato	176
8.5.1.5 Fase 5: Administración de la relación de tercerización	177
8.6 Aspectos clave	179
8.7 Preguntas del Capítulo	179
8.8 Experiencias en la aplicación	179
8.8.1 Caso Hotel “A” Turismo de Ciudad	180
Referencias	188
Capítulo 9. Auditoría de Mantenimiento	190
9.1 Evolución del concepto y objetivos de la Auditoría	191
9.2 Clasificación de la auditoría	193
9.3 Auditoría de Mantenimiento	194
9.3.1 Principios de la auditoría	195
9.3.2 Objetivos y beneficios de la auditoría de mantenimiento	196
9.4 Aspectos clave	202
9.5 Preguntas del capítulo	203
9.6 Experiencias en la aplicación del procedimiento general para la realización de la auditoría de mantenimiento	203
9.6.1 Auditoría de mantenimiento en hospitales	204
9.6.2 Empresa Productos Lácteos	210
9.6.3 Empresa Confitera	210
9.6.4 Empresa de Muebles	211
9.6.5 Empresa reparadora	212
9.6.6 Empresa de embutidos	213
Referencias	216
Capítulo 10. Indicadores de mantenimiento	218
10.1 Base conceptual	219
10.1.1 Características de los indicadores de mantenimiento	219
10.2 Indicadores de mantenimiento	221
10.2.1 Indicadores de desempeño del equipo	222
10.2.2 Indicadores de Eficiencia en la Gestión de Mantenimiento	224
10.2.3 Indicadores de costos	228
10.3 Generalidades sobre el Cuadro de Mando Integral (CMI) o <u>Balanced Scorecard</u> (BSC)	230
10.3.1 Perspectivas del Cuadro de Mando Integral	232
10.3.2 Vinculación de las perspectivas del Cuadro de Mando Integral	235
10.3.3 Beneficios y riesgos del Cuadro de Mando Integral	237
10.3.4 Procedimientos para la implementación de un CMI	237
10.4. El Cuadro de Mando Integral del Mantenimiento (CMIM) o <u>Maintenance Scorecard</u> (MSC)	238
10.5. Procedimiento general para la implantación de un Cuadro de Mando Integral para Mantenimiento	239
10.5.1. Descripción del procedimiento general para la definición del CMIM	239

10.6 Aspectos clave	245
10.7 Preguntas del capítulo	245
10.6 Experiencias en la aplicación del CMIM	246
10.6.1 Empresa de Conservas de Vegetales	246
Referencias	250
Anexos	

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el aseguramiento bibliográfico en la Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo (FIIT) en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV) se ha visto afectado; no sólo existen carencias en la bibliografía básica de diversas materias, sino que mucha de la existente está desactualizada. Esta problemática se acentúa aún más en asignaturas que tienen un carácter optativo y que son propias de la FIIT; es decir, asignaturas surgidas con el nuevo plan de estudios “D”, concebidas y preparadas por los profesores de la FIIT, para estudiantes de la propia facultad. En tal situación se encuentra la asignatura Gestión del Mantenimiento, para cuyo proceso docente existen publicaciones diseminadas en sitios de la red, estando disponible un grupo amplio de materiales que abordan determinadas temáticas, pero que carecen de un rigor metodológico adecuado. Por tanto, al estudiante se le dificulta, en cierta medida, la consolidación y profundización de lo aprendido en el aula, situación que constituye una problemática a solucionar ante las exigencias planteadas, de acercamiento a la actualidad empresarial y mayor protagonismo del autoaprendizaje por parte del estudiante, en el vigente plan de estudio.

Con la confección de este material se pretende satisfacer la necesidad de los estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial de un libro de texto para la asignatura Gestión del Mantenimiento del plan de estudio “D”, que debe integrar los contenidos recogidos en el programa de la asignatura.

La investigación se justifica debido a que la bibliografía necesaria para cada uno de los temas tratados no siempre se encuentra disponible para los estudiantes y por lo general se halla muy dispersa. También sirvió de sustento para la confección de este material las encuestas realizadas a los estudiantes, donde se recogieron sus criterios en favor de la confección del texto, además de las opiniones emitidas por especialistas en la disciplina que concuerdan con la necesidad de disponer de este documento.

El libro está compuesto por diez capítulos que tratan los temas siguientes: Gestión del Mantenimiento, Mantenimiento Preventivo Planificado, Sistema Alternativo de Mantenimiento, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, Mantenimiento Productivo Total, Análisis de Criticidad, Tercerización del Mantenimiento, y Auditoría e Indicadores de Mantenimiento. En cada capítulo se presentan experiencias derivadas de la aplicación práctica de algunos de los temas tratados, así como preguntas para consolidar los contenidos tratados.

En el Capítulo I, Generalidades sobre el Mantenimiento, se tratan temas generales relacionados con la evolución del concepto de mantenimiento y de esta materia a lo largo de la historia en el mundo empresarial, la evolución del mantenimiento en Cuba, así como las funciones y objetivos del mantenimiento.

En el Capítulo II, Gestión del Mantenimiento, se desarrollan temas relacionados con las actividades que conforman el ciclo de gestión del mantenimiento (planificación, organización, ejecución y control).

El Capítulo III, Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), aborda los elementos característicos de este sistema de mantenimiento (los tipos de intervenciones, la duración del ciclo de mantenimiento, la estructura del ciclo de mantenimiento, la organización del MPP), así como sus ventajas y desventajas.

En el Capítulo IV, Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM), se relaciona lo concerniente a las características generales de este sistema, el procedimiento para su aplicación, y finalmente se exponen las ventajas relacionadas con la aplicación del SAM.

El Capítulo V, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), expone temas referidos a las definiciones y características del MCC, el procedimiento a seguir para la implementación del mismo, así como sus beneficios y limitaciones.

En el Capítulo VI, Mantenimiento Productivo Total (TPM), se desarrolla lo relativo al origen del TPM, sus pilares, la puesta en marcha del TPM, las pérdidas que pueden derivarse de su aplicación, los paradigmas que imposibilitan la implementación, y las ventajas y desventajas asociadas a su implementación.

En el Capítulo VII, Análisis de criticidad de los activos físicos, se realiza un estudio de diferentes procedimientos y metodologías para el análisis de criticidad y análisis de riesgo, proponiéndose y desarrollándose uno de ellos; además, se expone la experiencia práctica derivada del procedimiento propuesto.

El Capítulo VIII, Tercerización del Mantenimiento, presenta generalidades sobre la Tercerización del Mantenimiento, las ventajas asociadas a esta filosofía, el desarrollo de un procedimiento para administrar las relaciones de tercerización de funciones y/o actividades relacionadas con el Mantenimiento. También se muestra una aplicación práctica del procedimiento.

En el Capítulo IX, Auditoría de Mantenimiento, se caracterizan los diferentes tipos de auditoría y su evolución en el tiempo, se plantea un procedimiento para desarrollar la

auditoría de mantenimiento, se exponen los principios, objetivos y beneficios de la auditoría. Además, se presentan experiencias en la aplicación del procedimiento propuesto para la realización de la auditoría de mantenimiento.

En el Capítulo X, Indicadores de Mantenimiento, se desarrollan dos temas que por guardar relación entre ellos se incluyeron en el mismo apartado. El primer tema tratado es el referido a indicadores de mantenimiento, su clasificación y expresiones de cálculo. El otro tema desarrollado es el Cuadro de Mando Integral de Mantenimiento (CMIM), donde se desarrollan generalidades del Cuadro de Mando Integral (CMI), se definen sus perspectivas y el procedimiento para su implementación. Además, se presenta un caso real de diseño de un CMIM.

Es necesario señalar que todas las experiencias prácticas expuestas en este material son el resultado de investigaciones realizadas por profesores de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, que comprenden publicaciones en revistas nacionales e internacionales, Trabajos de Diploma, Tesis de Maestría, y Tesis Doctorales.

Capítulo 1

Generalidades del Mantenimiento

Capítulo 1. Generalidades sobre el Mantenimiento

La tarea de mantenimiento surge desde los mismos inicios de la especie humana, cuando esta necesitó reparar las herramientas rudimentarias que utilizaba para la subsistencia en un ambiente tan hostil a través del cual debía abrirse paso para garantizar su subsistencia. Después, con el paso del tiempo la necesidad de mantener se volvió más necesaria, pues se empezaría a participar en guerras y necesitar mayores producciones hasta adentrarse en lo que se conoce como la revolución industrial que dio un giro total a los conceptos de producción que se conocían hasta el momento. Más adelante, en el siglo pasado, comienzan a desarrollarse filosofías de mantenimiento, cada una influida por diferentes generaciones, las que evolucionaron hasta la creación de los sistemas actuales de mantenimiento.

Las empresas generadoras de bienes y/ o servicios que utilizan instalaciones, edificios, máquinas, equipos, herramientas, utensilios, dispositivos, etc., para lograr su objetivo social y empresarial, necesitan que estos activos se mantengan en buen estado de funcionamiento, de confiabilidad, de mantenibilidad y de disponibilidad, acorde con sus necesidades, por lo cuál las organizaciones empresariales deben procurar que la vida útil de sus activos físicos sea la máxima posible al mínimo costo alcanzable; lo cual se logra a través del mantenimiento industrial como una entidad de servicio a la producción.

La forma de maximizar la eficacia, la eficiencia, la efectividad y la productividad de los activos, es mediante el conocimiento y la aplicación de las leyes que gobiernan la relación entre producción y mantenimiento.

1. 1 Evolución del concepto de Mantenimiento

Se pueden encontrar infinidad de definiciones para el concepto de mantenimiento según los criterios de cada autor. A partir de los estudios realizados respecto al tema se puede definir el mantenimiento como: *el conjunto de tareas que se ejecutan sobre un componente, equipo o sistema para asegurar que continúe realizando las funciones que se esperan de él, dentro de su contexto operacional.*

Concerniente al objetivo principal del mantenimiento, existe un grupo de planteamientos que coinciden en definirlo, de manera general, como: *conseguir el nivel máximo de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y/o de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.* Todo lo anterior implica: conservar el sistema de producción y/o servicios

funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de los fallos, aplicar las normas de higiene y seguridad del trabajo, minimizar la degradación del medio ambiente, adaptarse rápidamente a los cambios del entorno (flexibilidad), y controlar y reducir los costos a su mínima expresión.

1.1.1 Evolución del mantenimiento en el mundo

La evolución histórica del mantenimiento ha cursado por un grupo de generaciones. John Moubray, en el año 1991, plantea el desarrollo del mantenimiento a través de tres generaciones, más tarde se agrega una cuarta, y en la actualidad se habla de que el mantenimiento se encuentra cursando por la quinta generación de su desarrollo. A continuación se detalla el contenido de cada una de estas generaciones.

Primera Generación

La primera generación cubre el período entre 1930 y la Segunda Guerra Mundial. En esta época la industria estaba poco mecanizada y por tanto los tiempos fuera de servicio no eran críticos, lo que llevaba a no dedicar esfuerzos en la prevención de fallos de equipos. Además al ser maquinaria muy simple y normalmente sobredimensionada, los equipos eran muy fiables y fáciles de reparar, por lo que no se hacían revisiones sistemáticas salvo las rutinarias de limpieza y lubricación. El único mantenimiento que se realizaba era el de “Reparar cuando se averíe”.

La **primera generación** tuvo como objetivo principal: reparar cuando se rompiera. Esto limitaba solamente a realizar un mantenimiento correctivo

Segunda Generación

La Segunda Guerra Mundial provocó un fuerte aumento de la demanda de toda clase de bienes. Este cambio unido al acusado descenso en la oferta de mano de obra que causó la guerra, aceleró el proceso de mecanización de la industria. Conforme aumentaba la mecanización, la industria comenzaba a depender de manera crítica del buen funcionamiento de la maquinaria. Esta dependencia provocó que el mantenimiento se entrara en buscar formas de prevenir los fallos y por tanto de evitar o reducir los tiempos de parada forzada de las máquinas. Con este nuevo enfoque del mantenimiento, apareció el concepto de mantenimiento preventivo. En la década de los 60, éste consistía fundamentalmente en realizar revisiones periódicas a la maquinaria a intervalos fijos. Además se comenzaron a implementar sistemas de control y planificación del

mantenimiento con el objetivo de controlar el aumento de los costes de mantenimiento y planificar las revisiones a intervalos fijos.

La segunda generación perseguía como objetivos: mayor disponibilidad de la planta, mayor vida de los equipos, menor costo. Lo que generó la planificación del mantenimiento, sistemas de control para el mantenimiento y la incorporación de la informática al mantenimiento a través de grandes ordenadores.

Tercera Generación

Se inició a mediados de la década de los setenta, cuando se aceleraron los cambios a raíz del avance tecnológico y de las nuevas investigaciones. La mecanización y la automatización siguieron aumentando, se operaba con volúmenes de producción muy llevados, cobraban mucha importancia los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción. Alcanzó mayor complejidad la maquinaria y aumentaba nuestra dependencia de ellas, se exigían productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolidó el desarrollo del mantenimiento preventivo.

La tercera generación centralizó sus tareas en los siguientes objetivos: mayor disponibilidad y fiabilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al Medio Ambiente, mayor vida de los equipos y eficiencia de costes. Dando lugar a técnicas como: monitoreo de condición, diseño basado en fiabilidad y mantenibilidad, estudios de riesgo, utilización de pequeños y rápidos ordenadores, Modos de Fallo y Causas de Fallo (FMEA, FMECA), sistemas expertos, polivalencia y trabajo en equipo.

Cuarta Generación

En los últimos años se vivió un crecimiento muy importante de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la gestión del mantenimiento. Hasta finales de la década de los 90, los desarrollos alcanzados en la tercera generación del mantenimiento incluían:

- Herramientas de ayuda a la decisión, como estudios de riesgo, modos de fallo y análisis de causas de fallo.
- Nuevas técnicas de mantenimiento, como el monitoreo de condición
- Equipos de diseño, dando mucha relevancia a la fiabilidad y mantenibilidad.
- Un cambio importante en pensamiento de la organización hacia la participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad.

A estos usos, se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosofías de mantenimiento, de tal forma que actualmente se puede hablar de una cuarta generación del mantenimiento. Un pionero en introducción de nuevas prácticas es John Moubray; en el anexo 1 se muestran los paradigmas que rompe el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad propuestos por él.

El nuevo enfoque se centra en la eliminación de fallos utilizando técnicas proactivas. Ya no basta con eliminar las consecuencias del fallo, sino que se debe encontrar la causa de ese fallo para eliminarlo y evitar así que se repita. Asimismo, existe una preocupación creciente en la importancia de la mantenibilidad y fiabilidad de los equipos, de manera que resulta clave tomar en cuenta estos valores desde la fase de diseño del proyecto. Otro punto importante es la tendencia a implantar sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento.

En la figura 1.1 a) y 1.1b) se muestran las expectativas del mantenimiento en las primeras cuatro generaciones y la evolución de las técnicas empleadas en cada generación.

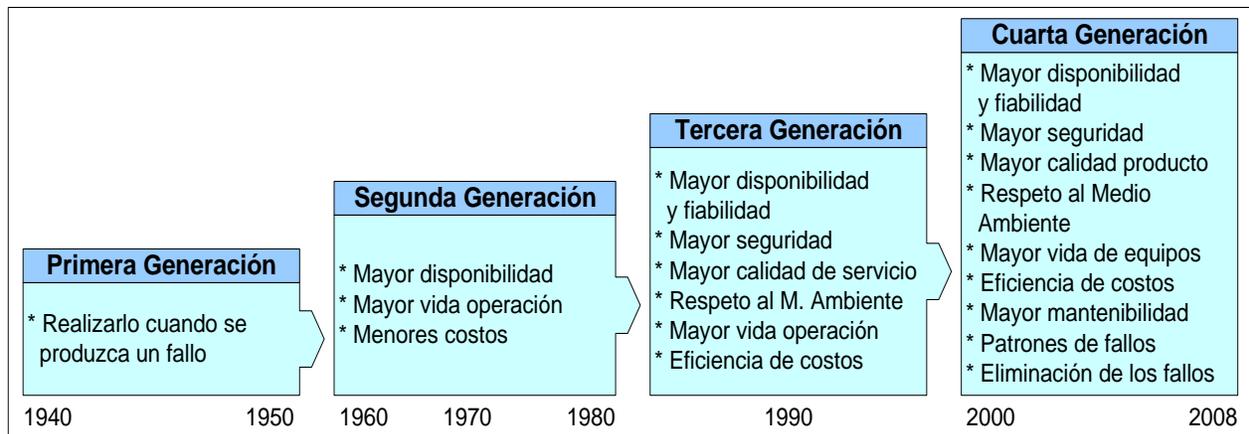
La cuarta generación tiene definidos como objetivos : mayor disponibilidad y fiabilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al Medio Ambiente, mayor vida de los equipos, eficiencia de costes, mayor mantenibilidad, patrones de fallos / Eliminación de los fallos. Para sustentar estos objetivos las técnicas utilizadas son las siguientes: monitoreo de condición, utilización de pequeños y rápidos ordenadores, Modos de Fallo y Causas de Fallo (FMEA, FMECA), polivalencia y trabajo en equipo/ Mantenimiento Autónomo, estudio fiabilidad y mantenibilidad durante el proyecto, gestión del Riesgo, sistemas de mejora continua, mantenimiento Preventivo, mantenimiento Predictivo, mantenimiento Proactivo / eliminación del fallo, grupos de mejora y seguimiento de acciones.

Quinta Generación

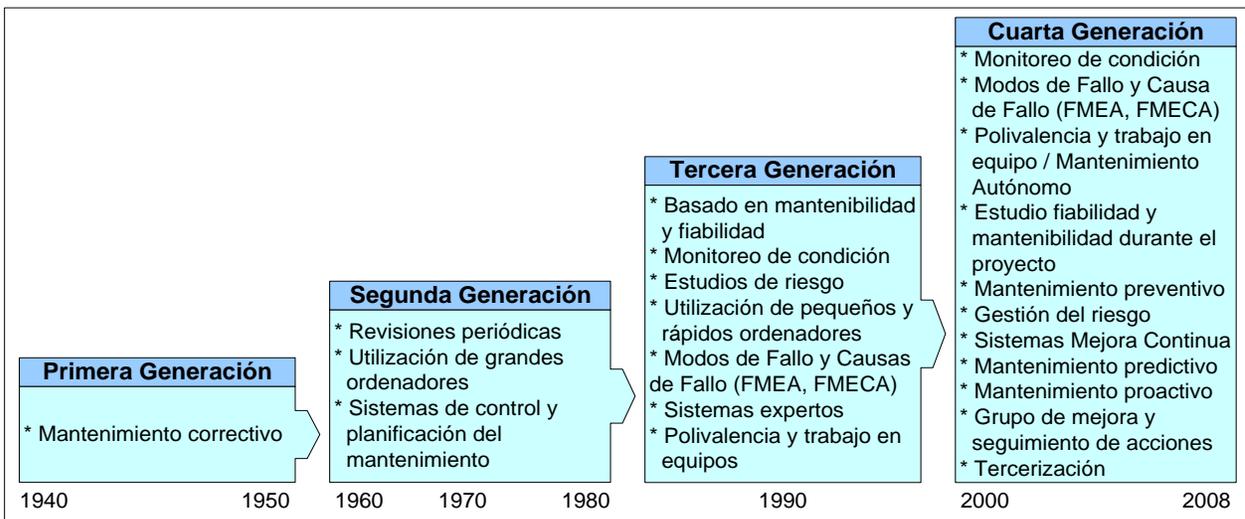
Está centrada en la terotecnología. Esta palabra, derivada del griego, significa el estudio y gestión de la vida de un activo o recurso desde el mismo comienzo (con su adquisición) hasta su propio final (incluyendo formas de disponer del mismo, desmantelar, etc.). Integra prácticas gerenciales, financieras, de ingeniería, de logística y de producción a los activos físicos buscando costes de ciclo de vida (CCV) económicos. Es aplicable en todo tipo de industria y proceso. El objetivo principal de su aplicación es mejorar y mantener la efectividad técnica y económica de un proceso o equipo a lo largo de todo su ciclo de vida.

Combina experiencia y conocimiento para lograr una visión holística del impacto del mantenimiento sobre la calidad de los elementos que constituyen un proceso de producción, y para producir continuamente mejoras tanto técnicas como económicas.

La quinta generación define como objetivos plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de la gestión y operación de mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos.



a) Evolución de las expectativas del mantenimiento



b) Evolución de las técnicas de mantenimiento

Figura 1.4 Evolución de las expectativas y técnicas del mantenimiento

Fuente: García González-Quijano [2004] y González Fernández [2007].

1.1.2 Evolución del mantenimiento en Cuba

En Cuba, antes de 1959 y con la excepción de determinadas industrias, no existía una cultura de mantenimiento, y no fue sino hasta 1961 cuando comenzó a promoverse el respeto hacia esta actividad, a partir de la introducción del Mantenimiento Preventivo

Planificado¹ en el otrora Ministerio de Industrias, con la colaboración de algunos especialistas extranjeros amigos de Cuba.

En 1975, el Centro de Servicio Técnico Automotriz (CESETA), publicó el Manual de mantenimiento y reparación de equipos industriales. El objetivo de este manual era guiar la aplicación del Mantenimiento Preventivo Planificado en plantas y talleres, principalmente de la industria mecánica.

En el marco del proceso de institucionalización del país, el primero de diciembre de 1976 se promulgó la Ley No. 1323, Ley de Organización de la Administración Central del Estado, que estableció, entre las atribuciones y funciones principales del Ministerio de la Industria Sidero-Mecánica, en su artículo 81, inciso ch, "...la elaboración de Normas de Mantenimiento y Explotación para las Máquinas-Herramienta del País".

Para la elaboración de dichas normas se tomaron como base las normas y experiencias de la antigua URSS, Bulgaria y la ex-RDA (aunque la experiencia era original de la compañía Ford norteamericana), adaptándolas en lo posible a las condiciones específicas cubanas, constituyéndose así el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado para las Máquinas-Herramienta de Arranque de Virutas, Conformado de Metales, Elaboración de Madera, Equipos de Fundición, Equipos de Izaje, Transportación, integrado por normas y procedimientos de gran importancia técnica y económica. El sistema fue implantado en todas las empresas del citado Ministerio.

No obstante, ya había sido definido el mantenimiento desde 1978 en la norma cubana (NC 92-10: 78) como "...un conjunto de acciones efectuadas para mantener el estado de capacidad de trabajo o su buen estado en un artículo..." (considerando a este como la parte autónoma de un equipo o como el equipo en sí) y habían sido publicadas normas y recomendaciones para el mantenimiento y la explotación de equipos industriales de la rama de construcción de maquinaria, basadas fundamentalmente en las experiencias de las antiguas URSS y RDA, así como de Bulgaria.

En el II Congreso del Partido Comunista de Cuba realizado en 1981, se estableció, como un lineamiento para el desarrollo de la industria: "Ejecutar una política sistemática de mantenimiento y reparaciones generales que permitan garantizar o restituir las capacidades potenciales a las unidades..." y, a partir de la política trazada en el país en relación con el mantenimiento, la mayoría de las empresas cubanas asumieron el Sistema

¹ En el Capítulo 3 se profundiza en las características de este sistema de mantenimiento.
Manual de Gestión de Mantenimiento

de Mantenimiento Preventivo Planificado, conocido por las siglas MPP, adaptándolo a sus características.

En 1986, se edita el libro *Mantenimiento Industrial*. La base de esta obra es también el Sistema de MPP, planteándose que este es todo el conjunto de medidas de carácter técnico y organizativo, mediante las cuales se lleva a cabo el mantenimiento y la reparación de los equipos. Estas medidas son elaboradas previamente según el plan que asegura el trabajo constante de los mismos. Además, esboza el concepto y términos fundamentales sobre el diagnóstico técnico de una gran cantidad de grupos homogéneos de equipos.

Cabe destacar que, en 1985, el Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) aprobó una nueva política de mantenimiento para sus empresas que cambió la óptica del ya tradicional sistema de MPP a sistemas más adecuados a las características de las mismas, en particular se implementó el Sistema de Mantenimiento por Diagnóstico.

No obstante todos estos esfuerzos, en el Informe Central al III Congreso del Partido en 1986, se hizo un análisis crítico de la calidad del mantenimiento y las reparaciones a partir del cual se planteó, como lineamiento de trabajo para el quinquenio 1986-1990: “Reducir la influencia negativa que ejercen en el aprovechamiento de las capacidades instaladas (...) las roturas de los equipos tecnológicos y la reducción del rendimiento de los fondos básicos por mantenimiento insuficiente u operación inadecuada.”

En el mes de octubre de 1987 cobró vigencia la Norma Cubana (NC 92-44: 86) que establece los términos y definiciones fundamentales y de uso más común en la realización del mantenimiento y la reparación de los artículos industriales. Esta norma concordaba con una norma CAME análoga de 1985 (SE-CAME 5151) y tenía como base las normas cubanas del Sistema Único de Documentación de Proyectos de 1978 y la Norma Internacional ISO 4092 de 1984.

Su contenido no refiere ningún sistema o estrategia particular de mantenimiento pero sí diferencia los conceptos: mantenimiento y reparación, expresando que el mantenimiento es “...el conjunto de operaciones u operación que se realiza a un artículo para restablecer su estado de capacidad de trabajo o su buen estado durante su utilización, su destino, estacionamiento, almacenamiento y transportación.” (Obsérvese una comedia referencia al proceso logístico.) También define los tipos de mantenimiento como las reparaciones que pueden ser: planificadas, no planificadas o de acuerdo con el estado técnico y, según

su magnitud, o el valor del recurso que se restablece son: general (o capital), media y pequeña.

En el Programa del Partido de 1987, dentro de los objetivos de la política económica a partir del III Congreso, se señala: “Se deberá priorizar la política de mantenimiento y reparación periódica de los equipos, edificios e instalaciones, por su decisiva influencia en el ahorro de recursos para las inversiones, así como en el funcionamiento ininterrumpido del proceso productivo y en la reducción de las normas de consumo de energía y materiales.”

En los libros sobre economía, planificación y organización empresarial cubanos, se dedican epígrafes o temas completos al asunto (Portuondo Pichardo, 1990; Taboada Rodríguez *et al.*, 1990), identificándose como sistemas de mantenimiento a los siguientes:

- Sistema controlado mediante la supervisión en la producción.
- Sistema regulado.
- Sistema por interrupción en la producción o contra avería.
- Sistema inspectivo, predictivo o por diagnóstico.
- Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado.

También han sido publicados algunos artículos sobre aplicaciones de sistemas de mantenimiento en empresas cubanas. Portuondo Pichardo *et al.*, (1989); De la Paz Martínez *et al.*, (1994-3).

En 1995 González Cruz, definió el mantenimiento como el conjunto sistemático de actividades a realizar a equipos, maquinaria, construcciones e instalaciones industriales para mantenerlos en buen estado técnico y de funcionamiento, alargarles la vida útil y garantizar un óptimo aprovechamiento de sus capacidades, coincidiendo en este aspecto con Portuondo Pichardo (1990) y añadiéndose que se busca con todo ello, la disminución de los costos de producción.

Así, en todo el país se instauró el programa de trabajo para la conservación a equipos industriales y automotores, instalaciones y piezas de repuesto a fin, no ya de elevar su estado técnico, sino de preservarlos para cuando se puedan utilizar nuevamente. Para este programa de conservación fue y continúa siendo determinante la asesoría del Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, dada su valiosa experiencia en ese campo.

En 1996 se realiza otro avance en la actividad del mantenimiento en nuestro país este avance esta dado por la propuesta realizada por De La Paz Martínez (1996); donde se desarrolla la versión cubana del m Sistema Integrado de Mantenimiento, denominado en Cuba Sistema Alterno de Mantenimiento (SAM) a partir de ese momento se comenzaron a aplicar varios sistemas de mantenimiento, principalmente en plantas productivas del Ministerio de la Industria Ligera.

Más tarde en el año 1999 se empieza a enfocar el mantenimiento desde un punto de vista más gerencial o de gestión en Sánchez Sánchez, se realiza una contribución al Sistema de Gestión del Mantenimiento en empresas productoras de azúcar crudo con lo que se pretende mejorar la gestión de los activos físico en el Ministerio del Azúcar.

En el año 2001 se realiza otro aporte a la Gestión del Mantenimiento, esta vez desde una óptica poco tratada pero verdaderamente importante, la planificación de los Recurso Humanos en el SAM. Otra aplicación que fue efectuada en plantas textiles del Ministerio de la Industria Ligera.

En 2005 se produjo otro avance notable en la Gestión del Mantenimiento; en Borroto Pentón fue confeccionado un procedimiento para la realización de la auditoría de Mantenimiento en el Ministerio de Salud Pública específicamente en hospitales de la provincia Villa Clara. Además como resultado de las auditorías aplicadas se propuso un sistema de mantenimiento especialmente diseñado para hospitales denominado Sistema Alternativo de Mantenimiento en Hospitales (SAMHOS).

En el 2009 se realizó otro aporte a la Gestión del Mantenimiento en nuestro país. Alfonso Llanes (2009) propone un procedimiento para administrar el proceso de tercerización del mantenimiento, cuya aplicación se realizó en empresas del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), del Ministerio del Turismo (MINTUR), y del Ministerio de la Industria Ligera (MINIL), proveyendo de una herramienta al sistema empresarial efectiva para la administración de los procesos de externalización de actividades y funciones de mantenimiento.

En Torres (2010) se propone un enfoque de Gestión del Mantenimiento o Servicios Técnicos en el MINTUR aplicado a los Hoteles de sol y playa. Esta investigación constituye un paso importante en el desarrollo de la actividad del mantenimiento en el país, pues siempre se habían desarrollado propuestas para enriquecer la gestión en el sector productivo quedando un poco al margen del desarrollo el sector de los servicios.

En mayo de 2011, en el VI Congreso del Partido, se ponen en vigor los lineamientos que regirán la política económica y social del país, donde se trata el mantenimiento en 16 de ellos; proponiendo como objetivos fundamentales:

- Priorizar la actividad del mantenimiento en el país
- Aumentar la disponibilidad del equipamiento industrial y de transporte
- Aumentar la fabricación y recuperación de piezas de repuesto
- Potenciar los servicios de reparación y mantenimiento (fomentar la contratación del mantenimiento)
- Vincular el mantenimiento y las reparaciones con el uso eficiente de la energía

Al analizar las actividades realizadas en función del desarrollo del mantenimiento en Cuba se puede asegurar que se ha producido un avance paulatino, no obstante se debe señalar que se está lejos aún de lograr que las empresas adquieran una cultura fortificada y con basamentos sólidos respecto a la Gestión del Mantenimiento.

1.2 Bases del mantenimiento

En la literatura técnica se pueden encontrar diferentes clasificaciones o conceptos de mantenimiento, algunos en casi una total coincidencia. Otros con puntos en común y elementos discordantes. Para comprender mejor esos conceptos es conveniente saber a qué generación del mantenimiento pertenecen y que objetivos se perseguía en cada una de ellas. Dado que de esto depende su compatibilidad o no con las formas modernas de gestión del mantenimiento.

1.2.1 Función del mantenimiento

El manteniendo establece un grupo de funciones, que se dividen en primarias y secundarias.

- Las primarias comprenden la justificación del sistema de mantenimiento implementado en la empresa. Están claramente definidas por los objetivos
- Las secundarias son consecuencia de las características particulares de cada empresa y estrechamente vinculadas con las actividades de mantenimiento. Dentro de las funciones secundarias se pueden destacar:
 - Inventarios actualizados de los materiales de mantenimiento
 - Proveer los medios específicos para desarrollar las actividades de mantenimiento
 - Capacitación de los Recursos Humanos
 - Programación de las tareas a desarrollar

1.3 Tipos de mantenimiento

La tarea de mantenimiento siempre ha estado sujeta a diferentes formas de realización, que se relacionan directamente con los tipos de mantenimiento a aplicar, estos han ido evolucionando y combinándose con el paso de una generación a otra, no quedando obsoletos pero si mezclándose con otros tipos para dar paso a las formas modernas de gestión del mantenimiento. Los diferentes tipos de mantenimiento se caracterizan en los apartados siguientes:

1.3.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo actúa sobre el fallo, pero no siempre lo hace de la misma manera, pues en gran parte depende del nivel de criticidad del equipamiento. Atendiendo a esto se puede clasificar como:

- **De emergencia:** ocurre sobre equipos críticos. La intervención no puede diferirse en el tiempo. Es totalmente indeseable
- **De urgencia:** ocurre sobre equipos críticos o semicríticos. La intervención puede diferirse en el tiempo. No es deseable pero es soportable.
- **De oportunidad:** ocurre sobre equipos no críticos o redundantes. La intervención puede diferirse en el tiempo. Es deseable para el equipo seleccionado.

Observaciones: el nivel de criticidad con el que se explica la aplicación de este tipo de mantenimiento puede diferir en dependen de los criterios de clasificación emitidos por diversos autores (ver capítulo VIII).

1.3.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo centra su atención en la prevención del fallo mediante revisiones, mantenimientos pequeños, medianos y generales, la predicción de eventos mediante mediciones a variables relacionadas con el funcionamiento del equipo. Este mantenimiento se puede clasificar de diferentes maneras en dependencia de características que pueden estar presentes en el equipamiento, dígase:

- **Rutinario:** control periódico de los equipos. Intervención menor, ajustes, limpieza, lubricación. Realizado por el operario.
- **Sistemático o basado en el tiempo:** en función de un contador (horas, km., etc.) o por calendario. Intervención mayor. Realizado por el personal de mantenimiento.
- **Predictivo o basado en la condición:** Mide desarrollo de variables (vibraciones, ruidos, desgastes, etc.). Predice futura intervención, realizado por el personal de

mantenimiento, ocurre en circunstancia controlada, efectos sobre la producción controlados, limitada disponibilidad de recursos, repuestos disponibles.

1.3.3 Mantenimiento modificativo

Este tipo de mantenimiento favorece la concepción de plantas donde se tenga presente el diseño del equipamiento para evitar obstrucciones a la hora de realizar las tareas de mantenimiento. Se realiza el rediseño de partes y piezas para adaptarlas a las necesidades de la empresa. Además, se realiza el reacondicionamiento del equipo para alargar su vida útil. Dentro de este tipo de mantenimiento se realiza:

- **Proyecto:** adaptación del equipo original a necesidades de la empresa. Realizado por el personal de Ingeniería.
- **Prevención:** rediseño del equipo original o de sus partes para minimizar las fallas. Realizado por el personal de mantenimiento.
- **Reacondición:** para incrementar la vida útil del equipo. Aplicación de nuevas tecnologías. Realizado por el personal de mantenimiento.

1.3.4 Mantenimiento detectivo

El mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios. En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que falló (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla está en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo). Por lo tanto, el mantenimiento detectivo es un nuevo tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se lo llama búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo cada el cual se realiza esta tarea se le llama intervalo de búsqueda de fallas, o FFI, por sus siglas en inglés (Failure-Finding Interval). Por ejemplo, arrojar humo a un detector contra incendios es una tarea de mantenimiento detectivo. Existe una relación entre este intervalo y la disponibilidad del dispositivo de protección, por lo que pueden utilizarse herramientas matemáticas para calcular esta relación, y fijar el FFI que logre la disponibilidad objetivo.

Todos los tipos de mantenimiento relacionados en este epígrafe así como sus clasificaciones conforman, tanto de forma independiente como combinados, los sistemas de gestión los cuales son estudiados en los capítulos 3, 4, 5, y 6.

1.4 Aspectos clave

1. La evolución del mantenimiento aportó filosofías y tipos de mantenimiento que han sido capaces de dar solución a las necesidades de mantenibilidad de las industrias en todas las etapas por las que ha transitado en su evolución.
2. La evolución del mantenimiento en Cuba se acentuó después del año 1961 con el objetivo de buscar disponibilidad operacional en las industrias que pasaban bajo propiedad social.
3. Los objetivos que ha perseguido el mantenimiento han estado estrechamente relacionados con las etapas en que han sido planteados, persiguiendo siempre una alta disponibilidad operacional.
4. Los diferentes tipos de mantenimiento expresan la forma en que se realizará la intervención sobre los activos físicos de la organización, contribuyendo a la preservación del equipamiento.

1.5 Preguntas del capítulo

1. Realice una valoración respecto a la evolución del mantenimiento en el mundo.
2. ¿Cómo valoraría usted la evolución del mantenimiento en Cuba?
3. ¿Qué características presentan en su evolución las generaciones del mantenimiento y que elementos las caracterizaron?
4. Mencione los tipos de mantenimiento existentes, así como algunas de sus características fundamentales.

Referencias

1. Aguilera Martínez, A. F. (2001). *Perfeccionamiento de la planificación de recursos humanos en el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM). Una aplicación en la Industria Textil Cubana*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
2. Alfonso Llanes, A. et al., (2008d) *Propuesta de procedimiento para la realización del análisis de criticidad del equipamiento productivo en la empresa*. Informe de Investigación Terminada. Fondos de la biblioteca “Chiqui Gómez Lubián”, código 658. 27/Alf/P. UCLV, Santa Clara, Cuba.
3. Borroto Pentón, Y. (2005). *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
4. De la Paz Martínez, E. (1996). *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma"*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
5. UPADI, (2012). “Ponencias 301, 307, 309, 312, 316, 320, 322, 330, 333, 374 y 385” , *XXXIII Convención Panamericana de Ingenierías [DC-Room]*, Cuba, Editorial Obras
6. Mora Gutiérrez, A. (2009) *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Enfoque Sistemático Kantiano*. Edición Primera. Medellín. Colombia, AMG.
7. Mora Gutiérrez, A. (2012) *Mantenimiento Industrial Efectivo*. Edición Segunda. Medellín. Colombia, AMG.
8. Moubray, J. M. (1997) “RCM II. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Edición Segunda. España. Ellmann, Sueiro y Asociados.
9. Navarrete Pérez, E. & González Martín, J. R. (1986) *Mantenimiento Industrial*. ISPJAE. Ciudad de la Habana.
10. Portuondo Pichardo, F. & Pérez Tejeda, A. (1994). *Selección y diseño de un sistema de mantenimiento*. ISPJAE, Ciudad de La Habana.
11. Portuondo Pichardo, F., et al. [1989] “Sistema alterno de mantenimiento”. *Revista Ingeniería Industrial*, Vol. 10, pp. 113-120.
12. Sánchez Sánchez, R. (1999). *Contribución al perfeccionamiento del sistema de gestión del mantenimiento a las máquinas y equipos productivos y energéticos en la fase de operación en las fábricas de azúcar crudo cubanas*. Tesis Doctoral. Ingeniería Industrial. UCLV, Santa Clara, Cuba.

13. Sexto Congreso del P.C.C. (2011). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. Ciudad de la Habana, Cuba.
14. Tavares, L.A. (1999). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Edición Primera. Brasil. Editorial Novo Polo Publicao.
15. Torres, R. (2010). *Tecnología para la Gestión de los Servicios Técnicos en hoteles de Sol y Playa cubanos. Aplicación en hoteles del Polo Turístico Holguinero*. Tesis Doctoral. Holguín, Cuba.

Capítulo 2

La Gestión o Administración del Mantenimiento

Capítulo 2. La Gestión o Administración del Mantenimiento

Según la ISO 9000:2001, la gestión no es más que el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. A partir de esta definición se puede entender que para desarrollar una buena gestión es preciso conocer y haber definido el objetivo u objetivos a alcanzar.

Se ha definido la gestión de mantenimiento como: las actuaciones con las que la dirección de una organización de mantenimiento sigue una política determinada.

La gestión de mantenimiento es responsable de armonizar los activos fijos, minimizando los tiempos de parada y los costos asociados a los mismos. Es por esto, que una adecuada gestión de mantenimiento, en el marco de una filosofía del personal orientada hacia la calidad, ayuda a incrementar la productividad, por lo que es de vital importancia el estudio de los aspectos que pueden afectarla.

Algunos autores plantean que “...algunos análisis sobre la efectividad de la gestión del mantenimiento indican que un tercio de todos los costos de mantenimiento se deben a una mala gestión”.

La gestión de mantenimiento abarca el cumplimiento de un conjunto de funciones: la planificación, la organización, la ejecución y el control (ver figura 2.1)

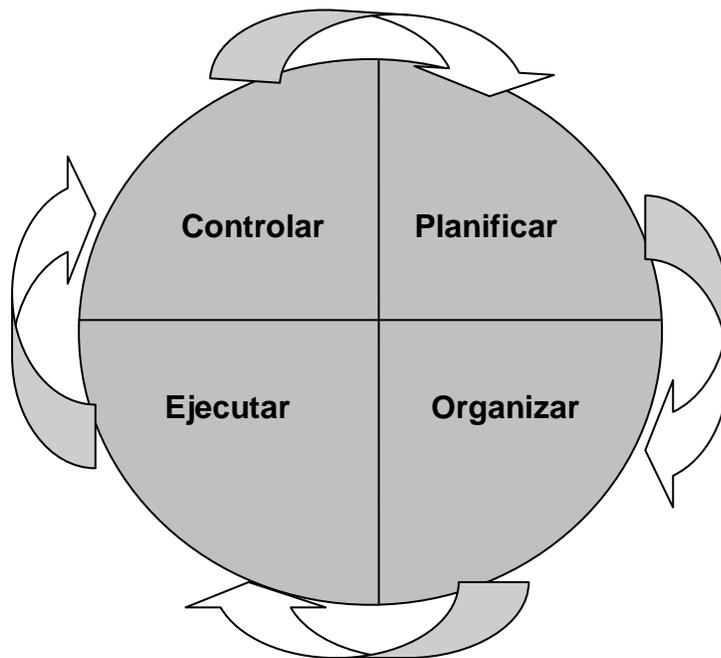


Figura 2.1: Ciclo de gestión de mantenimiento

Por lo que la gestión de mantenimiento puede ser definida como: *“ el proceso de planificación, organización, ejecución e intervención en las tareas relacionadas con el mantenimiento, buscando la forma de retroalimentar el ciclo para en la medida de lo posible mejorar la gestión, logrando un alto índice de calidad de los productos y/o servicios y una mayor disponibilidad de los activos físicos ”*.

2.1 La planificación del mantenimiento

La planificación, en general, puede considerarse como un sistema de tratamiento de la información, ya que a partir de ciertas entradas, pretende tener una visión del futuro, reflejando a este como una salida en forma de plan.

Se denomina planificación del mantenimiento al conjunto de actividades que a partir de las necesidades de mantenimiento, definen el curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los medios para asegurar su oportuna disponibilidad. Deben ser cubiertos por la planificación los aspectos siguientes:

- Planes de mantenimiento.
- Manejo de repuestos y partes.
- Recursos Humanos.
- Manejo de contratistas.
- Recursos físicos.
- Recursos financieros.

Para realizar la planificación algunos autores proponen metodologías o procedimientos. En la figura 2.2 se representan los pasos que se deben seguir para realizar la planificación.

Paso 1: Detección de la oportunidad

Aunque precede a la planeación real y por lo tanto no es estrictamente parte del proceso de planeación la detección de oportunidades tanto en el ambiente externo como dentro de la organización es el verdadero punto de partida de la planeación.

Paso 2: Establecimiento de los objetivos Este paso consiste en establecer los objetivos del área de mantenimiento y después para cada área de trabajo relacionada, lo cual debe realizarse tanto para el largo como para el corto plazo.

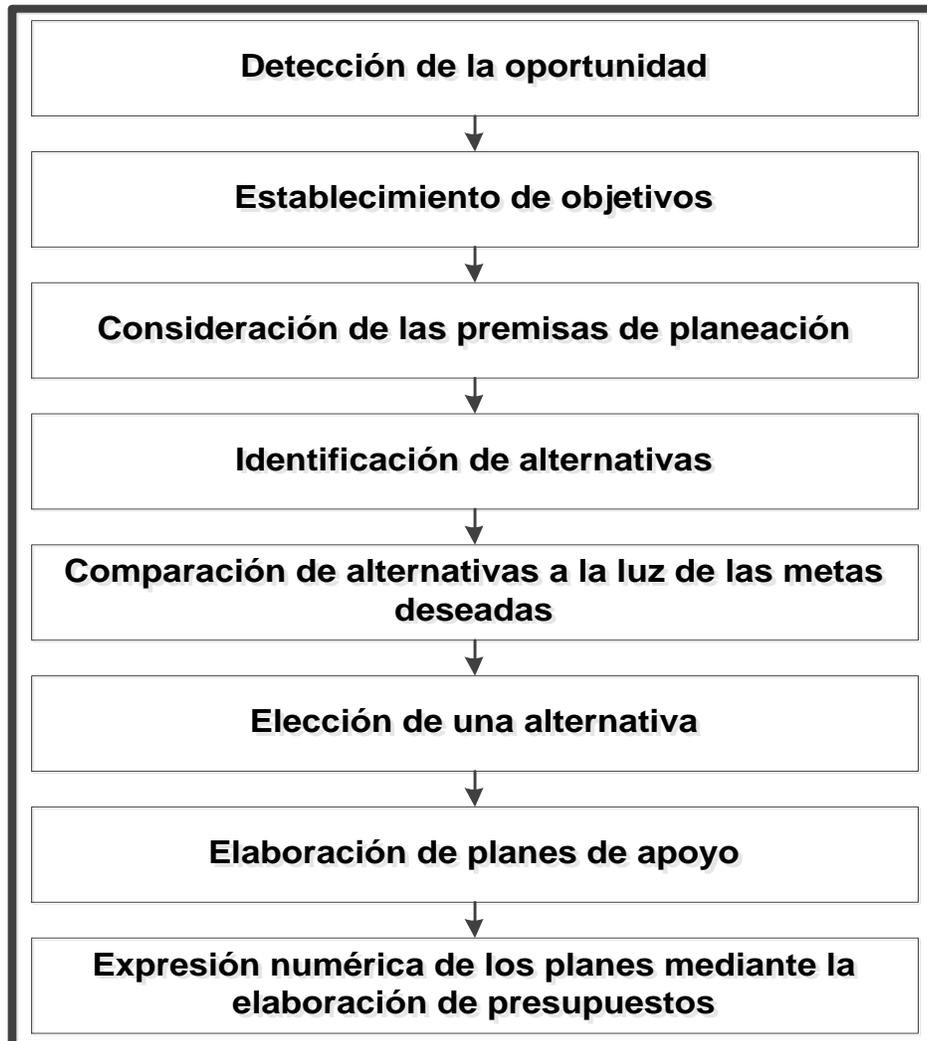


Figura 2.2 Pasos para la planeación de la Gestión de Mantenimiento.

Los objetivos en el mantenimiento no establecen un punto final en la gestión sino un estado deseado que debe perpetuarse para así contribuir al logro de los objetivos empresariales, además estos objetivos determinan la dirección que deberá seguir el área de mantenimiento.

Paso 3 Desarrollo de premisas

Este paso busca establecer, difundir y obtener consenso para utilizar premisas críticas de planeación tales como los pronósticos, las políticas básicas y planes y existentes. Estas son suposiciones sobre el ambiente en que el plan ha de ejecutarse.

Paso 4 Identificación de alternativas

La identificación de alternativas consiste en buscar y examinar cursos alternativos de acción en especial aquellos que no resultan inmediatamente evidentes. Pocas veces hay

un plan para el que no existan alternativas razonables y con bastante frecuencia una que no es obvia resulta ser la mejor.

Paso 5 Comparación de alternativas a la luz de las metas deseadas

Después de buscar los cursos alternativos y examinar sus puntos fuertes y débiles el siguiente paso es evaluarlos, ponderándolos a la luz de las premisas y las metas previamente fijadas. En esta etapa se debe tener claro hacia donde deben enfocarse las alternativas y bajo cuales condiciones, solo así se tomará la decisión más acertada.

Paso 6 Selección del curso de acción

En la gestión del mantenimiento puede ocurrir que dos cursos de acción a seguir sean convenientes para la empresa (por ejemplo se puede dar el caso que se decida tercerizar el mantenimiento de una tarea y mantener el control sobre otra, también puede ocurrir que sea necesario aplicar dos tipos de sistemas de mantenimiento, selección de proveedores, etc.).

Paso 7 Formulación de planes derivados

Pocas veces cuando se toma una decisión, la planeación está completa, por lo cual se aconseja realizar planes derivados para respaldar el plan básico.

Paso 8 Expresión numérica de los planes mediante la elaboración de presupuestos

Después de tomar las decisiones y establecer los planes, el paso final para darles significado es necesario otorgarles una expresión numérica convirtiéndolos en presupuestos que en este caso serán en la medida en correspondencia con el valor que logren agregar el cumplimiento de los objetivos del mantenimiento.

Los pasos descritos pueden aplicarse casi a todas las situaciones que podamos encontrar en la gestión de mantenimiento, además la omisión de alguno no constituye necesariamente un error.

2.2 La organización de mantenimiento

La organización es tal vez el área más ampliamente desarrollada de la teoría administrativa, tiene dos vertientes fundamentales, una estática que es sinónimo de entidad u organización creada para alcanzar determinados objetivos, o colectivo de personas estructurado para la acción. La vertiente dinámica es la organización como función de dirección, que consiste en ordenar y armonizar los recursos humanos, materiales y financieros de que se dispone con la finalidad de cumplimentar un objetivo dado con la máxima eficiencia.

Diversos autores plantean que es fundamental para el área de mantenimiento, estudiar en detalle el diseño de su estructura interna y su organigrama. Estos denotan el reconocimiento correspondiente al mantenimiento y su jerarquización dentro del establecimiento; la presencia de profesionales al frente tanto del área como de las diferentes subáreas es parte de esta organización.

La organización identifica las actividades básicas u orgánicas que se deben ejecutar y organiza todo el trabajo en torno a ellas.

Esta, por lo general, consiste en la programación de todas las actividades tendientes a optimizar la ejecución de un conjunto de tareas en un período generalmente establecido, distribuyendo frente a las necesidades derivadas de la carga de trabajo programable, los recursos con la finalidad de optimizarlos.

Se plantea además que la organización de mantenimiento está íntimamente relacionada con el tipo o clase de instalación de que se trate y la eficiencia que se requiere de la misma aunque no existen reglas fijas aplicables ni siquiera a gran parte de los casos.

Es fundamental para el área de mantenimiento, estudiar en detalle el diseño de su estructura interna y su organigrama. Estos denotan el reconocimiento correspondiente al mantenimiento y su jerarquización dentro del establecimiento; la presencia de profesionales al frente tanto del área como de las diferentes subáreas es parte de esta organización.

La subdivisión de mantenimiento puede aparecer en el organigrama de la empresa al mismo nivel de otras áreas principales o subordinado a alguna de ellas (lo más frecuente es su subordinación a Ingeniería o a Producción).

Jerarquía: implica una distribución de las partes o elementos de un sistema en cierto orden de superior a inferior, según su poder.

Estructura jerárquica: orden de las comunicaciones en el espacio y en el tiempo y las relaciones entre los diferentes elementos del sistema que definen el objetivo a alcanzar por el sistema y su relación con el medio ambiente. En la figura 2.3 a) y 2.3 b) se muestran ejemplos de estructuras organizativas.

2.3 La ejecución del mantenimiento

La ejecución del mantenimiento puede realizarse por medios propios, por contratación de los trabajos a terceros o, como es bastante común, contratar una parte y el resto ejecutarlo

por medios propios, combinación conocida como mixta. La tendencia generalmente es a las organizaciones de tipo mixto, descentralizadas por sectores.

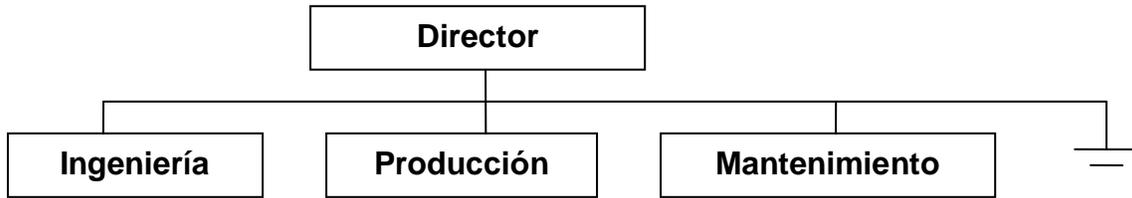


Figura 2.3 a: Estructura organizativa del mantenimiento por medios propios. Mantenimiento al mismo nivel que producción.

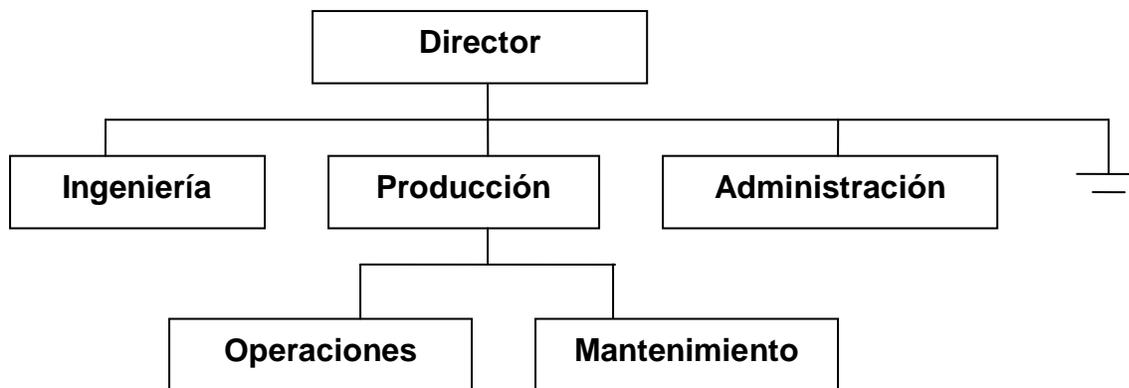


Figura 2.3 b: Estructura organizativa del mantenimiento por medios propios. Mantenimiento subordinado a Producción.

Para ejecutar el mantenimiento por medios propios la empresa debe disponer de personal calificado y de los recursos materiales que se necesitan para desarrollar las labores. Se emplea cuando el volumen de trabajo de mantenimiento asegura una adecuada utilización de personal calificado y de los recursos materiales.

La contratación implica encargar a una organización especializada, mediante contrato, la ejecución de determinados trabajos para los cuales la empresa necesitada no se encuentra apta. En el capítulo 8 se profundiza en lo referente a la tercerización de mantenimiento.

2.4 El control del mantenimiento

Ya desde 1992, Pérez Jaramillo planteaba que el control es el conjunto de actividades tendientes a verificar el desempeño correcto de la preparación, de su realización correcta, el control funcional y la información al sistema; posteriores a la ejecución.

En la función de control es donde se manifiesta en mayor grado la interrelación de las funciones generales de la dirección y el carácter único de este proceso. Esta consiste en determinar si la actividad o tarea realizada se efectúa de acuerdo con lo previsto (plan, norma, leyes, órdenes, disposiciones) o si el estado del sistema en un momento dado se corresponde con el estado planificado o normal, con el fin de rectificar o evitar las desviaciones en los casos en que existan.

Para el cumplimiento exitoso de un sistema de control se debe partir de la definición del objetivo del control y posteriormente establecer el objeto de control, los puntos de control, las técnicas de control a utilizar, el tipo de control y los medios e instrumentos de control a utilizar.

Cuando el objeto de control es la organización del mantenimiento deben controlarse la planificación y la ejecución del mismo, de manera que el control empieza desde el momento en que es recibido el programa o un requerimiento de mantenimiento, incluyendo la preparación del trabajo, hasta la verificación del correcto funcionamiento del equipo, luego de la ejecución de las tareas concretas.

La orden de trabajo es el documento básico del control, estas son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad de mano de obra y equipos que posea. Continuamente en el lugar de la ejecución de la actividad de mantenimiento se realiza el control del trabajo, registrando las órdenes de trabajo terminadas, las cuales deben reflejar los gastos a que dio lugar el trabajo ejecutado, tales como: las horas - hombre empleadas, incluyendo categoría y especialidad de la fuerza de trabajo, el material y repuestos utilizados y otros servicios requeridos. Todos estos gastos deben ser utilizados por la contabilidad para realizar las imputaciones a las áreas que correspondan. El control del mantenimiento tiene objetivos definidos para asegurar un desempeño adecuado de la actividad:

- Garantizar que las acciones y decisiones correspondan a los objetivos de mantenimiento y no a intereses sectoriales o personales.
- Proporcionar una rápida visión de conjunto integral.
- Verificar el cumplimiento de los objetivos planificados.
- Ayudar a la toma de decisiones de acción y replanteamiento.
- Utilización eficiente de recursos.

- Encaminar los esfuerzos en forma coherente en dirección a los objetivos de la organización.
- Optimizar los sistemas de comunicación.
- Coordinación eficiente de tareas y procedimientos.
- Promover el estilo de dirección participativo.

En el control de la gestión inciden factores que están ligados a: el ritmo del cambio e innovaciones, al tiempo que es necesario para conocer la reacción ante una determinada acción y a la variedad y cantidad de centros de responsabilidad. Los ámbitos de aplicación de control son los centros de costos, los de beneficios y aquellos en que por el tipo de empresa, sean relevantes.

En el control de la gestión es importante, la eficacia del sistema de contabilidad como instrumento de dirección, la subsistencia de incentivos como base motivacional, la identificación de puntos clave de control, la selección de indicadores adecuados, la definición de parámetros de comparación y la asignación de atributos para cada indicador. Existen diversas formas de evaluar la gestión de mantenimiento aunque todas ellas pueden resumirse en dos grandes grupos:

- Medición de resultados a partir del cálculo y análisis de indicadores de mantenimiento.
- Valoración del desarrollo mediante control directo, principalmente a través de auditorías.

Los capítulos 9 y 10 de este libro se refieren a la auditoría de mantenimiento e indicadores de control, respectivamente.

2.5 Aspectos clave

- La gestión del mantenimiento ofrece la posibilidad de realizar acciones, que de manera organizada y teniendo como base los objetivos definidos para esa función, que alcancen mejores resultados productivos en las organizaciones.
- Las etapas del ciclo de gestión del mantenimiento constituyen la escalera por la que se debe transitar para lograr una gestión que tribute al cumplimiento de los objetivos propuestos.
- Al concluir la etapa control del mantenimiento, los resultados deben ser interpretados de manera tal que las deficiencias obtenidas sean el punto de partida para la mejora continua de la gestión del mantenimiento.

2.6 Preguntas del capítulo

1. Describa brevemente el ciclo de gestión de Mantenimiento.
2. ¿Qué ventajas le concede usted a la planificación dentro del ciclo de gestión y cuáles son las acciones o pasos a seguir para su realización?
3. ¿Qué beneficios aporta el control de la gestión para el logro de los objetivos propuestos?
4. Exponga las diferencias existentes entre la organización del mantenimiento y la ejecución dentro del ciclo de gestión.

Referencias

1. A.E.M. (1995). *El mantenimiento en España*. Barcelona. España. AEM.
2. Benaim, S. et al. (1994). *Mantenimiento de edificios para la salud*. Buenos Aires, Argentina, OPS, CAM.
3. Borroto Pentón, Y. (2005). *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
4. De la Paz Martínez, E. (1996). *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma"*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
5. Fuertes, A., del Olmo, R. & Hernández, C. (1994). "La gestión informatizada de mantenimiento: una fuente de ventajas competitivas para la empresa". *Revista Mantenimiento*, 79, pp. 5-14.
6. Hodgetts, R.M. y S. Altman [1990]. *Comportamiento en las organizaciones*. Florida. McGraw Hill Company.
7. Jofré Vartanián, A. (2000). "Cómo administrar los procesos de downsizing y outsourcing". *Revista Mantenimiento*, 14, pp. 3-4.
8. Morales Silverio, R. (1993). *Tendencias actuales para el perfeccionamiento de la actividad de mantenimiento*. Trabajo de Diploma. UCLV, Santa Clara, Cuba
9. Sánchez Sánchez, R. (1999). *Contribución al perfeccionamiento del sistema de gestión del mantenimiento a las máquinas y equipos productivos y energéticos en la fase de operación en las fábricas de azúcar crudo cubanas*. Tesis Doctoral. Ingeniería Industrial. UCLV, Santa Clara, Cuba.
10. Sotuyo Blanco, S. (2000). "El hombre de mantenimiento". *Revista Mantenimiento*, 10, pp. 3-8.
11. Taboada Rodríguez, C. et al. (1990). *Organización y planificación de la producción*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba
12. Tavares, L. A. (1999) *Administración Moderna de Mantenimiento*. Edición primera. Brasil.
13. Torres, L. (2005) *El mantenimiento. Su implementación y Gestión*. Edición segunda. Córdoba, España. Universitas.

Capítulo 3

Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado

Capítulo 3. Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado

El Sistema de Mantenimiento Preventivo (MPP) puede ser definido como una lista completa de actividades de mantenimiento para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, máquinas y equipos mediante el mantenimiento técnico racional, cambio y reparación de las piezas y conjuntos desgastados, realizados bajo un plan de mantenimiento detallado y con las programaciones que permitan su ejecución y control, elaborado con anterioridad.

Este sistema tiene como objetivo evitar el desgaste o deterioro prematuro de los activos físicos minimizando el impacto del proceso de degradación que sufren los equipos. Con sus actividades programadas, se persigue mantener el activo, en todo instante, con la condición operativa para al cual fue diseñado. Bajo este sistema el personal de mantenimiento se encarga de la planificación y el control, además de programar las inspecciones y reparaciones antes de que ocurran las averías o desperfectos de las máquinas y equipos.

Como su nombre lo indica el MPP se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes.

Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del activo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos. Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de conservación, confiabilidad, mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y empleados sin importar su localización geográfica, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento.

El MPP también es conocido en la literatura como sistema de mantenimiento a intervalos constantes en el tiempo. El sistema de mantenimiento a intervalos constantes en el tiempo se conoce además como la política de sustitución basada en la edad, la sustitución se realiza cuando el equipo alcanza una determinada edad, "tiempo estándar". Si el sistema falla, se realiza una sustitución y la próxima sustitución se ubica a unidades de tiempo posterior, existen dos políticas de sustitución: a intervalos constantes y sustitución basada en la edad del equipo.

3.1. Tipos de intervenciones del MPP

En este epígrafe se hace referencia a los distintos tipos de intervenciones que existen y se enfatiza en su definición.

El sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado establece distintos tipos de intervenciones que se clasifican en dos grandes grupos: los servicios técnicos y las reparaciones programadas.

Los servicios técnicos son los trabajos que se ejecutan en los equipos entre las reparaciones programadas y pueden ser planificadas o no. Dentro de estas se destacan las revisiones periódicas, la limpieza y el fregado, la conservación para la no reparación y la lubricación. Las actividades de servicios técnicos más empleadas en el MPP son las revisiones periódicas, las cuales no son más que los servicios de mantenimiento que se realizan entre dos reparaciones programadas, incluye vigilancia sistemática de las condiciones del activo físico y la eliminación de los defectos observados. Si como resultado de la revisión se detecta que los defectos encontrados afectan la calidad del trabajo en equipo, se trata de eliminarlos de inmediato o en la próxima reparación.

Las reparaciones programadas son aquellos trabajos en los cuales se reparan o sustituyen piezas y conjuntos desgastados del activo físico por otros más nuevos. Todos los activos físicos son reparados: los equipos tecnológicos, los de energía, los medios de transporte, los de comunicaciones, los de edificios e instalaciones y los herramientas.

Las reparaciones de los diferentes grupos de activos físicos se organizan en forma diferente, así pues los edificios, las instalaciones y los medios de transporte son reparados sobre la base de contratos concertados con empresas especializadas si la empresa no posee sus propios medios de reparación. Las empresas ejecutan la reparación de algunos tipos tecnológicos y solicitan comúnmente la ejecución de la reparación general (en la mayoría de la empresa) a la empresa especializada encargada de este servicio al medio básico.

Las reparaciones periódicas se realizan según un plan establecido previamente y comprenden el volumen fundamental de los trabajos de mantenimiento, se dividen en reparaciones pequeñas o ligeras, medianas y generales o capital.

- Las reparaciones pequeñas: se señalan con la letra P y comprenden aquellos trabajos de reparaciones en los cuales se cambian y reparan piezas señaladas en su funcionamiento o aquellas partes del equipo que son fácilmente sustituibles. En general las reparaciones pequeñas se realizan solamente en algunas partes del equipo cuyos defectos se eliminan durante las mismas. Desde el punto de vista económico su costo se estima que no debe exceder al 5% del valor de adquisición del activo físico.

- Las reparaciones medianas: se representa por la letra M abarca todos los aspectos de las reparaciones pequeña además incluye la sustitución de piezas de una duración mayor, así como la reparación o reemplazo de ciertas partes del equipo o maquinarias a fin de devolverle la potencia, la exactitud y el rendimiento previsto en el plan de producción industrial o por las condiciones técnicas. Desde el punto de vista económico se estima que está entre el rango del 5% y el 15% del valor de adquisición del activo físico.
- Las reparaciones generales (capital): se representa con la letra G y constituye una renovación del activo físico de manera que la calidad de operación de este después de haberse efectuado la reparación general sea similar a la que tenía cuando nuevo. Se incluyen todos los trabajos efectuados en las otras reparaciones (pequeña y mediana), se lleva a cabo el desarme del equipo, se incluye la posible modernización y una prueba de seguridad si el activo físico lo requiere. Esta prueba de seguridad se les realiza a los equipos con el fin de comprobar su seguridad en el trabajo, velando por la vida y salud de los trabajadores y evitando daños y pérdidas económicas. Con la reparación general se requiere obtener aproximadamente el 90% de efectividad original del medio básico y su costo no debe ser mayor del 15% del valor de adquisición del activo físico.

3.2. El ciclo de reparación del MPP

Para establecer el sistema de reparaciones de un activo físico se debe fijar la estructura del ciclo de mantenimiento de las mismas, es decir, el número de revisiones y reparaciones de cada tipo de forma alternada.

El ciclo de mantenimiento o ciclo de reparación es el período entre dos reparaciones generales (capitales), o entre la puesta en explotación de un equipo nuevo y su primera reparación capital para el caso de equipos que inician su operación, o sea, al período entre sus puesta en funcionamiento tomando como punto de partida la terminación de una reparación o la puesta en marcha de un equipo nuevo hasta que deja de funcionar para realizarse la próxima reparación general.

En el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado las intervenciones se basan en el tiempo de operación de los equipos. Cuando se aplica el sistema de MPP es necesario establecer los llamados ciclos de mantenimiento.

Los ciclos tienen una estructura que se conforma por las actividades siguientes: R (Revisiones), P (reparaciones Pequeñas), M (reparaciones Medianas) y G (reparaciones Generales). El ciclo a aplicar en cada activo físico se determina

analizando individualmente sus características, las del área en que opera, la experiencia, las sugerencias del fabricante, etc.

En el ciclo de reparación es necesario tener en cuenta dos características fundamentales: su duración y su estructura.

3.2.1. Duración del ciclo de mantenimiento (T)

La duración del ciclo depende de las características constructivas del equipo, las condiciones de explotación, el tipo de producción, del tiempo de funcionamiento, del régimen de trabajo, de la vida útil del activo físico. El número de trabajos de reparación que deberá realizarse a un activo físico dentro de su ciclo de reparación debe determinarse sobre la base de las recomendaciones del fabricante, de las recomendaciones señaladas en la literatura sobre la tecnología de mantenimiento o en su defecto, será prescrito por el personal especializado en cada organización.

La duración del ciclo de reparación de un medio básico se establece en función de varios factores condicionantes y se calcula por la expresión 3.1.

$$T = B_n \times B_t \times B_c \times B_m \times A \quad (3.1)$$

Donde

- T- Duración del ciclo, se expresa en horas
- A- Duración teórica del ciclo (en horas) que depende del tipo de activo físico y, por lo general, del tiempo (años) que lleve en explotación.
- B_n- Coeficiente que depende del tipo de producción que se elabora en el activo físico (masiva, en serie, individual) con el que se toma en cuenta el régimen de trabajo del equipo.
- B_t- Coeficiente que se fija en función del peso del activo físico.
- B_c- Coeficiente que depende del tipo de herramienta con que trabaja el, de la temperatura ambiental a que se encuentra sometido el activo físico y de la utilización o no de refrigerante. Tiende a caracterizar las condiciones en que trabaja el activo físico.
- B_m- Coeficiente que se determina en función del tipo de material que se elabora en el activo físico y del tipo de herramienta.

3.2.2. Estructura del ciclo de reparación del MPP

La estructura del ciclo de reparación del MPP no es más que la forma de representación del ciclo de mantenimiento y determina la sucesión de revisiones y reparaciones a que debe ser sometido el equipo dentro de cada ciclo. También indica cuántos y cuáles trabajos de mantenimiento debe pasar el equipo en un ciclo de mantenimiento.

La cantidad de trabajos en unidades de tiempo (carga de mantenimiento) de cada una de las reparaciones y revisiones de un activo físico está determinada por el número de horas de trabajo que se prevén para realizarlo. La relación entre el volumen de trabajo de las reparaciones pequeñas, medianas y general es único para cada tipo de activo físico.

Todos los trabajos que se planifiquen a realizar en un ciclo de mantenimiento de un activo físico, deben ser cumplimentados, puesto que permiten que se prolongue la vida física del medio, se utilice esta con más eficacia y se garantice el cumplimiento del plan de producción fijado en la empresa o unidad de producción.

La estructura del ciclo de reparación incluye una reparación general, es decir, una de las dos reparaciones generales entre las que queda enmarcado el ciclo, la otra reparación general se considera parte del otro ciclo de reparación del propio activo físico.

A partir del conocimiento del número de intervenciones que hay que efectuar al activo físico dentro de su ciclo de reparación se puede calcular cada cuánto tiempo es necesario efectuar intervenciones, o sea, el período entre intervenciones. Para el cálculo de este parámetro se utiliza la expresión 3.2.

$$t_i = \frac{T}{N_M + N_P + N_R + 1} \quad (3.2)$$

Igualmente puede calcularse cada cuánto tiempo es necesario realizar una reparación, o sea, el período entre reparaciones, para ello se utiliza la expresión 3.3.

$$t_r = \frac{T}{N_M + N_P + 1} \quad (3.3)$$

La duración del ciclo de reparación, así como su estructura y consecuentemente los períodos entre intervenciones y entre reparaciones son constantes durante la vida útil del equipo, salvo que la experiencia aconseje variar la duración o la estructura del ciclo.

3.3. Grados de complejidad

El sistema de MPP debe contemplar los requerimientos de la fuerza de trabajo y de recursos materiales para ejecutar los trabajos previstos en el ciclo de reparación. De hecho, sólo así puede incluirse, con una base sólida, tales requerimientos en el plan técnico- económico de la empresa. Puede comprenderse lo complejo que resulta efectuar las determinaciones de fuerza de trabajo y de recursos materiales para cada uno. Y si bien esta resulta ser la única vía posible cuando se trata de un activo físico relativamente especial, sobre el cual no existe otro que sirva de base de comparación (en la propia empresa o en otra), no es esa la situación para muchos casos en que los

equipos existentes en la empresa guardan una cierta homogeneidad entre sí. El volumen de cada uno de los trabajos de reparación se utiliza para planificar el volumen total de los trabajos del taller de mantenimiento.

El sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado se fundamenta en un plan de reparaciones, la elaboración de trabajo de una estructura estable del ciclo de reparaciones para cada activo y el volumen de trabajo de cada reparación y la comparación de los diversos tipos de activos físicos mediante la asignación de categorías de complejidad, que permite planificar previamente los tipos de reparaciones, calcular la mano de obra, los equipos del taller de mantenimiento que serán utilizados y los tiempos necesarios para efectuar la reparación.

Por demás es real que "... no es posible la determinación anticipada y exacta de los trabajos que necesitarán los distintos equipos, pues no se conoce el desgaste y la rotura que van a sufrir las distintas piezas y conjuntos de piezas". No hay, por lo tanto, método exacto para determinar las cargas de trabajo que requiere cada operación de mantenimiento.

Para evitar el voluminoso y costoso trabajo que implicaría determinar todos los requerimientos de mantenimiento de cada equipo, lo cual sería siempre inexacto, el sistema de MPP se basa en:

- a) La clasificación de los activos físicos por grupos homogéneos.
- b) La selección de un activo físico de cada grupo homogéneo como referencia.
- c) La determinación más exacta posible de los requerimientos de fuerza de trabajo y de recursos de materiales para cada tipo de intervención prevista durante el ciclo de reparaciones, del activo físico seleccionado como referencia.
- d) El establecimiento de correlaciones entre la complejidad de las intervenciones que requerirían los otros activos físicos de cada grupo homogéneo y la complejidad de las intervenciones que requiere el equipo seleccionado como referencia.
- e) El cálculo de los requerimientos de fuerza de trabajo y de recursos materiales para los demás activos físicos homogéneos, a partir de la determinación referida en c) anterior y las correlaciones a que se refiere d).

La intensidad de las reparaciones se basa en el Grado de Complejidad (GC) que es una magnitud característica para cada activo físico e indica la complejidad de la reparación del mismo, tomando como referencia un equipo simple cuya complejidad se considera uno. Conociendo los GC de un activo físico se puede determinar el volumen de trabajo a realizar durante una reparación (Laboriosidad) y por tanto la estadía

provocada y la cantidad de personas necesarias para realizar el trabajo, de manera que también será posible determinar el costo de la reparación.

Los grupos homogéneos de equipos se conforman atendiendo al tipo de procesos tecnológicos general en que interviene el activo físico, al tipo de proceso tecnológico específico al cual sirven, al tipo del activo físico en sí, y atendiendo al tamaño del activo físico.

Las máquinas y equipos de diversos grados de complejidad se dividen en categorías, cada una tiene asignado un coeficiente condicional que compara el consumo de trabajo de una máquina tipo con el de la máquina que se trate.

Los grados de complejidad pueden determinarse por fórmulas, que relacionan las características técnicas (peso, distancia entre centro, velocidad, diámetro máximo del utillaje tecnológico, longitud de la superficie de trabajo, tipos de transportador, etc.) del activo físico por tablas.

3.4. Organización del MPP

Con el objetivo de llevar a cabo con éxito la organización del MPP de los activos físicos (equipos, maquinarias, etc.) se requiere que a nivel de empresa se cumplimenten los aspectos siguientes:

- Codificar o clasificar los activos físicos, facilitando de esa forma su fácil chequeo y la planificación de los trabajos que hay que realizarse al identificarlos, mediante un número o un código determinado. La codificación utilizada por el taller de mantenimiento debe ser la misma que utilice el departamento de planificación, y el departamento de control de producción. Además, debe reflejar la tecnología del activo físico, el taller y sector donde está físicamente ubicado y las dimensiones del mismo.
- Llevar un registro técnico de los activos físicos de forma conocida como carpeta del activo donde se registre:
 - a) Los datos técnicos –económicos;
 - b) El ciclo de mantenimiento y el plan de MPP;
 - c) Las anotaciones sobre las reparaciones y cambios de piezas;
 - d) La lista de piezas y normas de duración;
 - e) Los reglamentos de trabajo de revisiones y reparaciones;
 - f) Los reglamentos de lubricación;

Esta carpeta debe ser confeccionada para cada activo físico y llevarse su actualización periódicamente.

- Debe dársele al trabajo que realiza el personal de mantenimiento la máxima importancia, ya que del mismo depende que se cumpla lo programado en el plan de producción de la empresa.
- Debe utilizarse pizarras o gráficos visuales donde se registre el programa de mantenimiento y el control de los mismos.

3.5. Ventajas del Mantenimiento Preventivo Planificado

La literatura supone un grupo significativo de ventajas para la aplicación del Mantenimiento Preventivo Planificado, dígase:

- Si se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.
- El cuidado periódico conlleva a un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora continua.
- La reducción del mantenimiento correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.
- Contribuye a disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evita detenciones inútiles o parada de máquinas.
- Evita accidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Logra conservar los activos físicos productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Alcanza o prolonga la vida útil de los activos físicos.
- Se logra una disminución del tiempo muerto o tiempo de parada de equipos/máquinas.

3.6. Desventajas del Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado

Independientemente de las ventajas que supone la aplicación del MPP también se han detectado un grupo de elementos limitantes que motivan la existencia de detractores al mismo, entre ellas se destacan:

- Los ciclos que se planifican no siempre son los más adecuados para cada equipo y se requiere su revisión periódicamente.

- Muchas veces se desarmen equipos sin necesidad real y entre el desarme y arme posterior se corren riesgos de roturas y errores que pueden ser de gran envergadura.
- El gasto de piezas, materiales y otros recursos en que se incurre es considerable y en ocasiones no responde a las necesidades reales.
- El MPP es un sistema caro, con alta carga de trabajo burocrático, que ha sido adoptado como sistema único y adaptado muchas veces, sin los estudios necesarios, a cualquier tipo de equipo, por todo lo cual el gasto de piezas, materiales y otros recursos es considerable.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo producen falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios en los mantenimientos preventivos es indispensable para el éxito del plan.
- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si no se hace un análisis correcto del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Requiere personal de oficina, exige personal especializado en la función de reparación y mantenimiento.
- Tiene la tendencia a mantener en funcionamiento una fábrica que está tecnológicamente obsoleta.

3.7. Aspectos clave

- El sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) es definido como una lista completa de actividades de mantenimiento para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, máquinas y equipos mediante el mantenimiento técnico racional, cambio y reparación de las piezas y conjuntos desgastados, realizados bajo un plan de mantenimiento y con las programaciones detallado que permitan su ejecución y control elaborado con anterioridad.
- El objetivo principal del MPP es evitar el desgaste o deterioro prematuro de los medios básicos minimizando el impacto del proceso de degradación que sufren los activos físicos.

- Un elemento importante del MPP es que para mantener un activo físico los trabajos de mantenimiento se dividen en dos grupos: revisiones y reparaciones periódicas. Dentro de las reparaciones periódicas se encuentran, las reparaciones pequeñas, las reparaciones medianas, las reparaciones generales (capital).
- El MPP planifica las reparaciones en un equipo determinado en intervalos de tiempo iguales denominados período entre intervenciones. Dentro de esta planificación se encuentra el ciclo de reparación que es el período entre dos reparaciones generales (capital) y este presenta dos características principales: su duración y estructura.
- El MPP presenta un grupo de beneficios que motivan a su implementación en las organizaciones, algunos de ellos son: permite evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados; disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar; evitar detenciones inútiles o parada de máquinas, evitar accidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- El MPP presenta un grupo de limitantes que provocan desmotivaciones y dudas al considerar su aplicación, como son: los ciclos que se planifican no siempre son los más adecuados para cada equipo y se requiere su revisión periódicamente, muchas veces se desarman equipos sin necesidad real y entre el desarme y arme posterior se corren riesgos de roturas y errores que pueden ser de gran envergadura.

3.8 Preguntas del capítulo

1. ¿Cuál es el objetivo fundamental del Mantenimiento Preventivo Planificado?
2. ¿Qué ventajas ofrece para una organización la aplicación del MPP?
3. Explique: ¿Qué acciones o actividades se deben realizar para implementar el sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado?
4. Mencione y explique los tipos de intervenciones a las que se someten los activos físicos con la aplicación del MPP
5. ¿A su juicio cuáles serían las principales desventajas del MPP?

Referencias

1. Alfonso Llanes, A. (2009). *Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara Cuba.
2. De la Paz Martínez, E. M. (1996). *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma"*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
3. De la Paz Martínez, E. M. (2011). *El Sistema Alternativo de Mantenimiento*. UCLV, Cuba.
4. García Palencia, O. (2003) "Modelo Mixto de Confiabilidad Basado en Estadística para la optimización del mantenimiento industrial". ScienceDirect. Disponible: www.elsevier.com/locate/jlp. (Consultado el día 28 de marzo de 2010).
5. Jiménez Sánchez, J. E. (2006). *Coordinación de inventarios en una cadena de suministro a través de épocas comunes de resurtido bajo demanda dinámica considerando diversos modos de transporte y diferentes políticas de descuento en los precios de los productos y en las tarifas de transporte*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
6. MINIL (1984) *Manual general de procedimientos*. Ministerio de la Industria Ligera, Ciudad de La Habana.
7. Navarrete Pérez, E. & González Martín, J. R. (1986) *Mantenimiento Industrial*. ISPJAE. Ciudad de la Habana.
8. Portuondo Pichardo, F. (1990). *Economía de empresas industriales*. Ciudad de La Habana, Editorial Pueblo y Educación
9. Sánchez Sánchez, R. (1999). *Contribución al perfeccionamiento del sistema de gestión del mantenimiento a las máquinas y equipos productivos y energéticos en la fase de operación en las fábricas de azúcar crudo cubanas*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara. Cuba.
10. Taboada Rodríguez, C. et al. (1990) *Organización y Planificación de la producción*. Ciudad de la Habana, Editorial Pueblo y Educación.

Capítulo 4

Sistema Alternativo de Mantenimiento

Capítulo 4. Sistema Alternativo de Mantenimiento

El Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM) es un sistema para la organización, planificación y control del mantenimiento industrial que se caracteriza por integrar armónicamente más de uno de los tipos de mantenimiento conocidos, en calidad de subsistemas del mismo. Estos tipos de mantenimiento serán aplicados a los diferentes equipos individuales o grupos homogéneos de equipos en función de sus características tecnológicas y otros elementos. La filosofía del SAM integra los objetivos técnicos, organizativos y económicos del mantenimiento con los objetivos de competitividad e imagen de la empresa.

De manera general el SAM representa la evolución y/o transición de un sistema tradicional de mantenimiento a un nuevo sistema, ventajoso entre otros aspectos por su flexibilidad; sin embargo, no debe forzarse en tiempo aunque sean evidentes sus ventajas, es decir, se requiere de un proceso previo de "mentalización".

4.1. Concepción del sistema

El Sistema Alternativo de Mantenimiento está diseñado a partir de la definición de mantenimiento, de modo que permite el cumplimiento de la meta, los objetivos y las funciones definidas. El sistema presenta las propiedades siguientes:

- 1) Flexibilidad: capacidad de asimilar de manera rápida los cambios provenientes de la producción principal y de otros clientes (entorno) adaptándose a estos, por lo que permite, por ejemplo, cambiar un medio básico de un subsistema de mantenimiento a otro que se adapte mejor a sus cualidades o a las circunstancias presentes.
- 2) Racionalidad: capacidad de desarrollar sus funciones y cumplir sus objetivos con los recursos necesarios y a un costo razonable, con lo cual, disminuye considerablemente el trabajo burocrático en relación con el Sistema de MPP.
- 3) Apertura: capacidad de relacionarse con el resto de los sistemas de la empresa tales como: producción, calidad, contabilidad, recursos humanos y aprovisionamiento, lo cual le permite asimilar de manera rápida los cambios del entorno adaptándose a estos.
- 4) Sinergia: capacidad para involucrar a todos en el cumplimiento de sus objetivos y en el alcance de su meta. El sistema debe permitir la creatividad disciplinada y la innovación, así como apoyar y estimular las ideas y sugerencias de los involucrados.
- 5) Simplicidad: diseño sencillo y estructurado que, con la participación de todos, permita la comprensión de su funcionamiento, aun cuando el mantenimiento maneja generalmente muchas variables simultáneamente.

- 6) Fiabilidad: capacidad de funcionar continuamente sin obstaculizar el proceso de toma de decisiones, aunque no se encuentre automatizado.
- 7) Mejora continua: capacidad de ser susceptible de mejoras basadas en la retroalimentación de sus resultados en cada período en que se evalúe. El sistema no debe considerarse como un producto acabado. Su flexibilidad y sinergia permiten que pueda ser modificado y mejorado continuamente sin perder sus cualidades.
- 8) Posibilidad de ser automatizado: todo el tratamiento informacional del sistema es susceptible de ser automatizado.

4.2. Características del Sistema Alternativo de Mantenimiento

El SAM como filosofía de mantenimiento es un sistema que agrupa varios sistemas de mantenimiento y actúa de manera integral sobre las organizaciones para no dejar brechas en la gestión de los activos físicos.

En particular, el SAM propuesto para la industria textil cubana incluye:

- Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).
- Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico.
- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento de Línea.

Las empresas, previo análisis técnico-económico y de los recursos disponibles, deben determinar cuál de los sistemas aplicar.

El Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) es una filosofía de mantenimiento en el que las intervenciones se basan en el tiempo de operación de los equipos (ver capítulo 3). Cuando se aplica esta filosofía es necesario establecer los llamados ciclos de mantenimiento.

El Sistema de Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico está basado, fundamentalmente, en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo entre otros aspectos.

En este “sistema” se realiza un monitoreo del equipamiento crítico, de modo que sea posible conocer la “condición” de este y su ritmo de cambio al paso del tiempo. Este es precisamente el principal objetivo del monitoreo de condición y los dos métodos principales que se emplean en este son:

- Monitoreo de tendencia: consiste en medir e interpretar en forma continua o regular, datos recogidos durante la operación de la máquina, a fin de indicar

variaciones en la condición de la misma o de sus componentes y lograr así un funcionamiento seguro y económico. Esto supone la selección de algún indicador adecuado y medible de deterioro de la máquina o de un componente. También será necesario el estudio de la tendencia de dicha medición durante el tiempo de funcionamiento, a fin de saber cuándo el deterioro está excediendo un nivel crítico.

- La verificación de condición: consiste en realizar una medición de control con la máquina en funcionamiento, utilizando algún indicador adecuado y luego utilizarla como una medida de la condición de la máquina en ese momento. Para ser eficaz, la medición debe ser precisa y contar con valores límites conocidos que no deben ser excedidos por más de un cierto número de horas de funcionamiento adicionales permitidas. Esto requiere poseer un registro histórico para el tipo particular de máquina (ver figura 4.1), lo cual hace al método menos flexible que el anterior. Sin embargo, puede resultar muy útil en una situación donde existan varias máquinas similares que funcionen juntas, lo cual permitirá una verificación comparativa entre la máquina monitoreada y otras que sean nuevas o estén en buen estado.

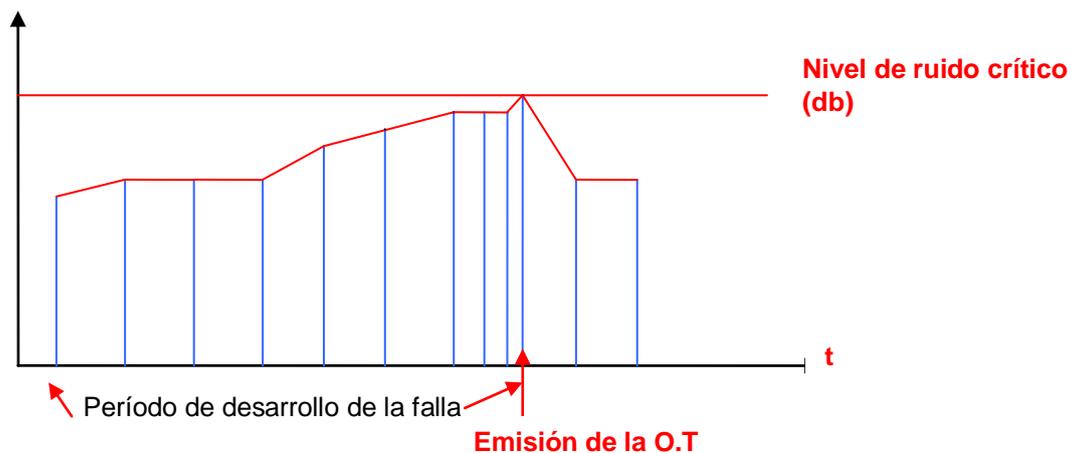


Figura 4. Monitoreo de tendencia del parámetro “nivel de ruido” de un equipo.

Es oportuno señalar que la decisión de intervenir en un equipo bajo este sistema puede ser tomada a partir de un diagnóstico subjetivo (el tacto, la vista, el olfato, el oído) y no sólo utilizando instrumentos o equipos de medición, y que para determinar el momento justo de la intervención se toma en consideración la opinión de personas altamente calificadas que se responsabilizarán con la rutina de inspección reconocidas como “inspectores”.

Las aplicaciones del mantenimiento preventivo basado en la condición del equipo son cada vez más importantes y frecuentes, sobre todo en la industria de procesos y

cuando existen equipos de gran complejidad tecnológica o de gran trascendencia en cuanto a seguridad para los trabajadores, personal en el local o para el medio ambiente, es una de las armas más formidables con la que puede contar cualquier entidad. Esto se ve reflejado, en la disponibilidad de los equipos y en la reducción de las paradas imprevistas; la detección de fallos, no solo depende de los equipos que se utilicen para la detección de los mismos, sino también del correcto análisis de las tecnologías predictivas utilizadas.

El Mantenimiento Correctivo consiste en la ejecución de las reparaciones programadas a partir de defectos detectados por el mantenimiento de línea o por el inspector durante su rutina y de las no programadas que se realizan posteriormente a la ocurrencia de una avería. En este último caso, se trata de aquellos equipos a los que se ha decidido dejar en servicio hasta que ocurra la avería, pues esta se encuentra localizada y puede ser controlada.

El Mantenimiento de Línea es la actividad de mantenimiento que sistemáticamente se efectúa a los equipos con el propósito de restablecer sus condiciones técnicas de funcionamiento, tales como el ajuste, cambio de accesorios, así como la atención a las interrupciones del equipamiento a los efectos de lograr una mayor eficiencia industrial.

4.3. Procedimiento general para la aplicación del Sistema Alternativo de Mantenimiento

El procedimiento general para la aplicación del SAM, que en forma esquemática se muestra en figura 4.2, consta de ocho tareas básicas cada una de las cuales está encaminada al logro de un objetivo.

Las tareas básicas realizadas y que refieren los métodos utilizados, así como el objetivo de cada una de ellas son, en esencia, las siguientes:

Tarea 1. Estudio de las condiciones reales de la planta y determinación de los problemas relacionados con mantenimiento que afectan la producción.

Objetivo: obtener información para la justificación del cambio ante los ejecutivos y técnicos (la estimación del grado de los problemas y el análisis preliminar de las causas son los puntos de referencia para evaluar el efecto del mejoramiento posterior).

Esta tarea implica revisión de catálogos de equipos, recomendaciones de sus fabricantes, búsqueda de historiales de equipos (cantidad de averías, tiempo de reparación, nivel de gastos de mantenimiento, calificación del personal involucrado) y encuentros (con operarios, jefes de brigadas de mantenimiento, técnicos especialistas, planificadores y dirigentes de la planta) encaminados a descubrir todas las limitaciones

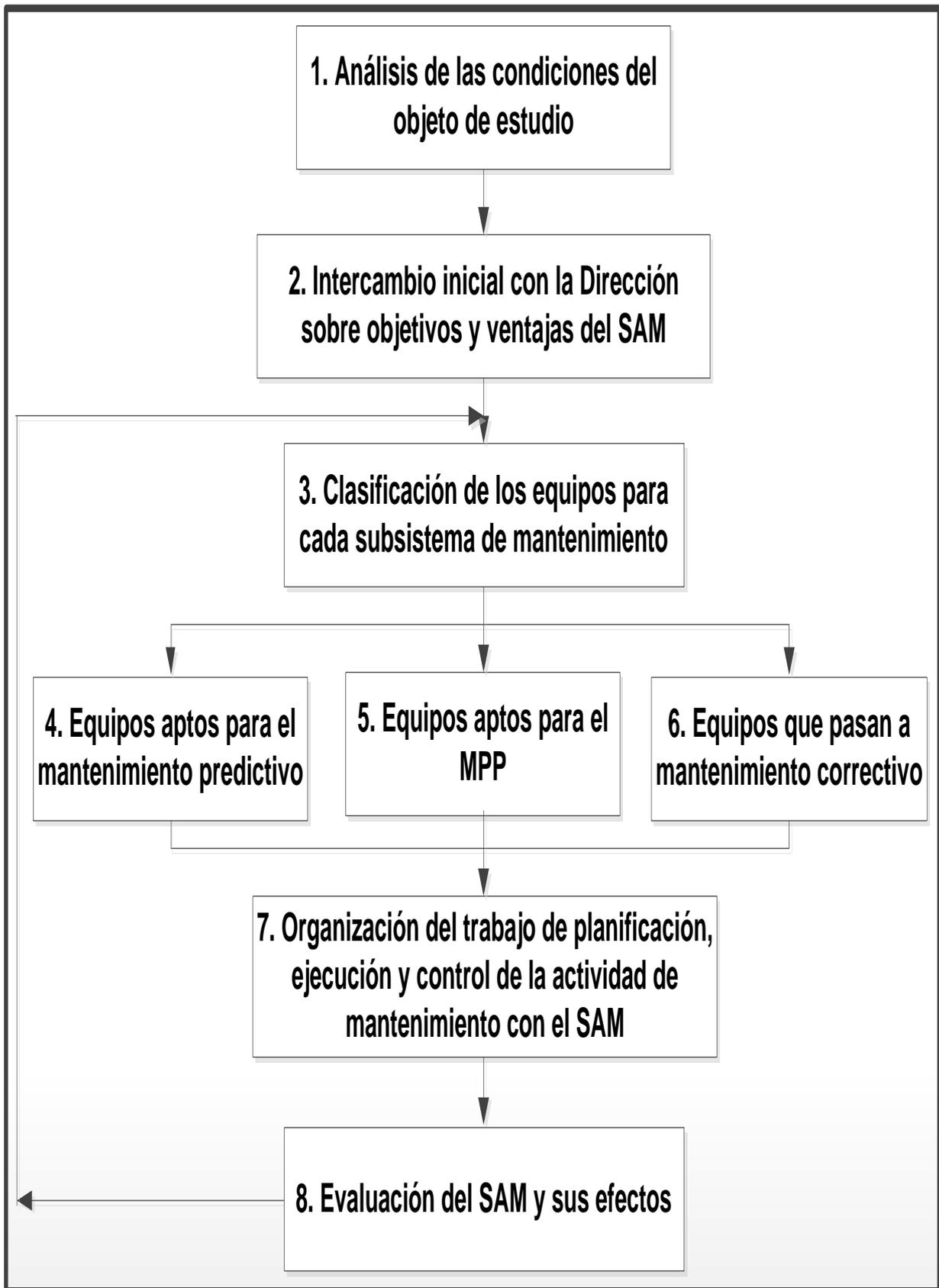


Figura 4.2. Procedimiento para la aplicación del SAM. Fuente: De la Paz Martínez [1996]

del sistema de mantenimiento establecido sin dejar de reconocer sus aspectos positivos. Se recomienda realizar el diagnóstico empleando un procedimiento de auditoría.

Tarea 2. Intercambio con dirigentes y técnicos sobre objetivos y ventajas del SAM respecto al sistema establecido.

Objetivo: obtener comprensión y entusiasmo de los dirigentes (a distintos niveles hasta la brigada) y de los técnicos especialistas, que los motive a cooperar con el cambio.

Esta tarea contiene lo que se ha llamado proceso de mentalización, el cual tiene que adaptarse a cada nivel de discusión, pues es determinante considerar los intereses de los involucrados. Deben realizarse intercambios con todos los niveles de dirección e incluso, con los obreros de mayor experiencia, recoger opiniones, sugerencias, criterios de todo tipo sobre el sistema propuesto, en especial valoraciones en cuanto a la cuestión organizativa y a la económica del SAM en contraste con el MPP.

Tarea 3. Clasificación de los equipos, grupos de equipos e instalaciones en forma selectiva.

Objetivo: determinar el subsistema de mantenimiento más adecuado para cada equipo.

Existen diversos criterios para esta clasificación, algunos de ellos son:

- Por orden de importancia en A, B, C o D (según la suma de puntos como resultado de la evaluación de factores tales como: cantidad de producción, calidad, costo, seguridad, etcétera).
- En grupos: I, II y III si son muy importantes o fundamentales, normales o convencionales y auxiliares, respectivamente.
- En equipos fundamentales o no fundamentales en la producción.

En la tabla 4.1 se muestran algunas clasificaciones disponibles en la literatura especializada.

Después de una valoración de la idoneidad de estos criterios para el caso en específico, el criterio que se utiliza en la propuesta original del SAM es la clasificación en grupos I, II y III. A continuación se detallan los criterios de partida considerados en cada una de las clasificaciones:

Los equipos que se incluyen en el grupo I deben cumplir con los requisitos siguientes:

- Imposibilidad tecnológica de ser sustituidos.
- Alta precisión operacional.
- Alto grado de automatización.
- Alta complejidad.

- Son utilizados por encima del 80% de su capacidad.
- Trabajan en producción continua, dos turnos o más.
- Gran influencia en la seguridad operacional.
- Alto precio.
- Nuevos o con tiempo de explotación menor de cinco años.

Tabla 4.1 Clasificación del equipamiento

Fuente	Clasificación
MINBAS [1986]	Fundamentales para la producción No fundamentales en la producción
Ochoa Crespo [1994]	Máxima categoría Categoría media Categoría regular Categoría mínima
Vinicius Lucatelli y García Ojeda [1995]	De soporte directo a la vida Con sustitución periódica y obligatoria de piezas Que ofrece altos niveles de energía Con intervalo de mantenimiento normalizado
De la Paz Martínez [1996]	Muy importantes o fundamentales Normales o convencionales Auxiliares
González Danger y Hechavarría Pierre [2002] Torres [2005]	Importancia A Importancia B Importancia C
Espinosa Fuentes [2006]	Crítico Semicrítico No crítico
Torres [1997] Huerta Mendoza [2001] García Garrido [2003] Yañez Medina [2004] Cardoso de Morais [2004] Borroto Pentón [2005] Christensen [2006]	Alta criticidad (clase A) Mediana criticidad o importantes (Clase B) Baja criticidad o prescindibles (Clase C)

Fuente: Alfonso Llanes [2009]

Los equipos que se incluyan en el grupo II deben cumplir con los requisitos siguientes:

- Existen en cantidad suficiente para garantizar su sustitución sin afectar el proceso productivo.

- Son de accionamiento mecánico o un menor grado de automatización.
- Tienen complejidad moderada.
- Trabajan hasta un 80% de su capacidad.

Los equipos que se incluyan en el grupo III deben cumplir con los requisitos siguientes:

- Existen en gran cantidad.
- Son técnicamente simples.
- Son empleados en servicios auxiliares.
- Tienen muy bajo costo.
- Son utilizados por debajo del 50% de su capacidad.

Es importante destacar que no es necesario que un equipo cumpla todos los requisitos señalados para pertenecer a un determinado grupo. En esta clasificación no se puede hacer abstracción de la experiencia y el sentido común, y es imprescindible que se logre consenso en la decisión.

Una vez que se hayan clasificado los equipos, entonces y sólo entonces, se determinará el subsistema de mantenimiento más adecuado, haciendo corresponder el orden de importancia con el subsistema. Esto es:

Grupo I: subsistema de mantenimiento Predictivo en sus dos formas: objetivo y subjetivo.

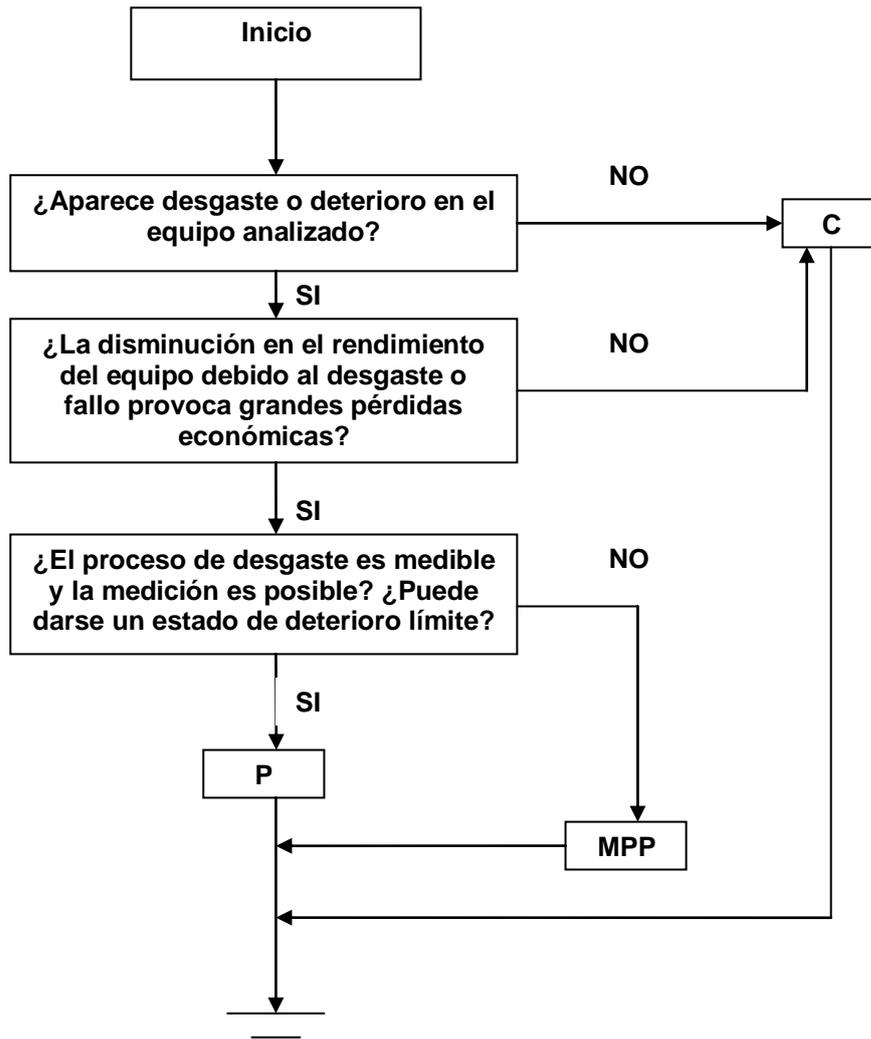
Grupo II: subsistema de Mantenimiento Preventivo Planificado.

Grupo III: subsistema de mantenimiento Correctivo.

Claro que el hecho de determinar el subsistema idóneo de acuerdo con el grupo de la clasificación correspondiente no implica que este se adopte, pues deben cumplirse, además, las condiciones que así lo permitan. Por ejemplo, un equipo clasificado dentro del grupo I se someterá al subsistema de mantenimiento predictivo si cumple que sus averías se manifiestan por síntomas y estos son medibles, si existen los instrumentos para realizar dicha medición, entre otras. Estos elementos forman parte del procedimiento de selección de sistemas de mantenimiento que se muestra en la figura 4.3.

Tarea 4. Para los equipos que se haya decidido que están aptos para el subsistema de mantenimiento predictivo, determinar:

- Los defectos secundarios (síntomas) tales como ruidos, vibraciones, variación de temperatura o de presión y otros, que indiquen la presencia de algún defecto primario (desgaste, fisura, etcétera);



- C:** Mantenimiento Correctivo
P: Mantenimiento Predictivo
MPP: Mantenimiento Preventivo Planificado.

Figura 4.3 Procedimiento de selección de sistemas de mantenimiento. Fuente: De la paz Martínez [1996].

- Los valores límites de los síntomas que dan la necesidad de operaciones técnicas;
- El ritmo de variación de los síntomas, que permite prever los recursos necesarios para la próxima reparación (pueden utilizarse gráficos de control);
- El personal de inspección, imponerlo e instruirlo de sus funciones;
- El grado de laboriosidad, que se requiere a su vez para la determinación de la duración de las intervenciones;

- La frecuencia de inspección, su contenido y los medios de medición propios para la inspección objetiva;
- Los documentos que se racionalizan por ser innecesarios en este subsistema.

Objetivo: organizar el subsistema de mantenimiento Predictivo.

Tarea 5. Para los equipos que se haya decidido mantener en el subsistema de MPP:

- Revisar los ciclos establecidos comprobando si aún tienen validez, para lo cual resulta imprescindible el análisis del comportamiento histórico de los equipos;
- Revisar los contenidos de las reparaciones según el estado técnico actual de los equipos;
- Seleccionar el personal idóneo para las reparaciones;
- Determinar los recursos materiales necesarios según el contenido de las intervenciones.

Objetivo: mejorar la organización del subsistema de MPP.

Tarea 6. Para los equipos que se haya decidido pasar al subsistema de mantenimiento correctivo:

- Definir el o los equipos sustitutos para cuando sea necesario;
- Determinar los documentos que se racionalizan por ser innecesarios en el nuevo subsistema.

Objetivo: organizar el subsistema de mantenimiento Correctivo.

Tarea 7. Organización del trabajo de planificación, ejecución y control de la actividad de mantenimiento con el SAM.

Objetivo: Consolidar el Sistema Alternativo de Mantenimiento.

Esta tarea incluye:

- Capacitación a dirigentes, planificadores e inspectores en cuanto al contenido de su trabajo y sistema informativo;
- Determinación del objeto de control: relación de equipos con su correspondiente codificación, tiempo de operación de los equipos, tiempo de reparación, recursos materiales y suministros utilizados en la reparación, cantidad y calificación de los recursos humanos necesarios para la reparación, cantidad y magnitud de las averías, calidad de la reparación;
- Determinación del sistema informativo para el registro del objeto de control;
- Elaboración del plan anual de MPP y su ejecución desagregado por meses a los equipos que se les aplica este subsistema;

- Elaboración del plan anual de inspecciones, desglosado en planes mensuales según lo considere el inspector o el grupo técnico que lo elabora;
- Elaboración del programa mensual de reparaciones a partir del resultado y de las recomendaciones de las inspecciones técnicas;
- Elaboración de las prioridades de ejecución de las órdenes de trabajo, una vez recepcionadas por el planificador.

Tarea 8. Evaluación periódica del SAM y sus efectos.

Objetivo: evaluar el sistema y tomar decisiones sobre cambios o modificaciones en el mismo aprovechando su flexibilidad.

La evaluación implica un análisis técnico-económico, para lo cual deben ser definidos los indicadores de control de la actividad de mantenimiento, los que a su vez deben corresponder con los fijados por la empresa. El análisis de los indicadores y de las experiencias obtenidas en cada período servirá de retroalimentación para el mejoramiento continuo del sistema.

Según se pueda ir disponiendo de equipamiento informático, resultará conveniente automatizar algunas partes del sistema, tales como el control del tiempo de operación de los equipos (control de horas corridas) y, a partir de este, el mantenimiento preventivo, así como el cálculo de la disponibilidad y las tendencias del comportamiento de las piezas críticas por área.

4.4. Ventajas de la aplicación del SAM

Dentro de las ventajas de la aplicación del SAM se destacan:

1. La determinación de la duración y la estructura de los sistemas de mantenimiento tradicionalmente reconocidos incorporando estos orgánicamente como subsistemas en un sistema integral único de mantenimiento, con lo que se aplica a cada equipo el que técnico- económicamente mejor conviene de acuerdo con sus condiciones y características .
2. Ofrece, también, flexibilidad en su concepción y aplicación al admitir la incorporación de clasificadores criterios y experiencias en función de las circunstancias particulares del caso bajo análisis.
3. El SAM, concebido inicialmente para el sector industrial, ha demostrado ser aplicable a otras actividades de la economía como la del transporte automotor en la que los resultados obtenidos han sido técnico –económicamente satisfactorios. Se ha diseñado una propuesta para la gestión del mantenimiento hospitalario que incluye la clasificación del equipamiento en clase A, B y C en dependencia del nivel de cada una de las variables (seguridad, calidad, utilización, afectaciones, frecuencia y

tiempo) que conforman un algoritmo diseñado con estos fines, así como la clasificación de estos fallos y la propuesta de variantes de mantenimiento a aplicar a cada activo físico.

4.5. Aspectos clave

- El SAM representa la evolución y/o transición de un sistema tradicional de mantenimiento a un nuevo sistema, ventajoso entre otros aspectos por su flexibilidad; sin embargo, no debe forzarse en tiempo aunque sean evidentes sus ventajas, es decir, se requiere de un proceso previo de "mentalización".
- El Sistema Alternativo de Mantenimiento está diseñado a base de la definición de mantenimiento de modo que permite el cumplimiento de la meta, los objetivos y las funciones del mismo.
- El Sistema Alternativo de Mantenimiento es un sistema para la organización, planificación y control del mantenimiento industrial que se caracteriza por integrar armónicamente más de uno de los sistemas de mantenimiento conocidos como es Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico, Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento de Línea.
- Este sistema presenta numerosas ventajas entre las que se destaca que ofrece flexibilidad en su concepción y aplicación al admitir la incorporación de clasificadores criterios y experiencias en función de las circunstancias particulares del caso bajo análisis.

4.6 Preguntas del capítulo

1. ¿Qué importancia le concede a la aplicación del Sistema Alternativo de Mantenimiento en el sector industrial donde Ud. se desempeña?
2. ¿Cuáles son las ventajas que ofrece el SAM?
3. ¿Qué sistemas de mantenimiento pueden estar contenidos en la aplicación del Sistema Alternativo de Mantenimiento?
4. Recree una situación en la que sea necesario aplicar el SAM para cinco máquinas y, además, explique las características de cada una y el por qué se le asigna un sistema de mantenimiento específico.

4.7 Experiencias en la aplicación del SAM

Aplicación del Sistema Alternativo de Mantenimiento en la planta de Hilandería de una empresa textil

El Sistema Alternativo de Mantenimiento comenzó a introducirse en la planta después de haberse sentado las bases para su aplicación, quedando clasificados los equipos por grupos de importancia. Se realizó la clasificación de los equipos con la participación

de técnicos especialistas, mecánicos experimentados y dirigentes de la planta, quedando tal y como puede apreciarse en el anexo 2 para cada una de las tres líneas de producción.

Inicialmente, a los equipos del taller de Apertura se les aplicó el subsistema de mantenimiento Predictivo y a las Cardas se les dejó bajo el sistema de MPP, pero en una segunda revisión se decidió por consenso, pasar también las Cardas al subsistema Predictivo, pues las mismas presentan gran cantidad de rodamientos que se verifican con un instrumento de medición de impulsos de choque, mediante el cual se analiza el estado técnico de estos. Además, existen otros instrumentos para diagnóstico objetivo como el Estetoscopio y el Uster (regularímetro) que analiza si las fibras procesadas por el equipo cumplen con los parámetros de calidad establecidos en cuanto a la uniformidad lineal, la existencia de impurezas y la formación de neps, mostrando el espectrógrafo de defectos mecánicos e indicando el mecanismo del equipo que provoca el defecto.

Organización del subsistema de mantenimiento Predictivo

Para aplicar este subsistema se necesitó instruir al personal encargado de las funciones de mantenimiento. La planta cuenta con un inspector y dos mecánicos, estos últimos se encargan de llevar a cabo las reparaciones correctivas.

Al inspector se le definieron claramente sus funciones al confeccionarse las guías de inspección. Para la confección de las mismas se hizo un análisis de los contenidos de trabajo de las revisiones, reparaciones medias y generales y se verificaron con los mecánicos "A" que son los de mayor experiencia y conocimientos y con el inspector seleccionado.

Al aplicar las guías de inspección desaparecen por la parte mecánica los conceptos de revisión, reparaciones medias y reparaciones generales, por lo que a los equipos se les corrigen los defectos que presenten cuando sean detectados por el inspector o reportados por el mecánico de línea u operario al aparecer de forma imprevista.

La inspección a los equipos se realiza cuando estos hayan acumulado las horas reales de trabajo al cabo de las cuales se debe efectuar, todo ello procesado por un programa computarizado.

Para registrar la información sobre las actividades de mantenimiento se utilizan los documentos siguientes: IL MAN-003, 004, 005 y 008 dentro de la carpeta técnica, y fuera de esta se utilizan el IL MAN-021 y el IL MAN-022.

El flujo informativo propuesto para este subsistema se describe a continuación:

El planificador le entrega al inspector el modelo IL MAN-022 en el cual este tiene que señalar todos los defectos que presenta el equipo; esto lo hace con ayuda de los instrumentos de diagnóstico objetivo (Uster, estetoscopio y otros), los señalamientos de los operarios y a través del diagnóstico subjetivo.

Posteriormente, los IL MAN-021 y 022 son entregados con tiempo suficiente al jefe de brigada para que conozca los defectos a corregir a los equipos, prepare las condiciones y gestione los recursos necesarios para la ejecución del trabajo.

Después de efectuada la reparación correctiva, el inspector verifica el trabajo realizado y, de no existir problemas, se procede a la entrega del equipo a producción; para esta actividad de recepción-entrega es para lo que puede utilizarse el IL MAN-022 y para la actualización del registro en la computadora y el análisis de costos correspondiente, se utilizará la orden de trabajo (IL MAN-021) que deberá ser confeccionada y entregada sin pérdida de tiempo al planificador.

Se han materializado muchas de las ventajas del SAM, ya que se realizan menos desarmes y desajustes, menos piezas se echan a perder y se obtiene mayor tiempo efectivo productivo de los equipos.

Organización del subsistema de MPP

El departamento de Producción introduce en la computadora los datos de producción realizada y con estos se calcula la cantidad de horas trabajadas realmente por los equipos, con lo cual se actualiza la base de datos de los equipos y se obtiene el plan mensual de mantenimiento para los que quedan bajo el subsistema de MPP.

El planificador de mantenimiento, de acuerdo con el plan, confecciona las órdenes de trabajo que son entregadas al jefe de la brigada de mantenimiento con tiempo suficiente para que prepare las condiciones y gestione los recursos necesarios para llevar a cabo el trabajo.

Como se ha planteado, aunque se logra realizar el mantenimiento preventivo de acuerdo con el tiempo real trabajado por los equipos, no se conoce si los ciclos de MPP son adecuados o no, ya que los mismos fueron diseñados de acuerdo con las recomendaciones dadas por el fabricante de los equipos y por la experiencia del personal de mantenimiento; además, estos se fijaron hace muchos años, por lo cual pueden haber perdido su vigencia.

Una vez ejecutado el trabajo, el jefe de la brigada confecciona, firma y entrega sin pérdida de tiempo la orden de trabajo al planificador.

Organización del subsistema de mantenimiento Correctivo

Fueron determinados los equipos sustitutos y eliminados los documentos innecesarios con este subsistema. Una vez reportada una avería, se procede a emitir la orden de trabajo correspondiente que será atendida en el tiempo mínimo posible, de acuerdo con su prioridad y una vez concluido el trabajo, será confeccionada, firmada y entregada al planificador de mantenimiento quien facilitará su registro contable.

El servicio de lubricación se mantiene controlado por un programa automatizado que brinda las horas reales trabajadas por los equipos y el programa de lubricación correspondiente, lo que presupone la necesidad de mantener actualizado este programa.

Referencias

1. Aguilera Martínez, A. F. (2001). *Perfeccionamiento de la planificación de recursos humanos en el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM). Una aplicación en la Industria Textil Cubana*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
2. Amaris Arias, J. B. (2006) “Un modelo de gestión de mantenimiento hacia la excelencia”. Ponencia presentada en el *V Congreso Cubano de Mantenimiento. III CIMEI*. Santa Clara, Cuba.
3. Borroto Pentón, Y. (2005). *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, cuba.
4. De la Paz Martínez, E. M. (1996). *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma"*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
5. Pérez Tejeda, A. (1992) “SEDAM. Sistema de apoyo computacional para el Sistema Alterno de Mantenimiento”. Ponencia presentada en la *VII Conferencia de Ingeniería y Arquitectura del ISPJAE*. Ciudad de La Habana.
6. Portuondo Pichardo, F. & Pérez Tejeda, A. (1994). *Selección y diseño de un sistema de mantenimiento*. ISPJAE, Ciudad de La Habana.
7. Portuondo Pichardo, F., et al. [1989] “Sistema alterno de mantenimiento”. *Revista Ingeniería Industrial*, Vol. 10, pp. 113-120.
8. Treto Cárdenas, O. et al. (1993) “El mantenimiento predictivo en un sistema GMAC”. Ponencia presentada en el *Evento provincial de la UNAICC, previo a la Conferencia Internacional FEMOI '93*. Ciudad de La Habana.

Capítulo 5

Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Capítulo 5. Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)

El MCC es un proceso desarrollado en los años 60 y 70 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas, y también como una necesidad de reducir los accidentes aéreos. Este último está derivado de su desarrollo inicial en la Industria de la Aviación Civil Norteamericana.

El MCC fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro Reliability Centered Maintenance (RCM), libro que dio nombre al proceso. Este libro fue la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los Estados Unidos. Un proceso que produjo el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG-1: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa, y el documento presentado en 1970 para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes. Ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Asociación de Transportadores Aéreos de los Estados Unidos de América).

Se debe destacar los elementos novedosos en la forma de pensar y accionar por parte del personal de mantenimiento que se logra con la aplicación del MCC.

En la actualidad este sistema es ampliamente aceptado en la aviación comercial de todo el mundo, ya que gracias al él se ha convertido en la forma más segura para viajar. El interés surgió de la creencia de que la industria de la aviación estaba logrando niveles adecuados de confiabilidad y seguridad pero estaba dando exceso de mantenimientos masivos a sus equipos.

Al mismo tiempo otros especialistas se interesaron en la aplicación del MCC en industrias diferentes a la aviación. Uno de ellos fue el ingeniero mecánico inglés John Moubray y sus asociados. Este grupo trabajó inicialmente con el MCC en industrias mineras y de manufactura. Desde allí, sus actividades se han expandido para cubrir la aplicación del MCC en casi todos los campos del trabajo humano organizado.

5.1 Definición y objetivos del MCC

Acercas de la definición del MCC se han realizado variedad de planteamientos; sin embargo, no es más que el proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que

haga en su contexto operacional actual. También se define el MCC como el concepto de desarrollo de un sistema de mantenimiento basado en la fiabilidad de los diversos componentes de las entidades productivas, cuya metodología es el análisis sistemático, objetivo y documentado de los componentes que la conforman (máquinas y/o equipos).

De manera general el MCC es una filosofía de gestión de mantenimiento que sirve de guía para identificar tareas, actividades y frecuencias de mantenimiento a los activos más importantes de un contexto operacional. Plantean que esta estrategia se apoya principalmente en el análisis funcional de las fallas de un determinado sistema o equipo de trabajo multidisciplinario, el cual desarrolla un procedimiento de gestión de mantenimiento flexible que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento de la organización, buscando otorgar, a quienes lo aplican, un sinfín de oportunidades de mejora en base a los problemas que aparecen día a día. Todo lo anterior se realiza tomando en cuenta la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la relación costo –beneficio que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del diseño y de la construcción de los mismos.

El MCC fue creado con el fin de ayudar a determinar las políticas que permitan mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas; por tanto es un método que hace énfasis en los efectos que las fallas originan y en las características técnicas de las mismas. El objetivo central del MCC es el aumento de la Confiabilidad con el costo más efectivo posible. Precisándose que “costo efectivo” no significa el menor costo, sino el menor costo necesario para alcanzar la confiabilidad deseada, aunque podría ser mayor que el que se tenía inicialmente.

El MCC también tiene como objetivos: suministrar fuentes de información de la capacidad de producción del sistema a través del estado de sus máquinas y equipos, minimizar los costos de mano de obra de reparaciones en base a un compromiso por parte de los responsables del mantenimiento en la eliminación de fallas de las máquinas, anticipar y planificar con precisión las necesidades de mantenimiento, permitir a los departamentos de Producción, Operación y Mantenimiento una acción conjunta y sincronizada a la hora de programar y mantener la capacidad de producción del sistema, incrementar directamente los beneficios de explotación mediante la reducción de los presupuestos del departamento de mantenimiento.

5.2 Procedimiento para la aplicación del MCC

Para poder identificar las necesidades reales del mantenimiento de los activos en su contexto operacional, existe una metodología que se basa en siete preguntas las cuales serán desarrolladas y abordadas en detalle a través de cinco etapas que se relacionan a continuación:

Etapas 1: preparación para el análisis

Etapas 2: selección del equipamiento a ser analizado

Etapas 3: selección de tareas de mantenimiento

Etapas 4: desarrollo del programa de mantenimiento

Etapas 5: seguimiento y evaluación de la eficiencia del plan de mantenimiento

Etapas 1 Preparación para el análisis

En la mayoría de los proyectos se requiere la realización de un trabajo preliminar y una planificación meticulosa antes de comenzar la aplicación de la tarea encomendada. Para el desarrollo de esta etapa se deben acometer los dos pasos que se detallan a continuación:

Paso 1. Conformar el equipo de trabajo del MCC

El objetivo principal de este paso radica en conformar el grupo de trabajo que se encargará de llevar a cabo la aplicación de toda la metodología de MCC al equipamiento seleccionado, o sea, agrupar conocimientos y experiencia suficiente que permita realizar un análisis efectivo sin gastar demasiados recursos ni realizar reuniones inmanejables

El grupo de proyecto MCC es el encargado de definir y clasificar los objetivos y el alcance del análisis, los requerimientos y políticas de criterio de aceptación con respecto a la seguridad y protección del medio ambiente.

El equipo de trabajo debe ser multidisciplinario y altamente proactivo, conformado por personas que representen a diferentes áreas funcionales, incluyendo los departamentos de mantenimiento, operaciones y especialistas. Estas personas deberán estar altamente familiarizadas con los temas que les competan. El tamaño del equipo no debe ser excesivo (generalmente entre cuatro y siete miembros). En la figura 6.1 se muestra una estructura típica de un equipo de trabajo del MCC.

El uso de estos grupos no sólo permite que los directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que reparte, de forma extraordinaria, los problemas del mantenimiento y sus soluciones.

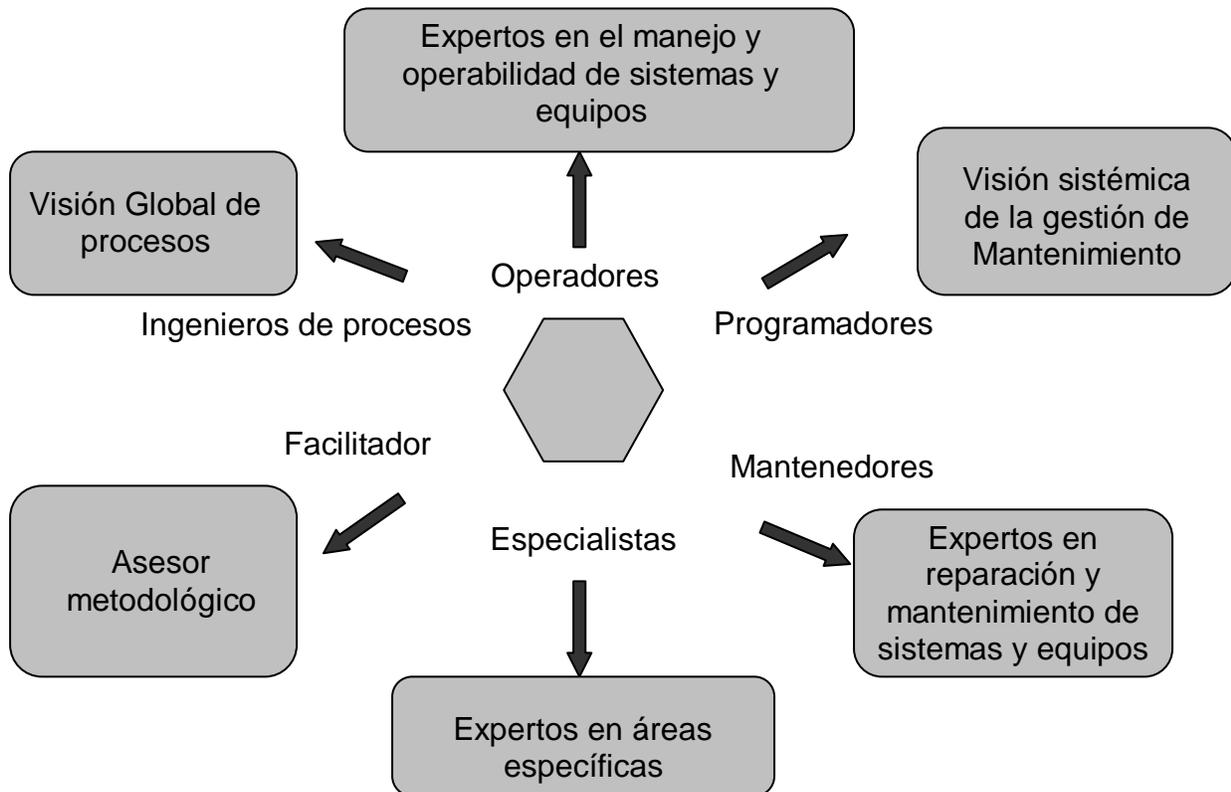


Figura 5.1. Estructura típica de un equipo de trabajo del MCC. Fuente: Moubray, 1997.

Los grupos de revisión del MCC trabajan bajo el asesoramiento de un especialista bien entrenado en la metodología que se conoce como “facilitador” (puede o no provenir de los departamentos nombrados anteriormente), él es la persona más importante en el proceso de revisión del mismo, su papel consiste en asegurar que:

- Se aplique el MCC correctamente (en otras palabras, que se hagan las preguntas correctamente y en el orden previsto, y que todos los miembros del grupo las comprendan).

- El personal del grupo (especialmente el de servicios y mantenimiento) consiga un grado razonable de consenso general acerca de cuáles son las respuestas a las preguntas formuladas.
- No se ignore cualquier componente o equipo.
- Las reuniones progresen de forma razonable.
- Todos los documentos de MCC se rellenen debidamente.

De manera general el facilitador será el líder del equipo de trabajo y deberá facilitar la implantación de las filosofías o técnicas a usar aprovechando las diferentes destrezas del personal que forma el equipo de trabajo.

Paso 2. Establecer el plan de trabajo

En este segundo paso, se deben definir claramente los objetivos que se persiguen con el estudio que se va a realizar, ya que su definición condicionará el alcance del análisis MCC. La identificación y documentación de las reglas base que deberán seguirse durante el análisis facilitará el proceso ya que se garantiza que el equipo de trabajo entienda y acepte las condiciones bajo las cuales acometerán su labor.

Algunos elementos a discutir cuando se prepara un proyecto de MCC lo constituyen los siguientes: definir las metas del proyecto así como los recursos necesarios para su desarrollo (programación y presupuesto, reportes, cómo hacer las recomendaciones, herramientas, consultantes, software y salones de reuniones) y los obstáculos que se pueden presentar (resistencia al cambio, falta de información, burocracia, falta de liderazgo y compromiso).

Etapas 2 Selección del equipamiento a ser analizado

Una vez definido el plan de trabajo del proyecto, se hace necesario seleccionar y priorizar los equipos o sistemas candidatos, los cuales serán aquellos que mayores beneficios obtendrán de la aplicación de un programa de mantenimiento del MCC. Varios criterios pueden ser utilizados para determinar el beneficio obtenido del mantenimiento, destacándose la seguridad y las consideraciones legales y/o económicas. Generalmente al definir el objeto de aplicación de un programa de MCC se valoran dos interrogantes fundamentales:

¿Para cuál de los sistemas el análisis es beneficioso, comparado con la planificación tradicional?

¿A qué nivel de instalación (planta, sistema, subsistemas, etc.) debe ser conducida la ejecución del MCC?

Para la selección del sistema objeto de análisis se deben tener en consideración: los problemas de mantenimiento existentes, la complejidad y prioridad del sistema en la fábrica, la demanda del producto o servicio que brinda y, lo más importante, se deben seleccionar sistemas donde se espere obtener mayores beneficios al aplicar esta metodología.

En la literatura se han propuesto varios métodos de selección del equipamiento:

- Evaluar la estadística de fallos del equipo (número de fallos, horas de parada, costo de pérdida de producción/servicio, problemas de seguridad, etc.) en un período determinado. La técnica de Pareto (regla 80/20): la mayoría de los problemas de una planta o área pueden ser atribuidos a un grupo pequeño de elementos.
- Aplicar un cuestionario predefinido.
- Análisis de criticidad del equipamiento, por lo general en términos de seguridad, mantenimiento, operaciones/servicios, impacto ambiental y control de la calidad. (Ver capítulo VII)

Cualquiera que sea el método seleccionado o combinación de ellos, la meta de este paso resulta en proveer un análisis sistemático que permita enfocar el proceso de MCC hacia el equipamiento donde se logran los mejores beneficios y se alcance un retorno de la inversión elevado.

Etapas 3 Selección de tareas de mantenimiento

Para la realización de esta etapa generalmente se llevan a cabo los cinco pasos siguientes, enfocados a identificar las necesidades de un contexto operacional a partir del análisis de las siete preguntas básicas del MCC:

¿Qué funciones debemos identificar?

¿Cuáles son los fallos funcionales?

¿Cuáles son las causas de fallos?

¿Qué evaluación presentan los efectos de los fallos?

¿Cuáles son las tareas de mantenimiento?

A continuación se detallará el accionar ante cada uno de estos pasos.

Paso 1. Identificar las funciones

Dado que la meta del MCC consiste en “preservar la función del sistema”, resulta primordial para los analistas que conforman el equipo de trabajo la definición de las funciones de cada uno de los equipos a analizar. Se debe especificar no solo la función del equipo en cuestión sino además el nivel de funcionamiento deseado por el usuario. La definición completa de una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario.

Para definir la función (es) de un activo físico es necesario, primeramente determinar qué es lo que se desea que haga y, lo segundo, asegurar que es capaz de realizar aquello que se desea que haga. Por ello, el primer paso en el proceso de MCC consiste en definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados.

Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer puede ser dividido en dos categorías, estas son:

- Las funciones primarias, que en primera instancia resumen el porqué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.
- Las funciones secundarias, las cuales definen lo que se espera que haga cada activo más allá que simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales, y hasta de apariencia del activo.

Los usuarios de los activos generalmente están en la mejor posición para saber exactamente qué contribuciones físicas y financieras hace el activo para el bienestar de la organización como un todo. Por ello es esencial que estén involucrados en el proceso de MCC desde el comienzo.

Si es desarrollado correctamente, este paso toma alrededor de un tercio del tiempo que implica un análisis MCC completo. Además, hace que el grupo que realiza el análisis logre un aprendizaje considerable acerca de la forma en que realmente funciona el equipo.

Cada elemento de los equipos, en los registro de la planta, debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función

específica. La pérdida total o parcial de estas funciones afectará a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización dependerá de la función de los equipos en su contexto operacional y del comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Paso 2. Identificar los fallos funcionales

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en cuestión. Pero, cómo puede el mantenimiento alcanzar estos objetivos.

El único hecho que puede hacer que un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por sus usuarios es alguna clase de falla. Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar una política apropiada para el manejo de una falla. Sin embargo, antes de poder aplicar una combinación adecuada de herramientas para el manejo de una falla, se necesita identificar qué fallas pueden ocurrir. El proceso de MCC lo realiza en dos niveles:

- En primer lugar identifica las circunstancias que llevaron a las fallas.
- Luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle.

En el mundo del MCC, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

Sumado a la incapacidad total de funcionar, esta definición abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona pero con un nivel de desempeño inaceptable (incluyendo las situaciones en las que el activo no puede mantener los niveles de calidad o precisión). Evidentemente, estas solo pueden ser identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo.

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede que falle en cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de un fallo funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

Una función puede tener múltiples fallos. Esto debe distinguirse adecuadamente dado que, en pasos posteriores, estos fallos diferentes están relacionados a distintos modos de

fallos, que posiblemente estarán asociados a causas desiguales y tendrán diferentes efectos que deberán ser tratados de manera diferenciada.

Se debe tener bien claro que la definición de los fallos funcionales de un equipo está estrechamente relacionada al contexto operacional donde este se desempeña.

Paso 3. Identificar las causas o modos de fallos

Una vez que se ha identificado cada falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de falla. Aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto, fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así, como fallas que aún no han ocurrido pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión.

Un modo de fallo podría ser definido como cualquier evento que pueda causar el fallo de un activo físico (sistema o proceso).

El MCC, como una estrategia enfocada proactivamente, busca identificar, discutir, registrar y manejar los modos de fallos antes de que estos ocurran. En esencia, este paso define la diferencia entre los planes reactivos y proactivos de administración del mantenimiento.

Los elementos siguientes demuestran la importancia de esta etapa en el accionar diario del área de mantenimiento.

Las órdenes de trabajo o pedido de trabajo surgen para cubrir modos de fallos específicos. El planeamiento del mantenimiento diario se realiza para tratar modos de fallos específicos. En la mayoría de las empresas industriales, el personal de mantenimiento y operaciones tienen reuniones cada día. Las reuniones casi siempre consisten en discusiones acerca de lo que ha fallado, qué las causó, quién es el responsable, qué se está haciendo para reparar el problema y en ocasiones, qué puede hacerse para prevenir que vuelva a suceder. Entonces casi todo el tiempo de la reunión se destina a hablar acerca de los modos de fallos.

Generalmente, los sistemas de registros de historial técnico registran modos de fallos individuales (o al menos qué fue hecho para rectificarlo).

La mayoría de las listas tradicionales de modos de falla incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de fallas en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, esta lista

debería incluir fallas causadas por errores humanos (por parte de los operadores y el personal de mantenimiento), y errores de diseño. También es importante identificar la causa de cada falla con suficiente detalle para asegurarse de no desperdiciar tiempo y esfuerzo intentando tratar síntomas en lugar de causas reales. Por otro lado es igualmente importante asegurarse de no malgastar el tiempo en el análisis mismo al concentrarse demasiado en los detalles.

Se recomienda que los modos de fallos sean descritos con los detalles suficientes para hacer posible la selección de la política apropiada de administración del fallo, pero no con tantos detalles que exceda la cantidad de tiempo consumido en el proceso de análisis.

Paso 4. Identificar y evaluar (categorizar) los efectos de los fallos

El próximo paso en el proceso de MCC tiene que ver con realizar un listado de los efectos de falla, que describen lo que ocurre con cada modo de falla. Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como:

- ¿Qué evidencia existe (si la hay) de que la falla haya ocurrido? ¿Qué se observará cuando ocurra el fallo?
- ¿De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si la representa)?
- ¿De qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta)?
- ¿Qué daños físicos (si los hay) han sido causado por la falla? ¿Qué cambio físico ocurrirá e el equipo o en los equipos adyacentes?
- ¿Qué debe hacerse para reparar la falla? ¿Qué alarma o indicación se observará cuando ocurra el fallo?

La respuesta a estas preguntas se reflejan en los tipos de consecuencias que se definen en el MCC, las cuales se dividen en:

- Consecuencia de los fallos ocultos: los fallos que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otros fallos con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Normalmente son los dispositivos de protección que no disponen de seguridad inherente, y que puedan suponer la mitad de los modos de fallos de los equipos complejos modernos. Un punto fuerte del MCC es la forma en que trata los fallos ocultos, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar

otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.

- Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente: un fallo tiene consecuencias sobre la seguridad si su ocurrencia genera condiciones que pueden propiciar lesiones o incluso la muerte de personas. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normativas municipales, regionales o nacionales relacionadas con el medio ambiente. MCC considera las repercusiones que cada modo de fallo tiene sobre la seguridad y el medio ambiente y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Esto sin duda alguna pone a las personas por encima de la problemática de la producción.
- Consecuencias operacionales: un fallo tiene consecuencias operacionales si se afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero y lo que cuesten sugiere cuánto destinar en tratar de prevenirlas.
- Consecuencias que no son operacionales: los fallos evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

Si un fallo tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento preventivo que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicios.

En la literatura se encuentran disponibles varios diagramas lógicos que pueden ser usados para evaluar y categorizar el efecto de un fallo. El más utilizado es el propuesto en la norma SAE JA1012 "Guía para el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)"

Las cuatro primeras preguntas son representadas en las diferentes columnas de la Hoja de Información del MCC (ver anexo 3).

Paso 5. Seleccionar las tareas de mantenimiento

El resultado de la tarea de selección de ítems críticos es la lista de componentes (críticos y no críticos seleccionados) a los que convendrá identificar una tarea eficiente de mantenimiento preventivo o predictivo. El objetivo de la presente tarea es efectuar dicha asignación de actividades de mantenimiento.

El MCC supone la realización de esta selección mediante la aplicación de un Árbol Lógico de Decisión (ALD) o Diagrama de Decisión (ver anexo 4). Este es un proceso sistemático y homogéneo para la selección de la estrategia de mantenimiento más adecuada para impedir la causa que provoca la aparición de un determinado modo de fallo correspondiente a un componente del sistema objeto del análisis. Para la construcción de este ALD se deberán definir previamente los criterios a considerar y sus prioridades correspondientes. Así, por ejemplo, se podrá dar prioridad a la prevención del fallo frente a su corrección, a la aplicación de técnicas de mantenimiento basadas en la condición operativa del equipo frente a actividades periódicas de mantenimiento o considerar aspectos tales como la evidencia de los fallos para los operadores cuando dichos fallos ocurren.

Las tareas de mantenimiento que presupone el MCC son las acciones preventivas siguientes, aplicables a cada modo de fallo identificado:

- Tareas de reacondicionamiento cíclico: el reacondicionamiento cíclico implica reprocesar un componente o reparar un “ítem” antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento. En las tareas de reacondicionamiento cíclico los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas independientemente de su estado en ese momento. Este tipo de tareas son técnicamente factibles si: hay una edad a partir de la cual se produce un rápido incremento de la probabilidad condicional de los fallos, la mayoría de los elementos sobreviven a esta edad (a menos que los fallos tengan consecuencias para la seguridad o el entorno, en cuyo caso todos los elementos deben superar esta edad), y es posible conseguir su estado inicial realizando la tarea.
- Tareas de sustitución cíclica: se definen como condiciones físicas identificables que indican que una falla funcional está por ocurrir o están en el proceso de ocurrir. La sustitución cíclica significa reemplazar un elemento o pieza componente por uno nuevo a intervalos fijos independientemente de su estado. La frecuencia de una tarea de este tipo está gobernada por la vida de los elementos (la edad para la cual hay un rápido incremento en la probabilidad del fallo). Estas tareas son técnicamente factibles si: hay una edad a partir de la cual se produce un rápido incremento en la probabilidad condicional de los fallos, la mayoría de los elementos sobreviven a esa edad (a menos

que los fallos tengan consecuencias para la seguridad o el entorno, en cuyo caso, todos los elementos deben superar esa edad).

- Tareas a condición: casi todas las nuevas técnicas se basan en el hecho de que la mayoría de las fallas dan algún tipo de advertencia de que están por ocurrir. Estas advertencias se denominan fallas potenciales. Un fallo potencial es un estado físico identificable que indica que está a punto de producirse un fallo funcional o está ocurriendo ya. Una tarea a condición consiste en chequear los equipos si están fallando, de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para prevenir el fallo funcional o para evitar las consecuencias de los mismos. Estas tareas son técnicamente factibles si: hay una clara condición de fallo potencial (hay una clara señal de que el fallo está ocurriendo o está próximo a ocurrir), el intervalo entre el fallo potencial y el fallo funcional (intervalo P-F) es razonablemente consistente, el intervalo P-F es suficientemente largo para realizar alguna acción y es práctico chequear a intervalos menores que el intervalo P-F.

El proceso de selección considera el análisis de acciones denominadas “a falta de”, donde además de preguntar si estas tareas preventivas son técnicamente factibles, se cuestiona si merece la pena realizarlas desde el punto de vista económico.

El resultado de esta tarea será el conjunto de actividades de mantenimiento recomendadas para cada equipo. Se definirá el contenido concreto de las actividades específicas que deben realizarse y sus frecuencias de ejecución correspondientes. A este respecto, puede resultar de utilidad la elaboración de “plantillas” en las que se recoja el conocimiento disponible sobre el mantenimiento de los distintos tipos de equipos, con el fin de establecer las tareas y frecuencias de ejecución apropiadas de forma sistemática y homogénea, en función de aspectos tales como la criticidad del equipo, su frecuencia de uso o las específicas condiciones ambientales de su entorno operativo, entre otros.

Además de preguntar si las tareas preventivas son técnicamente factibles, el MCC se pregunta si merece la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccionen a las consecuencias de los fallos que pretende prevenir. Al hacer esta pregunta combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

- Una acción que signifique prevenir el fallo de una función no evidente sólo merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de un fallo múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción preventiva apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de fallos. Las tareas de búsqueda de fallos consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallos que reduzca el riesgo de fallo a un nivel bajo aceptable, entonces la acción "a falta de" secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.
- Una acción que signifique el prevenir un fallo que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de ese fallo en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de fallo a un nivel bajo aceptable, la pieza debe rediseñarse.
- Si el fallo tiene consecuencias operacionales, sólo merece la pena realizar una tarea preventiva si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo período de tiempo. En otras palabras, la tarea debe justificarse en el terreno económico. Si no es justificable, la decisión "a falta de" será "ningún mantenimiento preventivo programado" (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión "a falta de" secundaria sería rediseñar de nuevo).
- De forma similar, si un fallo no tiene consecuencias operacionales, sólo merece la pena realizar la tarea preventiva si el costo de la misma durante un período de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo período. Por lo tanto estas tareas deben ser justificables en el terreno económico. Si no son justificables, la decisión inicial "a falta de" sería de nuevo "ningún mantenimiento preventivo", y si el costo de reparación es demasiado alto, la decisión "a falta de" secundaria sería volver a diseñar.

El MCC reconoce tres grandes categorías de acciones por defecto:

- Búsqueda de fallas: a diferencia de las tareas basadas en la condición que implica revisar si algo está por fallar, estas tareas implican revisar las funciones periódicamente para determinar si ya han fallado.

- Rediseñar: implica hacer cambios a las capacidades iniciales de un sistema. Esto incluye modificaciones del equipo y hasta los procedimientos.
- Mantenimiento no programado: en este tipo de acciones no se hace ningún esfuerzo por anticipar o prevenir modos de falla, de esta manera la falla simplemente ocurre para luego repararla. Esta tarea es también llamada mantenimiento correctivo.

Todo este paso se representa en la Hoja de Trabajo de Decisión del MCC, lograda a través de la aplicación del ALD (ver anexo 5).

Etapa 4 Desarrollo del programa de mantenimiento

Una vez seleccionadas las actividades de mantenimiento consideradas más eficientes para los diferentes componentes analizados, se efectuará la comparación del plan de mantenimiento vigente en la instalación con las recomendaciones del análisis de MCC con objetivo de indicar aquellas tareas que deben eliminarse, retenerse, añadirse o modificarse. El resultado de esta actividad será el conjunto final de tareas de mantenimiento que se propone aplicar a cada componente.

Dichas tareas finales de mantenimiento habrán surgido de aplicar los criterios siguientes:

- Si una tarea vigente de mantenimiento en la planta no ha sido recomendada por el estudio de MCC se propondrá su anulación.
- Si una tarea de mantenimiento recomendada por el estudio del MCC no se está aplicando en la actualidad, se propondrá su incorporación al plan de mantenimiento.
- Si una tarea vigente de mantenimiento en la planta coincide con una tarea recomendada por el estudio del MCC, se propondrá su retención
- Si la frecuencia de una tarea vigente de mantenimiento en la planta no coincide con la de una tarea recomendada

En esta etapa se aprobarán o no, por parte de la Dirección de la entidad, las recomendaciones que han sido propuestas. De aprobarlas se fijarán, también, los criterios de aplicación y se asignarán los recursos necesarios; luego se deberá elaborar un nuevo programa de mantenimiento en el que se tenga en cuenta la potencial agrupación de tareas como medio para conseguir un alto grado de eficiencia en la ejecución de dicho programa. En algunos casos, será preciso elaborar nuevos procedimientos de trabajo y realizar ciertas adaptaciones de los procesos informáticos existentes que pudieran estar

relacionados con el tema. De no ser aprobado por la Dirección se volvería a la etapa tres donde se seleccionarán nuevas tareas a realizar.

Es preciso aclarar que si la Dirección decide implantar la política de mantenimiento propuesta será necesario una capacitación del personal en lo que a MCC respecta, puesto que de cada operario, técnico, ingeniero y directivo depende el éxito de la implementación de dicha política, motivo por el cual, hay que tener un especial cuidado en el proceso de inducción y en la formación del personal que participará en la implantación del MCC.

Este proceso de inducción y formación, deberá ser capaz de motivar al personal y de generar en el mismo el compromiso necesario, con respecto a la ejecución de cada uno de los pasos que trae consigo la implantación del MCC, todo esto con el fin de que se puedan alcanzar los objetivos y las metas previamente establecidas por la gestión de mantenimiento de la organización.

Etapas 5: Seguimiento y evaluación de la eficiencia del plan de mantenimiento

Luego de una ardua labor en la implantación del MCC es necesario evaluar los resultados obtenidos. Éste proceso requerirá la definición de unos parámetros o índices de seguimiento que muestren, precisa y continuamente, qué mejoras se han obtenido y cuáles no, permitiendo centrar las actividades al objetivo más idóneo, identificando los aspectos más importantes a tener en cuenta y que refleje la efectividad relativa de la implantación del MCC. Además, requerirá la implantación de los pertinentes procesos de captación de la información básica necesaria, el establecimiento del adecuado procedimiento de actuación y la correspondiente asignación de recursos.

La necesidad de considerar nuevas técnicas de mantenimiento, añadir algún posible modo de fallo o componente no analizado inicialmente o revisar las hipótesis de estudio, sus conclusiones entre otras, harán conveniente la actualización global del estudio del MCC cada cierto tiempo, con el fin de minimizar la obsolescencia de las recomendaciones aportadas con el paso del tiempo.

Para culminar esta etapa, y con ella el procedimiento, se implanta el proceso de recopilación de información básica sobre la explotación de los distintos dispositivos de la instalación registrando datos como, fecha de ocurrencia de cada fallo, número de fallos en el período analizado, tipo de fallo, tiempo de estadía, pérdidas por el fallo, costo de mantenimiento, entre otros; luego se realiza un proceso adecuado de análisis de

incidentes y la elaboración del correspondiente procedimiento de evaluación de la eficacia de las medidas implantadas haciendo uso de indicadores de evaluación.

5.3 Beneficios y limitaciones de la aplicación del MCC

El MCC ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos años. Este nivel de aplicación ha permitido identificar los principales beneficios que se obtienen al implementarlo, así como sus limitaciones. En los apartados siguientes se presenta una recopilación de ambas características.

5.3.1. Beneficios de la aplicación del MCC

Cuando se aplica correctamente el MCC puede arrojar los beneficios siguientes:

1. Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:

- Mejora en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada fallo antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de fallo que puedan afectar a la seguridad, y para las acciones "a falta de" que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas preventivas apropiadas.
- Menos fallos causados por un mantenimiento innecesario.

2. Mejores rendimientos operativos, debido a:

- Un mayor énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnóstico más rápido de los fallos mediante la referencia a los modos de fallo relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.
- Menor daño secundario a continuación de fallos de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de los fallos).
- Intervalos más largos entre las revisiones, y en algunos casos la eliminación completa de ellas.
- Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas menos prolongadas, más fáciles de solucionar y menos costosas.
- Menos problemas de "desgaste de rodaje" después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.

- La eliminación de elementos superfluos y como consecuencia los fallos inherentes a ellos.
 - La eliminación y sustitución de componentes poco fiables.
 - Un conocimiento sistemático acerca de la nueva planta, y el refrescamiento y fortalecimiento de las prácticas operativas de manera integral en plantas ya establecidas.
3. Mayor contención de los costos del mantenimiento, debido a:
- Menor mantenimiento rutinario innecesario.
 - Mejor compra de los servicios de mantenimiento (motivada por el énfasis sobre las consecuencias de los fallos).
 - La prevención o eliminación de los fallos costosos.
 - Unas políticas de funcionamiento más claras, especialmente en cuanto a los equipos de reserva.
 - Menor necesidad de contratar personal experto costoso, debido a que todo el personal tiene mejor conocimiento de la planta y de sus operaciones.
 - Pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tal como equipos de monitorización de la condición (condition monitoring).
 - Además de la mayoría de la lista de puntos que se dan más arriba bajo el título de "mejores rendimientos operativos".
4. Más larga vida útil de los equipos, debido al aumento del uso de las técnicas de mantenimiento "a condición".
5. Una amplia base de datos de mantenimiento, que:
- Reduce los efectos de la rotación del personal con la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia.
 - Provee un conocimiento general de la planta más profundo en su contexto operacional.
 - Provee una base valiosa para la introducción de los sistemas expertos.
 - Conduce a la realización y actualización de planos, manuales más exactos.
 - Hace posible la adaptación a circunstancias cambiantes (tales como nuevos horarios de turno, una nueva tecnología, cambios en los volúmenes de producción) sin tener que volver a considerar desde el principio todas las políticas y programas de mantenimiento.

6. Mayor motivación de las personas en particular (especialmente el personal que está interviniendo en el proceso de revisión), la que lleva a:

- Un mejor conocimiento general de la planta en su contexto operacional.
- Un "reparto" más amplio de los problemas del mantenimiento y de sus soluciones.
- Las soluciones tienen mayores probabilidades de éxito.

7. Mejor trabajo de grupo: motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones. Mejorando la comunicación y la cooperación entre:

- Los departamentos de producción u operación así como los de la función del mantenimiento.
- Personal de diferentes niveles: los gerentes, los jefes de departamentos, técnicos y operarios.
- Especialistas internos y externos: los diseñadores de la maquinaria, vendedores, usuarios y el personal encargado del mantenimiento.

5.3.2. Limitaciones de la aplicación del MCC

Se considera que las limitaciones del MCC deben ser analizadas detalladamente al aplicar los planes de acción que de éste se generan. A continuación se presentan las limitantes fundamentales definidas por los estudiosos del tema:

- Requiere un conocimiento amplio acerca de la fiabilidad y mantenibilidad del sistema y todos sus componentes.
- El personal de mantenimiento requiere de un conocimiento amplio sobre la funcionalidad de cada elemento de las máquinas y/o equipos.
- Debido a la complejidad del proceso de implementación, se requiere de personal con el conocimiento necesario para la aplicación de la metodología y el desarrollo de procedimientos.
- El tiempo requerido para obtener resultados es relativamente largo, o sea, los resultados generalmente son alcanzados a mediano y largo plazo, lo cual puede ser un motivo de descontento por parte de las jefaturas que exigen, en su mayoría, resultados inmediatos.

- Si bien es cierto que a largo plazo aumenta la relación costo - beneficio, en un principio, requiere una inversión considerable de recursos, que por tanto merece ser colegiado por el staff de la gerencia de mantenimiento.
- Los paradigmas antiguos de mantenimiento son difíciles de cambiar en el personal cuya mentalidad se enfoca en un mantenimiento tradicional, siendo insensibles al cambio.
- Demanda el conocimiento de normas que especifican las exigencias que debe cumplir un proceso para poder ser denominado MCC.

5.4 Aspectos clave

- El MCC es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional, cuya metodología es el análisis sistemático, objetivo y documentado de los componentes que la conforman (máquinas y/o equipos).
- El objetivo central del MCC es el aumento de la confiabilidad con el costo más efectivo posible. El “costo efectivo” no significa el menor costo, sino el menor costo necesario para alcanzar la confiabilidad deseada, aunque podría ser mayor que el que se tenía inicialmente.
- El proceso de MCC formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar la metodología del MCC, y a partir de ellas propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional.
- Las tareas de mantenimiento que propone el MCC para cada modo de fallo actúan de forma preventiva. Estas tareas se ejecutan de la forma siguiente; reacondicionamiento cíclico (reprocesar o reparar componentes), sustitución cíclica (cambiar un componente a intervalos constantes) y a condición (cambia los componentes cuando se hace evidente la posibilidad de fallo).
- Las consecuencias definidas en el MCC están basadas en los fallos ocultos, seguridad y medio ambiente, operacionales y las que no son operacionales.

5.5 Preguntas del capítulo

1. ¿Explique brevemente en qué consiste el MCC como sistema de mantenimiento?
2. Mencione las etapas del procedimiento para la aplicación del MCC.

3. ¿Cuáles son las principales limitaciones que tiene la aplicación del MCC?
4. Diga cuáles son las tareas del MCC y arguméntelas brevemente.
5. ¿Qué beneficios le concede usted a la aplicación del MCC?

Referencias

1. Alkaim, J. L. (2003). *Metodología para incorporar conocimiento intensivo às tarefas de Manutenção Centrada na Confiabilidade e aplicada em ativos de sistemas eléctricos*. Tesis Doctoral. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
2. Cepeda Betún, J. C. y Morillo Enríquez, A. B. (2010). *Desarrollo de un Plan de Mantenimiento para Tanques de Almacenamiento de petróleo de Petroecuador en el Terminal Marítimo de Balao*. Trabajo de Diploma. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
3. Cheng, Z., et al. (2008) "A framework for intelligent Reliability Centered Maintenance analysis". ScienceDirect. Consultado en marzo, 23, 2010 en www.elsevier.com/locate/ress
4. Díaz Cajas, CH. S. y Quimbiurco Villa M. E. (2008) *Automatización del análisis de modos y falla y efectos FMEA en la ingeniería de mantenimiento aplicado para la industrias Ecuatoriana*. Trabajo de Diploma. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
5. Echeverría Zambrano, F. A. y Preciado Gualán, E. H. (2008). *Estudio del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en subestaciones del sistema nacional de transmisión*. Trabajo de Diploma. Facultad de ingeniero eléctrico, Quito, Ecuador.
6. España Morrillo, A. V. y Espinosa de los Monteros, J. R. (2007). *Elaboración del Sistema de Gestión de Mantenimiento para la empresa ENVAGRIF C.A.* Trabajo de Diploma. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
7. Guerra V, M. A. y Segura S, L. J. (2006). *Diseño e implementación de un plan integral de mantenimiento y seguridad industrial para el taller de estructuras metálicas de la FMSB Santa Bárbara S.A.* Trabajo de Diploma. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí.
8. Mejías Quelal, M. L. y Villarruel Erazo, D. O. (2009). *Elaboración de un plan de Mantenimiento Preventivo para el Área de calzado de la empresa TECNISTAMP C.E.M.* Trabajo de Diploma. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
9. Mora Gutiérrez, A. (2009) *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Enfoque Sistemático Kantiano*. Medellín. Colombia, AMG.

10. Moubray, J. M. (1997) "RCM II. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Edición Segunda. España. Ellmann, Sueiro y Asociados.
11. Parra, C.A. (1999). *Optimización de la producción a partir del uso de la herramienta de mejoramiento de la confiabilidad operacional: Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (MCC)*. Centro de Educación Continua. Universidad EAFIT. Colombia.
12. Pilca Pilca, F. P. y Velásquez Regalado, M. V. (2009). *Diseño y elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para la empresa procesadora gaseosas Olympic Juice CIA. LTDA*. Segunda. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
13. Salguero Manosalvas, M. F. (2010). *Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento estratégico aplicando las filosofías RCM Y FMEA a las máquinas y herramientas de la empresa Weatherford South America Inc., base 1, Francisco de Orellana*. Segunda. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí.
14. Segura S, L. J. y Guerra V, M. C. (2006). *Diseño e Implementación de un Plan Integral de Mantenimiento y Seguridad industrial para el Taller de Estructura Metálicas de la FMSB "SANTABARBARA", S.A.*
15. The Engineering Society For Advancing Mobility Land Sea Air and Space (2002). *SAE Standard*. USA, SAE International.

Capítulo 6

Mantenimiento Productivo Total

Capítulo 6. Sistema de Mantenimiento Productivo Total

El Mantenimiento Productivo Total o Total Productive Maintenance (TPM, por sus siglas en inglés) es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa: "el buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos". El resultado es un sistema innovador que busca optimizar la efectividad global del equipamiento, la eliminación de roturas y el aprovechamiento de las actividades que día a día realiza un grupo de operarios autónomos.

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. Permite diferenciar a una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales. El JIPM Japan Institute of Plan Maintenance define el TPM como un sistema orientado a lograr: cero accidentes, cero defectos y cero pérdidas.

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen excelente de empresa. No solo deben participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa. La obtención de las "cero pérdidas" se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa.

6.1. Origen del TPM

El origen del término Mantenimiento Productivo Total (TPM) se ha discutido en diversos escenarios. Mientras algunos afirman que fue iniciado por los fabricantes americanos hace más de sesenta años, otros lo asocian al plan que se usaba en la planta Nippodenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de los sesenta. Seiichi Nakajima un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta

(JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.

En el mundo de hoy una empresa para poder sobrevivir debe ser competitiva y sólo podrá serlo si cumple con estas tres condiciones: brindar un producto de óptima conformidad, tener costos competitivos, una buena gerencia y sistemas productivos eficaces. Estos elementos pueden ayudar a alcanzar esta meta y realizar las entregas a tiempo; aquí se aplican los conceptos del JIT (Just in Time o Justo a Tiempo).

Cuando nacieron los diferentes sistemas de calidad, de una o de otra manera, todos y cada uno enfocaban su atención en una o varias de las llamadas “5 M”, pero no en todas:

- Mano de obra
- Medio ambiente
- Materia prima
- Métodos
- Máquinas

Es aquí donde entra en escena un nuevo método denominado TPM que toma en cuenta a las “5 M” y ofrece maximizar la efectividad de los sistemas eliminando las pérdidas.

6.2. Elementos generales del TPM

En este apartado se definen un grupo de elementos generales característicos del TPM. Entre ellos se destacan su misión y objetivos.

El TPM tiene cinco características principales:

1. Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
2. Participación amplia de todas las persona de la organización.
3. Es observado como una estrategia global de las operaciones, en lugar de prestar atención en mantener los equipos funcionando.
4. Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
5. Proceso de mantenimiento fundamentado en la utilización profunda de conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

La misión de toda empresa es obtener un rendimiento económico; sin embargo, la misión del TPM es lograr que la empresa obtenga un rendimiento económico creciente en un

ambiente agradable como producto de la interacción del personal con los sistemas, equipos y herramientas.

También tiene como misión mejorar la cultura empresarial a través de la optimización de los recursos humanos y las máquinas como indica el cuadro siguiente.

Cuadro 6.1. Influencia del TPM en la optimización de los recursos humanos y el equipamiento

Mejoramiento de los Recursos Humanos	1 Operarios: capacidad de hacer el mantenimiento autónomo
	2 Personal de mantenimiento: capacidad de hacer el mantenimiento de alto nivel
	3 Técnicos: capacidad de proyectar máquinas confiables y fácilmente mantenibles

El objetivo fundamental del TPM es maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas llevadas a cabo con la participación de todos los empleados en pequeños grupos de actividades voluntarias. Lograr una empresa competitiva mediante la reducción de pérdidas físicas, humanas y de recursos; cambios reflejados en la reducción de pérdidas en los procesos de producción. Este objetivo general se desglosa en un grupo de elementos específicos como se muestra a continuación.

1. Constituir una estructura empresarial que busque la máxima eficiencia del sistema de producción (o servicio), o sea, el rendimiento global.
2. Constituir, en el propio local de trabajo, mecanismos para prevenir las diversas pérdidas, obteniendo cero accidentes, un mínimo de defectos y de fallas, teniendo como objetivo la disminución del costo del ciclo de vida del sistema de producción.
3. Comprometer a todos los departamentos, comenzando por el de producción (operación + mantenimiento), extendiéndose a los de desarrollo, ventas, administración, etc. (incluyendo terceros).
4. Contar con la participación de todos, desde los directores hasta los operarios de primera línea.
5. Obtener la pérdida cero por medio de actividades simultáneas de pequeños grupos.

6. Mejorar la calidad de los equipos, a través de la maximización de su eficiencia y de su ciclo de vida útil.
7. Mejorar los resultados alcanzados por la empresa (ventas, satisfacción del cliente, imagen etc.).
8. Constituir una estructura empresarial que busque la máxima eficiencia del sistema de producción.
9. Mejorar la calidad del personal en todas las áreas.

Los objetivos que una organización busca al implantar el TPM pueden tener diferentes dimensiones:

- **Objetivos estratégicos:** construir capacidades competitivas desde las operaciones de producción, gracias a su contribución a la mejora de la eficiencia del sistema productivo, flexibilidad y respuesta, reducción de costos operativos y conservación de la maquinaria.
- **Objetivos operativos:** asegurar la disponibilidad máxima de la maquinaria y equipos, a costos razonables. Mantener la planta y equipo con el máximo de economía, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de la maquinaria y emplear el verdadero potencial del área de mantenimiento y reemplazo a períodos predeterminados.
- **Objetivos organizativos:** fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno inmediato creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

6.3. Pilares del TPM

En la implementación de un sistema de mantenimiento productivo total, se debe seguir una secuencia de trabajo muy específica, de tal manera que el esfuerzo invertido no se disperse para lograr resultados óptimos en el menor tiempo posible. Para tener una mejor perspectiva del significado del TPM hay que entender que éste se sustenta en ocho pilares básicos. En la figura 6.2 se hace una representación de su integración al funcionamiento del TPM.

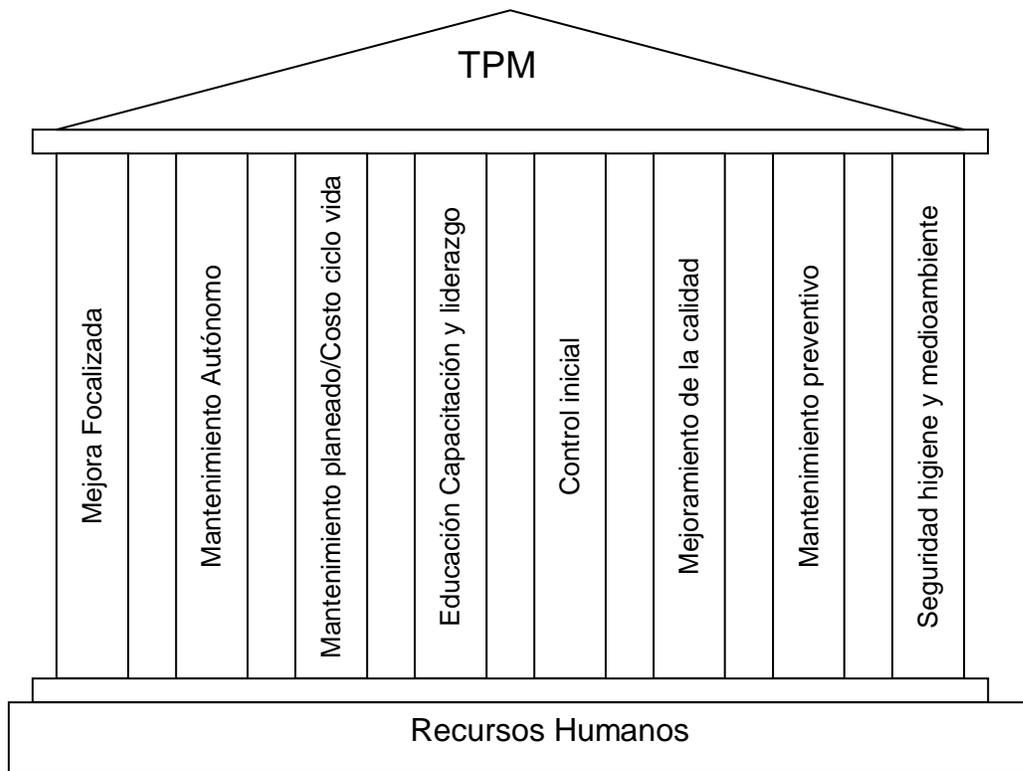


Figura 6.2. Los ocho pilares del TPM

Los procesos fundamentales o pilares del TPM se sustentan sobre sus recursos humanos, estos a su vez se deben combinar durante el proceso de implantación. Debe existir una cierta lógica para la implantación del TPM en la empresa y esta dependerá del grado de desarrollo que la compañía posea en su función productiva y de mantenimiento con relación a cada uno de los procesos fundamentales.

A continuación se detalla en el contenido de cada uno de estos pilares.

1- Mantenimiento preventivo

En este pilar se busca establecer:

- Tipos de mantenimiento (estandarización de las actividades de mantenimiento), o sea, establecer un lenguaje común de comunicación para todos en la empresa.
- Planificación del mantenimiento, o sea, establecer procedimientos adecuados para todas las intervenciones preventivas con el fin de evitar que alguna tarea no sea ejecutada por desconocimiento u olvido, además de establecer los respectivos tiempos estándares para la realización de estas tareas.
- Establecimiento de criterios de planificación del mantenimiento. Estos criterios de planificación forman el Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo que

correlaciona a los equipos con sus respectivas tablas, periodicidad, cronograma de ejecución de actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, registro de mediciones, centros de costo, recursos humanos, máquinas, herramientas, repuestos y cualquier otro dato juzgado por el usuario como necesario para la correlación

- Creación y utilización de los registros de mantenimiento, o sea, recolectar y almacenar el historial de las intervenciones (actividades, ocurrencias, tiempos y recursos) de forma adecuada. Es recomendable la utilización de diversos mecanismos de recolección de datos (Órdenes de Trabajo, Tarjeta de Tiempo, Datos de Operación, Disponibilidad de Mano de Obra y Registro de Medición).
- Control del presupuesto de mantenimiento y de reducción de costos, o sea, establecer los informes adecuados para el control de gastos y recursos aplicados en a actividades programadas y no programadas. El control del presupuesto de mantenimiento puede tener características distintas de acuerdo con el nivel del gerente que lo analizará.
- Control de la lubricación, o sea, establecer un programa adecuado de cambio, complemento y/o análisis de lubricantes.
- Mantenimiento predictivo y técnicas de diagnóstico de máquinas, o sea, definir métodos y técnicas de seguimiento de sus variables, para obtener la máxima duración del ciclo de vida de los equipos fundamentales en el proceso.

2- Mejora focalizada

En este pilar se trata de establecer:

- Las condiciones óptimas operativas de los equipos;
- La mejora de la eficacia, a través de la reducción de las seis grandes pérdidas;
- La eliminación de las causas de las pérdidas ocultas a través del análisis profundo del problema por el personal especializado;
- Evitar los análisis superficiales de los problemas, a través de la eliminación "yo creo que." Estos objetivos son alcanzados de acuerdo con la siguiente orientación:
- Selección del sistema operacional o equipo y acompañamiento de operación;
- Establecimiento de metas;
- Esclarecimiento de los puntos problemáticos en el proceso y/o equipo;
- Definición de la mejora a través de estudios, evaluaciones y elaboración de procedimientos.

- Implantación de mejoras;
- Verificación de los resultados;
- Estandarización de los procedimientos;
- Extensión a otros equipos.

3- Mantenimiento planeado / costo ciclo de vida (Proyectos MP/LCC)

En esta palestra se trata de establecer:

- Evaluación de la conveniencia de adquirir máquinas más caras, pero de mejor confiabilidad, mantenibilidad, operacionalidad y economía;
- En el proyecto MP (Maintenance Prevention) se hace un análisis del historial del equipo para determinar mejoras, que tengan por objetivo la eliminación de problemas futuros, y consecuentemente, reducción del Costo del Ciclo de Vida.

4 – Educación, capacitación y liderazgo

En este pilar se busca:

- Planificar la capacitación de los operadores, mantenedores e ingenieros de producción (operación y mantenimiento) de forma que se puedan alcanzar las características siguientes:
- Operadores: profesionales capaces de realizar actividades de mantenimiento de forma espontánea (limpieza, lubricación, inspección, pequeños ajustes y medición).
- Mantenedores: profesionales capaces de realizar actividades múltiples, hoy ampliado al desarrollo de actividades de análisis de ocurrencias (aplicación de las siete herramientas de la calidad total).
- Ingenieros de producción: profesionales capaces de evaluar, revisar y proyectar equipos con reducida necesidad de intervención y alta mantenibilidad.

5 Mejoramiento de la calidad

En este pilar se busca establecer:

- Evaluación de la interferencia y de la condición operativa del equipo, en la calidad del producto o servicio ofrecido por la empresa.
- Definición de parámetros que puedan ser indicadores de esa interferencia (acción conjunta: operación, mantenimiento, ingeniería, calidad y marketing).
- Seguimiento, a través de gráficos, de los parámetros y establecimiento de metas basadas en la necesidad del proceso (cliente).

6- Control Inicial

En este pilar se implementará:

- Las "cinco S" en las áreas administrativas.
- El JIT para áreas de compras y materiales (incluso de las oficinas).
- El Kanban para la materia prima, repuestos, herramientas y material de uso o de las oficinas.
- El cuadro de "Gestión Visual" en los depósitos.
- Las técnicas de optimización de reuniones.

7- Medio ambiente, seguridad e higiene

En este pilar se establecerá:

- Tratamiento de políticas de prevención del accidente. Establecimiento de las recomendaciones de seguridad y adecuación del sistema para que sean implementadas en las órdenes de trabajo.
- Aplicación del polígrafo de productividad para evaluar la condición de prevención de accidentes.
- Evaluación del costo directo e indirecto de los accidentes.
- Establecimiento de acciones para obtener la meta Cero Accidentes.
- Implantación del Seiketsu de las "cinco S".
- En lo concerniente a la aplicación del polígrafo de productividad, es recomendable, que no solamente sea empleado en el aspecto de seguridad, sino también en la evaluación de otros factores como, por ejemplo: evaluación del personal, evaluación de sectores, evaluación de métodos etc.

8 - Mantenimiento autónomo

La idea del mantenimiento autónomo es que cada operario sepa diagnosticar y prevenir las fallas eventuales de su equipo y de este modo prolongar la vida útil del mismo. No se trata de que cada operario cumpla el rol de un técnico de mantenimiento, sino de que cada uno conozca y cuide su equipo. Además, ¿Quién puede reconocer de forma más oportuna la posible falla de un equipo antes de que se presente? Obviamente el operador calificado, ya que él pasa mayor tiempo con el equipo que cualquier técnico de mantenimiento, él podrá reconocer primero cualquier varianza en el proceso habitual de su equipo

Este pilar comprende el:

- Desarrollo de la conciencia "a mi máquina la cuido yo".
- Cambio de las características inadecuadas del local de trabajo.

La implantación de este pilar por lo general se realiza en siete fases, dígame:

- Limpieza inicial (búsqueda de defectos);
- Descubrir causas de la suciedad;
- Mejorar áreas de difícil acceso;
- Estandarizar actividades de mantenimiento autónomo;
- Capacitación para efectuar inspecciones;
- Inspección autónoma;
- Organización del área de trabajo.

6.4. Proceso de puesta en marcha del TPM

La media estimada de implantación de la fase preparatoria del TPM, es de tres a seis meses y de dos a tres años para el inicio de la etapa de consolidación, considerando que sea hecha según las 12 etapas que se muestran en el anexo 6 y se detallan a continuación.

Etapa 1. Tomar la decisión

La dirección de la empresa desempeña un importante papel en esta instancia ya que es promotora del espíritu y gestión del TPM, por tanto es un miembro activo de la toma de decisión. Los protagonistas de esta etapa serán el gerente de ingeniería y el de mantenimiento.

El contenido de las reuniones de trabajo deberá permitir:

- Promover la decisión de generalizar el TPM
- Posicionar o reposicionar el rendimiento de las instalaciones como un factor de la performance industrial
- Elaborar objetivos, la definición, las características y el proceso de puesta en marcha del TPM
- Desplegar el plan TPM en las áreas
- Diseñar la forma general de la estructura de piloteado
- Designar el área piloto TPM para el establecimiento
- Conseguir la adhesión de la dirección para:

- Asignación de recursos de personal
- Gestión de problemas prioritarios
- Coherencia con el plan de progreso
- El compromiso de la dirección deberá estar formalizado por escrito, publicado y difundido.

Etapas 2. Informar y formar a todos los cuadros de la empresa

El objetivo de esta etapa es obtener la adhesión de todo el personal al plan de trabajo del TPM decidido por el Comité Promotor. Hacer de cada miembro un participante activo de la puesta en marcha del TPM, promover una actitud proactiva en todos los involucrados.

La adhesión del personal será lograda por dos tipos de acción:

1. Información sobre la motivación y el ordenamiento general del plan TPM decidido por el Comité Promotor. Esta información puede tomar la forma de una reunión plenaria del personal afectado.
2. Formación del personal sobre el contenido general del TPM y el específico del plan de planta.

Etapas 3. Poner en marcha una estructura de comando

En estas instancias es menester definir y poner en marcha una organización y sus reglas de funcionamiento para permitir el comando (pilotaje) permanente de operaciones del TPM.

La estructura de pilotaje y sus reglas de funcionamiento deben ser adaptadas a cada área, esta estructura será puesta en marcha en forma progresiva, ella se acelerará en función de resultados conseguidos y de la capacidad de los operadores sobre el terreno.

Etapas 4. Diagnosticar la situación de cada una de las áreas

El objetivo de esta etapa es evaluar:

- El estado del lugar en materia de rendimiento, de los medios de fabricación y de mantenimiento.
- La madurez y la ampliación del potencial de mejoramiento (técnicas y criterio económico).
- Las fortalezas y debilidades de la organización para abordar el proceso de cambio.
- La efectividad global del equipo en un estado inicial a través de la expresión 6.1.

$$\text{Efectividad Global} = \text{Disponibilidad} \times \text{Tasa de rendimiento} \times \text{Tasa de calidad} \quad (6.1)$$

Donde:

Disponibilidad: Pérdidas por averías, Pérdidas por la reparación, otras

Tasa de rendimiento: Pérdidas por tiempos muertos y paradas menores, Pérdidas de disminución de velocidad.

Tasa de calidad: Defectos de calidad y repetición de trabajos, pérdidas de puesta en marcha.

El TPM no se limita solamente a las averías, más bien a elevar el nivel de la eficacia total del equipo mejorando todos los factores relacionados con la Disponibilidad, el Rendimiento y la Calidad.

Etapas 5. Elaborar un programa

Esta etapa tiene por finalidad la elaboración de un programa de trabajo a implementar en la línea piloto de TPM y tendrá en particular:

- Costos más estudio de rentabilidad
- Objetivo de rendimiento
- Plazo de obtención
- Costos más estudio de rentabilidad

Abordando especialmente:

- El calendario
- Los recursos de animación y pilotaje
- Las modalidades de pilotaje
- Las necesidades en cuanto a asistencia exterior
- La evaluación global de los costos de reposición a nivel de los equipos
- Un balance provisional global, cualitativo y cuantitativo

Etapas 6. Poner en marcha el programa

El desafío de esta etapa es informar a todo el personal sobre el contenido y la modalidad de puesta en marcha del programa TPM en un sector delimitado. Marca el fin de la reflexión preparatoria, la misma oficializa la apertura de la aplicación piloto en el sector elegido.

La comunicación que materializa esta etapa deberá permitir:

- Explicar el objetivo del TPM.
- Mostrar como las operaciones van a ser aplicadas en forma progresiva.

- Explicar la forma en que cada una de ellas estará asociada a la acción.

Etapa 7. Analizar y eliminar las causas de fallas (averías y setup)

El objetivo de esta etapa es eliminar las principales causas de pérdida de rendimiento, hacer realidad los beneficios de la productividad y obtener la sólida adhesión del personal a la gestión. Las principales causas de pérdida de rendimiento de un equipo son:

1. Averías
2. Preparaciones y ajustes
3. Tiempos muertos
4. Tiempo en vacío y paradas cortas
5. Velocidad reducida
6. Caídas de velocidad
7. Defectos de calidad y reproceso
8. Puesta en marcha.

Etapa 8. Establecimiento del mantenimiento autónomo

El método de desarrollo del mantenimiento autónomo, o sea, el control de sus propios equipos de forma permanente por cada operador, es desarrollado en siete pasos. El primer paso se relaciona con el concepto de "inspección de limpieza". El segundo paso se compone de: medidas defensivas contra causas de suciedad y mejora del acceso a las áreas de difícil limpieza y lubricación. El tercer paso (formulación de los estándares de trabajo) se destina a la preparación de los criterios que deben ser observados por los operadores. El cuarto paso (inspección general) se destina a la capacitación sobre como conducir una inspección de los componentes de los equipos, de manera que los operadores sean habilitados para la ejecución de la inspección autónoma (quinto paso).

Para la inspección general, se recomienda seguir la siguiente rutina:

- Listado de los ítems de inspección general.
- Preparación de materiales didácticos y elaboración del plan de capacitación y de inspección general.
- Capacitación de los líderes.
- Capacitación en la transmisión de conocimientos a los operadores.
- Ejecución de lo que aprendió, detectando las irregularidades (inspección general).
- Implantación del "control visual".

El quinto paso (inspección autónoma) tiene como objetivo que los operadores puedan, al ejecutar la inspección, detectar problemas y corregir pequeños daños en desarrollo. El sexto paso (estandarización) se destina al establecimiento y mantenimiento de las condiciones de control de los elementos de campo. El séptimo paso (control totalmente autónomo) se destina a dar continuidad a las actividades Jishu-Hozen, aprovechando, al máximo, los conocimientos adquiridos a través de los pasos uno al seis.

Los pasos básicos (uno al cuatro) están asociados al perfeccionamiento de los recursos humanos y mejora de los equipos, cuando son rígidamente cumplidos y pacientemente mantenidos.

Etapas 9. Desarrollar /optimizar el mantenimiento programado

El objetivo de esta etapa es definir y aplicar/optimizar los contenidos técnicos precisos de mantenimiento para:

- Cubrir las zonas no tratadas por el mantenimiento autónomo
- Asegurar el mantenimiento del estado de los equipos
- Administrar la revisión de las gamas de preventivo a lo largo de la vida de explotación del medio.

Etapas 10. Mejorar la técnica

La finalidad de esta etapa es consolidar y perpetuar lo adquirido mediante el perfeccionamiento continuo del personal de explotación y mantenimiento. Tiende a la profesionalización de los protagonistas operativos y la necesidad de estructurar los planes de formación.

Etapas 11. Integrar experiencias en la concepción de nuevas máquinas

Esta etapa tiene como objetivo aplicar las mejoras continuas realizadas en los medios de producción en la concepción de los nuevos equipos y concierne a las funciones de mantenimiento, fabricación y métodos. Su finalidad se define en:

- Encarar estudios de modificaciones de concepción del medio existente en función de los problemas identificados en el curso de las fases precedentes. Estas nuevas modificaciones parten desde el estado de referencia y en dirección a un mejor desempeño, tiempo de ciclo, mantenibilidad y fiabilidad.

- Poner a disposición permanente del constructor de medios, las informaciones útiles a las fallas a prevenir en las nuevas instalaciones que deberá corregir antes que arriben a las áreas.

Etapas 12. Validar el TPM

El objetivo de esta etapa es certificar el trabajo positivo realizado por los equipos actuantes y distinguir a sus actores. Identificar claramente un estado de desempeño y de funcionamiento de la organización, de fabricación y de mantenimiento, que deberán ser conservadas en el tiempo. Se realizarán auditorías periódicamente por la dirección superior de la empresa. Se analizan los resultados en términos del grado de logro de los objetivos propuestos, así como los avances de la implementación. En el caso que sea necesario se tomarán acciones correctivas sobre los puntos débiles de la gestión.

6.5. Seis grandes causas de pérdidas que limitan la eficacia del equipo

La eficacia o efectividad del equipo es una medida del valor añadido a la producción a través del tiempo. Esta efectividad del equipo se ve limitada por los seis tipos de pérdidas que se detallan a continuación. En el anexo 7 se muestran algunas características de estas seis pérdidas.

1. Pérdidas por averías

Las pérdidas por averías son causadas por dos tipos de pérdida: pérdidas de tiempo (cuando se reduce la productividad), y pérdidas de cantidad (causadas por los productos defectuosos). Las averías esporádicas, fallos repentinos, drásticos o inesperados del equipo son normalmente obvias y fáciles de corregir. Las frecuentes averías menos crónicas son por otro lado ignoradas a menudo o descuidadas después de repetidos intentos fallidos de remediarlas. Debido a que las averías esporádicas le corresponden un alto porcentaje de las pérdidas totales, el personal de la fábrica invierte mucho tiempo y esfuerzo en buscar modos de evitarlas; sin embargo, es extremadamente difícil su eliminación. Es típico tener que llevar a cabo estudios para aumentar la fiabilidad de equipo y encontrar modos para minimizar el tiempo necesario para corregir los problemas cuando estos se presentan.

Sin embargo, para minimizar la eficacia del equipo, todas las averías deben de reducirse a cero. Esto es realmente posible sin realizar un gran esfuerzo o inversión aunque alguna inversión puede ser necesaria al principio. No obstante, primero es preciso cambiar la

filosofía convencional del mantenimiento con la creencia de que las averías son inevitables.

2. Pérdidas de preparación y ajustes

Cuando finaliza la producción de un elemento el equipo se ajusta para atender los requerimientos de un nuevo producto, se producen pérdidas durante la reparación y ajustes al aparecer tiempos muertos y productos defectuosos como consecuencia del cambio. En la actualidad se busca realizar los cambios de útiles en el menos tiempo posible. Trabajando desde la perspectivas de la Ingeniería industrial, el tiempo de preparación puede reducirse considerablemente haciendo una distinción clara entre preparación interna (operaciones que deben llevarse a cabo mientras la máquina esté parada) y preparación externa (operaciones que pueden realizarse mientras la máquina este todavía en funcionamiento) así como reduciendo el tiempo de la preparación interna.

3. Inactividad y pérdidas de paradas menores

Una parada mejor surge cuando la producción se interrumpe por un mal funcionamiento temporal o cuando la máquina está inactiva. Estos tipos de paradas temporales difieren claramente de las averías. La producción normal es restituida simplemente moviendo las piezas que obstaculizan la marcha y reajustando el equipo.

Este tipo de pequeño problema causa a menudo un efecto drástico sobre la eficacia del equipo; sin embargo, es típico cuando están implicados robots, ensambladores automáticos, cintas transportadoras, etc. Aunque las paradas menores y la inactividad se remedian sin dificultad se pasan fácilmente por alto, debido a que frecuentemente son difíciles de cuantificar. Por esta razón, el alcance de la obstaculización de la eficacia ocasionada por las paradas menores resulta a menudo poco claro. La reducción a cero de las pequeñas paradas es una condición esencial para la producción automática. Si han de reducirse las paradas menores, es preciso observar de cerca las condiciones operativas y eliminar todos los pequeños defectos.

4. Pérdidas de velocidad reducida

Las pérdidas de velocidad reducida se refieren a la diferencia entre la velocidad diseñada para el equipo y la velocidad real operativa. Es típico que en la operación del equipo la pérdida de velocidad sea pasada por alto, aunque constituya un gran obstáculo para su

eficacia y debería ser cuidadosamente estudiada. La meta deberá ser eliminar el “gap” entre la velocidad diseñada y la velocidad real.

El equipo puede operar a una velocidad inferior a la ideal o de diseño por muchas razones: problemas mecánicos y calidad defectuosa, problemas antecedentes o temor de abusar del equipo o sobrevalorarlo. A menudo, simplemente se desconoce la magnitud de la velocidad óptima. Por otro lado, si se aumenta la velocidad operativa deliberadamente se contribuye realmente a resolver el problema, ya que se revelarán los defectos latentes según el estado del equipo.

5. Defectos de calidad y repetición de trabajos

Los defectos de calidad en los procesos y la repetición de trabajos son pérdidas de calidad causadas por el mal funcionamiento del equipo de producción. En general, los defectos esporádicos se corrigen fácil y rápidamente al normalizarse las condiciones de trabajo del equipo. Las medidas ad hoc para recuperar el estatus que rara vez resuelven el problema y las condiciones motivadoras de los defectos pueden ser ignorados o pasadas por alto. Los defectos que requieran la repetición de los trabajos deben así mismo considerarse pérdidas crónicas. Las condiciones causantes de los defectos deben identificarse y evaluarse los límites de control. La eliminación completa de defectos es siempre la meta principal.

6. Pérdidas de puesta en marcha

Las pérdidas de puesta en marcha son pérdidas de rendimiento que se ocasionan durante las fases iniciales de producción, desde la puesta en marcha de la máquina hasta su estabilización. El volumen de pérdidas por averías está relacionado con el grado de estabilidad de las condiciones de proceso, el nivel de mantenimiento del equipo, plantillas y matrices, habilidad técnica del operador, etc. Este tipo de pérdidas están latentes, y la posibilidad de eliminarlas es a menudo obstaculizada por falta de sentido crítico que las acepta como inevitables.

6.6. Estrategia de las 5 “S” y el TPM

Las cinco "S" son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y hoy aplicado en empresas occidentales. Se llama estrategia de las 5 “S” porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que

comienzan con “S”. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son:

- Clasificar (Seiri)
- Orden (Seiton)
- Limpieza (Seiso)
- Limpieza Estandarizada (Seiketsu)
- Disciplina (Shitsuke)

El planteamiento “Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce”, hace de la estrategia de las 5 “S” un instrumento básico en la implementación del TPM.

A continuación se detallan algunos elementos importantes de esta estrategia.

6.6.1. Paradigmas que imposibilitan la implantación de las 5 S

En las empresas han existido y existirán paradigmas que imposibilitan el pleno desarrollo de las 5 S. Esta estrategia requiere de un compromiso de la dirección para promover sus actividades, ejemplo por parte de los supervisores y apoyo permanente de los jefes de los sitios de trabajo. El apoyo de la dirección con su mirada atenta permanente de la actuación de sus colaboradores, el estímulo y reconocimiento es fundamental para perpetuar el proceso de mejora. La importancia que los encargados y supervisores le den a las acciones que deben realizar los operarios será clave para crear una cultura de orden, disciplina y progreso personal.

Sin embargo, existen paradigmas habituales para que las 5S no se desarrollen con éxito en las empresas.

Paradigmas de la Dirección

Estas son algunas de las apreciaciones de directivos ante el programa 5 S:

Paradigma 1. Es necesario mantener los equipos sin parar

La dirección ante las presiones de entregar oportunamente y en cantidades suficientes los productos que se fabrican, no acepta fácilmente que en un puesto de trabajo es más productivo cuando se mantiene impecable, seguro, en orden y limpio. Se considera que la limpieza es una labor que consume tiempo productivo, pero no se aprecian los beneficios de esta al ayudar a eliminar causas de averías como el polvo, lubricación en exceso y fuentes de contaminación.

Paradigma 2. Los trabajadores no cuidan el sitio... para que perder tiempo

La dirección considera que el aseo y limpieza es un problema exclusivo de los niveles operativos. Si los colaboradores no poseen los recursos o no se establecen metas para mejorar los métodos, será difícil que el operario tome la iniciativa. Es seguro que los trabajadores apreciarán los beneficios, ya que son ellos los que se ven afectados directamente por la falta de las 5 S.

Paradigma 3. Hay numeroso pedidos urgentes para ponerlos a limpiar

Es frecuente que el orden y la limpieza se dejen de lado cuando hay que realizar un trabajo urgente. Es verdad que las prioridades de producción a veces presionan tanto que es necesario que otras actividades esperen; sin embargo, las actividades de las 5 S se deben ver como una inversión para lograr todos los pedidos del futuro y no solamente los puntuales requeridos para el momento.

Paradigma 4. Creo que el orden es el adecuado no tardemos tanto tiempo

Algunas personas consideran que sólo los aspectos visibles y de estética de los equipos son suficientes. Las 5 S deben servir para lograr identificar problemas profundos en el equipo, ya que es el contacto del operario con la máquina la que permite identificar averías o problemas que se pueden transformar en graves fallos para el equipo. La limpieza se debe considerar como una primera etapa en la inspección de mantenimiento preventivo en la planta.

Paradigma 5. ¡Contrate un trabajador inexperto para que realice la limpieza...sale más barato;

El trabajador que no sabe operar un equipo y que es contratado únicamente para realizar la limpieza, impide que el conocimiento sobre el estado del equipo sea aprovechado por la compañía y se pierda. El contacto cotidiano con la maquinaria ayuda a prevenir problemas, mejorar la información hacia los técnicos expertos de mantenimiento pesado y aumenta el conocimiento del operario sobre el comportamiento de los procesos.

Paradigma de los operarios

La aplicación de las 5 S tiene sus barreras en ciertos pensamientos de los operarios:

Paradigma 1. Me pagan para trabajar no para limpiar

A veces, el personal acepta la suciedad como condición inevitable de su estación de trabajo. El trabajador no se da cuenta del efecto negativo que un puesto de trabajo sucio tiene sobre su propia seguridad, la calidad de su trabajo y la productividad de la empresa.

Paradigma 2. ¿Llevo 10 años... por qué debo limpiar?

El trabajador considera que es veterano y no debe limpiar, que esta es una tarea para personas con menor experiencia. Por el contrario, la experiencia le debe ayudar a comprender mejor sobre el efecto negativo de la suciedad y contaminación sin control en el puesto de trabajo. Los trabajadores de producción asumen a veces que su trabajo es hacer cosas, no organizarlas y limpiarlas. Sin embargo, es una actitud que tiene que cambiar cuando los trabajadores empiezan a comprender la importancia del orden y la limpieza para mejorar la calidad, productividad y seguridad.

Paradigma 3. Necesitamos más espacio para guardar todo lo que tenemos

Esto sucede cuando al explicar las 5 S a los trabajadores, su primera reacción ante la necesidad de mejorar el orden es la pedir más espacio para guardar los elementos que tienen. El frecuente comentario es "...jefe necesitamos un nuevo armario para guardar todo esto..."

Es posible que al realizar la clasificación y el ordenamiento de los elementos considerados, sobre espacio en los actuales armarios y la mayoría de los elementos sean innecesarios.

Paradigma 4. No veo la necesidad de aplicar las 5 S

Puede ser muy difícil implantar las 5S en empresas que son muy eficientes o muy limpias como en el caso de las fábricas de productos personales o farmacia. Sin embargo, no todo tiene que ver con la eliminación de polvo o contaminación. Las 5S ayudan a mejorar el control visual de los equipos, modificar guardas o tapas que no dejan ver los mecanismos internos por guardas transparentes de seguridad que permitan la observación del funcionamiento de los equipos, o la aplicación de las 5S en el cuidado de las mesas de trabajo y escritorios.

6.6.2. Significado de las 5 S

A continuación se profundiza en el contenido de cada una de las 5 S.

1. Seiri - Clasificar

Seiri o clasificar significa eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios y que no se requieren para realizar nuestra labor, preparando los lugares de trabajo para que estos sean más seguros y productivos. El Seiri consiste en:

- Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
- Mantener lo que se necesita y eliminar lo excesivo
- Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
- Eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos y que pueden conducir a averías.
- Eliminar información innecesaria y que nos puede conducir a errores de interpretación o de actuación.

Beneficios del Seiri

La práctica del Seiri, además de los beneficios en seguridad, permite:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas
- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo.
- Mejorar el control visual de stocks de repuestos y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos; por ejemplo, material de empaque, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros.
- Facilitar el control visual de las materias primas que se van agotando y que requieren para un proceso en un turno, etc.
- Preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos.

2. Seiton - Ordenar

Seiton consiste en organizar los elementos que se han clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Aplicar Seiton en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales.

Una vez que se han eliminado los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que necesitamos con frecuencia, identificándolos para eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados (es el caso de la herramienta).

Beneficios del Seiton

Para el trabajador

- Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo
- Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.
- El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.
- La presentación y estética de la planta se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo.
- Se libera espacio.
- El ambiente de trabajo es más agradable.
- La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente los de alto riesgo.

Organizativos

- La empresa puede contar con sistemas simples de control visual de materiales y materias primas en stock de proceso.
- Eliminación de pérdidas por errores.
- Mayor cumplimiento de las órdenes de trabajo.
- El estado de los equipos se mejora y se evitan averías.
- Se conserva y utiliza el conocimiento que posee la empresa.
- Mejora de la productividad global de la planta.

3. Seiso - Limpiar

Seiso significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM, Seiso implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos.

Beneficios del Seiso

- Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes.
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador.
- Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.
- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza
- La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo.
- Se reducen los despilfarros de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes.
- La calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque.

4. Seiketsu- Estandarizar

Seiketsu es la metodología que nos permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S". Si no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada con nuestras acciones.

Beneficios del Seiketsu

- Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo.
- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- Los operarios aprenden a conocer en profundidad el equipo.
- Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares
- Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo.

- Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

5. Shitsuke - Disciplina

Shitsuke o Disciplina significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo. Se pueden obtener los beneficios alcanzados con las primeras "S" por largo tiempo si se logra crear un ambiente de respeto a las normas y estándares establecidos.

Las cuatro "S" anteriores se pueden implantar sin dificultad si en los lugares de trabajo se mantiene la disciplina. Su aplicación garantiza que la seguridad será permanente, la productividad se mejore progresivamente y la calidad de los productos sea excelente.

Shitsuke implica un desarrollo de la cultura del autocontrol dentro de la empresa.

Beneficios del Shitsuke

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- La disciplina es una forma de cambiar hábitos.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas.
- La moral en el trabajo se incrementa.
- El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas.
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegar cada día.

6.6.3. De las cinco a las nueve S

El modelo original japonés considera la necesidad aplicar cuatro "S" adicionales utilizadas para estimular al individuo con el propósito de que mantenga los buenos hábitos y la aplicación práctica de las 5S sean una realidad en el lugar de trabajo.

El modelo integral de gestión en el puesto de trabajo utilizado en empresas japonesas considera la aplicación de 9S. Estas están clasificadas de acuerdo a tres propósitos concretos: relación con las cosas, relación con usted mismo y relación con la empresa (ver anexo 8).

La metodología de las 9 S está evocada a entender, implantar y mantener un sistema de orden y limpieza en la organización. Los resultados obtenidos al aplicarlas se vinculan a una mejora continua de las condiciones de calidad, seguridad y medio ambiente.

6. Shikariv - Constancia

Es la capacidad de una persona para mantenerse firmemente en una línea de acción. La voluntad de lograr una meta. Existe una palabra japonesa konyo que en castellano traduce algo similar a la entereza o el estado de espíritu necesario para continuar en una dirección hasta lograr las metas. La constancia en una actividad, mente positiva para el desarrollo de hábitos y lucha por alcanzar un objetivo. Todo esto es Shikari.

7. Shitsukoku - Compromiso

Es cumplir con lo pactado. Los procesos de conversación generan compromiso. Cuando se empeña la palabra se hace todo el esfuerzo por cumplir. Es una ética que se desarrolla en los lugares de trabajo a partir de una alta moral personal.

Algunas personas logran ser disciplinadas y constantes (5ª y 6ª S). Sin embargo, es posible que las personas no estén totalmente comprometidas con la tarea.

Shitsukoku significa perseverancia para el logro de algo, pero esa perseverancia nace del convencimiento y entendimiento de que el fin buscado es necesario, útil y urgente para la persona y para toda la sociedad.

8. Seishoo - Coordinación

Esta S tiene que ver con la capacidad de realizar un trabajo con método y teniendo en cuenta a las demás personas que integran el equipo de trabajo. Busca aglutinar los esfuerzos para el logro de un objetivo establecido. Se trata de lograr que los músicos de una orquesta logren la mejor interpretación para el público, donde los instrumentos principales y secundarios actúan bajo una sincronización perfecta de acuerdo a un orden establecido en la partitura.

Esto mismo debe ser el trabajo en una empresa. Los equipos deben tener métodos de trabajo, de coordinación y un plan para que no quede en lo posible nada a la suerte o sorpresa. Los resultados finales serán los mejores para cada actor en el trabajo y para la empresa.

9. Seido - Sincronización

Para mantener el ritmo de la interpretación musical, debe existir una partitura. En el trabajo debe existir un plan de trabajo, normas específicas que indiquen lo que cada persona debe realizar. Los procedimientos y estándares ayudarán a armonizar el trabajo. Seido implica normalizar el trabajo.

Shikari y Shitsokoku son principios fundamentales para reforzar los buenos hábitos personales que un individuo debe practicar en el lugar de trabajo.

Seishoo y Seido son hábitos que están relacionados con la buena integración de los equipos, camaradería, compañerismo y realizar un trabajo disciplinado.

Estas otras cuatro S complementarias desafortunadamente no se aplica en las empresas y esto conduce al fracaso o deficiente implantación de las 5S iniciales, muy relacionadas con los recursos tangibles. Las 5S finales están relacionadas con aspectos del espíritu del individuo, cualquiera que sea la interpretación de espiritualidad que tenga la persona.

6.7. Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Productivo Total

Existe un grupo de ventajas y desventajas que toda empresa debe considerar antes de determinar si la opción del TPM es adecuada para su negocio. Estos aspectos deben tenerse muy presentes en el momento de desarrollar cualquier toma de decisiones al respecto.

6.7.1. Ventajas de la aplicación del TPM

El TPM posee las ventajas siguientes son:

Organizativas

1. Mejora la calidad del ambiente de trabajo.
2. Mejor control de las operaciones.
3. Incremento de la moral del empleado.
4. Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
5. Aprendizaje permanente.
6. Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
7. Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal.
8. Redes de comunicación eficaces.

Seguridad

9. Mejorar las condiciones ambientales.
10. Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
11. Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
12. Entender el porqué de ciertas normas, en lugar del cómo hacerlo.

13. Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
14. Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

Productividad

15. Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
16. Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
17. Reducción de los costos de mantenimiento.
18. Mejora de la calidad del producto final.
19. Menor costo financiero por recambios.
20. Mejora de la tecnología de la empresa.
21. Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.
22. Crear capacidades competitivas desde la fábrica.
23. Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo.
24. El concepto está unido con la idea de calidad total, JIT, Kanban y mejora continua.
25. Una máquina más limpia y mejor conservada tiene menor probabilidad de sufrir una falla, cualquier anomalía que pudo derivar en un problema mayor, será detectada y resuelta en sus etapas previas justo antes de cuando esta falle, reduciendo costos de mantenimiento, aprovechando al máximo la vida útil.
26. Mediante su participación en el mejoramiento y la puesta en óptimas condiciones de la máquina, operadores, supervisores y todo el equipo de trabajo de mantenimiento desarrollan un sentimiento de propiedad y unidad.
27. Mejora la calidad del personal: operadores, personal de mantenimiento, e ingenieros.
28. Consigue maximizar la eficiencia y el ciclo de vida de las máquinas y/o equipos
29. Las ventas, imagen de la entidad productiva, etc., son parámetros que se ven mejorados con la implementación del TPM.
30. Es aplicable a diferentes ámbitos como la construcción, el mantenimiento de los edificios, el transporte, además de su aplicación a entidades productivas industriales.
31. El trabajo en equipo genera un verdadero compromiso de trabajo, que es potenciado en la confianza proporcionada a los trabajadores.

6.7.2. Desventajas de la aplicación del TPM

Existe un conjunto de limitantes que dificultan la implementación del TPM, dígame:

1. Su introducción lleva como premisa la instauración de una filosofía de Calidad Total, vinculada a las tendencias conocidas como JIT (Just in Time) y el Cero Defectos, las cuales resultan difíciles de implantar en países en vías de desarrollo por las elevadas exigencias organizativas, tecnológicas y de disciplina que estas conllevan.
2. La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa, y el proceso de implementación requiere de varios años.
3. Se requiere un cambio de filosofía general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos.
4. La inversión en formación, capacitación del personal de operadores y los cambios generales en la organización es costoso. El proceso de implementación requiere de un tiempo aleatorio que puede ir desde ocho meses a tres años.
5. Sin el visto bueno de la dirección para realizar las diferentes etapas del TPM, realmente no se podría implementar esta filosofía de mantenimiento.
6. El tiempo de implementación del TPM es relativamente largo y los resultados técnicos y económicos son a largo plazo, esto no siempre agrada a los jefes de grupo quienes por lo general desean obtener resultados en un corto plazo.
7. El TPM exige tiempo para la capacitación, reuniones periódicas, en resumen, implica un costo extra para la entidad productiva.
8. Debe ser evidente el compromiso de la Gerencia, para la implementación de este sistema, caso contrario los promotores del TPM, terminan desacreditados y hasta fuera de sus empleos.
9. Requiere de evaluaciones constantes, para observar el cambio programado.
10. La colaboración por parte de los supervisores de producción es vital, los operarios requieren de toda la información técnica que estos posean.
11. Su implementación es a mediano plazo, lo que hace que si cambia el personal, este debe estar comprometido con el programa o puede haber un retroceso al inicio del mismo.
12. El personal debe ver el TPM como algo innovador a diario, si no se transforma en algo rutinario y se puede perder la visión del programa.

13. El grado de concientización del personal (gerente, empleado, obrero) es quizás el punto más débil del TPM, si algún eslabón no participa el programa irá al fracaso.
14. Es imperiosa la necesidad de trabajar en grupo y unidos Mantenimiento y Producción que no siempre es fácil.
15. La empresa que desea implementar el TPM debe tener alguna base para hacer el trabajo, como son los programas de mantenimiento preventivo, las Cinco "S", etc.

6.8. Aspectos clave

- La función principal del TPM es maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas por la participación de todos los empleados en pequeños grupos de actividades voluntarias
- El TPM es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa "El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos". El TPM tiene como misión obtener un rendimiento económico, sin embargo, la misión principal del TPM es lograr que la empresa obtenga un rendimiento económico creciente en un ambiente agradable como producto de la interacción del personal con los sistemas, equipos y herramientas. También tiene como misión mejorar la cultura empresarial a través de la optimización de los recursos humanos y las máquinas.
- Para tener una mejor perspectiva del significado del TPM hay que entender que este se sustenta en ocho pilares.
- El TPM presenta Seis grandes causas de pérdidas que limitan la eficacia del equipo: pérdidas por averías, pérdidas de preparación y ajustes, inactividad y pérdidas de paradas menores, pérdidas de velocidad reducida, defectos de calidad y repetición de trabajos, pérdidas de puesta en marcha.
- El planteamiento "Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce", hace de la estrategia de las 5 "S" un instrumento básico en la implementación del TPM.
- El modelo integral de gestión en el puesto de trabajo utilizado en empresas japonesas considera la aplicación de 9S. Estas están clasificadas de acuerdo a tres propósitos concretos: relación con las cosas, relación con usted mismo y relación con la empresa.

6.9 Preguntas del capítulo

1. Mencione los pilares del TPM y explíquelos
2. ¿Diga que influencia ejerce el TPM sobre los recursos humanos en la organización?
3. Relacione las etapas del proceso de puesta en marcha del TPM, arguméntelas brevemente y cite en un ejemplo cómo usted lo aplicaría en una empresa.
4. Identifique las pérdidas que pueden limitar la eficiencia de los equipos.
5. Diga cuáles son las nueve “S” del TPM y su contenido.
6. A su juicio, qué ventajas ofrece la aplicación la filosofía del TPM.
7. El TPM como sistema de Mantenimiento tiene asociado un grupo de limitaciones, diga cuáles son y explíquelas brevemente.

Referencias

1. Améndola, L. (2003). *Modelos Mixtos de Confiabilidad*. Valencia, Editorial: Datastream.
2. Cepeda Betún, J. C. y Morillo Enríquez, A. B. (2010). *Desarrollo de un Plan de Mantenimiento para Tanques de Almacenamiento de petróleo de Petroecuador en el Terminal Marítimo de Balao*. Trabajo de Diploma. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
3. De la Paz Martínez, E. M. (1996). *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma"*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
4. España Morrillo, A. V. y Espinosa de los Monteros, J. R. (2007) *Elaboración del Sistema de Gestión de Mantenimiento para la empresa ENVAGRIF C.A.*. Trabajo de Diploma. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
5. Gaibor Fuentes, A. M. y Quinga Collaguazo, K. I. (2009). *Desarrollo de un Programa de Mantenimiento para la empresa Pasteurizadora El Ranchito Compañía Limitada*. Trabajo de Diploma. Escuela Politécnica Nacional. Quito.
6. Hurtado Arguello, M. D. y Castellano Torres, P. X. (2005). *Método de Implementación del Mantenimiento Total Productivo (TPM) en el grupo de trabajo Amazónico y Levantamiento de la base de datos para el software de mantenimiento API/PRO (Versión 5.0) en el CEMAT - CEE*. Trabajo de Diploma. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí.
7. Mejías Quelal, M. L. y Villarruel Erazo, D. O. (2009). *Elaboración de un plan de Mantenimiento Preventivo para el Área de calzado de la empresa TECNISTAMP C.E.M.* Trabajo de Diploma. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
8. Mora Gutiérrez, A. (2009) *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Enfoque Sistemático Kantiano*. Medellín. Colombia, AMG.
9. Tavares, L.A. (1999). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Edición Primera. Brasil. Editorial Novo Polo Publicacao.
10. Tiburcio Rodríguez. (2002). *MRPII Aplicado al Mantenimiento Productivo Total* "Trabajo de Diploma. Universidad Mayor de San Marcos. Perú.
11. Torres, L. D. [2005] "Mantenimiento. Su implementación y gestión". Edición Segunda. Argentina, Editorial UNIVERSITAS.

- 12.** Willmott, P. y McCarthy, D. (2001) "TPM – A Route to World-Class Performance".
Edición primera. India.

Capítulo 7

Análisis de criticidad de los activos fijos

Capítulo 7. Análisis de criticidad de los activos fijos

Hoy las empresas están entendiendo que la "Gestión Eficaz de Activos" es altamente especializada y compleja, que es la fuente de grandes ventajas competitivas, pero a su vez también un área de extremo cuidado. Si bien son diversas las estrategias de gestión, la "Confiabilidad Operacional" se señala como la de mayor ímpetu, pues permite implementar procesos para alcanzar la Excelencia Organizacional.

El Análisis de Criticidad es una metodología semi-cuantitativa para modelar el riesgo, que permite establecer la jerarquía o prioridades de instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, mediante la cuantificación del impacto global de su comportamiento en el negocio, creando una estructura que facilita la toma de decisiones y el direccionamiento del esfuerzo y los recursos en las áreas y situaciones donde mas se requiere. El análisis de criticidad es una técnica de fácil manejo y comprensión, cuya mayor virtud es proveer una figura de merito cuyo valor es proporcional al riesgo. En el análisis de criticidad se establecen rangos relativos para representar las probabilidades de ocurrencia y sus consecuencias, llegándose a establecer una matriz de criticidad que tiene un código de colores que denotan la menor o mayor intensidad del riesgo relacionado al equipo o sistema bajo análisis.

7.1 Conceptos y clasificaciones de los equipos

El análisis de criticidad de los activos fijos constituye una herramienta para valorar el funcionamiento de estos y guía los recursos de la organización destinados a la función del mantenimiento hacia los activos que tienen un mayor índice o nivel de criticidad. Este análisis permite definir el tipo de mantenimiento a aplicar, la periodicidad de las actividades de mantenimiento, etc.; además, predetermina cursos de acción para posibles escenarios surgidos a partir de un fallo.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, al crear una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, que dirige el esfuerzo y los recursos hacia las áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional. La clasificación de un componente como "crítico" supondrá la exigencia de establecer alguna tarea eficiente de mantenimiento preventivo que permita atajar sus posibles causas de fallo.

La forma más generalmente utilizada para realizar la jerarquización de los elementos dentro de un sistema productivo o de servicios es el empleo de un grupo de factores, criterios o

variables que caractericen su contexto operacional y valoren las consecuencias que sobre cada una de ellas genera el modo de fallo que se presente. En el anexo 9 se muestra un resumen de las variables propuestas por diferentes autores e instituciones concernientes a la realización del análisis de criticidad. Existe un grupo de criterios que son comunes a la mayoría de las propuestas, dígame: seguridad, impacto ambiental, costo de reparación, pérdida de producción y tiempo de reparación.

Estas propuestas no consideran la ocurrencia potencial de fallos o interrupciones simultáneas (fallos múltiples), los cuales pudieran ser, en conjunto, de mayor criticidad aunque, por lo general, se trate de equipos de baja criticidad individual y es necesario realizarle adecuaciones para el caso de operaciones de procesos continuos.

El método clásico de evaluación de la criticidad de los componentes de un sistema se realiza normalmente mediante la técnica de Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos (AMFE) o Failure Mode and Effect Análisis (FMEA)

7.1.1 El Análisis de los Modos de Fallos y sus Efectos

El AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos, es una herramienta de máxima utilidad en el desarrollo del producto que permite, de una forma sistemática, asegurar que han sido tenidos en cuenta y analizados todos los fallos potencialmente concebibles. Es decir, el AMFE permite identificar las variables significativas del proceso/producto para poder determinar y establecer las acciones correctoras necesarias para la prevención del fallo, o la detección del mismo si éste se produce, evitando que productos defectuosos o inadecuados lleguen al cliente. Existen dos tipos de análisis AMFE.

1. AMFE de diseño

Consiste en el **análisis preventivo** de los diseños, buscando anticiparse a los problemas y necesidades de los mismos. Este AMFE es el paso previo lógico al de proceso porque se tiende a mejorar el diseño, para evitar el fallo posterior en producción. El AMFE es una herramienta previa de la calidad en la que:

1. Se hace un estudio de la factibilidad para ver si se es capaz de resolver el diseño dentro de los parámetros de fiabilidad establecidos.
2. Se realiza el diseño orientándolo hacia los materiales, compras, ensayos, producción... ya que los modos de fallo con ellos relacionados se tienen en cuenta en este tipo de AMFE. El objeto de estudio de un AMFE de diseño es el producto y todo lo relacionado con su definición.

Se analiza por tanto la elección de los materiales, su configuración física, las dimensiones, los tipos de tratamiento a aplicar y los posibles problemas de realización.

2. AMFE de proceso

Es el "Análisis de modos de fallos y efectos" potenciales de un proceso de fabricación, para asegurar su calidad de funcionamiento y, en cuanto de él dependa, la fiabilidad de las funciones del producto exigidos por el cliente. En el AMFE de proceso se analizan los fallos del producto derivados de los posibles fallos del proceso hasta su entrega al cliente. Se analizan, por tanto, los posibles fallos que pueden ocurrir en los diferentes elementos del proceso (materiales, equipo, mano de obra, métodos y entorno) y cómo éstos influyen en el producto resultante. Hay que tener claro que la fiabilidad del producto final no depende sólo del AMFE de proceso final, sino también de la calidad del diseño de las piezas que lo componen y de la calidad intrínseca con que se hayan fabricado las mismas. Sólo puede esperarse una fiabilidad óptima cuando se haya aplicado previamente un AMFE de diseño y un AMFE de proceso en proveedores externos e internos.

Pasos a seguir para la aplicación del AMFE

- | | |
|------------------------------|---|
| 1 Nombre del producto | 10 Probabilidad de no detección |
| 2 Operación o función | 11 Número de prioridad de riesgo |
| 3 Modo de fallo | 12 Acción correctora |
| 4 Efectos del fallo | 13 Definir responsables |
| 5 Gravedad del fallo | 14 Acciones implantadas |
| 6 Características críticas | 15 Nuevo valor de gravedad del fallo |
| 7 Causa del fallo | 16 Nuevo valor de probabilidad de
ocurrencia |
| 8 Probabilidad de ocurrencia | 17 Nuevo valor de probabilidad de no
detección |
| 9 Controles actuales | 18 Nuevo número de prioridad de riesgo |

7.1.2 Análisis de Modos de Fallo y Efectos Críticos

También se puede determinar el índice de criticidad mediante la herramienta de Análisis de Modos de Fallo y Efectos Críticos (FMECA, Failure Modes, Effects and Criticality Analysis).

El FMECA también conocido con el nombre de (AMFEC) por sus siglas en español, es un método de análisis sistemático, exhaustivo y objetivo en su realización.

Se basa en la participación y el trabajo en equipo, aumentando el potencial activo y creativo del personal que lo aplica (efecto sinergia).

Objetivo: Valorar por anticipado la probabilidad de que se origine un fallo, así como las consecuencias del mismo.

Principios fundamentales del AMFEC

Poner de manifiesto los posibles fallos de un producto, valorando y acotando los siguientes conceptos:

- Probabilidad de ocurrencia
- Gravedad o severidad
- Probabilidad de no detección

Prever los medios para:

- Disminuir los riesgos de fallo
- Detectar los fallos
- Cambiar el modo de elaboración

Campo de aplicación

El AMFEC se aplica a todos los dispositivos o sistemas con riesgo de no conseguir los objetivos de fiabilidad que le son solicitados. Se puede aplicar en la etapa de diseño y durante el proceso de la elaboración.

Sólo puede esperarse una fiabilidad óptima si al aplicar un AMFEC al diseño y al proceso, se obtienen unos valores de criticidad aceptables, entendiendo por fiabilidad la prestación satisfactoria de las funciones de un producto durante un tiempo determinado y en las condiciones de uso previstas.

Metodología para la aplicación del AMFEC

Los pasos a seguir en la aplicación del AMFEC son los siguientes:

1. Creación de un Grupo de Trabajo de 6 a 10 personas muy expertas en el tema a estudiar y de cada una de las áreas afectadas. A uno de ellos se le nombrará animador y al resto colaboradores. Deben recibir suficiente formación técnica sobre la realización del AMFEC así como de dinámica de grupos.

2. Identificar cada conjunto, componente, pieza u operación del proceso a estudiar.
3. Para cada elemento recogido en el apartado anterior, estudiar el modo, el efecto y la causa potencial del fallo.
4. Valorar cada uno de los conceptos indicados anteriormente: Probabilidad de ocurrencia, gravedad o severidad y probabilidad de no detección.
5. Calcular el valor del índice de criticidad, el cual es función de la valoración de los conceptos del apartado 4.
6. Poner en marcha las acciones correctoras de acuerdo con los criterios que se establezcan para los valores del índice de criticidad, tanto en el diseño como en el proceso.
7. Realizar una nueva valoración para ver si las acciones tomadas han sido positivas y el nuevo índice de criticidad está dentro de los valores considerados aceptables.

Independientemente del tipo de análisis de criticidad realizado la clasificación del equipo, proceso u operación.

7.1.3 Análisis de Riesgos "Matrices de Riesgo"

Las matrices de riesgo constituyen un utilísimo formato de presentación del riesgo que permite, al igual que los índices compuestos de riesgo, presentar el riesgo considerando distintos tipos de impacto en las consecuencias (impacto económico, en seguridad, ambiental, pérdida de reputación, entre otros). Generalmente, las matrices de riesgo muestran en un eje las consecuencias de un evento no deseado, y en el otro eje su probabilidad o frecuencia.

Matrices de Riesgo Semicuantitativas:

La figura 7.1 muestra un típico arreglo de una matriz de riesgo 4x4 semicuantitativa. Puede verse en la figura que el eje de la probabilidad o frecuencia se divide en rangos calificados como Alto, Medio, Bajo y Remoto; y de igual manera se dividen las consecuencias en rangos calificados como Grave; Substancial, Marginal o Insignificante. Estos rangos deben asociarse a valores numéricos para estudios cuantitativos y/o a descripciones muy claras para el caso de estudios semicuantitativos.

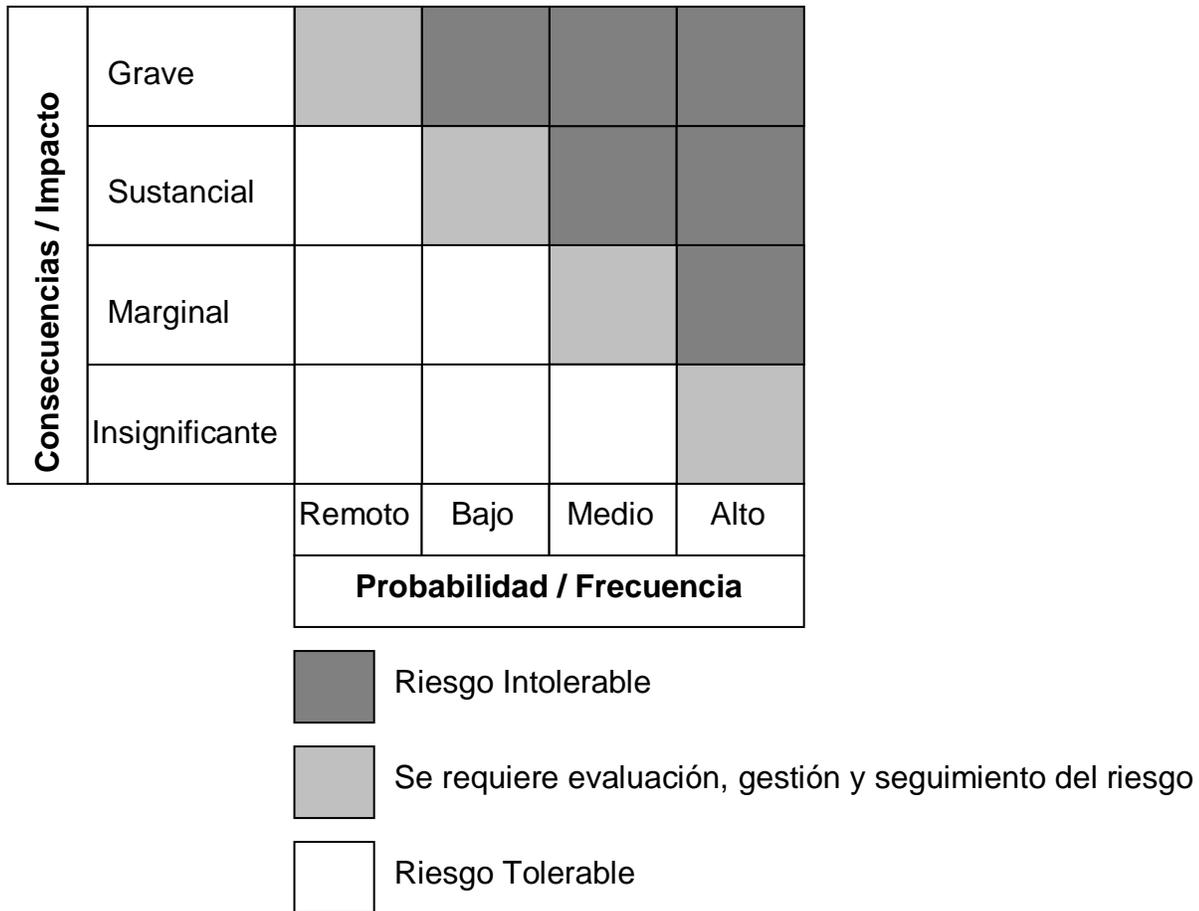


Figura 7.1 Matriz de Riesgo semicuantitativa

7.1.4 Metodología de Confiabilidad “NORSOK”

Las normas de NORSOK han sido desarrollada por la industria de petróleo noruega para asegurar la adecuada seguridad, agregar valor y establecer costos efectivos, para los futuros y existentes desarrollos de la industria del petróleo. Estos estándares de NORSOK han sido preparados para complementar las normas internacionales disponibles y satisfacer la necesidad de la industria de petróleo noruega. La preparación y publicación de los estándares NORSOK son soportados por OLF (Asociación de la industria del Petróleo Noruega) y TBL (Federación de Industrias Manufacturera Noruegas). Los estándares de NORSOK son administrados y publicados por NTS (Centro de Tecnología Noruego).

Objetivo

El propósito del NORSOK STANDARD Z-008, Rev. 2, Nov. 2001 – “Análisis de Criticidad para Propósitos de Mantenimiento” es establecer las bases para el diseño y optimización de

los programas de mantenimiento para plantas de petróleo/gas nuevas y en servicio. Esta norma describe un proceso de trabajo eficiente y racional que genera un programa de mantenimiento optimizado basado en el análisis de riesgo y los principios del análisis costo – riesgo, considerando los riesgos relacionados con:

- Personal.
- Ambiente.
- Pérdida de producción.
- Costos Económicos Directos

Aplicaciones

Este estándar NORSOK es aplicable para propósitos diferentes como:

- Fase de Diseño (Requerimientos iniciales de mantenimiento, identificando fallas ocultas y selección de partes y repuestos).
- Preparación para la operación (Desarrollo de programas de mantenimiento iniciales para la puesta en funcionamiento de sistemas y selección de partes y repuestos).
- Fase Operacional (Optimización de programas de mantenimiento existentes y como guía para priorizar órdenes de trabajo).

Alcance

Este estándar de NORSOK es aplicable para el diseño y optimización de programas de mantenimiento para plantas, sistemas y equipos incluyendo:

- Sistemas de cubierta de instalaciones costa afuera.
- Sistemas de producción submarinos.
- Terminales de petróleo y gas.

Los equipos involucrados son:

- Equipos mecánicos (estáticos y rotativos).
- Instrumentos
- Equipos eléctricos.

Están excluidos del alcance de esta Norma, los siguientes equipos:

- Estructuras de Carga Rodante, Estructuras flotantes, Raisers y gasoductos/oleoductos.

7.2 Clasificación de los activos físicos

Después de realizado el análisis de criticidad se emiten las clasificaciones otorgadas a los equipos, en la tabla 4.1 se muestran varios tipos de clasificación propuestos por diferentes autores.

7.3 Procedimiento para el análisis de criticidad del equipamiento

Evaluada todas las variantes de clasificación expuestas en la literatura especializada que aborda el tema Análisis de Criticidad se debe asumir la clasificación que mejor pueda ser adaptada a la organización.

Para alcanzar la clasificación de cada equipo en las categorías de criticidad enunciadas en el epígrafe anterior, referente a los métodos existentes para la definición del nivel de criticidad del equipamiento, se propone utilizar un algoritmo que logra este objetivo en dependencia del valor de cada una de las variables contenidas en el mismo (ver figura 7.2), las cuales van a caracterizar el entorno operacional en que se desempeña el equipamiento o instalación estudiada. La selección de las variables de decisión contenidas en el algoritmo a utilizar se ha realizado a partir de analizar las similitudes y coincidencias de las propuestas presentadas y de los resultados alcanzados en estudios prácticos efectuados donde se introducen determinadas acepciones para los sistemas de producción continua.

A continuación se definen las variables consideradas en el algoritmo de decisión, así como los posibles efectos (niveles) que, ante un fallo del equipamiento, se pueden presentar en cada una de ellas.

Seguridad: capacidad del fallo de ocasionar daño a las personas que se encuentran en la zona donde opera el equipo o en general al medio ambiente.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca efectos graves sobre los operarios y/o sobre el medio ambiente.

Nivel 2: el fallo del equipo trae consigo riesgos para los operarios y/o para el medio ambiente.

En la tabla 7.2 se muestran las características a considerar en estos dos niveles.

Nivel 3: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente.

Tabla 7.2 Características de los niveles de la variable Seguridad

	Medio ambiente	Operarios
Efectos graves	-El fallo provoca afectaciones al medio ambiente que, además, pueden ocasionar enfermedades a los operarios que laboran en el área. - El fallo ocasiona una contaminación fuera de las especificaciones permisibles.	- El fallo causa la muerte del operario. - El fallo inhabilita totalmente al operario para seguir laborando.
Riesgos	- Las consecuencias del fallo provocan alguna contaminación medioambiental pero dentro de los límites permisibles.	- Las consecuencias del fallo pueden causar algunos de los riesgos definidos en la empresa sin llegar a causar efectos graves en el operario.

Calidad: nivel de afectación a la calidad del producto que conlleva el fallo del equipo.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca producciones defectuosas sin posibilidades de reprocesamiento.

Nivel 2: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado.

Nivel 3: el fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto.

Régimen de trabajo: cantidad de tiempo que opera el equipo en la jornada de trabajo.

Para llevar a cabo la clasificación de esta variable se propone emplear el criterio “tasa de utilización (tu)”, el cual puede agravar o reducir la incidencia del fallo sobre la misma.

Nivel 1: el equipo es utilizado intensivamente

Nivel 2: el equipo es utilizado medianamente

Nivel 3: el equipo es de uso ocasional o de baja utilización

Afectaciones: se asocia al efecto del fallo del equipo en el proceso y su capacidad de interrumpirlo de forma total o parcial.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción/servicio.

Esta situación se puede ocasionar cuando se presenta alguna de las situaciones siguientes:

- El fallo del equipo inhabilita al equipo o a la instalación.
- El fallo se presenta en el equipo limitante de la planta o en un equipo de una línea de producción continua.

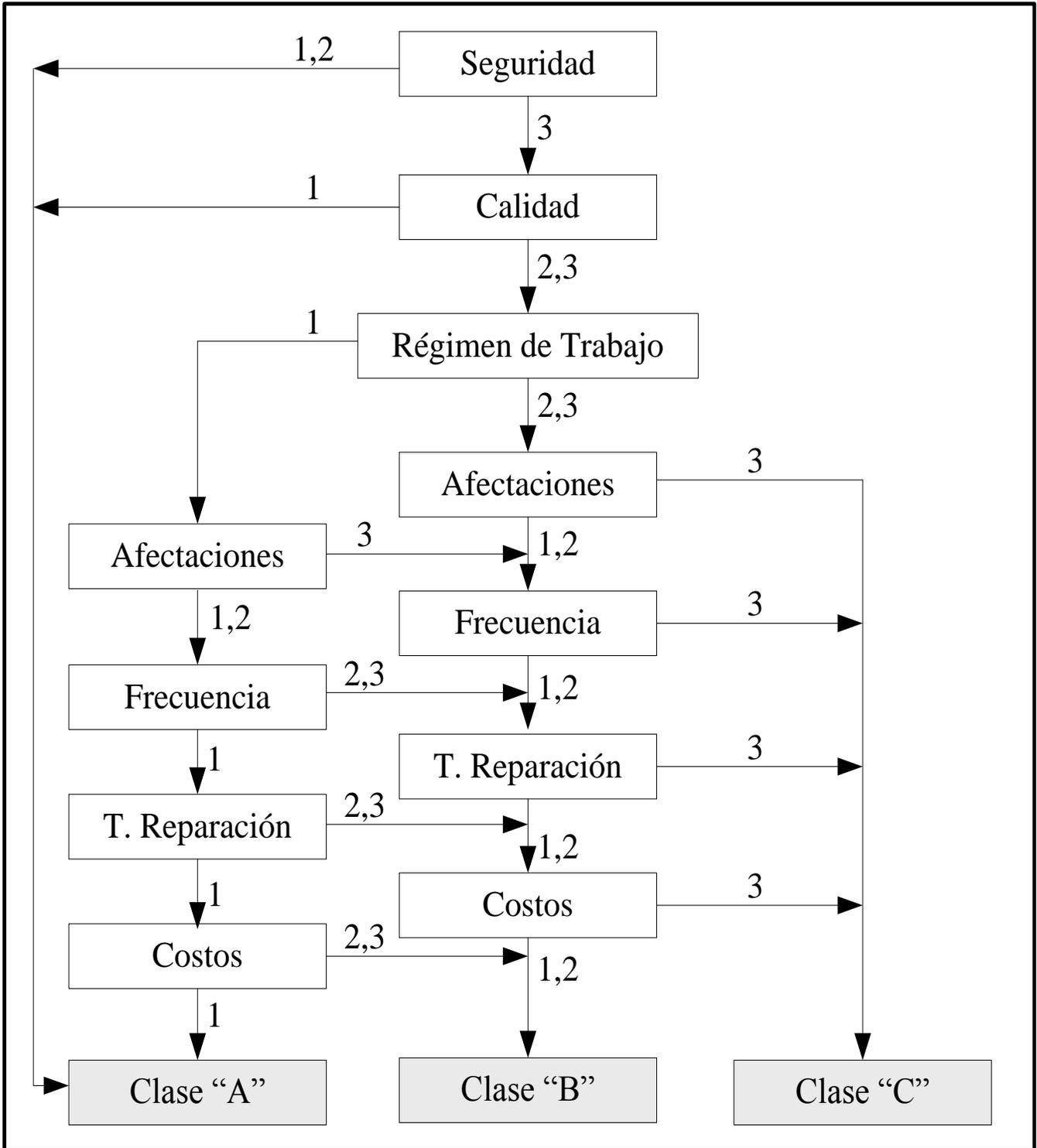


Figura 7.2 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipamiento

- El equipo que falla es redundante y existe la probabilidad de un fallo múltiple. La probabilidad de que se produzca un fallo múltiple durante un período dado está regida por la situación donde falla el equipo de reserva (B) mientras el equipo base (A) aún se encuentra averiado, o sea, el Tiempo Medio Para Reparación del equipo base (A) es mayor que el Tiempo Medio Entre Fallos del equipo de reserva (B) [$TMPR_A > TMEF_B$]. En los casos donde exista más de un equipo de reserva se realizaría este análisis a través del tratamiento que se le da a las configuraciones stand by con múltiples máquinas.

Nivel 2: el fallo del equipo provoca la interrupción de un sistema o unidad importante.

Nivel 3: el fallo del equipo no afecta la producción/servicio.

Esta situación se puede ocasionar cuando ocurre alguna de las situaciones siguientes:

- El fallo se presenta en un equipo auxiliar o en un equipo cuyo nivel de utilización es medio o bajo (posee capacidad suficiente para reestablecer el fallo sin afectar el resultado final de la producción/servicio).
- El fallo se presenta en un equipo redundante y su falla no afecta el proceso de producción/servicio. Esta situación se presenta cuando el Tiempo Medio Para Reparación del equipo base (A) es menor que el Tiempo Medio Entre Fallos del equipo de reserva (B) [$TMPR_A < MEF_B$], o sea, el equipo de reserva asume la producción mientras al equipo base se le reestablecen sus condiciones de funcionamiento. En los casos donde exista más de un equipo de reserva se realizaría este análisis a través del tratamiento que se le da a las configuraciones stand by con múltiples máquinas.

Frecuencia de fallos: cantidad de fallos de cualquier componente del sistema por período de utilización (fallos/unidad de tiempo).

Para la evaluación de esta variable se utilizará el indicador “tasa de fallos (λ)”, la cual está dada por el número de fallos que se generan en un determinado período (se recomienda utilizar el período de un año).

Nivel 1: muchas paradas ocasionadas por los fallos.

Nivel 2: paradas ocasionales.

Nivel 3: paradas poco frecuentes.

Tiempo de reparación: tiempo necesario para reparar el fallo.

Nivel 1: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado

Nivel 2: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado

Nivel 3: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño

Costo de reparación (Cr): costo asociado a la reposición del estado de funcionamiento del elemento que ha fallado (costo del fallo)

Nivel 1: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado

Nivel 2: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado

Nivel 3: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño

En la definición del intervalo característico de cada nivel se tomará un año como período de tiempo para el cálculo de los diferentes parámetros (C_r , t_u , λ , TMEF, TMPR) que caracterizan a cada variable.

Un elemento importante a considerar cuando se realizan análisis de este tipo, relativos al equipamiento productivo, lo constituye el tipo de producción continua dado que en estos sistemas es necesario analizar la línea de producción como una sola máquina debido a la interdependencia y sincronización que existe entre los diversos equipos que la conforman, pues el fallo de uno de ellos causa la parada total del proceso sin importar la posición que ocupe en la línea, a menos que se disponga de unidades de reserva para cubrir los picos de demanda. Estas características de la producción continua van a surtir efectos en varias de las variables del algoritmo presentado, dígame: régimen de trabajo, afectaciones, calidad y frecuencia.

La evaluación de cada variable precisa que la empresa disponga de un sistema de estadística de fallos fiable, lo cual permitirá realizar cálculos “exactos y absolutos”; sin embargo, desde el punto de vista práctico, dado que pocas veces se dispone de una data histórica de excelente calidad, el análisis de criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cuál sería la condición más favorable, así como la condición menos favorable de cada uno de los criterios a evaluar.

7.4 Aspecto claves

- Al análisis de criticidad de los activos físicos se le confiere gran importancia en las organizaciones porque permite mantener clasificado los activos físicos dependiendo de su importancia para lograr los objetivos.
- El análisis de criticidad tiene cualidades multicriteriales ya que depende de un grupo de variables para emitir un resultado.

- A partir de un método se para determinar la criticidad se puede definir el tipo de mantenimiento a aplicar para cada activo físico.
- El análisis de criticidad puede no ser efectivo cuando se trate de equipos con dependencias entre ellos, ya que varios equipos con criticidad baja pudieran conformar un conjunto que defina el funcionamiento de la organización en caso de fallos múltiples.

7.5 Preguntas del capítulo

1. Defina la importancia conferida al análisis de criticidad de los activos físicos. Argumente.
2. Diga cuál es el objetivo fundamental del análisis de criticidad de los activos físicos.
3. Diga qué variables o aspectos de deben tener en cuenta para realizar análisis de criticidad.
4. Realice un análisis de las metodologías propuestas para el análisis de criticidad y exponga las principales semejanzas y diferencias que estas presentan.
5. Realice la clasificación de un grupo de activos físicos apoyándose en el procedimiento desarrollado en el epígrafe 7.3.

7.6 Experiencias en el análisis de criticidad de del equipamiento

Con la aplicación de este procedimiento se obtiene la clasificación del activo físico apoyándose en diferentes variables como seguridad y medio ambiente, afectaciones, calidad, costo de reparación, etc. Lo que permite tener clasificado los activos físicos y a partir de esa clasificación enfocar la gestión del mantenimiento para cada uno.

7.6.1 Aplicación del procedimiento para análisis de criticidad en una empresa “Confitera”

Una empresa “Confitera” perteneciente a la Unión Confitera, subordinada al Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL), inició sus actividades con el objetivo de producir y comercializar de forma mayorista productos de panadería, galletería, repostería, mezclas físicas, pastas y cremas alimenticias, refrescos instantáneos, caramelos y confitería en general, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior.

El análisis de criticidad que se realizó en la empresa estudiada fue sobre la base del trabajo con las variables propuestas en el procedimiento (ver epígrafe 7.3) y el nivel de criticidad que se otorgará se define como Clase A, B y C.

Línea de caramelo

1. Clasificación del tacho precocinador

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios pero trae consecuencias negativas al medio ambiente (nivel 2)

Calidad: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado (nivel 2)

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado durante la jornada laboral en la precocción del caramelo y su tasa de utilización es mayor a la media de la línea productiva ($8.5 > 8.35$: nivel 1)

Afectaciones: la parada de este equipo repercute en la continuidad del resto de los equipos, es decir, la rotura paraliza la línea completamente (nivel 1)

Frecuencia: la tasa de fallo es alta, o sea, es mayor que la media de la línea ($53 > 20.44$: nivel 1)

Tiempo de reparación: el tiempo de reparación es pequeño, ya que es menor que la mitad de la media de la línea ($1.40 > 1.23$: nivel 3)

Costo de reparación: el costo de reparación es alto, o sea, es mayor que la media de la línea ($172.55 > 72.44$: nivel 1)

A partir del comportamiento observado, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como “**Clase A**”.

Subsistema de mantenimiento propuesto (primera prioridad)

Mantenimiento preventivo con base en la condición.

2. Clasificación de la cortadora envolvedora

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3)

Calidad: el fallo del equipo afecta la calidad del producto, pero es posible su reprocesamiento (nivel 2)

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado durante toda la jornada de trabajo, su tasa de utilización es mayor que la media de la línea productiva ($8.5 > 8.35$: nivel 1).

Afectaciones: la parada de este equipo solamente afecta una parte de la línea de producción (nivel 2).

Frecuencia: la tasa de fallos se comporta en un rango intermedio ($20.44 \geq 19 \geq 10.22$: nivel 2)

Tiempo de reparación: el tiempo de reparación es medio, o sea, es menor a la media pero mayor que la mitad de la media de la línea ($2.79 \geq 1.58 \geq 1.40$: nivel 2)

Costo de reparación: el costo de reparación es alto; su valor numérico es mayor que la media de la línea ($97.1 > 72.44$: nivel 1)

Al considerar el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, el mismo se clasifica como “**Clase B**”.

Subsistema de mantenimiento propuesto

Mantenimiento preventivo con base en la condición.

3. Clasificación de la basteonadora

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3)

Calidad: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado (nivel 2)

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado durante toda la jornada de trabajo, o sea, su tasa de utilización es mayor a la media de la línea productiva ($8.5 > 8.35$: nivel 1)

Afectaciones: la parada de este equipo repercute en el funcionamiento del resto de la línea (nivel 2)

Frecuencia: la tasa de fallo es baja, o sea, es menor que la mitad de la media en la línea ($10.22 > 9$: nivel 3)

Tiempo de reparación: el tiempo de reparación es medio pues es menor que la media y mayor a la mitad de la media de la línea ($2.79 \geq 2.72 \geq 1.40$: nivel 2)

Costo de reparación: el costo de reparación es bajo, o sea, es menor que la mitad de la media de la línea ($36.22 > 20.15$: nivel 3)

Si se tiene en cuenta el comportamiento del equipo en función de las variables del algoritmo de decisión, su criticidad se clasifica como “**Clase C**”.

Subsistema de mantenimiento propuesto

Mantenimiento preventivo basado en el tiempo.

En la tabla 7.3 se muestra el resto de los equipos de la línea productiva con la clasificación obtenida.

Línea de Sorbeto

4. Clasificación de la "Turbo mezcladora"

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3)

Calidad: el fallo del equipo afecta la calidad del producto sin posibilidades de reprocesamiento (nivel 1)

Régimen de trabajo: la tasa de utilización del equipo es alta al ser mayor que la media de la línea ($8.5 > 7.92$: nivel 1)

Afectaciones: la parada de este equipo repercute en el resto de la línea (nivel 1)

Frecuencia: la tasa de fallo es baja, ya que es menor que la mitad de la media de la línea ($17.25 > 5$: nivel 3)

Tiempo de reparación: el tiempo de reparación es alto; o sea, es mayor que la media de la línea ($3.2 > 1.77$: nivel 1)

Costo de reparación: el costo de reparación es bajo, pues es menor que la mitad de la media de la línea ($29.81 > 22.54$: nivel 3)

Al analizar el comportamiento del equipo en función de las variables del algoritmo de decisión, el mismo se clasifica como “**Clase A**”.

Subsistema de mantenimiento propuesto

Mantenimiento preventivo con base en la condición.

5. Clasificación de la untadora de crema

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3)

Calidad: el fallo del equipo no afecta la calidad del producto (nivel 3)

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensamente durante la jornada de trabajo, su utilización es mayor a la media de la línea ($8.5 > 7.92$: nivel 1)

Afectaciones: el fallo de este equipo afecta solo la mitad de la línea (nivel 2)

Frecuencia: la tasa de fallo es pequeña, o sea, es menor que la mitad de la media de la línea ($17.25 > 10$: nivel 3)

Tiempo de reparación: el tiempo de reparación es alto, su valor es superior a la media de la línea ($2.1 > 1.77$: nivel 1)

Costo de reparación: el costo de reparación se considera medio pues es menor a la media y mayor a la mitad de la media de la línea ($59.62 \geq 36.24 \geq 29.81$: nivel 2)

Si se analiza el comportamiento del equipo en función de las variables del algoritmo de decisión, el mismo se clasifica como “**Clase B**”.

Subsistema de mantenimiento propuesto

Mantenimiento preventivo con base en la condición.

6. Clasificación del Panel de enfriamiento

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3)

Calidad: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero es posible su reprocesamiento (nivel 2)

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado durante toda la jornada de trabajo, o sea, su tasa de utilización es mayor a la media de la línea productiva ($8.5 > 7.92$: nivel 1)

Afectaciones: el fallo de este equipo afecta una parte de la línea (nivel 2)

Frecuencia: la tasa de fallo es alta, su valor es mayor que la media de la línea ($17.25 > 11$: nivel 3)

Tiempo de reparación: el tiempo de reparación es medio pues es menor que la media y mayor que la mitad de la media de la línea ($1.77 \geq 1.05 \geq 0.88$: nivel 2)

Costo de reparación: el costo de reparación es medio, es menor que la media y mayor que la mitad de la media de la línea ($29.81 > 22.38$: nivel 3)

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo en función de las variables del algoritmo de decisión, el mismo se clasifica como “**Clase C**”.

Subsistema de mantenimiento propuesto

Mantenimiento contra avería.

En la tabla 7.4 se muestra el resto de los equipos de la línea productiva con la clasificación obtenida.

Tabla 7.3 Clasificación de los equipos de la línea productiva de Caramelo

Equipos	Línea de Caramelo.																					Clase	Tipo de fallo	Sistema de mantenimiento propuesto
	Seguridad			Calidad			Régimen de Trabajo			Afectaciones			Frecuencia			Tiempo de Reparac.			Costo de Reparac.					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Compresor sobreo		X		X			X			X				X		X			X			A	APF	1,4
Caldera		X			X		X			X				X		X			X			A	PFD	1,2,4
Tacho precosinador		X			X		X			X				X					X	X		A	APF	1,4
Tacho cosinador		X			X		X			X				X					X	X		A	APF	1,4
Estiradora de pastas			X		X				X	X					X				X		X	C	APF	3
Basteonadora			X		X		X				X				X		X				X	C	PFD	2,3
Egalisadora			X		X		X				X				X		X				X	C	PFD	2,3
Nagama			X		X		X				X			X			X		X	X		B	PFD	1,2,3,4
Robema			X			X	X				X		X				X		X	X		B	APF	3,4

Tabla 7.4 Clasificación de los equipos de la línea productiva de Sorbeto

Equipos	Línea de Sorbeto																					Clase	Tipo de fallo	Sistema de mantenimiento propuesto	
	Seguridad			Calidad			Régimen de Trabajo			Afectaciones			Frecuencia			Tiempo de Reparac.			Costo de Reparac.						
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Molino de azúcar		X				X			X	X					X		X					X	A	APF	1,4
Tubo cremadora			X			X	X			X				X				X			X		C	PFD	2,3
Turbo mezcladora			X	X			X			X				X	X							X	A	PFD	1,2,4
Horno automático			X	X			X			X	X			X			X			X			A	PFD	1,2,4
Panel de enfriamiento			X		X		X			X				X		X						X	C	APF	3
Untadora de crema			X			X	X			X				X	X					X			B	PFD	1,2,3,4
Estera receptora			X		X		X			X				X		X						X	C	APF	3
Estera transportadora			X		X		X			X				X		X						X	C	APF	3
Compresor de frío		X				X	X				X			X	X							X	A	APF	1,4
Maquina de corte			X		X		X			X			X					X	X				B	PFD	1,2,3,4
Maquina empaquetadora			X		X		X			X	X				X		X						B	PFD	1,2,3,4
Funel de frío			X			X	X				X			X		X						X	C	APF	3

Referencias

1. A.E.M., (1995) *El mantenimiento en España. Asociación española de mantenimiento.* Barcelona.
2. Achanga, P. et al. (2006) Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17, No. 4, pp. 460-471.
3. Aduvire Osvaldo y otros. (1994). "Relación entre mantenimiento y vida útil de maquinaria en minería". *Revista Mantenimiento.* marzo, pp. 23-30. España
4. Aladon. (1998) "Curso de Formación de tres días en RCM".Versión 2. *SQL Systems Caribbean.* N.V., U.S.A.
5. Alfonso Llanes, A. et al. (2008d) *Propuesta de procedimiento para la realización del análisis de criticidad del equipamiento productivo en la empresa.* Informe de Investigación Terminada. Fondos de la biblioteca "Chiqui Gómez Lubián", código 658. 27/Alf/P. UCLV, Santa Clara, Cuba.
6. Alsayouf, I. (2004) *Cost Effective Maintenance for Competitive Advantages.* Tesis Doctoral. Universidad de Vaxjo, Suecia.
7. Appelbaum, S. H. y Steed, A. J., (2005) The critical success factors in the client-consulting relationship. *Journal of Management Development*, Vol. 24, No. 1, pp. 68-93.
8. Benaim, S. et al. (1994) *Mantenimiento de edificios para la salud.* Buenos Aires, Argentina, OPS, CAM.
9. Borda, J. (1998) Creación de un mantenimiento avanzado y beligerante. *Revista Mantenimiento*, No. 81, Enero-Febrero, pp. 31. España
10. Borroto Pentón, Y. (2005). *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara.* Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
11. CAM (1995) Estado actual del mantenimiento en Argentina. *Comité Argentino de Mantenimiento (CAM).* pp. 7.

12. Cardoso de Moraes, V. (2004) *Metodologia de priorização de equipamentos médico-hospitalares em programas de manutenção preventiva*. Tesis de Maestría. Universidad de Campinas. Brasil.
13. Caridad, H.J. y Aguirre, E. (2002). *Organización y control industrial*. Cesarini Hnos. Editores.
14. Carrazana Lagares, Guillermo.(1998). *Perfeccionamiento del Sistema de mantenimiento de la Planta de tejeduría*. Tesis de Maestría. UCLV, Santa Clara, Cuba.
15. De la Paz Martínez, E. M. (1996). *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma"*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
16. De la Paz Martínez, E. M. (2000). *Curso de Mantenimiento Hospitalario*. Diplomado de garantía de Calidad de los servicios de salud. UCLV, Santa Clara, Cuba.
17. Díaz Crespo, J. R. (2005) “Los Factores Críticos de Éxito: una herramienta esencial para la dirección por objetivos”. *Centro de Estudios de Técnicas de Dirección*. Universidad de La Habana. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/canales5/ger/loesencial.htm> (Consultado el 04 de enero de 2009)
18. Duening, T. N. y Click, R. L. [2005] *Essentials of Business Process Outsourcing*. New Jersey, USA. Editorial John Wiley & Sons
19. Fabro, E. [2003] *Modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processo*. Tesis de Maestría. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
20. Huerta Mendoza, R [2001] “El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional”. *Revista Club de Mantenimiento*, No. 6. Disponible en: http://www.confabilidad.net/art_05/RCM/rcm_8.pdf (Consultado el 21 de enero de 2009).
21. Keskar, H. [2004] *Supplier Selection Metrics and Methodology*. Tesis de maestría. Universidad de Cincinnati. USA.
22. Kowalski, K.B. y Swanson, J.A. [2005] “Critical success factors in developing teleworking programs”. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 12, No. 3, pp. 236-249.

23. Moubray, J. (1997) "Reliability-Centered Maintenance", Edition Second. USA. Industrial Press Inc.
24. Mousavi, S. S. et al., (2009) *A Hybrid Fuzzy Group Decision Making and Factor Analysis for Selecting Maintenance Strategy*. Islamic Azad University-Tehran South Branch, Iran.
25. Mural S., (2006) Calcolo di criticità delle macchine di un petrolchimico. *MANUTENZIONE, Tecnica e Management*, Septiembre pp. 27-30.
26. Norwegian Technology Centre (2001) *NORSOK STANDARD, Criticality analysis for maintenance purposes*. Oslo, Norway.
27. Parida, A. [2006] *Development of a Multi-criteria Hierarchical Framework for Maintenance Performance Measurement. Concepts, Issues and Challenges*. Tesis Doctoral. University of Technology, Luleå, Suecia.
28. Yañes Medina, M. (2005) *Lectura complementaria No. 1 "Análisis de criticidad"*. México

Capítulo 8

Tercerización del Mantenimiento

Capítulo 8. Tercerización del mantenimiento

El éxito de cualquier empresa se ha convertido, ahora más que nunca, en un desafío permanente. En estos momentos las organizaciones precisan racionalizar sus recursos, redefinir sus operaciones y funcionar con estructuras más flexibles a fin de que puedan adaptarse rápidamente a las nuevas herramientas de gestión, todo ello orientado a mantener sus productos y servicios con las especificaciones que exija el cliente y la competencia.

Una decisión a considerar, que de ser necesaria su ejecución contribuye de manera favorable al cumplimiento de las metas empresariales es la tercerización o outsourcing de funciones, en especial las que puedan constituir un elemento limitante dentro de la organización. Una tarea que en muchas ocasiones es necesario evaluar su externalización es el mantenimiento. Para esa evaluación se tienen en cuenta muchos aspectos, los que deben ser analizados y estudiados a profundidad.

8.1 Generalidades sobre la externalización del mantenimiento

La contratación del mantenimiento es vista en la actualidad como una alternativa viable y efectiva para contribuir al desempeño de la organización, capaz de guiarla en el rumbo del fortalecimiento empresarial, ofreciendo ventajas competitivas que pueden transformarse fácilmente en mejor imagen y mayores utilidades, estando consciente que en las etapas iniciales eleva los costos del mantenimiento.

La tercerización gana importancia en un momento en que las empresas precisan racionalizar sus recursos, redefinir sus operaciones, y funcionar con estructuras más flexibles. Asimismo, ella se presenta como uno de los instrumentos de auxilio a la reestructuración organizacional, y al incremento de la productividad y la competitividad. La externalización comienza cuando las empresas detectan que las actividades de un nivel secundario empezaron a consumir sus escasos recursos, y tomaron tiempo e inversión de sus actividades clave. Entonces se ve la tercerización como una vía de disminuir la carga y riesgo de estas actividades auxiliares y de permitir a la empresa concentrarse en su negocio principal.

La literatura consultada ofrece una gran cantidad de definiciones referidas a la externalización de funciones de una organización. Algunas guardan gran similitud, otras no tanto pero todas convergen en los mismos aspectos.

La tercerización “se realiza a partir de una decisión estratégica que tiene implícita la contratación externa de determinadas actividades o funciones empresariales evaluadas como no críticas y que son importantes para la fabricación de bienes o la servucción por medio de acuerdos o contratos con empresas de elevada capacidad y competitividad para desarrollar esas actividades o funciones empresariales, con el objetivo de alcanzar ventajas competitivas”.

La externalización de funciones o actividades siempre está unida a los resultados que serán percibidos y en qué medida estos resultados contribuirán al cumplimiento de las metas empresariales. En la figura 8.1 se muestran las diferentes perspectivas que debe favorecer la externalización.

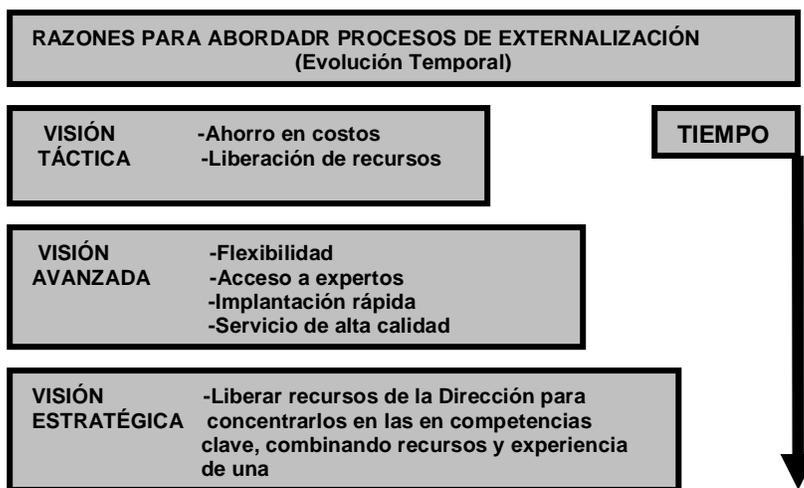


Figura 8.1: Razones para abordar procesos de externalización. Fuente: Gonzáles Fernández (2007).

Enfocados en estas perspectivas o visiones se pueden definir un grupo de aspectos positivos que influyen en el cumplimiento de las metas empresariales, los mismos son presentados en el apartado siguiente.

8.2 Ventajas asociadas a la Tercerización

El proceso de externalización de actividades y funciones de mantenimiento ofrece ventajas que pueden ser vistas como situaciones que se eliminan.

- Tareas complejas de ejecutar y difíciles de controlar: en esta situación las ventajas obtenidas están enfocadas en la capacidad del personal contratado para ejecutar la

acción sin invertir recursos de la empresa. El control se limita a verificar el cumplimiento de la tarea contratada.

- Limitaciones de recursos: desde esta perspectiva la empresa no tiene que invertir tiempo y dinero para adquirir herramientas, repuestos, lubricantes, etc., que sean necesarios para la ejecución del mantenimiento, estas tareas pasan a la empresa que presta el servicio.
- Reducción de costos de operación: la empresa que ha contratado la actividad de mantenimiento ya no debe preocuparse por los costos adicionales que puedan surgir, esto parece un poco contradictorio pero al contratar el mantenimiento se establecen el tipo de mantenimiento a aplicar, tiempo entre cada actividad, costos, etc. Si la empresa que presta el servicio no cumple con lo contratado o simplemente el equipo se rompe y se debe aplicar una medida correctiva, los costos asociados van a la cuenta de la empresa contratada, de lo contrario estos gastos extras irían al costo de mantenimiento.
- Reducir el capital inmovilizado: la tenencia de piezas de repuesto, lubricantes, herramientas, etc., representa un costo de inventario que en no pocas ocasiones es bastante elevado. Al externalizar el mantenimiento estos stocks son llevados por los proveedores del servicio, reduciendo así el costo de almacenamiento de forma paralela al capital inmovilizado.
- Utilización de los recursos humanos: al externalizar la actividad de mantenimiento se libera fuerza de trabajo que puede ser reorganizada dentro de la empresa para mejorar los procesos clave o dejarla disponible, lo que constituye un ahorro también de capital.
- Riesgos: los riesgos están presentes en todas las funciones empresariales, al contratar el mantenimiento se comparten y cada cual evita los que le competen. Para que estos riesgos se compartan de manera adecuada se establecen contratos win to win (ganar-ganar), que dejan definidos los peligros a que están expuestas la empresas involucradas.
- Introducción de nuevas tecnologías: las empresas que se dedican a prestar este tipo de servicio están más relacionadas con las nuevas tecnologías e innovaciones que se pueden ir realizando para evitar caer en un punto donde la obsolescencia se convierta en un problema para la organización.

- Mejora de la gestión: al tener menos funciones los directivos pueden centrar sus esfuerzos en los procesos clave de la empresa y centrar el trabajo de los técnicos de mantenimiento en la mejora del mismo desde un punto de vista más global.

8.3 Mitos respecto a la tercerización del mantenimiento

La idea de que el mantenimiento es viable para la tercerización ha provocado algunas preocupaciones obvias y una amplia variedad de mitos. Las dudas básicamente tienen dos vertientes: una interna, relacionada con la cultura propia de la empresa y su posibilidad de introducir cambios en su estructura; y otra externa, relacionada con el insuficiente conocimiento que se posee acerca del concepto y facilidades de la tercerización. Estas preocupaciones son muy reales, pero generalmente se fundamentan en la percepción y no en la realidad. A continuación se presentan los mitos más comunes dictados en la literatura:

1. El mantenimiento del equipamiento productivo es demasiado importante para someterlo a la tercerización, debe realizarse con medios propios.
2. Tercerizar el mantenimiento sería admitir la incapacidad interna.
3. Se perderá el control sobre la actividad de mantenimiento si se somete a la tercerización.
4. Si el desempeño del mantenimiento a través de la tercerización es infructuoso, toda la especialización y experiencia que existían en la organización se habrá perdido. Será difícil restablecer una organización interna de mantenimiento.
5. El mantenimiento puede mejorarse más rápidamente si se desarrolla internamente.
6. La tercerización del mantenimiento aumentará los costos significativamente.

Una perspectiva que puede ayudar a superar estos mitos y a tomar una decisión más informada al tercerizar el mantenimiento se brinda a continuación.

El pensamiento estratégico actual ya no asocia “importante” con “hacerlo internamente” dado que no pueden desarrollarse con recursos propios todas las actividades clasificadas como importantes. No hay dudas de que el mantenimiento puede mejorarse si se utilizan los recursos internos pero la mayoría de las empresas no poseen todos los medios necesarios para implementar las mejores prácticas de la gestión de esta función. Por consiguiente, si en una organización el mantenimiento no va a recibir la atención necesaria para establecer y sostener las buenas prácticas, y se reconoce que es sumamente importante, entonces la tercerización debe ser una estrategia a considerar.

Alcanzar la excelencia en el mantenimiento es un objetivo extremadamente difícil ya que exige el desempeño exitoso de siete elementos fundamentales (fuerza de trabajo, liderazgo, piezas de repuesto, herramientas y tecnología, procesos y costos). Una empresa no puede dirigirse solamente a uno o dos desafíos y luego a otros porque ellos se interrelacionan entre sí. Por consiguiente, si el mantenimiento va a ser mejorado, ya sea internamente o a través de contratación, todos sus elementos deben dirigirse de manera relativamente simultánea.

La tercerización puede aumentar ligeramente los gastos a corto plazo debido a que los contratistas deben realizar los cambios requeridos para comenzar la mejora del mantenimiento; sin embargo, los contratistas deben demostrar el reembolso a largo plazo que se asociará con la inversión a corto plazo. La realidad es que un adecuado mantenimiento siempre reducirá el costo total de producción de una planta al garantizar que el equipamiento cumpla con sus funciones en el momento requerido.

Es completamente cierto que con el uso de la contratación se pierde el control de algunas actividades de mantenimiento; sin embargo, el control de los resultados se mejorará significativamente. Los contratistas deben ser capaces de presentar los datos y la marcha de los indicadores de desempeño acordados que permitan justificar su contrato y demostrar que se está logrando la mejora continua. Cuando se terceriza a contratistas competentes hay una ganancia significativa en el control global del mantenimiento.

Cuando se asume la responsabilidad de tercerizar el mantenimiento en una planta, la mayoría de los contratistas utilizarán la mano de obra existente en la ejecución o apoyo de sus deberes, entonces, dado que el personal existente es utilizado, su especialización y experiencia aumentarán al adquirir nuevas habilidades, que se revierten en beneficios para la empresa.

8.4 Procedimientos para realizar la tercerización

El establecimiento de las relaciones de tercerización constituye un proceso de toma de decisiones que por su trascendencia estratégica para la empresa requiere que se le preste la máxima atención por parte de la Alta Dirección de la entidad. Una metodología práctica para establecer un proyecto de tercerización incluye la combinación de todos los recursos de la empresa (tecnológicos, humanos y financieros).

Existe un grupo de preguntas básicas que se deben formular las empresas al considerar la opción de acudir a la tercerización y que están orientadas hacia el proceso que deben seguir hasta su implementación. Dentro de ellas se destacan las siguientes:

- ¿Por qué se acude a la tercerización?
- ¿Qué se está tercerizando?
- ¿Cuáles son las actividades clave que no se deben tercerizar?
- ¿Puede la empresa estar a cargo del proceso de tercerización?
- ¿Cuál es el costo/beneficio proyectado? ¿Cuán seguro se está de esta proyección?
- ¿Cómo se puede obtener el máximo de un convenio de tercerización?
- ¿Se puede recuperar esta actividad internamente al finalizar el contrato?

Se considera que el proceso de desarrollo de la tercerización debe contemplar cinco etapas fundamentales: reconocimiento por la dirección de las necesidades de tercerización, selección de la(s) actividad(es) a tercerizar, selección del proveedor, negociación y establecimiento del contrato y administración de la relación de tercerización. Surgido de un análisis de la literatura, en el anexo 10 se presenta un resumen de los procedimientos encontrados para desarrollar el proceso de tercerización. Las disertaciones principales se encuentran enfocadas a las áreas de: Tecnología de la Información, Logística, Gestión de Recursos Humanos (RRHH), y Servicios Misceláneos (Alimentación, Limpieza, Seguridad). Al realizar un análisis detallado de cada uno de los procedimientos de tercerización identificados en la literatura, se detectaron un grupo de limitaciones. A continuación se presentan las fundamentales:

1. Muchas propuestas están enfocadas al antiguo accionar de comparar las alternativas de comprar vs producir internamente y consideran primordialmente el criterio económico en la toma de decisiones.
2. El planteamiento de las etapas está realizado de manera general. No se presentan especificaciones imprescindibles para llevarlas a la práctica.
3. Aunque la mayoría de las propuestas consideran la etapa de “selección de las actividades a tercerizar”, parten de una decisión ya consumada y no definen las vías, técnicas y herramientas para desarrollar dicha elección. Las propuestas, por lo general, se encuentran enfocadas a la tercerización de áreas o funciones empresariales Distribución, Tecnologías de la Información, Contabilidad, Recursos Humanos,

Mantenimiento), y no presentan especificidades para el caso de actividades dentro de estas áreas.

4. A la hora de tomar la decisión de tercerizar no se considera la explotación de las potencialidades de la organización en esa función o actividad antes de someterla al accionar de un agente externo.

Al analizar las propuestas respecto al proceso de tercerización se observa que coinciden en definir dos elementos como fundamentales. La primera determinación es: ¿Resulta factible la tercerización para una determinada función o actividad del negocio?; la segunda, si la tercerización es factible, ¿Quién puede y debe proveer el servicio?

La selección de qué actividad(es) se someterá(n) a tercerización depende en gran medida del objetivo que persiga la empresa con la tercerización. La finalidad que persiga la entidad con la tercerización también influirá en la selección de los proveedores. Si la intención es obtener mayor especialización, la selección será más rígida. Dada la importancia que revisten estos dos aspectos en el éxito de un proceso de tercerización, se profundizará en ellos en los epígrafes siguientes.

8.4.1 Selección de las actividades candidatas a tercerizar

Si se parte de la teoría de que nadie consigue ser autosuficiente totalmente, sino que tiene que pasar a un contratista especializado las actividades que no son principales, cada empresa buscará ejecutar apenas las actividades de su mayor interés y habilidad, o sea, las que consideran como núcleo de su negocio. Las competencias clave son lo que el cliente percibe como especial, único o extraordinariamente valioso, lo cual contribuye a las relaciones de cambio con determinada organización. Una función puede ser esencial para el éxito del desempeño empresarial y, aún así, no ser neurálgica, lo cual significa que se carecerá de una ventaja comparativa en su provisión, además, son definidas como esas funciones que diferencian a la compañía del resto, proveen acceso potencial a una amplia variedad de mercados y hacen una contribución significativa a los beneficios percibidos por el cliente en el producto y/o servicio ofertado, o sea, son la razón por la cual los consumidores adquieren el producto/servicio.

El autor se identifica con el concepto formulado por Cuesta Santos (2005) donde expone que “por competencias claves de la empresa u organización laboral se entiende un conjunto de características de la organización, de modo fundamental vinculadas a su capital intelectual -

en especial a sus conocimientos, valores y experiencias adquiridas-, asociadas a sus procesos de trabajo esenciales, las cuales como tendencia están causalmente relacionadas con desempeños exitosos de esa organización, correspondiéndose a determinada cultura organizacional”.

De todo el análisis anterior se deduce que la propuesta es someter a la tercerización las funciones “no clave” del negocio; sin embargo, esto trae a colación una nueva dificultad ¿cómo determinar estas actividades?, elemento este poco tratado por los autores que proponen procedimientos a seguir a la hora de llevar a cabo el proceso de tercerización, no obstante a que la gran mayoría de ellos consideran a esta como la etapa primaria en dicho proceso.

Al respecto, varios autores han presentado sus propuestas decidiendo las acciones a tomar al ejecutar una función o actividad determinada. En este sentido coinciden en utilizar una matriz de decisiones de dos dimensiones (ver figura 8.2a). La primera es relativa a si la actividad analizada tiene importancia estratégica o no para la empresa, o sea, considerar si la actividad propuesta a tercerizar contribuye o no a que la organización logre ventajas competitivas estratégicas en el mercado donde se desempeña. La segunda dimensión analiza si la función es competitiva o no, donde se investiga cuán competitivamente está siendo desarrollada la actividad considerada respecto a otras empresas de su sector de mercado.

Otra de las propuestas desarrolladas es en la que se combinan, en una matriz, los factores “potencial para lograr ventajas competitivas” y “grado de vulnerabilidad estratégica ante la tercerización” de la actividad analizada como se muestra en la figura 8.2b. Otra propuesta se sustenta en combinar la contribución que la actividad brinda a las operaciones del negocio y al posicionamiento competitivo del mismo. En la figura 8.2c se muestra la matriz de decisión presentada. La literatura recoge otra matriz de decisión basada en los factores costo, productividad y nivel de criticidad de la actividad analizada (ver figura 8.2d). Finalmente se analizó una propuesta que plantea que esta decisión se debe tomar en dependencia del proceso analizado (si aporta valor o es de soporte) y del nivel de riesgo asociado (ver figura 8.2e).

Se debe realizar una evaluación cuidadosa de la Gestión Integral del Mantenimiento (GIM) en la empresa, mediante un análisis de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas

(análisis DAFO), que le permita a los directivos establecer y reconocer con claridad las limitaciones de su organización y centrarse en aquella actividad en la que se considere capaz de tener un margen superior a la media del mercado.

En Cuba, por lo general, se toma la decisión de tercerizar una actividad determinada en función de la disponibilidad de los recursos necesarios y de su economía; accionar este bien parecido al propuesto en la figura 8.2d dado que por una parte se busca incrementar la productividad y por la otra disminuir los costos.

En el epígrafe 8.5 se expone un procedimiento para ejecutar las relaciones de tercerización en el que se presenta una herramienta para realizar la selección de las actividades a tercerizar.

8.4.2 La selección de proveedores. Métodos y criterios utilizados

La selección y evaluación de proveedores es el proceso de identificar los suministradores con mayor potencial para alcanzar consistentemente las necesidades del contratante con un nivel de desempeño aceptable. Uno de los riesgos más importantes de la contratación es que el proveedor seleccionado no tenga las capacidades para cumplir con los objetivos y estándares que la empresa requiere. Este proceso es un clásico problema de toma de decisiones multicriteriales, basado en un número colosal de criterios que pueden ser tanto cualitativos como cuantitativos.

El Outsourcing Institute (2006), al señalar los factores más importantes para una contratación exitosa, insiste en destacar la selección de los proveedores. El 63% de los participantes en una encuesta desarrollada por esta institución estimó que la selección del proveedor correcto es el factor más importante. Los encuestados de pequeñas y medianas compañías consideran que este factor es mucho más importante que la administración subsiguiente de las relaciones de tercerización. En contraste, los representantes de las grandes compañías estiman que la dirección de las relaciones es tan importante como la selección del proveedor apropiado.

Uno de los estudios más completos realizados sobre el tema de selección de proveedores es el presentado por Sonmez (2006) en el cual expone la revisión de 147 artículos publicados entre los años 1985 y 2005 en 54 revistas académicas. El estudio arroja varias tendencias en las disertaciones relativas al tema; específicamente, revela que un gran énfasis ha sido puesto en i) los criterios de decisión y su asociación mediante la asignación de pesos o

niveles de importancia usados para la selección, ii) las herramientas/métodos de toma de decisiones usados y/o propuestos, y iii), más recientemente, en el estudio de los efectos de las relaciones entre las partes, la selección de proveedores internacionales y el empleo del comercio electrónico para este fin.

La selección de proveedores es generalmente considerada por los autores como un proceso de cinco fases: reconocimiento de la necesidad de un nuevo proveedor y definición del problema, determinación y formulación de los criterios de decisión, precalificación, selección final, y monitoreo de los proveedores seleccionados.

Se conoce la existencia de un grupo de elementos que dificultan y limitan este proceso de toma de decisiones, dígame:

- La naturaleza multicriterial del proceso, la cual incluye aspectos cualitativos y cuantitativos que entrañan conflictos entre ellos. La selección de los proveedores consiste en alcanzar el mayor compromiso entre los criterios.
- La consideración de varias alternativas debido a la competencia feroz.
- Las limitaciones internas y externas impuestas en el proceso de negociación.
- La intervención de varias funciones de la empresa. La decisión puede reflejarse en varias áreas de la empresa, como producción, transportación, almacenamiento, compras, etc.

En el caso de las organizaciones cubanas, por lo general, existen dos factores clave que influyen y deciden en la ineficiencia del proceso de selección de proveedores de servicios de mantenimiento, ellos son: el nivel de premura a la hora de tomar la decisión y la falta de cultura e información de los empresarios respecto a este tema. Casi siempre la decisión resulta en contratar a aquellas organizaciones a las que tradicionalmente se recurre o sencillamente las que oriente el Ministerio o fueron creadas dentro de este. Otra limitante lo constituye la ineficiente conciliación con los suministradores durante la negociación del contrato final, ya que ellos exponen condiciones y exigencias a las que las empresas no pueden hacer frente por no contar con otras ofertas (proveedores competentes) o por la urgencia del servicio de mantenimiento que se desea tercerizar. Como resultado, el demandante no podrá conciliar intereses mutuos que beneficien a ambas partes y los contratos finalmente se firman a partir de términos unilaterales.

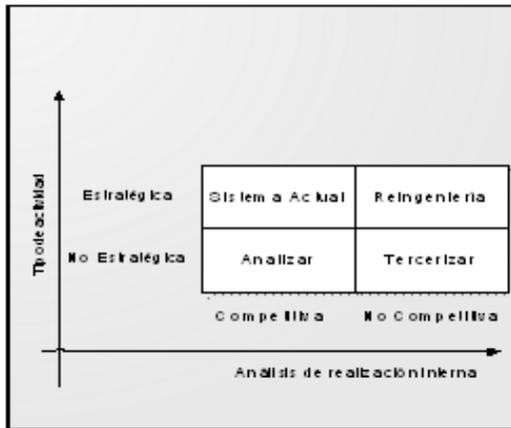


Figura 9.2a
Fuente: Clemons y Hitt, 1997

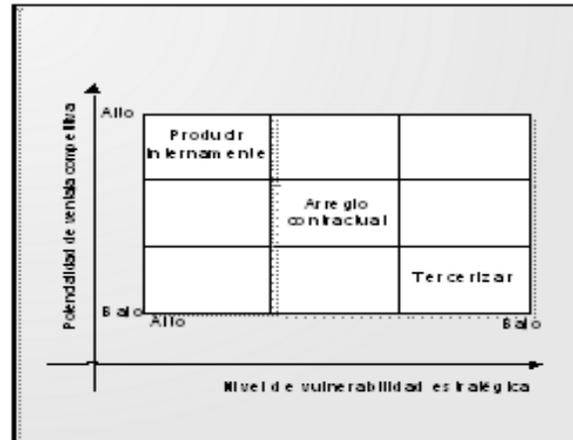


Figura 9.2b
Fuente: Prahalad y Hamel, 1994

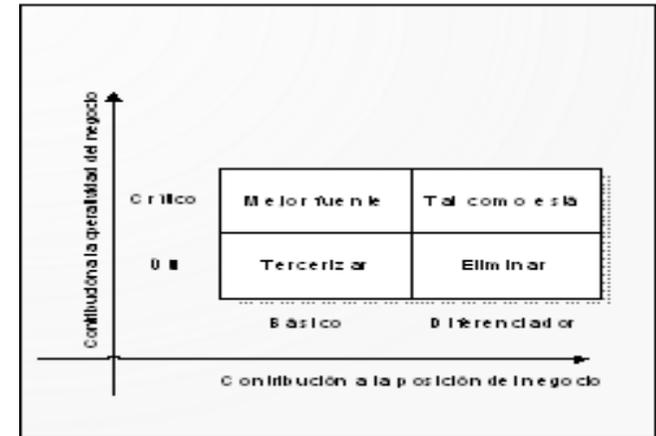


Figura 9.2c
Fuente: Pajula y Puumalainen, 1999

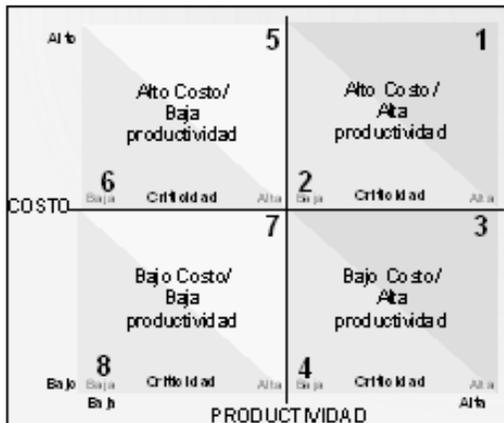


Figura 9.2d
Fuente: Duening y Click, 2005



Figura 9.2e
Fuente: Sieber, Valor y Porta, 2007

Figura 8.2 Matrices de decisión para la selección de las tareas a tercerizar.

Existen dos elementos significativos involucrados en el proceso de selección del proveedor. El primero de ellos es el relativo a los criterios de selección, y el segundo se enfoca a los métodos de selección.

Tabla 8.1 Revisión de los criterios de selección de proveedores

Fuente	Número de criterios
Dickson [1966]	23
Roan y Kiser [1980]	60
Ellram [1990]	18
Stamm Golear [1993]	13
Pudenci Furtado [2005]	45
Mora Gutiérrez, et al. [2008]	45

Criterios de selección

La literatura académica presenta una vasta relación de criterios de selección (ver tabla 8.1); sin embargo, no abarcan con amplitud el contenido sobre sus definiciones individuales. El nivel de importancia de estos criterios

Fuente: indicada en cada caso.

dentro del proceso de selección constituye otro punto a ser observado ya que no existe consenso en cuanto a cómo atribuir los pesos relativos a los mismos para cada empresa o situación específica.

Frecuentemente el proceso de selección se dificulta debido a la existencia de conflictos entre los grupos de criterios elegidos debido a su naturaleza diferente (cuantitativa y cualitativa). El predominio de factores de naturaleza eminentemente cualitativa destaca la importancia de utilizar técnicas de medición adecuadas que minimicen el carácter subjetivo de la evaluación. Este análisis puede exigir que se consideren nuevos criterios y que otros ya existentes sean reordenados.

Muchos investigadores han trabajado esta materia, con vistas a desarrollar modelos para la toma de decisiones, pero existen muy pocos esfuerzos acertados para diseñar indicadores o criterios de selección de proveedores.

Los estudiosos del tema proponen cinco categorías de criterios: estructura y aspectos tecnológicos, comprometimiento y compatibilidad estratégica, aspectos de gestión, competencia, y otros. Se definen cuatro criterios de decisión primaria, estos comprenden: desempeño de los proveedores, capacidades técnicas, posición financiera, y sistemas de calidad. La posición geográfica, la calidad percibida, la flexibilidad del contratista, la excelencia técnica, la dirección, la pericia y experiencia en plantas específicas, y el precio, son buenos ejemplos de factores del desempeño que pueden usarse con este objetivo. La selección de proveedores requiere del análisis de factores tales como los conocimientos e instalaciones necesarias, la capacidad de la planta, la posibilidad de cumplir con los programas de entregas y los costos operacionales. Una encuesta conducida por el Outsourcing Institute (2006), reveló que los nueve criterios de selección de proveedores

más utilizados son: compromiso de calidad, precio, referencia/reputación, términos flexibles del contrato, nivel de recursos, capacidad de generar valor añadido, afinidad cultural, relaciones existentes y proximidad geográfica.

Los criterios fundamentales considerados en las organizaciones cubanas son los siguientes: relación precio - disponibilidad de financiamiento para efectuar el pago, prestigio del proveedor, calidad del servicio, y solidez financiera de estas empresas.

Si bien existe un gran número de trabajos que estudian los criterios a utilizar en el proceso de selección de proveedores, son pocos los que abordan criterios relativos a la seguridad del personal y del medio ambiente, los cuales se han convertido en elementos de extrema importancia en la actualidad debido a los cambios climáticos y al incremento de las amenazas a la seguridad humana y medioambiental.

Métodos de selección

El método escogido es de vital importancia para el desarrollo de todo el proceso de selección y puede tener una influencia significativa en los resultados finales. Es importante entender por qué una empresa utiliza un método de selección, o una combinación de ellos, sobre otros. Tradicionalmente los investigadores de este tema han emprendido la clasificación y agrupamiento de los métodos de selección de proveedores en un amplio número de categorías. En la tabla 8.2 se muestran varias de las clasificaciones encontradas en la literatura.

Tabla 8.2 Clasificación de los métodos de selección de proveedores

Fuente	Clasificación
Liao y Kuhn [2000]	<i>Métodos de ordenamiento (“<u>sorting</u>”)</i> <i>Métodos de selección final</i>
Benyoucef, Ding y Xie [2003]	<i>Métodos de eliminación</i> <i>Métodos de optimización</i> • Sin restricciones • Sujeto a restricciones <i>Métodos Probabilísticos</i>
Aamer [2005]	<i>Métodos de clasificación (“<u>rating</u>”)</i> <i>Métodos matemáticos</i> <i>Métodos híbridos</i>
Pudenci Furtado [2005]	<i>Métodos de distribución lineal de pesos</i> <i>Métodos de programación matemática</i> <i>Métodos de abordaje estadístico</i>
Sonmez [2006]	<i>La técnica de toma de decisiones multicriterial</i> <i>La programación matemática</i> <i>Los sistemas expertos e inteligencia artificial</i> <i>El análisis estadístico multivariado</i> <i>Otros métodos</i>

Sonmez [2006], en su estudio de 147 artículos, publicados entre los años 1985 y 2005, expone los métodos de selección encontrados en los mismos, agrupados según las cinco categorías por él definidas (ver tabla 8.3).

Al analizar la literatura se puede observar que en la práctica los procedimientos simples poseen mayor preferencia. En contraste, los métodos más complejos son usados por un número comparativamente menor de empresas. En el caso cubano aún es pobre el empleo de estos métodos para llevar a cabo la selección de proveedores, el más empleado es el AHP (Analytic Hierarchy Process).

Tabla 8.3 Lista y clasificación de los métodos de toma de decisiones

Categoría	Métodos
Sistema Expertos e Inteligencia Artificial	Redes neuronales Razonamiento basado en la causa Redes de creencia Bayesiana
Programación Matemática	Método basado en el costo total Método del Costo Total de Pertenencia Programación no lineal Programación entera mixta Programación lineal Programación entera Heurísticas Programación meta Programación multi-objetivo Análisis de Envoltura de Datos (DEA)
Multicriteriales	AHP (" <u>Analytic Hierarchy Process</u> ") Métodos de superioridad (" <u>outranking</u> ") Teoría de Utilidad Multi-Atributo (MAUT: " <u>Multiple Attribute Utility Theory</u> ") Punto de importancia lineal Modelación de juicio Modelación estructural interpretativa Método categórico Conjuntos borrosos (" <u>fuzzy</u> ")
Análisis Estadístico Multivariado	Modelación de ecuación estructural Análisis del componente principal Análisis factorial Método del intervalo de confianza
Otros técnicas de toma de decisiones	Toma de decisiones en grupo Métodos múltiples

Fuente: Sonmez [2006].

8.5 Procedimiento para la tercerización del mantenimiento basado en Factores Críticos de Éxito (FCE)

El desarrollo de procedimientos capaces de soportar el proceso de toma de decisiones respecto a la tercerización de funciones empresariales, facilita el delicado trabajo de selección de actividades candidatas a la externalización y definir los posibles proveedores del servicio contratado. En este epígrafe se muestra un procedimiento desarrollado por

Alfonso Llanes (2009) para soportar la toma de decisiones relativas a la tercerización del mantenimiento.

Las premisas para la aplicación del procedimiento son las siguientes:

1. Que la organización posea autonomía para realizar la selección de las actividades que considere factible tercerizar, así como para escoger los proveedores de estos servicios.
2. La participación y patrocinio de la alta dirección como fuente de ideas y de impulso al proyecto (se reconozca la tercerización como filosofía para alcanzar las metas del área de mantenimiento ante la imposibilidad de lograrlas con recursos propios).
3. El compromiso de los trabajadores involucrados en la toma de decisiones relativa a la tercerización de la ejecución de determinadas actividades de mantenimiento.
4. La disponibilidad de especialistas, ya sean internos o externos, con las competencias necesarias para realizar el diagnóstico interno de la gestión del mantenimiento en la organización, la definición de los FCEM y el análisis de las capacidades reales de los posibles proveedores de los servicios de mantenimiento a tercerizar.

8.5.1 Diseño del procedimiento general para la toma de decisiones relativa a la tercerización de la ejecución del mantenimiento

El procedimiento general se deberá ver como un conjunto de herramientas, las cuales deben ser personalizadas para satisfacer las necesidades del proyecto de tercerización bajo consideración; el mismo comienza con la definición de los elementos generales necesarios para garantizar su desarrollo (selección del equipo de trabajo principal, caracterización del área de mantenimiento, definición de presupuestos), luego se pasa a determinar las tareas de mantenimiento candidatas a tercerizar, posteriormente se seleccionan los proveedores que prestarán el servicio que se ha decidido tercerizar y se instituyen los elementos necesarios para el establecimiento del contrato final; se concluye con el planteamiento de las directivas a considerar durante la administración de la relación de tercerización.

Este procedimiento (ver figura 8.3) se ha estructurado en cinco fases generales estrechamente vinculadas y con interacciones durante su ejecución, que implican, a su vez, un conjunto de 17 etapas con sus pasos y acciones correspondientes. A continuación se describen cada una de las fases y sus etapas de forma detallada.

8.5.1.1 Fase 1: Inicio o preparación

Esta fase incluye dos etapas: la conformación y organización del equipo de trabajo y la definición del presupuesto del proyecto de tercerización.

Etapas 1 Conformar y organizar el equipo de trabajo

El primer paso de todo el proceso lo constituye la conformación del equipo de trabajo que se encargará de liderar y ejecutar la aplicación del procedimiento general. Para ello se seleccionan, como miembros, a especialistas con conocimientos generales sobre tercerización (de ser necesario se realizará la capacitación de los expertos involucrados en las técnicas y métodos a emplear), y se establece el plan de trabajo del equipo. Los miembros tienen que ser capaces de llevar a cabo las tareas siguientes:

- 1) Organizar y dirigir el accionar de los grupos de trabajo específicos que se conformen en determinadas etapas del procedimiento.
- 2) Recopilar la información necesaria para desarrollar cada una de las etapas del procedimiento.
- 3) Realizar los análisis incluidos en cada etapa, así como aplicar el software que se considere necesario.

Etapas 2 Definir el presupuesto del proyecto

En esta etapa se define el presupuesto necesario para el desarrollo del procedimiento, donde se puntualizan los recursos que de manera general son necesarios durante la aplicación del mismo.

8.5.1.2 Fase 2: Seleccionar la(s) tarea(s) de mantenimiento a tercerizar

En esta fase primeramente se realiza una caracterización general del área de mantenimiento de la organización bajo estudio, luego se definen los Factores Críticos de Éxito y los indicadores asociados de la función de mantenimiento, posteriormente se realizan comparaciones sucesivas del comportamiento actual y el mejorado (una vez superadas las reservas existentes) de estos factores respecto al desempeño necesario en función de la meta de dicha área dentro de la empresa y ello arroja decisiones relativas a la necesidad de tercerizar o no la ejecución de determinada tarea de mantenimiento. En la

figura 8.4 se muestra el procedimiento específico para el desarrollo de esta fase y a continuación se describen cada una de las etapas que lo conforman.

Etapas 3 Caracterizar el área de mantenimiento de la empresa

El primer aspecto a desarrollar en esta fase lo constituye la caracterización del área de mantenimiento de la organización. Para ello se propone realizar los aspectos que se detallan a continuación.

3.1 Describir el área de mantenimiento

En esta caracterización se detallan las generalidades del área de mantenimiento: misión, objetivos, estructura organizativa, dependencias del departamento, plantilla de personal, políticas empleadas y la gestión de los repuestos.

3.2 Realizar el levantamiento de planta

Este apartado persigue caracterizar detalladamente el equipamiento cuyo mantenimiento puede ser sometido a la tercerización. Este levantamiento debe comprender los elementos que se detallan a continuación:

- Nombre y modelo del equipo.
- Código del equipo y de los elementos o mecanismos que lo conforman.
- Proveedor del equipo, su dirección, número telefónico, e-mail.
- Fecha de compra y de instalación.
- Función(es).
- Fallos funcionales (cómo puede fallar cada elemento).
- Modo de fallo (causa del fallo).
- Efectos de cada fallo (qué sucede cuando ocurre un fallo).
- Clasificación de los fallos.
- Duración y frecuencia de cada fallo funcional.
- Calificación y cantidad de los especialistas necesarios para la reparación de cada fallo funcional.
- Necesidad o no de servicios de terceros en la actualidad.
- Causas de la tercerización del mantenimiento, así como los proveedores del servicio.
- Costo de la reparación de cada fallo funcional.

1.3 Diagnosticar la gestión del mantenimiento

En este paso se realiza un diagnóstico de la gestión de manteniendo para obtener un resultado que permita analizar el desempeño de esta. El procedimiento para realizar estas

evaluaciones del mantenimiento está descrito en el Capítulo IX Auditoría de Mantenimiento.

Etapas 4 Identificar los FCEM y los indicadores asociados

Cuando se comienza a valorar la alternativa de tercerización del mantenimiento la primera pregunta que se deben hacer los responsables de esta función es cómo se medirá el desempeño. Para determinar la “mejor medida”, inicialmente se tienen que determinar los requerimientos (objetivos que se pretenden alcanzar) del sistema en cuestión.

Esta etapa consiste en establecer aquellos factores que se deben considerar en la Gestión del Mantenimiento porque resultan vitales para alcanzar las metas de la organización, o sea, son elementos cuyo desempeño condiciona el papel del Mantenimiento dentro del logro de los objetivos empresariales. Los FCEM son considerados como los portadores de mejora y su comportamiento permite comprobar si el área de Mantenimiento se encuentra alcanzando los resultados que se le exigen.

Es necesario realizar algunas observaciones generales en relación con los FCEM que se deben seleccionar:

- Cada factor abarcará una dimensión o faceta única del problema de decisión.
- Todos los factores, en sentido general, se considerarán suficientes para propósitos de toma de decisiones en materia de tercerización

El establecimiento de los FCEM es el resultado de la aplicación de técnicas de trabajo en grupo que permiten nivelar y homologar criterios para establecer prioridades y focalizar el esfuerzo a partir de la información obtenida hasta el momento, en especial los objetivos estratégicos de la organización. Con su definición se garantizan los parámetros más efectivos a evaluar, tanto en la propia función de mantenimiento de la empresa como, en caso de decidir la tercerización, en los proveedores del servicio.

Los expertos a participar en el proceso de selección de los FCEM deben representar a aquellas áreas que mayor relación presentan en la práctica con el área de mantenimiento, además de los especialistas propios de la misma. Para la determinación y selección de los expertos que conforman el grupo de trabajo encargado de desarrollar esta etapa se propone el empleo del procedimiento presentado por Hurtado de Mendoza Fernández [2003]. Posteriormente se pudieran llevar a cabo entrevistas específicas con el fin de enriquecer cuestiones determinadas relacionadas con cada FCEM identificado.

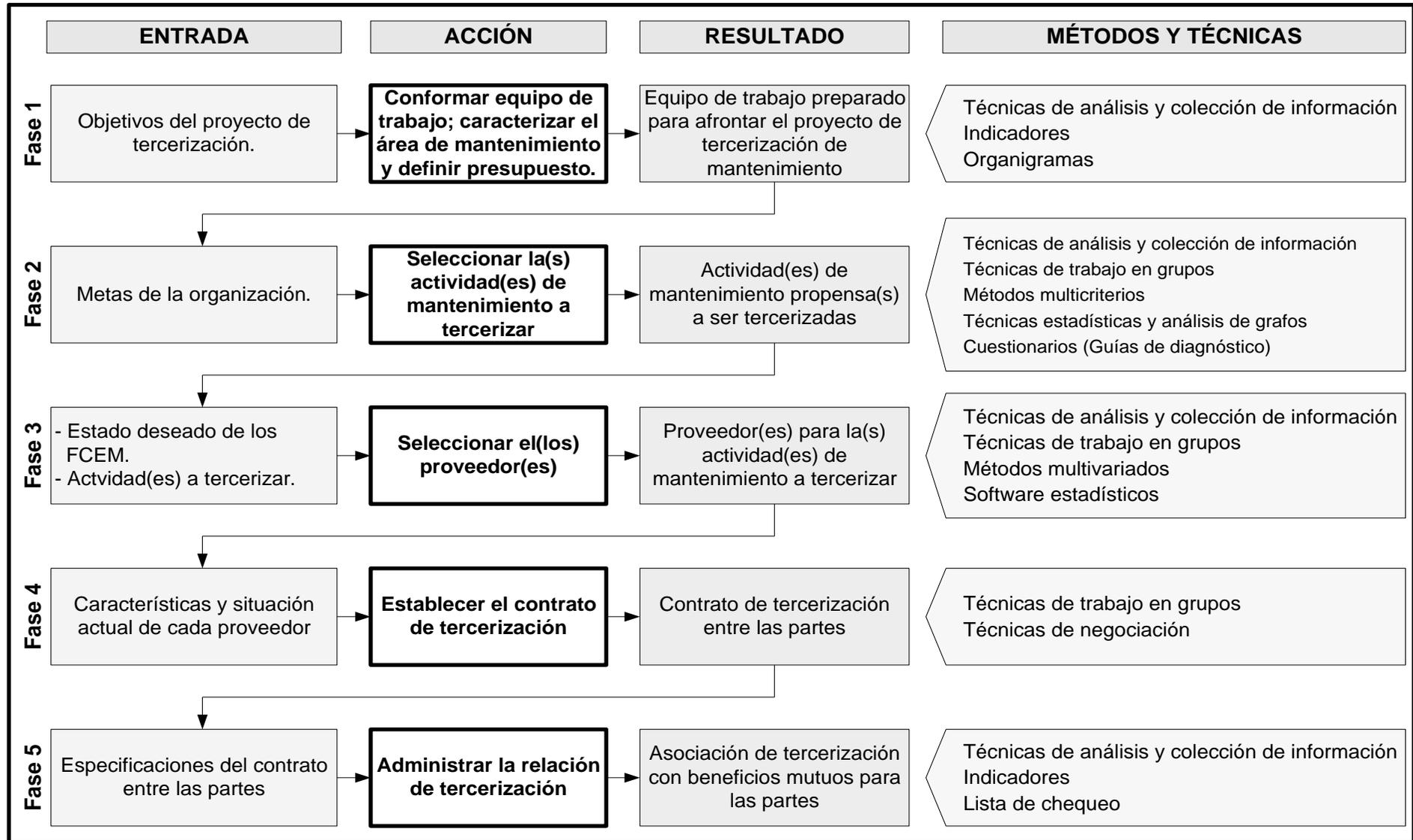


figura 8.3 Procedimiento general para la toma de decisiones concerniente a la tercerización de la ejecución del mantenimiento en organizaciones cubanas

En esta etapa, a partir de los objetivos empresariales, se define la misión del área (subdivisión, planta o taller) y luego se realiza el desdoblamiento de los objetivos y directrices del departamento de Mantenimiento, para finalizar con el establecimiento de los FCE que garantizan el logro de estos objetivos, así como los indicadores de desempeño que caracterizan a los factores de naturaleza subjetiva con vistas a lograr su cuantificación.

Aunque la aplicación de este paso puede arrojar resultados diferentes en dependencia de las condiciones concretas de cada una de las organizaciones objeto de estudio, el autor considera, a partir de su experiencia práctica y del criterio de expertos consultados, tanto del área académica como de la producción, que existe un grupo de factores que no deben dejar de considerarse en un análisis de este tipo, dígame: seguridad de los trabajadores, disponibilidad, costo y seguridad medioambiental.

Etapa 5 Determinar el peso (importancia relativa) de los FCEM para cada equipo analizado

No todos los FCEM contemplados tendrán la misma importancia en cuanto a la consecución de los objetivos generales del servicio que se analiza o con respecto al resultado general del área de Mantenimiento en cada uno de los equipos.

- Este paso se realiza con el objetivo de poder definir el nivel de importancia (jerarquía relativa) de cada FCEM dentro del logro de las metas del área para cada equipo que se esté analizando.

Etapa 6 Determinar el nivel de criticidad del equipamiento

Dado el nivel de significación que posee el grado de importancia de los equipos a la hora de evaluar la posible tercerización de la ejecución de alguna(s) de las tareas de mantenimiento realizadas en los mismos, se hace necesario determinar el nivel de criticidad de cada uno de los equipos. Para obtener el nivel de criticidad se debe aplicar el procedimiento propuesto en el Capítulo VIII Análisis de criticidad de los activos físicos. Además en el anexo 11 se muestran las características de otros procedimiento encontrados en la literatura.

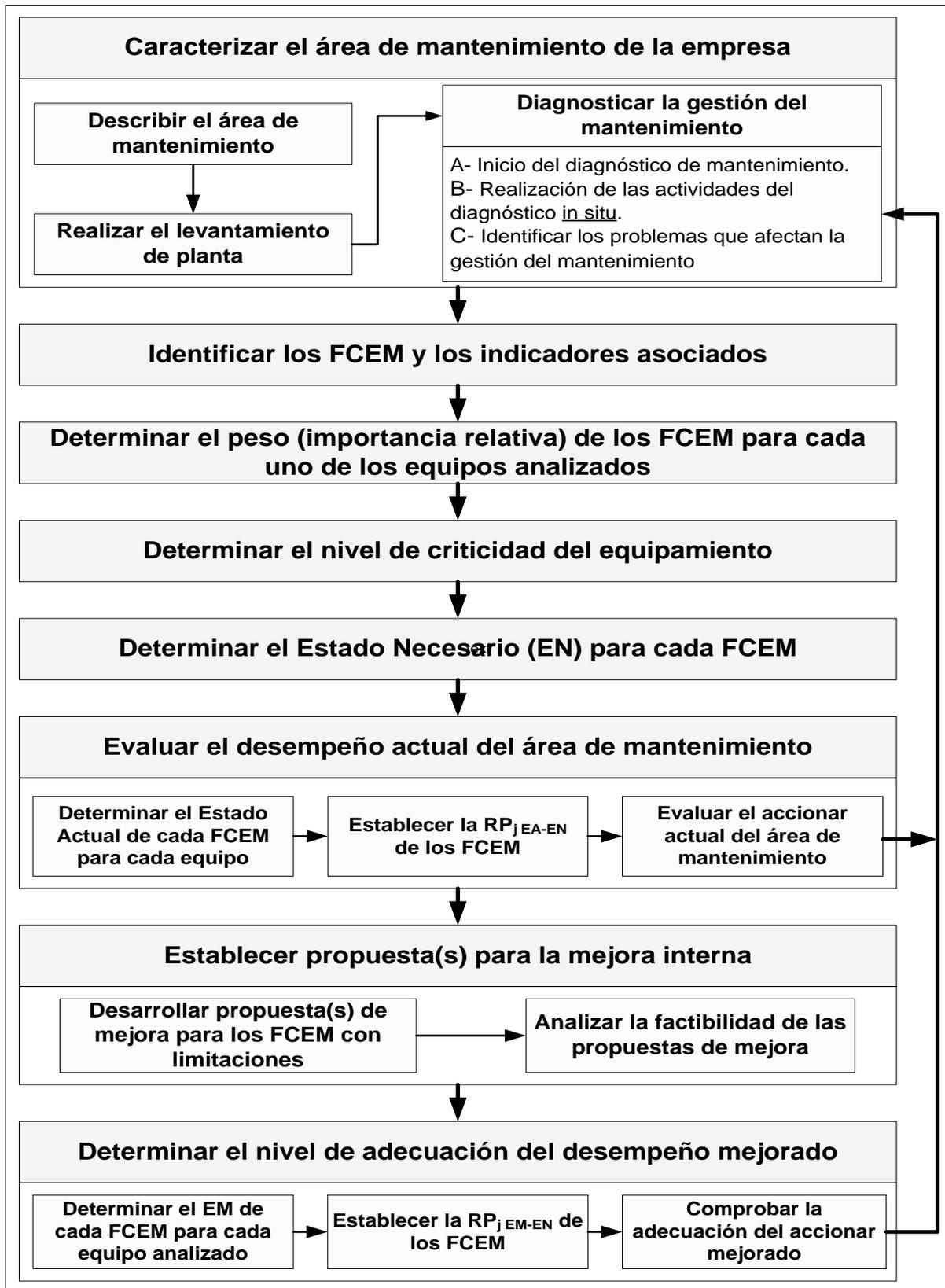


Figura 8.4 Procedimiento para la selección de la(s) tarea(s) de mantenimiento a tercerizar

Etapa 7 Determinar el Estado Necesario (EN) para cada FCEM

Esta etapa tiene como objetivo determinar el valor que se necesita alcanzar para cada FCEM de manera que se garanticen las metas propuestas por el área de Mantenimiento. Para ello, a partir de los objetivos generales del área de Mantenimiento, de las expresiones definidas en la etapa cuatro y del nivel de criticidad de cada equipo (según resultados de la etapa anterior), se cuantifica el estado necesario de cada factor para cada equipo estudiado.

Etapa 8 Evaluar el desempeño actual del área de Mantenimiento

Esta etapa persigue comprobar en qué medida el accionar actual de la empresa está acorde con los resultados que le son exigidos para garantizar que se cumplan los objetivos de la organización. Para realizar este análisis se deben llevar a cabo los pasos que se detallan a continuación.

Paso 1. Determinar el estado actual (EA) de cada FCEM para cada equipo analizado

En este paso, a partir de las expresiones definidas en la etapa cuatro y de lo obtenido en el diagnóstico realizado en la etapa tres, se cuantifica el estado actual de los FCEM para cada equipo estudiado.

Paso 2. Establecer la relación ponderada entre el estado actual y el necesario (RP_{jEA-EN}) de los FCEM

En este paso se expresa la relación ponderada entre el valor obtenido actualmente en la organización para cada FCEM y el valor deseado de estos. Esta relación se establece como se muestra en la expresión 8.1.

$$RP_{jEA-EN} = \sum_{i=1}^m \left[p_{ij} \left(\frac{EA_{ij}}{EN_{ij}} \right)^{n(i)} \right] \quad (8.1)$$

$n(i) \in \{-1;1\}$

$n(i) = -1$ si el comportamiento deseado del factor “i” es su disminución

$n(i) = 1$ si el comportamiento deseado del factor “i” es su incremento

Donde:

RP_{jEA-EN} : relación ponderada entre el estado actual y el necesario de los FCEM en el equipo “j”

p_{ij} : nivel de importancia relativa (peso) del FCEM “i” en el equipo “j”.

EA_{ij} : estado actual del FCEM “i” en el equipo “j”

EN_{ij} : estado necesario del FCEM “i” en el equipo “j”

m: número de FCEM definidos

Se deben señalar varios elementos a tener presente cuando se establece esta relación ponderada:

- A la hora de decidir el valor del estado actual de cada FCEM a colocar en la relación ponderada se debe tener en cuenta lo siguiente:

Quando la tendencia deseada del FCEM medido es maximizar:

- i. Si $EA_{ij} > EN_{ij}$ entonces se tomará $EA_{ij} = EN_{ij}$.
- ii. Si $EA_{ij} \leq EN_{ij}$ entonces se tomará el valor calculado

Quando la tendencia deseada del FCEM medido es minimizar:

- i. Si $EA_{ij} < EN_{ij}$ entonces se tomará $EA_{ij} = EN_{ij}$
- ii. Si $EA_{ij} \geq EN_{ij}$ entonces se tomará el valor calculado

- Si para alguno(s) de los FCEM definidos, el elemento que se encuentre en el denominador de la relación (EA_{ij} ó EN_{ij}) obtiene un valor nulo, se colocará la letra “P” en su lugar como representante de un valor muy pequeño para evitar indefinir dicho cociente.

La adecuación presentada en la viñeta “i” de estas situaciones tiene como objetivo evitar que un sobre cumplimiento en alguno de los FCEM mitigue un posible incumplimiento en otro factor.

Paso 3. Evaluar el accionar actual del área de Mantenimiento

En este paso, primeramente el equipo de trabajo debe definir el intervalo de aceptación del estado necesario $[a;1]$. El autor considera que para la definición del valor del límite inferior del intervalo de aceptación (a)¹ se deben tener en cuenta la combinación de los elementos siguientes:

- Nivel de criticidad del equipo analizado. El valor de “a” variará de manera directa al nivel de criticidad. A medida que el equipo se haga más crítico (clase A) los valores de “a” se acercarán más a uno (1).
- Grado de precisión con que se ha realizado la estimación del estado necesario de cada factor, o sea, que se hayan utilizado métodos científicos para apoyar la estimación y no meramente la intuición y la experiencia.

¹ El límite inferior del intervalo de aceptación para $RP_{j EA-EN}$ (a) tomará valores entre 0 y 1.
Manual de Gestión de Mantenimiento

- Nivel de cumplimiento actual del estado necesario para cada factor en correspondencia con su nivel de importancia (p_i). Se asignará un valor de “a” más elevado siempre que el cumplimiento del EN de los FCEM de mayor importancia relativa (p_i) sea bajo, o sea, se serrará más el intervalo si no hay un desempeño adecuado en los FCEM de mayor peso.
- Nivel de flexibilidad permisible considerada por parte de los miembros del equipo de trabajo.

Posteriormente se decidirá como sigue:

- Si $a \leq RP_{j_{EA-EN}} \leq 1$, se cumplen las metas de mantenimiento. No tercerizar. De manera periódica se diagnosticará la gestión del mantenimiento y se evaluará el desempeño del área de mantenimiento (etapa 8).
- Si $0 < RP_{j_{EA-EN}} < a$, no se alcanzan las metas de mantenimiento. Establecer propuesta(s) para la mejora interna.

Etapas 9 Establecer propuesta(s) para la mejora interna

Una vez que la empresa ha comprobado que es incapaz de alcanzar las metas trazadas para el área de mantenimiento con el accionar que ha venido desempeñando, entonces debe trazar propuestas de mejora que le permitan explotar las reservas que aún posee. Esta etapa se genera bajo la filosofía de que la empresa debe aprovechar, siempre que sea factible, las capacidades que ya tiene instaladas con vistas a lograr recuperar los gastos que las mismas ocasionan (principalmente los gastos fijos). Para desarrollar esta etapa se propone llevar a cabo los pasos siguientes.

Paso 1 Presentar propuesta(s) de mejora para los FCEM con limitaciones

Una vez que el sistema de gestión de mantenimiento no ha alcanzado el nivel de desempeño necesario se deberá pasar al perfeccionamiento de los factores que lo están limitando. Es en este momento donde el equipo de diagnóstico, de conjunto con los especialistas encargados del proyecto de tercerización, acomete la tarea de elaborar las políticas, prácticas y acciones de mantenimiento necesarios para intervenir sobre los problemas detectados. En este sentido, a partir del grado de incoherencia detectado entre el desempeño actual del área de mantenimiento y el nivel que se espera obtener en aras de alcanzar las metas empresariales, se procederá a definir las proyecciones que deberá

implementar la empresa con el objetivo de alcanzar el nivel necesario en aquellos elementos de las guías de diagnóstico (ver anexo 14 del Capítulo IX) cuyo desempeño resultó ser deficiente. Resulta importante destacar que sólo se establecerán las propuestas que podrá acometer la empresa con los recursos que posee, o sea, sin acudir a fuentes externas.

Paso 2 Analizar la factibilidad de las propuestas de mejora

Una vez definidas las propuestas para la mitigación o eliminación de las limitaciones detectadas en el diagnóstico se hace necesario determinar si la organización cuenta con los recursos para llevarlas a vías de hecho y si se consideran factibles de aplicación. Las políticas y/o programas de mejora que impliquen algún tipo de desembolso financiero deberán ser analizadas, de manera tal que sólo se acometerán aquellas que resulten posibles y factibles. Esta factibilidad se puede evaluar a través de herramientas de análisis económico-financiero, sobre todo en aquellos casos que requieren desembolsos capitalizables a través de proyectos de inversión. Pérez Campaña [2005] referencia un grupo de herramientas utilizadas para este fin.

Etapas 10 Determinar el nivel de adecuación del desempeño mejorado

Esta etapa persigue comprobar en qué medida la(s) propuesta(s) de mejora establecida(s) ha(n) permitido alcanzar un desempeño acorde con los resultados esperados del área de mantenimiento dentro de la organización. Para realizar este análisis se deben llevar a cabo los pasos que se detallan a continuación:

Paso 1. Determinar el Estado Mejorado (EM) de cada FCEM para cada equipo analizado

En este paso se determina el efecto que las propuestas de mejora causan sobre cada una de las variables que caracterizan a los FCEM, para luego realizar la determinación del Estado Mejorado de éstos.

Cada acción a tomar con respecto a las problemáticas detectadas en la gestión del mantenimiento tendrá un efecto longitudinal sobre las restantes. Las propuestas de mejora y el conjunto de variables asociadas (aquellas de las que la decisión es causa) caracterizan un estado particular de los FCEM. Siendo de esta manera, las decisiones pueden representarse utilizando el formalismo de la gramática de grafos [Aracil, 1995]. Así, las acciones de mejora definen un grafo donde las aristas representan las decisiones

tomadas y los nodos, la cuantificación del efecto sobre las variables del sistema. Para un grupo de decisiones (aristas del grafo), se tendrá un conjunto de nodos que caracterizan el estado alcanzado por cada una de las variables. En la figura 8.8 se muestra el comportamiento que se describe.

Para la cuantificación de los efectos de cada conjunto de decisiones (valor de las variables en los nodos de la red) pueden seguirse dos enfoques diferentes y complementarios: si se dispone de datos históricos se utilizarían éstos para obtener la(s) distribución(es) que mejor ajuste ofrece(n); en el caso contrario, puede utilizarse a un grupo de expertos (trabajo por rondas) que caractericen el comportamiento de la variable y a partir de esta información,

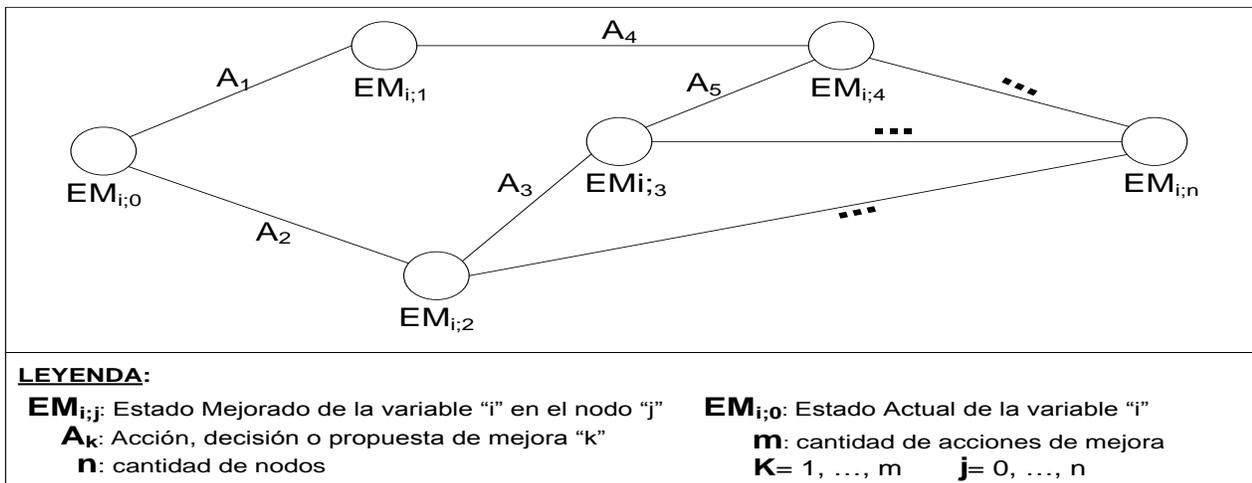


Figura 8.5 Grafo que representa la transición del Estado Actual al Estado Mejorado de las variables características de los FCEM

utilizar la distribución que verifique en sus propiedades el mayor número de coincidencias para el comportamiento descrito. Una vez establecidos los efectos sobre cada una de las variables, entonces se podrá determinar el estado mejorado de los FCEM que ellas caracterizan utilizando las expresiones decididas en la etapa tres.

Paso 2. Establecer la Relación Ponderada entre el Estado Mejorado y el Necesario (RP_{j EM-EN}) de los FCEM

En este paso se expresa la relación ponderada entre el valor obtenido para cada FCEM luego de establecidas las propuestas de mejora en la organización y el valor deseado de estos. Esta relación se establece como se muestra en la expresión 8.2.

$$RP_{jEM-EN} = \sum_{i=1}^m \left[p_{ij} \left(\frac{EM_{ij}}{EN_{ij}} \right)^{n(i)} \right] \quad (8.2)$$

$n(i) \in \{-1;1\}$

$n(i) = -1$ si el comportamiento deseado del factor “i” es su disminución

$n(i) = 1$ si el comportamiento deseado del factor “i” es su incremento

Donde:

RP_{jEM-EN} : relación ponderada del estado mejorado y el necesario de los FCEM en el equipo “j”

EM_{ij} : estado mejorado del FCEM “i” en el equipo “j”

A la hora de establecer esta relación se deben tener en cuenta los mismos elementos definidos en el caso de la relación ponderada entre el estado actual y el necesario (RP_{jEA-EN}) de los FCEM, adaptados al caso del estado mejorado.

Paso 3. Comprobar la adecuación del accionar luego de establecidas las mejoras

El análisis de la adecuación del accionar luego de establecida(s) la(s) estrategia(s) de mejora(s) permitirá conocer las verdaderas potencialidades de la entidad utilizando sus propios recursos, o sea, posibilitará establecer hasta dónde es posible optimizar el desempeño del área de mantenimiento sin acudir a los servicios de terceros. Para evaluar el nivel de adecuación se utilizará el intervalo de aceptación del estado necesario $[a;1]$ y se establecerá la toma de decisiones como sigue:

- Si $a \leq RP_{jEM-EN} \leq 1$, no será necesario contar con nuevas fuentes de servicios. De manera periódica se diagnosticará la gestión del mantenimiento y se evaluará el desempeño del área de mantenimiento (etapa 8).
- Si $0 < RP_{jEM-EN} < a$, es necesario tercerizar. Ir a la fase de selección de proveedores.

Como se ha podido observar en este paso, puede darse el caso de que la organización no necesite acudir a los servicios de terceros para cumplimentar sus objetivos. Sin embargo, no obstante a que la empresa cuente con las capacidades necesarias para alcanzar el desempeño deseado en la función de mantenimiento, siempre resulta beneficioso realizar la comparación de los elementos de la RP_{jEM-EN} con la EPS_y (ver etapa 15), para que sirva de análisis de la situación que presenta la entidad, a través de preguntas como: ¿Cuántas empresas realizan las actividades con mejores resultados que la propia?, ¿Cuáles son

esas entidades? y, ¿Cómo obtienen esos resultados?. En correspondencia con la respuesta a estas preguntas la organización podría acudir a la tercerización en aras de aprovechar las ventajas de la misma.

Si la empresa decidiera tercerizar alguna actividad de mantenimiento sin realizar la fase anterior entonces se recomienda que se desarrolle primeramente la fase de inicio o preparación, luego las etapas 4, 5, 6 y 7 de la fase 2 y posteriormente las fases 3, 4 y 5.

8.5.1.3 Fase 3: Selección de proveedores

El diagnóstico del servicio de mantenimiento habrá identificado una serie de limitaciones impuestas internamente. Si estas restricciones pudieran ser eliminadas a través de una intervención externa, quedando todo lo demás igual, habría una ganancia neta. Si, además, los proveedores pudieran aportar otros beneficios, la ganancia neta aumentaría. Para que los proveedores alternativos puedan añadir valor deben estar libres de estas restricciones, evitando que un exceso de beneficios vaya a parar a ellos. Debido a esto, la empresa contratante no debe informar las limitaciones existentes, diseñando una solicitud de servicio libre de ellas, para también poner a prueba la capacidad de los proveedores de agregar valor.

En esta fase, ante todo, la empresa debe analizar si se encuentra en condiciones de externalizar algún servicio de mantenimiento; además, debe examinar los posibles riesgos que pueden afectar al núcleo del negocio, luego de cerciorarse que el proceso de tercerización no será causa de un bajo rendimiento o desmotivación de los profesionales que anteriormente realizaban estas funciones.

En este apartado, de manera general, se realiza un levantamiento de los posibles proveedores para los servicios propensos a tercerización, se elaboran los pliegos de condiciones de la empresa contratante, la solicitud o requerimientos de ofertas, se comparan los proveedores preseleccionados en base al cumplimiento de determinados indicadores o criterios de evaluación y finalmente se define(n) el(los) posible(s) proveedor(es). En la figura 8.6 se muestra el procedimiento específico a seguir durante el desarrollo de esta fase y cada una de las etapas que la componen se detalla a continuación.

Etapa 11 Precalificación de los proveedores

Esta etapa comprende dos pasos fundamentales.

Paso 1 Identificación de los proveedores potenciales

El primer paso de este proceso de selección lo constituye la definición de aquellas organizaciones que pueden considerarse proveedores del servicio que se desea tercerizar. En este proceso se pueden presentar diversas situaciones:

- La empresa inicia su actividad y debe buscar toda clase de proveedores.
- La empresa tiene unos proveedores que habitualmente le suministran, pero no se encuentra satisfecha con ellos.
- Se quiere ampliar la cartera de proveedores para realizar comparaciones de servicios y de condiciones comerciales con el objetivo de mejorar la gestión comercial.
- Los proveedores que ya posee la empresa no prestan los servicios que se desean tercerizar.

Este paso es considerado un proceso de investigación de mercado donde el responsable de la actividad de selección busca información sobre las empresas que tienen potencial para la prestación del servicio que se pretende tercerizar.

En este punto es muy importante que la entidad emplee todas las vías de información disponibles con vistas a incorporar al proceso de toma de decisiones a la mayor cantidad de proveedores existentes en el mercado cuyo objeto social incluya la prestación del servicio que se pretende tercerizar; por ello resulta de vital relevancia que toda empresa conozca las “fuentes de información” a las cuales dirigirse a la hora de realizar un estudio de este tipo. Varias son las herramientas que se pueden utilizar para este fin, destacándose las siguientes: catálogos, organizaciones de comercio, revistas y centros especializados, representantes de ventas, ferias y exposiciones, Internet, otros profesionales de departamentos de la entidad. Resulta conveniente mantener un registro de los proveedores con los que se trabaja de manera habitual.

Paso 2 Filtrado de los proveedores potenciales

El resultado esperado de este paso es una lista reducida de los proveedores cuyos perfiles son compatibles con la situación de tercerización bajo análisis, los cuales se someterán posteriormente al resto del proceso de selección. A continuación se detallan las acciones propuestas por el autor para desarrollar dicha depuración.

A) Establecimiento de los criterios iniciales de selección

Este apartado es un paso previo que consiste en definir aquellos criterios de selección

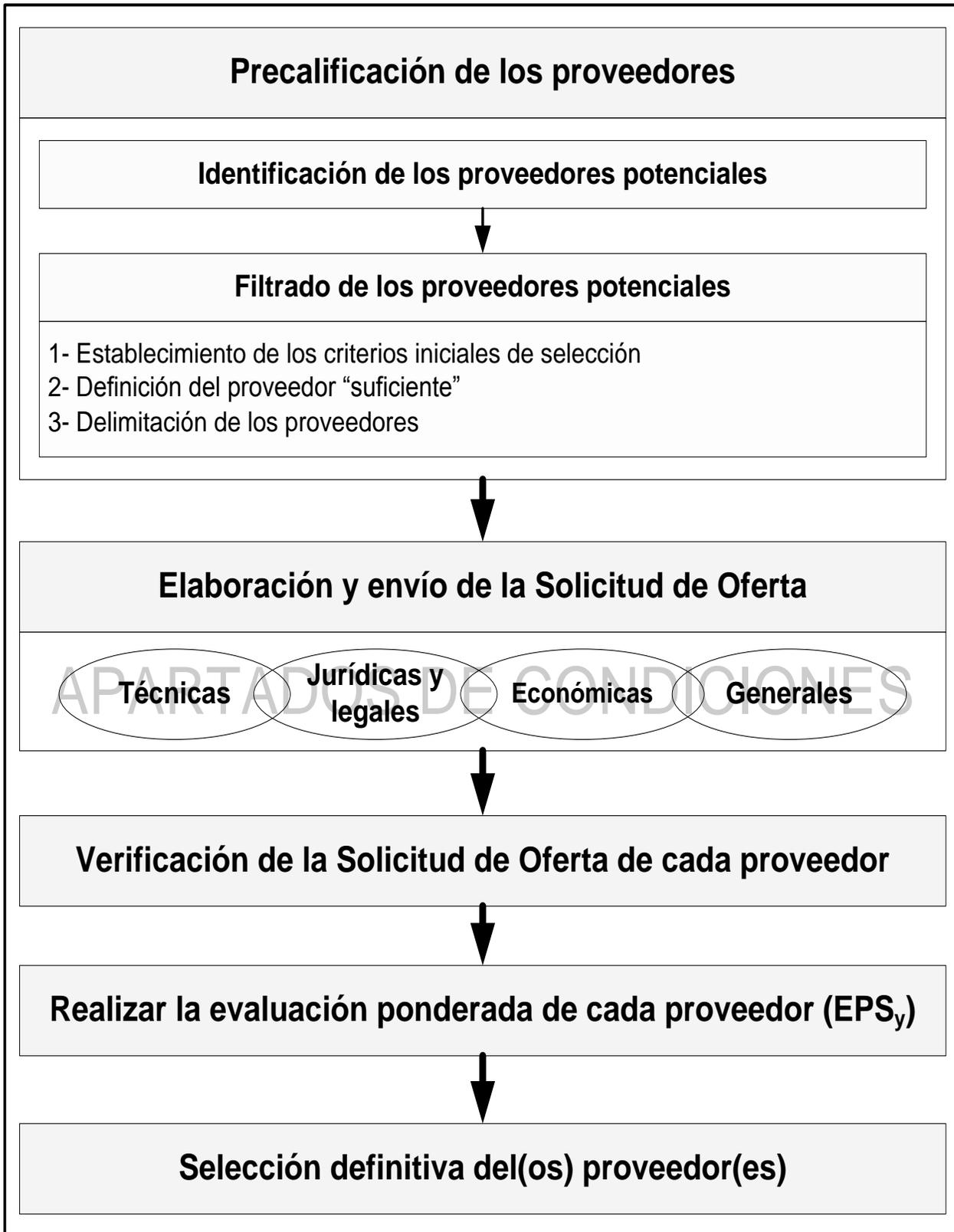


Figura 8.6 Procedimiento para la selección del(os) proveedor(es)

que se utilizarán para realizar una decantación inicial en el proceso de toma de decisiones. Son criterios sin cuyo cumplimiento una empresa no puede considerarse un proveedor “seguro” del servicio que se está solicitando ya que no posee las condiciones básicas necesarias para desempeñarse de una manera “confiable” durante un período de tiempo considerable. La selección debe ser totalmente crítica, porque de lo contrario todos los demás esfuerzos se desperdiciarían.

La aplicación de criterios iniciales al proceso de selección garantiza trabajar desde el comienzo con aquellas entidades que cumplen requisitos considerados imprescindibles por la empresa contratante. Un eficaz desarrollo de este punto economizaría el empleo de tiempo y recursos, es por ello que tanto los criterios como los pesos (nivel de cumplimiento) asignados a ellos dependerán de las condiciones y necesidades específicas de cada organización. Se propone utilizar una escala ordinal de siete (7) estados para evaluar el nivel de cumplimiento de cada uno de los criterios por parte de los proveedores que se sometan al proceso de selección, donde: 0=nulo y 6= cubrimiento perfecto (ver figura 8.7).

B) Definición del proveedor “suficiente”

En este paso se define, por parte del equipo de trabajo, aquel proveedor “no real” que alcanza el nivel deseado en cada uno de los criterios definidos anteriormente, o sea, aquel suministrador que hipotéticamente logra el desempeño necesario de los requerimientos de la empresa. Mientras se puntualiza este proveedor “suficiente”, los especialistas involucrados en el proceso deben prestar especial atención en no crear una combinación de criterios poco realista o inalcanzable (por ejemplo, un proveedor con los más bajos costos y al mismo tiempo con la mejor calidad).



Figura 8.7 Escala para la medición del nivel de cumplimiento de los criterios iniciales de selección

C) Delimitación de los proveedores

El resultado esperado de este paso es una lista reducida de los proveedores cuyos perfiles son compatibles con la situación de contratación bajo análisis. Para ello primeramente se realiza una representación gráfica de la similitud existente entre los proveedores potenciales identificados anteriormente. Esta similitud entre proveedores se establecerá en términos de “distancia”. En casos de agrupamiento de variables o criterios es habitual utilizar la distancia euclídea.

El desarrollo de este proceso comienza con la caracterización de cada uno de los proveedores en función de los criterios analizados, como se muestra en la tabla 8.5. Es importante incorporar, dentro de los suministradores analizados, el proveedor “suficiente” definido. A partir de esta información se puede realizar la representación gráfica de los proveedores en función de los criterios definidos, para lo que se propone el empleo de métodos multivariados [el Escalamiento Multidimensional (MSD, Multidimensional Scaling, por sus siglas en inglés) o el Análisis de Cluster] a través de la utilización de algún software estadístico.

Finalmente se procede a la delimitación de los proveedores, mediante la identificación del “cluster ideal” que comprenda a los principales proveedores dentro de la población analizada. Esta identificación precisa la definición previa, por parte del equipo de trabajo, del número de pretendientes a someter al resto del proceso de selección, o sea, primeramente el equipo de trabajo definirá la cantidad de aspirantes que se someterán al resto del proceso.

Para identificar el “cluster ideal”, si se emplea el método del Escalamiento Multidimensional, se trazarán círculos concéntricos, con radios crecientes, alrededor del proveedor “suficiente” hasta que el número de suministradores deseado sea incluido dentro de los círculos. Cuando se emplea el método del Análisis Cluster, se seleccionan los suministradores que coinciden con el “suficiente” dentro de un mismo cluster. En el anexo 12 se presenta cómo funciona esta selección a través del empleo de los métodos multivariados propuestos.

Tabla 8.5 Evaluación de proveedores en función de los criterios iniciales de selección

		Criterios de selección			
		Crit. 1	Crit. 2	...	Crit. k
Proveedores	Prov. 1	C_{11}	C_{12}	...	C_{1k}
	Prov. 2	C_{21}	C_{22}	...	C_{2k}

	Prov. n	C_{n1}	C_{n2}	...	C_{nk}

donde:

C_{ij} : evaluación del proveedor i respecto al criterio j .

n : número de proveedores

k : número de criterios

El equipo de trabajo puede tomar la decisión de seleccionar un número menor de proveedores que el predeterminado a incluir dentro del “cluster ideal” cuando se presente el caso de que no obstante al elevado radio del último círculo trazado alrededor del proveedor “suficiente”, no se ha cubierto el cupo deseado o, para el caso del método de Análisis de Cluster, no se encuentra la cantidad deseada dentro del mismo cluster que el proveedor “suficiente” y la “distancia” hasta los demás es considerable.

Etapas 12 Elaboración y envío de la Solicitud de Oferta

Una vez que la empresa ha delimitado los proveedores potenciales del servicio a contratar entonces ya se puede comenzar el proceso formal de selección. El primero de los pasos de esta etapa consiste en elaborar el documento llamado “Solicitud de Ofertas” que es la base para el desarrollo adecuado de todo el proceso hasta que se decide el suministrador a contratar.

Durante este paso la empresa contratante debe abordar un grupo de elementos que garantizará el proceso de selección. Éste, entre otras categorías, debe garantizar lo siguiente:

- Comunicar las necesidades del contratante respecto al servicio analizado
- Evaluar algunos elementos de la cultura organizacional del proveedor
- Entender los modelos de atención a clientes del proveedor
- Visitar las instalaciones del proveedor
- Evaluar el proceso y tecnología del proveedor
- Trabajar con el proveedor para garantizar soluciones de alto nivel

- Revisar las propuestas del proveedor

Normalmente la Solicitud de Ofertas posee dos secciones principales. Primeramente se ofrece una descripción del problema que aborda, o sea, del servicio bajo consideración para el outsourcing. La segunda sección muestra varios aspectos relativos al negocio del proveedor: sus competencias demostradas, capacidades totales, dinámica de las relaciones, experiencias y logros anteriores. A partir de los criterios de autores que han abordado este tema en la literatura especializada y las consultas a expertos empresariales con determinada destreza en desarrollar relaciones con proveedores, se ha decidido separar los apartados que deben formar parte de la Solicitud de Ofertas en cuatro grupos, dígame: apartado de condiciones técnicas, apartado de condiciones jurídicas y legales, apartado de condiciones económicas y apartado de condiciones generales.

Es importante enfocar las especificaciones y requisitos exigidos por la empresa contratante hacia el logro de los FCEM que se pretenden alcanzar.

Etapas 13 Verificación de la Solicitud de Oferta de cada proveedor

Esta etapa presupone la realización de entrevistas y visitas directas a cada uno de los proveedores, ya sea por personal especializado de la propia empresa (alguno de los miembros del equipo de tercerización) o por parte de consultores contratados para estos fines, con el objetivo de constatar la veracidad de la información plasmada en la Solicitud de Ofertas, establecer la evaluación final de cada FCEM en función de las capacidades de cada proveedor y alcanzar un mayor grado de interrelación con los mismos.

La investigación a cada empresa proveedora constituye una parte importante del proceso de selección. La visita proporciona una valiosa información sobre temas como el proceso de desarrollo del proveedor, su sistema de calidad, cultura empresarial y tecnologías de mantenimiento empleadas.

Muchas actividades deben tener lugar durante las visitas a los proveedores, pero algunas de las cruciales son aquellas que involucran: niveles de servicio y descripciones, costos de transición, acuerdo de los servicios principales, ajuste de los precios, expectativas de mejoras continuas y creación del valor continuado, extensión del posible acuerdo, plan de comunicaciones, entre otras.

Es preciso debatir críticamente cada una de las propuestas con cada uno de los posibles socios porque una oferta que pueda parecer poco interesante en primera instancia puede convertirse en potencial si se llega a un consenso en las negociaciones. La empresa

contratante no sólo debe mirar cuán buenas serán las ofertas de trabajo para su organización sino cuán probable será el cumplimiento de las mismas.

Etapas 14 Realizar la evaluación ponderada de cada proveedor (EPS_y)

A partir de los resultados de la visita realizada a cada proveedor es posible definir en qué medida estos pueden alcanzar el estado necesario ponderado a partir del nivel de cumplimiento que se constató para cada FCEM. Por otra parte, la evaluación ponderada de los proveedores brinda una visión de hasta dónde se puede mejorar el rendimiento con el uso de servicios externos. Todo esto se basa en el conocimiento del margen de beneficio del probable proveedor, en la habilidad de los mismos para eliminar cualquier restricción identificada como parte de la RP_{j EM-EN} y en su capacidad para añadir valor más allá del disponible en la actualidad.

La evaluación ponderada de cada proveedor se puede realizar por medio de la expresión 8.3.

$$EPS_y = \sum_{i=1}^m \sum_{y=1}^n \left[p_{ij} \left(\frac{ES_{iy}}{EN_{ij}} \right)^{n(i)} \right] \quad (8.3)$$

$n(i) \in \{-1; 1\}$

$n(i) = -1$ si el comportamiento deseado del factor “i” es su disminución

$n(i) = 1$ si el comportamiento deseado del factor “i” es su incremento

Donde:

EPS_y: estado ponderado alcanzado por el suministrador “y”

p_{ij}: peso o nivel de importancia del FCEM “i” en el equipo “j”.

ES_{iy}: estado alcanzado por el suministrador “y” relativo al FCEM “i” dentro del rango del estado necesario de este factor.

n: cantidad de proveedores sometidos al análisis

A la hora de establecer esta relación se deben tener en cuenta los mismos elementos definidos en el caso de RP_{j EA-EN} y RP_{j EM-EN}, adaptados al caso del estado ponderado alcanzado por cada uno de los proveedores analizados.

Etapas 15 Selección definitiva del(os) proveedor(es)

Una vez determinado el nivel de desempeño ponderado respecto al logro de los FCEM por cada proveedor se debe seleccionar cuál o cuáles de ellos responde más acertadamente a

las expectativas de la empresa contratante, evaluado a través del intervalo de aceptación del estado necesario [a;1].

La decisión se establecerá como sigue:

- Si $a \leq EPS_y \leq 1$: el suministrador “y” es adecuado. La decisión se tomará a favor del proveedor que mejor cumpla esta condición.
- Si $0 < EPS_y < a$: el suministrador “y” se excluye del análisis.

Si ninguno de los proveedores analizados cumple la condición anterior entonces se debe seleccionar el que más se acerque al nivel establecido, redefinir los objetivos del área de mantenimiento y con ello los empresariales, en función de la capacidad de servicio que sea capaz de brindar la empresa seleccionada. Para considerar si la provisión de servicios externos es apropiada se puede utilizar la RP_j_{EM-EN} como el umbral por encima del cual deben hacer su oferta los proveedores y se seleccionaría aquel o aquellos que mejores resultados arrojen.

8.5.1.4 Fase 4: Establecimiento del contrato

Por más atractivo y beneficioso que pueda parecer, no se debe olvidar que la tercerización es delicada. Se están colocando actividades importantes para la empresa en manos de terceros que pueden perjudicar los intereses de la organización si no se ajustan a sus necesidades. Es por esto que uno de los puntos básicos al buscar tercerizar es el contar con un contrato por escrito que establezca claramente todos los puntos necesarios para que el tercero cumpla con la entrega del servicio requerido por la empresa. Varios son los autores que plantean que un proceso exitoso de tercerización comienza con el establecimiento de un buen contrato. Mientras que otros exponen que los contratos definidos erróneamente son la principal causa de fallo de las relaciones de tercerización.

Al efectuar el contrato de tercerización es importante considerar los elementos especificados en los Apartados de Condiciones que conforman la Solicitud de Ofertas emitida en la etapa 12 del procedimiento general.

Un aspecto al cual se le debe prestar especial atención en los contratos de mantenimiento es a la inclusión de las normas legales y jurídicas aplicables según la naturaleza de la actividad. Siempre se deben tener en cuenta las normas de higiene, seguridad y protección a los trabajadores, y las normas de contratación administrativa, según sea el caso.

Se debe considerar que, dada la naturaleza de la actividad de mantenimiento, puede ser difícil tener un contrato donde estén expresados todos los derechos y obligaciones de cada una de las partes para cada situación que pueda suscitarse, es por ello que el contrato necesita ser, ante todo, bien específico pero también lo suficientemente flexible para que ambas partes puedan funcionar con él, incluso en circunstancias no previstas con antelación.

8.5.1.5 Fase 5: Administración de la relación de tercerización

La administración de la relación de tercerización contribuye al éxito del proceso desarrollado y al logro de los beneficios esperados. La presente fase la conforman dos etapas específicas, la referida a la implementación o transición y la correspondiente a la evaluación de la relación.

Etapas 16 Implementación o transición

Con el objetivo de garantizar la implementación adecuada de todo lo convenido entre las partes se establece el llamado Plan General de Transición, el cual es el documento que identifica y detalla todas las actividades que se deben realizar para lograr una transición exitosa, así como las fechas programadas para la culminación de cada actividad, éste es el vehículo que conduce desde la situación actual a una situación futura deseada. El plan debe proveer las instrucciones sobre cómo manejar cada tarea asociada con el esfuerzo de outsourcing. Todas las tareas deben ser detalladamente documentadas para su efectiva realización. A continuación se sugiere un grupo de elementos que se deben incluir en dicho plan.

- Introducción
- Plan de comunicaciones
- Cronograma de actividades
- Alcance de la tarea a ser tercerizada
- Detalles del contrato de tercerización
- Intercambio de trabajadores
- Requerimientos de espacio en planta
- Movimiento vehicular entre las partes
- Acceso a sistemas computacionales
- Requerimientos de seguridad informática

- Impacto en las funciones no tercerizadas
- Entrenamiento
- Seguridad del área de trabajo
- Notificación del grupo de trabajo interno
- Notificación del grupo de trabajo externo
- Alquiler de locales

Se debe tener bien presente que no sólo se trata de establecer planes de acción o programas específicos, sino que también se han de propiciar unas condiciones favorables para su ejecución efectiva. En cualquier caso y para una implementación adecuada del plan se deberán definir “a priori” los requerimientos de recursos, así como los responsables de su ejecución.

Etapas 17 Evaluación de la relación de tercerización

El período de implementación deberá ser monitoreado para evitar posibles conflictos que puedan suscitarse e impedir de esta forma la incorrecta prestación del servicio. Parte del éxito de un buen contrato de mantenimiento se basa en el control y seguimiento adecuado que se efectúe de las obligaciones de cada una de las partes, con el objetivo de analizar si el desempeño se encuentra acorde a los niveles de servicio convenidos y aplicar medidas proactivas (penalizaciones o bonificaciones) oportunamente. Esto debe hacerse bajo los parámetros e índices establecidos conjuntamente para los suministros y ejecución de las actividades de mantenimiento.

En esta etapa es realmente importante establecer un método de control. Se deberán realizar revisiones periódicas en pos de mejorar y no de sancionar. Principalmente, debe evaluarse la existencia de desvíos o incumplimientos respecto a los estándares establecidos. Referente a las desviaciones debe analizarse:

- Su importancia
- Su impacto en procesos dependientes
- Su frecuencia y ocurrencia
- Las acciones correctivas implementadas y su efectividad
- La respuesta del proveedor a las acciones correctivas

Toda esta evaluación deberá ser documentada para que sirva de testimonio en caso de litigio. Por este motivo es conveniente que el método de control y su forma de documentación quede registrado en el contrato.

Un elemento importante a considerar en esta etapa es la definición por parte del equipo encargado de la administración de la transición de la frecuencia con que se desarrollará la evaluación de cada proveedor.

Mantener un flujo continuo de comunicación, trabajar en forma conjunta, integrar capacidades y realizar reuniones periódicas de evaluación del desempeño y satisfacción de los clientes internos y externos, son los puntos más importantes a aplicar en lo que respecta a la relación con el proveedor.

8.6 Aspectos Clave

- La tercerización del mantenimiento siempre y cuando se realice de manera correcta y con el análisis correspondiente respecto a su factibilidad constituye un solución acertada al problema que genera la actividad de mantenimiento cuando no contamos con la tecnología adecuada para su realización.
- La selección de actividades candidatas a ser tercerizadas se debe realizar aplicando los procedimientos propuestos para ello, lo que debe evitar los errores derivados de una selección errónea.
- La selección de los proveedores de la (s) actividad (es) a tercerizar se deben realizar por métodos multicriteriales para evitar selecciones erradas.
- La tercerización es una manera efectiva para realizar las actividades de mantenimiento siempre que sea debidamente controlada.

8.7 Preguntas del Capítulo

1. ¿Diga cuales cree usted son las razones que se exponen en las organizaciones para no externalizar las tareas del mantenimiento?
2. Cite ejemplos donde se vinculen las razones para no tercerizar y los mitos asociados a la tercerización
3. Diga tres ventajas que ofrece la tercerización

8.8 Experiencias en al aplicación

La aplicación en la práctica del procedimiento para la Tercerización de actividades concernientes al mantenimiento constituye una herramienta que facilita la Gestión del Mantenimiento en las organizaciones.

8.8.1 Caso Hotel “A” Turismo de Ciudad

El Hotel “A”, perteneciente a la Cadena Islazul, es un hotel de turismo de ciudad. Los 153 trabajadores que conforman la plantilla de la entidad tiene la misión de: ofrecer el esparcimiento, el descanso y el contacto con la historia mediante una red de servicios de alojamiento, gastronómicos y de recreación, que garantizan la calidad, profesionalidad y el trato atento y familiar identificativos de una instalación de Islazul, para satisfacer las expectativas de los clientes de segmentos nacionales, así como de turismo internacional, dirigido y de tránsito. Contribuir a la protección del medio ambiente y la estética de la comunidad.

Conformación y organización del equipo de trabajo

El equipo de trabajo encargado de liderar y ejecutar la aplicación del procedimiento general quedó conformado por: el director asistente del hotel (subdirector), el jefe de servicios técnicos del hotel y un especialista de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (Master en Ingeniería Industrial).

Caracterización del área de mantenimiento de la empresa

La política del departamento de servicios técnicos del hotel está dirigida a garantizar la disponibilidad y confiabilidad de todo el equipamiento, al menor costo posible, con el objetivo de garantizar el plan de ingresos del año, la seguridad de los trabajadores y de las instalaciones, sin afectar el medio ambiente. Para ello esta área cuenta con una plantilla de ocho trabajadores. Los tipos de mantenimiento que se realizan en el hotel son, principalmente, el correctivo y el planificado. Mediante la aplicación de las guías de diagnóstico mostradas en el Anexo 14 se identificaron los principales problemas que afectaban el desempeño del área de mantenimiento. A continuación se lista un resumen de dichos problemas:

1. Los equipos no se agrupan según su criticidad, o sea, por su importancia ante la presencia de un fallo.
2. El presupuesto aprobado no garantiza totalmente la adquisición de los recursos necesarios para todas las funciones del área.
3. El área no cuenta con un software que brinde la información suficiente y efectiva para la toma de decisiones.

4. La política de tercerización no es del todo efectiva, debido a que no se encuentra definido un procedimiento para decidir qué tareas tercerizar, así como para la selección de proveedores.
5. Los operarios de equipos no ejecutan tareas simples de mantenimiento (mantenimiento autónomo).
6. No existe un procedimiento para realizar el pronóstico de la demanda de piezas de repuesto.
7. No se estipulan los tiempos estándares para la reparación de cada fallo presentado ni los gastos para el mantenimiento de cada equipo (en especial en la partida de salario del personal de mantenimiento).
8. No siempre se registran los tiempos de paradas por fallos para los equipos y por ende no se cuantifican las pérdidas por estadía.

Identificación de los FCEM y los indicadores asociados

Los FCEM identificados por el grupo de expertos, a partir de los objetivos que se propone el área de mantenimiento de la instalación, son (ver figura 8.8): la disponibilidad operacional del equipamiento, el costo de mantenimiento, la seguridad medioambiental y la seguridad humana. El cálculo de la importancia relativa de los FCEM arrojó los resultados siguientes: 0.38, 0.35, 0.17 y 0.10, para los factores costo de mantenimiento, disponibilidad, seguridad humana y seguridad medioambiental, respectivamente.

En la tabla 8.9 se muestra el estado necesario (EN), estimado por los expertos, a alcanzar en cada FCEM para garantizar el cumplimiento de los objetivos de la organización, donde “P” representa un valor muy pequeño.

La determinación del nivel de criticidad del equipamiento estudiado a partir de la información estadística disponible arrojó como resultados el predominio de los equipos no críticos (10), seguidos por los de alta criticidad (6) y los tres restantes se catalogan como de mediana criticidad. A través de las expresiones definidas en la tabla 8.10 se cuantificó el estado actual alcanzado por cada FCEM para el equipamiento estudiado (ver tabla 8.9). Al establecer la relación ponderada entre el EA y el EN (RP_j_{EA-EN}) se obtuvo que en un número considerable de equipos (14) no se alcanza el estado necesario a partir del desempeño actual. Esta situación conllevó a detectar las reservas existentes y trazar

estrategias de mejora que, mediante los recursos propios del hotel, permitieran superar las limitaciones existentes en la gestión del mantenimiento.

Las propuestas de mejora presentadas, para mitigar o eliminar las limitaciones detectadas, estuvieron enfocadas principalmente hacia el incremento de la disponibilidad de piezas de repuesto para las reparaciones (previsión de demanda y gestión de inventario), el establecimiento de reglas de prioridad a considerar a la hora de realizar las actividades diarias de mantenimiento y la capacitación de los operarios de equipos orientadas a garantizar que puedan realizar tareas simples de mantenimiento (mantenimiento autónomo). El análisis de la influencia de las propuestas de mejora presentadas por el



Figura 8.8 Determinación de los FCEM a partir del desdoblamiento de los objetivos de mantenimiento

equipo de selección permitió realizar la estimación de hasta cuánto “mejoraba” el comportamiento de los FCEM.

La toma de decisiones relativa a valorar la factibilidad del desempeño mejorado arrojó como resultado que en siete equipos aún no se alcanzaba el desempeño necesario (ver tabla 8.11) por lo que se hace necesario acudir a los servicios de un tercero; sin embargo, al analizar los gráficos de radar diseñados para cada uno de los FCEM (ver figura 8.9) se puede observar un incremento en el desempeño de la mayoría de estos factores, incluso en los equipos donde aún no se alcanza el nivel necesario.

Tabla 8.9 Elementos para la toma de decisiones relativa al desempeño actual del área de mantenimiento del hotel

Equipos	FCEM								RP _{EA-EN}	Intervalo [a ; 1]	Decisión
	Costo (MP/a)		Disponibili- dad (%)		Seguridad		Protección medioambiental				
	EN	EA	EN	EA	EN	EA	EN	EA			
Aire acondicionado	400	629.96	100	98	P	P	0.01	0.13	0.857	[0.88;1]	Proponer mejoras
Televisor	80	195.46	90	95	P	P	P	P	0.773	[0.85;1]	Proponer mejoras
Refrigerador	40	82.96	100	100	P	P	P	0.06	0.627	[0.90;1]	Proponer mejoras
Freezer	60	94.42	100	100	P	P	P	0.08	0.712	[0.90;1]	Proponer mejoras
Split	80	102.41	90	100	P	P	P	0.04	0.740	[0.88;1]	Proponer mejoras
Cocina de gas	30	52.92	95	98	P	P	P	0.28	0.659	[0.90;1]	Proponer mejoras
Horno eléctrico	15	21.40	92	100	P	P	P	P	0.884	[0.80;1]	No tercerizar
Plancha para grillar	12	28.74	94	99	P	P	P	P	0.776	[0.80;1]	Proponer mejoras
Horno tipo volcán	10	22.81	95	100	P	P	P	0.08	0.610	[0.65;1]	Proponer mejoras
Mesa caliente	10	12.44	90	100	P	P	P	P	0.923	[0.70;1]	No tercerizar
Telmo dispensador	8	20.72	92	98	P	P	P	P	0.764	[0.78;1]	Proponer mejoras
Tostadora de estera	400	987.35	90	80	P	P	P	P	0.760	[0.78;1]	Proponer mejoras
Caja de agua	30	44.84	100	100	P	P	P	0.015	0.698	[0.70;1]	Proponer mejoras
Batidora	10	12.95	90	99	P	P	P	P	0.911	[0.60;1]	No tercerizar
Lasqueadora	6	8.63	95	97	P	0.04	P	P	0.535	[0.75;1]	Proponer mejoras
Balanza eléctrica	350	716.54	90	100	P	P	P	P	0.803	[0.85;1]	Proponer mejoras
Cafetera express	15	39.44	95	99	P	P	P	P	0.762	[0.80;1]	Proponer mejoras
Plancha sandwichera	12	23.62	94	100	P	P	P	P	0.811	[0.65;1]	No tercerizar
Secador de manos	10	46.62	90	96	P	P	P	P	0.699	[0.5;1]	No tercerizar

Tabla 8.10 Factores Críticos de Éxito del Mantenimiento decididos por los expertos. Definiciones y expresiones de cálculo

FCEM	Definición	Expresiones de cálculo	Legenda
Seguridad	Garantía de que los riesgos inherentes a los diferentes fallos funcionales del equipamiento sean mitigados totalmente o reducidos a niveles permisibles de forma que no afecten la seguridad de los operarios.	$NER_j = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N Hp_{ij}}{HT_j}$	<p>Hp_{ij}: horas-hombre perdidas por bajas laborales relativas al riesgo "i" en el equipo "j" (h/baja).</p> <p>HT_j: horas trabajadas en el equipo "j" en el período (h).</p> <p>n: Tipos de riesgos presentes en el equipo "j"</p> <p>N: Cantidad de accidentes con bajas laborales relativas al riesgo "i".</p> <p>NER_j: Nivel de exposición al riesgo en el equipo "j".</p>
Disponibilidad	Capacidad de un sistema de desempeñar una función requerida bajo condiciones específicas durante un intervalo de tiempo determinado.	$D_i = \frac{TMEF_i}{TMEF_i + TMPR_i} \cdot 100$	<p>D_i: Disponibilidad del equipo "i"</p> <p>TMEF: Tiempo Medio Entre Fallos del equipo "i"</p> <p>TMPR: Tiempo Medio Para Reparación del equipo "i"</p>
Costo de mantenimiento	Cuantificación de todos los gastos generados por las actividades de mantenimiento, ya sean planificadas o no.	$CTM = CP + CM + CT + CD + CE$	<p>CTM: Costo Total de Mantenimiento</p> <p>CP: costo de personal (aporte ala seguridad social y salario)</p> <p>CM: costo de materiales</p> <p>CT: costo de tercerización</p> <p>CD: costo de depreciación de los equipos</p> <p>CE: costo de estadía</p>
Protección medioambiental²	Garantía de que los riesgos inherentes a los diferentes fallos funcionales del equipamiento (emanaciones de gases, vertimiento de desechos, etc.) sean mitigados totalmente o reducidos a niveles permisibles de forma que no afecten al medio ambiente.	$IIA_i = \sum_{r=1}^p (C_{ri} \cdot E_{ri} \cdot p_{ri})$	<p>C_{ri}: Consecuencias de la salida "r" del equipo "i"</p> <p>E_{ri}: Nivel de exposición a la salida "r" del equipo "i"</p> <p>p_{ri}: Prob. de que se manifiesten las consecuencias de la salida "r" del equipo "i"</p> <p>p: Cantidad de salidas ambientales en el equipo "i"</p> <p>IIA_i: Índice de Impacto Ambiental del equipo "i"</p>

² El indicador seleccionado (IIA_i: Índice de Impacto Ambiental del equipo "i") fue propuesto con anterioridad por Abreu Ledón [2004]

Tabla 8.11 Toma de decisión en función del desempeño mejorado del área de mantenimiento

Equipos	Intervalo [a;1]	Relación Ponderada (RP_j_{EM-EN})	Decisión
Aire acondicionado	[0.88;1]	0.870	Tercerizar
Televisor	[0.85;1]	0.808	Tercerizar
Refrigerador	[0.90;1]	0.661	Tercerizar
Freezer	[0.90;1]	0.729	Tercerizar
Split	[0.88;1]	0.764	Tercerizar
Cocina de gas	[0.90;1]	0.672	Tercerizar
Plancha para grillar	[0.80;1]	0.800	No tercerizar
Horno tipo volcán	[0.65;1]	0.634	Tercerizar
Telmo dispensador	[0.78;1]	0.820	No tercerizar
Tostadora de estera	[0.78;1]	0.803	No tercerizar
Caja de agua	[0.70;1]	0.769	No tercerizar
Lasqueadora	[0.75;1]	0.651	No tercerizar
Balanza eléctrica	[0.85;1]	0.808	No tercerizar
Cafetera express	[0.80;1]	0.780	No tercerizar

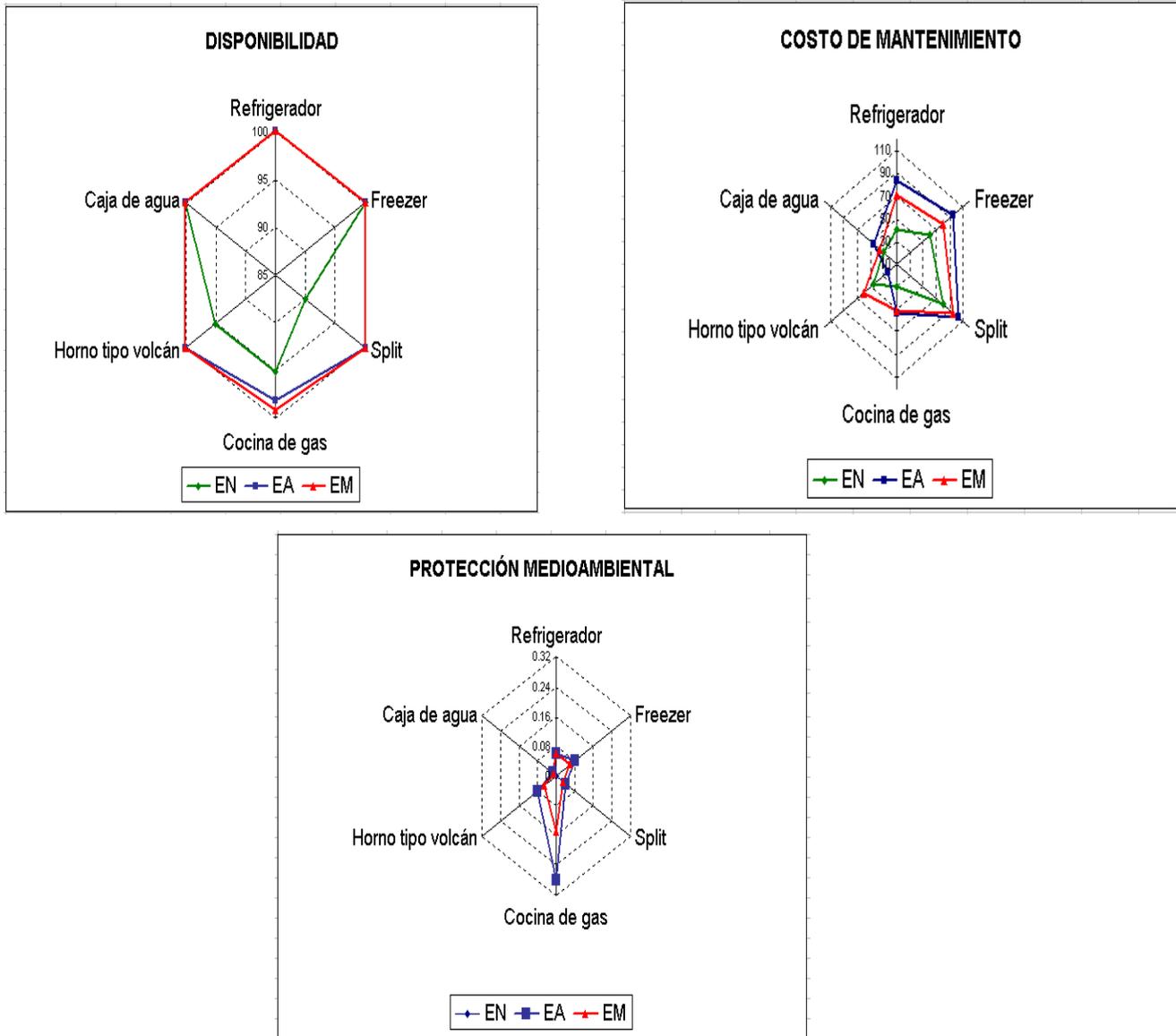


Figura 8.9 Comportamiento de los FCEM durante la aplicación del procedimiento general propuesto

Referencias

1. Alkaim, J. L. (2003). *Metodología para incorporar conocimiento intensivo às tarefas de Manutenção Centrada na Confiabilidade e aplicada em ativos de sistemas eléctricos*. Tesis Doctoral. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
2. Alsyouf, I. (2004). *Cost Effective Maintenance for Competitive Advantages*. Tesis Doctoral. Universidad de Vaxjo, Suecia.
3. Cardoso de Moraes, V. (2004) *Metodologia de priorização de equipamentos médico hospitalares em programas de manutenção preventiva*. Tesis de Maestría. Universidad de Campiñas. Brazil.
4. Corretger Rauet, M. (2001) “La contratación del mantenimiento nuevas tendencias”. Revista Mantenimiento No 141 Enero-Febrero 2001. España. <http://www.puntex.es/mantenimiento/141corretger.htm> (Consultado el 26 de diciembre de 2008).
5. Dos Santos Mendes, A. L. (2002) *Gestão do valor nas operações de manutenção*. Tesis de Maestría. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
6. Duening, T. N. y Click, R. L. [2005] *Essentials of Business Process Outsourcing*. New Jersey, USA. Editorial John Wiley & Sons
7. González Fernández, F. J (2010) *Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*. Edición Segunda. FC Editorial, Madrid, España
8. González Fernández, F. J. (2007) *Contratación avanzada del mantenimiento*. España. Diaz de Santos, S. A
9. Hirano, J. (2004) *Outsourcing Transportation infrastructure maintenance: a theoretical approach with application to JR East*. Tesis de Maestría. Massachusetts Institute of Technology. USA.
10. Maynard, A. B. (2004) “Outsourcing 101 - A Primer”. Technology Evaluation Centers, Agilocity Consulting. <http://www.technologyevaluation.com/Research/ResearchHighlights/Outsourcing/2004/01> (Consultado el 21 de enero 01 de 2009)
11. McIvor, R. (2000) “A practical framework for understanding the outsourcing process”. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 5, No 1, 2000, pp. 22-36.
12. Mohammady Garfamy, R. (2005) *Supplier selection and business process improvement*. Tesis Doctoral . Universidad Autónoma de Barcelona. España.

13. Mora Gutiérrez, L. A. (2003) *Tercerización en el mantenimiento. Subcontratación de trabajos de mantenimiento bajo parámetros internacionales*. Congreso Internacional COCIER. Colombia.
14. Mora Gutiérrez, L. A. y Pérez Peral, A. (2002). *Control y medición internacional estandarizadas de la gestión y operación de mantenimiento industrial bajo la metodología terotecnológica RAM*. Ponencia en el 2do Congreso Internacional de Mantenimiento ACIEM. Bogota. Colombia
15. Outsourcing Institute (2006) "Top Ten Outsourcing Survey. Executive Survey: The Outsourcing Institute's Annual Survey of Outsourcing End Users". Disponible en: http://www.outsourcing.com/content.asp?page=01b/articles/intelligence/oi_top_ten_survey.html
16. Rodrigues, M. (2003) *Manutencao industrial em Curitiba e cidades circunvizinhas: un diagnóstico atual*. Tesis de Maestría. Centro Federal de Educacao tecnológica do Paraná. Curitiba. Brasil.
17. Stefano, L. [2006] *Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators*. Tesis de Especialista en Administración de la Ingeniería. Universidad de Pisa. Italia.
18. Tavares, L. A. (1999) *Administración Moderna de Mantenimiento*. Edición primera. Brasil.
19. Tavares, L. A., et al. (2005) *Manutencao Centrada no Negocio*. Editorial Novo Polo Publicacoes. Brasil. 157 p.
20. Tomlinsong, P. D. (2007) "Achieving World-Class Maintenance Status". *Coal Age*. Vol. 112, No. 8. pp. 40-42.
21. Torres, L. D. [2005] *Mantenimiento. Su implementación y gestión*. Editorial UNIVERSITAS. Edición Segunda. Argentina. 347 p.
22. Valdez-Flores, C. y Feldman, R.M. [1989] "A survey of preventive maintenance models for stochastically deteriorating single unit systems". *Naval Research Logistics Quarterly*. No. 36. pp. 419-446

Capítulo 9

Auditoría de Mantenimiento

Capítulo 9. Auditoría de Mantenimiento

Este capítulo está enfocado en la auditoría de mantenimiento. Parte de la evolución de la auditoría como concepto, que transita por las de gestión económico-financiera, hasta las auditorías operacionales que derivan entre otras la de mantenimiento. Se explica detalladamente un procedimiento para la realización de auditoría de mantenimiento. Se decide presentar un procedimiento porque permite realizar la acción de auditar de manera organizada sin violar etapas o pasos importantes, que contribuyan a la determinación de un estado real de la gestión del mantenimiento. Lo que posibilita realizar acciones correctivas posteriores a la auditoría, en caso de que el estado real sea inferior al deseado o en caso contrario acciones para la mejora continua del sistema. Se presentan además experiencias positivas de la aplicación de este procedimiento en empresas cubanas, casos de estudio que vinculan los diferentes contenidos con ejemplos aplicables a las empresas del territorio nacional.

9.1 Evolución del concepto y objetivos de la Auditoría

La auditoría dentro de su proceso evolutivo ha desarrollado formas de proceder específicas para cada área a auditar, estas formas que posteriormente se denominaron clasificaciones, las cuales se conocen como auditoría financiera y auditoría de operaciones; ambas aunque con campos de actuación diferentes están enfocadas a destacar las no conformidades dentro de la organización respecto a un estado deseado.

El objetivo de la auditoría, en los comienzos de esta disciplina era primordialmente el de detectar y divulgar fraudes, circunstancias que dejó la imagen negativa de un auditor policía o detective que aún, a pesar del desarrollo internacional y reconocimiento de la profesión de la Contaduría Pública, no se ha superado totalmente. No obstante, en el sector público su metodología fue configurando el denominado control numérico-legal y en términos más actuales, la auditoría de cumplimiento.

Este objetivo evolucionó notablemente en las primeras cuatro décadas del siglo pasado, hacia un objetivo más profesional como es el de determinar y dar fe pública sobre la presentación razonable de los estados financieros, que a su vez incorporó dentro de sus procedimientos la auditoría de cumplimiento. Tal objetivo se consolida en las décadas de los años cuarenta y cincuenta. Si bien hasta esta última década, este objetivo fue el de la auditoría profesional o tradicional, a partir de 1960, con el florecimiento de nuevos enfoques, esta clase de auditoría se afianza con el nombre de Auditoría de Estados Financieros o Auditoría Financiera, transitando por numerosos conceptos y concepciones hasta prevalecer la definición de la American Accounting Association que plantea:

La auditoría es un proceso sistemático para obtener y evaluar de manera objetiva las evidencias relacionadas con informes sobre actividades económicas y otros acontecimientos relacionados. El fin del proceso consiste en determinar el grado de correspondencia del contenido informativo con las evidencias que dieron origen, así como determinar si dichos informes se han elaborado observando principios establecidos para el caso.

Ofreciendo la oportunidad de desarrollar procedimientos para mejorar sus condiciones de aplicación, que a su vez permita dar un resultado lo más certero posible acerca del desempeño de la empresa.

A partir de 1960 se empieza a plantear en la literatura profesional la necesidad de darle un mayor alcance al objetivo de la auditoría; se habla de la auditoría en función del "hombre de negocios" y se comienza a señalar la importancia de que la auditoría sea más útil al desarrollo de los entes públicos o privados, ampliando la cobertura de su acción al examen de las operaciones en términos de eficacia o efectividad, economía o economicidad y eficiencia. Surge así un nuevo objetivo de auditoría, que finalmente ha configurado una nueva clase de auditoría que hoy se le denomina auditoría operacional. Esta forma de auditoría se relaciona estrechamente con las funciones que realiza la organización fuera del marco económico, aunque de su correcta ejecución depende el futuro económico de la empresa. A partir de estas concepciones comienzan a manejarse definiciones de auditoría operacional que se pueden resumir en:

La auditoría operacional es el examen crítico y profesional de todas las operaciones (general) o de una selección de estas (parcial), además de todas las actividades que se realicen en la empresa. Con la finalidad de auxiliar el área auditada y/o la organización en su conjunto. Persiguiendo objetivos tales como, mejorar la eficiencia, la eficacia y los indicadores económicos, en aras de desarrollar sosteniblemente la organización.

Los objetivos de la auditoría operacional se pueden señalar a corto y mediano y largo plazo.

Los objetivos a corto plazo consisten en diagnosticar y formular recomendaciones profesionales para mejorar la eficacia, la economía y la eficiencia de las operaciones involucradas en los hallazgos. Este objetivo se logra cuando se termina una auditoría operacional.

Los objetivos a mediano y largo plazo están enfocados en lograr la prosperidad razonable de la empresa o entidad. La prosperidad razonable de una empresa de carácter mercantil se observará en la mejora de los beneficios económicos (rentabilidad) y en una entidad u

organismo público (sin ánimo de lucro) en la mejora de la prestación del servicio a la comunidad (valor a cambio de dinero).

La auditoría operacional tiene un alcance ilimitado. Todas las operaciones o actividades de una entidad pueden y deben ser auditadas. Esta ilimitación y la diversidad de los hallazgos que puedan encontrarse, implica que, una auditoría operacional específica, puede necesitar profesionales de diferentes disciplinas. Generalmente es un trabajo interdisciplinario.

Dentro de la rama de las auditorías operacionales están las auditorías de Recursos Humanos, Producción, Calidad, Informática, Mantenimiento, de Gestión, entre otras clasificaciones que puedan surgir en dependencia de su contexto de aplicación.

Las auditorías operacionales o de operaciones constituyen hoy un eslabón fundamental de la gran cadena de la gestión que se forma en el actuar cotidiano de las organizaciones. Tomando estas auditorías como punto de partida, forman las empresas un criterio de la gestión del área auditada. Las áreas auditadas son diferentes y por consiguiente las auditorías que se practican son conceptualizadas y clasificadas de manera diferente.

9.2 Clasificación de la auditoría

Las auditorías se pueden clasificar atendiendo a diferentes aspectos:

1. Atendiendo a quien realiza la auditoría:

- Interna: aquella auditoría realizada por el personal de la propia entidad señalando que el mismo no puede ser del departamento de mantenimiento.
- Externa: realizada por una persona u organismo independiente a la entidad que va a ser auditada.

2. Por su frecuencia:

- Sistemática: se realiza de forma permanente o programada donde el auditor realiza y comprueba las operaciones efectuadas desde su última visita.
- Periódica: se realizan al final de un período de trabajo, generalmente fin de año.
- Eventuales: son aquellas que se realizan atendiendo a contingencias especiales que se presentan.
- Por sorpresa: cualquiera de las antes mencionadas pueden efectuarse de dos maneras distintas, por sorpresa o por previo aviso.

3. Por su extensión y alcance:

- Máximas o detalladas: esta clase de auditoría es la de mayor amplitud o alcance. En ella el auditor comprueba el total de las operaciones realizadas durante un

período determinado, requiere de mucho tiempo para su realización y por ello su costo resulta muy elevado.

- Por pruebas: en estas auditorías no se investigan en detalles todas las operaciones, anotaciones y pases como en las máximas o detalladas, sino que el auditor selecciona una muestra de la cantidad de operaciones y con ellas hace su trabajo. Se originan por la necesidad, tanto económica como de tiempo, de realizar la verificación sin tener que revisar todas las operaciones.

4. De acuerdo con los objetivos fundamentales que se persigan:

- Financiera o de estados financieros
- De gestión u operacional.

Las auditorías constituyen un mecanismo de control que evalúa una o varias actividades dentro de una organización. Dependiendo del área auditada se le otorgan diferentes clasificaciones: auditoría de recursos humanos, de informática, de mantenimiento, de sistema de gestión de calidad y medio ambiental, entre otras.

9.3 Auditoría de Mantenimiento

La auditoría de mantenimiento es la evaluación, análisis y la valoración objetiva, periódica y sistemática de las funciones, características esenciales del servicio, para comprobar la corrección del sistema de gestión de mantenimiento empleado y su evolución en el tiempo, ya que cuánto mejor aplicadas sean, se corregirán en mayor grado los problemas que se detecten, facilitando la consecución de sus objetivos.

Las auditorías constituyen una forma de evaluar la gestión del mantenimiento, contribuyendo significativamente a la mejora de la competitividad de las empresas, permiten conocer con certeza donde se encuentra la organización y cual es la dirección del sistema de gestión de mantenimiento (disponibilidad del equipamiento, bajo índice de productos defectuosos, buen estado técnico, etc.). La auditoría permite determinar en que área están las afectaciones y así poder enfrentarlas con las decisiones precisas y sin improvisar.

Según Fabrés Díaz [1991], auditar en mantenimiento es mejorar la competitividad de las empresas, es decir saber exactamente dónde se está. Con una auditoría se descubre una situación y se detectan las áreas que presentan problemas, se puede intentar mejorar estas áreas por medios propios o mediante la contratación del mantenimiento. Este concepto plantea que una auditoría no da soluciones, dice cómo se está, dónde se está y dónde se debería estar, pero no dice cómo se puede llegar. Esa es otra fase, y muy compleja, por lo que depende de cada entidad lograr el mejoramiento continuo de la

gestión del mantenimiento; una auditoría es clave para el área de mantenimiento de cualquier entidad.

Se considera que la auditoría de mantenimiento permite detectar los puntos fuertes y débiles de una organización respecto a la gestión de mantenimiento y evaluar dicha gestión; la auditoría de mantenimiento debe constituir un paso previo a cualquier proceso de reorganización que se pretenda enfrentar en una entidad.

Las posibles áreas y funciones a auditar deben ser definidas y analizadas por un equipo de trabajo conformado por el equipo auditor, el cliente de la auditoría y/o el auditado.

La auditoría de mantenimiento posee principios que no deben ser violados, para que de esta manera se pueda desarrollar exitosamente. Además tiene objetivos bien definidos, su aplicación ofrece beneficios. Se gestiona de forma ordenada y organizada mediante programas de auditorías. Debe realizarse siguiendo procedimientos, para garantizar su adecuada aplicación sin omitirse pasos o etapas importantes.

9.3.1 Principios de la auditoría

Los principios de la auditoría están relacionados esencialmente con los auditores y la posición que deben adoptar en el momento de la realización de la misma. Estos principios son definidos en la Norma ISO19011:2008 y se relacionan a continuación:

- **Conducta ética:** el fundamento de la profesionalidad. La confianza, la integridad, la confidencialidad y la discreción son esenciales en la auditoría.
- **Presentación imparcial:** es la obligación de informar con veracidad y exactitud los hallazgos, conclusiones e informes de la auditoría reflejan con veracidad y exactitud las actividades de la auditoría. Se informan además, los obstáculos significativos y opiniones divergentes.
- **Debido cuidado profesional:** es la aplicación del cuidado razonable al auditar. Los auditores proceden con el debido cuidado, de acuerdo con la importancia de la tarea que desempeñan y la confianza depositada en ellos por el cliente de la auditoría y por otras partes interesadas. El tener la competencia necesaria es un factor importante. Principios relacionados con la auditoría:
- **Independencia:** es la base para la imparcialidad y la objetividad de las conclusiones de la auditoría. Los auditores son independientes de la actividad que es auditada y están libres de errores y conflicto de intereses. Ellos mantienen una actitud objetiva a lo largo del proceso de auditoría para asegurarse de que los hallazgos y conclusiones estén basados sólo en la evidencia de la auditoría.

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

9.3.2 Objetivos y beneficios de la auditoría de mantenimiento

Los objetivos de la auditoría deben ser definidos por el cliente de la auditoría y pueden ser los siguientes:

- Comprobar y valorar el grado de cumplimiento de los objetivos del servicio.
- Comprobar y valorar la adecuación y eficiencia de los medios y sistemas para la consecución de los objetivos.
- Comprobar y valorar la existencia de sistemas organizativos y de control idóneos a las necesidades de la gestión.
- Evaluar la gestión del mantenimiento.
- Elaborar un plan de reformas para potenciar la eficacia del servicio y el cumplimiento de los objetivos parciales y generales del mismo.

Dentro de los beneficios que ofrece esta herramienta se encuentran:

- Fomenta el desarrollo del Sistema de gestión del mantenimiento.
- Proporciona a la dirección la información para la toma de decisiones más acertadas.
- Permite la mejora continua de la gestión del mantenimiento.

9.3.3 Procedimiento para la realización de auditoría de mantenimiento

El procedimiento asumido para la realización de la auditoría de mantenimiento es el propuesto por Borroto Pentón [2005] para las instalaciones hospitalarias en Cuba con las adecuaciones pertinentes realizadas por De Posada Lemus [2009], Rojas Álvarez y Borroto Pentón [2011] para su aplicación al sistema empresarial y presupuestado cubano. En la actualidad en Cuba, ministerios y entidades tienen establecido como llevar a cabo el mantenimiento en las organizaciones, pero no cómo evaluar la gestión del mantenimiento a través de la realización de una auditoría operacional. A continuación se explica un procedimiento general diseñado con estos fines (Ver figura 9.1).

Etapas 1: Inicio de la auditoría de mantenimiento

En esta primera etapa del procedimiento se debe seleccionar el equipo auditor. Se prepara el plan de auditoría y se asignan las tareas en dependencia de las competencias de los auditores.

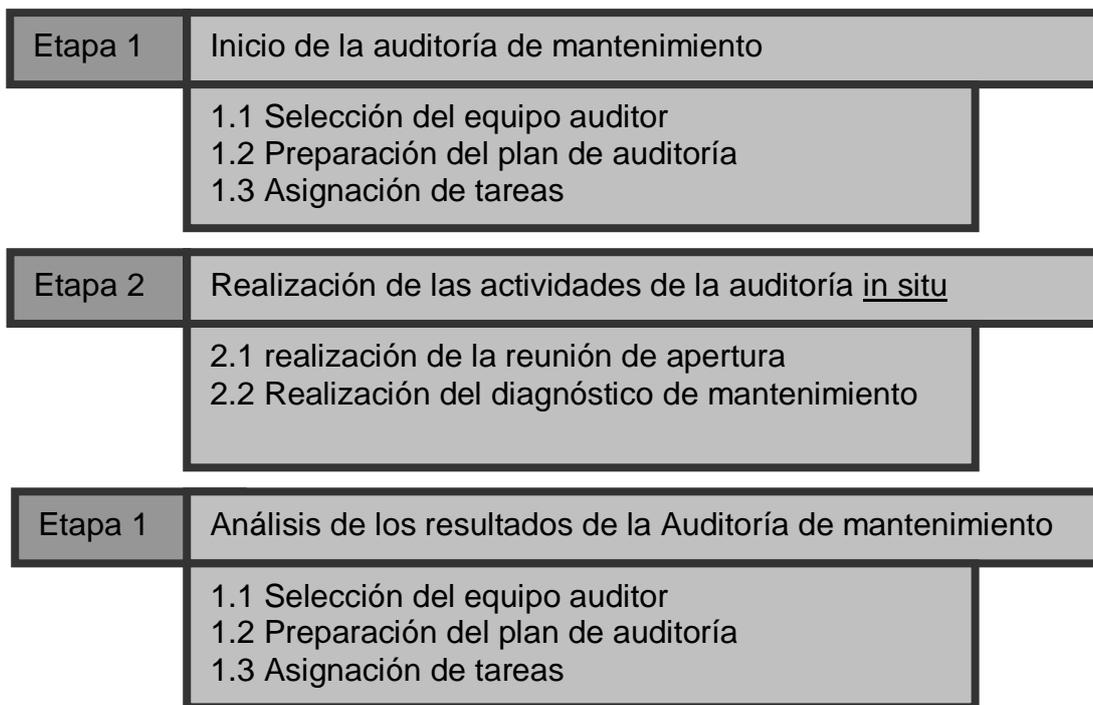


Figura 9.1 Procedimiento de auditoría de mantenimiento.

Paso 1.1 Selección del equipo auditor

Se debe seleccionar el equipo auditor teniendo en cuenta las competencias necesarias para lograr los objetivos de la auditoría. Será un equipo creado hasta tanto exista “ad hoc” y se debe garantizar su total independencia en la realización de la auditoría, para lo cual como premisa, dichos auditores deben ser ajenos a las responsabilidades inherentes a cualquier aspecto a auditar.

Los auditores deben tener conocimiento y capacidad para:

- Recopilar información a través de los métodos diseñados con estos fines.
- Verificar que la evidencia¹ de la auditoría sea suficiente.
- Evaluar los hallazgos² de la auditoría.
- Preparar el informe de la auditoría.

Paso 1.2 Preparación del plan de auditoría

El jefe del equipo auditor deberá preparar un plan de auditoría que proporcione la base para el acuerdo entre todos los implicados. Este plan incluirá: la definición de los objetivos, el alcance, los criterios de la auditoría, la asignación de recursos y la elaboración del cronograma de realización así como la definición de las áreas y funciones a auditar.

¹ Solo la información que es verificable puede constituir evidencia de la auditoría.

² Resultados de la evaluación de la evidencia de la auditoría.

Los objetivos deben ser definidos por el cliente de la auditoría, en el epígrafe 9.3.2 se hizo referencia a ellos.

El alcance de la auditoría define la extensión y los límites de la misma. Para la definición del alcance de la auditoría se recomienda realizar un trabajo en grupo con especialistas y un análisis detallado de la literatura y se determinan las áreas y funciones a auditar.

La experiencia práctica de los autores indica que la duración de la auditoría de mantenimiento se estima como máximo en 5 días. De la misma forma, la información necesaria para la realización de la auditoría debe cubrir como mínimo un período de tiempo de seis meses.

Los criterios de la auditoría de manera general lo constituyen el conjunto de políticas, procedimientos y los requisitos, los cuales se utilizan como una referencia con la cual es comparada la evidencia de la auditoría. En este caso se propone trabajar con estándares de excelencia de mantenimiento, muchos de ellos definidos en la literatura consultada, otros derivados del estudio realizado con especialistas y la experiencia de los autores de esta investigación. En el anexo 13 se muestran las diferentes áreas a auditar propuestas por diversos autores.

Los recursos asignados deben ser garantizados por el cliente de la auditoría. El cronograma de realización de la auditoría de mantenimiento es elaborado por el jefe del equipo auditor, considerando el alcance de las actividades de la auditoría in situ.

Paso 1.3 Asignación de tareas

El jefe del equipo auditor realizará la asignación de tareas a cada miembro del equipo, considerando la competencia y la independencia de los auditores y el uso eficaz de los recursos.

Etapas 2: Realización de las actividades de la auditoría in situ

En esta etapa se realiza la reunión de apertura de la auditoría y el diagnóstico de mantenimiento.

Paso 2.1 Realización de la reunión de apertura

Coincidiendo con lo planteado en la ISO 19011:2004 en esta reunión participa la dirección de los auditados y el equipo auditor. La misma es dirigida por el jefe del equipo auditor el cual presenta al equipo auditor y el plan de auditoría.

Paso 2.2 Realización del diagnóstico de mantenimiento

La realización del diagnóstico de mantenimiento constituye un elemento muy importante en la auditoría, ya que permite detectar las fortalezas y debilidades de la empresa objeto

de estudio respecto a la gestión del mantenimiento. Una vez realizado el diagnóstico la entidad auditada traza un plan de acción que solucione las deficiencias detectadas.

La recopilación, verificación y análisis de la información se propone realizarla a través de examen documental, observación directa, entrevistas y guías de diagnóstico que contengan los estándares para evaluar la gestión del mantenimiento (ver anexo 14).

Etapas 3: Análisis de los resultados de la auditoría de mantenimiento

Para llevar a cabo el análisis de los resultados de la auditoría de mantenimiento se propone realizar las siguientes acciones: evaluación de las áreas y funciones auditadas, evaluación de la gestión del mantenimiento, conclusiones de la auditoría.

Paso 3.1 Evaluación de las áreas y funciones auditadas

Cada uno de los aspectos analizados en las distintas funciones pertenecientes a las áreas auditadas se valoran en una escala de 0 a 3, donde:

- Es “0” si el aspecto considerado en la pregunta está ausente.
- Es “1” si el aspecto considerado se alcanza deficientemente.
- Es “2” si se alcanza, aunque aún puede mejorar.
- Es “3” si se alcanza de forma óptima.

Para todos los aspectos evaluados se han indicado posibles valoraciones de referencia

Para realizar la evaluación de las áreas y funciones auditadas, fueron adaptadas un conjunto de expresiones de cálculo propuestas por Corretger Rauet [1996], que permiten determinar el peso o la importancia relativa de las áreas y funciones auditadas y de esta forma realizar una evaluación más objetiva de la gestión del mantenimiento.

Para cada una de las funciones valoradas por el equipo auditor se propone realizar su evaluación a través de la expresión siguiente:

$$EF_{dg} = \frac{W_{dg} \times \bar{C}_{dg}}{3} \quad (9.1)$$

Siendo:

EF_{dg} : Evaluación de la función d correspondiente al área g.

W_{dg} : Peso de la función d correspondiente al área g.

\bar{C}_{dg} : Valoración promedio de la función d correspondiente al área g.

La suma de las evaluaciones de las funciones dará el resultado del área, esto es:

$$RA_g = \sum_{d=1}^{m_g} EF_{dg} \quad (9.2)$$

Siendo:

RA_g : Resultado del área g ($g = 1, \dots, n$)

$d=1, \dots, m_g$ Siendo m la cantidad de funciones a auditar en cada área g .

La evaluación de cada una de las áreas se calculará según la expresión siguiente:

$$EA_g = W_g \times RA_g \quad (9.3)$$

Siendo

EA_g : Evaluación del área g .

W_g : Peso del área g .

Como se puede apreciar para realizar los cálculos con las expresiones anteriores (9.1, 9.2, 9.3), es necesario determinar el peso o importancia relativa de cada área y de cada función auditada. Ello deberá sustentarse en el análisis realizado por el equipo auditor.

Para la determinación de los pesos se ha propuesto un procedimiento específico (ver figura 9.2), basado en el método multicriterio subjetivo de ordenación simple para la asignación de pesos. Este procedimiento consta de tres pasos los cuáles se describen a continuación:

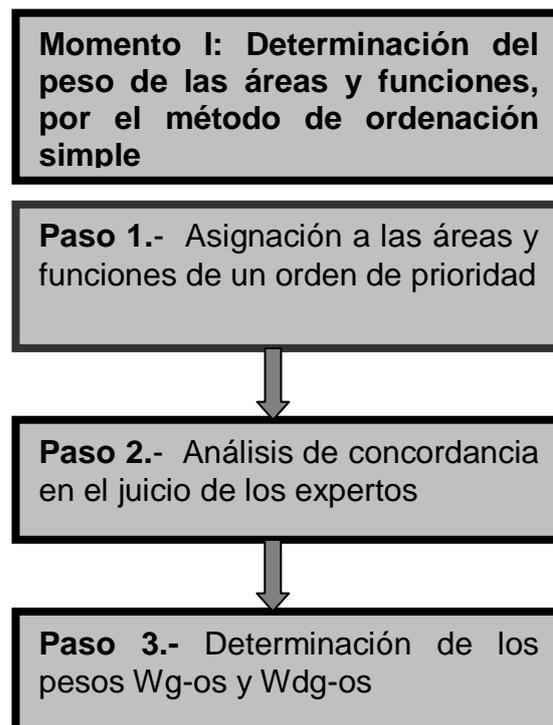


Figura 9.2 Procedimiento de asignación de pesos por el Método de Ordenación Simple

1. Asignación a las áreas y a las funciones de un orden de prioridad

Los expertos asignan a las áreas y funciones un orden de prioridad, “de 1 a n ” en el caso de las áreas y “de 1 a m_g ” en el caso de las funciones, según la preferencia o nivel de

importancia que poseen para el evaluador, de forma tal que el valor “1” representará el de menor importancia en la gestión del mantenimiento en la empresa. Este es un aspecto que requiere de un período de reflexión de los auditores, a fin de que los resultados finales no puedan ser objetados con el argumento de que no se ha contado con todos y que en el caso de haber considerado su opinión, los resultados podrían haber sido diferentes.

2. Análisis de la concordancia en el juicio de los expertos

Una vez asignado el orden de prioridad a las áreas y funciones a auditar se determina si existe concordancia o no en el juicio de los expertos. Para esto se recomienda utilizar la Prueba de concordancia de Kendall referida por Siegel [1972]. En caso de no existir concordancia entre el juicio de los expertos se vuelve al paso 1.

De comprobar la existencia de concordancia entre los expertos, se ordenan definitivamente las áreas y funciones a auditar dado por el valor de las diversas sumas de rango. Con este orden definitivo se calcula el peso de las áreas y funciones a auditar, W_{g-OS} y W_{dg-OS} a través del método de ordenación simple que es el método multicriterio de cálculo de peso que se recomienda utilizar, aunque se pueden utilizar otros métodos de cálculo subjetivos para la determinación del peso de cada criterio que aparecen en el libro “Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica” de Barba-Romero y Pomerol [1997].

Paso 3.2 Evaluación de la gestión del mantenimiento

Para la evaluación de la gestión de manteniendo se propone el Indicador nivel de la gestión del mantenimiento (I_{NM}):

$$I_{NM} = \sum_{g=1}^n EA_g \times 100 \quad (9.4)$$

Para la valoración del I_{NM} se utiliza una escala en forma porcentual, que debe ser definida por el equipo auditor y expertos de la empresa.

Realizada la auditoría de mantenimiento, se recomienda graficar los resultados de la misma en un radar de control donde se pueda observar el porcentaje que representa la evaluación del área respecto a su evaluación ideal. La observación del radar de control y de los resultados del indicador le permitirá a la empresa incidir en las áreas de peores resultados, tratando de mantener un equilibrio entre todas las áreas auditadas.

Paso 3.3 Conclusiones de la auditoría

Una vez obtenida la evaluación de la gestión del mantenimiento en la empresa objeto de estudio, el equipo auditor elabora un informe con los resultados obtenidos y las recomendaciones propuestas y se realiza la reunión de cierre de la auditoría.

Las conclusiones de la auditoría pueden indicar la necesidad de acciones correctivas, preventivas y/o de mejora, según sea aplicable. Para verificar la implementación de dichas acciones y su eficacia se recomienda realizar una auditoría de mantenimiento a los 6 meses de implementadas las mismas.

A continuación se enumeran algunos aspectos que podrían ser incluidos en el informe:

1. Objeto
2. Alcance de la auditoría
3. Documentación de referencia
4. Datos generales de la planta o instalación
 - 4.1. Grado de automatización
 - 4.2. Antigüedad de las instalaciones
 - 4.3. Ubicación geográfica. Problemas derivados de esa ubicación
 - 4.4. Jornada de trabajo
5. Diagnóstico de mantenimiento: áreas y funciones evaluadas.
6. Resumen de los problemas detectados en la auditoría.

Este informe debe identificar como problemas detectados a todos aquellos aspectos cuya valoración sea 0 ó 1, o sea, mediante una expresión numérica debe quedar expresado cuales son aquellas áreas que requieren mayor atención. De igual modo pueden quedar apuntadas las acciones correctivas o de mejoras a emprender.

9.4 Aspectos clave

- La realización de auditoría de mantenimiento constituye una herramienta, que permite a las organizaciones definir la situación de la gestión de mantenimiento.
- La auditoría de mantenimiento aporta no conformidades que surgen directamente de área(s) y/o función(es) con deficiencia(s), lo que posibilita definir políticas orientadas a la mejora del sistema de gestión, realizar acciones de benchmarking tanto internas con base de comparación en auditorías anteriores como externas con empresas de similares características (objeto social, tecnologías de producción, etc.).
- De la práctica de este procedimiento se derivan experiencias de aplicación, con buenos resultados en empresas cubanas, que son expuestas en el epígrafe 9.6.

9.5 Preguntas del capítulo

1. Se necesita comprobar con periodicidad el desempeño de la función de mantenimiento en la empresa XX. ¿Cómo clasifica usted esta auditoría y cuáles son las áreas deben auditarse?
2. Relacione cuales son los principios de la auditoría.
3. En la empresa " A " se realizó una auditoría de mantenimiento teniendo en cuenta cuatro áreas a auditar. Se muestra en la siguiente tabla la ponderación dada a estas áreas por siete expertos implicados.

Áreas \ Expertos	Áreas							Orden
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
A1	1	2	1	1	2	1	1	
A2	3	3	2	4	3	3	2	
A3	2	1	3	2	1	2	2	
A4	4	4	4	3	4	4	4	

El resultado de la aplicación de la auditoría de las áreas se muestra en la tabla siguiente.

	A1	A2	A3	A4	Total Puntos
Puntuación Real	49	89	71	65	274
Puntuación Posible	100	100	100	100	400

A usted se le pide:

- a) Basándose en el criterio emitido por los expertos asigne un orden y un peso a las áreas auditadas.
- b) Obtener una evaluación para cada área
- c) Evalúe la gestión de mantenimiento en la empresa a través del cálculo del índice de conformidad I_{NM} teniendo en cuenta la ponderación de las áreas y la escala siguiente.

50-60 mal	61-70 regular	71-80 bien	81-90 muy bien	91-100 excelente
-----------	---------------	------------	----------------	------------------

9.6 Experiencias en la aplicación del procedimiento general para la realización de la auditoría de mantenimiento

Contar con procedimientos que permitan auditar la gestión del mantenimiento constituye una herramienta importante, que en las manos adecuadas y con una correcta implementación, es capaz de ofrecernos un estado real de la gestión. Brindando la

posibilidad de compararnos con un estado deseado, que de no ser el esperado se podrá corregir, con políticas de mantenimiento que lo permitan y otras medidas organizativas.

En este epígrafe se exponen diferentes experiencias desarrolladas con fines docentes e investigativos. En todos los casos el equipo auditor es creado ad hoc y estuvo conformado por: especialistas de las entidades auditadas, profesores y estudiantes de pregrado y postgrado de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

9.6.1 Auditoría de mantenimiento en hospitales

A continuación se muestran ejemplos de la realización de la auditoría de mantenimiento realizada en hospitales.

Hospital “A”

El hospital brinda más de 17 servicios de especialidades, entre ellos: Gastroenterología, Medicina interna, Hematología, Geriátrica, Cirugía general, Cirugía oncológica, Radiaciones, Oxigenación hiperbárica, Terapia intensiva y Terapia intermedia. Los servicios de Quimioterapia, Radioterapia, Medicina nuclear, Penado Ozonoterapia, etc.

A partir de la aplicación de las guías de entrevistas, guías de acción y la encuesta a los trabajadores de mantenimiento del hospital, se realizó la auditoría de mantenimiento. Los problemas detectados en el diagnóstico del servicio de mantenimiento y en el diagnóstico de recursos se muestran a continuación:

Diagnóstico del servicio de mantenimiento

- Ausencia de historial de equipos.
- No se registra la información precisa en las órdenes de trabajo en el Departamento de mantenimiento a equipos no médicos, además de no llenarse correctamente.
- En el Departamento de electromedicina no existe el documento orden de trabajo para el MPP, solo se confecciona este documento para el mantenimiento correctivo y no se registra en él toda la información que se solicita.
- No existe un sistema informatizado para la gestión de mantenimiento.
- No se conoce si los ciclos de mantenimiento existentes son adecuados o no.
- Incumplimiento de la planificación del mantenimiento preventivo al 100% para los equipos no médicos.
- 55% de cumplimiento del MPP para los equipos médicos.
- Se violan pasos en la realización del MPP a equipos médicos.

- Existe descontrol de los materiales y repuestos en el área de mantenimiento a equipos no médicos.
- Se desconocen los costos de la actividad de mantenimiento en el hospital.
- No se calculan índices de gestión del mantenimiento.
- El 44% del equipamiento médico del hospital se encuentra en estado técnico regular y el 6% en mal estado técnico.
- El 85% del equipamiento no médico se encuentra en estado técnico regular y el 5% en mal estado técnico.
- Existencia de equipos obsoletos con más de 15 años de explotación, con ausencia de un programa nacional de renovación de equipos médicos en general.
- Desgaste de los equipos moralmente y por la carga de trabajo diaria.
- Maltratos ocasionados a la tecnología por la mala manipulación.
- Instalaciones en estado regular debido principalmente a la falta de materiales de repuestos y a los años de explotación.
- El hospital no dispone de registro de proveedores de servicios de mantenimiento para tercerización.
- No existe un plan de MPP para la tercerización, excepto para las calderas, el cual se incumple regularmente.
- Incumplimiento de las garantías establecidas en los contratos de tercerización del mantenimiento.

Diagnóstico de recursos

- Bajo desarrollo profesional en el área de mantenimiento no médico, así como poca experiencia de trabajo.
- Desmotivación por bajos salarios, falta de estimulación, el 35% del personal de mantenimiento siente que su trabajo no es reconocido por la dirección del hospital, condiciones inadecuadas del área donde se ejecutan las actividades de mantenimiento.
- Malas condiciones de las áreas físicas.
- Insuficiente suministro de materiales y piezas de repuesto.
- Déficit de herramientas, y herramientas con más de 15 años de explotación.
- El presupuesto para el mantenimiento a equipos médicos está centralizado para toda la provincia.

- Los especialistas de mantenimiento no participan en la previsión del presupuesto para mantenimiento.

Una vez realizado el diagnóstico de mantenimiento se evaluaron las áreas y funciones auditadas y se calculó el Indicador nivel de la gestión del mantenimiento I_{NM} resultando ser de un 44,92% (figura 9.3), evaluándose de DEFICIENTE la gestión del mantenimiento en el hospital.

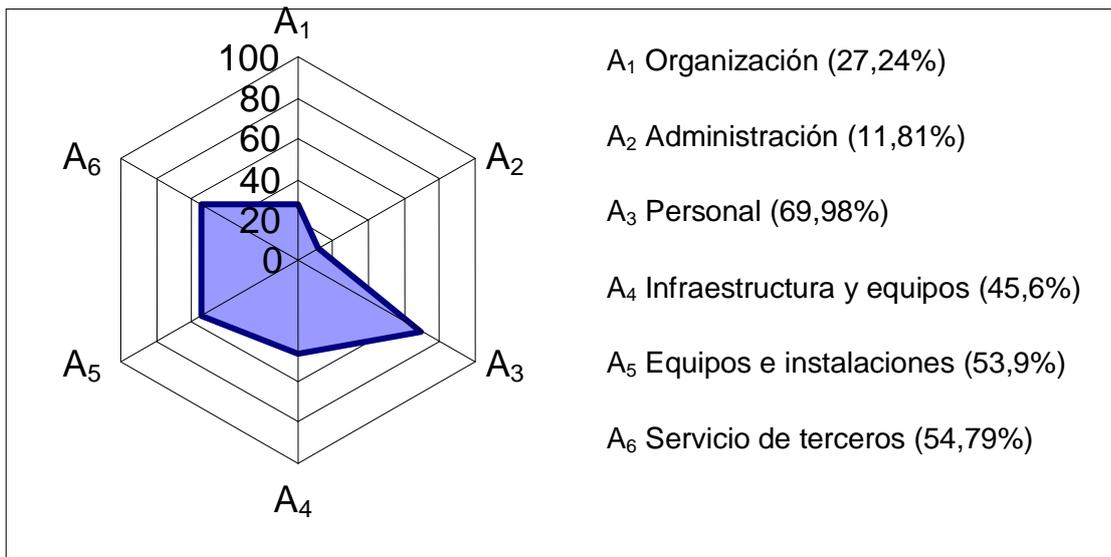


Figura 9.3 Radar de control

Hospital “B”

Este cuenta con más de 500 camas y brinda 20 servicios de especialidades, entre los que se encuentran: Estomatología, Cardiología, Urología, Oftalmología Psiquiatría, etc.

A partir de la aplicación de las guías de entrevistas, guías de acción y la encuesta a los trabajadores de mantenimiento del hospital, se realizó la auditoría de mantenimiento. Los problemas detectados en el diagnóstico del servicio de mantenimiento y en el diagnóstico de recursos se muestran a continuación:

Diagnóstico del servicio de mantenimiento

- La ejecución del mantenimiento a equipos no médicos se corresponde con un 71% de mantenimiento correctivo y un 29% de mantenimiento preventivo planificado.
- El 60% del equipamiento médico del hospital se encuentra en estado técnico regular y el 5% en mal estado técnico.
- El 30% del equipamiento no médico se encuentra en estado técnico regular y el 24% en mal estado técnico.
- Desconocimiento del 50% del personal de mantenimiento, de las políticas y objetivos del mantenimiento hospitalario.

- Inexistencia de historial de equipos.
- Ausencia de registro de intervenciones para los equipos médicos.
- No se calculan índices de gestión.
- El modelo Orden de trabajo no es el estipulado por el MINSAP, solo registran para los equipos médicos y no médicos el trabajo realizado, el técnico que ejecutó la intervención y la fecha de la misma.
- No existe nivel de informatización.
- Incumplimiento de los contratistas en la realización del mantenimiento al Sistema de Calderas y a los Ascensores.
- No se cumplen las garantías establecidas en los contratos.
- Instalaciones del Sistema de Calderas en estado técnico regular.

Diagnóstico de recursos

- Herramientas insuficientes.
- Bajo desarrollo profesional en el Departamento de mantenimiento a equipos no médicos.
- Desmotivación de los trabajadores por bajos salario, condiciones inadecuadas de trabajo y falta de estimulación.
- Insuficiente presupuesto para la compra de materiales y repuesto.

Una vez realizado el diagnóstico de mantenimiento se evaluaron las áreas y funciones auditadas y se calculó el Indicador nivel de la gestión del mantenimiento I_{NM} resultando ser de un 50,2%, evaluándose de DEFICIENTE la gestión del mantenimiento en el hospital.

Hospital “C”

Este hospital tiene como misión brindar atención especializada a los menores de 15 años, con afecciones clínicas y quirúrgicas. Contribuye a mejorar los indicadores de salud de acuerdo a las estrategias y programas del Sistema Nacional de Salud con una adecuada proyección comunitaria. El hospital cuenta con más de 270 camas y en él se brindan más de 19 servicios de especialidades, entre ellos: Alergia, Dermatología, Neonatología, Foniatría, Cardiología, Reumatología, Urología, Cirugía, Oncología, Nefrología, etc.

A partir de la aplicación de las guías de entrevistas, guías de acción y la encuesta a los trabajadores de mantenimiento del hospital, se realizó la auditoría de mantenimiento. Los problemas detectados en el diagnóstico del servicio de mantenimiento y en el diagnóstico de recursos se muestran a continuación:

Diagnóstico de servicio de mantenimiento

- Escasa documentación técnica de los equipos no médicos.
- Poca importancia a la actividad de mantenimiento en el hospital.
- Ausencia de historial de equipos.
- No se calculan indicadores de gestión del mantenimiento.
- Llenado incompleto de la orden de trabajo, además de faltar en el formato información a solicitar de suma importancia para el control de mantenimiento.
- El 48% del equipamiento médico del hospital se encuentra en estado técnico regular y el 19% en mal estado técnico.
- El 60% del equipamiento no médico se encuentra en estado técnico regular y el 15% en mal estado técnico.
- Equipos médicos y no médicos con más de 10 años de explotación.
- Sistema de gases medicinales con máquinas de más de 30 años de explotación.
- Calderas de vapor funcionando con defectos técnicos.
- Déficit de materiales y piezas de repuesto.
- Incumplimiento del plan de MPP para los equipos no médicos.
- Equipos médicos priorizados rotos en el taller de Electromedicina del hospital por la ausencia de un medio de transporte que los traslade hacia el CPE.

Diagnóstico de recursos

- Inestabilidad del personal del Departamento de mantenimiento a equipos no médicos, así como bajo desarrollo profesional.
- Áreas de trabajo en malas condiciones.
- Falta de estimulación y desmotivación por los bajos salarios y las deficientes condiciones de trabajo.
- Herramientas en estado regular, insuficientes y con más de 15 años de explotación.
- Insuficientes suministros de materiales y piezas de repuesto
- No existencia de presupuesto planificado para la actividad de mantenimiento

Realizada la auditoría de mantenimiento se concluyó que la gestión de mantenimiento en el hospital se evalúa de DEFICIENTE siendo el Indicador nivel de la gestión del mantenimiento $I_{NM} = 47,92\%$. Posterior a esto, se comenzó a implementar en el hospital el SAMHOS, se clasificó el 100% de los equipos médicos y se determinaron las variantes de mantenimiento para cada uno de ellos.

Hospital “D”

El hospital cuenta con más de 290 camas y en él se brindan los servicios de especialidades siguientes: Neonatología, Obstetricia, Cuidado perinatal y Ginecología.

A partir de la aplicación de las guías de entrevistas, guías de acción y la encuesta a los trabajadores de mantenimiento del hospital, se realizó la auditoría de mantenimiento. Los problemas detectados en el diagnóstico del servicio de mantenimiento y en el diagnóstico de recursos se muestran a continuación:

Diagnóstico del servicio de mantenimiento

- El 57% del equipamiento médico del hospital se encuentra en estado técnico regular y el 10% en mal estado técnico.
- El 25% del equipamiento no médico se encuentra en estado técnico regular y el 15% en mal estado técnico.
- Existencia de equipos obsoletos.
- Desgaste moral y físico por carga de trabajo diaria.
- Incumplimiento de 40% de los planes de MPP para los equipos no médicos y del 35% para el equipamiento médico.
- No existe nivel de informatización.
- No existe historial de equipos.
- No se conocen los costos de la actividad de mantenimiento.
- Incumplimiento de las garantías del servicio de terceros.

Diagnóstico de recursos

- Malas condiciones de las áreas de trabajo.
- Mal estado técnico de las herramientas.
- Bajo desarrollo profesional en el área de mantenimiento no médico así como poca experiencia en esta actividad.
- La brigada de electromedicina del hospital está integrada por un solo especialista.
- Desmotivación por bajos salarios, falta de estimulación y condiciones inadecuadas del área donde se realizan las actividades.
- Insuficientes suministros de piezas de repuesto y de herramientas.
- Insuficiente presupuesto para la compra de materiales de mantenimiento.

Realizada la auditoría de mantenimiento se concluyó que la gestión del mantenimiento en el hospital se evalúa de DEFICIENTE siendo el Indicador nivel de la gestión de mantenimiento del 39,81%.

9.6.2 Empresa Productos Lácteos

Se realiza la auditoría de mantenimiento detectándose los siguientes problemas:

- No existe un plan de formación adecuado.
- La falta de los medios adecuados en las oficinas.
- No existe una adecuada gestión de compra de piezas de repuesto.
- Insuficiente presupuesto para la compra de materiales de mantenimiento.
- Los materiales y repuestos no tienen la calidad necesaria.
- No se calculan todos los índices de gestión que debe llevar el área de mantenimiento.
- Falta de algunas herramientas necesarias para la realización de las actividades de mantenimiento, no obstante las que existen se encuentran en buen estado.
- Déficit de instrumentos de medición y calibración.
- Desgastes de los equipos provocados por la carga de trabajo diaria.
- Existencia de equipos obsoletos con más de 20 años de explotación.
- No existe nivel de informatización.
- Ausencia de documentación técnica e historial en algunos equipos.

No obstante los problemas detectados al calcular el indicador I_{nm} arrojó un valor de 88.04% evaluándose la gestión de mantenimiento de muy buena. Es importante señalar que el indicador calculado no tuvo en cuenta el orden de importancia de las áreas y funciones a auditar.

9.6.3 Empresa Confitera

Subordinada al Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL), inició sus actividades en 1975 con el objetivo de producir y comercializar de forma mayorista productos de panadería, galletería, repostería, mezclas físicas, pastas y cremas alimenticias, refrescos instantáneos, caramelos y confitería en general, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior; de ahí que su misión esté definida por: la satisfacción de las necesidades de productos de confitería, pastas alimenticias y mezclas en polvo, tradicionales y especiales, así como productos para la repostería; comprometidos con la calidad y diversificación de sus productos, el perfeccionamiento de sus tecnologías, el alcance de una adecuada eficiencia económica y distinguiéndose por su responsabilidad ante la sociedad.

Al realizar la auditoría de mantenimiento se detectan los principales problemas que afectan su gestión, estos se relacionan a continuación:

- Se detectaron deficiencias en la determinación de los tiempos para diagnosticar y hacer efectivo el mantenimiento
- Respecto al plan medioambiental se conoce su existencia pero no hay claridad con respecto a los objetivos y accionar de la empresa respecto al mismo,
- El desconocimiento de los tamaños de inventarios para garantizar determinada disponibilidad del equipamiento,
- La falta de procedimientos para pronosticar las demandas de piezas de repuesto
- Las principales inconformidades se detectaron en la carencia de procedimientos para la realización de auditorías.
- Las herramientas que se poseen no se corresponden del todo con las que se necesitan.

La evaluación del mantenimiento en la empresa obtuvo un calificación de 66.92% la cual según la escala seleccionada es deficiente. El resultado por áreas se muestra en la figura 9.4

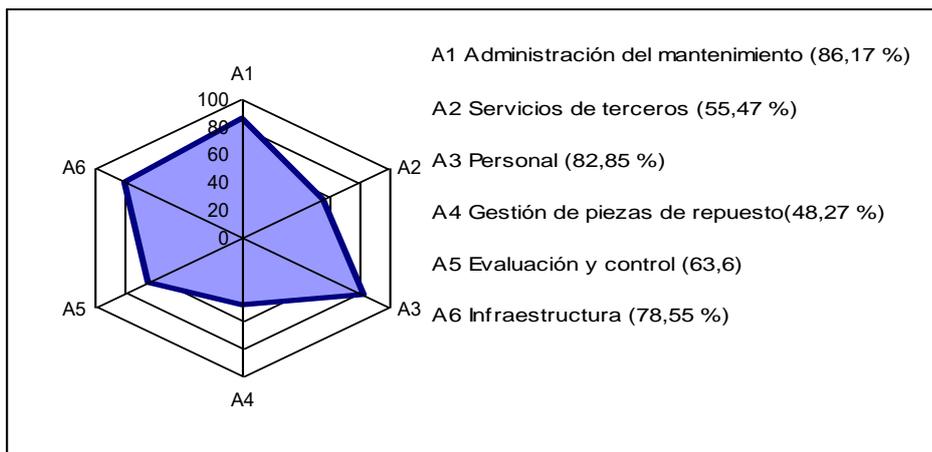


Figura 9.4 Radar de control

9.6.4 Empresa de Muebles

La Empresa tiene como destino final de sus producciones el sector educacional. En la actualidad cuenta con 4 Unidades Funcionales y 5 Unidades Empresariales de Base Ha perfeccionado su estructura y logrado avances tecnológicos que le han permitido alcanzar productos de alta calidad penetrando en importantes nichos del mercado nacional, fundamentalmente las cadenas hoteleras y las tiendas de recaudación de divisas.

Con fines docentes se realizó una auditoría de mantenimiento en esta entidad, con el objetivo de evaluar la gestión del mantenimiento.

Al realizar la auditoría de mantenimiento en la empresa se detectaron los siguientes problemas:

- No están clasificados los equipos según su criticidad.
- La planificación del mantenimiento no es correcta.
- No se priorizan las Órdenes de Trabajo.
- No se registra la información que precisa en las órdenes de trabajo.
- No hay ningún documento para el control del costo de mantenimiento.
- Existencia de equipos obsoletos con más de 20 años de explotación.
- La plantilla de la brigada de mantenimiento no está completamente cubierta.
- No existe un plan de formación adecuado.
- No existe nivel de informatización para la gestión del mantenimiento.
- Las oficinas no tienen los medios adecuados.
- No se calcula ningún indicador para la gestión del mantenimiento.

El cálculo del valor total de la gestión del mantenimiento en la empresa fue de 73.16%. Esto significa que la gestión de mantenimiento se evalúa de buena. Esta información se puede desagregar por áreas (Figura 9.5).

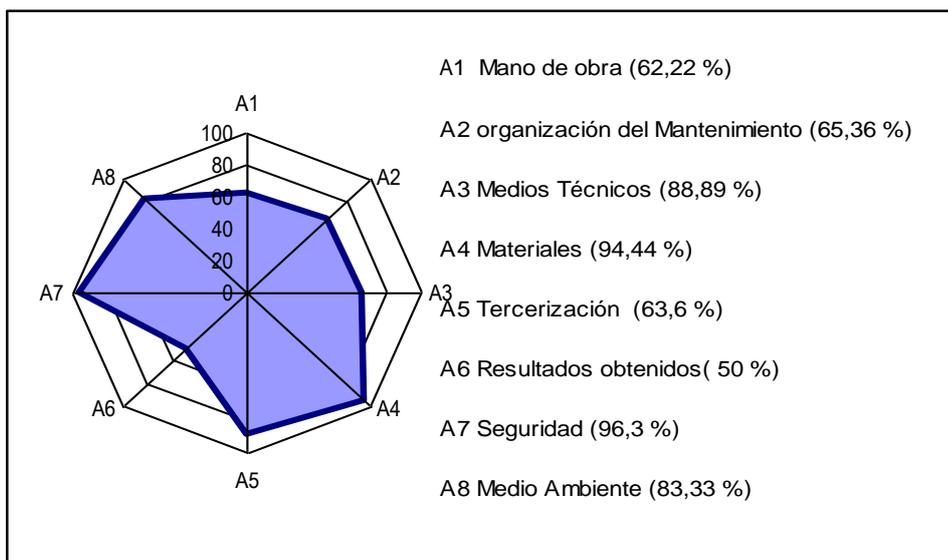


Figura 9.5 Radar de control

9.6.5 Empresa reparadora

La Empresa Reparadora subordinada al Ministerio Sidero – Mecánico se dedica a la reparación de motores (rama automotriz), con más demanda productiva en la Remotorización de camiones y la venta de accesorios.

Problemas que afectan la gestión de mantenimiento

Realizada la auditoría los problemas detectados que afectan la gestión de mantenimiento son los siguientes:

- La plantilla es incompleta.
- Escasez de piezas de repuesto.
- El sistema de compra de materiales es lento.
- Los materiales no siempre alcanzan la calidad requerida.
- Falta de medios adecuados en las oficinas.
- Existencia de equipos con reparación capital.
- Mal estado de los medios de protección individual.
- Mal control sobre el llenado de los extintores.
- No existe un sistema automatizado para la gestión del mantenimiento de la empresa.

Al evaluar la gestión del mantenimiento se obtuvo un valor de 86.49% (figura 9.6), lo que significa que la gestión de mantenimiento de la Reparadora se evalúa de excelente. Como puede apreciarse existen problemas que afectan la gestión del mantenimiento no obstante estar el indicador de conformidad en por encima del 85%, esto en parte está dado por la subjetividad de los evaluadores en el momento de calificar las áreas y funciones a auditar y por la escala de evaluación empleada en este caso.

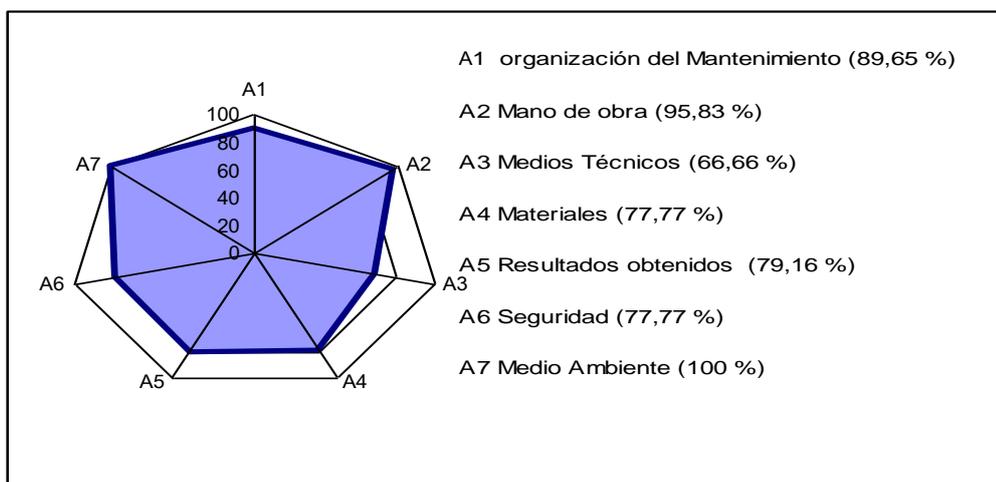


Figura 9.6 Radar de control

9.6.6 Empresa de embutidos

A continuación se muestran los resultados de la auditoría de mantenimiento realizada a la empresa de Embutidos

La estructura organizativa de esta empresa está conformada por dos áreas fundamentales la de producción y aseguramiento con sus correspondientes brigadas, tres grupos de trabajo y un equipo de distribución y ventas.

En esta empresa con el objetivo de asegurar la máxima disponibilidad técnica y la conservación apropiada de los activos, se aplica lo estipulado en el Manual Organización, Mantenimiento y Reparaciones en sus dos secciones. Este sistema de gestión incluye la elaboración del Plan de Reparaciones con una frecuencia semestral o anual y es aprobado por el Director de la empresa. En esta empresa el sistema de mantenimiento implementado es el Preventivo Planificado y Correctivo

Problemas que afectan la gestión de mantenimiento

Los problemas que afectan la gestión del mantenimiento se listan a continuación:

- Aunque se conoce no se planifica todo el volumen de trabajos a realizar.
- No se registra la información precisa en las órdenes de trabajo en el Departamento de mantenimiento, además de no llenarse correctamente no contemplan la conformidad del cliente.
- Se desconocen los costos de la actividad de mantenimiento en la UEB.
- Se calcula un solo índice de gestión del mantenimiento por lo que no se conoce la eficiencia y eficacia de la gestión de mantenimiento.
- Los objetivos del área de mantenimiento no están claramente definidos.
- Se desconoce el costo de pérdidas de producción por fallas de mantenimiento.
- No existen procedimientos documentados para las intervenciones de mantenimiento en el equipamiento.
- El presupuesto para mantenimiento no es suficiente y está centralizado por la empresa y unión.
- Los especialistas de mantenimiento no participan en la previsión del presupuesto para mantenimiento.
- No existe un sistema informatizado para la gestión de mantenimiento.
- No se conoce si los ciclos de mantenimiento existentes son adecuados o no.
- La criticidad de los equipos está dada solo por el nivel de afectación a la producción.
- La política de contratación de servicios de mantenimiento no está bien definida.
- No se dispone de registro de proveedores de servicios de mantenimiento para la tercerización ni de un procedimiento específico para la selección de estos.
- El Plan de mantenimiento para la tercerización dirigido a las calderas e instrumentación, se incumple regularmente.

- Incumplimiento de las garantías establecidas en los contratos de tercerización del mantenimiento.
- Sistema de compras muy lento y con muchas limitaciones.
- No existe una política apropiada de importación de piezas.
- Insuficiente suministro de materiales y piezas de repuesto.
- Déficit de herramientas, y herramientas con más de 15 años de explotación.
- Incumplimiento del Plan de reparaciones en áreas como refrigeración y calderas.
- El 85% de los equipos y edificaciones tiene más de 30 años de explotación y están obsoletos con desgaste moral y físico por la carga diaria y condiciones de trabajo severas.
- Ausencia de un programa de remodelación o inversión que revierta la situación.
- Maltratos ocasionados a la tecnología por la mala manipulación.
- Bajo desarrollo profesional en el área de mantenimiento.
- Desmotivación por bajos salarios, falta de estimulación, condiciones inadecuadas del área donde se ejecutan las actividades de mantenimiento.

Para la evaluación de la gestión del mantenimiento en la UEB Empacadora “Osvaldo Herrera” se propone el Indicador I_{NM} , mostró como resultado un valor de 48,61%, evaluándose entonces la gestión del mantenimiento de DEFICIENTE. Como se puede observar en la Figura 9.7 las áreas que mayores dificultades presentan son las áreas “Administración” del mantenimiento, “Servicio de terceros”, “Gestión de piezas de repuesto” y “Evaluación y control”.

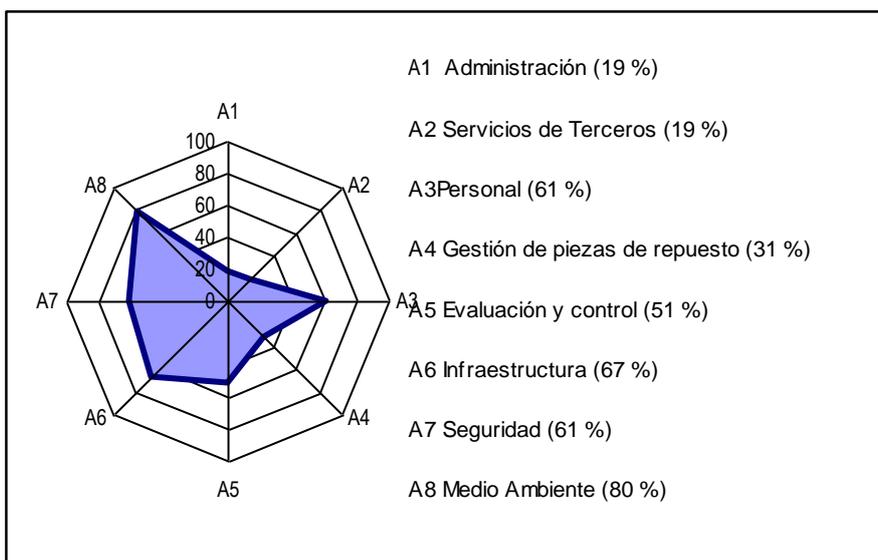


Figura 9.7 Radar de control

Referencias

1. Alfonso LLanes, A. et al., (2006b) “Cómo controlar el Nivel de Gestión del Mantenimiento (NGM)”. Revista *Ingeniería y Gestión de Mantenimiento*, ISSN: 1695-3754. No. 49, año IX, Sep/Oct. 2006, pp.42-47.
2. Barba-Romero, S. y Pomerol, J. C. (1997) “Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica”. Universidad T. [1997].
3. Bordón Marrero, A. y Borroto Pentón, Y. (2003). *Bases para el perfeccionamiento de la gestión de mantenimiento en el Hospital Provincial Docente Clínico Quirúrgico “Arnaldo Milián Castro”*. Trabajo de Diploma. Santa Clara, Cuba, UCLV..
4. Borroto Pentón, Y. (2005). *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, cuba.
5. Borroto Pentón, Y., De la Paz Martínez, E. M. y González Hernández, K. (2003c). *Bases para el perfeccionamiento de la gestión de mantenimiento en el Hospital Gineco Obstétrico “Mariana Grajales”*. Trabajo de Diploma. UCLV, Santa Clara, Cuba.
6. Borroto Pentón, Y., De la Paz Martínez, E. M. y Núñez Pérez, D.. (2003b). *Perfeccionamiento de la gestión de mantenimiento en el Hospital Infantil “José Luis Miranda”*. Trabajo de Diploma. UCLV, Santa Clara, Cuba.
7. Corretger Rauet, M. (1994). “El mando intermedio en mantenimiento. Funciones, formación, responsabilidad”. *Revista Mantenimiento*, España. 77, pp. 41-53.
8. Corretger Rauet, M. (1996). “Auditoría y autoevaluación del mantenimiento”. *Revista Mantenimiento*, España. 100, pp. 21-28.
9. De la Paz Martínez, E. M. & Borroto Pentón, Y. (2002b). “La gestión integral del mantenimiento hospitalario”. *Revista Con Mantenimiento Productivo*, México. (Segunda parte). 15, pp. 18-23.
10. De la Paz Martínez, E. M. (1996). *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil “Desembarco del Granma”*. Tesis Doctoral. Santa Clara, Cuba, UCLV.
11. De la Paz Martínez, E. M. (2002). “Proyecto Gestión Integral del Mantenimiento Hospitalario”. Informe final de proyecto. México.
12. De la Paz Martínez, E. M. y Borroto Pentón, Y. (2002a). “La gestión integral del mantenimiento hospitalario”. *Revista Con Mantenimiento Productivo*, México. (Primera parte). 14, pp. 18-23

13. González Fernández, F. J (2010). *Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*. Edición Segunda. FC Editorial, Madrid, España.
14. Jezdimir, K., (1996) *Mantenibilidad*. Edición primera. Madrid. España
15. NC-ISO 19011. (2008). *Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental*.
16. Rodríguez López, I. (2000). Perfeccionamiento del sistema de gestión de mantenimiento en el Hospital Clínico Quirúrgico de segundo nivel asistencial "Comandante Manuel Fajardo Rivero". Trabajo de Diploma. UCLV, Santa Clara, Cuba.
17. Tavares, L. A. (1999) *Administración Moderna de Mantenimiento*. Edición primera. Brasil.
18. Tavares, L. A. (2003) "Auditorías de mantenimiento". Primer Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento. Octubre 30-31. León, México. www.mantenimientoplanificado.com/gerardo%20trujillo%20noria/lourival%20AUDITORIA%20MANTENIMIENTO.pdf (Consultado el día 18 de enero de 2009)
19. Tavares, L. A. y Silva Filho, A. A. (2003). "Mantenimiento como una actividad corporativa". *Revista Ingeniería y Arquitectura*, Panamá. Edición Especial, pp. 4-5.
20. Tavares, L. A., et al. (2005) *Manutencao Centrada no Negocio*. Editorial Novo Polo Publicacoes. Brasil.
21. Toledo Gascón, D. y Borroto Pentón, Y. (2001). *La auditoría de mantenimiento en el Hospital Provincial Docente Clínico Quirúrgico "Arnaldo Milán Castro"*. Trabajo de Diploma. UCLV, Santa Clara, Cuba.

Capítulo 10

Indicadores de Mantenimiento

Capítulo 10. Indicadores de mantenimiento

El manejo de indicadores como control sobre la gestión de mantenimiento constituye una forma muy eficaz para comprender su desarrollo, lo que permite realizar acciones comparativas entre estados anteriores y/o estados deseados. También como sustento de estos indicadores se deben agrupar en las perspectivas de un Cuadro de Mando Integral (CMI), facilitando el control de la gestión.

10.1 Base conceptual

La Gestión del Mantenimiento está estrechamente ligada al control y análisis de indicadores o índices que brindan información respecto al desempeño de un elemento crítico identificado previamente. Existen varios conceptos relacionados a indicadores:

1. Los indicadores de gestión, son parámetros numéricos, que a partir de datos previamente definidos y organizados, proporcionan una idea del cumplimiento de los planes establecidos, y permiten la toma de decisiones para corregir las desviaciones (Hernández Cruz & Navarrete Pérez, 2001).
2. Un indicador es un parámetro numérico que facilita medir el desempeño sobre un factor crítico identificado en las personas, la organización o en los procesos respecto a los objetivos y las metas del negocio, dato empírico o medida que revela la presencia o la intensidad de un fenómeno o variable (Yañes Medina, 2003).
3. Los indicadores son elementos del sistema de control de gestión, proporcionan información significativa sobre aspectos críticos o claves de una organización mediante la relación de dos o más datos (Cuellar Díaz & Toro Guayara, 2008).

Apoyados en los conceptos expuestos anteriormente se puede definir entonces el término indicador como: *parámetros que contienen información importante, que a partir de datos definidos con anterioridad conforman el criterio para la toma de decisiones de los individuos que intervienen en el proceso existiendo un balance previo entre ellos, que permita valorar la decisión desde diferentes enfoques.*

10.1.1 Características de los indicadores de mantenimiento

Existe gran cantidad de indicadores de mantenimiento, que se utilizan en dependencia de su contexto de aplicación. Los indicadores de mantenimiento constituyen una herramienta que con una adecuada medición e interpretación permiten mejorar la toma de decisiones en la organización.

Al trabajar con indicadores se deben tomar en cuenta tanto indicadores pasados (de efecto) como futuros (de causa). Estos poseen características y cualidades que no deben ser omitidas. Por su naturaleza los indicadores deben ser:

- Pocos, pero suficientes

- Claros de entender y calculables
- Útiles para conocer el rumbo del negocio y las causas de las desviaciones

Funcionalmente los indicadores deben:

- Estar alineados con los objetivos y metas del negocio
- Calcularse periódicamente a través de sistemas de información para evaluar el logro de los objetivos y metas del negocio
- Ser conocidos y comprendidos por los responsables de interpretarlos y por los responsables de tomar decisiones y acciones a partir de estos
- Ser un apoyo para tomar decisiones correctas y emprender acciones oportunas ante las desviaciones que se detecten en la gestión de mantenimiento
- Permitir identificar áreas de oportunidad para reducir costos y mejorar la gestión de mantenimiento
- Ser flexibles para adaptarse a los cambios del contexto operacional, así como a los objetivos y metas del negocio

Los indicadores o índices se pueden clasificar de diferentes formas en el anexo 15 se muestran las clasificaciones emitidas por diversos autores.

Efectividad:

Los indicadores asociados a este grupo permiten ver el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, además mide la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento.

Los indicadores asociados a esta área son:

- Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)
- Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)
- Disponibilidad (D)
- Utilización (U)
- Confiabilidad (C)

Rendimiento:

Este grupo está relacionado con la gestión del Recurso Humano asociado al mantenimiento, los mismos son:

- Índice de Ausentismo
- Índice de Sobre-tiempo
- Índice de Fuerza Hombre Contratada
- Cumplimiento Plan de Adiestramiento
- Índice de Personal Adiestrado

Estos indicadores son genéricos, pudiéndose utilizar para otras funciones diferentes a mantenimiento.

Costos:

Este grupo mide los gastos asociados a la gestión de mantenimiento, cómo son distribuidos los mismos y si están orientados a mejorar la eficiencia de la empresa.

- Costo de Mantenimiento por Unidad de Producción
- Costo de Mantenimiento por Hora Hombre
- Relación de Costo Mantenimiento vs Producción.
- Índice Costo de Mantenimiento Preventivo
- Índice Costo de Mantenimiento Correctivo

Fiabilidad:

Este grupo de indicadores mide la ocurrencia de los fallos y se evalúan las mejoras en la fiabilidad y conservación del equipo.

- Frecuencia de fallo
- Tasa de gravedad de los fallos
- Tasa de mantenimiento de emergencia

Seguridad:

Estos indicadores determinan los aspectos de trabajo seguro en la función de mantenimiento.

- Índice de Frecuencia Bruta
- Índice de Frecuencia Neta
- Índice de Severidad

Estos indicadores no son exclusivos de la función mantenimiento, pudiéndose utilizar en otras funciones.

10.2 Indicadores de mantenimiento

A continuación se describen indicadores que pueden ser usados para interpretar el funcionamiento del área de mantenimiento de acuerdo a su clasificación funcional.

Es importante, para el trabajo con los indicadores, tener presente los errores o defectos más usuales en los que se suele incurrir, dígame:

- Inadecuada selección de los índices, excesivos en número y no jerarquizados.
- Insuficiente y confusa definición que provoca diferentes interpretaciones y/o cálculos.
- Escasa o nula identificación de la relación existente entre el índice y los factores críticos.

- Inadecuación en los sistemas de captación de datos para la determinación de los índices, cálculos erróneos y/u obtenidos con retraso, con lo cual se pierde la aptitud y rapidez de acción.
- Falta de establecimiento de valores objetivos y dificultades en obtener la información adecuada.
- Carencia de controles sistemáticos.

10.2.1 Indicadores de desempeño del equipo

Su objetivo es controlar y evaluar el comportamiento de los equipos.

- MTBF: Tiempo medio entre fallas (permite conocer el tiempo promedio que estuvo operando un equipo, o grupo de equipos, antes de que ocurra una falla.)

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n HTOE}{\sum_{i=1}^n NTFRE} \quad (10.1)$$

Siendo:

n: Cantidad de equipos

HTOE: Horas totales de operación por equipo / Instalación

NTFRE: Número total de fallas registradas por equipo / Instalación

- MTTR: Tiempo medio para la reparación (permite conocer el tiempo medio de una reparación cada vez que ocurre una falla)

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n HFSR/I}{\sum_{i=1}^n NTR} \quad (10.2)$$

Siendo:

HFSR / I: Horas fuera de servicio para reparación por equipo / Instalación

NTR: Número de trabajos de reparación

- MTTF: Tiempo medio para el fallo: Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^n HROP}{NTMC} \quad (10.3)$$

Siendo:

HROP: Tiempo total de operación

NTMC: Número total de fallas detectadas

- IPNP: Índice de horas de paro no programados (indica el porcentaje del tiempo que el equipo incurrió en paros que no han sido programados durante un período de análisis)

$$IPNP = \frac{\sum_{i=1}^n HTPNPE}{\sum_{j=1}^n HTE} * 100 \quad (10.4)$$

Siendo:

HTPNPE: Horas totales de paro no programadas por equipo

HTE: Horas totales por equipo (horas en el período de análisis)

- %DI: Disponibilidad inherente (representa el porcentaje de tiempo que el equipo está en condiciones de operar durante un período de análisis, teniendo en cuenta solo los paros no programados)

$$\%DI = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100 \quad (10.5)$$

- %DO: Disponibilidad operacional (representa el porcentaje de tiempo que el equipo quedó a disponibilidad del área de Operación para desempeñar su función en un período de análisis. Teniendo en cuenta que el equipo está fuera de operación por paros programados y no programados)

$$\%DO = \frac{\sum_{i=1}^n HOE}{\sum_{i=1}^n HO + HPF + HPP} * 100 \quad (10.6)$$

Siendo:

HOE: Horas de operación por equipo

HO: Horas de operación

HPF: Horas de paro por falla

HPP: Horas de paro programado en el período analizado

- UTLZ: Utilización del equipo (permite conocer el porcentaje del tiempo que el equipo estuvo operando en un período de análisis)

$$UTLZ = \frac{\sum_{i=1}^n HOE}{\sum_{i=1}^n HT} * 100 \quad (10.7)$$

Siendo:

HT: Horas totales (días trabajados X 24 horas al día)

- OEE: Efectividad total del equipo (Permite medir, de manera conjunta, la disponibilidad inherente del equipo, el rendimiento operacional del equipo y la calidad de los productos)

$$OEE = \%DI * DEOP * IC * 100 \quad (10.8)$$

Siendo:

DEOP: Desempeño operacional

IC: Índice de calidad

Donde:

$$DEOP = \frac{CRP * PRT}{HOE}; IC = \frac{PE}{PRT} \quad (10.9)$$

CRP: Ciclo real de producción

PRT: Producción real total

PE: Producción en especificación

10.2.2 Indicadores de Eficiencia en la Gestión de Mantenimiento

Su objetivo es controlar y evaluar la eficiencia de la gestión del mantenimiento.

- CMPP: Cumplimiento presupuestal (el objetivo de este indicador es medir la ejecución del presupuesto con la finalidad de controlarlo)

$$CMPP = \frac{CRM}{PM} * 100 \quad (10.10)$$

Donde:

CRM: Costo real de mantenimiento

PM: Presupuesto de mantenimiento

- ROIN: Rotación de inventarios (el objetivo de este indicador es conocer la inversión en materiales con la finalidad de optimizar dicha inversión y asegurar la existencia de materiales cuando se requiera).

$$ROIN = \frac{\sum_{i=1}^n SMP_i}{\sum_{i=1}^n PE_i} \quad (10.11)$$

Donde:

n: Período de tiempo

SMP: Salidas de material en el período

PE: Promedio de existencias

- CMMP: Cumplimiento del mantenimiento preventivo (este indicador mide la ejecución del programa de mantenimiento preventivo con la finalidad de controlar que se cumpla al 100%).

$$CMMP = \frac{OTMPR}{OTMPP} * 100 \quad (10.12)$$

Donde:

OTMPR: Órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo realizadas

OTMPP: Órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo programadas

- EFGM: Eficiencia de la gestión del mantenimiento (el objetivo de este indicador es medir la exactitud de la programación y la realización de los trabajos de mantenimiento, con la finalidad que se logre una eficiencia del 100%).

$$EFGM = \frac{\sum_{i=1}^n HPOTR}{\sum_{i=1}^n HROTR} * 100 \quad (10.13)$$

Donde:

HPOTR: Horas programadas de órdenes de trabajo realizadas

HROTR: Horas reales de órdenes de trabajo realizadas

- BACK: Backlog (su objetivo es medir el nivel de atraso en la ejecución de los trabajos de mantenimiento, con la finalidad de disminuirlo).

$$BACK = \frac{\sum_{i=1}^n HHETR_i}{HHDND * 7} \quad (10.14)$$

Donde:

HHETR: Horas hombre estimadas en trabajos rezagados

HHDND: Horas hombre disponibles nominales diarias

- INMA: Índice de mantenimiento autónomo (el objetivo de este indicador es medir el incremento en el porcentaje de Horas Hombre de tareas de mantenimiento realizadas por operaciones).

$$INMA = \frac{\sum_{i=1}^n HHTMRO}{\sum_{i=1}^n HHRMR} * 100 \quad (10.15)$$

Donde:

n: Cantidad de operaciones

HHTMRO: Horas hombre de tareas de mantenimiento por operación

HHRMR: Horas hombre reales de mantenimiento realizadas

- TCAP: Tasa de capacitación (el objetivo de este indicador es medir el esfuerzo en el incremento y la actualización del conocimiento, así como hacer comparaciones con otras organizaciones con la finalidad de mantenerse en estándares de clase mundial).

$$TCAP = \frac{\sum HHC}{HHNM} * 100 \quad (10.16)$$

HHC: Horas hombre de capacitación

HHNM: Horas hombre nominales de mantenimiento

- TAUS: Tasa de ausentismo (el objetivo de este indicador es medir el nivel de ausentismo del personal, así como hacer comparaciones con otras organizaciones con la finalidad de mantenerse en estándares de clase mundial).

$$TAUS = \frac{\sum HHA}{HHNM} * 100 \quad (10.17)$$

Donde:

HHA: Horas hombre de ausentismo

- ESMP: Esfuerzo en mantenimiento preventivo (el objetivo de este indicador es medir el cumplimiento del porcentaje de mantenimiento preventivo establecido en las estrategias de mantenimiento).

$$ESMP = \frac{\sum_{i=1}^n HHRMP}{\sum_{i=1}^m HHRM} * 100 \quad (10.18)$$

Donde:

n: Acciones de mantenimiento preventivo

m: Acciones de mantenimiento

HHRMP: Horas hombre reales en mantenimiento preventivo

HHRM: Horas hombre reales de mantenimiento

- ESPMd: Esfuerzo del mantenimiento predictivo (el objetivo de este indicador es medir el cumplimiento del porcentaje de mantenimiento predictivo establecido en las estrategias de mantenimiento).

$$ESMPd = \frac{\sum_{i=1}^n HHRMPd}{\sum_{i=1}^m HHRM} * 100 \quad (10.19)$$

Donde:

n: Acciones de mantenimiento predictivo

HHRMPd: Horas hombre reales de mantenimiento predictivo

- ESMC: Esfuerzo del mantenimiento correctivo (el objetivo de este indicador es medir el cumplimiento del porcentaje de mantenimiento correctivo establecido en las estrategias de mantenimiento).

$$ESMC = \frac{\sum_{i=1}^n HHRMC_i}{\sum_{i=1}^m HHRM_i} * 100 \quad (10.20)$$

Donde:

n: Acciones correctivas realizadas

HHRMC: Horas hombre reales de mantenimiento correctivo

- ECMO: Efectividad de costos de mantenimiento (el objetivo de este indicador es medir la exactitud de la producción programada teniendo en cuenta una ejecución del presupuesto correcta, con la finalidad que se logre un efectividad del 100%).

$$ECMO = \frac{CMP}{PM} * \frac{PP}{VRPP} * 100 \quad (10.21)$$

Donde:

CMP: Costo de mantenimiento por proceso

PM: Presupuesto de mantenimiento

PP: Producción programada

VRPP: Volumen real de producción por producto

- HHMO: Horas hombre de mantenimiento normalizadas (el objetivo de este indicador es comparar los resultados con la finalidad de detectar áreas de oportunidad en la gestión de mantenimiento, así como adoptar y adaptar las mejores prácticas internas y / o externas al respecto).

$$HHMO = \frac{\sum_{i=1}^n HHRMA_i}{F_c} \quad (10.22)$$

Donde:

HHRMA: Horas hombre reales de mantenimiento anuales

F_c: Factor de complejidad¹

¹ solo se podrá aplicar este indicador en las empresas donde se haya calculado el factor de complejidad al equipamiento

- TXMA: Tiempo extra de mantenimiento (este indicador mide el porcentaje de Horas Hombre extras pagadas a personal de mantenimiento con relación a horas hombre nominales con la finalidad de controlar los gastos).

$$TXMA = \frac{HHTEPPM}{HHNM} * 100 \quad (10.23)$$

Donde:

HHTEPPM: Horas Hombre de tiempo extra pagado a personal de mantenimiento

10.2.3 Indicadores de costos

Su objetivo es controlar los costos ejercidos en la ejecución de las actividades de mantenimiento.

CTM: Costo Total de Mantenimiento

$$CTM = CP + CM + CT + CD + CF \quad (10.24)$$

Siendo:

CP: el costo de personal (aporte a la seguridad social y salario).

CM: el costo materiales.

CT: el costo de la tercerización.

CD: el costo de depreciación de los equipos.

CF: el costo por pérdida de facturación

- COMN: Costo mantenimiento normalizado (este indicador compara los resultados con la finalidad de detectar áreas de oportunidad enfocadas ala reducción de los costo de mantenimiento, así como adoptar y adaptar las mejores prácticas internas y / o externas al respecto).

$$COMN = \frac{CRMA}{Fc} \quad (10.25)$$

Donde:

CRMA: Costo real de mantenimiento anual

- CMCO: Costo de mantenimiento con relación al costo de operación (el objetivo de este indicador es medir el costo del producto, con la finalidad de detectar oportunidades para disminuir los costos de mantenimiento).

$$CMCO = \frac{CRM}{CROyM} * 100 \quad (10.26)$$

Donde:

CRM: Costo real de mantenimiento

CROyM: Costo real de operación y mantenimiento

- CUMP: Costo unitario de mantenimiento por producto (el objetivo de este indicador es comparar los resultados con la finalidad de detectar áreas de oportunidad enfocadas en la reducción de los costos de mantenimiento y a incrementar la productividad del proceso de producción, así como adoptar y adaptar las mejores prácticas internas y / o externas al respecto).

$$\text{CUMP} = \frac{\text{CRMP}}{\text{VPRP}} \quad (10.27)$$

Donde:

CRMP: Costo real de mantenimiento por proceso

VPRP: Volumen de producción real por producto

- %VMO: Porcentaje del valor de materiales obsoletos (el objetivo de este indicador es medir la inversión no utilizada que representan los materiales obsoletos, con la finalidad de identificar las oportunidades para disminuirla).

$$\% \text{VMO} = \frac{\text{VMO}}{\text{VIT}} * 100 \quad (10.28)$$

Donde:

VMO: Valor de materiales obsoletos

VIT: Valor del inventario total

- COCA: Costo de capacitación (este indicador permite comparar los costos de capacitación contra el costo total de mantenimiento, con la finalidad de controlarlos. Así como compararlos contra datos históricos o contra otras empresas).

$$\text{COCA} = \frac{\text{CREPM}}{\text{CRM}} * 100 \quad (10.29)$$

Donde:

CREPM: Costo real de entrenamiento de personal de mantenimiento

- CMVA: Costo de mantenimiento por el valor de los activos el objetivo de este indicador es comparar el costo de mantenimiento contra el valor de reposición de la instalación (cuánto costaría la instalación si se intentara comprarla en ese momento), teniendo en cuenta el incremento de valor debido a mejoras o ampliación de capacidades, con la finalidad de optimizar los costos de mantenimiento.

$$\text{CMVA} = \frac{\text{CRM}}{\text{VRI}} * 100 \quad (10.30)$$

Donde:

VRI: Valor de reposición de la instalación

- EVA: Valor económico agregado (permite medir el valor agregado de las inversiones en mantenimiento teniéndose en cuenta el costo del capital invertido para generar dicho valor, con la finalidad de optimizar la utilidad de las inversiones).

$$EVA = \Delta[UG - E - IA - (CC * CI)] \quad (10.31)$$

o

$$EVA = (ROI - CC) * CI \quad (10.32)$$

Donde:

UG: Utilidad generada

E: Egresos

IA: Impuestos ajustados

CC: Costo de capital

CI: Capital invertido

ROI: Retorno de la inversión

- CMFT: Costo de Mantenimiento por Facturación es la relación (entre el Costo Total de Mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo considerado).

$$CMFT = \frac{CTM}{FTEP} * 100 \quad (10.33)$$

Siendo:

FTEP: Facturación total de la empresa en el período considerado

- CMRP: Costo de Mantenimiento por el Valor de Reposición es la relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo y el valor de compra de ese mismo equipo nuevo (valor de reposición)

$$CMRP = \frac{\sum CTM}{VLRP} \quad (10.34)$$

Siendo:

VLRP: Valor de reposición

Aunque en este epígrafe se relacionan una serie de indicadores por lo general todos no son aplicables a una misma empresa, pues dependen en gran medida del tratamiento que se le de a la función de Mantenimiento dentro de la organización. Su cálculo se puede ver limitado por la ausencia de datos o por no constituir un elemento a medir en la empresa.

10.3 Generalidades sobre el Cuadro de Mando Integral (CMI) o Balanced Scorecard (BSC)

El concepto de Cuadro de Mando deriva del término francófono Tableau de Bord, que traducido literalmente, vendría a significar algo así como tableros de mando o cuadro

de instrumentos. Es a partir de los años 80 cuando el Cuadro de Mando alcanza una visión más práctica, una idea académica, ya que las variaciones del entramado empresarial de entonces no eran prácticamente apreciables, la tendencia del mismo era estable y las decisiones se tomaban con escaso nivel de riesgo. Con el paso del tiempo, esta herramienta ha evolucionado y combina no solo indicadores financieros, sino también indicadores no financieros que permiten controlar los diferentes procesos del negocio. Esta herramienta actúa como el tablero de control de un auto de carreras, con el cual el piloto supervisa el estado del auto para responder de forma estratégica a los movimientos de los competidores, de la pista y del clima y así diseñar la estrategia que seguirá durante la carrera.

Varios autores han emitido definiciones de Cuadro de Mando Integral pero todas coinciden que es una *“herramienta revolucionaria para movilizar a la gente hacia el pleno cumplimiento de la misión, a través de canalizar las energías, habilidades y conocimientos específicos de la gente en la organización hacia el logro de metas estratégicas de largo plazo. Permite tanto guiar el desempeño actual como apuntar el desempeño futuro. Usa medidas en cuatro categorías: desempeño financiero, conocimiento del cliente, procesos internos de negocios y aprendizaje y crecimiento, para alinear iniciativas individuales, organizacionales y trans-departamentales e identifica procesos enteramente nuevos para cumplir con objetivos del cliente y accionistas. El CMI es un robusto sistema de aprendizaje para probar, obtener retroalimentación y actualizar la estrategia de la organización. Además, es un sistema integrado, balanceado y estratégico que permite identificar los procesos y proveer la dirección futura de un proyecto al convertir la visión en acción, por medio de una unidad coherente de indicadores agrupados en las diferentes perspectivas”*.

Es un sistema integrado porque emplea las cuatro perspectivas indispensables para visualizar el proyecto como un todo, es balanceado porque es esencial que la estrategia del proyecto sea coherente con el conjunto de indicadores y que exista un balance compartido entre ellos tanto los financieros como no financieros. Es un sistema estratégico porque los objetivos que se pretenden alcanzar deben estar relacionados entre sí y de esta manera ir traduciendo la estrategia del proyecto en un mapa de enlaces causa-efecto.

Provee el sistema gerencial para que las compañías inviertan en el largo plazo en clientes, empleados, desarrollo de nuevos productos y sistemas, en lugar de gerenciar la última línea para bombear utilidades de corto plazo. Cambia la manera en que se mide y gerencia un negocio.

El diseño y la utilización de un sistema de indicadores que permitan al directivo de empresa tener un resumen significativo de lo que ocurre en ésta, para poder evaluar la marcha de la misma y tomar medidas en caso necesario, ha sido desde siempre una aspiración de los directivos de empresas y otras organizaciones.

La aplicación del Cuadro de Mando Integral no está dada solamente por la presencia o el uso de indicadores cuantitativos y cualitativos en la empresa, sino lo que realmente define a este instrumento es que logra traducir la estrategia en un conjunto de indicadores que conllevan al logro exitoso de la misma.

De forma general, el Cuadro de Mando Integral cumple las siguientes funciones dentro del Control de Gestión:

- Comunicar y explicar el papel de cada uno de los trabajadores de la empresa, lo que favorece la coordinación de esfuerzos.
- Permitir el seguimiento de las actividades mediante la utilización de los indicadores del cuadro de mando, por lo que se convierte en un instrumento de control.
- Distinguir los casos en los que se requieren simples ajustes en las actividades, de aquellos en los que es necesario cambiar de modelo de negocio e incluso de estrategia.

10.3.1 Perspectivas del Cuadro de Mando Integral

Cuadro de Mando Integral funciona desde una óptica de equilibrio en la empresa, que incluye las cuatro perspectivas, cuyo contenido se expone a continuación:

Perspectiva financiera

Esta perspectiva debe responder a: ¿Qué objetivos financieros se deben lograr para ser exitosos?

La construcción del Cuadro de Mando Integral debe animar a las unidades de negocios a vincular sus objetivos financieros con la estrategia de la empresa. Los objetivos financieros sirven de enfoque para las metas e indicadores en todas las demás perspectivas. Además, pueden diferir en forma considerable en cada fase de ciclo de vida de una empresa, dígase: crecimiento, sostenimiento y cosecha. En la fase de crecimiento los objetivos enfatizarán el crecimiento de las ventas en nuevos mercados, a otros clientes y procedentes de productos novedosos y servicios, manteniendo unos niveles de gastos adecuados para el desarrollo de los productos y de los procesos, los sistemas, las capacidades de los empleados y el establecimiento de distintos canales de Marketing, Ventas y Distribución.

En la fase de sostenimiento pondrán énfasis en los indicadores financieros tradicionales, como el Retorno sobre Capital Empleado (ROCE), los beneficios de

explotación y el margen bruto. Los proyectos de inversión serán evaluados por medio de análisis estándar de las inversiones, tales como los flujos de caja actualizados. Algunas empresas utilizarán indicadores financieros más nuevos, como el valor económico agregado. Todas estas medidas representan el objetivo financiero clásico: obtener buenos rendimientos sobre el capital aportado.

Para las empresas que se encuentran en la fase de cosecha los objetivos estarán presionados hacia el cash flow. Cualquier inversión que se haga ha de tener unas restituciones de dinero seguro e inmediato. Los indicadores financieros tales como rendimiento sobre las inversiones, valor económico agregado y los beneficios de explotación son menos relevantes ya que se han realizado las grandes inversiones. El objetivo no es incrementar al máximo los rendimientos sobre las inversiones, sino aumentar al máximo el dinero que puede devolverse a la empresa, procedente de todas las inversiones realizadas en el pasado.

Perspectiva del cliente

Esta perspectiva debe responder a: ¿Qué necesidades de los clientes se deben atender para tener éxitos?

Las empresas identifican los segmentos del cliente y de mercado en que han elegido competir. Estos representan las fuentes que proporcionarán el componente de ingreso de los objetivos financieros. Esta perspectiva permite que las empresas equiparen sus indicadores claves sobre los clientes (satisfacción, retención, adquisición y rentabilidad) con los segmentos del mercado y clientes seleccionados. También, les permite identificar y medir en forma explícita las propuestas de valor añadido que entregarán a los segmentos de clientes y de mercados seleccionados.

Las empresas han de identificar los segmentos del mercado en sus poblaciones de clientes existentes y potenciales, y luego seleccionar los segmentos en los que elige competir. La identificación de las propuestas de valor añadido que se entregarán a los segmentos seleccionados se convierte en la clave para desarrollar objetivos e indicadores para la perspectiva del cliente.

El grupo de indicadores centrales de los resultados de los clientes y los cuales son genéricos a todas las organizaciones son los siguientes:

- Cuota de mercado
- Incremento de clientes
- Retención o adquisición de clientes
- Satisfacción del cliente
- Rentabilidad del cliente

Los inductores de la actuación para la satisfacción del cliente son:

- El tiempo
- La calidad
- El precio

Perspectiva de procesos internos

Esta perspectiva debe responder: ¿En qué procesos se debe ser excelentes?

Para esta perspectiva, se identifican los procesos más críticos a la hora de conseguir los objetivos del empresario y clientes. Las empresas desarrollan sus objetivos e indicadores desde esta perspectiva después de haber desarrollado los objetivos e indicadores para la perspectiva financiera y del cliente. Se le recomienda a los empresarios que definan una completa cadena de valor de los procesos internos, que se inicia con el proceso de innovación a través de la identificación de las necesidades de los clientes actuales y futuros y desarrollando nuevas soluciones para estas necesidades, continuando con los procesos operativos mediante la entrega de los productos y servicios existentes a los clientes y culminando con el servicio de venta, ofreciendo servicios después de la venta, que se añaden al valor que reciben los clientes.

Cada empresa tiene un conjunto único de proceso para crear valor para los clientes y producir resultados financieros, pero un modelo genérico de cadena de valor del proceso interno abarca tres procesos principales.

- El proceso de innovación
- El proceso operativo
- El servicio postventa

Perspectiva de aprendizaje y crecimiento

Esta perspectiva debe responder a: ¿Cómo debe la organización aprender e innovar para alcanzar sus objetivos?

Los objetivos establecidos en las perspectivas anteriores identifican los puntos en que la organización ha de ser excelente. Los objetivos de la perspectiva del aprendizaje y crecimiento proporcionan la infraestructura que permite que se alcancen los objetivos ambiciosos en las restantes perspectivas y son los inductores necesarios para conseguir unos resultados excelentes en las anteriores perspectivas.

El CMI recalca la importancia de invertir para el futuro, y no solo en las áreas tradicionales de inversión, como los nuevos equipos y la investigación y desarrollo de productos nuevos. Las organizaciones deben invertir en su infraestructura, es decir,

personal, sistemas y procedimientos; si es que quiere alcanzar unos objetivos de crecimiento financiero a largo plazo.

Se habla de tres categorías de variables en la perspectiva de aprendizaje y crecimiento:

- Las capacidades de los empleados
 1. La satisfacción del empleado
 2. La retención del empleado
 3. La productividad del empleado
- Las capacidades de los sistemas de información
- La motivación, delegación de poder y coherencia de objetivos.

Los inductores del crecimiento y aprendizaje provienen primordialmente de tres fuentes: los empleados, los sistemas y la equiparación de la organización. Las estrategias para una actuación superior exigirán, en general, unas inversiones importantes en personal, sistemas y procesos que construyen capacidades para las organizaciones.

Los objetivos y las medidas de estos inductores deberán ser parte integrante del CMI de cualquier organización. Los indicadores basados en los empleados, satisfacción, retención y productividad proporcionan medidas del resultado de las inversiones realizadas en los empleados, sistemas y equiparación de la organización.

10.3.2 Vinculación de las perspectivas del Cuadro de Mando Integral

El objetivo de cualquier sistema de medición debe ser motivar a todos los directivos y trabajadores para que pongan en práctica con éxito la estrategia de la unidad de negocio. Aquellas empresas que pueden traspasar su estrategia a sus sistemas de mediciones son mucho más capaces de ejecutar su estrategia porque pueden comunicar sus objetivos y metas.

Esta comunicación hace que los directivos y trabajadores se centren en los inductores críticos, permitiéndoles alinear las inversiones, las iniciativas y las acciones con la consecución de los objetivos estratégicos. Un CMI exitoso es aquel que comunica una estrategia a través de un conjunto integrado de indicadores financieros y no financieros, para esto es necesaria una correcta interrelación entre las cuatro perspectivas del CMI, como se muestra en la figura 10.1. El Cuadro de Mando Integral está vinculado estratégicamente a la organización a través de tres indicadores, dígame:

1. Los resultados y los inductores de actuación
2. Las relaciones causa-efecto
3. La vinculación con las finanzas

El Cuadro de Mando Integral es un instrumento muy útil para la dirección de las empresas en el corto y largo plazo, porque al combinar indicadores financieros y no financieros permite adelantar tendencias y realizar una política estratégica proactiva, además porque ofrece un método estructurado para seleccionar los indicadores guías que implican a la dirección de la empresa. En esto radica precisamente el valor diferencial y característico del CMI.

En general las empresas adoptan el CMI debido a toda una variedad de motivos, incluyendo la clarificación y obtención de consenso sobre estrategia, enfocar las iniciativas de cambio en las organizaciones, el desarrollo de capacidades de liderazgo en las unidades estratégicas de negocio o conseguir la coordinación y ahorros en múltiples unidades de negocios. El CMI alinea y apoya los procesos clave de la organización e incluye lo siguiente:

- Clasificación y actualización de la estrategia
- Comunicar la estrategia a toda la organización
- Alinear los objetivos personales y de los departamentos con la estrategia
- Identificar y alinear las iniciativas estratégicas
- Vincular los objetivos estratégicos con las metas a largo plazo y los presupuestos anuales
- Alinear las revisiones operativas y estratégicas
- Obtener feedback para aprender sobre la estrategia y mejorarla

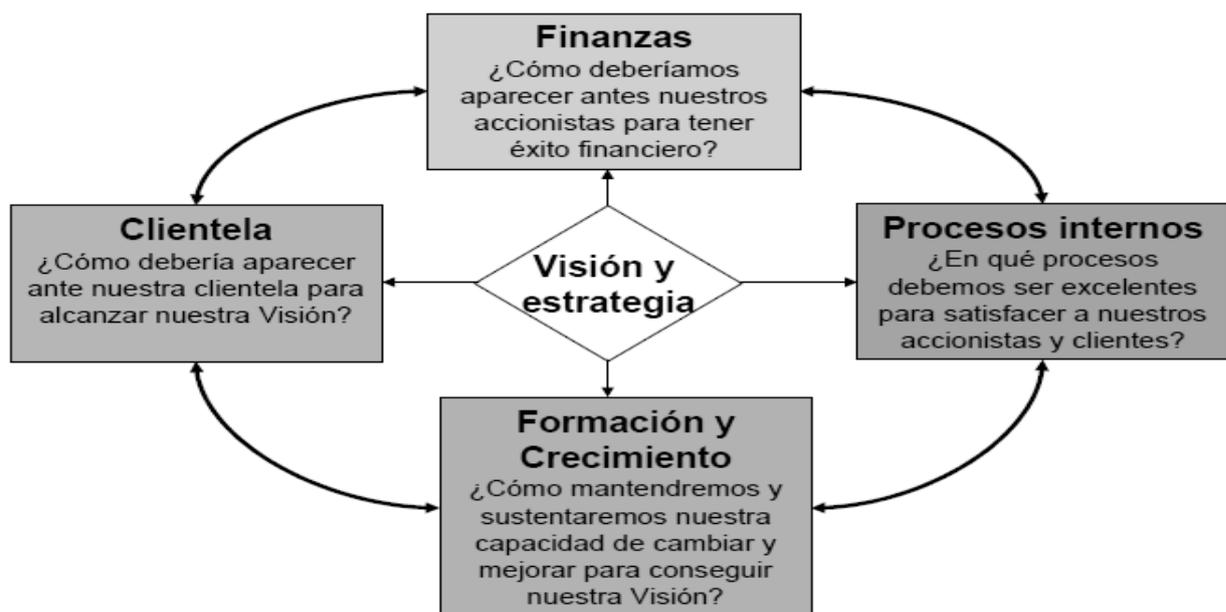


Figura 10.1 Perspectivas de un Cuadro de Mando Integral. Fuente: Kaplan y Norton (2002).

10.3.3 Beneficios y riesgos del Cuadro de Mando Integral

La aplicación del Cuadro de Mando Integral si se realiza correctamente es de máxima utilidad para el logro de las metas de la organización, pero no se está exento de riesgos a los cuales hay que prestar toda la atención posible para evitar problemas y/o contradicciones dentro de la estructura de procesos de la empresa.

Los beneficios que ofrece el CMI es que constituye una forma de explicar un modelo de negocio y traducirlo en indicadores facilita el consenso en toda la empresa, no solo de la dirección, sino también de cómo alcanzarlo. Un Cuadro de Mando Integral es un instrumento que sirve para ejecutar el cambio y medir su progreso. Clarifica cómo las acciones del día a día afectan no solo al corto plazo, sino también al largo plazo. Una vez que el Cuadro de Mando Integral está en marcha, se puede utilizar para comunicar los planes de la empresa, aunar los esfuerzos en una sola dirección y evitar la dispersión, en este caso, el Cuadro de Mando Integral actúa como un sistema de control por excepción. También se puede utilizar como una herramienta para aprender acerca del negocio en efecto, la comparación entre los planes y los resultados actuales ayuda al equipo de dirección a reevaluar y ajustar tanto la estrategia como los planes de acción.

El CMI también tiene puntos vulnerables. Es un modelo poco elaborado, y sin la colaboración de la dirección es papel mojado, y el esfuerzo será en vano. Si los indicadores no se escogen con cuidado, el Cuadro de Mando pierde una buena parte de sus virtudes, porque no comunica el mensaje que se quiere transmitir. Cuando la estrategia de la empresa está todavía en evolución, es contraproducente que esta herramienta se utilice como un sistema de control clásico y por excepción, en lugar de usarlo como una herramienta de aprendizaje.

10.3.4 Procedimientos para la implementación de un CMI

En los círculos empresariales se está considerando al Cuadro de Mando Integral como una herramienta de gestión de máxima actualidad, ya que tiene la ventaja de su compatibilidad con cualquier otro modelo o paradigma que se haya implantado anteriormente. Una metodología práctica para establecer esta herramienta incluye la combinación de todos los recursos de la empresa (tecnológicos, humanos y financieros).

La metodología básica general para desarrollar un CMI es:

1. Definir la arquitectura de la medición
2. Construir el consenso alrededor de los objetivos estratégicos
3. Seleccionar y diseñar indicadores

4. La construcción del plan de implantación

Otras metodologías encontradas en la bibliografía se muestran en el anexo 16, las cuales giran alrededor de las descritas por los autores antes mencionados, con algunas pequeñas variaciones.

Los factores que pueden provocar el fracaso de la puesta en marcha del CMI pueden ser:

1. La definición de la estrategia y la selección de los indicadores no se considera una acción prioritaria, ni se dedican a ello los mejores recursos y personas.
2. La dirección no se involucra en el proceso de implantación, a pesar de que en muchas ocasiones es la promotora, porque “es lo que está de moda”.
3. Se confía la definición e implantación del CMI a un consultor, sin que la dirección se involucre en la definición ni el control de los indicadores.
4. Se asigna la configuración del contenido del CMI a algún departamento de gestión económica, sin participación activa del resto de la organización.
5. Los indicadores se redactan de forma muy general y no resultan útiles para definir una estrategia de progreso.
6. El comienzo se desarrolla de forma vehemente, pero no se aplica la debida perseverancia al percibir que la actividad se prolonga en el tiempo.

En la búsqueda bibliográfica se constató que es poco tratada la aplicación de esta herramienta al proceso de mantenimiento.

10.4 El Cuadro de Mando Integral del Mantenimiento (CMIM) o Maintenance Scorecard (MSC)

El mantenimiento industrial día a día está rompiendo con las barreras del pasado. Hoy, en la práctica de muchas empresas, los directivos del mantenimiento tienen que pensar que es un negocio invertir en mantenimiento de activos y no verlo como un gasto. Esta transformación que está ocurriendo en el mundo del mantenimiento ha hecho patente la necesidad de una mejora sustancial y sostenida de los resultados operacionales y financieros de las empresas, lo que ha llevado a la progresiva búsqueda y aplicación de nuevas y más eficientes técnicas y prácticas gerenciales de planificación y medición del desempeño del negocio.

En este epígrafe se hará un acercamiento a la aplicación del Cuadro de Mando Integral en el área del Mantenimiento (ver figura 10.2), tema del cual se ha escrito poco en la literatura especializada.

Maintenance Scorecard (MSC) es un enfoque detallado y amplio para desarrollar y aplicar una estrategia en materia de gestión de activos. Como una metodología basada

en la medición del desempeño, el MSC se basa en el uso de indicadores de gestión o métricas para liderar el desarrollo y la aplicación de la estrategia. Recomienda también que las ventajas competitivas sostenibles se deriven de la aplicación de la estrategia, no solo en su desarrollo.

La Gestión del Mantenimiento es vista, en muchas organizaciones, como un servicio o un centro de costo, asignándole escasa atención a las oportunidades que hoy tiene la inteligencia del negocio, que cubre todas las funciones administrativas y operativas del mantenimiento. Las empresas y organizaciones de mantenimiento miden su desempeño solo con indicadores técnicos, dejando a un lado los Sistemas de Medición del Desempeño, Balanced Scorecard e indicadores financieros como el EVA (Valor Económico Agregado), el ROI (Retorno sobre la Inversión) y el ROCE (Retorno sobre Capital Empleado). El mantenedor utiliza, para vender sus planes y proyectos, términos muy antiguos como “ahorros”, “pérdidas operacionales” o “costos evitados”, los cuales son utilizados como indicadores para justificar el avance en la gestión del mantenimiento.

10.5. Procedimiento general para la implantación de un Cuadro de Mando Integral para Mantenimiento

Existen premisas indispensables para la aplicación del procedimiento como son: La participación y patrocinio de la alta dirección como fuente de ideas y de impulso al proyecto (se reconozca el mantenimiento como función indispensable para lograr los objetivos de la empresa). El compromiso de los trabajadores involucrados en todo el proceso de definición del CMIM en la empresa. La disponibilidad de especialistas, ya sean internos o externos, con las competencias necesarias para realizar la definición y aplicación de las perspectivas, Factores Críticos de Éxito del Mantenimiento (FCEM), objetivos e indicadores asociados.

10.5.1. Descripción del procedimiento general para la definición del CMIM

Este procedimiento (ver figura 10.2) se ha estructurado en siete pasos generales estrechamente vinculados y con interacciones durante su ejecución. A continuación se describen cada uno de los pasos de forma detallada.

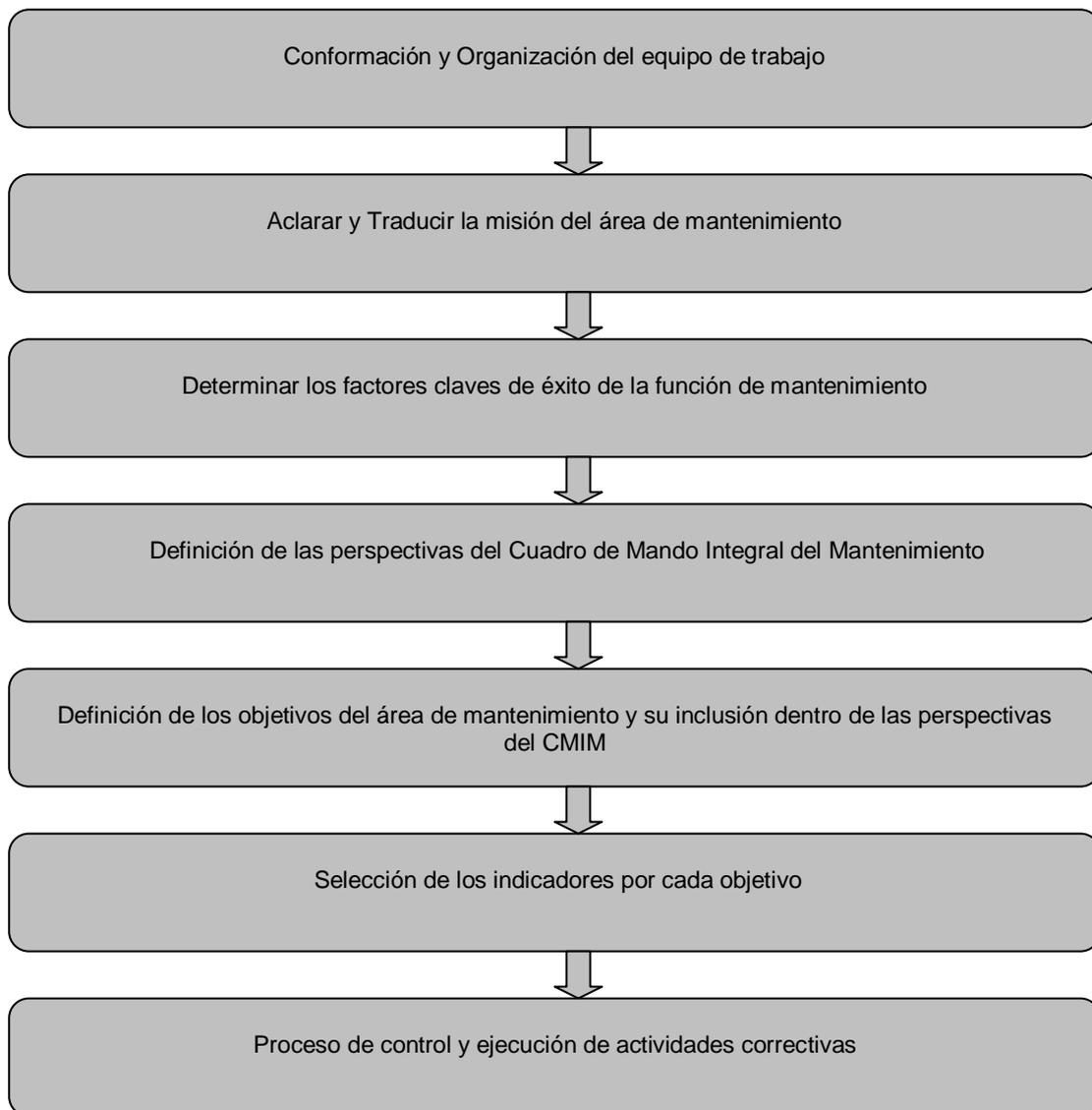


Figura 10.2 Procedimiento general para la implementación de un Cuadro de Mando Integral del Mantenimiento

Paso 1: Conformación y organización del equipo de trabajo

El primer paso de todo el proceso lo constituye la conformación del equipo de trabajo, el cual se encargara de liderar y ejecutar la aplicación completa del procedimiento general. Para ello deberán seleccionarse, como miembros del equipo, a especialistas con conocimientos generales sobre el tema (de ser necesario se realizará la capacitación de los expertos involucrados en las técnicas y métodos empleados). Además, se establece el plan de trabajo del equipo. Los miembros tienen que ser capaces de llevar a cabo las tareas siguientes:

1. Organizar y dirigir el accionar de los miembros del equipo (esta es una tarea específica del jefe del equipo de trabajo) y de los equipos de trabajo específicos que se conformen en determinadas etapas del procedimiento.

2. Recopilar la información necesaria para desarrollar cada una de las etapas del procedimiento.
3. Realizar los análisis incluidos en cada etapa, así como aplicar el software que se considere necesario.

Paso 2: Aclarar y traducir la misión del área de mantenimiento

En este paso, partiendo de la misión de la empresa, se define, en primer lugar, la misión del área (planta o taller) y a partir de esta se realiza el desdoblamiento de los fines y directrices del departamento de mantenimiento (esto permite el establecimiento de las métricas que al ser alcanzadas colaboran directamente con el fortalecimiento de la competitividad de la organización). Al enfocarse la misión y visión del Área de Mantenimiento tributando a la estrategia planteada por la organización, se pretende la articulación de la proyección con la ejecución, es decir, buscar a través del análisis de las relaciones causa-efecto, la traducción de la estrategia a la realidad de la gestión, y así compulsar a cambios de comportamiento en la empresa. En este momento se busca someter a discusión, en el equipo de trabajo, los elementos fundamentales de la estrategia. En este análisis se promueve el intercambio sobre:

- Los criterios de valor que se generan al cliente.
- Grado de desagregación y conocimiento de la estrategia en los miembros de la organización.
- Si están o no expresados en la actual misión y visión los principales valores del departamento

Un aspecto importante a considerar es la valoración de si el Departamento de Mantenimiento posee una estrategia coherente, dado que sin una base estratégica sólida lo que se haría en el Cuadro de Mando Integral sería una simple suma de indicadores financieros y no financieros, relacionados con el departamento. El resultado final de este paso es la búsqueda de consenso en el equipo directivo de los principales propósitos estratégicos del área, la identificación clara de qué necesitan los clientes, las principales estrategias para dar respuesta a esta realidad y cómo se genera valor en función de las expectativas de los clientes.

Paso 3: Determinar los Factores Clave de Éxito (FCE) de la función de mantenimiento

Una vez que la organización conoce cuál es su misión y su visión, la pregunta clave a la que se debe dar respuesta es ¿Qué es imprescindible para que ésta cumpla con su objeto social? Es esencial para la empresa saber qué necesidad espera satisfacer el público objetivo al que se dirige, qué es lo que valora y qué es lo que no valora, es

decir, definir los Factores Clave de Éxito (FCE). Conociendo los factores clave para el éxito, la organización puede dirigir sus acciones hacia los mismos, lo que evidentemente le facilitará alcanzar la satisfacción de las necesidades de sus clientes. La selección de los FCE es crucial a los efectos de identificar los aspectos que llevan el éxito o fracaso de una estrategia, así como para desarrollar los indicadores de desempeño en ellos. Identificar los FCE implica:

- Centrar la atención y los recursos de la organización en lo que realmente es importante.
- Adecuar los sistemas de planificación y control a los FCE, de manera que los directivos se mantengan informados sobre el comportamiento de estos y sus implicaciones para la organización.
- Flexibilidad y dinámica pues a medida que evoluciona o cambia el contexto de la organización, los Factores Clave de Éxito varían.

En este momento se procede a establecer aquellos factores que se deben considerar en la gestión de mantenimiento porque resultan vitales para alcanzar las metas de la organización, o sea, son elementos cuyo desempeño condiciona el papel del mantenimiento dentro del logro de los objetivos empresariales. Estos factores son considerados como los portadores de mejora y su comportamiento permite comprobar si el área de mantenimiento se encuentra arrojando los resultados que se le exigen. Es necesario realizar algunas observaciones generales en relación con los FCE que se deben seleccionar:

- Cada factor abarcará una dimensión o faceta única del problema de decisión (no serán redundantes)
- Todos los factores, en sentido general, se considerarán suficientes para propósitos de toma de decisiones para la búsqueda de los objetivos trazados.

Para la identificación de los FCE se han propuesto varias técnicas, dígame: la elaboración de Cadenas de Valor para ver qué actividades generan valor y cuáles no, la realización de una Matriz DAFO en busca de los elementos a potenciar, las técnicas de encuestas y entrevistas, los criterios de directivo y método de expertos.

Paso4. Definición de las perspectivas del Cuadro de Mando Integral del Mantenimiento (CMIM)

Para la realización de este paso se deben considerar dos alternativas:

1. Si la empresa tiene diseñado un CMI, entonces se buscaría cómo el área de mantenimiento debe tributar, mediante la definición de perspectivas específicas, objetivos e indicadores asociados, al logro de un adecuado desempeño de cada

una de las perspectivas generales de la empresa. En este caso se definen las perspectivas del CMIM y luego se analiza a qué perspectiva del CMI de la empresa tributaría cada una de ellas.

2. Si no se encuentra definido un CMI para la empresa, entonces, a partir de la misión empresarial, se definiría la propuesta de CMI para el Área de Mantenimiento específicamente, perspectivas e indicadores con sus correspondientes metas.

El CMIM puede contener las perspectivas que se muestran en la figura 10.3

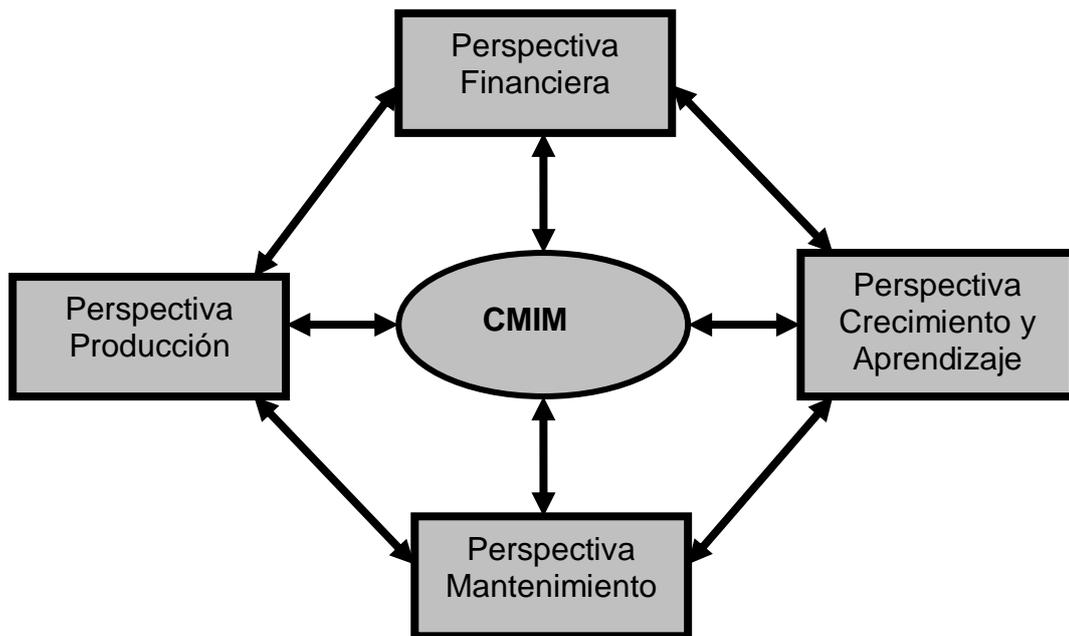


Figura 10.3 Cuadro de Mando Integral del Mantenimiento

Paso5. Definición de los objetivos del área de mantenimiento y su inclusión dentro de las perspectivas del CMIM

En este paso se procede a determinar los objetivos por cada perspectiva, para ello se parte de los objetivos de área de mantenimiento los cuales deben tributar a los objetivos estratégicos de la organización, lo que garantiza la coherencia entre sí y los objetivos del resto de las áreas de la empresa y además asegurarse de que estén interrelacionado con los FCE. Para la determinación de qué objetivo se incluirá dentro de cada perspectiva se deben responder las siguientes preguntas, las cuales están relacionadas con las preguntas sugeridas por (Norton y Kaplan, 1996) para cada una de las perspectivas del CMI, las mismas se expresan a continuación:

- Para la perspectiva financiera: la interrelación (si existe) de este FCE con este objetivo está orientada a ¿Cómo se debería presentar ante el entorno para tener éxito financiero?

- Para la perspectiva de clientes: la interrelación (si existe) de este FCE con este objetivo está orientada a ¿Cómo se debería presentar ante los clientes para alcanzar la visión?
- Para la perspectiva de procesos internos: la interrelación (si existe) de este FCE con este objetivo está orientada a ¿En qué procesos deben ser excelentes para satisfacer a los niveles superiores y clientes?
- Para la perspectiva de formación o aprendizaje y crecimiento: la interrelación (si existe) de este FCE con este objetivo está orientada a ¿Cómo se mantendrá y sustentará la capacidad de cambiar y mejorar para conseguir alcanzar la visión?

El resultado final es la presentación de las perspectivas del CMI, con sus FCE y los objetivos estratégicos asociados. Finalmente, en este paso, se elabora el diagrama causa-efecto o mapa de proceso, donde se expone la relación existente entre los objetivos de las diferentes perspectivas.

Paso 6. Selección de los indicadores por cada objetivo

Una vez definidos los objetivos del área de mantenimiento se hace necesario seleccionar los indicadores que permitirán la medición del desempeño. Para esto se parte de las necesidades informativas que requiere la empresa para el monitoreo del cumplimiento de los temas estratégicos por perspectivas, luego se procede a identificar cuál es la mejor forma de expresar la intención de cada objetivo estratégico, las cuales no deben excederse de los 25 indicadores. Para la elección final de los indicadores el grupo de expertos realiza secciones de trabajo con el fin de obtener un listado de los indicadores característicos de cada objetivo, así como una pequeña descripción del contenido de cada uno de ellos. El resultado final de esta etapa será el listado definitivo de los indicadores que conformarán el CMIM.

Teniendo ya definido cada uno de los indicadores se propone realizar una ficha para cada uno de ellos, la cual debe contener los aspectos siguientes:

Nombre: nombre del indicador.

Forma de cálculo: ecuación matemática que se utilizará para la medición del indicador.

Leyenda: clarifica lo expuesto en la expresión de cálculo.

Descripción: describe lo que expresan los resultados de los indicadores.

Metas: diferentes intervalos de valores que deben alcanzar los indicadores en un tiempo determinado.

Responsable: responsable de la medición del indicador.

Frecuencia de medición: se define el plazo para realizar la medición del indicador.

Observaciones: aspectos no referidos por no constituir generalidades o ser específicos de una organización.

Paso 7. Proceso de control y ejecución de acciones correctivas

El seguimiento de los indicadores del Cuadro de Mando Integral posibilita evaluar los resultados obtenidos para detectar las desviaciones con respecto a lo que se había previsto, analizar las posibles causas y, tomar las decisiones oportunas y efectivas que puedan afectar el desempeño de la organización, igualmente, favorecer la toma de decisiones proactivas. En sentido general, el Cuadro de Mando Integral le permite a la dirección de la empresa saber cuál es su comportamiento en este momento, hacia dónde o en qué dirección tiene que caminar para adaptarse a los posibles cambios del entorno, por lo que resulta conveniente que sus resultados se presenten lo más profesionalmente posible, que sea agradable de leer y comunique el mensaje claro, de manera que capte la atención de todos los implicados en la implementación del procedimiento así como la importancia de las horas de trabajos invertidas en su confección.

El procedimiento general para la definición del Cuadro de Mando Integral del Mantenimiento permite llevar a cabo los procesos complejos que incluye de forma relativamente sencilla (parsimonia), destacando el carácter práctico del mismo. El desarrollo del procedimiento general propuesto precisa la disponibilidad de un sistema informativo confiable, oportuno y actualizado sistemáticamente que garantice la información necesaria en los diferentes pasos del proceso decisional, de forma tal que se garantice la agilidad, rapidez y efectividad en las decisiones.

10.6 Aspectos clave

- La introducción de indicadores como herramienta para evaluar la gestión de mantenimiento es indispensable.
- Los diferentes tipos de indicadores se aplican para controlar el desarrollo de la gestión del mantenimiento desde diferentes perspectivas.
- El Cuadro de Mando Integral es una herramienta efectiva para gestionar de manera estratificada el mantenimiento valorando su desenvolvimiento desde las perspectivas que establece controlando las desviaciones que puedan aparecer.

10.7 Preguntas del capítulo

1. ¿A su juicio que indicadores ofrecen las mayores ventajas en su uso?
2. Explique brevemente, ¿Qué expresa el cálculo de los indicadores de Clase Mundial?

3. ¿Diga las adaptaciones que sufren las perspectivas del Cuadro de Mando Integral de Mantenimiento?
4. Defina que información usted necesitaría para confeccionar un Cuadro de Mando Integral de mantenimiento.

10.6 Experiencias en la aplicación del CMIM

La implementación de Cuadros de Mando Integral de Mantenimiento constituye una herramienta que ofrece grandes oportunidades de mejoras. Posibilita desagregar procesos y tratar de manera diferenciadas las perspectivas que presenten problemas que comprometan el desarrollo favorable de la actividad.

10.6.1 Empresa de Conservas de Vegetales

La fábrica en sus inicios se destina fundamentalmente a la producción de compotas de frutas tropicales, y en la cosecha de tomate a fabricar salsa de tomate. Así se mantuvo hasta el año 1999, después de un redimensionamiento empresarial surge como empresa en la que se monta una nueva línea de producción en envases asépticos, para procesar todas las frutas y vegetales de la provincia y las provincias vecinas con gran capacidad y tecnología de punta, manteniéndose la línea de compota con algunas variantes tales como el envase de aluminio. Se monta además un sistema de tachos abiertos para la fabricación de puré, mermeladas, etc., y ya actualmente se propone implementar el Sistema HACCP y entra en perfeccionamiento empresarial. La fábrica cuenta con 156 trabajadores.

Caracterización del área de Mantenimiento

El área del Mantenimiento dentro de la empresa, se encuentra organizada de manera que asegure la disponibilidad máxima planificada de los equipos al menor costo, dentro de los requisitos de seguridad. Garantiza los servicios requeridos para disponer de la energía, agua tratada, vapor, refrigeración, aire, vacío etc., en las cantidades demandadas por la actividad de la empresa. Por cuanto, el departamento de mantenimiento dispone del personal técnico capaz de aplicar las exigencias del sistema, el desarrollo tecnológico, y a su vez garantizar la ejecución de las labores de mantenimiento en cada planta, así como, garantizar el procesamiento de datos estadísticos concernientes al mantenimiento, la supervisión y el control de la actividad. Su estructura organizativa responde al esquema que aparece reflejado en la figura 3.1. En el mismo se aprecia una subordinación directa del área de mantenimiento al director de la empresa lo que evidencia la importancia que se le da a esta actividad. También esto permite lograr canales de comunicación muy rápidos, para solucionar cualquier dificultad que se presente.

La política del área de mantenimiento está encaminada a garantizar el máximo nivel de calidad en los productos con costos de mantenimiento bajos y asegurar el funcionamiento de los equipos e instalaciones con el máximo de rendimiento y el mínimo de consumo. Además tiene como objetivos: maximizar la disponibilidad de las maquinarias y equipos para la producción, de manera que siempre estén aptos y en condiciones de operación inmediata, lograr con el mínimo costo posible el mayor tiempo de servicio de las instalaciones y maquinarias productivas, preservar el valor de las instalaciones, optimizando su uso y minimizando el deterioro y en consecuencia, su depreciación, disminuir los paros imprevistos de producción ocasionados por fallas inesperadas, tanto en los equipos como en las instalaciones, y lograr la creación de un sistema de mantenimiento preventivo capaz de alcanzar metas en la forma más económica posible.

Factores Clave de Éxito (FCE) de la función Mantenimiento

El análisis para identificar los FCEM resultó, por consenso de los especialistas, en la definición de seis de ellos.

1. Eficiencia Económica
2. Orientación al cliente
3. Protección medio ambiental
4. Previsión y rapidez de acción
5. Seguridad de los trabajadores
6. Motivación y profesionalidad del personal

Objetivos del Área de Mantenimiento y su inclusión dentro de las perspectivas del CMIM

Perspectiva financiera

- **Minimizar los costos de mantenimiento:** disminuir los costos de las operaciones de mantenimiento, de los portadores energéticos y lograr la inexistencia de indemnizaciones por accidentes laborales o medioambientales, provocando la reducción de los costos de producción.
- **Maximizar los niveles de producción:** lograr un mantenimiento que satisfaga las necesidades productivas de la entidad, maximizando el volumen de producción para satisfacer las demandas del mercado actual y posibilitando la búsqueda de su ampliación.
- **Preservar el valor de las instalaciones:** mantener el valor de las instalaciones, mediante un correcto mantenimiento, que posibilite el alargamiento de su vida útil y la disminución, en consecuencia, de su depreciación.

- **Optimizar la utilización de los recursos:** hacer uso racional de los recursos disponibles mediante la adecuada planeación de su manejo

Perspectiva de producción (cliente)

- **Disminuir efectos medioambientales:** alcanzar, mediante el correcto mantenimiento de las instalaciones, la reducción del impacto nocivo de la empresa sobre el medio ambiente, y lograr así una mejor inserción en el entorno en que se encuentra situada.
- **Aumentar la disponibilidad de máquina:** mantener los equipos y maquinarias de la entidad disponibles el mayor tiempo posible para la producción, aumentando la eficiencia en su desempeño.
- **Maximizar la calidad de los productos:** conseguir que el mantenimiento contribuya de manera activa a elevar la calidad de los productos de la empresa hasta los estándares de competencia, posibilitando su posicionamiento como empresa líder en el mercado.
- **Reducir los daños por accidentes de trabajo:** lograr que la capacidad del fallo de ocasionar daños a las personas que se encuentran en la zona donde opera el equipo o en general al medio ambiente sea mínimo.

Perspectiva de mantenimiento (procesos internos)

- **Minimizar tiempo de respuesta de la función de mantenimiento:** disminuir el tiempo de respuesta del área de mantenimiento ante una solicitud de servicio, de esta manera disminuir el tiempo de parada de los equipos y evitar quejas de los clientes.
- **Garantizar información sobre piezas de repuesto:** tener una amplia y actualizada información sobre las piezas de repuesto de interés para la organización.

Perspectiva de aprendizaje y crecimiento

- **Ampliar la cooperación con centros de investigación:** fomentar la cooperación con centros de investigación para mantenerse actualizado en temas relacionados con las nuevas tecnologías y políticas de mantenimiento.
- **Aumentar el número de innovaciones:** fomentar el desarrollo de innovaciones y aportes en temas de mantenimiento, en busca de soluciones a problemas que afectan el desempeño actual del área de mantenimiento.
- **Elevar la competitividad y motivación del personal de mantenimiento:** ampliar el conocimiento de los trabajadores acerca del área donde laboran y

lograr una alta motivación de los mismos, en pos de alcanzar un mejor desempeño de sus responsabilidades.

Indicadores para cada objetivo

En esta etapa se conformó el sistema de indicadores que pueden ser algunos de los citados en el epígrafe 10.2, además de los propuestos en la tabla 10.1 agrupados por autores y clasificaciones generales, se establecen las metas a alcanzar y su relación con los objetivos planteados.

Tabla 10.1 Clasificaciones generales de Indicadores de Mantenimiento

Fuente	Clasificación
Tavares, 1999	• Clase Mundial
	• Costes
	• Equipos
	• Recursos Humanos
PDVSA, 2003	• Índices de costo
	• Indicadores de efectividad
	• Indicadores de seguridad
	• Índices de rendimiento
PMEX, 2005	• Indicadores de Desempeño del equipo
	• Eficiencia de la Gestión del Mantenimiento
	• Desempeño de Costos
Martínez L., 2007	• Gestión para Mantenimiento
	• Costo del Mantenimiento
	• Control de Trabajo
	• Efectividad del Sistema
González Fernández, 2010	• Básicos
	• Fiabilidad
	• Disponibilidad
	• Costo
	• Elaborados
	• Eficacia Global del Departamento
	• Avance tecnológico y utilización de recursos
	• Gestión económica
• Calidad y desarrollo de RRHH	
Mora A., 2012	• Indicadores para la alta Dirección
	• Orden Operativo

Disponer del grupo de indicadores planteados en este paso facilita: el control sobre la actuación del área de mantenimiento, una rápida detección de cualquier desviación y por tanto la adopción oportuna de las medidas correctivas necesarias.

Con la aplicación del procedimiento quedó elaborado el Cuadro de Mando Integral para el área de mantenimiento de la Empresa de Conserva de Vegetales. Quedan definidos los Factores Clave de Éxito, las perspectivas y los objetivos con sus indicadores asociados, para lograr una correcta evaluación y control de la función de mantenimiento en la empresa en cuestión.

Referencias

1. Aguilera Martínez, A. F. (2001) “*Perfeccionamiento de la planificación de recursos humanos en el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM). Una aplicación en la Industria Textil Cubana*”. Tesis Doctoral. UCLV. Santa Clara. Cuba.
2. Alfonso Llanes, A. (2009) *Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento*. Tesis Doctoral. UCLV. Santa Clara. Cuba.
3. Alkaim, J. L. (2003). *Metodología para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de Manutenção Centrada na Confiabilidade e aplicada em ativos de sistemas eléctricos*. Tesis Doctoral. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
4. Al-najjar, H. (2007) Maintenance impact on company’s profitability and competitiveness – Applied at Kongabruk plant in Småland. Tesis de Maestría. Universidad de Vaxjo, Suecia.
5. Amendola, L. (2005) *Organización y Gestión del Mantenimiento: MAINTENANCE SCORECARD*. Valencia , Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
6. Appelbaum, S. H. y Steed, A. J. (2005) “The critical success factors in the clientconsulting relationship”. *Journal of Management Development*, Vol. 24, No. 1, pp. 68-93.
7. Bahamón Lozano, J. H. (2003) “Construcción de indicadores de gestión bajo el enfoque de sistemas”. *Revista SISTEMAS & TELEMÁTICA*, No. 1, Enero/Junio 2003, pp. 77-87.
8. Batista Rodríguez, C. (2000) *Contribución al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para los centrales azucareros cubanos*. Tesis Doctoral. Universidad de Holguín. Cuba.
9. Biasca, R. E. (2002) *Performance Management: “Los 10 pasos para construirlo”*. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/archivos/degerencia/gerno2.zip.2002>. (Consultado el 18 de marzo de 2011)
10. Borroto Pentón, Y. (2005). *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
11. Cardoso de Moraes, V. (2004) *Metodologia de priorização de equipamentos médico hospitalares em programas de manutenção preventiva*. Tesis de Maestría. Universidad de Campiñas. Brazil.

12. Da Silva Neto, J. C. y Gonçalves de Lima, A. M. (2002) "Implantação do Controle de Manutenção". *Revista Club de Mantenimiento*. No. 10, Septiembre, 2002.
13. De la Paz Martínez, E. M. (1996) *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma"*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
14. Dos Santos Mendes, A. L. (2002) *Gestão do valor nas operações de manutenção*. Tesis de Maestría. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
15. Diaz de Santos, S. A.; Rodrigues, M. (2003) *Manutencao industrial em Curitiba e cidades circunvizinhas: un diagnóstico atual*. Tesis de Maestría. Centro Federal de Educacao tecnológica do Paraná. Curitiba. Brasil.
16. Fabro, E. (2003) *Modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processo*. Tesis de Maestría. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
17. Fanjul Soto, D (2010) *Procedimiento para el control de la medición del capital intelectual en la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*. Trabajo de Diploma. UCLV. Santa Clara, Cuba.
18. García Garrido, S. (2003) *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. Madrid. Editorial Díaz de Santos
19. García-Ahumada, F. (2001). "Función del mantenimiento y las nuevas tecnologías". *Revista Mantenimiento*, No. 141, enero/febrero 2003. España.
20. Gómez Fernández, J.F. y Crespo Márquez, A. (2009) "Framework for implementation of maintenance management in distribution network service providers". *Framework for implementation of maintenance management in distribution network service providers*. www.elsevier.com/locate/ress (Consultado el 23 de marzo de 2011).
21. González Fernández, F. J (2010) *Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*. Edición Segunda. Madrid, España. FC Editorial
22. González Fernández, F. J. (2007) *Contratación avanzada del mantenimiento*. España, Editorial Díaz de Santos.
23. González-Quijano, J (2004) *Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM)*. Tesis de Maestría. Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España.

24. Jeira, C. y Gibson, P. (2004) “Las tendencias del mercado moderno. Outsourcing”. KPMG Auditores Consultores Ltda. http://www.kpmg.cl/documentos/Final_Presentacion_BPO_July_2004.pdf (Consultado: el 20 de marzo de 2011).
25. Kaplan & Norton (2002) *Cuadro de Mando Integral*. Edición Segunda. Gestión 2000
26. Kaplan, R. y Norton, D. (1996) “Strategic learning & the balanced scorecard”. *Strategy & Leadership*; 24 (5), pp. 18.
27. Lodola, E. (2006) *Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators*. Tesis de Maestría. Universidad de Pisa. Italia.
28. Machado Noa, N. et al. (2003) “Cuadro de Mando Integral como herramienta del desempeño estratégico en las empresas”. *Revista Centro Azúcar* No. 3.
29. Marrero Delgado, F. (2001) *Procedimientos para la toma de decisiones logísticas con enfoque multicriterio en la cadena de corte, alza y transporte de la caña de azúcar. Aplicaciones en CAI de la provincia Villa Clara*. Tesis Doctoral. UCLV, Santa Clara, Cuba.
30. Moubray, J. M. (1997) *RCM II. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Edición Segunda. España, Ellmann, Sueiro y Asociados
31. Parida, A. (2006) Development of a Multi-criteria Hierarchical Framework for Maintenance Performance Measurement. Concepts, Issues and Challenges. Tesis Doctoral. Luleå University of Technology, Suecia.
32. PDVSA (2003) *Manual de indicadores de mantenimiento*. Caracas, Ediciones Petróleos.
33. Pérez Jaramillo, C. M. (2004) “El futuro del mantenimiento de la ingeniería de manufactura”. *Soporte y Cía. Ltda.* Disponible en: <http://www.soporteycia.com.co/documentos/mtopasado1.doc> (consultado el 16 de febrero de 2011).
34. Perkinson et al. (2010) “The use of computing technology in highway construction as a total jobsite management tool”. *Automation in Construction* 19, pp. 884–897. Disponible en: www.elsevier.com/locate/autcon (Consultado el 23 de febrero de 2011).
35. Rosanas, J. (1999). Instrumentos de gestión, organizaciones humanas y eficacia: el caso del cuadro de mando. *Boletín AECA*. No.49. Abril Julio. pp. 8

www.aeca.es/ recursos4/archivo/deger/intrudecision.zip (Consultado el 16 de febrero de 2011).

36. Sotuyo Blanco, S. (2001) “Optimización Integral de Mantenimiento (OIM)”. *Ellmann, Sueiro y Asociados*. Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/oim.asp> (Consultado el 18 de enero de 2011).
37. Stefano, L. (2006) *Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators*. Tesis de Especialista en Administración de la Ingeniería. Universidad de Pisa. Italia.
38. Torres, L. D. (2005) *Mantenimiento. Su implementación y gestión*. Editorial UNIVERSITAS. Edición segunda. Argentina,
39. Tseng (2010) “Implementation and performance evaluation using the fuzzy network balanced scorecard”, *Computers & Education* 55, pp 188–201, www.elsevier.com/locate/compedu.html (Consultado el 14 de abril de 2011).
40. Yañez Medina, M. (2005) *Aspectos Generales de Confiabilidad como soporte del SAM. Módulo I. Reliability and Risk Management*. México.

Anexos

Anexo 1. Paradigmas de mantenimiento que rompe el MCC

ANTES	ACTUALIDAD
El mantenimiento se ocupa de la preservación de los activos físicos.	El mantenimiento se ocupa de la preservación de las funciones de los activos físicos.
El mantenimiento de rutina es para prevenir fallas.	El mantenimiento de rutina es para evitar, reducir o eliminar las consecuencias de las fallas.
El objetivo primario de la función mantenimiento es optimizar la disponibilidad de la planta al mínimo costo.	El mantenimiento afecta todos los aspectos del negocio: riesgo, seguridad, medio ambiente, uso eficiente de la energía, calidad del producto y servicio al cliente (no sólo la disponibilidad de la planta y sus costos).
La mayoría de los equipos son más propensos a fallar cuando envejecen.	La mayoría de las fallas no son más probables cuando envejece el equipo.
Para desarrollar un programa de mantenimiento exitoso es necesario disponer de una amplia información sobre frecuencia de fallas.	Las decisiones respecto al manejo de las fallas de los equipos, deben ser tomadas, habitualmente, con información inadecuada sobre las frecuencias de las fallas.
Hay tres tipos básicos de mantenimiento: preventivo, predictivo y correctivo.	Hay cuatro tipos básicos de mantenimiento: preventivo, predictivo, correctivo y detectivo
Las frecuencias de las tareas de condición deben basarse en la frecuencia de la falla y/o la criticidad del equipo.	Las frecuencias de las tareas de condición deben basarse en los períodos de evolución de la falla (intervalos P-F).
Siempre serán técnicamente factibles, más eficientes y más económicas las acciones de mantenimiento de reacondicionamiento o sustituciones cíclicas que las acciones de mantenimiento por condición.	Si los tres tipos de acciones de mantenimiento son técnicamente factibles, el mantenimiento por condición es casi siempre más económico y eficiente que los reacondicionamientos o las sustituciones cíclicas a lo largo de la vida del equipo.
Los accidentes graves, que implican fallas múltiples son el resultado de la mala suerte o actos de Dios, y por lo tanto son inmanejables.	En gran medida la probabilidad de una falla múltiple es una variable manejable, especialmente en sistemas protegidos.

Anexo 1. Continuación...

<p>La forma más rápida y segura de mejorar el desempeño de un equipo no confiable es su rediseño.</p>	<p>Es casi siempre más efectivo a nivel costo - beneficio, tratar de mejorar el desempeño de un equipo no confiable mejorando el modo de operación y de mantenimiento se deberá rediseñar sólo en el caso de que las soluciones propuestas tanto a nivel operacional como de mantenimiento no permitan obtener el desempeño deseado.</p>
<p>Para la mayoría de los equipos se pueden desarrollar programas de mantenimiento genéricos.</p>	<p>Los programas genéricos de mantenimiento sólo deben aplicarse a equipos cuyos contexto operacional, funciones y estándar de desempeño deseados sean idénticos.</p>
<p>Las políticas de mantenimiento deben ser fijadas por los gerentes y los programas deben ser diseñados por especialistas calificados o consultores externos.</p>	<p>Las políticas de mantenimiento deben ser formuladas por las personas más cercanas al equipo. El rol de la gerencia consiste en proveer herramientas que ayuden a tomar las decisiones correctas y asegurar que las decisiones sean sensatas y realistas.</p>
<p>El sector de mantenimiento por sí solo puede desarrollar un programa de mantenimiento duradero y efectivo.</p>	<p>Un programa de mantenimiento efectivo y duradero, sólo puede ser desarrollado por aquellos que mantienen y operan los equipos, trabajando en forma conjunta.</p>
<p>Los fabricantes de equipos son los que están en la mejor posición para desarrollar programas de mantenimiento de equipos nuevos.</p>	<p>Los fabricantes de los equipos solo pueden jugar un papel limitado, pero importante rol, dentro del desarrollo de programas de mantenimiento para equipos nuevos.</p>
<p>Es posible encontrar de forma rápida y en un primer intento las soluciones para todos los problemas de efectividad del mantenimiento.</p>	<p>La mejor manera de resolver los problemas de efectividad en mantenimiento consiste en a) Cambiar el modo en que la gente piensa b) Hacer que apliquen ese nuevo modo de pensar a todos los problemas presentes en la organización.</p>

Fuente: Moubray, (1997)

Anexo 2. Clasificación de los equipos**Clasificación de los equipos de la planta de Hilandería
Línea Co/Co**

Equipo	Grupo de clasificación
MX + Troiler	I
KD + FF + TV	I
Filtro de mota	I
Bloque de cámara de desperdicio	I
ABK + BC + Percupina	I
OBP + KD	I
KD + FS + SF-10 + HR-6	I
KD + FS + SF-10 +HR-6 + VO	I
SF-16	I
Cámara de clima	I
Cardas	I
Manuales y premanuales	I
Reunidoras de cinta	I
Peinadoras	I
Mecheras	I
Continuas	II
Enconadoras	II
Dobladoras	II
Torcedoras	II
Sacador automático (TAD)	II
Cargador de ovillos (TBL)	II
Abridora de mecha	III
Limpiadora de palo de mechera	III
Limpiador desborrador	III
Limpiadora de ovillos	III
Esteras transportadora de cubos	II

Línea Pe/Vi

Equipo	Grupo de clasificación
BC +NBP + MBK	I
ABK + FB	I
KD + FS + VO	I
MX + Troiler	I
KD + FF + TV	I
Filtro de mota	I
Bloque de cámara de desperdicio	I
Prensa de desperdicio	I
Cámaras de clima	I
Cardas	I
Manuales y premanuales	I
Mecheras	I
Continuas	II
Enconadoras	II
Dobladoras	II
Torcedoras	II

Anexo 2. Continuación...

Sacador automático (TAD)	II
Cargador de ovillos (TBL)	II
Abridora de mecha	III
Limpiadora de palo de mechera	III
Limpiador desborrador	III
Limpiadora de ovillos	III

Línea Pe/Co

Equipo	Grupo de clasificación
MX + Troiler	I
KD + FF + TV	I
Filtro de mota	I
Bloque de cámara de desperdicio	I
Prensa de desperdicio	I
BC + NBP + MBK + VO	I
ABK + KD + FS	I
ABK + BC + Percupina	I
OBP + KD	I
KD + FS + SF-10 + HR-6	I
KD + FS + SF-10 + HR-6 + VO	I
SF-16	I
Cámaras de clima	I
Cardas	I
Manuales y premanuales	I
Reunidora de cinta	I
Peinadoras	I
Mecheras	I
Continuas	II
Enconadoras	II
Torcedoras	II
Sacador automático (TAD)	II
Cargador de ovillos (TBL)	II
Abridora de mecha	III
Limpiadora de palo de mechera	III
Limpiador desborrador	III
Limpiadora de ovillos	III

Fuente: De la Paz Martínez, 1996

Anexo 3. Hoja de trabajo de información del MCC

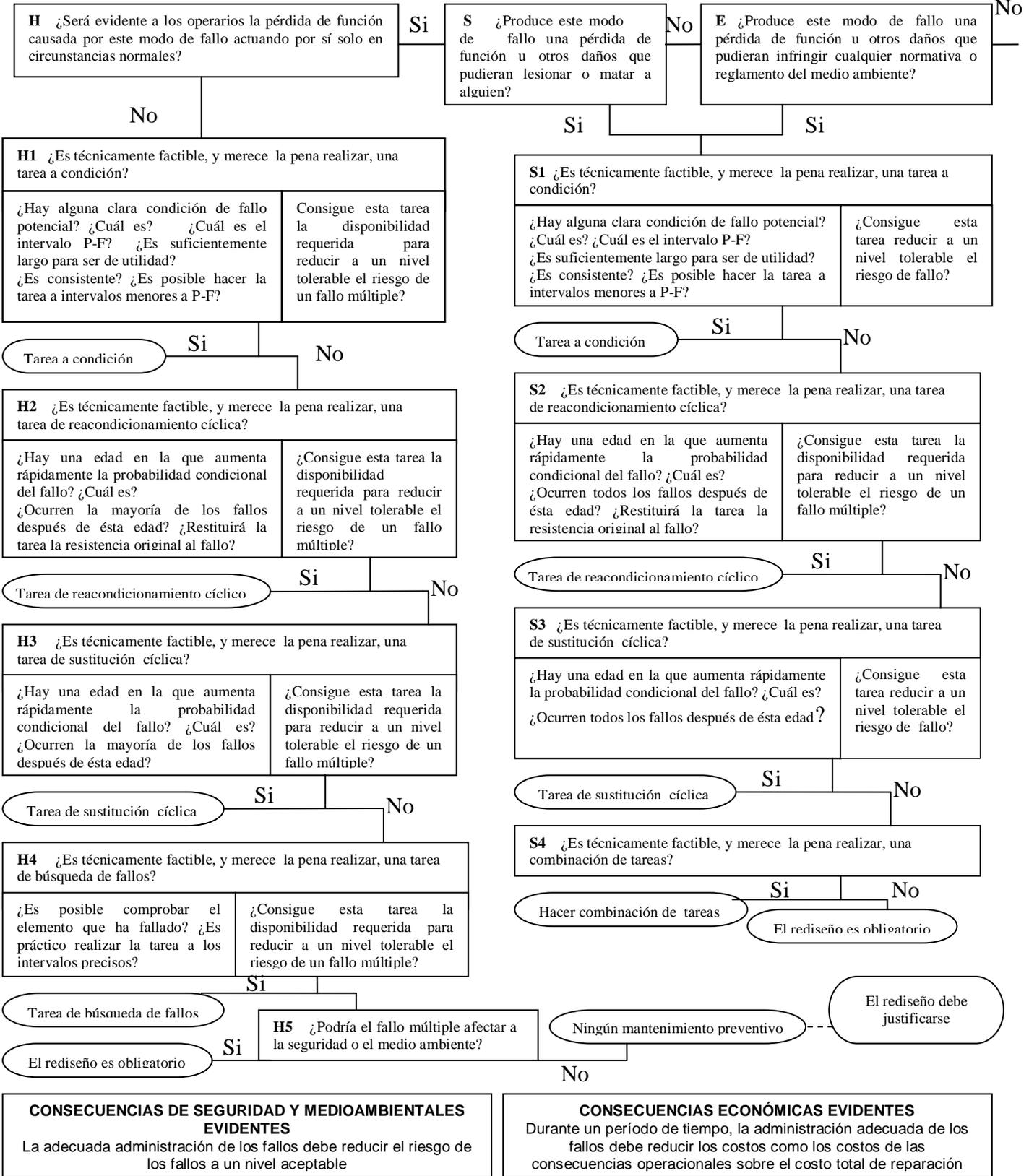
HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION MCC II	ELEMENTO:		#	Realizado Por	FECHA	HOJA
	COMPONENTE:		REF	Revisado Por	FECHA	DE
FUNCIÓN		FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS		

Fuente: Moubray, 1997

Anexo 4. Diagrama de decisión del MCC

CONSECUENCIAS DEL FALLO OCULTO

CONSECUENCIAS PARA LA SEGURIDAD O EL MEDIO AMBIENTE



Anexo 4. Diagrama de decisión del MCC. Continuación...

CONSECUENCIAS OPERACIONALES

CONSECUENCIAS NO OPERACIONALES

No **O** ¿Ejerce el modo de fallo un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional (producción, calidad, servicio o costes operativos además de los de la preparación)?

Si

O1 ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea a condición?

¿Hay alguna clara condición de fallo potencial? ¿Cuál es? ¿Cuál es el intervalo P-F? ¿Es suficientemente largo para ser de utilidad? ¿Es consistente? ¿Es posible hacer la tarea a intervalos menores a P-F?	A través de un período de tiempo. ¿Será el coste de realizar esta tarea menor que el coste total de las consecuencias operacionales y reparación de los fallos que debe prevenir?
---	---

Tarea a condición

Si

No

O2 ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de reacondicionamiento cíclica?

¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional del fallo? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de los fallos después de ésta edad? ¿Restituirá la tarea la resistencia original al fallo?	A través de un período de tiempo. ¿Será el coste de realizar esta tarea menor que el coste total de las consecuencias operacionales y reparación de los fallos que debe prevenir?
--	---

Tarea de reacondicionamiento cíclico

Si

No

O3 ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de sustitución cíclica?

¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional del fallo? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de los fallos después de ésta edad?	A través de un período de tiempo. ¿Será el coste de realizar esta tarea menor que el coste total de las consecuencias operacionales y reparación de los fallos que debe prevenir?
---	---

Tarea de sustitución cíclica

Si

No

Ningún mantenimiento preventivo

El rediseño debe justificarse

No

N1 ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea a condición?

¿Hay alguna clara condición de fallo potencial? ¿Cuál es? ¿Cuál es el intervalo P-F? ¿Es suficientemente largo para ser de utilidad? ¿Es consistente? ¿Es posible hacer la tarea a intervalos menores a P-F?	A través de un período de tiempo. ¿Será el coste de realizar esta tarea menor que el coste de la reparación de los fallos que debe prevenir?
---	--

Tarea a condición

Si

No

N2 ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de reacondicionamiento cíclica?

¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional del fallo? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de los fallos después de ésta edad? ¿Restituirá la tarea la resistencia original al fallo?	A través de un período de tiempo. ¿Será el coste de realizar esta tarea menor que el coste de la reparación de los fallos que debe prevenir?
--	--

Tarea de reacondicionamiento cíclico

Si

No

N3 ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de sustitución cíclica?

¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional del fallo? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de los fallos después de ésta edad?	A través de un período de tiempo. ¿Será el coste de realizar esta tarea menor que el coste de la reparación de los fallos que debe prevenir?
---	--

Tarea de sustitución cíclica

Si

No

Ningún mantenimiento preventivo

El rediseño debe justificarse

CONSECUENCIAS OCULTAS DE SEGURIDAD Y MEDIOAMBIENTE

La adecuada administración de los fallos reduce el riesgo de fallos múltiples a un nivel tolerable

CONSECUENCIAS ECONÓMICAS OCULTAS

Durante un periodo de tiempo, la adecuada administración de los fallos reduce la probabilidad de un fallo múltiple (y los costos totales asociados) a un mínimo aceptable

CRITERIOS DE EFICIENCIA, EFICACIA Y EFECTIVIDAD

Anexo 4. Hoja de trabajo de decisión del RCM

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN MCC II										Sistema:						Nº	Realizado por	Fecha	Hoja
										Subsistema:						Ref.	Revisado por	Fecha	de
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas a falta de			Tarea propuesta				Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H3	S4							

Fuente: Moubray, 1997

Anexo 6. Fases y etapas en la implementación del TPM

Fases	Etapas	Descripción
Iniciación	1	Decidir la implementación
	2	Informar y formar a todos los cuadros de la empresa
	3	Poner en marcha una estructura de comando
	4	Diagnosticar la situación de cada una de las áreas
	5	Elaborar un programa
Desarrollo	6	Poner en marcha el programa
	7	Analizar y eliminar las causas de fallos
	8	Desarrollar el mantenimiento autónomo
	9	Desarrollar el mantenimiento programado/optimizar
Perpetuidad	10	Mejorar la técnica
	11	Integrar experiencias en la concepción de nuevas máquinas
	12	Validar el TPM

Anexo 7. Clasificación de las seis grandes pérdidas

Tipo	Pérdidas	Características	Objetivo
Tiempos muertos y de vacío	Averías	Tiempos de paro de proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas, de los equipos.	Eliminar
	Tiempos de preparación y ajuste de los equipos	Tiempos de paro del proceso por preparación de máquinas o útiles necesarios para su puesta en marcha.	Reducir al máximo
Pérdidas de velocidad del proceso	Funcionamiento a velocidad reducida	Diferencia entre la velocidad actual y la de diseño del equipo según su capacidad. Se pueden contemplar además otras mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño.	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño
	Tiempo en vacío y paradas cortas	Intervalos de tiempo en que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios.	Eliminar
Productos o procesos defectuosos	Defectos de calidad y repetición en trabajos	Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y consecuentemente en el modo de desarrollo de sus procesos.	Eliminar productos y procesos fuera de tolerancias
	Puesta en marcha	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.	Eliminar o minimizar según exigencias técnicas

Anexo 8. Necesidad de las 9 S

	Nombre japonés	Significado	Propósito
Relación con las cosas	SEIRI	Clasificación	Mantener sólo lo necesario
	SEITON	Organización	Mantener todo en orden
	SEISO	Limpieza	Mantener todo limpio
Relación con usted mismo	SEIKETSU	Bienestar personal	Cuidar su salud física y mental
	SHITSUKE	Disciplina	Mantener un comportamiento fiable
	SHIKARI	Constancia	Perseverar en los buenos hábitos
	SHITSOKOKU	Compromiso	Ir hasta el final en las tareas
Relación con la empresa	SEISHOO	Coordinación	Actuar como equipo con los compañeros
	SEIDO	Estandarización	Unificar el trabajo a través de los estándares

Anexo 9. Resumen de las variables de priorización del equipamiento existentes en la literatura consultada

No	Fuente	Variabes de priorización
1*	Fennigkoh & Smith [1989]	<ul style="list-style-type: none"> - Función del equipamiento; - Riesgo físico para el paciente/operador; - Histórico de fallas; - Necesidad de mantenimiento.
2*	Moussavi & Whitmore [1993]	
3*	Hertz [1990]	<ul style="list-style-type: none"> - Probabilidad de falla del equipamiento; - Probabilidad de que el operador no perciba la falla; - Probabilidad de que la falla dañe al paciente; - Equipamiento con un MP atrasado.
4*	Martins, <u>et al.</u> [1990]	<ul style="list-style-type: none"> - Grado de urgencia del equipamiento; - Grado de dependencia del equipamiento; - Grado de utilización del equipamiento; - No confiabilidad del equipamiento; - No existencia de alternativas; - Viabilidad de realización de MP; - Costo de reparación.
5*	Anderson [1992]	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Efectos sobre el tratamiento del paciente; - Efecto de la falla del equipamiento en el paciente.
6*	Kendall, <u>et al.</u> [1993]	<p>Prioridad para equipamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - de soporte de vida; - con piezas de vida útil predeterminada; - que consumen altos niveles de energía; - sujetos a normas de MP.
7	Marín [1994]	<ul style="list-style-type: none"> -Costo de implementación - Costo por dejar de producir - Costo por parada de equipos - Costos asociados a existencias de repuestos
8	MINAL [1994]	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación a la producción
9	Moreu de León, Crespo Márquez y Sánchez Herguedas [2000]	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Efectos en el entorno - Disponibilidad requerida por el plan de producción - La existencia de equipos de reserva - Los costos de reparación
10*	Ramírez [1996]	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para los pacientes/operadores; - Requerimientos de mantenimiento (fabricante); - Histórico de fallas; - Importancia estratégica; - Viabilidad de realización del MP.

Anexo 9. Continuación...

11	De la Paz Martínez [1996]	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de producción - Calidad - Costo - Seguridad
12	Torres [1997]	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Calidad - Régimen de trabajo - Afectaciones o confiabilidad operacional - Frecuencia de fallas - Costo
13*	Capuano y Koritko [1998]	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Función del equipamiento; - Consecuencias de la falla; - Histórico de fallas; - Análisis de los costos del ciclo de vida del equipamiento.
14*	Sánchez [1997]	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para los pacientes/operadores; - Dispositivos de protección; - Grado de utilización y razón de uso; - Complejidad del equipamiento; - Régimen de operación; - Requerimiento de mantenimiento (fabricante); - Condiciones de operación;
15	Calil y Teixeira [1998]	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Dificultad de prestación de servicios; - Grado de utilización; - Existencia de normas de fiscalización gubernamentales; - Requerimientos de mantenimiento (fabricante).
16*	Silva y Pineda [2000]	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Características del proyecto; - Condiciones de operación; - Costos de reparación.
17*	Wang y Levenson [2000]	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Importancia estratégica; - Requerimientos de mantenimiento (fabricante).
18	Bevilacqua y Braglia [2000]	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Importancia del equipo en el proceso - Costo de mantenimiento - Frecuencia de fallos - Tiempo de reparación - Condiciones de operación

19	Huerta Mendoza [2001 y 2006]	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto en seguridad del personal - Impacto ambiente - Nivel de producción - Costos (operacionales y de mantenimiento) - Tiempo promedio para reparar - Frecuencia de falla
20	González Danger y Hechavarría Pierre [2002]	<ul style="list-style-type: none"> - Intercambiabilidad - Importancia productiva - Régimen de operación - Nivel de utilización - Precisión - Mantenibilidad - Conservabilidad - Automatización - Valor de la máquina - Aprovisionamiento - Seguridad
21	García Garrido [2003]	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad y medio ambiente - Producción (pérdidas de producción) - Calidad - Mantenimiento (costos)
22	Murthi [2003]	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto en el proceso de producción <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad • Productividad funcional • Calidad funcional • Tiempo de reparación (Lead Time) • Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) • Costos de Mantenimiento
23	García González-Quijano [2004]	<ul style="list-style-type: none"> - Matriz de Riesgo <ul style="list-style-type: none"> • Probabilidad de Fallo • Consecuencia del Fallo
24	Seifeddine [2003]	<ul style="list-style-type: none"> - Salud y Seguridad - Integridad Ambiental - Rendimiento - Calidad de producción - Costo de operación y mantenimiento - Frecuencia de la falla

Anexo 9. Continuación...

25	Fabro [2003]	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo ambiental - Riesgo de accidente - Índice de falla (TMEF) - Tiempo para reparación (TMPR) - Costo de mantenimiento - Informatización - Equipo limitante (cuello de botella) - Índice de relación preventivo-correctivo - Índice de monitoreo de las condiciones del equipamiento
26	Cardoso de Morais [2004]	<ul style="list-style-type: none"> - Factor de riesgo - Factor de falla - Importancia del equipo - Factor de mantenimiento - Factor de operación - Factor de proyecto - Factor de costo
27	Alsyouf [2004]	<ul style="list-style-type: none"> - Grupo: Orientado al negocio <ul style="list-style-type: none"> • Ventajas competitivas a partir de aspectos claves del negocio - Grupo: Los verdes <ul style="list-style-type: none"> • Salud • Seguridad del medio ambiente - Grupo: Los seguidores <ul style="list-style-type: none"> • Recomendaciones de los fabricantes
28	Pettersson y Martel [2005]	<ul style="list-style-type: none"> - Producción - Condiciones medioambientales - Conformidades de salud y seguridad - Viabilidad financiera (costo) - Mantenimiento (recursos disponibles)
29	Espinosa Fuentes [2005]	<ul style="list-style-type: none"> - Factor de velocidad de manifestación de la falla - Factor de seguridad del personal y ambiente - Factor de costos de la parada de producción - Factor de costos de reparación
30	Zorita, <u>et al.</u> [2006]	<ul style="list-style-type: none"> - Gravedad (a través del tiempo medio de reparación) - Detectabilidad (a través del tiempo medio de retraso generado) - Ocurrencia (a través de la tasa de fallo)

Anexo 9. Continuación...

31	Torres [2005]	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Influencia sobre producción</i> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de tiempo de uso del equipo • Redundancia o la producción es recuperable con otro equipo - <i>Importancia sobre la calidad</i> <ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas por no cumplir requisitos de calidad • Influencia del equipo en la calidad final del producto - <i>Influencia sobre el mantenimiento</i> <ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia o costo de las averías • Número de horas paradas por mes • Grado de especialización del equipo y personal para atenderlo - <i>Seguridad</i> <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de las personas • Riesgo de los equipos - <i>Medio ambiente</i>
32	Borroto Pentón [2005]	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Calidad - Afectaciones - Frecuencia de Fallas - Utilización - Tiempo
33	Colombi [2006]	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Medio ambiente - Producción - Clientes - Tiempo de reparación - Capacidad operativa - Frecuencia del fallo - Mantenibilidad
34	Wikoff [2006]	<ul style="list-style-type: none"> - Misión e impacto en el cliente - Seguridad e impacto ambiental - Habilidad para separar los puntos de fallo - Historia de las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo - Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) o fiabilidad - Probabilidad de fallo - Tiempo de suministro de los repuestos - Valor de reemplazo del activo - Tasa de utilización planificada
35	Christensen [2006]	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad y medio ambiente - Calidad y productividad - Oportunidad de producción - Tasa de ocupación - Frecuencia de parada

Anexo 9. Continuación...

		- Mantenibilidad
36	Espinosa Fuentes [2006]	- Velocidad de manifestación del fallo - Seguridad del personal y del medio ambiente - Costo de la parada de la producción - Costo de reparación
37	Braglia, Fantoni y Frosolini [2007]	- Seguridad humana - Impacto medioambiental - Calidad (pérdida de desempeño) - Costo de mantenimiento - Pérdida de producción

* Estas propuestas han sido referenciadas por Cardoso de Moraes [2004] en su tesis aplicada a equipamiento médico-hospitalario.

Anexo 10. Procedimientos de outsourcing disponibles en la literatura

No	Fuente	ETAPAS				
		Reconocimiento por la dirección	Selección de la(s) actividad(es) a tercerizar	Selección del(los) proveedor(es)	Establecimiento del contrato	Administración de la tercerización
1	Lever [1997], según Marshall, et al. [2005]	- Descubrimiento		- Descubrimiento - Negociación	- Negociación	- Transición - Evaluación
2	Gidron y Rueda [1998]	---	- Identificación de las competencias claves - Evaluación de oportunidades	Selección del modelo de outsourcing y de los proveedores	Diseño del contrato	- Monitorización del proceso de transición - Gestión de la relación de outsourcing
3	Sheridan May [1998]	---	- Identificar las actividades a tercerizar - Especificar estándares de desempeño a alcanzar	- Análisis de los proveedores - Negociar los niveles de servicio de precio, calidad y entrega	- Coordinar y concretar el contrato	- Monitorear los efectos del outsourcing - Evaluar los riesgos y planificar las contingencias
4	Embleton y Wright [1998]	---	Realizar análisis estratégico	Seleccionar proveedores	---	Administrar las relaciones de outsourcing
5	Tavares [1999]	Desarrollo gerencial	Implantación		Estrategia	
6	Lankford y Parsa [1999]	Analizar el negocio de la empresa	Determinar las oportunidades de outsourcing	Seleccionar proveedores	---	Administración del outsourcing
7	Klepper y Jones [1999]	- Fase de planificación	- Fase de análisis	- Fase de diseño	- Fase de implementación - Fase de operaciones - Fase de terminación del contrato	

No	Fuente	ETAPAS				
		Reconocimiento por la dirección	Selección de la(s) actividad(es) a tercerizar	Selección del(los) proveedor(es)	Establecimiento del contrato	Administración de la tercerización
8	De Boer, Labro y Morlacchi [2001]	- Identificar la necesidad de tercerizar	- Desarrollar alternativas factibles	- Evaluar candidatos y seleccionar proveedor	- Implantación del servicio	- Evaluación continua del servicio
9	Mclvor [2000]	---	- Definir las actividades claves del negocio - Evaluar la relevancia de las actividades para el <u>outsourcing</u>	Selección de proveedores	---	Evaluación de la relación de <u>outsourcing</u>
10	Harris [2005]	- Seleccionar el equipo de desarrollo	- Desarrollar una evaluación interna. - Desarrollar el plan del proyecto de <u>outsourcing</u> .	- Seleccionar el proveedor.	---	- Prepararse para la intervención.
11	Zhu, Hsu y Lillie. [2001]	---	Planificación del proceso de <u>outsourcing</u>	---	Negociación y firma del contrato	- Implementación del <u>outsourcing</u> - Evaluación post- <u>outsourcing</u>
12	Zhu, et.al. [2001], según Marshall, et al. [2005]	- Planeación		- Planeación - Desarrollo	- Desarrollo	- Implementación - Supervivencia
13	Corretger Rauet [2001]	---	---	---	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda de ofertas • Preselección de ofertas • Análisis técnico-económico de las empresas seleccionadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Negociación con las empresas finalistas • Adjudicación de la contrata.
No	Fuente	ETAPAS				

Anexo 10. Continuación...

Anexos

		Reconocimiento por la dirección	Selección de la(s) actividad(es) a tercerizar	Selección del(los) proveedor(es)	Establecimiento del contrato	Administración de la tercerización
14	Fernández, <u>et al.</u> [2002]	- Inicio	- Evaluación	- Planeación - Contratación	- Transición	- Administración y revisión
15	Kliem y Ludin [2000], referenciado en Pérez [2003]	- Detreminar pros y contras de la tercerización	- Levantamiento y selección de proveedores	- Conducir la negociación - Establecer el contrato	- Administrar el contrato - Renovar, renegociar o cancelar el contrato	
16	Gamble [2003]	---	- Evaluar oportunidades de tercerización	- Diseñar los requerimientos para las demandas de propuestas - Evaluar las propuestas de los proveedores - Selección del proveedor	- Negociar y concretar el contrato	- Darle seguimiento a la relación de <u>outsourcing</u>
17	Chorafas y Dimitris [2003]	---	- Desarrollar alternativas	- Evaluar y seleccionar	- Diseñar y negociar el contrato	- Monitoreo y control - Retroalimentar
18	Burnes y Anastasiadis [2003]	-Tomar la decisión de tercerizar	---	-Seleccionar proveedores	-Establecer los arreglos contractuales	-Manejar la relación de <u>outsourcing</u>
19	Franceschini, <u>et al.</u> [2003]	---	-Análisis del benchmarking interno y externo	-Negociación del contrato	-Administración de la relación de <u>outsourcing</u>	
20	Chorafas y Dimitris [2003]	---		- Desarrollar alternativas		- Evaluar y seleccionar
21	Jeira y Gibson [2004]	---	Decidir por el outsourcing	Decidir el proveedor del servicio	Administración del contrato	- Transición - Administración

No	Fuente	ETAPAS				
		Reconocimiento por la dirección	Selección de la(s) actividad(es) a tercerizar	Selección del(los) proveedor(es)	Establecimiento del contrato	Administración de la tercerización
22	Bertolini, <u>et al.</u> [2004]	- Evaluar preparación para el <u>outsourcing</u>	- Definir qué actividades contratar	- Seleccionar el proveedor	- Concreción del contrato	- Monitorear el desempeño del proveedor
23	Schneider [2004]	---	-Planificación • Diagnóstico integral	-Contratación		-Implementación • Establecer las dimensiones claves Control y auditoría • Definir políticas claras • Monitoreo de fuerzas externas
24	Marshall, <u>et al.</u> [2005]	Formación de la idea	Evaluación	Administración		Desenlace
25	Bernal Muñoz [2005]	---	- Realizar un análisis interno que permita determinar las actividades a tercerizar	- Determinar las exigencias a plantear en la negociación. - Selección del contratista • Registro de proponentes • Metodología de evaluación	- Formalizar el contrato - Determinar las modalidades y el cálculo de precios. - Análisis de riesgos. - Establecimiento de garantías	- Seguimiento y evaluación de contratistas
26	Hassanain y Al-Saadi [2005]	---	- Identifique los procesos a tercerizar	- Evalúe y seleccione los proveedores de tercerización	- Desarrollar los contratos del <u>outsourcing</u>	- Establecer los procedimientos para trasladar funciones de dirección a los proveedores - Establecer procedimientos para administrar el contrato.

No	Fuente	ETAPAS				
		Reconocimiento por la dirección	Selección de la(s) actividad(es) a tercerizar	Selección del(los) proveedor(es)	Establecimiento del contrato	Administración de la tercerización
27	Monczka, et al. [2005]	- Estrategia y planificación	- Análisis y toma de decisión	- Estructuración de la relación y establecimiento del contrato		- Transición e implementación - Administración
28	Agudelo Tobón [2006]	-Identificar estratégicamente los procesos sujetos a contratar	-Definir cuales son los mejores candidatos	-Seleccionar los proveedores	-Definir los requerimientos	-Administrar las relaciones
29	Kakouris [2006]	- Iniciación	- Planificación	- Calificación	- Selección	-Transición, inspección y supervisión
30	Halari [2006]	-Necesidad de la Transformación	-Evaluar las actividades con potencial para la tercerización	-Selección por criterios y requerimientos	-Administración del contrato	-Monitoreo de la gestión
31	Arroyo López, Gaytán Iniestra y Sierra Vilchis [2007]	- Reconocimiento de la necesidad de tercerizar	- Desarrollar alternativas factibles	- Búsqueda y selección de proveedores	- Instrumentación de la relación	- Control y evaluación de la relación
32	Sieber, Valor y Portal [2007]	- Evaluación de la necesidad de externalizar - Determinación del tipo de relación a establecer - Establecimiento de los acuerdos de servicio		-Selección de proveedores y contratación	-Transición	-Gestión y seguimiento de la relación
33	González Fernández [2007]	-Externalización de los servicios de mantenimiento como estrategia empresarial	- Realizar un análisis interno que permita determinar las actividades a tercerizar	- Formalizar el contrato - Determinar las modalidades y el cálculo de precios. - Análisis de riesgos. - Establecimiento de garantías		Supervisión y control de la relación
No	Fuente	ETAPAS				

Anexo 10. Continuación...

Anexos

		Reconocimiento por la dirección	Selección de la(s) actividad(es) a tercerizar	Selección del(los) proveedor(es)	Establecimiento del contrato	Administración de la tercerización
34	Alfonso Llanes [2009]	-Inicio o preparación	-Seleccionar la(s) tarea(s) de mantenimiento a tercerizar	-Selección de proveedores	-Establecimiento del contrato	-Administración de la relación de <u>outsourcing</u>
35	Chakrabarty [S/A] referenciado en St.Amant [2010]	-Asimilación de la tercerización	-Migrar procesos seleccionados para la tercerización		-Enfoque al futuro y monitoreo de actividades	-Verificar estado deseado

Anexo 11. Clasificación del equipamiento

Fuente	Clasificación
MINBAS [1986]	Fundamentales para la producción No fundamentales en la producción
Ochoa Crespo [1994]	Máxima categoría Categoría media Categoría regular Categoría mínima
Vinicius Lucatelli y García Ojeda [1995]	De soporte directo a la vida Con sustitución periódica y obligatoria de piezas Que ofrece altos niveles de energía Con intervalo de mantenimiento normalizado
De la Paz Martínez [1996]	Muy importantes o fundamentales Normales o convencionales Auxiliares
González Danger y Hechavarría Pierre [2002] Torres [2005]	Importancia A Importancia B Importancia C
Espinosa Fuentes [2006]	Crítico Semicrítico No crítico
Torres [1997] Huerta Mendoza [2001] García Garrido [2003] Yañez Medina [2004] Cardoso de Morais [2004] Borroto Pentón [2005] Christensen [2006]	Alta criticidad (clase A) Mediana criticidad o importantes (Clase B) Baja criticidad o prescindibles (Clase C)

Fuente: adaptada de Borroto Pentón [2005].

Anexo 12. Selección de proveedores con métodos multivariados

Técnica multivariada	Análisis gráfico
<p>Escalamiento multidimensional</p>	<p>Stress of 10th Configuration: 0,0975</p>
<p>Método cluster</p>	<p>----- ANÁLISIS CLUSTER JERÁRQUICO -----</p>

Anexo 13. Áreas a auditar en mantenimiento disponibles en la literatura

Fuente	Áreas a auditar	Fuente	Áreas a auditar
Fabrés Díaz [1991]	Organización. Personal. Relaciones.	MINBAS [2002]	Verificaciones de tecnología
	Preparación y planificación del trabajo.		Verificaciones de operaciones
	Ingeniería. Inspección y mantenimiento preventivo.		Seguridad industrial
	Compras y almacenes de materiales.		Aseguramiento de la calidad y metrología
	Contratación.		Aseguramiento metrológico
	Presupuestos de mantenimiento. Control de costos.		Mantenimiento industrial
	Eficiencia		Mantenimiento automático
Corretger Rauet [1996]	Organización.		Conservación
	Personal.		Tratamiento químico del agua
	Ejecución, preparación y planificación.		Economía energética
	Almacenes y aprovisionamiento.	García Garrido [2003]	Mano de obra
	Presupuesto y su control.		Medios técnicos
	Contratación.		Métodos de trabajo
Control del servicio.	Materiales y subcontratos		
Fournies [1994]	Preparación de mantenedores y operadores		Resultados obtenidos
	Sistema de información		Seguridad y medio ambiente
	Mejoramiento continuo	Organización general	
	Mantenimiento autónomo	Método de trabajo	
	Descentralización e integración organizacional	Seguimiento técnico	
	Políticas de mantenimiento	Gestión de planificación	
	Control de existencia de repuestos	Conservación y lucha contra la corrosión	
Dos Santos Mendez [2002]	Gestión de materiales	Stock de piezas de repuestos	
	Gestión de recursos humanos	Compra y abastecimiento de piezas	
	Tipo de mantenimiento adoptado	Organización del taller de mantenimiento	
	Organización	Útiles y herramientas y aparatos de medición	
	Sistemas de información	Documentación técnica	
	Gestión del cliente (operaciones)	Personal y formación	
	Planeamiento y control	Subcontratación	
		ICINAZ [2004]	Control de la actividad

Anexo 13. Continuación...

Fuente	Áreas a auditar	Fuente	Áreas a auditar
Borroto Pentón [2005]	Infraestructura y equipos de mantenimiento	Flores Filho [2005]	La organización del mantenimiento
	Organización del mantenimiento		El perfil de actividades del área de mantenimiento
	Administración del mantenimiento		Los materiales
	Personal de mantenimiento		Los recursos humanos de la compañía
	Equipamiento e instalaciones		Programa nacional de calificación de personal (PNQC)
	Servicio de terceros		Desarrollo tecnológico
Rosales de la Vega, et al. [2002]	Personal		Seguridad industrial
	Administración de recursos		Observaciones
	Programas de trabajo		Los costos
	Control		El mantenimiento contratado
González Fernández [2004]	Organización general		Control del mantenimiento
	Métodos y sistemas de trabajo		Informática en el mantenimiento
	Control técnico de instalaciones y equipos		Calidad en el mantenimiento
	Gestión de la carga de trabajo		Estado técnico del equipamiento
	Compra y logística de repuestos y equipos		Gestión de mantenimiento.
	Sistemas informáticos		Manipulación, control, almacenamiento de lubricantes
	Organización del taller de mantenimiento	Organización y limpieza	
	Herramientas y medios de prueba	Condiciones socio-ambientales de la unidad.	
	Documentación técnica	Procedimientos técnicos energéticos	
	Personal y formación	Organización.	
	Contratación	Entrenamiento y capacitación	
	Control de la actividad	Control económico	
Gento y Redondo [2005]	Política de mantenimiento	Acosta Palmer y Troncoso [2006]	Planificación, programación y control
	Métodos de mantenimiento		Órdenes de trabajo
	Seguimiento de los equipos		Tercerización
	Recursos del mantenimiento		Ingeniería
	Sistemas automatizados de gestión		
	Piezas de repuesto		
	Reportes e información		

Anexo 13. Continuación...

Fuente	Áreas a auditar
EUSTEN MANTENIMIENTO, S.L. (2006)	La organización del departamento.
	La gestión de los equipos.
	La política del mantenimiento.
	La planificación de los trabajos.
	Los medios técnicos.
	La gestión del almacén.
	Seguridad laboral.
	Recursos humanos.
	Contratación del mantenimiento.
	Mantenimiento y las normas ISO.
	Gestión de la documentación.
	Gestión de edificios.
	La herramienta informática.
	Indicadores de medida de eficacia.
Mantenimiento y medio ambiente.	
González Fernández (2010)	Organización general
	Métodos y sistemas de trabajo
	Control técnico de equipos e instalaciones
	Gestión de la carga de trabajo
	Compra y logística de repuestos y equipos
	Sistemas informáticos
	Organización del taller de mantenimiento
	Herramientas y medios de prueba
	Documentación técnica
	Personal y formación
	Contratación
	Control de la actividad
	SIME (2011)
Gestión de Mantenimiento	
Lubricación	
Condiciones Socio-Ambientales	
Organización y Limpieza	

Anexo 14. Guías para realizar el diagnóstico de mantenimiento

1- ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

		1	2	3	4	5	6	7
1.1	¿Se encuentra definido e implementado un Plan de Mantenimiento Programado?							
1.2	¿Se encuentran definidos los objetivos del área de mantenimiento y están acorde con la política de la empresa?							
1.3	¿Tiene calculado el volumen de trabajos de mantenimiento que puede hacer?							
1.4	¿Se utilizan adecuadamente las Órdenes de Trabajo y se lleva el control de avance de las mismas?							
1.5	¿Se encuentra definido el programa de trabajos de mantenimiento para cada equipo?							
1.6	¿Se conoce el tiempo requerido para hacer el diagnóstico de un fallo?							
1.7	¿Tiene cuantificado el tiempo que se demora en hacer efectivo el mantenimiento?							
1.8	¿Los equipos se encuentran agrupados según su criticidad operacional ante un fallo?							
1.9	¿Sabe con exactitud cuál es el costo de pérdida de producción/servicio por falla?							
1.10	¿Está definido e implementado el Plan Medioambiental en la empresa?							
1.11	¿Está definido e implementado el Plan de Seguridad en la empresa?							
1.12	¿Existen reglas definidas para establecer prioridades a la hora de realizar los trabajos de mantenimiento?							
1.13	¿La documentación económica se encuentra correctamente ordenada y es accesible para la toma de decisiones?							
1.14	¿Posee en cada área los catálogos e información técnica de todos los equipos?							
1.15	¿Posee registros históricos, de los mantenimientos, para cada equipo?							
1.16	¿La información capturada en terreno es legible, útil y oportuna?							
1.17	¿Tiene información precisa para llevar índices de control de eficiencia y eficacia?							
1.18	¿Está correctamente ordenada la documentación y se puede acceder a ella fácilmente?							
1.19	¿Sabe exactamente el número de trabajos pendientes por período?							
1.20	¿Se mantiene un levantamiento de las reparaciones diarias?							
1.21	¿Está definido un presupuesto anual para gastos de mantenimiento y obedece a un análisis de las necesidades?							
1.22	¿El departamento de mantenimiento o la vicedirección a la cual se subordina participa en la previsión del presupuesto para mantenimiento?							
1.23	¿El presupuesto para mantenimiento garantiza la adquisición de los recursos necesarios para la organización, planificación, ejecución y control del mantenimiento?							
1.24	¿Existe compatibilidad de la toma de decisiones entre producción y mantenimiento?							
1.25	¿Los <u>softwares</u> existentes arrojan información suficiente y efectiva para la toma de decisiones en el área de mantenimiento?							
1.26	¿Existe algún procedimiento para determinar la política de mantenimiento adecuado para cada equipo?							

Anexo 14. Continuación...

2- SERVICIOS DE TERCEROS

		1	2	3	4	5	6	7
2.1	¿Se encuentra definida una política para la contratación de trabajos de mantenimiento, incluyendo sus metas y objetivos?							
2.2	¿Sabe qué actividades es más rentable tercerizar que realizar con recursos propios?							
2.3	¿Resulta efectiva la política de contratación existente?							
2.4	¿Tiene definido un procedimiento para la selección de proveedores de servicios de mantenimiento, y se lleva a cabo según los criterios de técnica y de competencia?							
2.5	¿Los procedimientos para la selección de proveedores de mantenimiento están correctamente implementados?							
2.6	¿Está definido el documento legal que permite la tercerización de mantenimiento en la entidad?							
2.7	¿Se elaboran cuidadosamente los documentos descriptivos de los trabajos y los pliegos de condiciones?							
2.8	¿Tiene un procedimiento establecido para evaluar y homologar los proveedores?							
2.9	¿Se dispone de un procedimiento para supervisar la actuación de los proveedores y llevar a cabo una acción de seguimiento que incluya la reevaluación de los que no han actuado satisfactoriamente?							
2.10	¿Se incluyen cláusulas de resultados en los contratos con empresas contratistas?							
2.11	¿Se desarrollan garantías de calidad y de colaboración con los contratistas?							
2.12	¿Se verifica el cumplimiento de la garantía por parte de la entidad?							
2.13	¿Conoce la proporción del costo de mantenimiento perteneciente a servicios contratados?							
2.14	¿Se encuentra definido lo necesario para establecer el control de recepción del equipo o equipos intervenidos por el contratista?							

3- PERSONAL

		1	2	3	4	5	6	7
3.1	¿La plantilla de mantenimiento se encuentra definida y cubierta adecuadamente?							
3.2	¿Se poseen planes de actualización, capacitación y adiestramiento del personal de mantenimiento y se encuentra implementado?							
3.3	¿Están claramente definidas las responsabilidades y tareas del personal? ¿Se verifican periódicamente?							
3.4	¿Considera que el nivel de capacitación es acorde a la tecnología del equipamiento?							
3.5	¿Los operarios de los equipos realizan tareas simples de mantenimiento (mantenimiento autónomo)?							
3.6	¿Son considerables las pérdidas de tiempo productivo debido a ausentismos e impuntualidades del personal?							
3.7	¿Tiene registros de los operarios que trabajan en los equipos?							
3.8	¿El personal conoce las normas, políticas y procedimientos asociados con su labor?							
3.9	¿La fluctuación del personal afecta la ejecución de los planes de trabajo?							

Anexo 14. Continuación...

Anexos

3.10	¿El perfil del personal se corresponde con las necesidades existentes?								
3.11	¿Existen los procesos de comunicación adecuados dentro de la organización?								
3.12	¿El personal se encuentra motivado a realizar su labor y desarrollar sus iniciativas?								
3.13	¿El criterio del personal de mantenimiento es tomado en cuenta para la toma de decisiones?								
3.14	¿Existe buena comunicación entre el personal de producción y el de mantenimiento?								
3.15	¿Están definidos los métodos y procedimientos para evaluar el desempeño del personal?								
3.16	¿Se conoce con exactitud cuál es el costo de la mano de obra de mantenimiento?								
3.17	¿Se ha efectuado la evaluación de riesgos al personal para cada equipo en la empresa?								
3.18	¿Los trabajadores usan habitualmente los medios de protección individual?								
3.19	¿Los trabajadores reciben de manera periódica formación en materia de seguridad?								
3.20	¿El personal se encuentra mentalizado y actúa de acuerdo con el Plan Medioambiental?								

4- GESTIÓN DE PIEZAS DE REPUESTO

		1	2	3	4	5	6	7
4.1	¿Las fichas de <u>stocks</u> se encuentran en todo momento actualizadas (manualmente o informatizada)?							
4.2	¿Se hace un seguimiento del consumo de repuestos para los distintos equipos?							
4.3	¿Se puede disponer con facilidad del valor y número de artículos en <u>stock</u> ?							
4.4	¿Está bien definido el punto de pedido y las cantidades a reaprovisionar para cada artículo en <u>stock</u> ?							
4.5	¿Hay alguna persona designada particularmente para encargarse del seguimiento de los pedidos?							
4.6	¿Se opina que el plazo de emisión de un pedido es lo suficientemente corto?							
4.7	¿Se conoce el tiempo de abastecimiento para cada grupo de repuestos?							
4.8	¿Existe una lista de repuestos mínimos a mantener en <u>stock</u> y se actualiza periódicamente?							
4.9	¿Los criterios para seleccionar el repuesto mínimo son coherentes?							
4.10	¿Existe un sistema coherente y adecuado para realizar inventarios del material contenido en el almacén?							
4.11	¿Puede definir el tamaño necesario del inventario para garantizar determinada disponibilidad del equipo?							
4.12	¿Está definido e implementado un sistema para la inspección y ensayo de las entradas de repuestos al almacén?							
4.13	¿Se conoce la ubicación física de todo lo existente en el almacén?							
4.14	¿Se encuentran identificados y clasificados los proveedores de partes y repuestos?							
4.15	¿Esta definido e implementado un procedimiento para el pronóstico de la demanda de piezas de repuesto?							
4.16	¿Es adecuado el estado físico de los almacenes y los medios unitarizadores?							

4.17	¿Se encuentra definido e implementado un plan de acción para darle respuesta a solicitudes de repuestos de emergencia?								
4.18	¿Se conoce con exactitud cuál es el costo de los repuestos de cada equipo?								
4.19	¿Existen indicadores para evaluar la eficacia del almacén?								
4.20	¿Existen indicadores para evaluar la eficacia del sistema de compras?								
4.21	¿El documento para el control de materiales y repuestos a utilizar establece: número de la Orden de Trabajo, número de solicitud, material solicitado, cantidad, unidad de medida, código, precio (MN y/o USD), importe, área (entidad donde se utiliza), firma del que autoriza (nombre y apellidos) y firma del que recibe los materiales (nombre y firma)?								

5- EVALUACIÓN Y CONTROL

		1	2	3	4	5	6	7
5.1	¿Se poseen parámetros confiables para realizar el control y evaluación de los servicios de mantenimiento?							
5.2	¿Se compara el desempeño del mantenimiento con el de organizaciones similares para conocer cuán bien se marcha (Benchmarking)?							
5.3	¿Se han establecido procedimientos documentados para la realización de auditorías internas?							
5.4	¿Están definidos y utilizándose un grupo de indicadores para realizar la evaluación y control del mantenimiento?							
5.5	¿Resultan adecuados los indicadores definidos para la evaluación y control del mantenimiento?							
5.6	¿Está definido como norma la evaluación del mantenimiento y es respetada por los integrantes del área?							
5.7	¿Se han identificado, para cada actividad de mantenimiento, los parámetros o características del servicio que han de controlarse?							
5.8	¿Se dispone de registro de controles estadísticos adecuados para la demostración de la confiabilidad del servicio de mantenimiento?							
5.9	¿Existe un sistema para investigar las causas de las no conformidades del servicio de mantenimiento?							
5.10	¿Se cumple el programa de trabajos programados de mantenimiento?							
5.11	¿Se planifican acciones correctivas para deficiencias encontradas en las auditorías internas, con plazos de consecución determinados?							
5.12	¿Se toman medidas de seguimiento para asegurar la eficacia de las acciones correctivas?							
5.13	¿Tiene cuantificado el tiempo de producción perdido por fallos?							
5.14	¿Se lleva un control estadístico de los gastos de mantenimiento por equipos?							
5.15	¿Se lleva un control del grado de avance de las Órdenes de Trabajo?							
5.16	¿Los resultados del mantenimiento se analizan y se toman decisiones a partir del análisis efectuado?							
5.17	¿Se encuentran estipulados los tiempos estándares para el mantenimiento de equipos?							
5.18	¿Se lleva un control estadístico de los gastos de mantenimiento por equipo?							
5.19	¿Sabe cuál es la relación entre tiempo extra y tiempo para trabajos programados?							

Anexo 14. Continuación...

6- INFRAESTRUCTURA

		1	2	3	4	5	6	7
6.1	¿Su organización tiene catalogadas las herramientas a utilizar en cada tarea?							
6.2	¿La instrumentación utilizada en el mantenimiento tiene una calibración certificada?							
6.3	¿Las herramientas existentes se corresponden con las que se necesitan?							
6.4	¿Sabe el valor de adquisición y residual de cada uno de sus equipos?							
6.5	¿Tiene un levantamiento de planta que describa e identifique a todos los equipos a mantener?							
6.6	¿Tiene definida la tasa de depreciación de cada equipo?							
6.7	¿Se actualizan las herramientas e instrumentos asiduamente?							
6.8	¿Se consulta al personal de mantenimiento y/o producción para la selección de nuevo equipamiento?							
6.9	¿Se encuentra estipulada una política de reemplazo de equipos en la empresa?							
6,10	¿Está garantizada la suficiencia y pertinencia del equipamiento para realizar las labores de mantenimiento?							
6.11	¿Está garantizada la suficiencia y pertinencia de las herramientas para realizar las labores de mantenimiento?							
6.12	¿Está determinada, proporcionada y mantenida la infraestructura necesaria que permita alcanzar la conformidad con la prestación del servicio de mantenimiento?							
6.13	¿Es suficiente el espacio disponible en el taller de mantenimiento para poder realizar todos los trabajos demandados?							
6.14	¿El taller de mantenimiento está bien ubicado respecto a los equipos a brindarle mantenimiento?							
6.15	¿Los útiles y herramientas se encuentran cerca del taller de mantenimiento?							
6.16	¿Existe un inventario considerable de las herramientas que se usan para el mantenimiento?							
6.17	¿Los equipos se encuentran colocados adecuadamente dentro del taller de mantenimiento y debidamente señalizados?							
6.18	¿El taller de mantenimiento parece limpio y ordenado?							
6.19	¿Los <u>softwares</u> existentes abarcan las principales aplicaciones informáticas exigidas en el área?							

Donde: 1= no; 2= casi no; 3=más bien no; 4=ni si ni no; 5= más bien si; 6=casi si; 7=si

Anexo 15. Indicadores de mantenimiento según diversos autores

Fuente	Clasificación	Nombre
	Clase Mundial	Tiempo medio entre fallas
		Tiempo medio para reparación
		Tiempo medio para la falla
		Disponibilidad de equipos
		Costo mantenimiento por facturación
		Costo mantenimiento por reposición
	Gestión de equipos	Tiempo medio entre mantenimientos preventivos
		Tiempo medio para intervenciones preventivas
		Tasa de falla observada
		Tasa de reparación
		No conformidad de mantenimientos
		Sobre carga de servicios de mantenimiento
		Alivio de servicios de mantenimiento
	Gestión de costos	Componente del costo de mantenimiento
		Progreso en los esfuerzos de reducción de costos
		Costo relativo con personal propio
		Costo relativo con material
		Costo de mano de obra externa
		Costo de mantenimiento con relación a la producción
		Costo de capacitación
		Inmovilizado en repuestos
		Costo de mantenimiento por valor de venta
		Costo global
	Gestión de la mano de obra	Trabajo en mantenimiento programado
		Trabajo en mantenimiento correctivo
		Otras actividades del personal de mantenimiento
		Capacitación del personal de mantenimiento

		Horas no calculadas del personal de mantenimiento
		Estructura - personal de control
		Estructura - personal de supervisión
		Estructura - envejecimiento de personal - edad
		Clima social - movimiento de personal ("Turn-Over")
		Efectivo real o efectivo promedio diario
		Tasa de frecuencia de accidentes
		Tasa de gravedad de accidentes
Torres, L. (2003)	Costo de mantenimiento	Costo de mantenimiento por facturación
		Progreso en los esfuerzos de reducción de costos
		Mano de obra externa
		Costos de mantenimiento por producción
		Costos de mantenimiento por valor inmovilizado
		Costos de mantenimiento preventivos por mantenimientos totales
	Mano de obra	Horas de paro por horas realizadas
		Trabajo en mantenimiento preventivo
		Trabajo en mantenimiento correctivo
		Otras actividades del personal de mantenimiento
		Ociosidad del personal de mantenimiento
		Exceso de servicio del personal de mantenimiento
		Personal, gasto en entrenamiento interno
		Personal, gasto en entrenamiento interno
		Efectivo real o efectivo medio diario
Yañes, M. (2005)	Desempeño del equipo	Tiempo medio entre fallas
		Tiempo medio para la reparación
		Índice de horas de paro no programado del equipo
		Disponibilidad inherente
		Disponibilidad operacional
		Utilización del equipo
		Efectividad total del equipo
	Eficiencia en la gestión de	Cumplimiento presupuestal
		Rotación de inventarios
		Cumplimiento de mantenimiento preventivo
		Cumplimiento de mantenimiento predictivo

	mantenimiento	Eficiencia en la gestión de mantenimiento
		Backlog
		Índice de mantenimiento autónomo
		Tasa de capacitación
		Tasa de capacitación
		Tasa de ausentismo
		Esfuerzo en mantenimiento preventivo
		Esfuerzo en mantenimiento predictivo
		Esfuerzo en mantenimiento correctivo
		Efectividad de costos de mantenimiento
		Horas hombre de mantenimiento normalizadas
		Tiempo extra de mantenimiento
		Desempeño de costos
	Costo de Mantenimiento con Relación al Costo de Operación	
	Costo Unitario de Mantenimiento	
	Costo Unitario de Mantenimiento por Producto	
	Porcentaje del Valor de Materiales Obsoletos	
	Costo de Capacitación	
	Costo de Mantenimiento por Valor de Activos	
	Valor Económico Agregado	

Anexo 16. Procedimientos encontrados en la bibliografía para la implementación de un CMI

Fuente	Pasos de la metodología propuesta
Kaplan y Norton (2001)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Traducción y/o transformación de la visión y la estrategia 2. Comunicación y vinculación con los objetivos e indicadores estratégicos 3. Planificación, establecimiento de objetivos y alineación de las iniciativas estratégicas 4. Aumento de la retroalimentación y de la formación estratégica
Kaplan y Norton (2002)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir la arquitectura de la medición 2. Construir el consenso alrededor de los objetivos estratégicos 3. Seleccionar y diseñar indicadores 4. La construcción del plan de implantación
Biasca (2002)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Orientación del diseño 2. Arquitectura de indicadores 3. Informática 4. Utilización
Nogueira, Medina y Nogueira (2004)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Orientación al diseño. 2. Definir la arquitectura de indicadores. 3. Informática 4. Desarrollo del plan de implantación
Prieto Carvajal (2007)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planificación 2. Proceso de Reflexión Estratégica 3. Desarrollo del Mapa Estratégico 4. Implementación 5. Control y Seguimiento
Rivero Lima (2006) Integral	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aclarar y traducir la misión y la visión de la empresa. 2. Determinar los Factores Clave de Éxito en la organización 3. Alineación de los objetivos estratégicos con los Factores Clave de Éxito y las perspectivas del Cuadro de Mando 4. Selección de Indicadores por perspectivas 5. Arquitectura del sistema de indicador 6. Mapa Estratégico del Cuadro de Mando Integral 7. Definición de las formas de acción a partir de la implantación del Cuadro de Mando Integral.
Araujo Concepción (2008)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar los FEC 2. Alineación de los objetivos estratégicos con los Factores Clave de Éxito y las perspectivas del CMI. 3. Selección de Indicadores por perspectivas. 4. Arquitectura del sistema de indicadores 5. Mapa Estratégico del Cuadro de Mando Integral. 6. Definición de las formas de acción a partir de la implantación del CMI.

Anexo 16. Continuación...

Fuente	Pasos de la metodología propuesta
López Viñegla (1998)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de los factores claves 2. Establecimiento de los objetivos. 3. Determinación de las actividades claves. 4. Identificación de las necesidades de información en base a los objetivos y las estrategias. 5. Identificación y elección de la tecnología. 6. Identificación de las características de la información
Amat Salas (1992)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Formulación de la estrategia 2. Identificación de los factores clave del éxito de la empresa 3. Selección de indicadores 4. Formulación del CM 5. Determinación de objetivos para los indicadores y de la política de incentivos en función del nivel de consecución de dichos objetivos. 6. Comparación entre presupuesto y realidad de cada indicador y toma de decisiones a partir de las desviaciones
González Solán (2006)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definición de la participación de la UEN en la Misión y Visión 2. Buscar los cliente(s) mas importantes 3. Descripción de las actividades que generan y las que no generan valor 4. Buscar los elementos a potenciar 5. Análisis y discusión por perspectivas de los factores claves en el éxito de la organización 6. Discusión sobre las relaciones causa-efecto 7. Definir el lugar que ocupa cada área de resultado dentro del mapa estratégico de la UER 8. Desarrollar por ARC los criterios de medida, iniciativas, planes, proyectos y responsables de cada uno de los factores claves 9. Analizar cómo el sistema de políticas ofrece respuesta a la implementación de la estrategia 10. Presentación de los resultados 11. Descripción de la estrategia general 12. Articular el sistema de información