



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BÉLLO  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO  
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN  
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS**

**MODELO TEÓRICO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE LA GERENCIA DE PROYECTOS**

**Trabajo de Grado para optar al Título de  
Magíster Scientiarum en Gerencia de Proyectos**

**Presentado por:**

**Eulises David Rivas García**

**Tutor**

**Emmanuel López Corrochano, MSc**

**Caracas, Agosto de 2006**

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mi familia, esposa e hijos, a mis amigos y compañeros de lucha durante estos años de dificultad e incertidumbre.....

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la oportunidad de existir

A mi esposa por ser compañera fiel y gran apoyo

A mis hijos por ser motivo de lucha

A mi familia toda

A mis compañeros y amigos de la vida

Al Profesor Emmanuel López, Tutor, por su valiosa ayuda en las correcciones y recomendaciones del trabajo sin lo cual no hubiera sido posible la consecución de los objetivos.

A la Universidad por servir de medio de transmisión de conocimiento

A los profesores por su dedicación a la enseñanza

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE GENERAL	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	X
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	3
<b>EL PROBLEMA</b>	
Contextualización del Problema	3
Interrogantes de la investigación	5
Objetivos de la investigación	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
Justificación de la investigación	6
<b>CAPÍTULO II</b>	8
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
Antecedentes de la investigación	8
Fundamentos teóricos	10
Bases teóricas de la Gerencia de Proyectos	10
Bases teóricas de la gestión de mantenimiento	24
<b>CAPÍTULO III</b>	28
<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	
Tipo y diseño de la Investigación	29

Unidad de Análisis	32
Población y Muestra	32
Recolección de Datos	34
Técnicas e instrumentos de recolección datos.	34
Validez y confiabilidad	35
Técnicas para el análisis de los datos	35
Operacionalización de los objetivos	36
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>37</b>
<b>DIAGNÓSTICO</b>	
Modelos de gestión de mantenimiento usados en la actualidad	82
Elementos clave de éxito de la gestión de mantenimiento	87
Componentes de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la Gerencia de Proyectos	99
Diagnóstico de las empresas	105
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>117</b>
<b>LA PROPUESTA</b>	
Justificación de la propuesta	117
Objetivos de la propuesta	117
Estructura de la propuesta	119
Factibilidad de la propuesta	158
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>170</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
Conclusiones	170
Recomendaciones	173
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>175</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°	p.p
1 “Operacionalización de Objetivos”	36
2 “Características de proyectos y actividades de mantenimiento”	99
3 “Objetivos de proyecto y objetivos de mantenimiento”	100
4 “Identificación de las empresas”	106
5 “Organización y administración de mantenimiento”	107
6 “Técnicas y tipos de mantenimiento usado”	108
7 “Protocolos de mantenimiento”	109
8 “Parámetros de gestión de mantenimiento”	111
9 “Aspectos técnicos / aplicabilidad del mantenimiento”	113
10 “Información sobre protocolo de mantenimiento”	114
11 “Procesos de control”	147
12 “Cuadro de Mando Integral del Modelo de Gestión de Mantenimiento	155
13 “Indicadores de gestión de mantenimiento”	157
14 “Definición del plan de implantación”	163
15 “Matriz de riesgo	165
16 “Implantación del modelo”	168

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	p.p
1 “ Estructura Metodológica”	31
2 “ Cinco fuerzas de Porter”	39
3 “ Cadena de valor de Porter”	43
4 “ Optimización costo riesgo beneficio”	57
5 “ Pasos para la implantación de un sistema MCC”	62
6 “ Pilares estructurales del MPT”	65
7 “ Pasos para la implantación del MPT”	66
8 “ Costos óptimos de mantenimiento”	67
9 “ Pasos para implantación mantenimiento basado en costos”	68
10 “ Diagrama Bow Tie Análisis de falla y de consecuencias”	69
11 “ Pasos para la implantación de mantenimiento basado en riesgos”	71
12 “ Pasos para la implantación de MCM”	74
13 “ Disrupciones de mantenimiento”	79
14 “ Efectividad del mantenimiento en función de la gestión	80
15 “ Tiempos usados en la producción”	84
16 “ Confiabilidad operacional”	85
17 “ Enfoque basado en procesos”	89
18 “ Ciclo de mejora continua”	90
19 “ Parámetros de gestión de mantenimiento	111
20 “Enfoques de la política de gestión de mantenimiento”	112
21 “Aspectos técnicos/aplicabilidad del mantenimiento”	119
22 “Cumplimiento de protocolos de mantenimiento”	120
23 “Procesos de la gestión de proyectos”	129
24 “Actividades y procesos de la fase de planificación”	131
25 “Planificación del alcance”	132
26 “Definición de actividades”	133

27	“Lógica secuencial”	134
28	“Programación de actividades”	135
29	“Planificación de recursos”	135
30	“Estimación de costos“	132
31	“Preparación de presupuesto”	132
32	“Planificación de la calidad “	132
33	“Planificación de la organización”	133
34	“Adquisición de personal “	136
35	“Planificación de las comunicaciones”	136
36	“Plan de identificación de los riesgos”	136
37	“Calificación de riesgos”	139
38	“Plan de respuesta”	140
39	“Planificación de las necesidades”	141
40	Planificación de las requisiciones”	141
41	“Plan integral”	142
42	“Procesos de ejecución”	143
43	“Verificación del alcance”	143
44	“Manejo de la tesorería”	144
45	“Aseguramiento de la calidad”	145
46	“Desarrollo de los equipos de trabajo”	145
47	“Distribución de la información”	146
48	“Recepción de ofertas”	147
49	“Selección de proveedores”	147
50	“Costos de manejo de inventario”	148
51	“Administración de contratos”	149
52	“Control de cambios de alcance “	150
53	“Control del cronograma”	150
54	“Control de costos”	151
55	“Control de calidad”	152

56 “Control de respuestas a riesgos”	153
57 “Esquema general del cuadro de mando integral “	154
58 “ Esquema de cuadro de mando integral de mantenimiento”	155
59 “ Diagrama de flechas CMI”	156
60 “Cierre administrativo”	160
61 “ Cierre de contratos”	163
62 “ Pasos para la implantación del modelo “	161
63 “ Diagrama de flujo del modelo	169

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO**  
**ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN**  
**POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS**

**MODELO TEÓRICO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE LA GERENCIA DE PROYECTOS**

Trabajo de Grado para optar al Título de Magíster Scientiarum  
en Gerencia de Proyectos

Autor: **Eulises D. Rivas G.**  
Tutor: Emmanuel López  
Año: 2006

**RESUMEN**

La industria ha venido desarrollando sistemas de diseño innovador mediante el uso de tecnologías de avanzada, la aplicación de los conocimientos y experiencias adquiridas, incorporando las mejores prácticas en los diferentes procesos inherentes a la producción de bienes y la prestación de servicios. En este proceso de evolución, las grandes corporaciones han enfrentado retos, no tan solo en el desarrollo de equipos y procesos de alta tecnología sino también en el mantenimiento y funcionamiento óptimo de estos sistemas, de acuerdo con los parámetros para los cuales fueron diseñados. Se han desarrollado modelos y filosofías de gestión, aplicando técnicas de mantenimiento y herramientas gerenciales que buscan asegurar la operatividad de los mismos, su confiabilidad operacional, el mejoramiento de la productividad de los procesos y la competitividad del negocio. Continuando con el proceso evolutivo y en la búsqueda del mejoramiento continuo como elemento clave, surge esta investigación que se enmarca dentro de la categoría de proyecto factible con un alcance exploratorio y enfoque cuantitativo, apoyado en información de campo, siguiendo un diseño de investigación no experimental, transeccional, y aplicación práctica, con la finalidad de diseñar un modelo de sistema de gestión de mantenimiento tomando como fundamentos los principios de la Gerencia de Proyectos. En la investigación se seleccionó como unidad de análisis las empresas de producción que dependen de activos físicos como elementos productivos y las empresas que se dedican a prestar servicios de mantenimiento como función medular; de esta población que es prácticamente infinita, se consideró como muestra no probabilística e intencional, para ser estudiada, cinco empresas de referencia, para verificar las acciones de mantenimiento aplicadas y para determinar filosofías de gestión utilizadas. El estudio se aplicó sobre todo el espectro de la gestión de mantenimiento, para identificar los elementos clave que inciden en ella, analizar los diversos modelos de gestión de mantenimiento usados en la actualidad y establecer los componentes de un modelo de sistema de gestión de mantenimiento basado en la Gerencia de Proyectos, que incorpore las mejores prácticas y enfoques del Mantenimiento

**Descriptor:** Modelo, Gestión, Mantenimiento, Gerencia de Proyectos

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico y la gestión productiva agregan valor (calidad) a los bienes y servicios, garantizando, de esta manera, la satisfacción de los clientes como pieza clave en su cadena de valor, contribuyendo de esta forma a desarrollar estrategias de reducción de costos y mejoramiento de la calidad en los procesos.

Durante mucho tiempo la gestión empresarial y las grandes corporaciones han enfrentado retos, no tan sólo en el desarrollo de equipos y procesos de alta tecnología sino también en el mantenimiento y funcionamiento óptimo de estos sistemas, de acuerdo con los parámetros para los cuales fueron diseñados. Se han desarrollado modelos de gestión, aplicando técnicas de mantenimiento que buscan asegurar la operatividad de los sistemas, incrementar su confiabilidad operacional, el mejoramiento de la productividad de los procesos y del negocio. Se puede inferir, entonces, que mantenimiento “es el conjunto de procedimientos y medidas que permiten asegurar el funcionamiento óptimo de dispositivos, objetos y sistemas bajo ciertos parámetros; comprendiendo todas aquellas actividades necesarias, equipos e instalaciones en una condición particular”.

La finalidad es conservar la planta industrial con el equipo, los edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados, con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de

ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de producción.

En este estudio se presenta una propuesta de un modelo teórico de un sistema de gestión de mantenimiento, basado en el uso de las herramientas de la Gerencia de Proyectos, que persigue incorporar los factores clave de éxito en el logro de los objetivos basados en la planificación, ejecución y control de la actividades de acuerdo con lineamientos estratégicos y los parámetros de tiempo, costo, calidad y riesgo.

Tomando en cuenta que proyecto se define como un conjunto de actividades orientadas a un fin común que tienen un comienzo y una terminación, mientras que el enfoque actual de mantenimiento considera a éste como actividades de rutina, repetitivas para lograr la funciónabilidad y operatividad de equipos procesos y sistemas, se pretende, mediante esta investigación, buscar las áreas de coincidencia para aplicar herramientas que garanticen el logro de los objetivos de la gestión de mantenimiento

A tal fin la investigación realizada se presenta, en este documento, estructurada en seis capítulos, además de las referencias bibliográficas, explicando a continuación brevemente el contenido de cada uno de ellos.

El Capítulo I “EL PROBLEMA” describe la contextualización y delimitación del problema, los interrogantes de la investigación, los objetivos formulados para dar respuesta a las interrogantes y la justificación del estudio. El Capítulo II “MARCO TEÓRICO” presenta los antecedentes de la investigación y los fundamentos teóricos de la misma. El Capítulo III “MARCO METODOLÓGICO” contiene la metodología

empleada, el tipo y diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y los procedimientos para manejar los registros de la información. En el Capítulo IV “DIAGNÓSTICO” se analizan I y da respuesta a los objetivos del estudio, En el Capítulo V “LA PROPUESTA” se presenta la propuesta del estudio y las consideraciones producto de los resultados obtenidos. El Capítulo VI, “CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES” presenta las conclusiones y recomendaciones de la investigación y por ultimo se incluyen las referencias bibliograficas usadas como apoyo de la investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **Planteamiento del Problema**

La industria está sujeta a cambios constantes que ocurren en el mercado y la creciente competencia, impulsada generalmente por factores exógenos a la organización; entre ellos se pueden citar la oferta y la demanda, el crecimiento económico de los países y su estabilidad política, la aparición de competidores de manera creciente, así como de tecnologías orientadas al mejoramiento de la productividad las cuales obligan a las organizaciones a invertir cada vez mas en el desarrollo de nuevas estrategias que permiten reducir los costos de producción.

El mantenimiento es un área medular dentro de las industrias ya que está sujeto a mejoras continuas y cambios constantes en la búsqueda de reducir costos y mejorar la productividad para continuar operando aún en momentos de bajos precios de venta.

En casos donde las circunstancias ambientales y sociales hacen extremadamente costosos los procesos productivos, el nivel de competencia elevado y la demanda restringida, surgen a diario retos para mantener la mejora continua en función de hacer uso eficiente de los recursos disponibles, reduciendo costos internos; siendo una herramienta clave en esas situaciones la innovación, la cual se apoya en el uso de mejores prácticas y el desarrollo de nuevas tecnologías, métodos y filosofías de gestión orientados netamente al aumento de la confiabilidad operacional, al mejoramiento de la calidad de los productos y servicios y por ende el aumento de la productividad.

Los negocios se hacen más interesantes de acuerdo con la ley de oferta y demanda, estimulando el surgimiento de nuevos competidores, que obliga a las empresas a mantener un seguimiento constante del entorno, donde podrían apoyarse en el despliegue de radares tecnológicos, pero también desarrollar tecnologías para mejora de los procesos internos como clave para asegurar la calidad a bajos costos formulando políticas y tácticas que les permitan mantener o mejorar su competitividad.

Entre estas políticas desarrolladas por la industria está: la implantación de modelos de gestión gerencial como filosofías que conduzcan a la mejora continua, entre los cuales se pueden nombrar la gerencia por activos y dedicación focalizada al negocio medular, sistemas de gestión de la calidad y mejora continua, sistemas de gerencia de seguridad de los procesos, gestión de mantenimiento centrado en confiabilidad, mantenimiento clase mundial, mantenimiento productivo total, entre otros.

La actividad productiva de bienes, que en general es ejercida por empresas poseedoras de plantas de procesos e instalaciones industriales de procesos continuos, por el perfil que ha cobrado su negocio en la actualidad, lo cual involucra: complejidad de sus operaciones, abundancia de competidores, altos requerimientos ambientales, especificaciones de calidad de productos con características especiales, requiere de un alto nivel de eficiencia operativa para poder mantenerse en el mercado.

Su productividad depende en alto grado de equipos, sistemas y procesos de gran avance tecnológico, los cuales requieren mantenimiento acorde con su criticidad a fin de lograr el máximo provecho en cuanto a confiabilidad, eficiencia y relación costo beneficio.

En la actualidad el mantenimiento continúa siendo considerado como un proceso continuo y repetitivo, sin embargo, debido a su nivel de importancia e impacto que tiene sobre la productividad de las empresas, así como la complejidad de los equipos y procesos actuales, las empresas se han visto obligadas a implantar sistemas y filosofías de gestión de mantenimiento con visión estratégica, es decir, enfocados al negocio para apuntalar la productividad.

La concepción del mantenimiento ha evolucionado desde el enfoque netamente correctivo, que se llevó a cabo hasta finales de la segunda guerra mundial, para ese entonces las paradas de planta y equipos no revestían mayor importancia por los niveles de producción que se tenían y las respuestas de mantenimiento eran solo reactivas. En la actualidad las acciones de mantenimiento van mas se fundamentan en la proactividad.

Tomando en cuenta la gran complejidad de los procesos y volúmenes de producción que se tienen y el impacto de una falla, que puede ser critica tanto en el ámbito económico como en la seguridad, el mantenimiento ha cambiado tanto en tecnologías como en enfoque para corresponderse con las exigencias industriales; es así como hoy día se habla de cuatro etapas en el desarrollo de la gestión de mantenimiento y un gran número de filosofías de gestión.

Fundamentada en las consideraciones expuestas la presente investigación estuvo dirigida a desarrollar un modelo teórico para la gestión de mantenimiento basado en las herramientas de la Gerencia de Proyectos que permita el logro del objetivo de maximizar el rendimiento de los activos a través de acciones de mantenimiento, como actividad primaria de la cadena de valor y fundamental para el mejoramiento

continuo de la competitividad, enmarcado en los parámetros considerados exitosos en cuanto a tiempo, costo y calidad, satisfaciendo plenamente a los clientes.

### **Interrogantes de la Investigación**

¿Como puede relacionarse la gestión de mantenimiento con la gestión de proyectos?

¿Cuales herramientas de la gerencia de proyectos son aplicables a la gestión de mantenimiento?

¿Cuáles son los sistemas de gestión de mantenimiento actuales?

¿Cuáles serian los elementos de gestión de mantenimiento basado en la gerencia de proyectos?

### **Objetivos de la Investigación**

#### **Objetivo General**

Diseñar un modelo teórico de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos.

#### **Objetivos Específicos**

- Analizar los diversos modelos de gestión de mantenimiento usados en la actualidad.
- Determinar los elementos clave que inciden en la gestión de mantenimiento.
- Establecer los componentes de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la gerencia de proyectos

### **Justificación de la Investigación**

El mantenimiento no es una función "miscelánea", produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad. Para

nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho la capacidad de respuesta. En este panorama se esta inmerso y vale la pena considerar algunas posibilidades que siempre han estado pero ahora cobran mayor relevancia.

Debido a que el ingreso siempre provino de la venta de un producto o servicio, esta visión primaria llevó la empresa a centrar sus esfuerzos de mejora, y con ello los recursos, en la función de producción. El mantenimiento fue "un problema" que surgió al querer producir continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata.

Ahora se sabe que la curva de mejoras incrementales después de un largo período es difícilmente sensible, a esto se une la filosofía de calidad total y todas las tendencias que trajo consigo, evidenciando el requerimiento de la integración del compromiso y esfuerzo de todas las unidades del negocio. Esta realidad ha volcado la atención sobre un área relegada: el mantenimiento ya que incide determinadamente en todos los aspectos de la organización por lo que no puede ser considerado como una función "miscelánea" sino por el contrario un eslabón clave en la competitividad de los negocios

Tomando en cuenta que el mejoramiento continuo es un factor clave de éxito de cualquier organización y considerando que el mantenimiento es un área clave y susceptible de mejora, se planteó la posibilidad de implementar los principios de la gerencia de proyectos que han demostrado, en su conjunto, ser herramientas eficaces para el logro de objetivos dentro de los parámetros de tiempo, costo y calidad, para contribuir a potenciar las oportunidades que existen en la gestión de mantenimiento cuando se desarrollan esfuerzos, que requieren, planificación, ejecución y control, así como el involucramiento del recurso humano como factor clave de éxito



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **Antecedentes de la investigación**

Según Tamayo y Tamayo, (1995) “En los antecedentes se trata de hacer una síntesis conceptual de las investigaciones o trabajos realizados sobre el problema formulado, con el fin de determinar el enfoque metodológico de la misma investigación.” Los antecedentes, en otras palabras, son todas aquellas investigaciones que se han hecho sobre el tema y que sirven para alcanzar, juzgar e interpretar los datos e información obtenida en la investigación.

La evolución de las técnicas de mantenimiento ha ido siempre en consonancia con las evoluciones tecnológicas, lo que ha permitido incrementar significativamente el aprendizaje acerca del comportamiento degenerativo interno de los equipos así como los análisis probabilísticos de modos de fallas que hace unos años eran, prácticamente, desconocidos.

Los continuos avances tecnológicos registrados en la última década han permitido el desarrollo de nuevas herramientas de diagnóstico de estado de equipos, potenciando el mantenimiento predictivo, preventivo y detectivo y, a su vez, han permitido la evolución de las filosofías de gestión de mantenimiento basadas en la fiabilidad y la productividad integral del activo.

La gestión de mantenimiento ha venido tomando gran importancia en la medida que las organizaciones fundamentan su capacidad de producción en equipos, máquinas y procesos, lo cual ha creado un alto nivel de dependencia de los mismos impulsando así el desarrollo de formas de evitar fallas con consecuencias altamente negativas para el negocio y asegurar la confiabilidad de las operaciones.

Sin embargo, hasta la fecha y, a pesar de la gran importancia que el mantenimiento reviste para las organizaciones, aún se considera, por muchos, como un proceso continuo y repetitivo necesario para asegurar la operatividad y confiabilidad operacional, por lo que no se encuentra literatura exclusiva que relacione y asocie el mantenimiento como un proyecto en su nivel macro viéndolo en general como la mejora de la funcionabilidad total en periodos cíclicos y a nivel micro desde el punto de vista de un equipo o planta en particular de acuerdo con requerimientos específicos, dentro de condiciones de calidad, tiempo y costo.

Solo se encuentran algunos artículos que asocian los términos proyectos con mantenimiento como por ejemplo el artículo escrito por la Universidad Nacional de Bogota, Colombia, (2004), con el título de “MEJORAR LA CALIDAD DEL ESPACIO UNIVERSITARIO” que explica en su contenido “racionalizar la inversión y operación de **mantenimiento** a través de la implantación de una **oficina de gerencia de proyectos**” y otro artículo escrito por SEDIC (Sociedad Española de Información Científica), año 2005, titulado “EL PROFESIONAL DE LA INFORMACION Y DOCUMENTACION” que expresa en un párrafo “Responsable de **proyectos de creación y mantenimiento** de sistemas de información”.

Amendola, L. (2005) en el libro “**Dirección y gestión de paradas de planta**” describe las mejores prácticas en los procesos de paradas de planta, donde se aplican las herramientas de la gerencia de proyectos para el logro exitoso de los objetivos. Las paradas de planta son clasificadas como un mantenimiento mayor, por lo que los esfuerzos de mantenimiento aquí son gestionados como proyectos

La gestión de mantenimiento a lo largo del tiempo ha evolucionado de manera casi independiente como requerimientos de producción y ha desarrollado su propia filosofía y, hasta el presente, es considerado antagónico al concepto genérico de proyectos, porque se trata, según la visión general, de actividades continuas y repetitivas por lo que no se ha logrado su interconexión y formas de aplicación de

técnicas y herramientas que pudieran ser útiles específicamente cuando se trata un esfuerzo como un proyecto.

### **Fundamentos teóricos de la investigación**

Los fundamentos teóricos son el sustento de la investigación e implica exponer las teorías, los enfoques teóricos que se consideren validos para el desarrollo adecuado del estudio de manera que esté dentro de patrones universales basado en los desarrollos científicos puros o sociales.

El soporte teórico de este estudio está básicamente en los principios de la Gerencia de Proyectos como elemento clave que servirá para desarrollar el modelo de una gestión proyectizada del mantenimiento y en los conceptos de las filosofías de mantenimiento desarrolladas hasta la fecha.

Para desarrollar este marco es preciso exponer el conjunto de conceptos y definiciones que caracterizan a estas filosofías de gerencia y que le dan a cada una su propia línea estratégica y modelo de acción en función del logro de los objetivos, enmarcados dentro de la visión calidad, costo y tiempo apropiado.

### **Bases teóricas de la Gerencia de Proyectos**

En cuanto al contexto de la Gerencia de Proyectos su teoría soporte es el basamento de todo el desarrollo y crecimiento productivo de esta modalidad de gestión, mediante la puesta en práctica de ese cúmulo de conocimientos en todas los ámbitos donde se requiere realizar esfuerzos coordinados y hacer uno de recursos escasos para lograr objetivos deseados en un tiempo determinado y hoy día es aplicado prácticamente a nivel mundial.

Es necesario definir qué es un proyecto para buscar la relación entre los esfuerzos de mantenimiento y los esfuerzos tipo proyectos. Dentro de las muchas definiciones de Proyecto, según Palacios (2000) se puede aceptar como más universal la que lo caracteriza como “el conjunto de actividades no repetitivas de naturaleza técnica, administrativa y financiera, que tienen como objetivo la obtención de determinados productos dentro de los parámetros preestablecidos, teniendo una fecha de comienzo y fin”, en otras palabras, son los vehículos para lograr los objetivos establecidos

Los proyectos pueden ser clasificados, de acuerdo con muchos patrones, según las organizaciones y el nivel en el que se desarrollen. Esta clasificación está orientada a identificar los esfuerzos dirigidos a la obtención de objetivos de acuerdo al lineamiento o nivel de estratégico en el cual se desarrolle y al impacto que tenga en la organización.

- **Proyectos Estratégicos**

Son aquellos orientados a adquirir recursos o desarrollar infraestructura importante para la empresa a nivel general y establecer las políticas generales para su gestión, es decir obedecen a líneas estratégicas trascendentes, como por ejemplo: Adquisición de un competidor o proveedor, cambiar el mercado final.

- **Proyectos Tácticos**

Persiguen asignar los recursos de la forma más efectiva posible conforme a las decisiones estratégicas de enlace entre las políticas generales y las operativas. Ejemplo: Venta de algunos de los activos adquiridos para lograr recursos.

- **Proyectos Operativos**

Se preocupan por la ejecución de faenas u operaciones de la forma más eficiente posible, Ejemplo: Cambio de lay out de la instalación, (redistribución de

máquinas), reemplazo de una máquina, formación de operadores multihabilidades.

De acuerdo con el autor Palacios (2000), según el objetivo que persiguen los proyectos a nivel funcional y al impacto que éstos tengan sobre las operaciones, pueden ser clasificados en:

- **Proyectos de Innovación**

Son aquellos destinados a producir trascendencia por medio de un nuevo sistema de hacer las cosas. Implica reiniciar de cero el aprendizaje en un área completamente nueva.

- **Proyectos de Optimización**

Son los esfuerzos destinados a mejorar los productos y sistemas ya existentes, implica cambio progresivo y lento, basado en la teoría de curvas de aprendizaje y por de metodologías como calidad total ingeniería de métodos, entre otros.

Para Palacios (2000) todo proyecto se inicia con una idea o necesidad de cambio de una situación actual para llevarla a una situación deseada, la idea se somete a decisiones según avance el desarrollo del proyecto.

El planteamiento de solución o idea debe ser aprobada o rechazada por el nivel de autoridad técnica, administrativa y financiera correspondiente, para pasar a la siguiente etapa de formulación, es decir; dar el inicio al estudio de acuerdo con una idea bien definida y con el respaldo de las autoridades. Una vez aprobada la idea se toma la decisión de arranque

Los proyectos, en su mayoría, requieren recursos de diferente índole por lo que es difícil que las organizaciones cuenten con ellos ya que son actividades únicas para las cuales no se mantiene continuidad, por lo tanto la decisión de contratación, en

general, surge durante la ejecución del proyecto pero también puede darse contrataciones para hacer estudios de ingeniería y diseño durante la fase de planificación.

La decisión de culminación o cierre se produce una vez finalizado el proyecto; en todas sus fases se evalúan las condiciones del proyecto de acuerdo con los requisitos para determinar su completación y decidir dar inicio a la fase operativa.

Cuando el proyecto como tal es finalizado y entregado, comienza una nueva fase llamada operativa y este tipo de decisiones se producen una vez que los productos del proyecto están en el mercado.

Los proyectos pueden dividirse perfectamente en fases como las que se describen a continuación.

Fase de arranque  $\Longrightarrow$  Fases Intermedias  $\Longrightarrow$  Fase de terminación

De acuerdo con el PMI (2004), todo proyecto se compone de cinco procesos: Inicio, Planificación, Ejecución, Control y Cierre. En términos prácticos, son esfuerzos continuos donde se llevan a cabo actividades de manera secuencial con predominio, en cada una de esas etapas, de actividades específicas afines entre sí, sirviendo como elemento diferenciador del periodo dado, permitiendo identificarlo en función del esfuerzo característico que sirve de referencia.

Estos procesos son temporales. En cada uno de ellos, la disciplina propone acciones que giran en torno a nueve áreas de conocimiento. Es decir, en todo momento en el proyecto se deben abordar tareas en forma metódica en torno a estas nueve áreas de forma tal de mantener bajo control el proyecto en curso. La mencionada disciplina establece detalladamente todos los procesos incluidos en cada área de

conocimiento: qué hacer, qué información utilizar como entradas y qué salidas generar.

Un Proyecto se caracteriza por ser multidisciplinario en su desarrollo evolutivo pero, adicionalmente, bajo ninguna circunstancia puede ser considerado una acción aislada sin impacto al medio circundante si no crea efectos positivos o negativos en los que de una u otra forma están relacionados directa o indirectamente, de allí que es muy importante tomar en cuenta todos estos actores.

Para el PMI (2004), organización que respalda una filosofía de gestión de proyectos a nivel mundial, la Gerencia de Proyectos puede ser definida de manera concreta como “la aplicación sistemática e integrada de una serie de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para alcanzar y exceder los requerimientos de los stakeholders de un proyecto, a través de la dirección en su ciclo de vida balanceando una serie de demandas competitivas entre sí”, a saber:

- Identificación de los requerimientos y expectativas en torno al proyecto
- Determinar el alcance adecuado para el proyecto, sobre la base de la situación y los objetivos.
- Completar el proyecto en el tiempo establecido y que termine con un desempeño aceptable, usando para ello los recursos dados.
- Satisfacer las necesidades de la organización, de los clientes, o consumidores de los resultados obtenidos y del recurso humano utilizado para laborar en el proyecto.

Para ello sigue una metodología que busca la satisfacción plena de todos los stakeholders del proyecto mediante el logro de los objetivos en tiempo, costo y calidad haciendo uso adecuado de los recursos

Esta metodología tiene grandes aportes, tanto para el equipo como para la organización entre los que se pueden nombrar.

- Una guía clara, metódica y reconocida mundialmente para ejecutar un proyecto.
- Un lenguaje común con el personal bajo mi responsabilidad, lo cual simplifica el trabajo, fortalece la comunicación y genera sólidos entendimientos.
- Un proyecto totalmente documentado de comienzo a fin, para poder ser reutilizado o aprovechado en proyectos futuros.
- La toma de todos los recaudos posibles para lograr los objetivos de proyecto, sin dejar aspectos librados al azar o a la buena memoria o intuición.
- La utilización de estándares reconocidos mundialmente.
- Un reaseguro de que la gente velará profesionalmente por la rentabilidad y cumplimiento con altísima calidad del proyecto en curso sin sobresaltos.
- Un cuidado de la reputación de la organización, la cual forma a su gente en la disciplina gerencial para su aplicación
- Una alta motivación del personal, teniendo profesionales capacitados y dotados de las mejores herramientas para que lleven adelante su trabajo de la mejor manera posible.

Para lograr que el proyecto opere en base a las expectativas creadas, la gerencia de proyectos hace uso herramientas básicas de aplicación en cualquier sistema de gestión gerencial y que, en combinación con otras herramientas, conocimientos y mejores prácticas, sirven de pilares para la planificación y control de las variables clave, costo tiempo y calidad

El cronograma es una herramienta muy sencilla de uso general que es elemento fundamental para control del variable tiempo para cualquier desarrollo de actividades, es parte intrínseca de cualquier plan y en lo referente a proyectos es de gran importancia ya que estos tienes tiempos ajustados de comienzo y fin

Presupuesto el costo del proyecto y en general los recursos deben ser manejados en la cantidad precisa y en el tiempo oportuno para se logren los objetivos dentro de los

parámetros considerados exitosos. El presupuesto es la herramienta de gestión que indica el control del recurso financiero en el proyecto garantizando que se ejecute al costo adecuado.

Especificaciones como es sabido para poder alcanzar un objetivo es necesario saber de manera precisa cuáles son sus características, para poder diseñar la estrategia que permita lograrlo. Las especificaciones se usan para gerenciar el desempeño mediante el control de la calidad con la que se están realizando las actividades y de la adecuación de los resultados a las características que deben tener los productos, pero además las especificaciones permiten determinar los recursos requeridos.

La Gerencia de Proyectos aplica los principios básicos de la administración (planificación, organización, dirección y control) en cada fase de los procesos incluyendo la iniciación que son características propias de los proyectos.

Iniciación :es el proceso de reconocimiento de la situación problemática o deseada, del planteamiento de la idea, de los estudios elementales de factibilidad, de la inclusión de la idea en la base de recursos y en el plan de negocios y por ende la aprobación y compromiso hacia la actividad, suministro del empuje para el arranque. Planificación, es el diseño de un esquema factible, es decir trazar las líneas estratégicas que formaran el mejor camino o curso a seguir para lograr los objetivos de llevar a feliz término la propuesta tomando, en este proceso se toma muy en cuenta, los que, como, cuando, donde.

Ejecución: como su nombre lo indica es un proceso de coordinación y realización de las actividades que sigue a la etapa de planificación. A nivel del proyecto se despliega una gran cantidad de recursos con grandes desembolsos y la intervención mayor de proveedores, por lo que se requiere de mucha supervisión en este proceso desde el punto de vista gerencial

Control: Paralelamente a la ejecución de las actividades y en concordancia con las especificaciones del proyecto, se requiere precisamente de proceso de búsqueda de información, medición y comparación de los hechos con respecto a lo planeado, para poder lograr al final del ciclo la satisfacción plena de los stakeholders dentro del triangulo, eficacia, eficiencia y efectividad.

Terminación: En términos concretos es la etapa de cierre de la labor realizada, sin embargo no es tan simple como parece, porque es aquí donde aparecen todo el conjunto de actividades no críticas y detalles que quedan rezagados a lo largo de la ejecución y que al final requieren ser ejecutadas para poder finiquitar. Por otro lado esta el cierre administrativo de contratos que esta muchas veces esta vinculado a detalles no ejecutados. En resumen la terminación es el proceso característico de una actividad finita y consiste en la formalización y entrega de la labor realizada.

La gerencia de proyectos, a través de la modalidad de consulta e investigaciones, reconoce la necesidad de manejar un cuerpo básico de procesos o áreas de conocimiento requeridos para ejecutar los proyectos los cuales se muestran a continuación según lo describe Palacios (2000)

**Gerencia de la integración** es un subconjunto de la gerencia de proyectos que incluye los procesos requeridos para asegurarse que los varios elementos del proyecto estén coordinados correctamente a fin de concatenar los esfuerzos de manera consistente y haciendo uso eficiente de los recursos Esta área de conocimiento consta de algunos aspectos como:

- Desarrollo del plan del proyecto: Integrar y coordinar todo el proyecto, planear y crear un documento constante, coherente.
- Ejecución del plan del proyecto: realizar el plan del proyecto, realizando las actividades que se incluyen en este.

- Control integrado de cambios: cambios que coordinan a través del proyecto entero.

**Gerencia del alcance** es el subconjunto de la gerencia de proyectos que incluye los procesos requeridos para asegurarse que el proyecto incluya todo el trabajo requerido y solamente el trabajo requerido para terminar el proyecto con éxito. Esta área del conocimiento incluye aspectos como:

- Iniciación: autorizar el proyecto o la fase.
- Planeamiento del alcance: desarrollar una declaración escrita del alcance como la base para las decisiones futuras del proyecto.
- Definición del alcance: subdividir los deliverables principales del proyecto en componentes más pequeños, más manejables.
- Verificación del alcance: formalización de la aceptación del alcance del proyecto.
- Control del cambio del alcance: cambios que controlan al alcance del proyecto

**Gerencia del tiempo** Es el área que incluye los procesos requeridos para asegurar la terminación oportuna del proyecto e incluso las actividades. Esta área del conocimiento incluye aspectos como:

- Definición de la actividad: identificando las actividades específicas que se deben realizar para producir las varias fases del proyecto.
- Actividad que ordena: identificando y documentación de dependencias de la interactividad.
- Duración que estima: estimando el número de los períodos del trabajo que serán necesarios terminar actividades individuales.
- Desarrollo del horario: analizar secuencias de la actividad, duraciones de la actividad, y requisitos de recurso de crear el horario del proyecto.
- Control de la actividad del horario: cambios que controlan al horario del proyecto.

**Gerencia del costo** Área de la gerencia de proyectos que incluye los procesos requeridos para asegurarse que el proyecto esté terminado dentro del presupuesto aprobado. Consiste en:

- Planeamiento del recurso: determinando qué recursos (gente, equipo, materiales) y qué cantidades de cada uno se deben utilizar para realizar actividades del proyecto.
- Costo estimado: desarrollar una aproximación (estimación) del costo de los recursos necesitó terminar actividades del proyecto.
- Costo del presupuesto: asignación de la valoración de costos total a las actividades individuales del trabajo.
- Control de costo: cambios que controlan al presupuesto de proyecto

**Gerencia de la calidad** En esta sección se incluyen los procesos requeridos para asegurarse que el proyecto satisfaga las necesidades para las cuales fue emprendido, tomando en consideración todos los actores. Consiste en:

- Planeamiento de la calidad: identificando que los estándares de calidad son relevantes al proyecto y determinar cómo satisfacerlos.
- Garantía de calidad: funcionamiento total de evaluación del proyecto sobre una base regular para proporcionar confianza que el proyecto satisfaga los estándares de calidad relevantes.
- Control de calidad: la supervisión de proyecto específico para determinar si se cumplen con estándares e identificar relevantes de calidad, maneras de eliminar causas del funcionamiento insatisfactorio.

**Gerencia de recurso humano** Se gerencian los procesos requeridos para hacer el uso más eficaz de la gente implicada con el proyecto, pero también su adquisición según se requiera. Esta área comprende los aspectos siguientes:

- Planeamiento organizacional: identificando, documentando, y asignando papeles del proyecto, responsabilidades, y relaciones de divulgación.

- Adquisición del personal: conseguir los recursos humanos necesarios para trabajar en el proyecto.
- Desarrollo de la organización del equipo: habilidades del individuo que se convierten y del grupo para realizar funcionamiento del proyecto.

**Gerencia de las comunicaciones** Esta área de conocimiento es muy importante considerando que a nivel mundial la comunicación es una de las causas principales de ineficiencia del recurso humano, aquí se incluyen los procesos requeridos para asegurar la generación oportuna y apropiada, la colección, la difusión, el almacenaje, y la última disposición de la información del proyecto. En esta área existen aspectos importantes como:

- Planeamiento de comunicaciones: determinación de la información y de las necesidades de comunicaciones de los tenedores de apuestas: quién necesita qué información, cuando él la necesitará, y cómo les será dada.
- Distribución de la información: haciendo a la información necesaria, disponible para proyectarla a tenedores de apuestas de una manera oportuna.
- Funcionamiento que reportes: recogiendo y diseminando la información del funcionamiento. Esto incluye el pronóstico, la divulgación del estado, medida del progreso de proyecto.
- Cierres administrativos: generando, recolectando, y diseminando la información para formalizar la terminación de la fase o del proyecto.

**Gerencia de riesgos.** La gerencia de riesgo es el proceso sistemático de identificar, de analizar para determinar el impacto y en consecuencia de responder al riesgo del proyecto. Incluye la maximización la probabilidad y las consecuencias de acontecimientos positivos y de reducir al mínimo de la probabilidad y las consecuencias de acontecimientos adversos de proyectar objetivos. En estas áreas se enfocan aspectos como:

- Planeamiento de la gerencia de riesgo: decidiendo cómo acercar y planear a las actividades de la gerencia de riesgo para un proyecto.
- Identificación del riesgo: determinándose qué riesgos pudieron afectar el proyecto y la documentación de sus características.
- Análisis cualitativo del riesgo: la ejecución de un análisis cualitativo de riesgos y las condiciones para dar la prioridad afecta los objetivos del proyecto.
- Análisis cuantitativo del riesgo: midiendo la probabilidad y las consecuencias de riesgos y de estimar sus implicaciones para los objetivos del proyecto.
- Planeamiento de la respuesta del riesgo: procedimientos y técnicas que se convierten para realzar oportunidades y para reducir amenazas del riesgo a los objetivos del proyecto.
- Riesgo que se supervisa y se controlan: supervisando riesgos residuales, identificando los nuevos riesgos que ejecutan planes de la reducción del riesgo, y la evaluación de su eficacia a través del ciclo vital del proyecto

**Gerencia de recursos o de consecución** Un proyecto demanda una gran cantidad de recursos de diferentes índoles dependiendo del tipo de proyectos en esta área del conocimiento de la gerencia de proyecto se incluyen los procesos requeridos para adquirir productos, elementos y los servicios para lograr alcance del exterior de la organización de ejecución. Consiste en:

- Planeamiento de la consecución: determinación qué procurar y cuando.
- Planeamiento de la licitación: documentando requisitos del producto e identificar fuentes potenciales.
- Licitación: Entrevistas, ofertas, selección de la oferta apropiada.
- Elección de la fuente: el elegir entre de vendedores, proveedores potenciales
- Administración del contrato: manejo de la relación con el vendedor
- Liquidación del contrato: la terminación y el establecimiento del contrato, incluyendo la resolución de cualquier controversia.

Los procesos medulares se consideran la base de un proyecto y lo conforman la gerencia del alcance, gerencia del tiempo, gerencia del costo y gerencia de la calidad, es decir los procesos que determinan el triangulo eficacia, eficiencia y efectividad.

Los procesos facilitadores, en cambio, son fundamentales ya que cobran importancia dependiendo del tipo de actividades y sirven de apoyo contribuyendo al mejor desempeño de los procesos medulares; están conformados por la gerencia del recurso humano, gerencia de la comunicación, gerencia del riesgo y gerencia de las adquisiciones.

Esta forma de trabajo no nace sola sino que requiere de un proceso progresivo que va desde el reconocimiento hasta la madurez, que es la etapa productiva y que, como toda filosofía, requiere de un proceso evolutivo de crecimiento y desarrollo para poder rendir el beneficio esperado que es en resumen el fin ultimo para lo cual es creado, las fases básicamente consisten en comprender, instalar y aplicar la metodología lo cual se logra de una manera progresiva y secuencial.

Kerzner (1994) visualiza 5 fases, a saber:

- Fase embrionaria: Donde se reconoce la metodología y sus beneficios
- Aceptación ejecutiva: se produce cuando la alta gerencia le da el soporte adecuado a la metodología.
- Aceptación de la organización: la metodología será implantada de manera exitosa cuando la gerencia media y los empleados den su apoyo.
- Crecimiento: Es el periodo de instalación de los sistemas de gestión de proyectos.
- Maduración: periodo cuando el sistema de gestión esta funcionando adecuadamente, integrando el control de tiempo y costos.

Una vez que se han descrito los aspectos teóricos básicos relacionados con la Gerencia de Proyectos, se precisa incluir todo lo relacionado con la gestión de mantenimiento como elemento vital en la competitividad de las empresas y su posible relación con los esfuerzos identificados como proyectos.

### **Bases teóricas de la Gestión de Mantenimiento**

El mantenimiento ha venido evolucionando de acuerdo con el avance de la tecnología para acoplarse a las necesidades industriales. Según Rabelo (1997) la última generación del mantenimiento se inicia a mediados de la década de los setenta donde los cambios, a raíz del avance tecnológico y de nuevas investigaciones, se aceleran. Aumentan la mecanización y la automatización en la industria, se opera con volúmenes de producción más altos, se le da importancia a los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción, alcanzan mayor complejidad las maquinarias y aumenta la dependencia de ellas, se exigen productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolida el desarrollo de mantenimiento preventivo como fundamental en desplazamiento del correctivo.

En las primeras etapas de la industria, el mantenimiento solo era un misceláneo que surgía por la necesidad de reparar lo que se dañaba, ya que la producción no era continua era suficiente reparar las fallas una vez que sucedían.

En la medida que las plantas de procesos y producción crecieron en tamaño, diversidad y complejidad se preciso gerenciar los múltiples y multidisciplinarios esfuerzos requeridos para mantenerlas en operación confiable, por lo que surgió la gerencia de mantenimiento

Prando (1996) se refiere a la Gerencia del Mantenimiento como la aplicación sistemática de un conjunto de conocimientos, habilidades y herramientas,

fundamentadas en la planificación ejecución y control para lograr el máximo rendimiento y aprovechamiento de los activos de una empresa y contribuir al logro de los objetivos de la misma con el mínimo costo y máxima calidad y seguridad. En esencia, los tres mayores retos en la gerencia del mantenimiento son:

- Minimizar los costos de adquisición de activos físicos
- Minimizar los costos de mantenimiento de los activos físicos
- Asegurar que los activos físicos continúen rindiendo satisfactoriamente

Como toda filosofía de gestión, la gerencia de mantenimiento se apoya en procesos que le permiten canalizar los diferentes esfuerzos y orientarlos metódicamente para ejecutar los planes y lograr los objetivos de manera eficiente, es decir; planificación, organización, dirección y control

Para Lindley. R, Keith, M. (2001) las actividades de mantenimiento están enmarcadas en un contexto bien definido y con una misión determinada dentro de las organizaciones las cuales influyen determinantemente en la productividad de las mismas. Existen innumerables definiciones y es aceptable decir que mantenimiento es el conjunto de procedimientos, actividades y medidas que permite alargar o asegurar el funcionamiento óptimo de dispositivos, objetos y sistemas bajo ciertos parámetros establecidos.

La finalidad específica es conservar la planta industrial con el equipo, los edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de Producción,

En la actualidad, según Campbell y Jardine, (2001) se aplican cuatro técnicas básicas o acciones de mantenimiento: Correctivo, Preventivo, Predictivo, Detectivo

que persiguen asegurar la eficacia y la disponibilidad de los activos físicos, bajo ciertas modalidades de gestión, que le dan un enfoque distinto a fin de hacer exitosa la función.

Con el nuevo enfoque estratégico del mantenimiento ha surgido una nueva corriente que incluye, dentro de las acciones de mantenimiento, una adicional llamada Mantenimiento Mejorativo que busca cambiar condiciones de los activos para hacerlos más eficientes e incrementar su mantenibilidad intrínseca y su confiabilidad.

Para PDVSA-CIED (1998) según el estado de los activos; el mantenimiento se puede clasificar en mantenimiento mayor y menor (operacional), este concepto abarca los dos grandes tipos de mantenimiento, en cada uno de éstos pueden estar presentes una o todas las acciones de mantenimiento descritas anteriormente,

Para llevar a cabo de manera ordenada y sistemática estas acciones, se requiere una organización que, aunque puede ser de diversos tipos, todas poseen componentes comunes, recursos, administración, planificación y control. El objetivo principal de la organización es hacer corresponder los recursos con la carga de trabajo. Los planes son la base fundamental para el logro exitoso del esfuerzo.

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas de mantenimiento seleccionadas y dirigidas a proteger la función de un activo, estableciendo una frecuencia de ejecución de las mismas y el personal destinado a realizarlas.

Tanto la gestión de proyectos como la gestión de manteniendo están fundamentadas por herramientas, técnicas, conocimientos y mejores prácticas que se llevan acabo de manera sistematizada en la búsqueda de alcanzar los objetivos de manera exitosa en el ámbito de la calidad, el tiempo y el costo

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

La metodología es la estructura sistematizada que se sigue durante la realización de una investigación para lograr pleno conocimiento de las variables que intervienen o influyen en determinada situación o fenómeno a fin de dar respuesta a las inquietudes que generan el problema caso de estudio, esta metodología marcará la línea a seguir de manera lógica y secuencial

Esta investigación se inicia con la identificación de la situación problemática bien definida y delimitada, la justificación y los objetivos que se persiguen alcanzar. De acuerdo con el ámbito de estudio, el propósito del mismo y el nivel de conocimiento a obtener el investigador establece la metodología o estrategia a seguir la cual le permitirá dar respuesta a los objetivos e interrogantes planteadas, usando instrumentos garantizados por su confiabilidad y validez.

Una vez identificado y delimitado el problema se hace necesario iniciar la fase de búsqueda de la información pertinente mediante la revisión y consulta de la literatura que le permitan extraer y recopilar todo aquello relevante para el estudio y de esta manera construir en marco teórico, apoyándose fundamentalmente en los antecedentes que pudieran existir y en todo el desarrollo técnico-científico que soporta esta función o área de conocimiento aplicado

Con el nivel de conocimiento de la situación problemática caso de estudio (diseño de un modelo de sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos) y las bases teóricas que proporcionan la información suficiente sobre los elementos determinantes, el investigador establece la metodología a seguir para tratar de dar respuesta satisfactoria a los objetivos del estudio dentro un contexto teórico –práctico sustentable de manera universal

## **Tipo y diseño de Investigación**

La investigación que se realizó, de acuerdo a los objetivos planteados, se enmarca en la modalidad de proyecto factible, ya que la propuesta de diseño de un modelo teórico para la gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos, tiene como objetivo contribuir con el establecimiento de las bases conceptuales para un posible desarrollo de un sistema que permita satisfacer una necesidad existente en las empresas que dependan de los activos físicos como elemento de productividad.

Según el Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL (1998) un proyecto factible se caracteriza por ser:

“Investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo, viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales, como puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o ambas modalidades.” (p.7)

Por otro lado, este estudio también incluye actividades del tipo investigación y desarrollo ya que en ellas se busca diagnosticar y luego generar una solución de acuerdo con las necesidades detectadas.

En este orden de ideas, de acuerdo con Yáber, G. y Valarino, E. (2003) para investigaciones de Postgrado en Gerencia, específicamente en la disciplina de Gestión de Empresas, de acuerdo con su propósito, el tipo de problema que abordan y definiendo los verbos y la acción que realizan, un trabajo se clasifica como una investigación y desarrollo, cuando ,”tiene como propósito indagar sobre necesidades del ambiente interno o externo de una organización, para luego desarrollar un producto o servicio que pueda aplicarse en la organización o dirección de una empresa o de un mercado”. (pp. 7 – 8)

Este estudio tiene un enfoque mayormente cuantitativo ya que los datos usados en su mayoría son numéricos, jerarquizados de acuerdo con un orden de magnitud que permite una clasificación en orden ascendente o descendente. Sin embargo también incluye ciertas características cualitativas ya que considera elementos de análisis conceptual

En cuanto al alcance se puede decir que se hacen necesarias herramientas de la investigación exploratoria, ya que se pretende avanzar o profundizar en una materia que es objeto de desarrollo y estudio producto de las necesidades de mejora continua del mercado. Esta investigación pretende desarrollar un modelo de gestión haciendo uso de herramientas y técnicas aplicables en filosofías de gestión diferentes La razón de ser o propósito de la investigación es de aplicación práctica y se apoya tanto en conocimientos teóricos como en la experiencia misma.

El protocolo de diseño de la investigación no necesita involucrar la experimentación, aun cuando algunos de los datos requeridos pudieran ser del tipo experimental; solo que, para al momento de este estudio ya los datos han sido obtenidos. No se requiere, entonces la manipulación de los mismos, ni del uso de variables de control para producir resultados en variables dependientes. A su vez se requiere realizar un alto grado de investigación de campo para la obtención de los datos de primera mano. Lo que arroja como resultado un diseño de investigación de campo y no experimental.

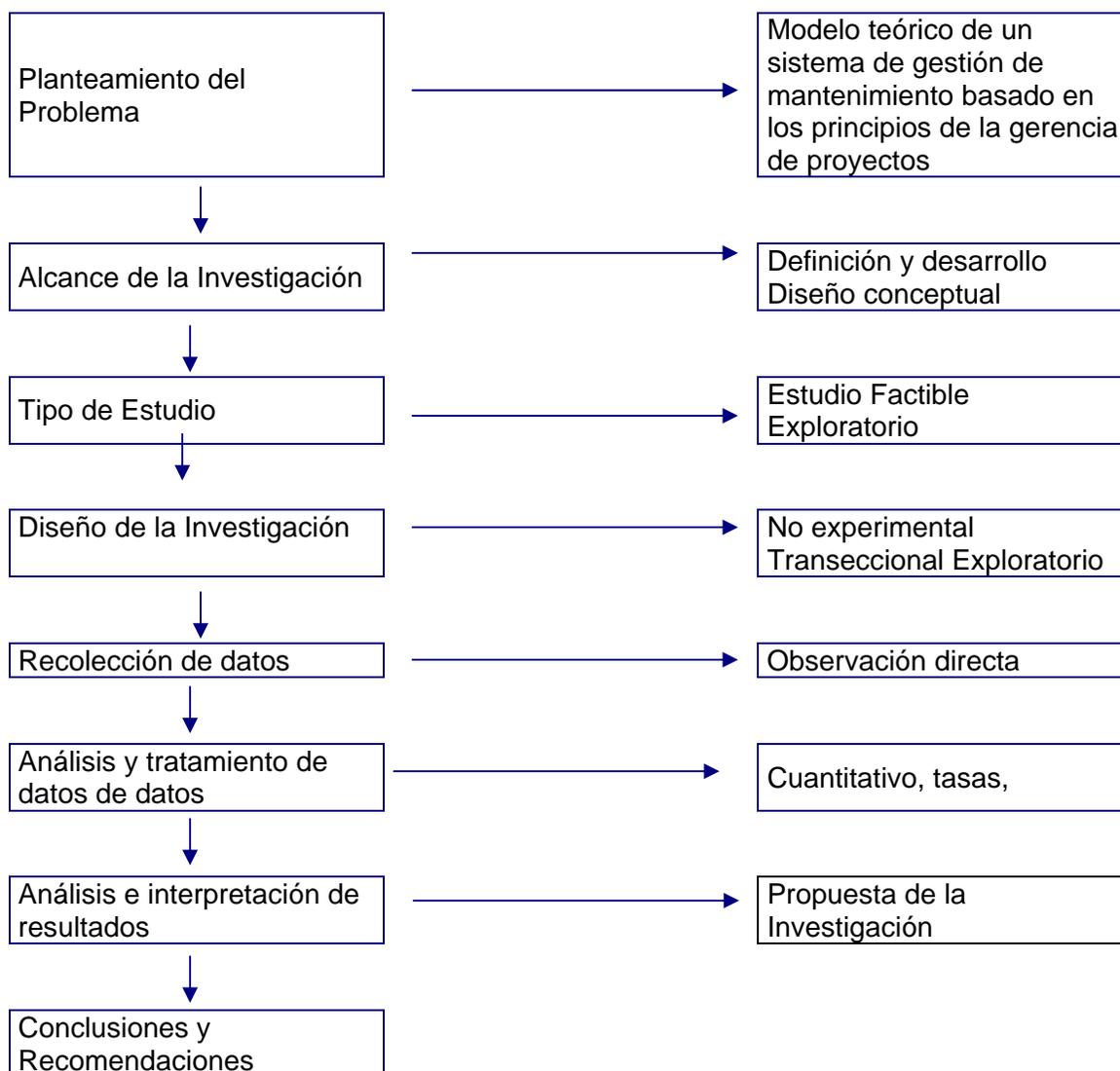
En cuanto al diseño transeccional; Hernández, Fernández y Batista (ob. cit) explican que, es aquel que “tiene como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables, en un solo momento, en un tiempo único (p. 272

En esta investigación el análisis se realiza en un espacio de tiempo dado, único por lo que el diseño es transeccional donde se refleja la condición existente para esa circunstancia.

En la Figura N° 1 a continuación se presenta en forma esquemática el modelo metodológico que se sigue en este estudio. Se han detallado las actividades en la secuencia cronológica en la que han sido realizadas y se describe resumidamente su alcance, producto esperado y tipo de actividad.

Figura N° 1

### Estructura Metodológica



Diseño: el investigador (2006).

## **Unidad de Análisis**

Hernández, Fernández y Baptista (1.998) definen unidad de análisis “aquella que se examina; es decir, en la que se busca la información, su naturaleza depende de los objetivos de estudio” (p.296).

En este estudio la unidad de análisis comprende el universo de empresas en la cuales el mantenimiento de los activos representa un elemento vital para asegurar su continuidad operacional y la rentabilidad del negocio, es decir; aquellas empresas cuya misión es producir o prestar servicios que dependen en gran medida de la operatividad y confiabilidad de sus activos como elemento determinadamente en la competitividad. También comprende aquellas empresas cuya finalidad es la de prestar servicios de mantenimiento, como su actividad medular

## **Población y muestra**

Hernández (1.998), señala que la población, “es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. (p.230).

El estudio tiene propósitos prácticos, los cuales surgen como producto de una necesidad existente del mercado genérica que es el mejoramiento continuo, específicamente en el área de mantenimiento de los activos físicos, y es específica de la unidad de análisis considerada, que dispone de una población que puede considerarse prácticamente infinita con las condiciones básicas para ser estudiadas.

En cuanto a la muestra Sabino, C. (2000) la define como:

Parte de todo lo que llamamos universo y que sirve para representarlo, es decir, consiste en un número de sujetos que reúnen las mismas características de la población estudiada y, por lo tanto, son representativos de la misma. Cuando la muestra cumple con las condiciones anteriores, es decir, cuando nos refleja en sus unidades lo que ocurre en el universo, la llamamos muestra representativa (p. 104)

El número de empresas es bastante extenso por tal razón fue indispensable seleccionar una muestra representativa pero solo como una referencia que permitiera la verificación de los elementos que sustentarían la propuesta de la investigación.

La muestra estuvo conformada por cinco empresas, dos de las cuales son compañías de producción de petróleo cuya productividad está sustentada en un alto porcentaje por activos físicos y la aplicación del mantenimiento es vital por el alto impacto que representan las fallas en la seguridad y rentabilidad del negocio; en estas empresas se verificaron las técnicas, herramientas y metodologías de mantenimiento aplicadas en concordancia con el propósito del estudio

Otra empresa de la muestra pertenece al sector metalmecánico, donde los equipos representan uno de los principales activos y son el elemento clave de la producción, siendo el mantenimiento la herramienta estratégica de la productividad y de acuerdo con los objetivos de la investigación se verificaron las técnicas y filosofías aplicadas.

Dos fueron tomadas del sector de servicios (contratistas), las cuales se dedican realizar trabajos de mantenimiento como actividad medular, por lo que manejan estos esfuerzos como proyectos, de esta manera se constató que técnicas de mantenimiento utilizan y cuales metodologías, pero adicionalmente se verificó el enfoque gerencial para su gestión como proyecto.

De acuerdo con el tipo de investigación que se sigue (no experimental y de campo) la información obtenida es pertinente y se corresponde con el propósito y objetivos que se persiguen con el estudio

Sin embargo de todo punto de vista estas muestras son solo referenciales debido al carácter genérico y aplicación universal del mantenimiento. El estudio se fundamentó en la posibilidad de aplicación de herramientas de un sistema de gestión altamente productivo como o es la gerencia de proyectos a la gestión de mantenimiento en cualquier empresa que aplique, preste servicio o requiera mantenimiento, como parte importante de sus esfuerzos productivos ya sea como actividad medular o de apoyo

#### Recolección de Datos

A fin de conocer a plenitud las condiciones del estado de la aplicación de las filosofías y modelos de mantenimiento en el ámbito empresarial, fue indispensable la recolección de los datos en las empresas seleccionadas como referenciales a manera de sustentar el estudio

## Técnicas e instrumentos de recolección de Datos

Al referirse a las técnicas e instrumentos de recolección de datos, Balestrini, M. (2002) explica:

Se debe señalar y precisar, de manera clara y desde la perspectiva metodológica, cuáles son aquellos métodos instrumentales y técnicas de recolección de información, considerando las particularidades y límites de cada uno de éstos, más apropiados, atendiendo a las interrogantes planteadas en la investigación y a las características del hecho estudiado, que en su conjunto nos permitirán obtener y recopilar los datos que estamos buscando (p. 132).

Para la medición de los parámetros de interés asociadas a la investigación de campo, la encuesta fue la principal herramienta utilizada para obtener la información proveniente de la fuente primaria. El instrumento general para la recolección de los datos de campo fue el cuestionario

### **Validez y Confiabilidad**

El instrumento de recolección de datos debe contener dos requisitos esenciales como son validez y la confiabilidad que, según Hernández, Fernández, Baptista (1.998):“La validez se refiere al grado con que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir a través de diferentes tipos de evidencias de contenido, de criterios y de contexto” (p.9).

Para verificar que el instrumento (encuesta) usado para la recolección de datos tuviera la validez requerida se confirmó el contenido de la encuesta mediante el procedimiento común conocido como juicio de expertos, sometiéndolo a la consideración de tres profesionales concedores de la materia.

En lo referente a la confiabilidad de dichos instrumentos, entendiéndose por ésta, el grado en el cual su aplicación repetida, al mismo sujeto u objeto, produce iguales resultados; se usó el tipo de confiabilidad del investigador fundamentado en criterios del autor y del equipo de expertos.

### Técnicas para el Análisis de Datos

Los datos recolectados son numéricos, porcentajes que indican en términos concretos los niveles y tipos de aplicación de una filosofía determinada y demás parámetros que definen una condición dada de la gestión de mantenimiento, y para analizarlos se clasificaron según porcentajes

### Operacionalización de los objetivos

Para Sabino, C. (2000) “Consiste en hacer operativos, es decir, manejables, posibles de trabajar con ellos, a los conceptos y elementos que intervienen en el problema a investigar” (p.101).

Tabla Nº 1

### Operacionalización de los objetivos

<b>Objetivo General:</b> Diseñar un modelo teórico de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos.				
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variabes</b>	<b>Definición</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas/ Instrumentos</b>
Analizar los diversos modelos de gestión de mantenimiento usados en la actualidad.	Mantenimiento centrado en confiabilidad, mantenimiento clase mundial Mantenimiento productivo total Mantenimiento basado en riesgos. Mantenimiento enfocado a los costos	Filosofías de gestión diseñada para lograr los objetivos con un máximo aprovechamiento de los recursos, mejorando la continuidad operacional y la productividad	Índice de fallas Eficiencia Eficacia Tasa de efectividad Relación Costo de manteniendo/ costo de producción Tasa de calidad Índice de mejora Costo actual/ costo anterior	Fichaje/fichas técnicas

<p>Determinar los elementos clave que inciden en la gestión de mantenimiento.</p>	<p>Disponibilidad Confiabilidad Eficacia</p>	<p>Elementos fundamentales, clave para lograr el máximo aprovechamiento de los activos físicos y el mejoramiento de la competitividad</p>	<p>Efectividad Tasa de calidad. Eficiencia. Costo de mantenimiento/ Costo de producción</p>	<p>Encuestas/ cuestionarios</p>
<p>Establecer los componentes de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la gerencia de proyectos</p>	<p>Gestión de alcance, Gestión de costo Gestión de tiempo Gestión Calidad Gestión de riesgo Gestión de recursos humanos Gestión de Comunicación Gestión de adquisición Gestión de integración.</p>	<p>Aplicación sistemática e integrada de una serie de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para superar los requerimientos de los stakeholders de un proyecto. Aplicados a los esfuerzos de mantenimiento</p>	<p>Índice de fallas Confiabilidad Disponibilidad Eficiencia Eficacia Tasa de efectividad Relación Costo de manteniendo/ costo de producción Tasa de calidad Índice de mejora Costo actual/ costo anterior</p>	<p>Fichaje/ Fichas técnicas</p>

Diseño: el investigador (2006)

## **CAPITULO IV**

### **DIAGNÓSTICO**

En este capítulo se presentan y analizan los principales elementos característicos (herramientas, técnicas y conocimientos) que conforman la gestión de mantenimiento así como los modelos o metodologías desarrollados en la búsqueda de demostrar su importancia como actividad primaria de la cadena de valor de una organización y por ende parte vital en la mejora de la competitividad.

También se presentan los datos recabados a través de encuestas realizadas a las empresas descomponiendo la información obtenida a fin de facilitar su estudio y dar respuesta a los objetivos para sustentar la propuesta de un modelo teórico de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos.

Las actividades y los procesos en general que se llevan a cabo en las industrias no se realizan de manera aislada como un fin último, sino que forman parte de una cadena que permite agregar valor mediante la transformación de materias primas y subproductos a lo largo de ella, con el propósito final de suministrar a los usuarios la máxima utilidad en función del precio y en términos convenientes al negocio que aseguran la rentabilidad del mismo.

#### **Análisis de modelos de gestión de mantenimiento usados en la actualidad**

Antes de dar respuesta al primer objetivo específico planteado: analizar los diversos modelos de gestión de mantenimiento que hay en la actualidad, es preciso determinar la razón de ser de esos modelos dentro del ámbito organizacional como estrategia de competitividad

El grado de eficiencia con que se realizan las actividades determina el nivel de competitividad de la empresa y su posibilidad de supervivencia. El mantenimiento forma parte de esta cadena y es un elemento clave ya que afecta los costos, la calidad, la capacidad y la seguridad entre otros aspectos.

Cuando se habla de competitividad es necesario definir también los conceptos asociados a cadena de valor, cadena productiva y productividad a fin de darle la importancia adecuada a cada uno de los factores productivos que inciden de manera determinante en la calidad y el costo de los bienes y servicios producidos.

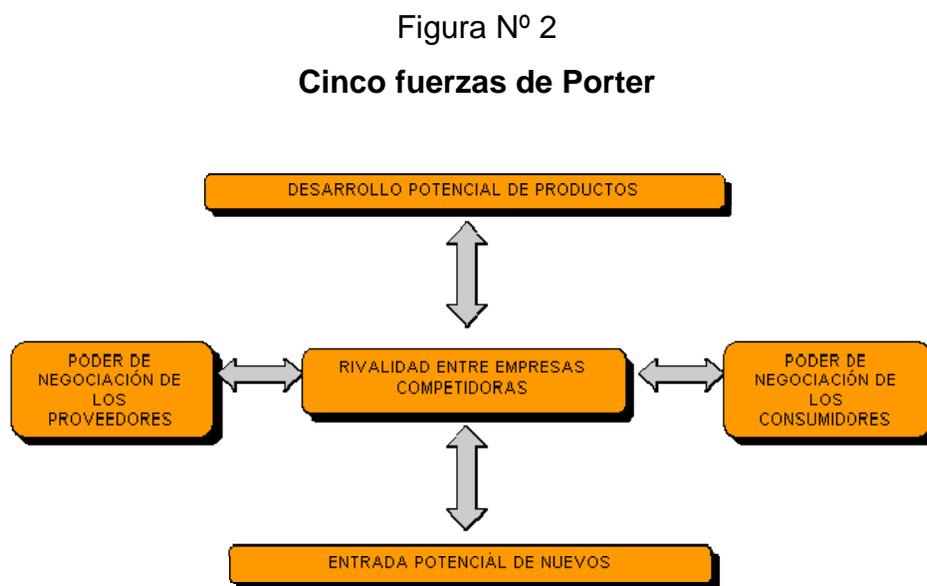
Para Michael Porter (1998) la competitividad está determinada por la productividad, definida como el valor del producto generado por una unidad de trabajo o de capital y es función de la calidad de los productos y de la eficiencia productiva, es decir; la competitividad es la capacidad de una organización de mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico.

Una organización, para mantener un nivel adecuado de competitividad debe utilizar, procedimientos de análisis y toma de decisiones, de acuerdo con un plan estratégico. La función de dicho proceso es sistematizar y balancear todos los esfuerzos de las unidades y funciones que integran la organización encaminados a maximizar la eficiencia global.

La eficiencia total es la combinación de los niveles de competitividad interna y externa de una organización y se refiere por un lado a la capacidad de organización para lograr el máximo rendimiento de los recursos disponibles, como personal, capital, materiales, ideas y los procesos de transformación es decir es la expresión del esfuerzo constante de superación y mejoramiento continuo.

La competitividad externa está orientada a la elaboración de los logros de la organización en el contexto del mercado al que pertenece. Como el sistema de referencia es ajeno a la empresa, ésta debe considerar variables exógenas, para impulsar la innovación, el dinamismo de la industria y lograr la estabilidad económica.

De acuerdo con Porter existen cinco fuerzas negativas, es decir que inciden en el éxito de los negocios, las cuales se muestran en la figura N° 2 a continuación:



Fuente: [www.gestiopolis.com/.../ docs/eco/induscafe.htm](http://www.gestiopolis.com/.../docs/eco/induscafe.htm)

- Rivalidad entre Empresas Competidoras Los negocios tienen éxito cuando sus estrategias aplicadas le proporcionan una ventaja competitiva sobre las estrategias que aplican las empresas rivales; es decir la lucha por nichos de mercado se vuelve más intensa.
- Entrada Potencial de Nuevos Competidores En la medida que nuevas empresas entran con facilidad a una industria en particular, obviamente la intensidad de la competencia entre ellas aumenta
- Desarrollo Potencial de Productos Sustitutos. La presencia de productos sustitutos coloca un tope en el precio que se cobra antes de que los consumidores cambien a un producto sustituto.

- Poder de Negociación de los Proveedores El poder de Negociación de los proveedores afecta la intensidad de la competencia en una industria, y en especial cuando hay muchos proveedores, pocas materias primas sustitutas adecuadas o cuando el costo de sustitución de las materias primas es demasiado alto
- Poder de Negociación de los Consumidores Cuando los clientes están concentrados en un lugar, son muchos o compran por volumen, su poder de negociación representa una fuerza importante que afecta la intensidad de la competencia en una industria.

Ante estas fuerzas competitivas, Porter plantea tres estrategias genéricas para hacerles frente, las cuales crean un ambiente de competitividad a favor que hace la diferencia

- El liderazgo en costos totales bajos Se dirige a mantener el costo más bajo frente a los competidores para así lograr un volumen alto de ventas.
- La diferenciación que orienta la organización a crear valor agregado a través de una estructura innovadora, bajo la premisa de que el producto debería ser único o debe poseer características que lo diferencien de la competencia.
- El enfoque o la focalización Esta estrategia busca que las organizaciones tiendan a especializarse en un grupo específico de clientes, con esta premisa aparece más formalmente la llamada "segmentación de mercados"

El logro de un cierto nivel de competitividad no es solo alinear a la organización en una dirección productiva y aplicar las estrategias recomendadas, sino que es un manejo eficiente de una variedad muy compleja de variables que intervienen directa o indirectamente en toda esta cadena del negocio y que a grandes rasgos se ve afectada negativamente por una serie de elementos que inciden en la cadena productiva, que tienen que ver con el diseño o especificaciones del producto, el proceso productivo, la dirección y el recurso humano fundamentalmente. Entre estos factores se pueden nombrar

- Mal diseño del producto o servicio.
- Falta de normalización.
- Normas de calidad erróneas.
- Modelo que exija eliminar demasiado material.
- Maquinaria y procesos inadecuados, por su funcionalidad (**Mantenimiento inadecuado, baja disponibilidad eficacia y confiabilidad**), o especificación de diseño
- Proceso mal ejecutado o ejecutado bajo malas condiciones.
- Herramientas inadecuadas.
- Mala distribución de maquinas que generan movimientos innecesarios.
- Deficientes métodos de trabajo.
- Variedad excesiva de productos o servicios.
- Cambios de diseño.
- Mala planificación del trabajo y los pedidos.
- Falta de materias primas por mala planificación.
- Averías de las instalaciones.(**malas políticas de gestión de mantenimiento**)
- Instalaciones **en mal estado. que producen baja eficiencia operativa y** desmoralización del personal.
- Malas condiciones de trabajo
- Alto índice de accidentabilidad
- Ausencias, retrasos y ociosidad.
- Tiempo improductivo por desechos o repetición del trabajo.
- Accidentes, con daños materiales humanos

La integración económica impulsada por la aceleración de los flujos de comercio, migración, capital e información que implican tanto retos como oportunidades para empresas de diferentes sectores y tamaños, obliga a las empresas a ofrecer de manera constante volúmenes suficientes de productos de calidad a precios competitivos, para lo cual se integran formando cadenas de valor y de proveedores para aprovechar al máximo las fortalezas internas y externas de cada una.

Según Porter (1998) la cadena de valor es esencialmente una forma de análisis de la actividad empresarial mediante la cual se descompone una empresa en sus partes constitutivas, buscando identificar fuentes de ventaja competitiva en aquellas actividades generadoras de valor. Esa ventaja competitiva se logra cuando la empresa desarrolla e integra las actividades de su cadena de valor de forma menos costosa y mejor diferenciada que sus rivales.

La mejora de la competitividad de las empresas a través de su incorporación exitosa en las cadenas de valor implica retos que deben ser superados para lo cual es necesario que las organizaciones estén concientes de ellos y afrontarlos no solo en el ámbito externo sino también en su propio seno por lo que se le hace imperante que tomen acciones como:

- Identificar sus necesidades en cuanto al desarrollo empresarial y los socios propicios para la conformación de redes estratégicas.
- Asumir una visión sistémica para reconocer las necesidades de otros actores a lo largo de la cadena para el desarrollo de la misma.
- Invertir en el fortalecimiento de sus capacidades productivas y gerenciales.
- Aprovechen las nuevas tecnologías de información y comunicación para reducir sus costos.

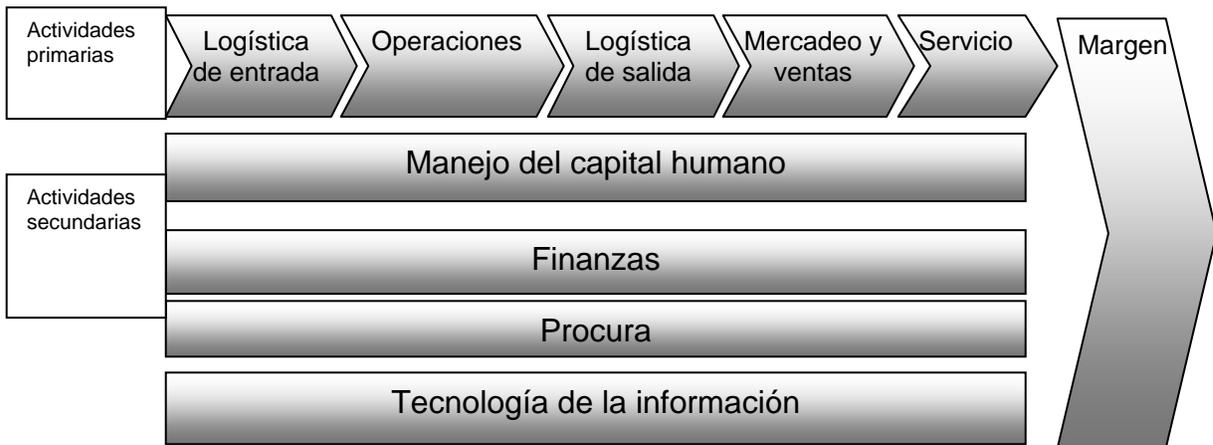
Una cadena de valor según Porter esta constituida por tres elementos básicos que conforman el corazón del negocio, los habilitadores o apoyos y el valor neto agregado al producto, conocidas como actividades, primarias, de soporte y margen. En la Figura N° 3 se muestra la cadena de valor de Porter

- **Actividades primarias:** Son las que están relacionadas con el desarrollo del producto, su producción, su comercialización y los servicios de post venta.

- Actividades de soporte a las primarias: Son la administración de los recursos humanos, adquisición de bienes y servicios, desarrollo tecnológico, infraestructura empresarial.
- Margen: :Es la diferencia entre el valor total del producto y los costos totales incurridos en su obtención en la empresa para garantizar la actividad generadora de valor agregado

Figura N° 3

**Cadena de valor de Porter**



Fuente: el investigador (2006)

El objetivo primordial de la cadena de valor es la optimización sistémica, con el fin de lograr metas inalcanzables de manera individual, a través de cooperación, comunicación y coordinación, contribuyendo a la mejora de la cadena productiva

La cadena productiva integra el conjunto de eslabones que conforma un proceso económico, desde la materia prima a la distribución de los productos terminado. Ninguna actividad productiva puede desenvolverse de manera aislada, pues existen relaciones de interdependencia entre los agentes económicos que configuran una participación en conjunto y articulada.

La productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático se dice que se es productivo

con una cantidad de recursos en un periodo de tiempo dado si se obtiene el máximo de los productos. Además de la relación de cantidad producida por recursos utilizados, en la productividad entran en juego otros aspectos muy importantes como la calidad y la seguridad

Calidad: La calidad es la velocidad a la cual los bienes y servicios se producen especialmente por unidad de labor o trabajo capaces de satisfacer los requisitos de los usuarios

Seguridad. Velocidad con que se producen los bienes y servicios sin accidentes con pérdidas: materiales y humanas

Del análisis de la cadena de valor de las empresas industriales se identifica que el mantenimiento es una actividad primaria que incide directamente en la producción. La evolución del mantenimiento ha sido impulsado por los desarrollos tecnológicos orientados a la producción en serie y a la productividad, el cual ha pasado de ser visto como una actividad supeditada a la producción para convertirse en un actor protagónico mediante la aplicación de metodologías y herramientas que lo convierten en una función trascendente que produce un bien real que se traduce en capacidad para producir con calidad, seguridad y rentabilidad. El mantenimiento incide directamente en:

- Costos de producción.
- Calidad del producto o servicio.
- Capacidad operacional.
- Capacidad de respuesta de la empresa como un ente organizado.
- Seguridad e Higiene industrial.
- Calidad de vida del personal.
- Imagen y seguridad ambiental de la empresa.

El mantenimiento juega un papel clave en la economía de la organización. Por un lado están los costos directos, como son la mano de obra, los subcontratos, los repuestos, los materiales, la capacitación y los gastos de administración. Todos estos son los que figuran en el presupuesto de mantenimiento, sin embargo no son los únicos costos del mantenimiento, también están los indirectos asociados a las actividades de mantenimiento en general en actividades de apoyo y los ocultos que se generan por mala calidad de mantenimiento, entre ellos se encuentran los derivados de pérdidas de producción, de mala calidad de productos o servicios, de demoras en entregas, de costos de capital por tener stocks en exceso, tanto de repuestos como de productos en proceso, de pérdidas de energía, de problemas de seguridad y con respecto al cuidado del medio ambiente y por la necesidad de mayor inversión debido a menor vida útil de los equipos e instalaciones.

Al igual que en un el Iceberg los costos indirectos u ocultos son de cinco a diez veces más grandes que los costos directos o visibles, de allí la importancia que se deriva del mantenimiento como eslabón clave de la cadena de valor y los esfuerzos dirigidos a reducir al mínimo los costos indirectos, para lo cual se han venido implementando herramientas y técnicas para hacer mas eficiente el proceso mejorando la efectividad en las cuatro fases: instrumental, operativa, táctica y la estratégica

En la actualidad se entiende que el mantenimiento no es solo efectuar una serie de actividades rutinarias para reparar o mantener los equipos operando, sino aplicar técnicas y herramientas que permitan maximizar la utilización de los activos físicos tomando en cuenta la relación costo/beneficio, la calidad y el riesgo como elementos determinantes, para prolongar el tiempo de operación confiable sin falla y minimizar el tiempo de parada para ejecución de las acciones.

En la medida que los requerimientos de confiabilidad, disponibilidad, bajos costos y alta calidad de productos se hizo imperante para asegurar la supervivencia de la

empresa surgieron las técnicas, como: el preventivo, predictivo, detectivo, así como el mejorativo. Para muchos autores estas técnicas son consideradas como tipos de mantenimiento.

Las técnicas de mantenimiento que se aplican como acciones sobre activos son las siguientes:

Mantenimiento correctivo También denominado reactivo, fue la primera acción de mantenimiento aplicada producto de la necesidad de reparar las fallas y es aquel trabajo que involucra una cantidad determinada de tareas de reparación no programadas con antelación con el objetivo de restaurar la función de un activo una vez producido un paro imprevisto.

Las causas que pueden originar un paro imprevisto se deben a desperfectos no detectados durante las inspecciones predictivas, a errores operacionales (recurso humano), a la ausencia de aplicación de técnicas de prevención, o detección, a requerimientos de producción que generan políticas como la de "repara cuando falle", pero también pueden ser causadas por modos de falla asociadas al equipo que puede ser debido a la calidad en el diseño interno, o por factores asociados a los procesos, entre otros

Dentro de las acciones correctivas de mantenimiento se pueden contemplar en general dos tipos de enfoque:

Acción paliativa o de campo Es la acción que se efectúa de manera rápida para restablecer la operatividad, es decir; se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provoco la falla.

Acción curativa (de reparación) Este se encarga de la reparación propiamente, para reestablecer el funcionamiento y eliminando las causas que han producido la falla.

La aplicación de acciones correctivas como políticas de mantenimiento acarrea una serie de consecuencias:

- Mientras se prioriza la reparación sobre la gestión, no se puede prever, analizar, planificar, controlar, rebajar costos.
- Suelen tener stocks de repuestos sin control, de algunas cosas hay demasiado y de otras quizás de más influencia no hay piezas, por lo tanto es caro y con un alto riesgo de falla.
- Aunque el Mantenimiento correctivo en general no debe ser la línea a seguir en una gestión de mantenimiento, es importante tener en cuenta en el análisis de la política de mantenimiento a implementar, que en algunas máquinas o instalaciones el correctivo será el sistema más rentable.

Mantenimiento preventivo Surgió en segunda instancia con la finalidad de evitar que los activos productivos fallaran produciendo consecuencias graves a las operaciones, su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno o el establecimiento de secuencias de acuerdo con análisis de frecuencias de fallas según enfoques estadísticos, probabilísticos de riesgos o en función de costos

El Mantenimiento Preventivo o basado en el tiempo, consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento y se sustenta en:

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.

- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas y produce las siguientes ventajas

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

El Mantenimiento Predictivo o basado en la condición, consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto. Esta basado fundamentalmente en detectar las fallas antes que sucedan, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo o sistema productivo.

Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, electrónicos que son en la práctica los medios que permiten el éxito de la acción.

La aplicación de esta técnica trae consigo una serie de ventajas producto del procedimiento de diagnóstico que se realiza.

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

Mantenimiento Detectivo También llamado “búsqueda de fallas”, consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla, por ejemplo prueba del sistema contra incendio (arranca o no arranca)

Mantenimiento Mejorativo o Rediseños, consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación, con la finalidad de incrementar su capacidad, su rendimiento, disminución del consumo energético e incluso su integridad

Mantenimiento Proactivo Es aquél que engloba un conjunto de tareas de mantenimiento preventivo, predictivo, detectivo y mejorativo que tienen por objeto lograr que los activos cumplan con las funciones requeridas dentro del contexto operacional donde se ubican, disminuir las acciones de mantenimiento correctivo, alargar sus ciclos de funcionamiento, obtener mejoras operacionales y aumentar la eficiencia de los procesos (la confiabilidad operacional, la disponibilidad y la eficacia)

Para que las acciones de mantenimiento se ejecuten de manera efectiva en cuanto a sus objetivos esenciales, haciendo uso eficiente de los recursos la gerencia se apoya, en herramientas básicas de gestión que facilitan la organización, planificación, ejecución y control de los esfuerzos como son el cronograma, el presupuesto y las especificaciones

- Cronograma. Como toda gerencia en la cual se planifica y ejecuta esfuerzos donde el tiempo juega un papel determinante para el éxito, el cronograma es la herramienta que permite establecer el patrón de asociación de las actividades con respecto a la variable de control haciendo posible su seguimiento en función de lo planificado
- Presupuesto Una de las características en el mundo económico es la escasez o limitación de recursos para llevar a cabo las actividades de transformación o cambio de estado que se requieren por lo que es necesario el control estricto del recurso financiero para asegurar que los esfuerzos se ejecuten al costo mínimo indispensable.
- Especificaciones. Son el conjunto de características que se debe alcanzar durante la realización de un esfuerzo, Todo trabajo a ser realizado debe tener las especificaciones de lo que se va a realizar para asegurar así la calidad de lo requerido.

La gestión de mantenimiento hace uso de otras herramientas técnicas modernas para estudios que permitan caracterizar y predecir los modos de falla y por ende disminuir su impacto mediante la aplicación de métodos eficaces que aumentan la

disponibilidad y la eficacia, la razón por la cual existe el mantenimiento, entre esas herramientas se tienen:

- Diagrama de Ishikawa (espina de pescado, Causa Efecto) Es la técnica de análisis de causa y efectos para la solución de problemas, relaciona un efecto con las posibles causas que lo provocan. Se utiliza para cuando se necesite encontrar las causas raíces de un problema. Simplifica enormemente el análisis y mejora la solución de cada problema, ayuda a visualizarlos mejor y a hacerlos más entendibles, toda vez que agrupa el problema, o situación a analizar y las causas y subcausas que contribuyen a este problema o situación.
- Análisis de Modos y Efectos de Falla (A.M.E.F) Es un método que permite determinar los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan. De esta forma se pueden clasificar las fallas por orden de importancia, permite direccionar las acciones de mantenimiento en aquellas áreas que están generando un mayor impacto en la productividad. Su procedimiento como tal implica las siguientes actividades:
  1. Definir claramente el sistema a ser evaluado, las relaciones funcionales entre los componentes del sistema y el nivel de análisis que debe ser realizado.
  2. El análisis de los modos de fracaso: Consiste en definir todos los modos de falla potenciales a ser evaluados en el nivel más bajo. Por ejemplo, la pérdida del rendimiento, funcionamiento intermitente, entre otros
  3. Análisis de los efectos de fallas: Define el efecto de cada modo de falla en la función inmediata, los niveles más altos de riesgos en el sistema, y la función misión a ser realizada.
  4. La rectificación (Opcional aplicación en MPT)): Determina la acción inmediata que debe ejecutar el operador para limitar los efectos de las fallas o para restaurar la capacidad operacional inmediatamente, además de las acciones de mantenimiento requeridas para rectificar la falla.
  5. Cuantificación de la Rata de Fallas (Opcional): Si existe suficiente información, la rata de falla, la proporción de la rata, o la probabilidad de falla de cada modo de

- fallo deberían ser definidas. De esta forma puede cuantificarse la proporción de fracaso total o la probabilidad de falla asociada con un efecto de un modo de fallo.
6. Análisis crítico (Opcional de gran aplicación en MCC): Nos permite determinar una medida que combina la severidad o impacto de la falla con la probabilidad de que ocurra. Este análisis puede ser cuantitativo o cualitativo.
  7. Acción correctiva (Opcional aplicación en mantenimiento enfocado al negocio): Define cambios en el diseño operando procedimientos o planes de prueba que mitigan o reducen las probabilidades críticas de falla.

- Diagrama de Pareto Gráfico de barras verticales ordenadas de mayor a menor importancia, estas barras representan datos específicos correspondientes a un problema determinado, la barra más alta está del lado izquierdo y la más pequeña, según va disminuyendo de tamaño, se encuentra hacia la derecha. Ayuda a dirigir mayor atención y esfuerzo a problemas realmente importantes, o bien determina las principales causas que contribuyen a un problema determinado y así convertir las cosas difíciles en sencillas. Este principio es aplicable en cualquier campo, en la investigación y eliminación de causas de un problema.
- El diagrama de afinidad es un método de categorización en el que los usuarios clasifican varios conceptos en diversas categorías. Este método suele ser utilizado por un equipo para organizar una gran cantidad de datos de acuerdo con las relaciones naturales entre los mismos.
- Diagrama de relaciones (DR) Esta herramienta se emplea, al igual que el diagrama de afinidad, en la fase de planificación. Se utiliza para la exploración e identificación de las relaciones causales existentes entre distintos factores. Está especialmente indicada para aquellos casos en que se pretendan identificar relaciones complejas de causa-efecto o medios-objetivos.
- Diagrama de árbol (DA) Herramienta cuya forma recuerda a la del organigrama funcional de una empresa, empleada para ordenar de forma gráfica las distintas actuaciones que se deben llevar a cabo para solucionar el problema o situación de análisis.

- Matrices de priorización (MP) Gráfico de filas y columnas que permite priorizar alternativas de solución, en función de la ponderación de criterios que afectan a dichas alternativas. Se utiliza cuando se requiere tomar decisiones más objetivas y cuando se requiere tomar decisiones con base a criterios múltiples.
- Diagrama matricial (DM) Se usa para aclarar las relaciones entre dos factores distintos. Sirve para clasificar situaciones problemáticas utilizando el pensamiento multidimensional. Representa la relación que existe entre los resultados y las causas, o entre los objetivos y los métodos para lograrlo. Entre sus ventajas se tiene que permiten representar en forma simultánea todas las relaciones posibles entre los distintos factores, así como determinar las áreas de problemas y el lugar y donde se concentran, se pueden realizar análisis de intersección de los puntos para descubrir detalles más específicos y permiten percibir combinaciones específicas.
- Diagrama de proceso de decisión Es una Herramienta cuyo objetivo es identificar, representar y eliminar todos los obstáculos posibles que pueden surgir en el proceso de implantación de soluciones a un problema
- Diagrama de flechas (DF) El Diagrama de Flechas esta basado en la utilización de la metodología del Camino Crítico, es una simplificación de la herramienta de planificación PERT. (Técnica de Evaluación y Revisión de Programas). Esta simplificación permite, de acuerdo con la filosofía común a las herramientas de trabajo en equipo, la utilización y por lo tanto el aprovechamiento de su potencia por una gran cantidad de personas en todos los niveles. El criterio más importante de utilización de un DF. Es que las actividades o tareas correspondientes a un proyecto o programa determinado, su secuencia y su duración sean perfectamente conocidas lo cual es aplicable a las actividades de mantenimiento en su totalidad
- Inspección Basada en Riesgos (I.B.R.) Tiene como fundamento lo establecido en el documento del Instituto Americano del Petróleo API RP-580 “La metodología de Inspección Basada en Riesgo (IBR) se define como un proceso de evaluación y administración del riesgo enfocado en los modos de falla o mecanismos de daño específico aplicable a los equipos de una planta que permite determinar la probabilidad de falla y las consecuencias que esta pudiera

generar y tiene como objetivo establecer el plan de inspecciones que permitan controlar los riesgos presentes.

El riesgo se modela mediante una matriz donde se exponen en el eje de las ordenadas las probabilidades de falla de cada uno de los equipos, mientras que en el eje de las abscisas se encuentra la severidad de las consecuencias. El objetivo final es determinar niveles de riesgo. Para determinar la matriz modeladora del riesgo se establecen rangos de escalas de frecuencia y una clasificación de la severidad de las consecuencias.

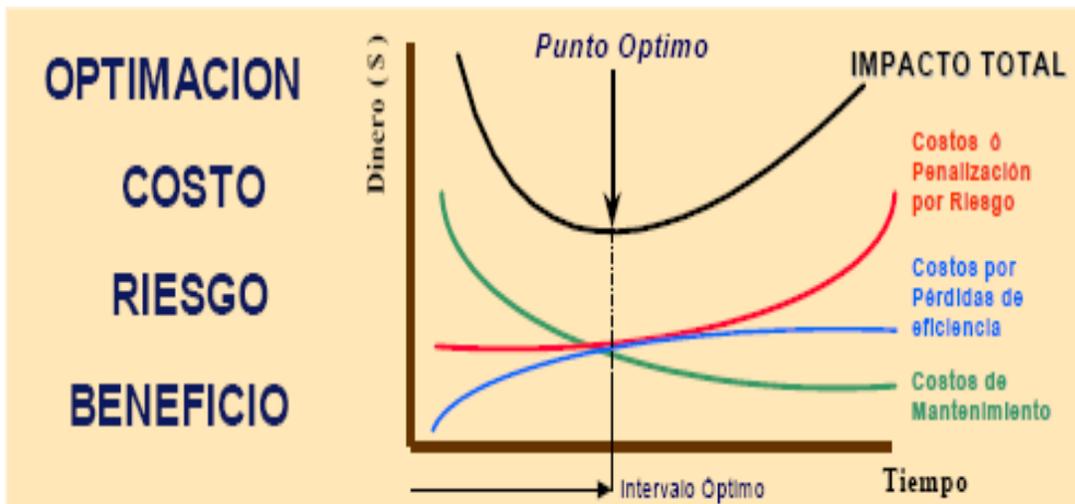
- .Análisis de criticidad (AC) Es una herramienta que permite determinar el nivel de criticidad de los equipos y procesos en función de la probabilidad o frecuencia de fallas, y la consecuencia que esta tiene en el ámbito operacional, ambiental, de costos, y de tiempo de restauración de la misma.
- Metodología de Optimización Costo Riesgo (OCR) Es una metodología que permite alcanzar una combinación óptima entre los costos asociados al realizar una actividad, tomar decisiones y los logros (beneficios) esperados que dichos aspectos generan, considerando el riesgo que involucra la realización o no de tal actividad o inversión, incluyendo en la misma el hecho de disponer o no de los recursos para esta. En la figura N° 4 se muestra la grafica de optimación costo riesgo beneficio

Ésta es una técnica o metodología de que permite la toma de decisiones sustentada en el concepto de “Mínimo impacto total en el negocio”. Dentro de las características generales para este tipo de estudio, se encuentran:

1. Permitir evaluaciones en un corto plazo con resultados certeros.
2. Adecuar frecuencias y costos de actividades.
3. Permitir evaluar posible extensión de vida útil
4. Determinar tiempo óptimo para reemplazo de activos físicos no por obsolescencia ni fallas sino en función de los costos de sustentación

5. Esta metodología con las herramientas de criticidad permite direccionar los actividades en función obtener la máxima relación esfuerzo, costo, disponibilidad de los activos claves de los procesos

Figura N° 4  
**Optimación costo riesgo beneficio**



Fuente: [www.confiableidad.net/art\\_05/RCM/rcm\\_17.pdf](http://www.confiableidad.net/art_05/RCM/rcm_17.pdf)

- Teoría de las Restricciones (TR) es una técnica de uso general aplicable a mantenimiento que consiste en determinar los puntos mas débiles donde se forman cuellos de botella de la organización, es decir; ubicar las restricciones de la capacidad, solventarla, mejorar la productividad y por ende la ganancia de la empresa que, de acuerdo con el autor Eli Goldratt, al principio de los 80 es la meta principal del negocio. Cuando las restricciones son internas afectan la capacidad de producir como es el caso del mantenimiento y cuando son externas afectan la capacidad de vender.

El mantenimiento como actividad primaria y de mejora de la competitividad es la minimización de las fallas y las acciones correctivas mediante la aplicación en mayor proporción de acciones de tipo preventivas y basadas en la condición de acuerdo con

análisis de riesgo y visión integrada de negocio sobre los elementos y procesos que de acuerdo al impacto que se produce como consecuencia de las fallas, se consideran altamente críticos, por afectar aspectos como: la seguridad, las operaciones el medio ambiente, el costo y el tiempo de restauración, disminuyendo así la eficiencia operativa y por ende la productividad

Los objetivos estratégicos son los que afectan a nivel corporativo que involucra las inversiones trascendentes, cambios de tecnología y los mantenimientos mayores de las plantas, es decir la gerenciación de los activos con la finalidad de maximizar la productividad y mejorar la competitividad con enfoque hacia la excelencia

- Minimizar los costos de adquisición de activos físicos.
- Minimizar los costos de mantenimiento (sustentación) de los activos físicos.
- Asegurar que los activos físicos continúen rindiendo satisfactoriamente.
- Minimizar el consumo energético mediante el mejoramiento de la eficiencia.
- Maximizar la calidad de los productos.
- Mantenimiento de la integridad del ambiente.
- Maximizar la seguridad e higiene.

Objetivos operativos. El mantenimiento tiene como objetivo elemental mantener la funcionalidad de los activos físicos, es decir maximizar la disponibilidad y la eficacia, lo cual se resume en los siguientes aspectos:

- Evitar, reducir y, llegado el caso, reparar las fallas sobre los bienes de la organización.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Mejorar las funciones y la vida útil de los bienes.

Existe actualmente la necesidad optimizar la gestión de los activos de Mantenimiento para asegurar la rentabilidad del negocio y proporcionar dividendos a los accionistas.

La capacidad para producir y vender sus productos, está cada vez más ligada a la productividad, la calidad del producto, la fiabilidad de los equipos y procesos, la seguridad, la preservación de activos y a la protección al medio ambiente y para ello se precisa, sin duda alguna, actuar en la línea de mejora del Mantenimiento.

Con el avance tecnológico han surgido innumerables modelos de gestión del mantenimiento todos orientados a eliminar o por lo menos minimizar las consecuencias de las fallas y por ende mejorar la productividad y la competitividad. Consisten por lo general en aplicar en el área de mantenimiento la Excelencia Gerencial y Empresarial como práctica gerencial sistemática e integral que busque el mejoramiento constante de los resultados, utilizando todos los recursos disponibles al menor costo. Dentro de las tecnologías o filosofías de gestión de mantenimiento se pueden citar:

- Mantenimiento centrado en confiabilidad
- Mantenimiento centrado en confiabilidad en reverso
- Mantenimiento productivo total
- Mantenimiento basado en los costos
- Mantenimiento basado en el riesgo
- Mantenimiento clase mundial
- Mantenimiento enfocado en el negocio
- Gerencia de activos

Una vez analizado el mantenimiento como elemento estratégico de la competitividad se puede dar respuesta al objetivo específico número uno que es **analizar los diversos modelos de gestión de mantenimiento usados en la actualidad** de acuerdo como sigue

## **Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC)**

Es una metodología que procura determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuales son sus posibles fallas, y detectar los modos o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

Para Huggett, J (2000); es el proceso de gestión que centra sus esfuerzos en la confiabilidad operacional, que integra equipos, procesos y gente, dirigido a determinar los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo físico para asegurar que continúe desempeñando la función en su contexto operacional actual.

Fue desarrollado con finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Producto de la integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente Manteniendo mucha atención en las tareas del mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

### **Objetivos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)**

- El objetivo principal de MCC está reducir el costo de mantenimiento y mejorar la competitividad.
- Enfocar las acciones en las funciones más importantes de los sistemas.
- Evitar o quitar las acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias.

## **Ventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad**

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

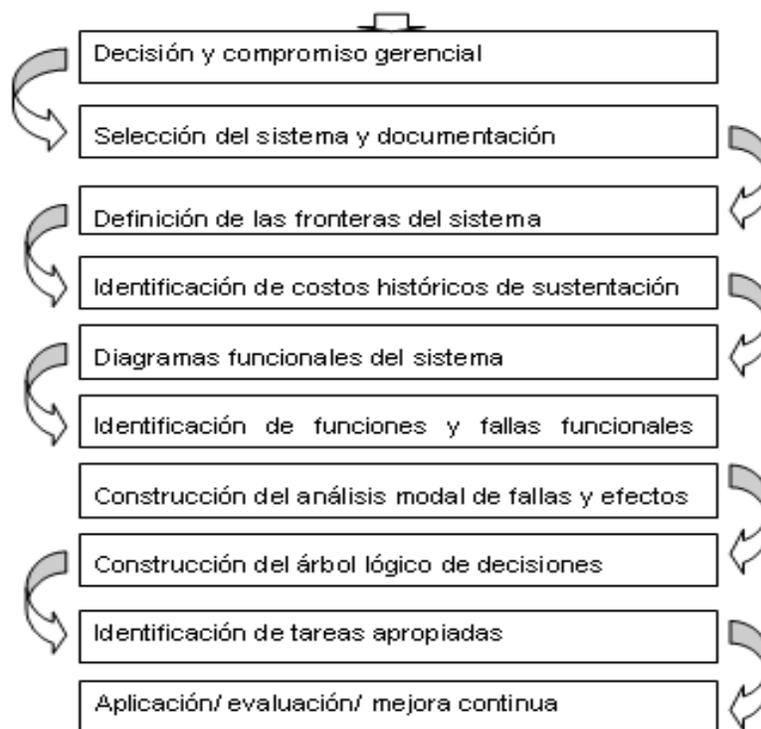
El Mantenimiento Bajo esta metodología se enfoca en tareas que son clave para asegurar la confiabilidad operacional considerando, proceso, equipo, diseño y recurso humano. Los principales elementos del análisis MCC se resumen en doce

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

La implantación de esta tecnología se logra siguiendo una secuencia que según los expertos ha sido exitosa partiendo de un plan piloto hasta su completa adaptación a la organización, tomando en cuenta que la organización haya transitado los pasos de maduración previo tanto en aspecto técnico como en la cultura organizacional, dentro de estos pasos están la aplicación de de las técnicas de mantenimiento proactivo, las herramientas de análisis de falla y por su puesto el enfoque de negocio que es un elemento clave. En la figura N° 5 a continuación se muestra la secuencia de pasos.

Figura N° 5

### Pasos para la implantación de un sistema MCC



Diseño: el investigador (2006)

### Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa (MCC-R).

Es la metodología de confiabilidad que parte de un plan de mantenimiento que ha sido aplicado, se aplica en un sistema (activo, equipo), a través de la documentación histórica de fallas del equipo y de la experiencia obtenida durante la ejecución del

plan de mantenimiento en el activo (u otro equipo que opere en una situación similar), establece un ciclo de mejoramiento continuo donde se optimizan las tareas y frecuencias de mantenimiento. Se caracteriza por los siguientes elementos

- Identifica las actividades o tareas de mantenimiento asignadas a un activo, su frecuencia de aplicación, modos de fallas y efectos.
- Jerarquiza las actividades de mantenimiento, basándose en el beneficio de aplicar o no las tareas de mantenimiento analizadas (críticos y no críticos)
- Establece un plan de mejoramiento continuo, que permite optimizar las actividades de mantenimiento diseñadas o también implementar nuevas.

El mantenimiento centrado en confiabilidad plus es una visión de mantenimiento que incluye la función impacto, beneficio, costo /riesgo como elemento de decisión para la ejecución de las acciones clasificando los activos en críticos y no críticos, a estos últimos se le aplica MCC en reversa

### **Mantenimiento Productividad Total (MPT)**

Marca registrada del Japan Institute of Plant Maintenance. Según Nakajima, S. (1991)

“Esta filosofía hace énfasis en las acciones para realizar el mantenimiento con participación del personal de producción, dentro de un proceso de mejora continua y una gestión de calidad total. Involucra a todos los sectores de la empresa y tiene como objetivo mejorar la disponibilidad real de los equipos, reduciendo las fuentes de pérdidas de productividad”.

El Mantenimiento Productivo Total es un programa de mantenimiento que implica un concepto nuevo definido en el mantener las plantas y el equipo. La meta del programa de aumentar la producción, y al mismo tiempo, la moral del empleado y satisfacción profesional. A diferencia del resto de las filosofías de mantenimiento el MPT considera al personal de producción como elemento clave del mantenimiento.

El mantenimiento productivo esta dirigido hacia la maximización de la producción mediante la eliminación de las fallas y la disminución del tiempo de respuesta para la toma de las acciones al contar con autonomía en aplicación de las técnicas por el

personal operador. Se basa en la proactividad y la mejora continua para lo que aplica técnicas de mantenimiento.

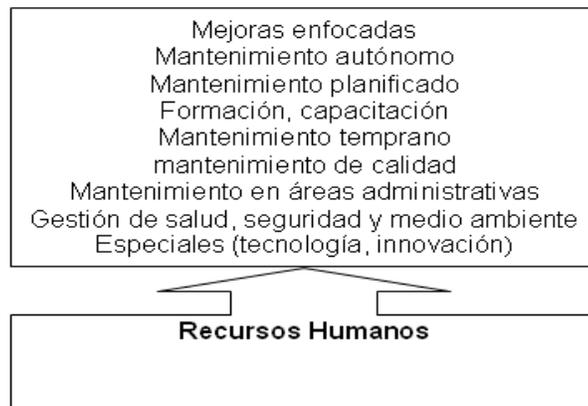
- Mantenimiento autónomo (involucra al operador )
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Ingeniería del mantenimiento.

Los pilares o procesos fundamentales del mantenimiento productivo total sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implanta siguiendo una metodología, disciplinada, y efectiva que involucra a todo el personal de la organización y hace énfasis en el operador de producción

Estos fundamentos van desde la focalización en función de dirigir las acciones de mejora hasta la implementación de tecnologías especiales orientadas en ese mismo sentido, pero todo de manera gradual con cambios progresivos con crecimiento conjunto de la organización y la tecnología.

Los pilares considerados como necesarios para el desarrollo de este modelo en una organización son los que se indican a continuación en la figura N° 6 teniendo como base el recurso humano ya que este es el elemento clave impulsor de los cambios pero además en esta metodología el trabajador específicamente el de producción debe que hacer nuevas actividades que no estaban incluidas en sus funciones tradicionales y que hacen la diferencia

Figura N° 6  
**Pilares estructurales del MPT**



Diseño: el investigador (2006)

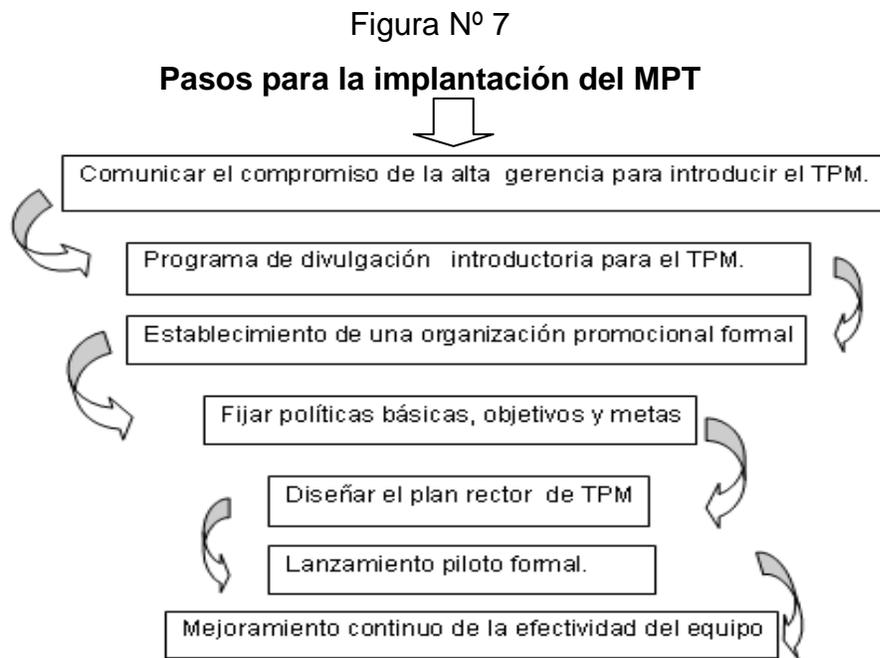
### **Objetivos del MPT**

- Mejorar la competitividad desde las operaciones de la empresa, mediante la contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad, capacidad de respuesta y reducción de costos operativos.
- Asegurar que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad instalada, aplicando acciones elementales de simple ejecución pero de gran impacto acumulativo
- Fortalecer el trabajo en equipo, incremento de la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro y productivo orientado al negocio y con enfoque de satisfacción al cliente.

### **Pasos para la implantación del MPT**

Esta tecnología hace uso de las técnicas y herramientas de mantenimiento proactivo y a diferencia de los demás modelos de gestión de mantenimiento tiene su filosofía propia que incluye al operador de producción como un mantenedor y es el factor

clave para su éxito, en a figura N° 7 a continuación se muestran los pasos recomendados para la implantación de del MPT



Diseño: el investigador (2006)

### **Mantenimiento basado en costos**

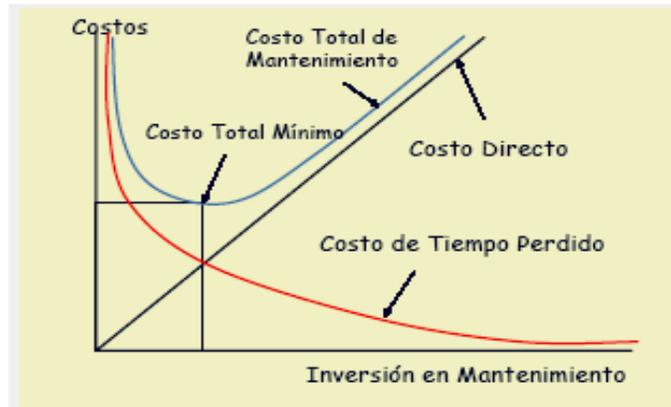
Consiste en la aplicación del mantenimiento orientado a incrementar el retorno sobre los activos fijos y por ende aumentar la rentabilidad del negocio. Se aplican todas las herramientas propias de la gestión de mantenimiento también se aplican sistemas como gestión de costos basado en actividad para identificar las actividades con sus costos asociados y sus impulsores de manera de administrarla según el valor agregado y el rendimiento del esfuerzo aplicado. Otra herramienta soporte es la teoría de restricciones que permite el mantenimiento como un negocio identificando los cuellos de botella mediante la sectorización de las ordenes de trabajo y el seguimiento de las mismas.

En resumen esta modalidad de gestión de mantenimiento además de aplicar las técnicas y herramientas que aseguren la disponibilidad y la eficacia como factores

clave del mantenimiento, hace un marcado énfasis en la inversión en los activos en los gastos directos, indirectos y los ocultos. En la Figura N° 8 se muestran las curvas de costos de mantenimiento en función de la inversión

Figura N° 8

### Costos óptimos de mantenimiento



Fuente: [www.noria.com.mx/cmcm/2k3/oliverio.pdf](http://www.noria.com.mx/cmcm/2k3/oliverio.pdf)

### Objetivos

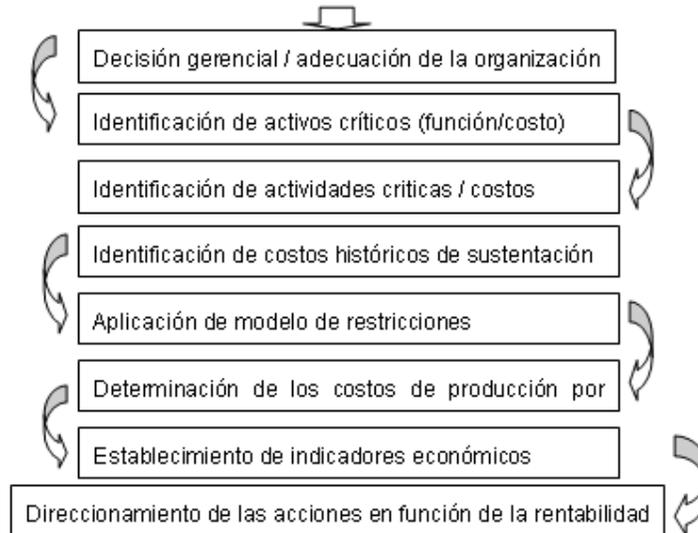
- Mejorar la competitividad del negocio
- Maximizar la eficacia y disponibilidad de maquinas con el mínimo costo
- Disminuir los costos de sustentación de los equipos
- Maximizar el rendimiento de la inversión de los activos

### Pasos para la implantación

El mantenimiento enfocado en los costos es una metodología que combina las mejores prácticas de mantenimiento con las metodologías de reducción de costos por lo que para su implantación es necesario que la organización tenga algún modelo de gestión de mantenimiento. En la figura N° 9 a continuación se muestran los pasos.

Figura N° 9

### Pasos para la implantación del mantenimiento enfocado a costos



Diseño: el investigador (2006)

### Mantenimiento basado en el riesgo

La aplicación de las acciones están dirigidas en función de los estudios de riesgo realizadas considerándolo como determinante en el funcionamiento apropiado de los activos. Utilizando este, como la combinación de probabilidad y consecuencia de fallo, para priorizar las actividades de mantenimiento e inspección. La evaluación de la probabilidad y las consecuencias del fallo se pueden combinar con el modelo “Bow tie” desarrollado por la compañía SHELL. Que identifica mediante un árbol de fallos los posibles accidentes, circunstancias y eventos que conducen a un riesgo y mediante un árbol de eventos se muestra las consecuencias y las áreas de daño a las que conducen los posibles eventos.

Se considera un escenario, a los mecanismos de daño que conducen a un evento potencial con unas consecuencias de seguridad, de salud, medio ambientales o económicas. Se debe estudiar la probabilidad de ocurrencia de todos los eventos

posibles. En la figura N° 10, a continuación, se muestra el diagrama de flujo del modelo de Bow Tie

Figura N° 10

### Diagrama Bow Tie Análisis de Falla y de Consecuencia



Diseño: El investigador (2006)

Hay varios métodos para calcular la probabilidad de falla pero los principales son los dos siguientes:

- Enfoque analítico: Consiste en estimar la probabilidad de falla utilizando modelos matemáticos y/o datos estadísticos para los procesos de degradación.
- Solicitación experta: Consiste en dejar al equipo de expertos en riesgo en plantas y procesos evaluar la probabilidad de falla

### Objetivos del modelo

- Mejorar la competitividad del negocio
- Identificar y establecer acciones de mantenimiento según estudios de riesgo para minimizar fallas y accidentes con impacto, en la salud, la seguridad, el ambiente y los costos.
- Maximizar la eficacia y disponibilidad en función de la criticidad y los riesgos
- Eliminar o al menos minimizar de las fallas de alto impacto

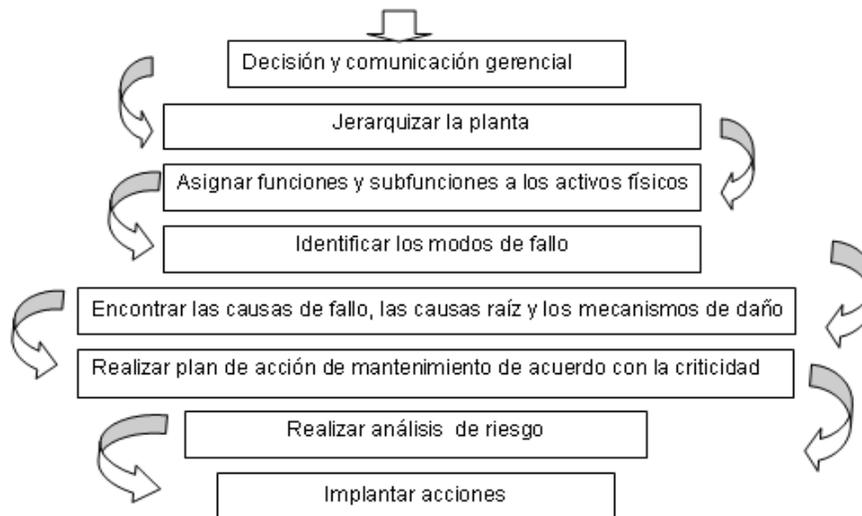
## Implantación de la metodología

Un prerequisite muy importante, es obtener una jerarquía de la planta bien adaptada que facilite la identificación de funciones, mecanismos de degradación y fallos. La jerarquización de la planta es necesaria para una valoración eficiente del riesgo y para la planificación del mantenimiento y la inspección, ya que la planta se encuentra dividida en secciones controlables.

La organización debe manejar las herramientas y técnicas de mantenimiento proactivo porque estas son las que aseguran la implantación de los planes de acción recomendados. Los pasos elementales de esta metodología se muestran en la figura N° 11 a continuación

Figura N° 11

### Pasos para la implantación del mantenimiento basado en riesgos



Diseño: el investigador (2006)

### Mantenimiento Clase Mundial (M.C.M.)

La clase mundial consiste en una serie de prácticas, criterios y resultados consistentes, inmersos en modelos bien dimensionados y desarrollados. De acuerdo con PDVSA-CIED (1998), esta filosofía no es más que el conjunto de las mejores

prácticas operacionales y de mantenimiento, que reúne elementos de distintos enfoques y metodologías organizacionales con visión de negocio, para crear un todo armónico de alto valor práctico, las cuales aplicadas en forma coherente generan ahorros sustanciales a las empresas y mejora de productividad.

Con el avance de las tecnologías de gestión y la variedad de modelos, surge éste para tomar en cuenta toda esa gama de conocimientos que a nivel mundial, buscan mejorar la aplicación del mantenimiento, se dice que el MCM es el conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento, que reúne elementos de distintos enfoques organizacionales con visión de negocio, para crear un todo armónico de alto valor práctico, las cuales aplicadas en forma coherente generan ahorros sustanciales a las empresas.

Las mejores prácticas de negocios son aquéllas que permiten generar ventaja competitiva probada y capacidad de absorber cambios de la mejor manera para incrementar las posibilidades de permanecer en los mercados. El MCM esta sustentado por diez de ellas que orientan la función hacia la excelencia

- Organización centrada en equipos de trabajo. Busca que el análisis de procesos y resolución de problemas se realice a través de equipos de trabajo multidisciplinarios y a organizaciones que evalúan y reconocen formalmente esta manera de trabajar.
- Contratistas orientados a la productividad. Considera al contratista como un socio estratégico, donde se establecen pagos vinculados con el aumento de los niveles de producción, con mejoras en la productividad y con la implantación de programas de optimización de costos. Todos los trabajos contratados deben ser formalmente planificados, con alcances bien definidos y presupuestados, que conlleven a no incentivar el incremento en las horas - hombres utilizadas.
- Integración con proveedores de materiales y servicios. Parte del principio que los inventarios de materiales sean gerenciados por los proveedores, asegurando las cantidades requeridas en el momento apropiado y a un costo total óptimo,

aplicando la metodología justo a tiempo como herramienta clave. Por otro lado, debe existir una base consolidada de proveedores confiables e integrados con los procesos para los cuales se requieren tales materiales de acuerdo con la cadena de valor.

- Apoyo y visión de la gerencia Involucramiento activo y visible de la alta Gerencia en equipos de trabajo para el mejoramiento continuo, adiestramiento, programa de incentivos y reconocimiento, evaluación del empleado, procesos definidos de selección y empleo y programas de desarrollo de carrera.
- Planificación y programación proactiva La planificación y programación son bases fundamentales en el proceso de gestión de mantenimiento orientada a la confiabilidad operacional, la minimización de riesgo al mínimo costo. El objetivo es maximizar la disponibilidad y efectividad de la capacidad instalada, incrementando el tiempo de permanencia en operación de los equipos e instalaciones, el ciclo de vida útil y los niveles de calidad que permitan operar al más bajo costo por unidad producida. El proceso de gestión de mantenimiento y confiabilidad debe ser metódico y sistemático, de ciclo cerrado con retroalimentación. Se deben planificar las actividades a corto, mediano y largo plazo tratando de maximizar la productividad y confiabilidad de las instalaciones con el involucramiento de todos los actores de las diferentes organizaciones bajo procesos y procedimientos de gerencia documentados.
- Procesos orientados al mejoramiento continuo. Consiste en buscar continuamente la manera de mejorar las actividades y procesos, mediante aplicaciones de metodologías como: Just in Time, seis sigma, kaizen, sistemas de la calidad, entre otros, siendo estas mejoras promovidas, seguidas y reconocidas públicamente por las gerencias.
- Gestión disciplinada de procura de materiales Procedimiento de procura de materiales homologado y unificado en toda la corporación, que garantice el servicio de los mejores proveedores, balanceando costos y calidad, en función de convenios y tiempos de entrega oportunos (justo a tiempo) y utilizando modernas tecnologías de suministro.

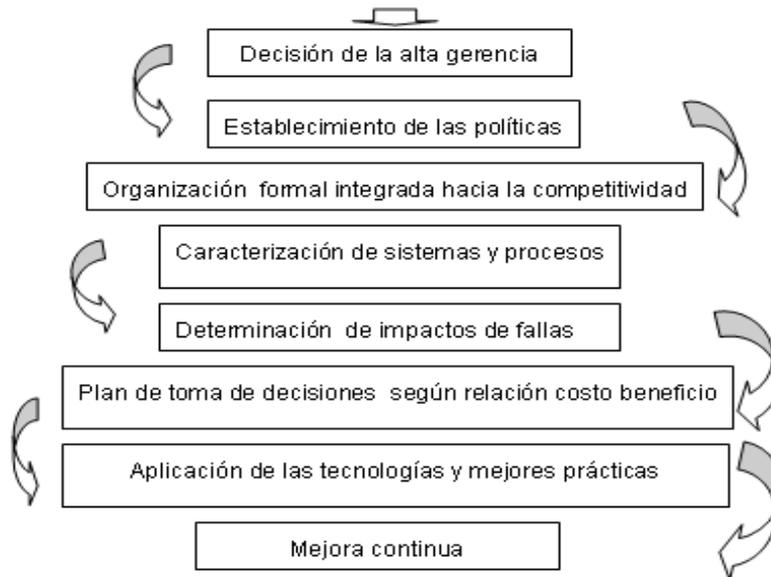
- Integración de sistemas Se refiere al uso de sistemas estándares en la organización, alineados con los procesos a los que apoyan y que faciliten la captura y el registro de datos para análisis.
- Gerencia disciplinada de paradas de plantas. Paradas de plantas con visión de Gerencia de Proyectos con una gestión rígida y disciplinada, liderizada por profesionales. Se debe realizar adiestramiento intensivo en paradas tanto a los custodios como a los contratistas y proveedores, y la planificación de las Paradas de Planta deben realizarse con 12 a 18 meses de anticipación al inicio de la ejecución física involucrando a todos los actores bajo procedimientos y practicas de trabajo documentadas y practicadas.
- Producción basada en confiabilidad. Grupos formales de mantenimiento predictivo / confiabilidad (ingeniería de mantenimiento) deben aplicar sistemáticamente las más avanzadas tecnologías /metodologías existentes del mantenimiento predictivo como: vibración, análisis de aceite, ultrasonido, alineación, balanceo y otras. Este grupo debe tener la habilidad de predecir el comportamiento de los equipos con 12 meses de anticipación y coordinar la realización de procesos formales de "análisis causa-raíz" y otras herramientas de confiabilidad (MCC, IBR, AC, MCC-R, O.C.R.).

## **Implantación del MCM**

La implantación de esta metodología de mantenimiento requiere de una organización completamente madura con visión de competitividad y enfocada a la excelencia, con altos estándares de aplicación de mejores practicas en todos los procesos administrativos y operativos del negocio. En la Figura N° 12 a continuación se muestra la secuencia de pasos para la adaptación

Figura N° 12

### Implantación de MCM



Diseño: el investigador (2006)

### Mantenimiento enfocado al negocio

Se considera no como una metodología en si, sino como un enfoque integrador de la gestión del mantenimiento con toda la estructura organizacional y estratégica de la empresa, La mayor parte de las estrategias empresariales tienen dos objetivos primordiales: disminuir los costos (de mano de obra, material y contratación) y mejorar la confiabilidad operacional de los equipos o de la gestión de los activos (tiempo operacional "up-time", régimen de funcionamiento "running speed" y desempeño de la calidad).

Casi todas las empresas tienen grandes oportunidades de actuar en ambas áreas. Es común un gasto elevado en mantenimiento y los resultados de estas actividades son, muchas veces ineficaces, por mayores inversiones que se realicen.

La economía de escala está dando lugar a la economía por objetivos. En este escenario, el mantenimiento surge como la única función operacional que influye y mejora los tres ejes determinantes de la performance industrial al mismo tiempo, es decir: costo, plazo y calidad de productos y servicios.

El éxito de una compañía es, en gran parte, debido a la buena cooperación entre clientes y proveedores, sean internos o externos. Los roces crean costos y consumen tiempo y energía. La gestión dinámica del mantenimiento implica administración de las interfaces con otras divisiones corporativas. La coordinación entre los subsistemas de planificación de la producción, de la estrategia del mantenimiento, de la adquisición de repuestos, de la programación de servicios y del flujo de informaciones, elimina el conflicto de metas.

Altas disponibilidades e índices de utilización, aumento de la confiabilidad, bajo costo de producción como resultado de mantenimiento optimizado, gestión de repuestos y alta calidad de productos, son metas que pueden ser alcanzadas solamente cuando operación y mantenimiento trabajan juntos.

La no modernización de las empresas genera costos indirectos relacionados con pérdida continua de la competitividad, ya que los parámetros de medición están cambiando (lamentablemente este hecho no es fácil de cuantificar). A medida que pasa el tiempo, se vuelve más difícil enfrentar los cambios tecnológicos exigidos por la modernización; Se pierde el sentido de urgencia que requiere la gestión en un ambiente mutante y ultra competitivo.

En la evaluación del punto óptimo de mantenimiento, se constata que el costo total del mantenimiento es influido por el costo de mantenimiento regular (costo de reparación), por el costo de la falla (pérdida de producción) y por el costo oculto o de mala calidad. De esta manera, la estrategia óptima de mantenimiento, es aquella que

minimiza el efecto conjunto de los componentes del costo, o sea, identifica el punto, donde el costo de reparación es aún menor que el costo de la pérdida de producción.

La previsibilidad y el impacto de las fallas sobre el negocio, apuntan hacia el tipo de estrategia a ser adoptada, según la importancia de las varias unidades de la planta. Son consideradas, en el árbol de decisiones para la selección del correcto "mezcla de los métodos", factores como: la utilización deseada, si el proceso de producción es continuo o intermitente, calidad del producto, requisitos de seguridad, proyecto / configuración de la unidad de la planta y efectividad de los costos, previsibilidad de falla, tiempos medios entre falla y tiempos medios para reparaciones

La planificación de mantenimiento es compuesta por una serie de actividades, siendo las principales etapas del proceso: enfocar el esfuerzo, desarrollar los planes e implantarlos. El resultado de esta planificación, deberá ser una serie coherente de estrategias de mantenimiento, continuamente monitoreadas y ajustadas, con el objetivo de minimizar los costos totales.

La evaluación de los criterios de mantenimiento a ser aplicados, depende normalmente del análisis de disponibilidad frente a la necesidad de utilización del equipo, no obstante se deben observar otros aspectos, como: su importancia en la actividad objeto de la empresa, el costo de mantenimiento con relación al inmovilizado (costo acumulado de mantenimiento con relación al costo de adquisición del equipo), el tiempo medio entre fallas, el tiempo medio para reparación, la obsolescencia del equipo, las condiciones de operación a que son sometidos, los aspectos de seguridad y los aspectos de medio ambiente.

En este enfoque juegan un papel determinante todas las herramientas y tecnologías de mantenimiento que deben aplicarse de manera integrada con la finalidad de balancear las perspectivas claves combinando impacto, riesgo y costo óptimo para

generar el máximo beneficio para el negocio, sin embargo es muy importante la aplicación de la metodología de optimización costo riesgo

## **Gerencia de Activos**

Este concepto está siendo usado para gerenciar la infraestructura física y otros aspectos relevantes de la organización. Cuando se refiere a los activos físicos que es lo que concierne a esta investigación una definición aceptada por el Institute of Asset Management (I.A.M) de esta filosofía la describe como la combinación de métodos, procedimientos y herramientas para mejorar el impacto total de costos, desempeño y exposición al riesgo en la vida del negocio asociados con la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, eficiencia, longevidad y cumplimiento de regulaciones en cuanto a seguridad, higiene y ambiente de los activos físicos de la compañía.

Esta filosofía, al igual que las precedentes en materia de productividad y competitividad (seis sigma, gestión de calidad, mantenimiento productivo total, mantenimiento centrado en la confiabilidad, mantenimiento clase mundial), buscan la manera adecuada de combinar correctamente desempeño costo y riesgo surgiendo de aquellos sectores industriales donde el impacto comercial o de seguridad por fallas es alto.

El objetivo fundamental es integrar o articular bajo una estructura las actividades de la cadena de valor: innovación y renovación, operación y mantenimiento, materiales y recursos soportados los habilitadores de gerencia de activos (gerencia del riesgo, registro de activos, sistemas de información, educación entre otros). Los principios de la gerencia de activos son los siguientes:

- Establecimiento de objetivos coordinados. Es fundamental que los objetivos sean claros, que estén todos los necesarios y que estos sean evaluados con indicadores que reflejen de forma integral el desempeño
- Enfoque hacia la excelencia. Considera que las disciplinas del negocio relevantes influyen en los costos, alineación de estrategias con objetivos,

optimación costo/riesgo/desempeño y empowerment del personal y contratistas. Lo que relaciona conciencia de negocio, temas técnicos y gerencia de personal

- Estrategia de trabajo que busca combinar decisiones direccionales y administración de la eficiencia, es decir, tomar la decisión correcta a tiempo y hacer el trabajo adecuado eficientemente.
- Integración de actividades, procesos y responsabilidades. Las actividades de por si tienden a realizarse de manera individual por lo que la gerencia de activos se apoya en habilitadores vitales a fin de direccional, balancear e integral el conjunto. Dentro de estas habilitadores tenemos: Alineación de la organización, datos integrados, gerencia de la información y el conocimientos, gestión del riesgo, visión alargo plazo, entre otros.

El éxito de esta metodología se sustenta en la versatilidad de sus principios los cuales son operacionalizados mediante acciones documentadas:

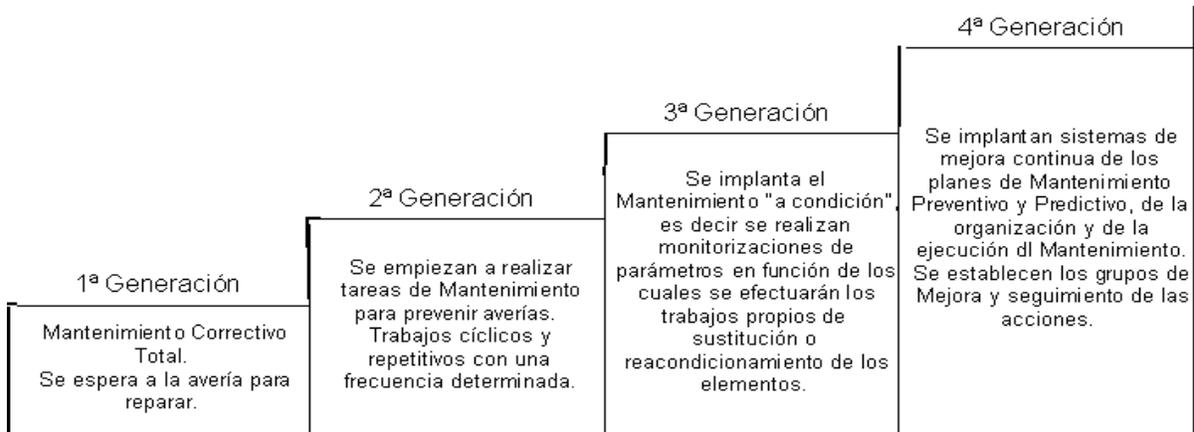
- Registro de activos, que va desde un simple listado hasta el detalle, de sus funciones y subfunciones.
- Ordenes de trabajo, (planificación y control), Es vital un sistema de programación consistente para asegurarse que el trabajo adecuado se ejecute en el activo adecuado, en el tiempo adecuado, con los recursos adecuados.
- Evaluación y monitoreo de la condición, busca que las actividades se hagan solo cuando se requieran, es decir; basadas en la condición
- Datos históricos de mantenimiento y desempeño. Busca soportar las decisiones en base a datos específicos
- La gerencia de activo se apoya en; gerencia de recursos, gerencia de ambiente, riesgo y seguridad, gerencia de proyectos y gerencia de finanzas.
- Soporte de decisiones y mejora continua. La toma de decisiones enfocada al negocio es clave en esta metodología.

Es evidente que la evolución tecnológica ha inducido cambios en el enfoque de gerenciar el mantenimiento y en los objetivos que se persiguen. Los cambios de una

visión se han clasificado como disrupciones que para los autores son llamadas generaciones de mantenimiento como se muestra en la Figura N° 13

Figura N° 13

**Disrupciones del mantenimiento**

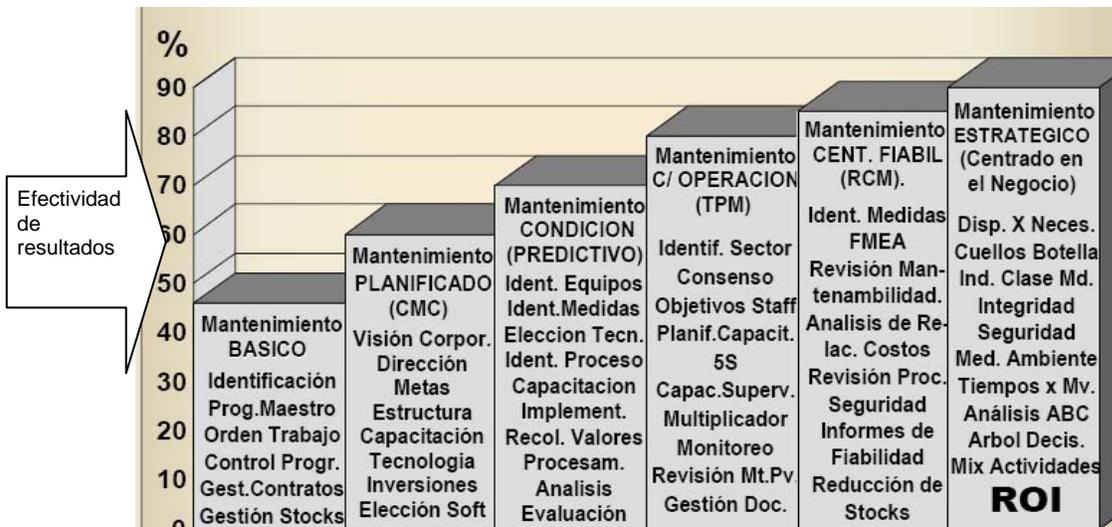


Fuente: [www.cea.es/tecnologia/innovación/4116tpm.aspx](http://www.cea.es/tecnologia/innovación/4116tpm.aspx) -consulta realizada el 17/11/05

En la Figura N° 14 se muestra como ha venido mejorando la efectividad operacional en función de la evolución progresiva de la gestión de mantenimiento y el enfoque estratégico del mismo, el cual pasó de reactivo a acciones proactivas alienadas con las perspectivas fundamentales de cada negocio

Figura N° 14

**Mejora de la efectividad operacional en función del proceso de Gestión**



### Tecnologías de mantenimiento

Fuente: HSB Reliability Technologies

Las metodologías, modelos o sistemas de mantenimiento clasificados como de cuarta generación son todos aquellos que se sustentan en la planificación y el uso de herramientas técnicas para prevenir, detectar, predecir y evitar o reducir eventos indeseados en los activos físicos que afecten la disponibilidad y la eficacia de los mismos

El avance en tecnologías está asociado a mejoras continuas en función de la necesidad competitiva particular de cada empresa o sector industrial, estos desarrollos han evolucionados por lo que tienen diferentes enfoques manteniendo el principio funcional del objetivo estratégico. Los aspectos comunes entre los diferentes enfoques de gestión son los siguientes:

- Mantienen los mismos objetivos: disponibilidad y eficacia como factores de éxito
- Hacen uso de las mismas herramientas y técnicas para analizar causas-efectos, gestión de riesgo, planificación, control entre otros
- El recurso humano es el factor mas influyente en el éxito de la gestión
- El activo físico es un elemento de productividad integrado al negocio

- La función mantenimiento es determinante en la competitividad de la empresa
- La planificación y ejecución de la actividades se enfocan según la condición el riesgo y la criticidad
- Existe alto nivel de flexibilidad de las políticas de mantenimiento de acuerdo con las estrategias del negocio
- Los esfuerzos se planifican y ejecutan considerando como parámetros clave, el costo el tiempo y la calidad
- La mejora continua forma parte de los principios de las metodologías
- Ingeniería de confiabilidad. Es el marco teórico-conceptual donde coexisten las metodologías y técnicas para diagnóstico proactivo e integrado de equipos, procesos y/o sistemas”, como la base fundamental del mantenimiento. El diagnóstico proactivo e integrado es el proceso que busca caracterizar el estado actual y predecir el comportamiento futuro de equipos, sistemas y/o procesos, mediante el análisis del historial de fallas, los datos de condición y datos técnicos.
- Ingeniería de mantenimiento. Marco de aplicación tecnológica que permite definir las propiedades mecánicas de los materiales para predecir el comportamiento de máquinas y sistemas en servicio con el objetivo de analizar y solucionar problemas relativos a su funcionamiento y diseñarlos procesos con alto nivel de mantenibilidad y confiabilidad inherente.

### **Elementos clave que inciden en el éxito de la gestión mantenimiento**

El segundo objetivo específico de este estudio consiste en **identificar los elementos clave que inciden en el éxito de la gestión de mantenimiento**. Para evaluar el desempeño de la gestión del mantenimiento, es necesario tener claramente definidos los objetivos. Estos objetivos se definen en función de la empresa, de manera que estén alineados con las estrategias del negocio de manera integral. La forma de determinar el grado en que se alcanzan los objetivos y cómo contribuyen a mejorar la competitividad de la empresa es mediante el establecimiento de indicadores, que midan en términos cuantitativos la efectividad de los esfuerzos

Actualmente, las estrategias del mantenimiento están encaminadas a garantizar la disponibilidad y eficacia requerida de los activos físicos, asegurando la maximización de su vida útil y minimizando los costos de sustentación, cumpliendo con las regulaciones y normativas en el marco de la seguridad, higiene y ambiente, según los requerimientos de producción

Bajo esta concepción de mantenimiento como actividad clave de la competitividad se consideran factores críticos de éxito de la gestión el desempeño la disponibilidad y la eficacia, que indican la fracción de tiempo en que los equipos están en condiciones de servicio (Disponibilidad), es decir, seguridad de funcionamiento y la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción (eficacia), es decir productivo

La disponibilidad se tiene sólo cuando se requiere, lo cual no quiere decir que sea igual en todos los activos, ya que depende de la criticidad de los mismos, y esta varia según los requerimientos de producción y de factores como la seguridad, el impacto en la restauración, entre otros. Una disponibilidad sobre lo requerido sólo ocasiona costos adicionales sin agregar el valor correspondiente. Para medir este desempeño es necesario definir algunos parámetros de tiempo relacionados con la producción.

- Tiempo de producción requerido. Es la diferencia entre el tiempo calendario y la fracción del tiempo que no se emplea para la producción por falta de demanda del mercado. Este último generalmente se emplea para realizar el mantenimiento planificado de las instalaciones.
- Tiempo programado de producción. Es el tiempo de operación suficiente para cubrir la demanda descontando la fracción de tiempo necesaria para realizar los mantenimientos planificados que no se logran hacer en los tiempos de parada por baja demanda.
- Tiempo disponible para la producción. Una parte del tiempo programado para producción se pierde por averías de las instalaciones. Por lo tanto, el tiempo que

le queda a producción para realizar su trabajo es menor y se denomina tiempo disponible para la producción.

- Tiempo real de producción. Es el tiempo que queda después de las paradas de producción por otros motivos: (paros directos e indirectos de las instalaciones).
- Tiempo de producción efectiva. Es el tiempo neto que agrega valor que toma en cuenta las ineficiencias propias durante el proceso productivo, es decir; resulta de comparar el tiempo en que se ha realizado la producción real, con el tiempo en que se podría haber hecho si todo hubiera ido perfectamente y las instalaciones hubiesen podido trabajar a su capacidad máxima. En la Figura N° 15 a continuación se muestra los diferentes tiempos relativos a los procesos de producción partiendo del tiempo calendario y finalizando con el tiempo efectivo

Figura N° 15

**Tiempos utilizados en la producción**

Tiempo calendario					
Tiempo de producción requerido			Mtto. Programado	Exceso de Capacidad	
Tiempo disponible de producción		Averías			
Tiempo real de producción		Paros de producción			
Tiempo de producción efectiva	Ineficiencias				

Fuente: [www.cea.es/tecnologia/innovacion/4116tpm.aspx](http://www.cea.es/tecnologia/innovacion/4116tpm.aspx) consulta realizada el 17/11/05

La disponibilidad y eficacia son función de los parámetros de tiempo antes descritos ya que son índices de eficiencia (indicadores de resultado) por lo que matemáticamente se pueden definir bajo la siguiente relación.

Disponibilidad =

$$\frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Tiempo de producción requerido}}$$

Eficacia =

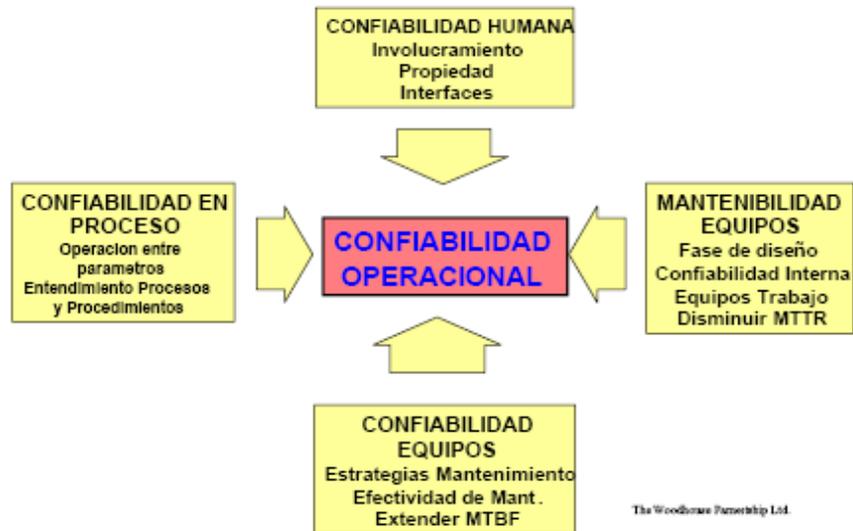
$$\frac{\text{Tiempo efectivo de producción}}{\text{Tiempo disponible para producción}}$$

Los elementos que inciden en el logro de los objetivos del mantenimiento, es decir elementos que inciden en el éxito de la gestión son la serie de factores que afectan positiva o negativamente el desempeño de la gestión, es decir impactan la disponibilidad y la eficacia. El principal y de más relevancia es la confiabilidad que es factor complejo y abarca todos los otros aspectos ya que su resultado depende de todas las variables de mantenimiento

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un sistema no falle, es decir cumpla con las funciones para la cual fue diseñado durante un tiempo determinado (también conocido como vida útil) y estando sometido a condiciones de entorno y parámetros de operación adecuadas.

La confiabilidad total de un sistema operativo (operacional) es una función de la confiabilidad de todos los elementos que intervienen en dicho sistema como se puede observar en la Figura N° 16 a continuación

Figura N° 16  
**Confiabilidad operacional**



Fuente: The Woodhouse Partnership Ltd, "Operational Reliability" (1996)

Como se observa este factor es incidido directamente por el recurso humano, por el proceso, por los equipos propiamente dicho.

Confiabilidad Humana. Este componente afecta en gran medida la confiabilidad total porque influye también de manera directa en los otros tres elementos, el recurso humano es el más importante por lo que se requiere que esté, identificado y comprometido con los objetivos, motivado, capacitado, orientado según la política de la organización.

Juega un papel determinante en este factor el manejo de las interfases entre clientes, proveedores y habilitadores y los sistemas de información. El contratista es parte inherente del equipo. El sentido de propiedad y la medidas relativas a la seguridad, higiene, ambiente y exposición al riesgo le proporcional a la organización un recurso humano de alto nivel de confiabilidad y capaz de influir positivamente, en los procesos, en la mantenibilidad y confiabilidad de los equipos.

Mantenibilidad de equipos. Es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas. Depende del diseño interno, de su confiabilidad inherente, del equipo de trabajo, entre otros aspectos. El objetivo es disminuir este tiempo al mínimo tomando en cuenta los recursos adecuados para que el costo sea el menos posible, formando e integrando el equipo, planificando, elaborando el mejor alcance del trabajo, adquiriendo los recursos justo a tiempo (personal, repuestos, materiales, equipos auxiliares,) gestionando la calidad y el riesgo, controlando la ejecución de trabajo e integrando los mismos.

El diseño y configuración del equipo es muy importante por lo que es necesario formar una cadena de valor en la que participe equipo de mantenimiento junto con el fabricante en la fase de diseño.

Confiabilidad de equipos. Se refiere a las estrategias de mantenimiento que garanticen a efectividad del mismo y la soportabilidad, es decir; la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas, llevándolo hasta el mínimo y por otro lado ejecutar las acciones con máxima calidad que maximicen la durabilidad del equipo y alargar el tiempo entre fallas

Confiabilidad del proceso. El proceso determina el nivel de criticidad bajo el cual operan los componentes y equipos productivos, es decir determinan el régimen operativo, por lo tanto, es importante que su operación se haga bajo los parámetros adecuados, que el personal operacional tenga la experiencia y la capacitación adecuada, y que se haga según procedimientos basados en las mejores prácticas

Al realizar un análisis causa efecto de los factores incidentes en el éxito del mantenimiento es fácilmente detectable que la raíz de los mismos subyace en la

gestión de los esfuerzos. El uso apropiado de las herramientas, áreas del conocimiento y metodologías de gerencia permitirán inexorablemente el logro de los objetivos que en su máxima expresión se debe hacer con eficiencia, efectividad y eficacia combinando el triángulo, costo, tiempo y calidad.

La integración de una estrategia que permita por un lado planificar, ejecutar y controlar la actividades y por el otro lado a lo largo de estas fases, manejar, el alcance, el costo, el tiempo, la calidad, el recurso humano, la procura, la comunicación interna y externa, el riesgo y el protocolo de entrega y recibimiento de los activos a intervenir será determinante para una gestión enfocada a la excelencia

El enfoque estratégico de la gestión de mantenimiento le da una connotación filosófica que persigue desarrollar una cultura organizacional de competitividad desde el ámbito operacional y de los procesos, por lo que desarrolla sus políticas, su visión, misión, enmarcados dentro del ámbito del negocio, con orientación al cliente, participación de todos los miembros de la organización, dando rol especial a alta gerencia, considerando el liderazgo como elemento clave de éxito. Estos principios que sirven de base, son compatibles en su totalidad con los principios básicos de los sistemas de gestión de calidad según la norma ISO 9000 que se describen a continuación

- Organización enfocada al cliente las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto comprender sus necesidades presentes y futuras, cumplir con sus requisitos y esforzarse en exceder sus expectativas.
- Liderazgo Los líderes establecen la unidad de propósito y dirección de la organización. Ellos deben crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente para lograr los objetivos de la organización
- Participación de todo el personal El personal, con independencia del nivel de la organización en el que se encuentre, es la esencia de la organización y su total

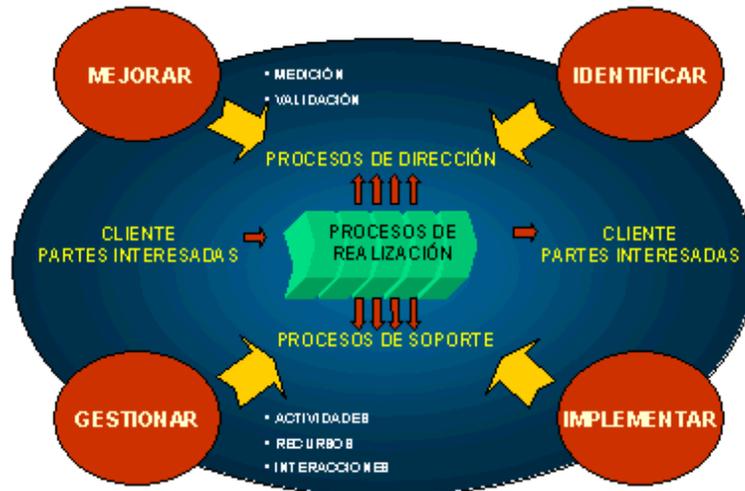
implicación posibilita que sus capacidades sean usadas para el beneficio de la organización.

- Enfoque a procesos Los resultados deseados se alcanzan más eficientemente cuando los recursos y las actividades relacionadas se gestionan como un proceso.
- Enfoque del sistema hacia la gestión. Identificar, entender y gestionar un sistema de procesos interrelacionados para un objeto dado, mejora la eficiencia y la eficiencia de una organización.
- La mejora continua la mejora continua debería ser el objetivo permanente de la organización.
- Enfoque objetivo hacia la toma de decisiones Las decisiones efectivas se basan en el análisis de datos y en la información.
- Relaciones mutuamente benéficas con el proveedor Una organización y sus proveedores son independientes y una relación mutuamente benéfica intensifica la capacidad de ambos para crear valor, esto se logra pasando de la independencia pura a la interdependencia.

Los principios universales de la gerencia estratégica clase mundial incluye como una de sus mejores prácticas la mejora continua. La visión actual del mantenimiento se enfoca al negocio subordinando todas sus acciones en función de los procesos, la competitividad y rentabilidad de este, por lo que busca hacer uso apropiado de los desarrollos tecnológicos, herramientas, conocimientos y metodologías que potencien la gestión en función de logro eficiente y eficaz de los objetivos. En la Figura N° 17 a continuación se muestra el ciclo de mejora con enfoque de procesos

Figura N° 17

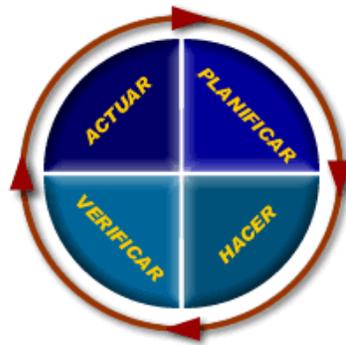
### Enfoque basado en procesos



Fuente: [www.itis.com.co/ Dcomp/SoportelSO.htm](http://www.itis.com.co/Dcomp/SoportelSO.htm)

En todas las actividades en las que se requiere planificación, ejecución y control la mejora continua es parte inminente de progreso y evita sucumbir la gestión ante la obsolescencia y la ineficiencia. En la Figura N° 18 a continuación se muestra el ciclo de la mejora continua aplicable a la gestión de mantenimiento

Figura N° 18  
**Ciclo de la mejora continua**



Fuente: [www.itis.com.co/ Dcomp/SoportelISO.htm](http://www.itis.com.co/Dcomp/SoportelISO.htm)

La mejora continua se ha convertido es una necesidad de las empresas y en particular del mantenimiento por su impacto en la competitividad, su gestión se enfoca al negocio y se apoya en metodologías o herramientas de mejoramiento de actuación, como, Just in Time, Kaizen, Cinco S, Seis Sigma, entre otros, a fin de mejorar la calidad, el máximo provecho de los recursos y agregar el máximo valor.

- El Just in Time es una filosofía empresarial que se concentra en eliminar el despilfarro en todas las actividades internas de la organización y en todas las actividades de intercambio externas. Esta definición establece la idea clave del just in time –eliminación del despilfarro-, lo cual exige eliminar todos los insumos de recursos que no añaden valor al producto o servicio.

El objetivo es proporcionar satisfacción al cliente al tiempo que se minimiza el costo total. Ésta es la esencia del proceso just in time, que integra el compromiso total de calidad.

En el caso de mantenimiento esto se logra reduciendo a su mínima expresión el nivel de inventario de repuestos, los tiempos de preparación y cambio de herramientas, los tiempos de reparación de fallas, mejorando la soportabilidad

para disminuir los tiempos de espera para reparación, aumentando la confiabilidad para alargar los tiempos entre fallas, eliminar las averías inactivos críticos

- Kaizen Metodología de mejora continua que abarca toda la organización orientado al proceso, ya que los procesos deben ser mejorados antes de que se obtengan resultados mejorados, aplicable a la gestión de mantenimiento en su totalidad. Es una filosofía completa pero que en resumen se fundamenta en diez principios llamados mandamientos Kaizen.

1. El desperdicio ('muda' en japonés) es el enemigo público número 1; para eliminarlo es preciso ensuciarse las manos.
2. Las mejoras graduales hechas continuamente no son una ruptura puntual.
3. Todo el mundo tiene que estar involucrado, sean parte de la alta gerencia o de los cuadros intermedios, sea personal de base, no es elitista.
4. Se apoya en una estrategia barata, cree en un aumento de productividad sin inversiones significativas; no destina sumas astronómicas en tecnología y consultores.
5. Se aplica en cualquier lado; no sirve sólo para los japoneses.
6. Se apoya en una gestión visual, en una total transparencia de los procedimientos, procesos, valores hace que los problemas y los desperdicios sean visibles a los ojos de todos.
7. Centra la atención en el lugar donde realmente se crea valor
8. Se orienta hacia los procesos.
9. Da prioridad a las personas; cree que el esfuerzo principal de mejorar debe venir de una nueva mentalidad y estilo de trabajo de las personas (orientación personal para la calidad, trabajo en equipo, cultivo de la sabiduría, elevación de lo moral auto- disciplina, círculos de calidad y práctica de sugerencias individuales o de grupo).
10. El lema esencial del aprendizaje organizacional es aprender haciendo.

- Las cinco “S” Es una herramienta clave para el mantenimiento y se basa el mejoramiento y fortalecimiento de la moral del equipo de trabajo por ser una metodología lógica- practica que permite el mantenimiento de los sitios de trabajo, materiales maquinas y herramientas, limpios en orden apropiados para el trabajo productivo
  
- 1. **Seiri** (sort - separar) separar todo lo innecesario y eliminarlo; Clear out (limpiar): determinar qué es necesario e innecesario y deshacerse de esto último.
- 2. **Seiton** (straighten - ordenar) poner en orden los elementos esenciales, de manera que se tenga fácil acceso a estos; Configure (configurar): suministrar un lugar conveniente, seguro y ordenado a cada cosa y mantener cada cosa allí.
- 3. **Seiso** (scrub - limpiar) mantener limpias las máquinas y los ambientes de trabajo; Clean and check (limpiar y verificar): monitorear y restaurar la condición de las áreas de trabajo durante la limpieza.
- 4. **Selketsu** (systematize - sistematizar) extender hacia uno mismo el concepto de limpieza y practicar continuamente los tres pasos anteriores; Conform (ajustar): fijar el estándar, entrenar y mantener.
- 5. **Shitsuke** (standardize - estandarizar): construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5 S mediante el establecimiento de estándares; Custom and practice (costumbre y práctica): desarrollar el habito de mantenimiento de rutinas y esforzarse por un nuevo mejoramiento.
  
- Seis sigma: Es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón, Adicionalmente, otros efectos obtenidos son: reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes y efectos positivos en el desempeño financiero de la organización. Se fundamenta en los seis principios

1. Enfoque genuino en el cliente El enfoque principal es dar prioridad al cliente. Las mejoras Seis Sigma se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente.
2. Dirección basada en datos y hechos El proceso Seis Sigma se inicia estableciendo cuales son las medidas claves a medir, pasando luego a la recolección de los datos para su posterior análisis. De tal forma los problemas pueden ser definidos, analizados y resueltos de una forma más efectiva y permanente, atacando las causas raíces o fundamentales que los originan, y no sus síntomas.
3. Los procesos están donde está la acción. Seis Sigma se concentra en el procesos, así pues dominando éstos se lograrán importantes ventajas competitivas para la empresa.
4. Dirección proactiva Ello significa adoptar hábitos como definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, enfocarse en la prevención de problemas y cuestionarse por qué se hacen las cosas de la manera en que se hacen.
5. Colaboración sin barreras Debe ponerse especial atención en derribar las barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización para la comunicación y un mejor flujo en las labores.
6. Busque la perfección Las compañías que aplican Seis Sigma tienen como meta lograr una calidad cada día más perfecta, estando dispuestas a aceptar y manejar reveses ocasionales.

Existen varias barreras que se interponen en el desarrollo del proceso de mejoramiento continuo, generados en el interior tanto en los individuos como en las organizaciones.

- La propia educación que les ha impuesto a los individuos la cultura de no cuestionar paradigma alguno y detenernos en la búsqueda de una mejora solución al encontrar la primer respuesta correcta;

- La falta de exigencia de un aprendizaje continuo y permanente. La mayoría de los individuos huye a todo lo que tenga que ver con libros, capacitación, evaluaciones.
- La necesidad de compromiso, persistencia y disciplina que la mejora continua requiere, conceptos que no se encuentran muy arraigados. en muchos individuos
- El miedo al cambio, el cual ciega a individuos y organizaciones impidiéndoles darse cuenta que lo que ayer les funciono hoy les impide el desarrollo y la competitividad en este mundo que avanza más rápido cada día.

### **Establecimiento de los componentes de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la gerencia de proyectos**

El tercer objetivo específico del estudio es **establecer los componentes de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la gerencia de proyectos** Una de las características más resaltantes de las actividades industriales de hoy día es el grado de dependencia que los negocios tienen de los activos físicos y los sistemas automatizados. Este fenómeno aplica a todo el sector industrial, como manufactura, telecomunicaciones, almacenamiento, servicios públicos y transporte masivo, entre otros. Aparte de conllevar a mejoras masivas en productividad y continuidad de producción, el crecimiento de la mecanización y automatización tiene tres grandes implicaciones

- La inversión de capital de una empresa en la adquisición de activos es por lo general la mas alta del periodo, por otro lado la manera de medir desempeño o retorno sobre la inversión, es midiendo como se recuperan las inversiones en los activos físicos. En organizaciones que operan bajo modalidades de outsourcing o leasing de activos, los costos de servicio representan una parte importante de los gastos totales del negocio y en las que suministran equipos bajo esta modalidad, gran parte de sus ganancias provienen de este servicio
- El mantenimiento de los activos es extremadamente costoso, al extremo que en algunas industrias, representa la segunda o tercera categoría de los costos de operación. Como resultado, el mantenimiento ha subido de categoría desde ser

considerado como un misceláneo hasta el tope de las prioridades de control de costos.

- La capacidad que deben tener los negocios altamente automatizados para satisfacer las necesidades de los clientes, depende en gran medida de que los activos físicos hagan lo que sus usuarios quieren, desde el momento que son puestos en servicio hasta que dure su vida tecnológica útil

Si las organizaciones desean sobrevivir y prosperar, necesitan asirse de las herramientas requeridas para intervenir en la gestión de manera continua, proactiva y directa, aplicando la ontología a la función para manejarla en su esencia y en todos sus aspectos tanto en la practica como en su filosofía para lograr objetivos trascendentes

Cuando se habla de la definición de mantenimiento es necesario tomar en cuenta que bajo esta perspectiva se incluyen los siguientes marcos referenciales como fronteras de responsabilidades de la función

- Preservar las funciones de los activos físicos y las expectativas de rendimiento no es solamente para cubrir la definición de salida de producto (output). sino también calidad del producto, satisfacción del cliente, economía, eficiencia de operación, control, confort o comodidad, protección, hermeticidad, integridad estructural, cumplimiento de las normas de seguridad y el medio ambiente y hasta la apariencia del activo.
- Esta visión considera que la mayoría de las fallas no ocurren en la medida que el equipo envejece sino que estas obedecen a las probabilidades condicionales de falla opuestas a la edad de operación para una variedad de modos de falla las cuales afectan elementos eléctricos, mecánicos y estructurales.
- Dentro de este concepto la proactividad se refiere a evitar, eliminar o minimizar las consecuencias de las fallas enfocando la atención a tareas de mantenimiento que producen el mayor efecto en el desempeño de la organización, y reduce la

energía y el esfuerzo de aquellas que tienen poco o ningún efecto. Esto ayuda a asegurar que el gasto en mantenimiento se ejecute donde causa el mayor efecto.

- Los programas genéricos en general aplican a equipos que tienen el mismo contexto operativo, funciones y estándares de desempeño, por lo que es imprescindible asegurar que el contexto operacional, las funciones y sus estándares de desempeño deseados sean virtualmente idénticos antes de aplicar una política de mantenimiento diseñada para otro activo, es decir son realidades, únicas y particulares
- Para lograr un alto nivel de desempeño, hay que tener presente que las decisiones del mantenimiento casi siempre deben ser tomadas en base a una inadecuada información general y en particular de las frecuencias de falla. simplemente se tiene que operar bajo incertidumbre y desarrollar estrategias que conlleven a manejarla con confianza, reconociendo que si las consecuencias de mucha incertidumbre no pueden ser toleradas, hay que cambiar las consecuencias en casos de extrema incertidumbre, la única manera de hacerlo pudiera ser la de abandonar ese proceso
- La practica proactiva hace posible variar la probabilidad de falla de una función protegida y, especialmente, la indisponibilidad del dispositivo de protección considerando que este también puede fallar, de manera que los riesgos asociados con los sistemas protegidos siempre requieren ser manejados adoptando políticas de operación y mantenimiento adecuadas.
- La frecuencia de las tareas predictivas se debe basar en el periodo de desarrollo de la falla (“tiempo que tarda en fallar” o intervalo de falla) es decir este intervalo gobierna la frecuencia con la cual se debe efectuar la tarea y también la frecuencia de verificación la cual debe ser menor al de tareas para detectar fallas potenciales antes que se conviertan en funcionales.
- Los actores principales más cercanos a los activos, es decir, operadores y mantenedores deben formular las políticas de mantenimiento y la gerencia debe suministrar las herramientas que conduzcan a tomar las decisiones mas adecuada. De esta manera se logra validez técnica gerencial y sentido de pertenencia en los involucrados y el desarrollo estrategias acordes con la operación y la cultura organizacional

- Un programa de mantenimiento exitoso en su desempeño solo puede ser desarrollado por los mantenedores y usuarios de los activos trabajando juntos. Los fabricantes de equipo juegan un papel limitado en el desarrollo de los programas pero importante. El desarrollo de la cadena de valor y la aplicación de la ingeniería de mantenimiento busca que los mantenedores y usuarios participen en el diseño de los equipos juntos con los fabricantes para mejorar la mantenibilidad y confiabilidad intrínseca de los mismos.

Acorde con las definiciones conceptuales de mantenimiento conocidas y a objeto de esta investigación se hace necesario separarlas en dos aspectos, es decir en el marco gerencial (estratégico) y en el marco técnico o de aplicación (operativo).

Marco gerencial (estratégico) cuando se habla de mantenimiento en este ámbito se refiere a la gestión o gerenciación de las acciones de mantenimiento con el fin de asegurar la operatividad máxima de los activos productivos de una empresa con costos adecuados, conservando la seguridad y salud de la gente, del medio ambiente y cumpliendo con las regulaciones legales existentes, pero además contribuyendo al mejoramiento de la competitividad, mediante el desarrollo y aplicación de tecnologías para la mejora continua de los procesos. A este nivel, se planifica, organiza, dirige y controlan todos los esfuerzos y recursos estratégicamente.

Es el domo que cubre las acciones que buscan asegurar el éxito en el desempeño de la función, es decir es la aplicación sistemática de herramientas y conocimientos para asegurar que los esfuerzos para que los activos funcionen bajo ciertos parámetros de operación en forma eficiente, confiable, segura y con calidad, se lleven a cabo en forma exitosa. Es un proceso proactivo y continuo con objetivos definidos y con actividades que se controlan en tiempo, costo y calidad.

Marco técnico o de aplicación (operativo) se refiere al esfuerzo específico que se ejecuta para restaurar la operatividad de un activo, para detectar una condición, para prevenir o predecir una falla, bajo este esquema estas actividades se caracterizan por tener un inicio y un fin, regidos por los parámetros de costo y calidad.

La estabilidad de las organizaciones se reduce cada vez más y pasan a primer orden las situaciones de cambio, lo que exige nuevas estrategias de gestión orientadas hacia la competitividad basada en criterios que representan una guía para la elaboración de políticas clave para el logro de la misión de la empresa, estas líneas básicas son:

- Flexibilidad y confiabilidad en los sistemas reproducción
- Orientación sistemática a la reducción de costos.
- Orientación al cliente.
- Agresividad, en la introducción sistemática de las innovaciones, cambios tecnológicos y aplicación de mejores prácticas

La gestión está caracterizada por una visión más amplia de las posibilidades reales de una organización para resolver determinada situación o arribar a un fin determinado. Puede asumirse, como la "disposición y organización de los recursos y esfuerzos para obtener los resultados esperados".

Al comparar la descripción de mantenimiento (operativo) con la definición de proyecto se evidencia un alto grado de compatibilidad como se muestra en la tabla N° 2 donde se establece la comparación de acuerdo con los elementos que caracterizan a cada uno de estos esfuerzos, por lo que es perfectamente aplicable la metodología de gerencia de proyectos a mantenimiento.

Tabla N° 2

**Características de los ` proyecto y esfuerzos de mantenimiento**

<b>Proyectos</b>	<b>Mantenimiento</b>
Tiempo de inicio y fin definido (duración finita) cuyo cumplimiento es clave de éxito	La aplicación del mantenimiento es finita enmarcada dentro de un tiempo establecido el mínimo posible conocido como mantenibilidad que incide determinante mente en el éxito de la tarea
La multidisciplinaridad en todos los aspectos es una característica de este esfuerzo	La complejidad tecnología de los equipos y procesos actuales involucra todas las disciplinas técnicas y áreas de conocimiento
Producto único, es decir; tiene características especiales propias ya que cada ambiente o entorno es particular	Cada equipo aunque sea semejante a otro en su diseño y fabricación lo que define el mantenimiento es su condición de operación por lo que único en cada en cada proceso
La limitación de recursos es una característica presente por lo que deben gestionarse con criterio de eficiencia para asegurar su uso adecuado	Como actividad que consume recurso debe ejecutarse tomando en cuenta que estos son escasos y que deben manejarse tomando según la mejor relación costo beneficio
Los productos obtenidos como resultado del esfuerzo deben cumplir con características de calidad específicas y son únicos	Se debe cumplir con estándares de calidad y especificaciones para satisfacer al cliente y como garantía de éxito del esfuerzo. Cada esfuerzo y su resultado es único para cada activo en una situación operativa y temporal dada
Estos esfuerzos pueden ser para optimizar procesos o para innovar	El esfuerzo de mantenimiento se lleva a cabo para restaurar, detectar, predecir, prevenir o mejorar, equipos sistemas y procesos
El éxito de la gestión de estos esfuerzos se mide dentro del triángulo tiempo, costo, calidad que se reflejan en el desempeño de la fase operativa una vez e producción	Los indicadores de éxito de la gestión son su ejecución en tiempo, costo y calidad que aseguran el desempeño de los activos, es decir, disponibilidad, y eficacia
Las fases principales son conceptual, organizativa, de ejecución y de entrega	El mantenimiento se lleva a cabo en las siguientes fases, estudio y diagnóstico, planificación, ejecución, entrega, y repite el ciclo
Los stakeholders principales de los proyectos son , el equipo de proyectos, los complementadores, los competidores, los clientes, los proveedores y la sociedad	En el mantenimiento los principales involucrados, son el equipo mantenedor, los clientes, los proveedores, la organización, el ambiente. pero también las empresas de la competencia y las que pertenecen a la cadena de valor
Se desarrolla con base a procedimientos preestablecidos	El éxito del esfuerzo se basa en los procedimientos
Es un esfuerzo completamente evolutivo y de avance en etapas	El mantenimiento evoluciona desde la inspección hasta su ejecución en forma planificada
El nivel de incertidumbre es el principal elemento a manejar	En el mantenimiento es imposible predecir 100% el comportamiento de la fallas y los eventos ya que obedecen a múltiples factores

:

Diseño: el investigador (2006)

Los objetivos establecen el norte constante y a largo plazo de una organización y guían la asignación de recursos y fijación de prioridades. En la tabla N° 3 a continuación se muestran los objetivos tanto de proyectos como de mantenimiento

**Tabla N° 3**  
**Objetivos de los proyectos versus objetivos de mantenimiento**

<b>Objetivos de los proyectos</b>	<b>Objetivos de mantenimiento</b>
Cambiar una situación indeseada mediante aplicación de esfuerzos y el uso de recursos	Asegurar continuidad operacional con cero averías de los activos productivos y dado el caso cambiar un estado de inoperatividad mediante la restauración de la función
Lograr los resultados preestablecidos para asegurar que en la siguiente fase operativa se produzca o preste servicios de calidad	Obtener producción con cero defectos mediante la conservación de las funciones de los activos
Lograr los objetivos sin accidentes y mínimo impacto ambiental	Lograr los objetivos y asegurar operación de los activos segura sin accidentes laborales, ni ambientales
Obtener un producto que asegure la operatividad segura y confiable para maximizar la producción	Maximizar la producción mediante el aumento de la funcionalidad y confort operativo de los activos
Minimizar los costos de desarrollo del esfuerzo y que el producto ofrezca prestaciones en cuanto a operatividad y mantenibilidad a bajo costos	Minimizar los costos operativos (directos, indirectos y ocultos)
En general satisfacer los involucrados mediante la aplicación óptima del esfuerzo, uso adecuado de los recursos y obtención de un producto de calidad	En general satisfacer los requerimientos de los clientes , mediante e suministro confiable, seguro económico , de calidad y a tiempo del servicio

Diseño: el investigador (2006)

El mantenimiento es una actividad que consume gran cantidad de recursos y esfuerzos que impactan los costos pero más que eso impacta en forma decisiva la competitividad del negocio.

Los modelos de gestión de mantenimiento actuales se enfocan en minimizar el impacto de las fallas y al uso de herramientas que permitan determinar el curso de acción a seguir partiendo de elementos que se consideran como el origen de eventos principales con consecuencias o que inciden determinantemente en el éxito de la gestión como son: el costo, el riesgo, la confiabilidad, la productividad, entre otros.

Los modelos desarrollados hacen énfasis en la aplicación de las acciones de mantenimiento apropiadas (correctivo, preventivo, predictivo y detectivo) a los equipos adecuados en el momento indicado de modo tal de lograr la disponibilidad y eficacia requerida para la producción, sin embargo para gestionar los esfuerzos y recursos se hace uso de las herramientas de gerencia desarrolladas universalmente.

Los esfuerzos de mantenimiento se llevan a cabo dentro de parámetros como tiempo, costo y calidad que definen el éxito. El tiempo es un elemento crítico ya que el intervalo de parada produce pérdidas de producción y genera costos ocultos. La calidad asegura la confiabilidad e integridad de los activos aumentando el tiempo entre fallas, la seguridad de las operaciones, por lo tanto maximiza la producción y disminuye los costos ocultos. El costo directo e indirecto del mantenimiento impacta la rentabilidad.

Al comparar los elementos clave de éxito de la gestión de proyectos con los que aseguran una buena gerencia del mantenimiento es claramente perceptible que son los mismos, es decir lograr un desempeño dentro de los parámetros de tiempo, costo y calidad adecuados para satisfacer a los clientes y en general a los stakeholders.

El objetivo de la gestión de mantenimiento no es solo asegurar la realización de la actividad dentro de los parámetros de éxito del proyecto como fin último sino que este esfuerzo forma parte de una cadena productiva por lo que su éxito se mide en el desempeño que tengan los activos intervenidos.

La gestión del mantenimiento no se limita a la realización del esfuerzo en las fases de planificación, ejecución, control y entrega como proyecto sino que va más allá, su misión es garantizar la disponibilidad y eficacia óptima de los activos dentro de estándares de seguridad y ambiente clase mundial. Esta misión obliga a desarrollar las actividades con calidad ya que la entrega no cierra el ciclo.

La fase de proyecto como tal juega un papel determinante porque el resultado que obtenga del desempeño de los activos en la operación son la consecuencia de cómo se llevo acabo las actividades en la fase de proyecto, pero adicionalmente el tiempo de ejecución propiamente dicha de la actividades tanto correctivas como proactivas que forman parte del tiempo de producción y que se conoce como mantenibilidad, el tiempo de respuesta, o de espera en comenzar están actividades conocido como soportabilidad también forma parte del tiempo productivo estos tiempos afectan la disponibilidad y eficacia y por lo tanto el desempeño.

La gestión del mantenimiento tiene como misión gerenciar los esfuerzos para mantener la disponibilidad y eficacia de los activos pudiendo considerarse en todo sentido que es la gestión sistemática tanto de micro proyectos como macros que van desde una simple inspección hasta una parada general de planta para redimensionar completamente los procesos.

Un proyecto considera como tal cualquier actividad que consuma recursos y esfuerzos en la búsqueda de cambiar un situación dada, bajo este concepto se puede decir que el mantenimiento en el marco organizacional es la gestión de múltiples proyectos de manera simultánea pero con la responsabilidad adicional de velar que en la fase de producción estos proyectos operen confiablemente bajo las condiciones bajo las cuales fueron diseñadas.

La gerencia de mantenimiento se puede considerar como la aplicación de conocimientos y técnicas gerenciales, para gestionar programas múltiples y proyectos simultáneamente de manera continua velando porque estos operen a niveles que satisfagan los requerimientos de los clientes en el ámbito del negocio y para mejoramiento de la competitividad

La gerencia de proyectos aplica conocimientos y técnicas para asegurar que en el desarrollo de actividades los recursos y los esfuerzos se usen y apliquen de la mejor

manera posible en función de alcanzar el cambio de estado con el mínimo esfuerzo, mínimo recuso y máxima calidad, de aquí que estos principios son aplicables totalmente en la gestión de cualquier actividad donde se requieran esfuerzos y recursos.

La aplicación de mantenimiento se reduce a la aplicación de acciones correctivas y proactivas las actividades correctivas se requiere una planificación precisa de acuerdo con el diagnóstico y el alcance para que la ejecución arroje el resultado deseado haciendo uso de los recursos y esfuerzos en la cantidad y momento preciso que las actividades se hagan en el momento preciso y con la calidad requerida

Las actividades proactivas dependen de estudios o enfoques que determinan cuando aplicarlo, donde aplicarlo y que hacer es decir el alcance, para evitar la falla o mejorar la funcionalidad del activo, en cuanto a eficiencia, capacidad y exactitud. En estos casos la planificación se lleva a cabo desde el estudio inicial de condiciones operacionales, criticidad, costos y riesgo, mediante el uso de datos históricos y herramientas estadísticas y análisis de expertos hasta las inspecciones para determinar el momento y los intervalos de ejecución.

Cada aplicación de mantenimiento es única ya que cada equipo aunque sea similar opera en condiciones particulares, con fluidos particulares, en ambientes particulares, con usuarios particulares, con fuentes de suministro de energía particular, entre otras cosas. Por otro lado el una acción de correctiva o proactiva mantenimiento sobre un mismo equipo es única e irrepetible ya que las condiciones de este varían progresivamente con el tiempo y la operación y no retornan jamás a un estado anterior.

La aplicación de los principios de gerencia de proyectos permitirá gestionar todos los recursos requeridos para llevar a feliz término la aplicación del mantenimiento tomando en cuenta que el resultado de los micro o macroproyectos que se ejecuten

tienen un comienzo y un fin y mientras más corto sea ese intervalo mejor. Aun el nivel elemental de mantenimiento conformado por actividades simples de rutina debe ser planificada y ejecutada en tiempo preciso y solo cuando su aplicación arroje una relación costo beneficio positiva, ya que el objetivo no es hacer mantenimiento sino lograr la disponibilidad y eficacia enfocada al negocio que produzca el máximo beneficio posible

En el mantenimiento se percibe como continuum por la multiplicidad de activos que se requieren en un proceso productivo al que se le debe asegurar la disponibilidad y que sea confiable durante su operación. Esto se compara con una organización (**una oficina de proyectos**) que maneje muchos proyectos a la vez, y en forma continua.

Bajo estas premisas se concluye que son perfectamente aplicables todos los principios y herramientas de la gerencia de proyectos a la gestión de mantenimiento: siendo los componentes del modelo propuesto los principios de la gerencia de proyectos, **las nueve áreas de conocimiento en todas sus fases** lo que permite gerenciar el mantenimiento en su totalidad conformado por múltiples proyectos y microproyectos en los que se haría uso de todas las herramientas actuales de mantenimiento y gerencia de proyectos combinadas

Para verificar el grado de aplicación del mantenimiento en las empresas se tomaron datos de acuerdo con la muestra seleccionada que permitieron la realización del diagnóstico

### **Diagnóstico de las empresas**

Para corroborar los niveles de aplicación de la gestión de mantenimiento y sus técnicas en el ámbito industrial se evaluaron los parámetros inherentes La muestra seleccionada como referencia que contemplo la realización del diagnóstico de cinco empresas tres de las cuales el mantenimiento es una actividad primaria de la

cadena de valor y dos empresas que su actividad medular es prestar servicios de mantenimiento.

De las tres empresas en las que el mantenimiento es apoyo de la producción una es del sector metalmecánico y su misión es la fabricación mecánica usando procesos de conformación plástica con remoción de material por lo que la productividad depende fundamentalmente de los activos físicos y las otras dos pertenecen al sector de producción de crudo en el que los activos físicos forman parte importante de la actividad productiva por el nivel de complejidad que representan las operaciones.

Para facilitar el análisis de los datos y la confidencialidad de la información de las empresas estas se representaron con letras como se muestra en la tabla N° 4 a continuación.

Tabla N° 4  
**Identificación de las empresas**

A y B	Empresas de producción de crudo
C	Empresa del sector metalmecánico
D y E	Empresas de servicio

Diseño el investigador (2006)

Los datos se obtuvieron de primera mano mediante una encuesta realizada a los jefes de los departamentos de mantenimiento de cada una de las empresas. Se consultó la información que se consideró pertinente y relevante para el estudio de acuerdo con los objetivos de la investigación, tomando en cuenta que es solo referencial ya que los estudios de campo y documentales, en este campo, constatan la aplicación universal de las tecnologías y filosofías de gestión y organización del mantenimiento. En la tabla N° 5 se muestran los datos obtenidos referentes a la organización y administración del mantenimiento de las cinco empresas

**Tabla N° 5**  
**Datos sobre organización y administración del mantenimiento**

<b>Empresa</b>					
<b>Elemento</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Misión de la empresa	Producción de crudo	Producción de crudo	Fabricación mecánica	Construcción mantenimiento	Construcción mantenimiento
Importancia Mantenimiento	Actividad primaria	Actividad primaria	Actividad primaria	Medular fuente ingresos	Medular fuente ingresos
Costo total del manteamiento en la producción	9%	9%	5%		
Perdidas de producción por averías	3%	3%	1%		
Ingresos por mantenimiento				40%	40%
Políticas de mantenimiento	100%	100%	100%	100%	100%
Organización formal para de mantenimiento	100%	100%	100%	100%	100%
Comités de mantenimiento y análisis	100%	100%	50%	100%	100%
Planes de adiestramiento	80%	80%	50%	50%	50%
Modelo de gestión de Mantenimiento	15%	15%	0%	0%	0%
Sistema de gestión de la calidad	5%	5%	5%	10%	10%
Sistemas de mejora continua	0%	0%	0%	0%	0%
Mantenimiento con esfuerzo propio	70%	70%	10%	50%	50%
Planes de producción	100%	100%	50%		
Programas de mantenimiento	60%	60%	80%		
Integración cadena de valor/suministros	50%	50%	50%	50%	50%

Diseño: el investigador (2006)

El mantenimiento se lleva a cabo en algunas empresas con el objeto de evitar paradas que afectan la producción o causan accidentes con impactos en las operaciones, con daños a la propiedad, al personal, al medio ambiente y los costos y en las otras como actividad medular para el negocio como su misión, por lo que aunque no se tenga sistemas y modelos de gestión formalmente implantado las actividades se ejecutan haciendo usos de técnicas y herramientas para mantener la continuidad operacional. En la tabla N° 6 a continuación se muestran los diferentes tipos y acciones de mantenimiento aplicados en las empresas

Tabla N° 6

**Técnicas y tipos de mantenimiento aplicado**

Empresa						
Elemento	A	B	C	D	E	
Tipos de equipos	Estáticos/Dinámicos	Estáticos/Dinámicos	Estáticos/Dinámicos	Estáticos/Dinámico	Estáticos/Dinámico	
Tipos de mantenimiento	Mayor/menor	Mayor/menor	Mayor/menor	Mayor/menor	Mayor/menor	
Acciones de mantenimiento	Correctivo 70% Preventivo 20% Predictivo 7% Detectivo 2%	Correctivo 70% Preventivo 20% Predictivo 7% Detectivo 2%	Correctivo 50% Preventivo 40% Predictivo 7% Detectivo 2%	Correctivo 70% Preventivo 20% Predictivo 7% Detectivo 2%	Correctivo 70% Preventivo 20% Predictivo 7% Detectivo 2%	
Análisis de falla	50%	50%	50%	50%	50%	
Especialización del mantenimiento	Mecánico Eléctrico Civil Instrumentación	Mecánico Eléctrico Civil Instrumentación	Mecánico Eléctrico Civil Instrumentación	Mecánico Eléctrico Civil Instrumentación	Mecánico Eléctrico Civil Instrumentación	
Operación del mantenimiento	12 Horas	12 Horas	12 Horas	8 Horas	8 Horas	
Configuración	Taller Central Contratación de servicios	Taller Central Contratación de servicios	Taller central	Taller Central Cadena de valor	Taller Central Cadena de valor	

Diseño: el investigador (2006)

Aunque no se tenga implantado un sistema de gestión de mantenimiento universal es necesaria la organización del trabajo para ejecutar los planes de y lograr los objetivos operativos en función de la producción. En la siguiente tabla N ° 7 se muestran los datos recolectados en lo referente a los protocolos de ejecución de las acciones

Tabla N° 7  
**Protocolos de mantenimiento**

<b>Empresa</b>					
<b>Elemento</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Procedimientos Generales	40%	40%	50%	60%	60%
Procedimientos de autorización/ responsabilidades	40%	40%	30%	50%	50%
Protocolos de entrega y recepción	50%	50%	60%	60%	60%
Registros documentados de mantenimiento	Revisión, 40% reemplazo, 60% cambios 50% acciones 20%	Revisión, 40% reemplazo, 60% cambios 50% acciones 20%	Revisión, 40% reemplazo, 90% cambios 80% acciones 40	Revisión, 90% reemplazo 90% cambios 90% acciones 90	Revisión, 90% reemplazo 90% cambios 90% acciones 90
Definición de Objetivos	50%	50%	80%	50%	50%
Indicadores de gestión	50%	50%	80%	50%	50%

Diseño: el investigador (2006)

### **Análisis de datos**

Para realizar el análisis de los datos es preciso tomar en cuenta los tres aspectos más importantes pertinentes al mantenimiento, que son, aplicabilidad del mismo y su gestión, técnicas y tipos de mantenimiento aplicado y los protocolos para su ejecución, en decir; los componentes del sistema

La información obtenida es un indicador general que se puede extrapolar al resto de las industrias con características similares por lo que su interpretación servirá para la elaboración del plan de implantación genérico, basado en el diagnóstico actual.

El diseño del modelo se fundamentará en los elementos de la gerencia de proyectos y estará dirigido a las empresas que aplican mantenimiento independientemente del estado actual de implantación de algún modelo de gestión, lo principal en este caso no es el porcentaje de aplicación de un sistema sino la relevancia que reviste el mantenimiento en la competitividad de la empresa

### **Aspecto administrativo (gestión)**

En este ámbito se analiza la importancia del mantenimiento como actividad generadora de valor y de impulso de la competitividad de las empresas, así como la relevancia que reviste su gestión para la organización, es decir el reconocimiento del mantenimiento como función trascendente y generadora de beneficios

Los datos obtenidos indican que el mantenimiento tiene un alto nivel de importancia para las organizaciones y es reconocido por estas como tal por lo que establecen políticas, tienen organizaciones definidas y planes, sin embargo no cuentan con modelos de gestión de mantenimiento, ni de calidad, ni procesos definidos de mejoramiento continuo, guiándose solo por la manera tradicional de hacer mantenimiento

En la tabla N° 8 a continuación se muestra a grosso modo los porcentajes de cada uno de los parámetros evaluados, mostrando por un lado la importancia de la función mantenimiento en estas organizaciones y por otro lado la poca aplicación de herramientas de gestión que conduzcan el mantenimiento con una metodología normada, según los avances en esa materia

Tabla N° 8

**Parámetros de gestión de mantenimiento**

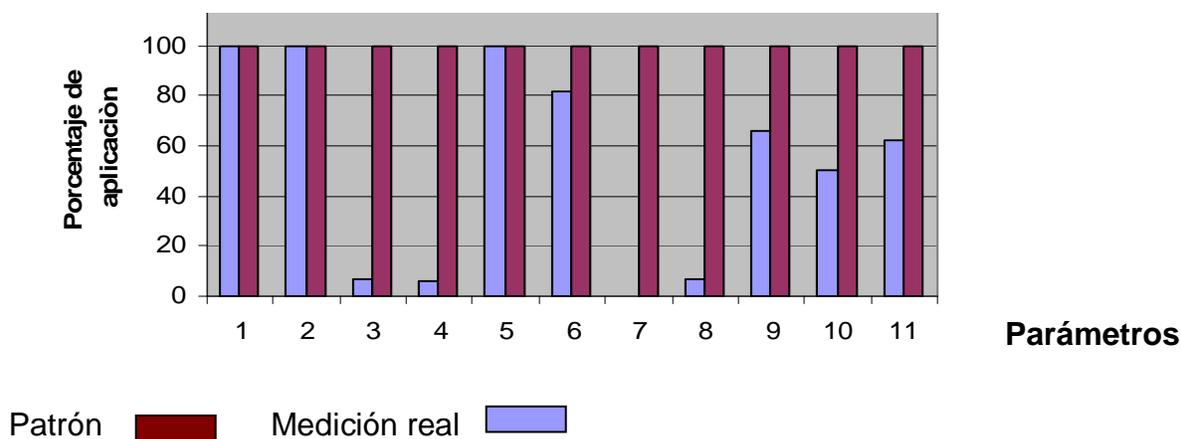
Número	Parámetro	% de aplicación
1	Importancia del mantenimiento	100
2	Políticas	100
3	Impacto costos de producción	7
4	Modelo gestión	6
5	Organización /departamento	100
6	Planes de producción	82
7	Sistemas de mejora continua	0
8	Sistemas de gestión de la calidad	7
9	Programas de Mantenimiento	66
10	Integración en cadenas de valor	50
11	Planes de adiestramiento	62

Diseño: el investigador (2006)

Los datos obtenidos indican la factibilidad de desarrollar un modelo de gestión de mantenimiento de aplicación práctica orientado a este tipo de empresas ya que existe la necesidad que permitiría el desarrollo tecnológico. También es fácilmente detectable que la implantación de un plan requerirá un gran esfuerzo, En la Figura 19 a continuación se muestran los datos en forma de barra; El número en el eje de las X se corresponde con los parámetros evaluados

Figura N° 19

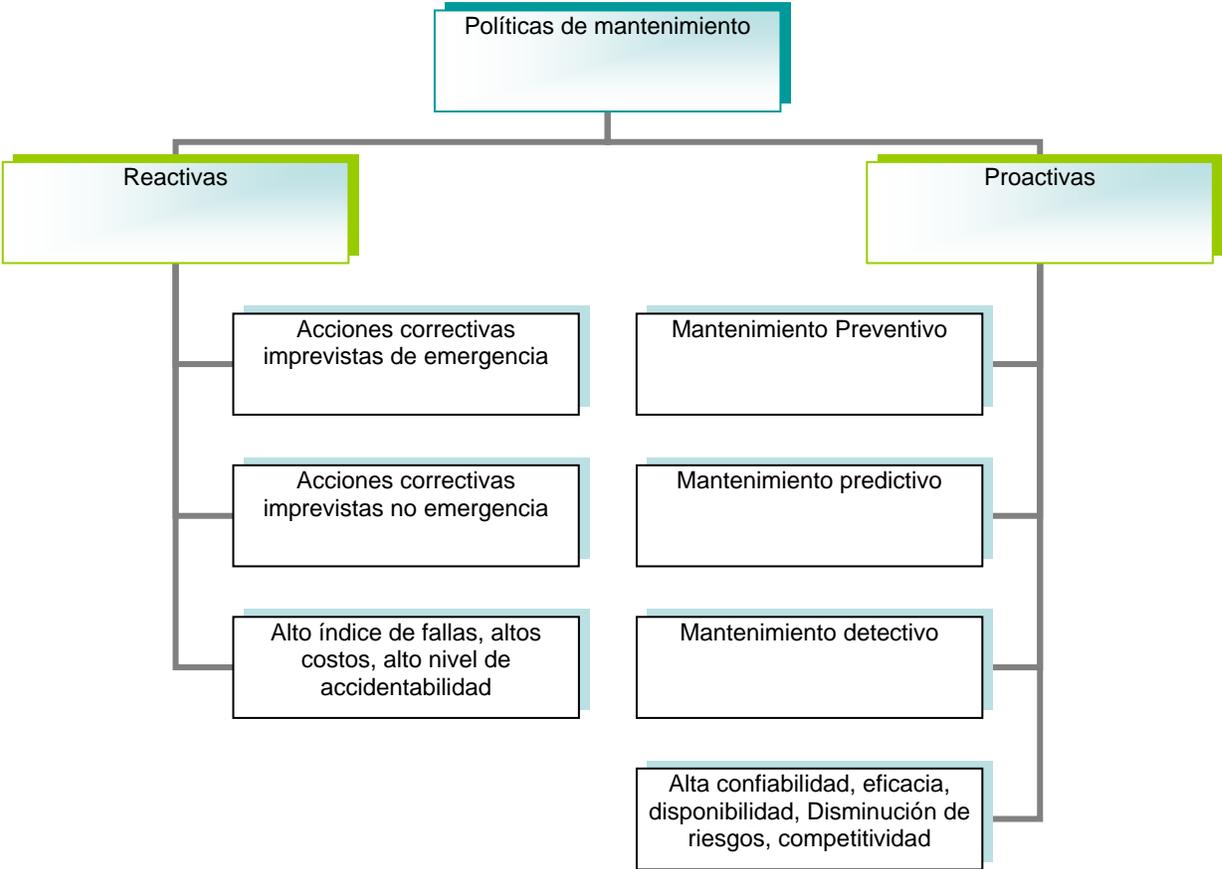
**Parámetros de gestión de mantenimiento**



Diseño el investigador (2006)

Las políticas de mantenimiento existen, sin embargo están orientadas reactivamente, en la figura N° 20 se muestra las características de ese tipo de enfoque que arrojan como resultado que las acciones sean en un mayor porcentaje correctivas que proactivas, como se muestra del análisis del aspecto técnico. Lo cual se corrobora del análisis de la figura N° 19

Figura N° 20  
**Enfoques de la política de gestión de mantenimiento**



Diseño: el investigador (2006)

**Aspecto técnico**

La evaluación del aspecto técnico indica la aplicabilidad y requerimiento de mantenimiento por ser equipos con alto porcentaje de utilización y mantenibilidad por

las características de diseño, los tipos de mantenimiento que se ejecutan son mayor y rutinario que se corresponden al alto nivel de aplicación de mantenimiento que se lleva acabo, sin embargo las acciones ejecutadas presentan alto nivel de correctivo, característico de organizaciones carentes de sistemas de gestión, enfocados a productividad , pero para los efectos de este estudio es suficiente saber que se ejecutan las acciones según la política actual de la empresa y que es una necesidad de la misma para poder mantener la producción.

El grado de especialización, la operación y la configuración indican que las organizaciones ejecutan el mantenimiento en todo el espectro, es decir es una actividad indispensable asociada a la continuidad operacional, resaltando que pudiera existir aplicabilidad de un sistema de gestión que facilite y mejore la conducción de los esfuerzos, para transformar el enfoque actual, migrando desde la perspectiva de reparar fallas a evitar fallas. En la tabla, N° 9 se muestran los datos sobre aspectos técnicos del mantenimiento

Tabla N° 9  
**Aspectos técnicos / aplicabilidad del mantenimiento**

<b>Número</b>	<b>Parámetros</b>	<b>% de aplicación</b>
1	Aplicabilidad del mantenimiento	100
2	Tipos de mantenimiento	100
3	Acciones de mantenimiento	30
4	Análisis de falla	50
5	Especialización del mantenimiento	100
6	Operación del mantenimiento	100
7	Configuración	100

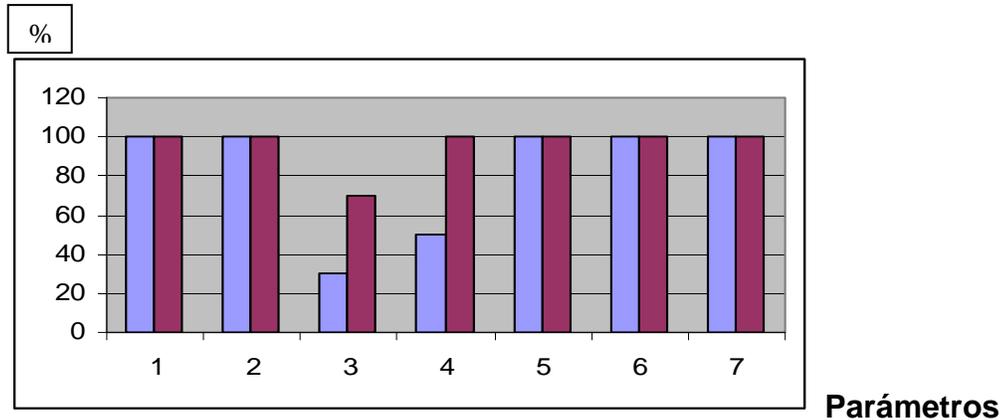
Diseño: el investigador (2006)

En la Figura N° 20 a continuación se muestra en forma de barras el resultado promedio de los parámetros técnicos del mantenimiento de las empresas de referencia. El eje de las “Y” representa el porcentaje y el eje de las “X” los

parámetros según la numeración de la tabla N° 9 en esta grafica se observa claramente la aplicabilidad del mantenimiento y también la política de acción reactiva que corrobora la inexistencia de planes y programas de mejoramiento de la confiabilidad operacional

Figura N° 21

**Aspectos técnicos/aplicabilidad del mantenimiento**



Patrón ■ Medición real ■

Diseño: el investigador (2005)

**Aspecto Protocolar**

Se refiere a las serie de elementos de forma que se usan para ejecutar las actividades de manera armónica y dentro de ciertos parámetros que aunque no se tenga ningún sistema de gestión formal, la experiencia en las realización de los trabajos induce a la utilización de algunas practicas que aseguran la continuidad operacional. En la tabla N° 10 se muestran los datos obtenidos en donde se refleja la existencia de algunos procedimientos y sistemas para facilitar la trazabilidad y el manejo de la información.

Tabla N° 10

**Información sobre protocolo de mantenimiento**

<b>Número</b>	<b>Parámetro</b>	<b>% de aplicación</b>
1	Procedimientos Generales	50
2	Procedimientos de autorización/ responsabilidades	42
3	Protocolos de entrega y recepción	56
4	Registros documentados de mantenimiento	65,5
5	Definición de Objetivos	56
6	Indicadores de gestión	56

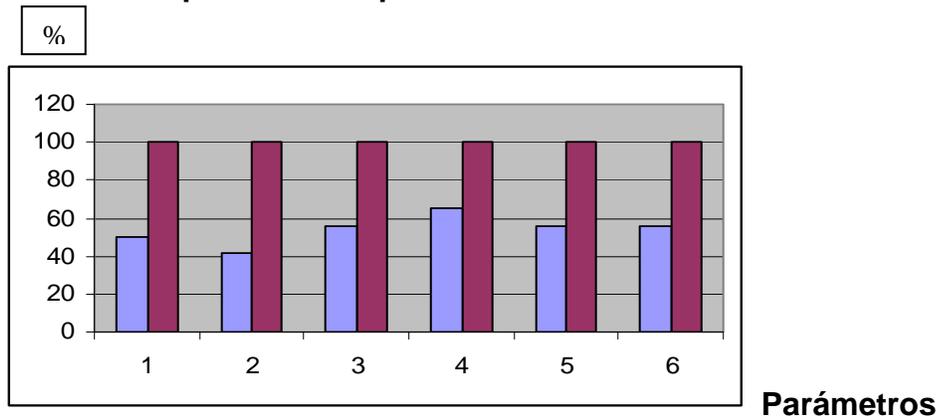
Diseño: el investigador (2006)

En la tabla se observa a grandes rasgos que no hay un modelo de gestión de mantenimiento, ni de gestión de la calidad y que las actividades se realizan de según las practicas, sin embargo hay aplicación de protocolos porque las operaciones así lo exigen, lo que significa que el mantenimiento se ejecuta en la practica y que es una necesidad de la empresa.

En la Figura N° 22 se muestran los resultados obtenidos en forma de barras comparados con el patrón que se debe alcanzar, 100% de aplicación esto al igual que el resto de los parámetros indica la ejecución práctica del mantenimiento pero la falta de modelos de gestión particularmente la documentación, dejando ver la gran necesidad que existe de sistemas de gestión de la calidad, tecnologías de mantenimiento y procesos de mejora continua.

Figura N° 22

### Cumplimiento de protocolos de mantenimiento



Patrón  Medición real 

Diseño: el investigador (2006)

En resumen en este aparte se denota la aplicabilidad del mantenimiento por lo que un modelo de gestión es perfectamente factible en este tipo de empresas y el avance en la empírico de protocolos indica que un plan de implantación no partiría de cero y solo requeriría una gran determinación de la alta gerencia y el liderazgo par impulsar los cambios necesarios que conlleva un proceso de mejora continua

## **CAPITULO V**

### **LA PROPUESTA**

En este capítulo se desarrolla la propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos; en primer lugar se presenta la justificación de la propuesta, posteriormente se plantea la estructura seguidamente los objetivos, el desarrollo de la propuesta y finalmente el plan de implantación

#### **Justificación de la propuesta**

El mantenimiento es una actividad de gran importancia para la competitividad de las empresas y mas ahora por la complejidad de los procesos productivos actuales y la alta tecnología de la activos físicos Es una actividad que consume gran cantidad de recursos y esfuerzos que impactan los costos pero más que eso impactan en forma decisiva la productividad. Esto obliga a las organizaciones a darle un enfoque estratégico para gerenciar sus acciones de manera integral tomando en cuenta las perspectivas principales.

El desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos permitirá hacer uso de las herramientas y conocimientos de esta metodología y aplicarlos de manera sistematizada por las empresas en la búsqueda del mejoramiento continuo y el logro de la disponibilidad y eficacia requerida al mínimo costo y con máxima seguridad de los activos y del medio ambiente

#### **Objetivos de la propuesta**

Como consecuencia de la aplicación de los principios de gestión de proyectos en todas las actividades que consuman recursos se pretende lograr benéficos que

apuntalen la competitividad, partiendo que se manejara apropiadamente con visión de rentabilidad (negocio) las relaciones alcance- calidad, tiempo- calidad , costo tiempo y costo alcance a fin de consumir el mínimo esfuerzo y los mínimos recursos que maximicen la disponibilidad y la eficacia requerida para lograr los siguientes objetivos

- Maximizar el nivel de satisfacción de cliente
- Maximización del aprovechamiento de los recursos humanos
- Reducción del uso de los recursos materiales
- Reducción del nivel de inventarios de repuestos
- Maximización de la vida útil de los activos
- Minimización de costos de sustentación totales (operación y mantenimiento)
- Maximización de la relación producción/ costos de mantenimiento
- Maximización de retorno de la inversión de los activos
- Minimización de niveles de riesgos a mínimo costo.
- Mejoramiento de la seguridad, higiene y ambiente
- Mejorar continua de la productividad de los activos físicos
- Maximizar la disponibilidad y eficacia a mínimo costo

Maximizar satisfacción al cliente. El objetivo fundamental de toda organización es asegurar la satisfacción plena de su cliente para que este garantice su continuidad, para la organización de mantenimiento, producción es su usuario directo, el modelo propuesto busca mejorar la soportabilidad, mantenibilidad y aplicabilidad de las acciones de acuerdo con la jerarquización de los activos según su criticidad integral (producción, costo, riesgo, seguridad).

El logro de este objetivo se basa en la aplicación de los procesos de iniciación y planificación de mantenimiento con apoyo de metodologías de mantenimiento proactivo

Para mantenimiento el proceso de iniciación está presente aunque, en general, es obvio, a excepción de los mantenimientos mayores o paradas de planta donde se requiere un estudio riguroso. En el modelo propuesto se hace énfasis en a iniciación y la entrega ya que estos son procesos de contacto formales con el cliente.

El proceso iniciación es determinante para lograr los objetivos tomando en cuenta que existen múltiples acciones de mantenimiento por realizar y recursos escasos para satisfacerlo por lo que se hace imprescindible en esta fase determinar la viabilidad técnica en función de valor agregado de una determinada actividad, para ello es vital el apoyo del cliente y el uso de herramientas como la teoría de restricciones, análisis de criticidad, modo y efectos de falla entre otros para hacer la selección mas beneficiosa al negocio.

Por otro lado la planificación y ejecución del trabajo bajo control y enfocado a la excelencia permitirá mejorar el desempeño en el manejo de los recursos para llevar a cabo las actividades, pero además que los resultados sean los deseados y que rindan apropiadamente en la fase producción que es el fin ultimo de los activos.

Maximización del aprovechamiento de los recursos humanos y materiales, así como la reducción del nivel de inventarios se logra mediante una gestión adecuada de los mismos pero adicionalmente por la reducción de retrabajos por mala calidad y la jerarquización de las acciones de acuerdo con el valor agregado que estas tengan en la productividad del negocio, el establecimiento de cadenas de valor para asegurar entregas oportunas.

La implantación de la filosofía justo a tiempo, y las cinco S juegan un papel clave ya que permite la recepción y entrega en el momento preciso evitando costos de almacenamiento y espera, así como el ordenamiento cabal de de materiales, equipos y herramientas requeridos

Maximización de la vida útil de los activos. La aplicación proactiva de las acciones basada en la ingeniería de confiabilidad y manteniendo con la ayuda de herramientas de análisis de riesgo y de fallas permitirá alargar en el tiempo la funcionabilidad de los activos al mantener la integridad de sus componentes: Por otro lado la aplicación de procedimientos operacionales adecuados producto del conocimiento pleno de las capacidades intrínsecas y condiciones operacionales de los equipos producirá un menor desgaste de los mismos

Minimización de los costos de sustentación y maximización de la relación producción-costos de mantenimiento. La planificación y ejecución del mantenimiento según estudios de confiabilidad operacional basado en los cuatro elementos incidentes, procesos, mantenibilidad de equipos, recursos humanos y confiabilidad intrínseca bajo la política de mantenimiento estratégico es decir; en la búsqueda de maximizar la relación costo beneficio permitirá alcanzar la disponibilidad requerida al mínimo costo.

Se logra la máxima producción con máxima calidad con el mínimo esfuerzo posible mediante la combinación del mantenimiento de las funciones operativas, la operación adecuada de los activos.

Maximización del retorno sobre los activos, La maximización de la vida útil de los activos y la conservación de sus funciones operativas permite maximizar la producción por un lado y por el otro al final cuando por obsolescencia tecnológica o cambios de patrones de producción, este puede tener mayor valor residual lo que incrementa los ingresos generados.

Al maximizar la producción y reducir los costos de sustentación, tanto de mantenimiento como de operación gracias al mejoramiento continuo de condiciones operacionales, del confort y la ergonomía, se aumentan los ingresos y disminuyen los egresos mejorando así el retorno sobre la inversión

Minimización de niveles de riesgos a mínimo costo: Los riesgos se presentan en dos ámbitos: los riesgos de la gestión propiamente dicho, es decir; los elementos que pudieran interferir en el logro de los objetivos de llevar a cabo las acciones de mantenimiento en forma exitosa (tiempo, costo y calidad) y los riesgos inherentes a las operaciones que atentan contra la confiabilidad operacional y por ende disminuyendo la disponibilidad.

El uso de herramientas para análisis de riesgo y establecimiento de planes de respuesta ayuda a minimizar los riesgos en cuanto a la gestión, de igual forma el establecimiento de planes de respuesta a los riesgos operacionales y de eventos con consecuencias de falla contribuye a la eliminación o por lo menos la reducción de los mismos

Mejoramiento de la seguridad, higiene y ambiente. La reducción de la realización de trabajos de emergencia con escasa o sin ninguna planificación, el cumplimiento de procedimientos de trabajo, la realización de los análisis de riesgo en el trabajo, la aplicación de normas de seguridad, la operación segura de equipos, la conservación de la integridad de los activos, el manejo y registro de los cambios, entre otros aspectos. Los cuales se logran mediante la aplicación sistemática de un sistema integrado de mantenimiento permiten minimizar los riesgos de accidentes con daños personales, ambientales y materiales.

Mejora continua de la productividad de los activos físicos. Este modelo tiene como principio la mejora continua la cual se logra mediante la aplicación de modelos tecnológicos combinados para mejorar la confiabilidad de los activos y por otro lado la combinación sistemática de herramientas, conocimientos y mejores prácticas para gestionar los recursos que intervienen para llevar a cabo las actividades requeridas para obtener la disponibilidad y eficacia deseada.

Maximizar la disponibilidad y eficacia a mínimo costo. La maximización de la disponibilidad y la eficacia representan los elementos clave de éxito del mantenimiento, con este modelo se pretende lograr los niveles que se requiera para lograr la producción tomando en cuenta que estos niveles no son ni mínimo ni máximo sino simplemente los requeridos, de aquí que cualquier esfuerzo adicional atenta contra la rentabilidad. La selección adecuada de los activos a intervenir, el alcance adecuado, y la ejecución en tiempo, costo y calidad adecuada es una garantía de éxito de la operación del proyecto en su fase productiva, considerándose como proyecto las acciones de mantenimiento

### **Estructura de la propuesta**

El modelo de gestión propuesto se basa en la planificación, el seguimiento y control de las actividades y de los recursos que intervienen en el mantenimiento, de acuerdo con la filosofía de la gerencia de proyectos, soportados por una oficina para la planificación estratégica y la gerencia de los proyectos y programas de acuerdo con los objetivos considerando el liderazgo y la mejora continua como elementos necesarios para la aplicación de tecnologías y mejores prácticas. El desarrollo de estrategias orientadas hacia el mejoramiento de la competitividad del negocio

Los recursos son siempre escasos por lo que es necesario que gestionen con criterio y visión de negocio. El mantenimiento es una de las actividades que más consume recursos de un negocio pero a su vez es una de las que más impacto puede tener en toda la cadena de allí que su desempeño apropiado mediante el uso de herramientas y la aplicación correcta de los esfuerzos permite agregar valor y alinear los vectores que conducen al éxito empresarial. Esto se logra mediante la gestión de todo recurso que intervenga y considerando que la más mínima actividad consume esfuerzos y recursos por lo tanto agrega o quita valor

La aplicación de este modelo parte que las organizaciones involucradas clientes y proveedores deben estar concientes del impacto que tiene la gestión del

mantenimiento en el éxito del negocio y por lo tanto tienen que ejercer liderazgo en función de desarrollar una plataforma tecnológica que sustente la realización de acciones proactivas minimizando las correctivas y reduciéndola a aquellas donde la rentabilidad así lo indique. Para gestionar el mantenimiento como proyecto es necesaria una estructura soportada por los siguientes elementos

- .Definición clara de la política, misión, visión y objetivos del mantenimiento y manuales de procedimientos
- Implantar un modelo de mantenimiento orientado a la proactividad como la clase mundial, productiva total, centrado en confiabilidad o un modelo mixto que asegure la aplicación de acciones planificadas en base a estudios de confiabilidad y rentabilidad del negocio. Esto servirá de base para la selección de las actividades a ejecutar
- Identificar y clasificar de acuerdo a su criticidad integral, funciones de los activos productivos y mapas de proceso
- Definir los parámetros de disponibilidad y eficacia requeridos para la producción con enfoque de rentabilidad
- Definir los modos y efectos de falla críticos (impactos)
- Desarrollar base de datos por cada activo, es decir; archivo de vida que indique, capacidad, costos de inversión, históricos fallas e intervenciones, costos de operación, costos de mantenimiento, eficiencia productiva, consumo de potencia y cualquier información que los especialistas consideren pertinente.
- Análisis de riesgo operacional (Identificación de riesgos que afecten la producción, fallas, la seguridad, higiene y ambiente
- Desarrollar una organización proactiva, orientada al cliente y con capacidad de crecimiento, aplicación de tecnologías innovadoras y en condiciones de establecerse en equipos multidisciplinarios para actuar en conjunto cuando se amerite en todas las fases del mantenimiento
- Desarrollar capacidad técnica especializada para cubrir los requerimientos técnicos que amerite el trabajo.

- Crear una cadena de valor que asegure la aplicación de entregas y recibimientos justo a tiempo, tanto de servicios, como repuestos, recibimiento de equipos para ser intervenidos y entrega después de ser intervenidos
- Hacer uso de la metodología de mejora continua cinco s (“5S”) como herramienta de apoyo del la gestión de mantenimiento y Just in time para enfocada a la procura de entrega de activos
- Contar con apoyo de un sistema de aseguramiento de la calidad.

Considerando que en todas las actividades que consumen recursos estos deben ser manejados adecuadamente para que se utilicen, en la cantidad y el tiempo mas conveniente y lograr lo esperado. Una vez determinado que las actividades de mantenimiento se pueden considerar en su esencia como micros o macros proyectos tomando en cuenta que la función mantenimiento es desde todo punto de vista un contratista ya sea interno o externo, por lo que su trabajo debe tiene iniciado y terminado de acuerdo con parámetros dados

En las empresas que tienen establecidas organizaciones de mantenimiento estas pueden ser consideradas como estructuras para manejo continuo de proyectos con especies de acuerdos con el cliente que le asegura en manejo total de los mismos a lo largo del tiempo lo que a simple vista le de una connotación de operación continua, cuando en la realidad son conjuntos de acciones finitas solo que en múltiples activos

La organización de mantenimiento se encargara entonces de establecer las bases para la implantación de la metodología, que no es más que asegurar el cumplimiento de las premisas para que se puedan adoptar los principios de la gerencia de proyectos.

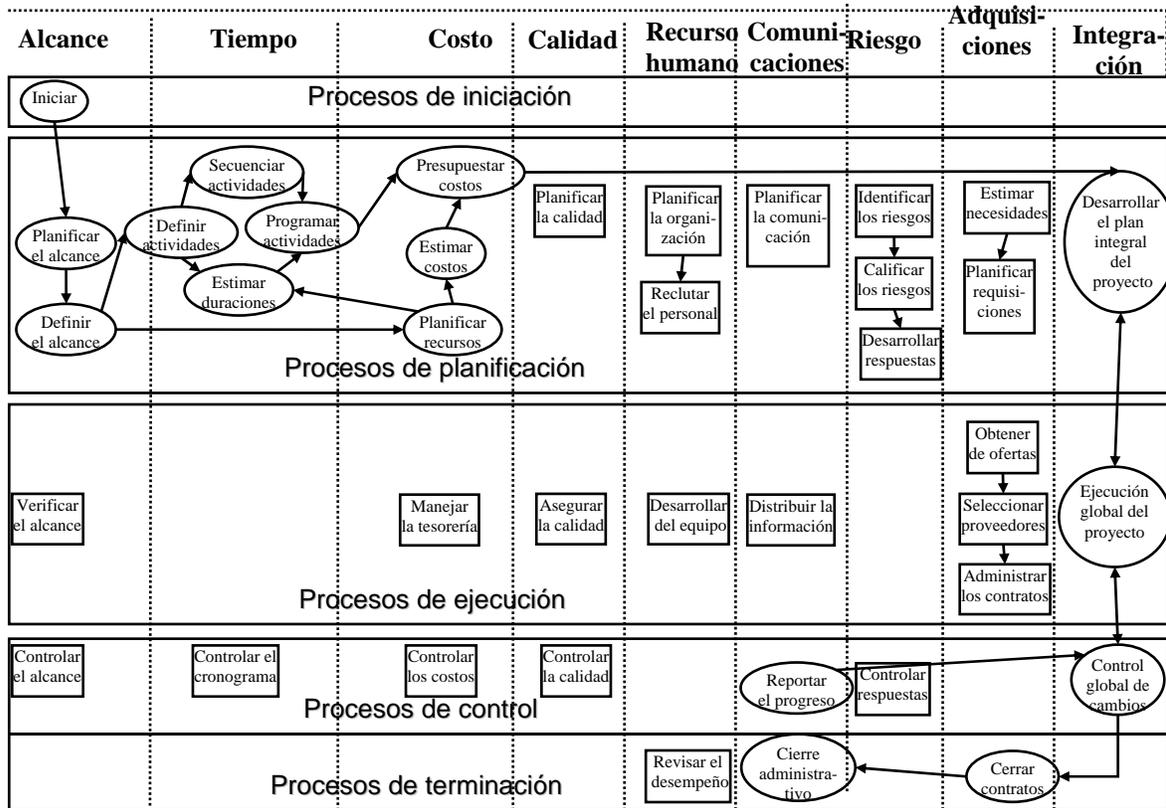
En los esfuerzos de mantenimiento tanto en paradas de planta como en mantenimientos menores se pueden gestionar los recursos desde el inicio hasta la fase de entrega tomando en consideración que para seleccionar el trabajo a realizar se pueden usar cualesquiera de las metodologías de mantenimiento anteriormente

descritas (MBR, MCC, MBC, entre otros) lo que dará inicio al posible proyecto pero a su vez la oficina de proyectos que se propone crear con esta metodología seleccionara los programas y proyectos a llevar a acabo de acuerdo con una planificación estratégica la cual facilitara la gestión del portafolio de acuerdo con una matriz que permita llevar acabo las actividades mas productivas a los intereses de la empresa.

La propuesta para gestionar el mantenimiento parte de considerar que una vez seleccionado el trabajo a realizar por criticidad, riesgo, falla, entre otros causas se da inicio a un proyecto para llevar a cabo las actividades que permitan restablecer las condiciones o evitar una consecuencia por la falla posible, originándose de allí en adelante un proyecto micro o macro dependiendo de la magnitud del mismo y que puede ser manejado de acuerdo con los nueve procesos de la gerencia de proyectos que se muestra en la figura N° 23 a continuación

Figura N° 23

Procesos de la gestión de proyectos



Fuente: PMBOK (2004)

En la mayoría de las organizaciones de mantenimiento, la iniciación y planificación se llevan a cabo con mucha deficiencia ya que el personal, por lo general, se basa en su experiencia y, por otro lado, las empresas cuentan con altos inventarios que le permiten responder a las improvisaciones.

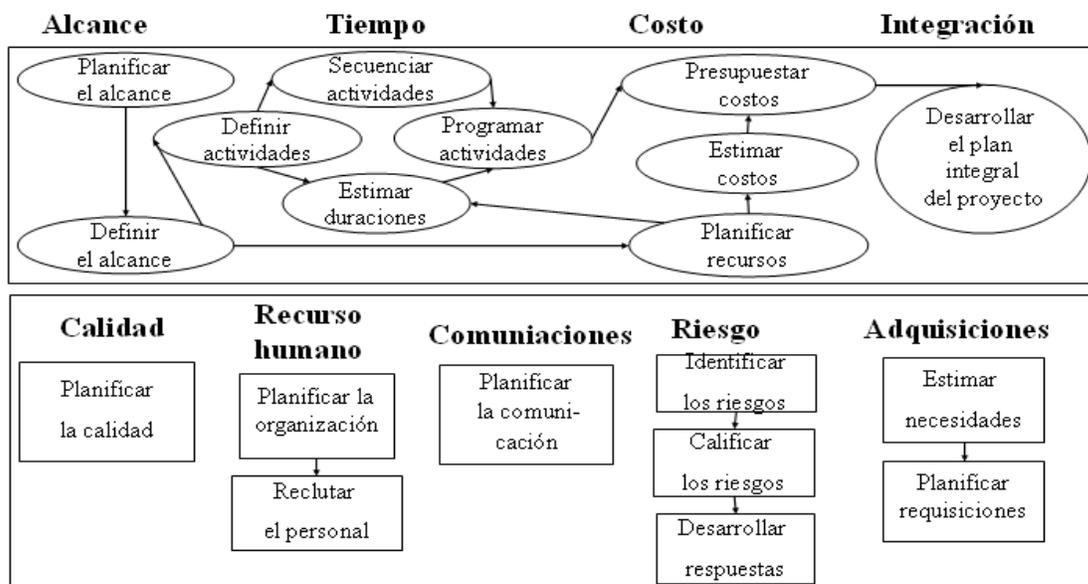
En mantenimiento mayor y paradas de planta tanto la iniciación como la planificación se llevan a cabo en toda su extensión y se da con la identificación y preevaluación y estudio completo de las actividades, y de hecho estos esfuerzos se manejan como proyectos en la actualidad. En mantenimientos menores la iniciación es casi obvia sin embargo existe y debe ser llevada a cabo formalmente de acuerdo con los estudios

de confiabilidad y requerimientos de disponibilidad determinados por producción. Consiste en identificar la factibilidad de efectuar el trabajo, su impacto en producción, entre otros aspectos.

Uno de los grandes retos de cualquier organización de mantenimiento es lograr una buena planificación lo que les garantizaría un cambio de cultura y una ejecución mas eficiente de las acciones La planificaron es el alma de cualquier sistema de gestión y para que esta logre los objetivos deseados debe considerar los procesos básicos que se muestran en la figura N° 24

Figura N° 24

**Actividades y procesos de la fase de planificación**



Fuente PMBOK

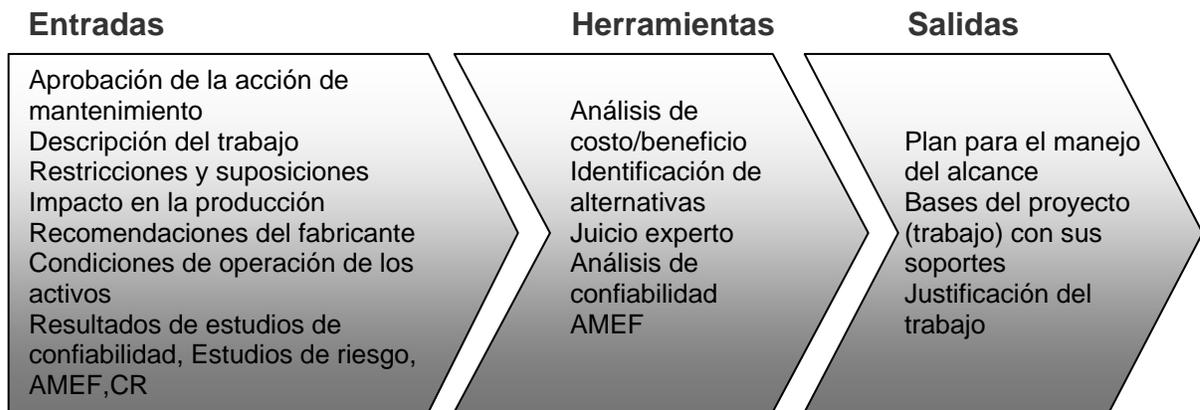
Planificación del alcance de mantenimiento. La organización de mantenimiento como tal debe tener su alcance bien definido según la política de la empresa, sin embargo cada esfuerzo micro o macro que se va a emprender una vez decidido que es conveniente a la organización debe planificarse con el nivel de rigurosidad que amerite el caso, según la complejidad e impacto , en la figura N° 25 se muestran los requerimientos, las herramientas y las los productos obtenidos de la planificación del

alcances según metodología desarrollada por el PMI, la cual se ha sido adaptada al mantenimiento en esta propuesta.

Es el primer paso de la planificación y busca asentar las bases de lo que se va a realizar el objetivo, los productos del trabajo y el establecimiento de las restricciones y supuestos

Figura N° 25

### Planificación del alcance

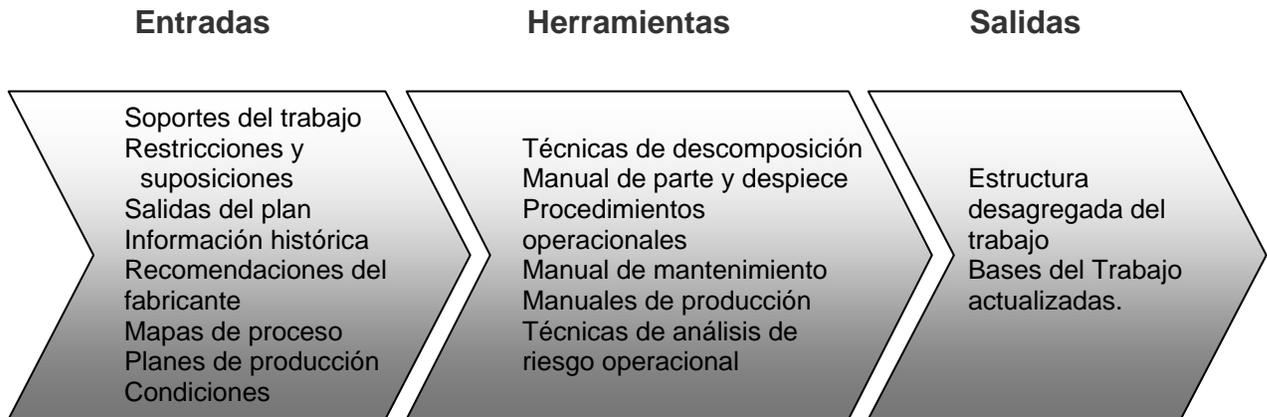


Diseño el investigador (2006)

Definición del alcance. Consiste en definir todo el trabajo que forma y el que no parte del esfuerzo principal o proyecto para este proceso son muy útiles los estudios de confiabilidad , análisis históricos de fallas, recomendaciones del fabricante, análisis de criticidad y riesgo de eventos con consecuencias e falla, en la figura N° 26 a continuación se muestra la cadena secuencial para

Figura N° 26

### Definición del alcance



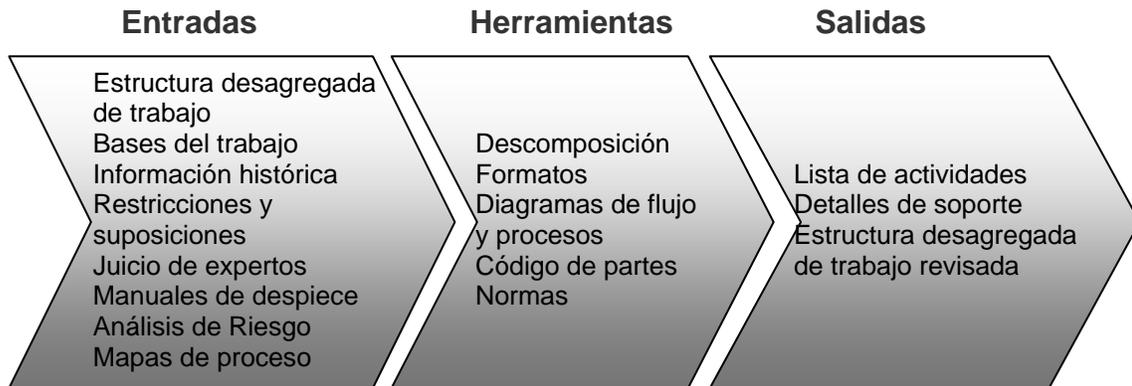
Diseño el investigador (2006)

De acuerdo con las recomendaciones del PMI en el área del manejo del tiempo se distinguen los siguientes subprocesos:

Definición de actividades. Los trabajos de mantenimiento van desde una simple inspección hasta la reestructuración total de un planta por lo que no basta con tener un manual de despiece para tener definida las actividades sino que es necesario contar con los estudios de predicción, detección y prevención soportados en herramientas que permitan indicar que área intervenir y la magnitud de la intervención. La definición de actividades es la etapa final del proceso de descomposición donde se obtiene el listado de actividades en su mínima expresión. En mantenimiento el juicio de expertos es una herramienta muy útil para lograr la definición apropiada En al figura N° 26 se muestra la secuencia lógica

Figura N° 26

### Definición de actividades

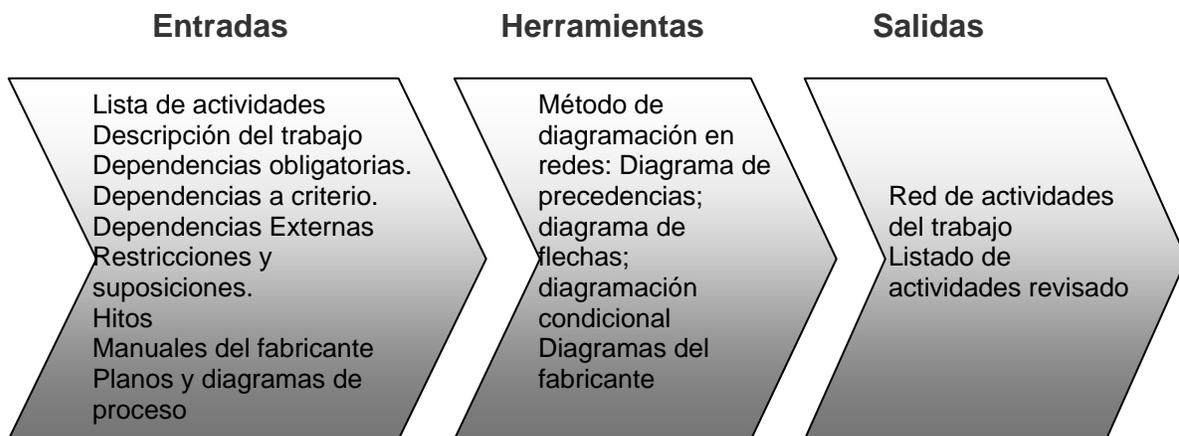


Diseño el investigador (2006)

Lógica secuencial. Establece la interrelación que existe entre actividades. En toda acción de mantenimiento el orden es vital ya que todo forma parte de un sistema enlazado y productivo que permite el movimiento y la transmisión de energía, fluidos, entre otros elementos por lo que la correcta secuencia es la única manera de lograr los objetivos. Los manuales de procedimiento y despiece herramientas son importantes en este proceso, pero también los diagramas y planos de las plantas a si como los análisis de riesgo operacional. En la figura N° 27 se muestra los elementos de entrada las herramientas y las salidas

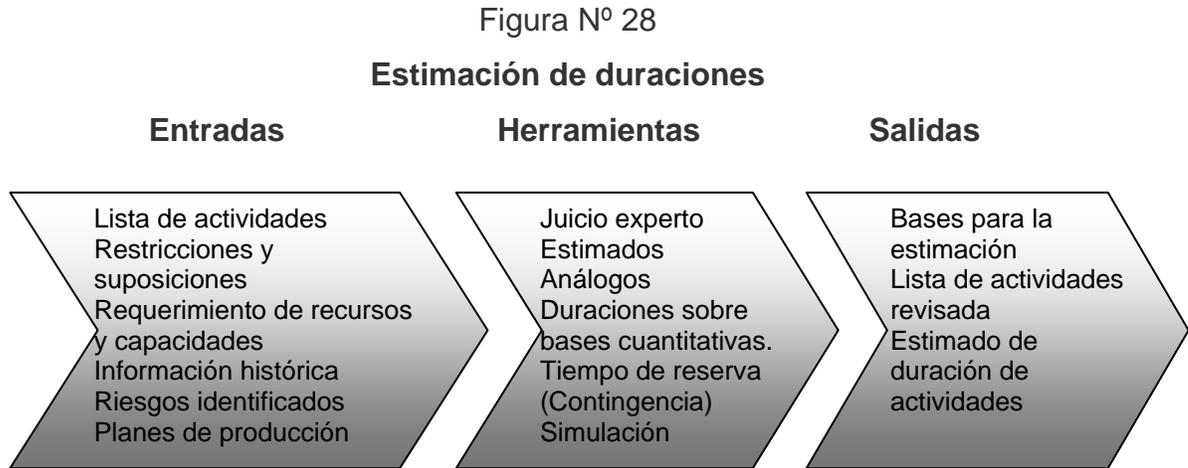
Figura

### Lógica secuencial



Diseño el investigador (2006)

Estimación de duraciones. Consiste en asignar un tiempo de duración a cada actividad de acuerdo con las premisas del trabajo y recursos disponibles, en la figura N° 28 se muestra la secuencia de entrada y salida y las herramientas



Diseño el investigador (2006)

Programación de actividades, Es el proceso de integrar la red de trabajo donde se indican los periodos de inicio y fin de las actividades y del trabajo. Los elementos de entrada y salida se muestran en la figura N° 29

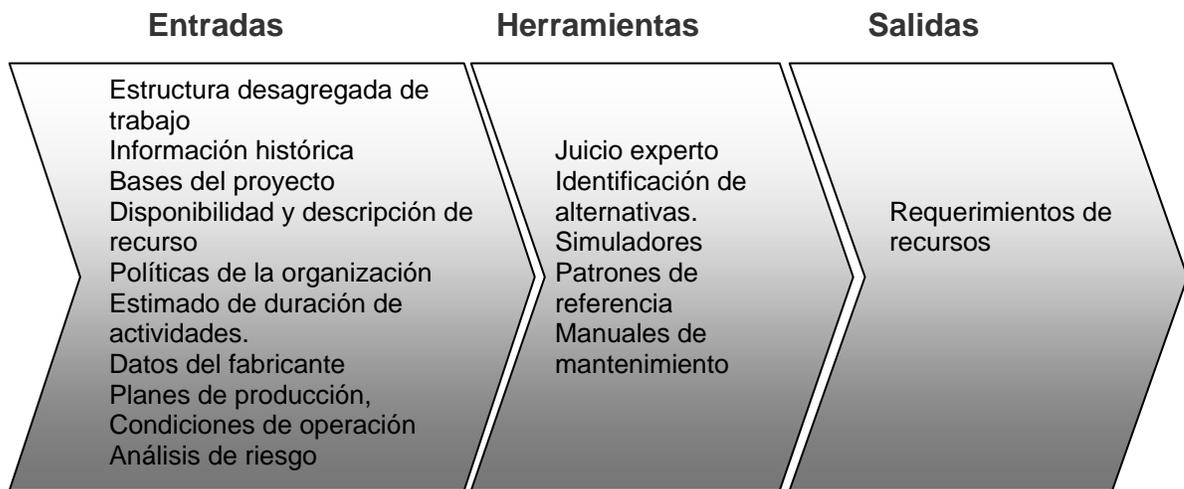


Diseño el investigador (2006)

Manejo de costos. En esta área se distinguen los procesos de planificación de los recursos, estimación de costos y la preparación de presupuesto

Planificación de los recursos. No es más que determinar los recursos totales, humanos y materiales que se necesitan ejecutar las actividades. En la figura N° 29 se muestra la secuencia los elementos de entradas y salidas

Figura N° 29  
**Planificación de recursos**



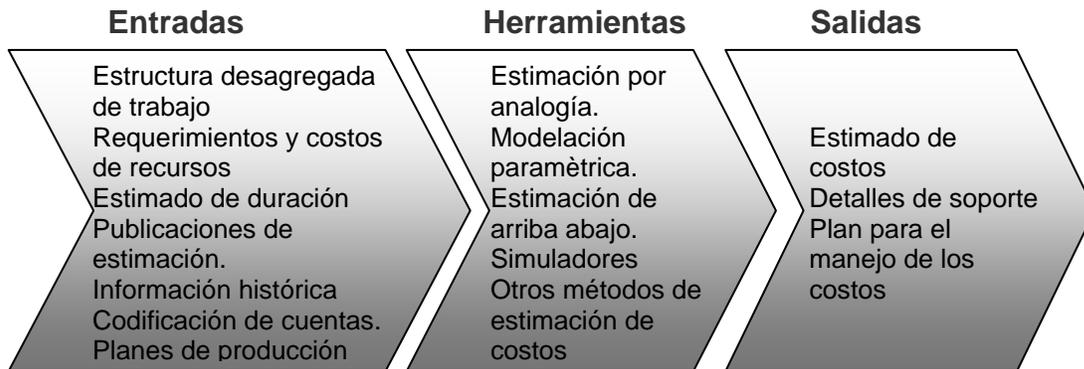
Diseño el investigador (2006)

Estimación de costos. Consiste en determinar cuanto dinero se requiere para adquirir los recursos requeridos para llevar acabo las actividades según el plan.

En los mantenimientos menores el mayor porcentaje del costo el esta asociado a repuestos, mientras que en los mantenimientos mayores y paradas de planta los costos de ano de obra se incrementa considerablemente así como los costos indirectos En la figura N° 30 se muestra los requerimientos y las salidas del proceso

Figura N° 30

### Estimación de costos

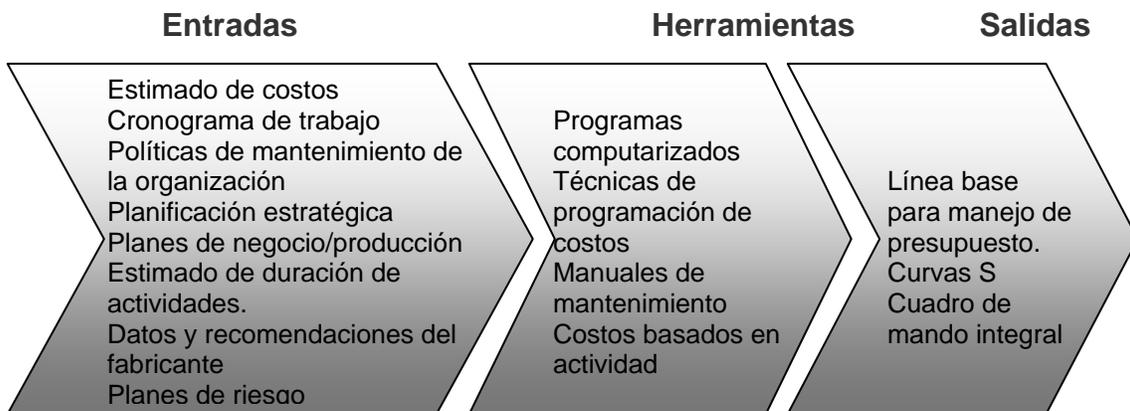


Diseño el investigador (2006)

Preparación del presupuesto. Implica estimar los recursos financieros y el flujo de caja para cumplir con las actividades de acuerdo con el desarrollo del plan en el tiempo, cuando la gestión de mantenimiento es planificada estratégicamente el presupuesto se realiza en periodos contables para llevar a cabo los programas y proyectos según los objetivos ya que los estudios de confiabilidad, información histórica, análisis de falla, y riesgos permiten predecir las actividades de mantenimiento, así como los estudios prospectivos orientan los cambios de tecnología requeridos En la figura N° 31 a continuación se muestra el diagrama de flujos de entradas y salidas del proceso de preparación de presupuesto

Figura N° 31

### Preparación de presupuesto

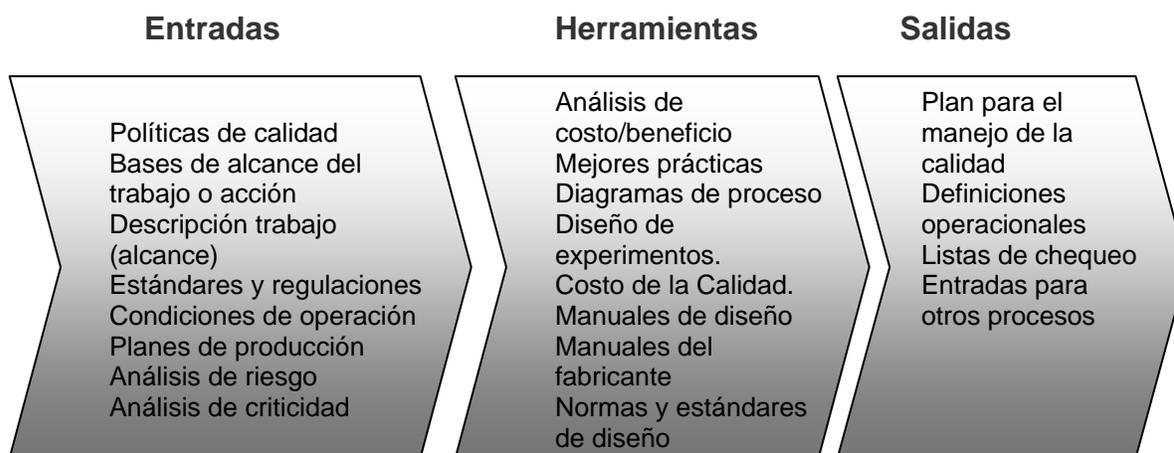


Diseño el investigador (2006)

Área de manejo de la calidad. En este aparte se considera el proceso de planificación de la calidad que consiste en determinar los indicadores de calidad o especificaciones y como alcanzarlas durante la ejecución de trabajo. En la gestión de mantenimiento es preciso contar con una política de calidad definida y estándares de calidad clase mundial ya que el éxito de la gestión se mide con el nivel de desempeño que se logre en la fase operativa.

Las especificaciones del trabajo son el resultado de la aplicación de estudios de ingeniería de mantenimiento, de confiabilidad y de procesos para cada activo según sus condiciones operacionales exclusivas, en la figura N° 32 se muestra los requerimientos de entrada y las salidas del proceso

Figura N° 32  
**Planificación de la calidad**



Diseño el investigador (2006)

Área de manejo de recurso humano, la planificación distingue dos procesos la planificación de la organización y la adquisición del recurso humano.

Planificación de la organización consiste en organizar el recurso humano que se necesita para ejecutar cada una de las actividades, es decir; establecer responsabilidades y roles. En los trabajos de mantenimiento mayor en general la acción es única la cual se considera como un macro proyecto, mientras que el

mantenimiento menor los trabajos están conformados por microproyectos por lo que la organizaciones se realiza por programas (grupo de microproyectos) En la figura N° 33 se muestran los requerimientos de entrada y salida del proceso

Figura N° 33

**Planificación de la organización**



Diseño el investigador (2006)

Adquisición de personal, Toda vez que los roles han sido planificados procede se a la asignación de las personas. En la acciones de mantenimiento menor la mayoría e la empresas lo realiza con personal propio o contratado permanente, mientras que en mantenimiento mayor en general se realiza mediante contratos temporales, En la figura N° 34 se muestra

Figura N° 34

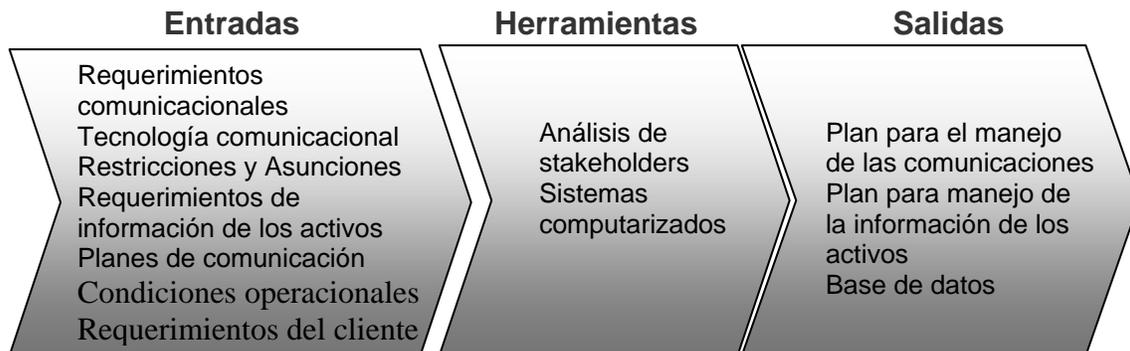
**Adquisición de personal**



Diseño: el investigador 2006

Área de manejo de las comunicaciones. En la gestión de mantenimiento además de establecerse los requerimientos de información y comunicación que hacen falta para garantizar la participación de los stakeholders es necesario un plan de recolección y almacenamiento de datos operacionales de los activos, registros y documentos ya que estos son el pilar para la toma de decisión en basada hechos y garantía de confiabilidad del proceso, la figura N° 35 muestra los elementos de entrada y salida del proceso

Figura N° 35  
**Planificación de las comunicaciones**

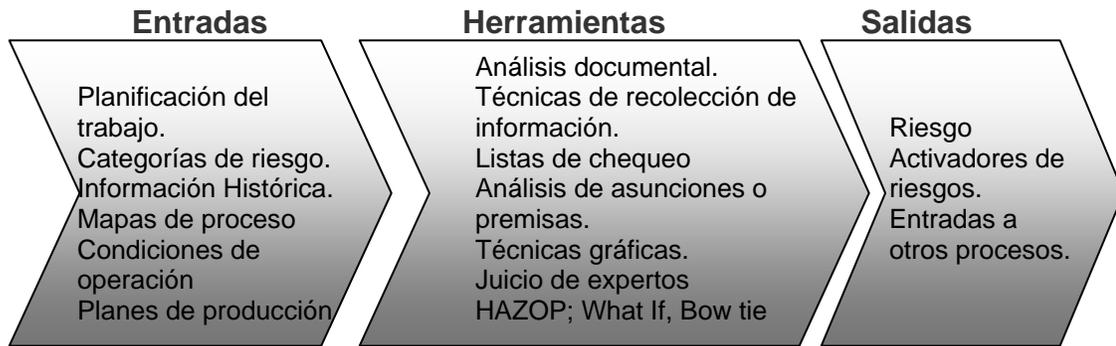


Diseño el investigador (2006)

Área de manejo de Riesgos, La gerencia de proyectos considera tres procesos los cuales pueden ser aplicados tantos a la gestión de la actividad como a las operaciones. En mantenimiento es importante el manejo de los riesgos que pueden afectar la gestión pero también los presentes en la operación ya que estos afectan los objetivos estratégicos del mantenimiento (disponibilidad y eficacia)

Identificación de riesgos; Consiste en identificar y caracterizar los riesgos que pueden afectar la ejecución del trabajo y en caso de mantenimiento adicionalmente los riesgos que pueden afectar la confiabilidad operacional, es decir probabilidad de ocurrencias de eventos o modos de falla con consecuencias. La figura N° 36 muestra el flujo de entradas y salidas de este proceso

Figura N° 36  
Plan de identificación de los riesgos



Diseño el investigador (2006)

Durante la gestión del trabajo existen riesgos presentes entre los que se pueden identificar los siguientes en cada proceso

Riesgos del alcance:

- Actividades no previstas
- Definición incompleta de la estructura desagregada de trabajo
- Falta de claridad en los requerimientos de calidad

Riesgos del tiempo:

- Retrasos producidos por huelgas, falta de materiales, clima adverso o Retrabajos
- Errores en la estimación
- Pobre negociación
- Cambios en la cantidad de trabajo

Riesgos del costo:

- Variabilidad impredecible de los precios
- Accidentes y robos en el proyecto
- Errores en la estimación
- Falta de contingencias adecuadas

- Baja productividad,
- Bajo desempeño de los activos

Riesgos de comunicaciones/información:

- Mala interpretación de los mensajes
- Ausencia de la planificación de las comunicaciones
- Inapropiado uso de los medios
- Falta de consulta de información actualizada
- Ausencia de planes de recolección y manejo de la información

Riesgos del recurso humano:

- Falta de motivación e integración del personal
- Conflictos mal tratados
- Baja recompensa emocional
- Indefiniciones en los roles, responsabilidades y asignaciones
- Ausencia de liderazgo
- Pobre rendimiento de cuentas

Riesgos de calidad:

- Desempeño pobre
- Impacto ambiental/seguridad e higiene
- Pobre actitud hacia la calidad
- Falta de estándares en el diseño, métodos procesos,
- Programa equivocado para el aseguramiento de la calidad

Riesgos de compras:

- Insolvencia de contratistas
- Solución de reclamo
- Condiciones de contratación no aplicables
- Inestabilidad financiera

- Retrasos en el pago
- Asignaciones equivocadas del riesgo
- Simplemente relaciones adversas.

#### Riesgos del riesgo:

- subestimación del riesgo
- Irreal optimismo
- Inapropiada asignación de responsabilidades
- Pobre gerencia de la seguridad
- Falta de información de la disponibilidad del personal
- Falta de control en el proyecto

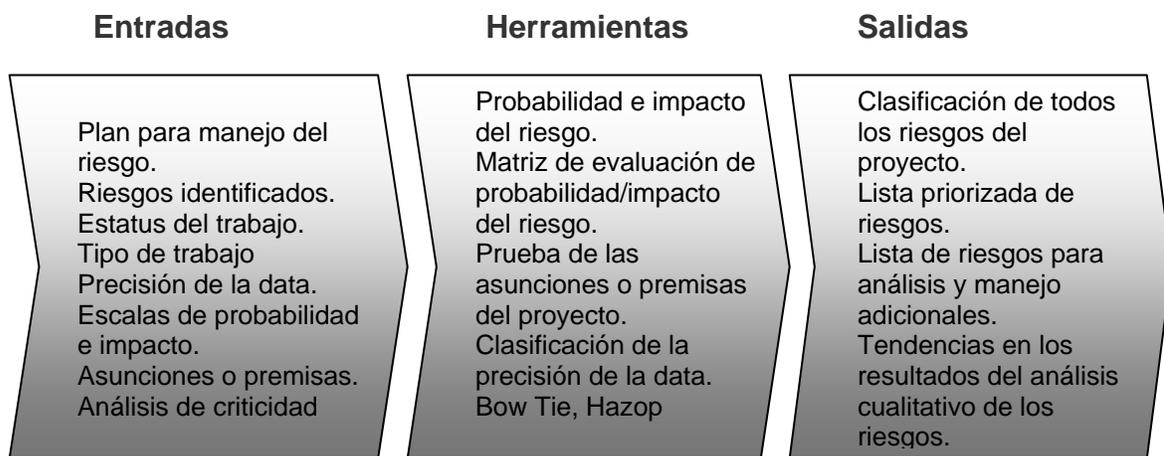
La gestión de mantenimiento adicionalmente a las responsabilidades de gestionar las actividades propias de la función dentro de los parámetros de tiempo costo y calidad debe velar porque durante la fase operativa se controlen los riesgos que puedan afectar la operatividad segura de los activos, es decir posibilidad de fallas que es necesario tomar en cuenta para realizar las acciones bajo premisas que contemplen respuestas a los riesgos presentes. Los patrones mas frecuentes que rigen los modos de fallas son los siguientes

- Modelos de fallas según la curva de la bañera (alto índice de fallas al inicio de la vida luego le sigue un periodo de estabilización con fallas aleatorias mas o menos constantes incrementándose luego por desgaste conocido como fallas por edad.
- Modelo de falla tradicional, el cual considera que la probabilidad de fallas aumenta en el tiempo
- Índice e falla incremental con el uso (la probabilidad de fallas aumenta con el uso del activo)
- Índice de fallas que considera baja probabilidad al inicio y comportamiento aleatorio constante en el tiempo
- Índice e falla constante independientemente del envejecimiento del activo

- Modelo tipo “J” invertida. Según este modelo existe alto índice de fallas infantiles y luego le sigue un periodo de fallas constantes
- Eventos con consecuencias humanas o materiales que pueden ser causadas por mala operación o por desastres naturales

Calificación de riesgos. Proceso de evaluación del riesgo para determinar el efecto en el trabajo y en la disponibilidad de los activos, debido a la alta posibilidad que ocurra el evento o el impacto de su ocurrencia. En la figura N° 37 se muestra los elementos de entrada y salida de este proceso

Figura N° 37  
**Calificación de riesgos**



Diseño: el investigador 2006

Plan de respuesta. Curso de acción para evitar o reducir el impacto de los riesgos, que permite llevar acabo los trabajos de acuerdo con el plan, determinar que acción especifica tomar y en que momento tanto en el desarrollo del proyecto como tal como en la selección del trabajo de acuerdo con la consecuencia de las fallas identificada que es una acción especifica de mantenimiento apoyada por una metodología especifica en la figura N° 38 se muestran las entradas y salidas del proceso.

Figura N° 38  
**Plan de respuesta**



Diseño: el investigador 2006

Área de manejo de las adquisiciones, se manejan el proceso de planificación de las necesidades y planificación de las requisiciones.

Planificación de las necesidades. Consiste en identificar las principales necesidades del proyecto y la necesidad de adquirirlos. Determinando la forma, la fecha, la cantidad y sitio de entrega. Para mantenimiento es importante el manejo del inventario de repuestos ya que introduce un factor de ineficiencia y aumentos de los costos. En la figura N° 39 se muestran los elementos de entrada y salida

Figura N° 39

**Planificación de las necesidades**

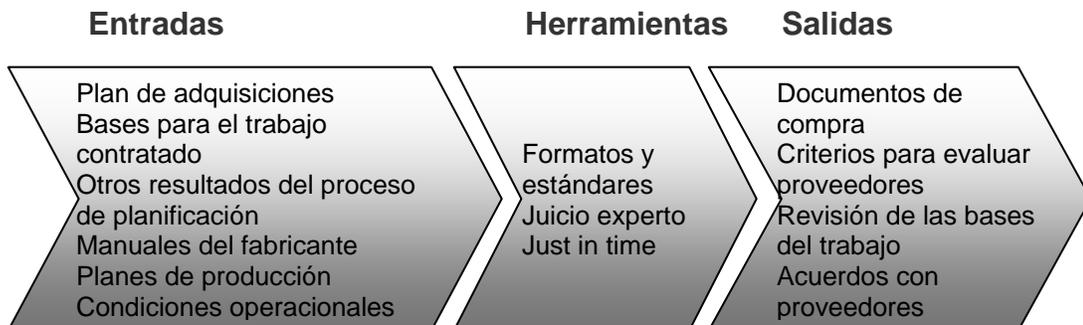


Diseño: el investigador 2006

Planificación de las requisiciones. Consiste en producir la documentación necesaria para la contratación de los productos y servicios requeridos, es recomendable establecer acuerdos con los fabricantes y formar una cadena de suministros a fin de garantizar la entrega justo a tiempo para reducir costos de manejo de inventario sin detrimento de la soportabilidad, por tiempos de espera. En la figura N° 40 se muestran las entradas y salidas del proceso.

Figura N° 40

**Planificación de las requisiciones**



Diseño el investigador (2006)

El área de integración, desarrolla el plan integral del trabajo que implica ensamblar en forma ordenada todos los aspectos del proyecto que permiten llevarlo a feliz término. Las entradas y salidas se muestran en la figura N° 41

Figura N° 41



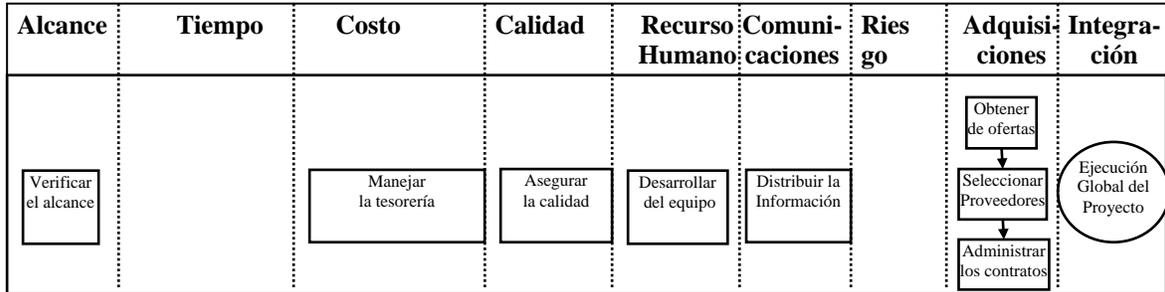
Diseño el investigador (2006)

Fase de ejecución. En esta fase según la concepción del PMBOK la gerencia desarrolla todos los procesos enmarcados dentro de acciones que pretenden dar respuesta a los problemas técnicos que se presentan durante la ejecución trabajo. En la figura N° 42 se muestra las actividades de esta fase en cada uno de los procesos de gestión.

En mantenimiento un alto porcentaje del éxito de las gestión esta asociado a la ejecución, fundamentalmente cuando se trata de aplicaciones menores y correctivas donde el tiempo disponible para la planificación es extremadamente escaso, aunque esto no necesariamente conlleva a un detrimento de la calidad, si introduce un elemento de riesgo que debe ser suplido con alto desempeño en la fase ejecutora

Figura N° 42

**Procesos de ejecución**

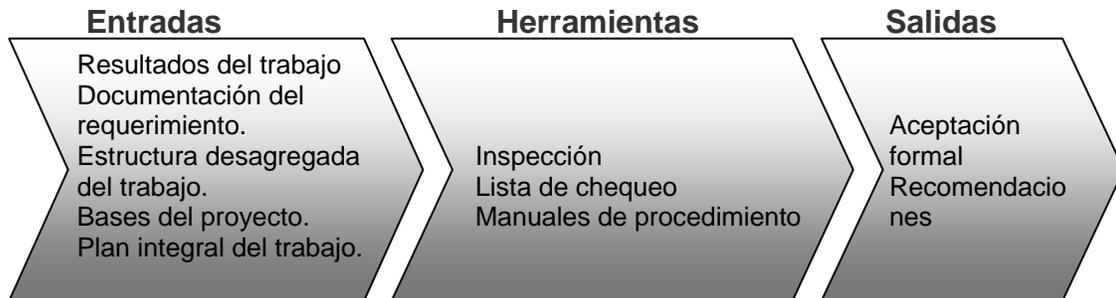


Diseño el investigador (2006)

Verificación del alcance. Son el conjunto de acciones que se llevan a cabo para verificar que se haga lo se incluyo en el alcance, en la figura N° 50 se muestra las entradas y salidas del proceso. En las acciones de mantenimiento menor la verificación debe hacerse en sitio ya que el tiempo de ejecución en general muy corto.

Figura N° 43

**Verificación del alcance**

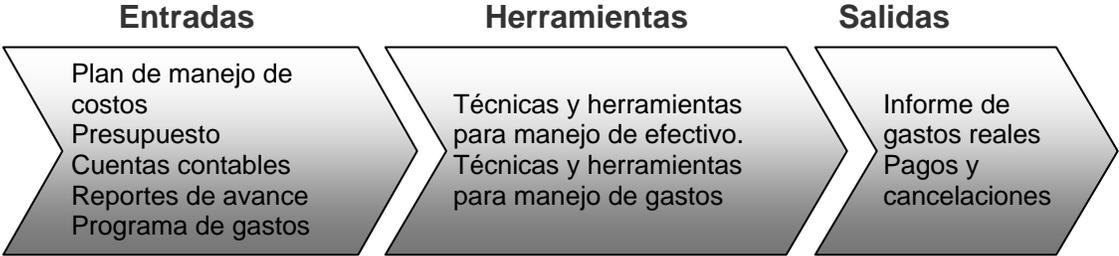


Diseño: el investigador 2006

Manejo de la tesorería. El manejo de las entradas y salidas en mantenimiento se hace complejo debido a la diversidad de actividades que se ejecutan específicamente en mantenimiento menor por la rapidez de las actividades. El manejo apropiado permite saber con certeza el gasto de sustentación de cada activo

que es un elemento determinante para verificar cuando es necesario su reemplazo. En la figura N° 44 se muestran los requerimientos del proceso y los productos del mismo

**Figura N° 44**  
**Manejo de la tesorería**



Diseño: el investigador (2006)

Asegurar la calidad. Para el PMI este proceso permite asegurar llevar a la realidad lo planificado. Para mantenimiento es importante apoyarse en sistemas de aseguramiento de la calidad como ISO 9000 que permita aplicar los principios de calidad no solo a un trabajo en particular sino a la gestión propiamente dicha sabiendo que de esta manera cada acción emprendida producirá un resultado según estándares de calidad. En la figura N° 45 se muestra el proceso con los elementos de entrada y salida

**Figura N° 45**  
**Aseguramiento de la calidad**

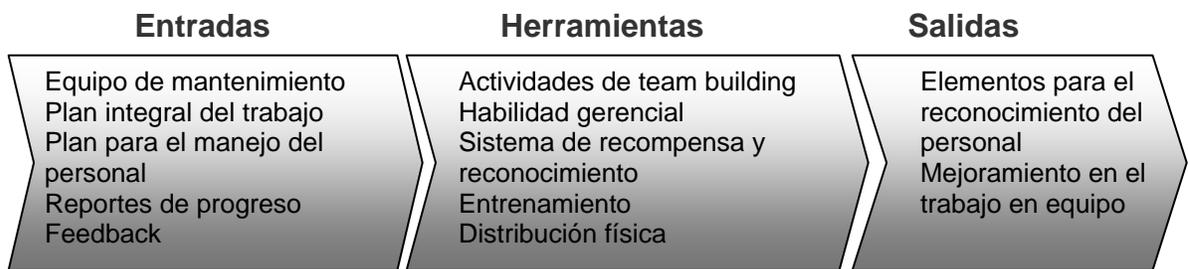


Diseño: el investigador (2006)

Desarrollo del equipo Se debe conformar una oficina de mantenimiento (oficina de proyectos de mantenimiento) aplicar las políticas generales según el enfoque metodológico de la empresa, es decir; la organización de la metodología de mantenimiento proactivo (MCC, MCM, TPM, MBR) que servirán de soporte técnico de la gestión. Por otro lado se debe conformar los equipos para manejar los procesos propios de la gestión de proyectos y los equipos especializados para ejecución: En la figura N° 46 se muestran los elementos de entrada y salida del proceso

Figura N° 46

**Desarrollo de los equipos de trabajo**

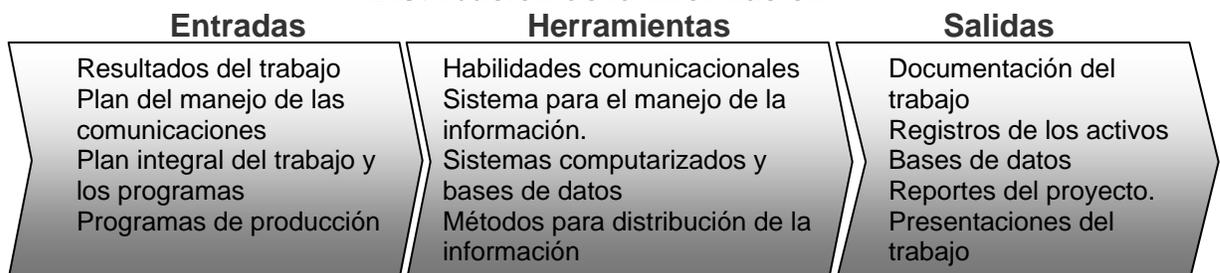


Diseño el investigador (2006)

Distribución de la información. Consiste en hacerle llegar la información requerida a los miembros en el momento adecuado. Para mantenimiento además es vital el record histórico de todos los sucesos. Los activos deben tener un archivo completo de todos lo eventos los cuales deben estar disponibles para todos los involucrados especialmente para el equipo de planificación, producción y de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad. En la figura N° 47 se muestran las entradas y salidas del proceso

Figura N° 47

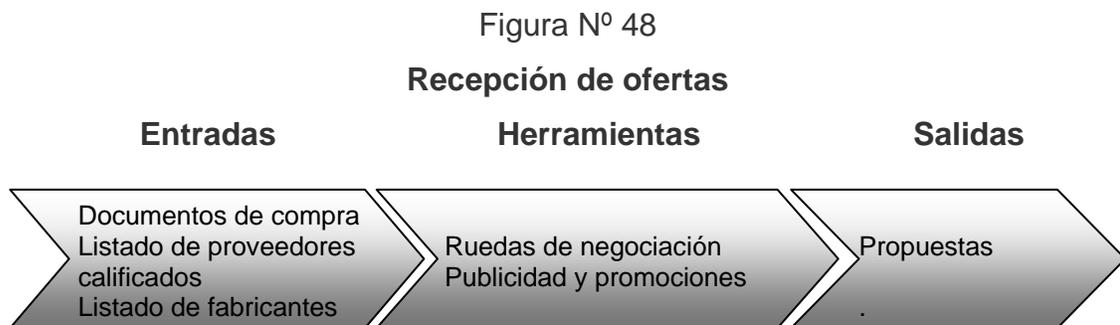
**Distribución de la información**



Diseño el investigador (2006)

Procura de productos y servicios. En la fase de ejecución se lleva a cabo los procesos asociados a la recepción de ofertas, la selección de proveedores y la administración de los contratos.

Recepción de ofertas. El éxito del mantenimiento tiene un gran componente asociado a la gestión adecuada de la procura, ya que las actividades en su mayor parte tienen alto consumo de materiales y repuestos, y algunas empresas incluso contratan los servicios. La gerencia debe canalizar todo lo referente a las negociaciones, licitaciones y la recepción de las ofertas, bajo las normas de la empresa, La figura N° 48 muestra los principales elementos que intervienen en este proceso

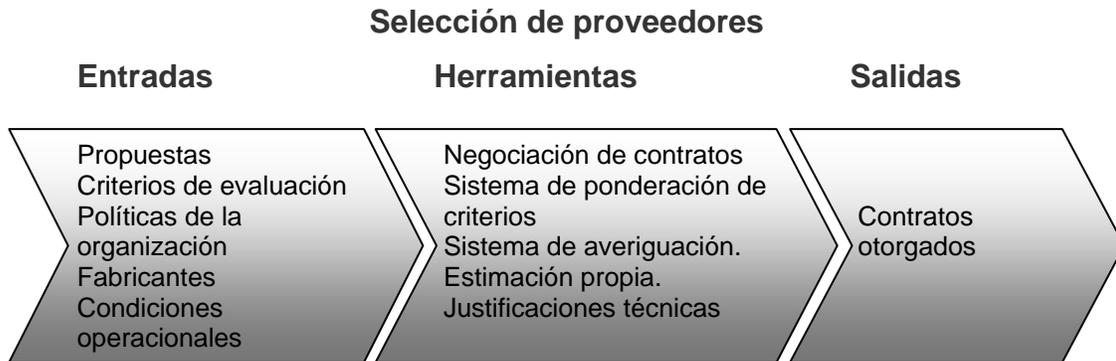


Diseño: el investigador (2006)

Selección de proveedores. Este proceso se facilita, al tomar en cuenta que para garantizar la integridad de los activos estos deben usar repuestos originales por lo que la línea de procura estará formada principalmente por suplidores exclusivos, que incluso en muchas ocasiones pueden establecer acuerdos de servicio para garantizar la confiabilidad. Sin embargo también en mantenimiento se requieren servicios adicionales catalogados dentro de la gama de acciones indispensables para asegurar la continuidad operacional.

El proceso de selección de los proveedores se lleva a cabo a través de una matriz técnico-económica y legal para asegurar la rentabilidad integral y la transparencia. Los elementos de entrada y salida se muestran en la figura N° 49.

Figura N° 49

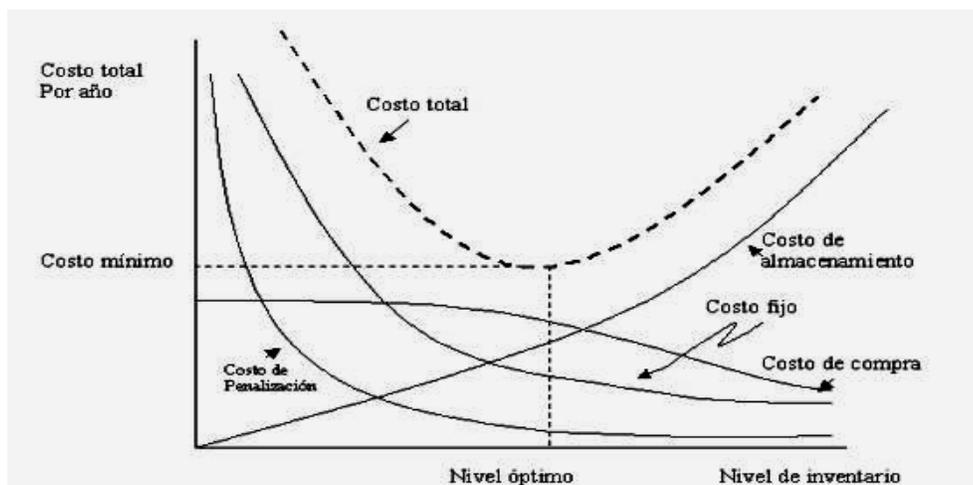


Diseño el investigador (2006)

La gestión moderna del mantenimiento se orienta en el desarrollo de cadena de valor de proveedores para asegurar la entrega oportuna, de calidad y reducir al mínimo los inventarios aplicando de filosofía justo a tiempo (just in time). En la figura N° 50 se muestra una grafica que refleja el costos de manejo de los inventario.

Figura N° 50

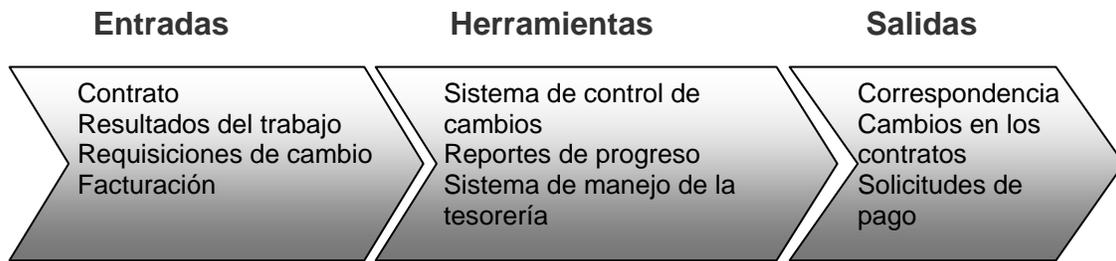
**Costos de manejo de inventario**



Fuente: [www.tpmonline.com/articles\\_on\\_total\\_productive\\_maintenance/management/gestmtlesmtto.htm](http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/management/gestmtlesmtto.htm) - 30k

Administración de contratos. Proceso de supervisión para asegurar que se cumpla lo acordado en el contrato, tanto en calidad, como cantidad y tiempo, pero adicionalmente que no se excedan las partidas y registrar todos los eventos ocurridos. El enfoque del PMI muestra el diagrama de flujo con los elementos de entrada y salida como se observa en la figura N° 51

Figura N° 51  
**Administración de contratos**



Diseño: el investigador (2006)

Control del proyecto, El control de los trabajos de mantenimiento vistos como proyecto una vez tomada la decisión de llevarlo a cabo comienza por controlar tanto el alcance hasta los cambios que se den producto de las necesidades que surjan durante la ejecución física y que pretenden asegurar un mejor desempeño futuro de los activos. En la tabla N° 11 se muestran los procesos que se llevan a cabo en esta fase

Tabla N° 15  
**Procesos de control**

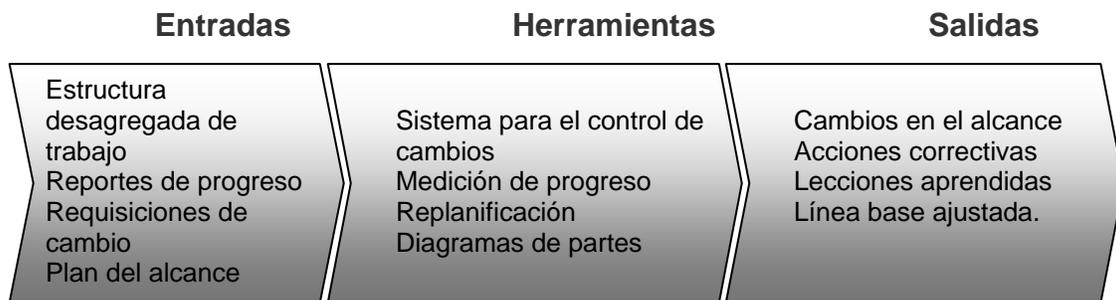
Alcance	Tiempo	Costo	Calidad	Recursos Humanos	Comunicaciones	Riesgo	Adquisiciones	Integración
Controlar alcance	Controlar el cronograma	Controlar el costo	Controlar la calidad		Reportar el progreso	Controlar respuesta		Control global de cambios

Diseño el investigador (2006)

Control del alcance. El alcance del trabajo es la esencia del proyecto ya que es producto de los estudios previos que dan su origen por lo que es vital que se controle que este se haga de acuerdo con lo objetivos que se planearon, por lo que es necesario velar que los cambios que se llevan acabo se manejen con el nivel de autorización técnico y legal correspondiente. Para mantenimiento tanto correctivo como proactivo es indispensable que cada trabajo realizado sobre un activo quede perfectamente documentado ya que esto permitirá mejorar la planificación para los nuevas acciones En la figura N° 52 se muestran los procesos de entrada y salida según el PMI

Figura N° 52

**Control de cambios de alcance**

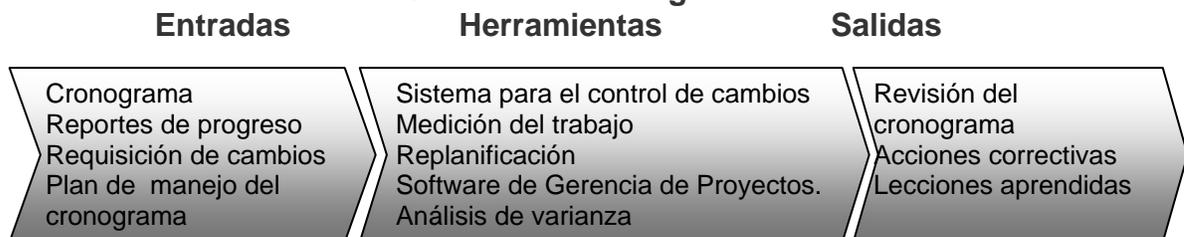


Diseño: el investigador (2006)

Control del trabajo (cronograma) En este proceso se evalúa el comportamiento de la ejecución de las actividades en cuanto a tiempo en comparación con lo planeado. Cumplimiento del cronograma. En la figura N° 59 se muestran los elementos de entrada y salida de este proceso

Figura N° 53

**Control del cronograma**



Diseño: El investigador (2006)

Control del costo. Es el conjunto de acciones que se ejercen para la revisión contable de los gastos acumulados de los micro proyectos y los programas que se están llevando a cabo en la gerencia de mantenimiento para ser comparados con los presupuestos respectivos. La tendencia moderna indica que los presupuestos deben estar centrados en los activos y que estos deben ser gestionados como elementos de producción. En la figura N° 54 se muestran los elementos de entrada y salida respectivos. En esta propuesta se usa la metodología de costos basados en actividad para controlar los costos.

Figura N° 54  
**Control de costos**

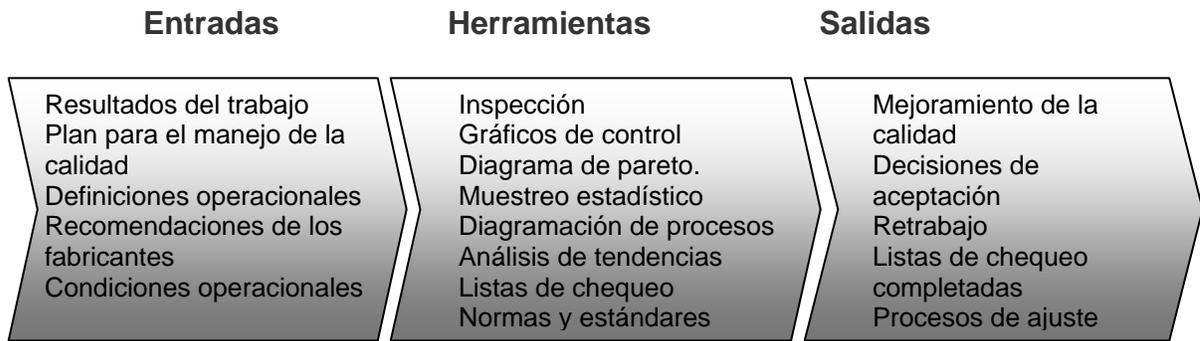


Diseño: el investigador 2006

Control de calidad, proceso de verificación de las variaciones en los parámetros contemplados en las especificaciones, mejores prácticas y recomendaciones del fabricante siendo estas las entradas o patrones de comparación como se muestra en la figura N° 55.

Figura N° 55

**Control de calidad**

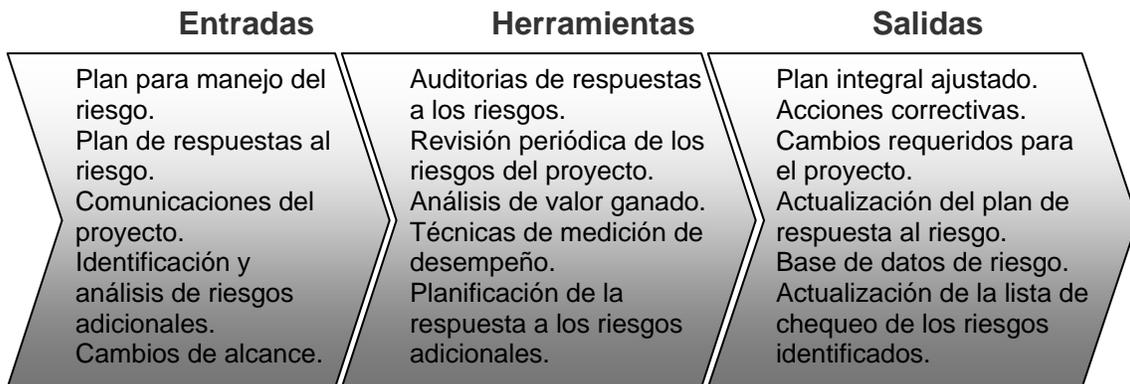


Diseño: el investigador (2006)

Control de respuestas Para mantenimiento es importante dar respuesta adecuada durante la ejecución del trabajo pero también es determinante garantizar las acciones que minimicen los eventos indeseados en la fase operativa, dando respuesta oportuna con acciones de mantenimiento proactivo, es decir; desarrollar las actividades para cambiar una situación riesgosa indeseada en una situación segura y confortable para la empresa. En la figura N° 56 se muestran el diagrama de entradas y salidas del proceso

Figura N° 56

**Control de respuestas a riesgos**



Diseño: el investigador (2006)

**Procesos de la fase de Finalización** en esta etapa que se materializa con la entrega formal del trabajo, En mantenimiento el protocolo de entrega es muy importante ya que se transfieren la información necesaria para la operación correcta de los activos. Los cierres administrativos se deben llevar acabo con rigor para asegurar que la información y los sucesos sea registrada correctamente como histórico de cada activo.

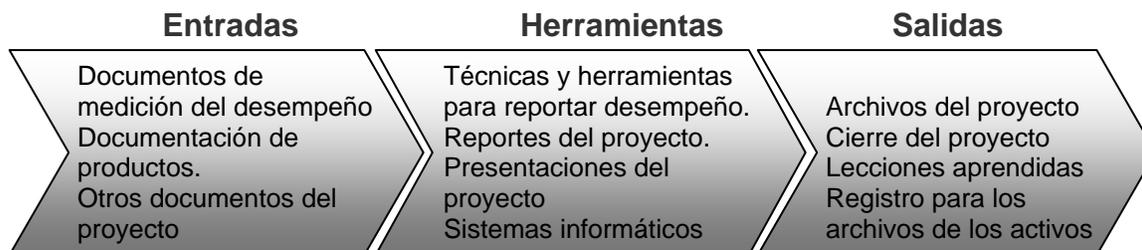
En mantenimiento menor existen pocos contratos, a diferencia de mantenimiento mayor donde se manejan una gran cantidad. En esta etapa de finalización en general se manejan dos procesos que son cierre de contrato y cierre administrativo

Cierre administrativo. Consiste en general el informe final o post mortem del trabajo donde se reflejan todos los eventos que sucedieron así como las fallas y logros alcanzados. Para mantenimiento esto es una historia que debe incluir que se hizo, que se reemplazo o modificó, que tipo de material o repuesto se instalo, entre otras cosas, dejando asentado las nuevas condiciones operativas del activo. También debe reflejar las mejores prácticas aplicadas durante la ejecución y el record de la experiencia vivida, con los hallazgos encontrados. En la figura N° 60 se muestra el diagrama del proceso.

En esta etapa se recomienda revisar el desempeño del recurso humano junto con el análisis del informe final del trabajo. El desempeño del equipo de mantenimiento es muy importante ya que la continuidad del personal en la ejecución de las actividades le da estabilidad y aumenta el nivel experticia y especialización por lo que es importante la evaluación individual y en equipos según cada actividad o proyecto que se lleve acabo

Figura N° 60

### Cierre administrativo

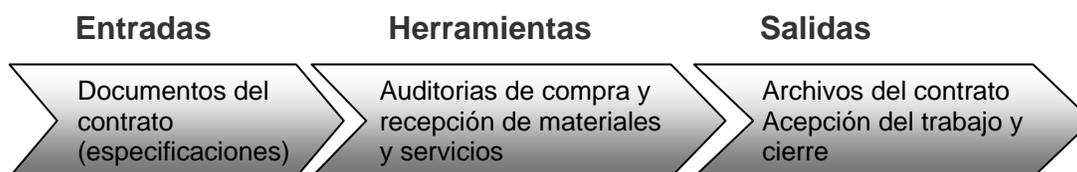


Diseño: el investigador 2006

Terminación y cierre de contratos Es una parte importante del proceso e incluye todas las acciones para finalizar los compromisos contractuales. En la figura N° 61 se muestra el diagrama de flujo con sus entradas y salidas. Esta es más presente en mantenimiento mayor y en el caso de empresas que realizan la actividad totalmente contratada, en mantenimiento menor la actividad por lo general es interna y se limita a la entrega del activo al custodio y la firma de la orden de trabajo.

Figura N° 61

### Cierre de contratos



Diseño: el investigador 2006

El modelo de gestión de mantenimiento propuesto incluye dentro de su sistema de gestión el desarrollo de una oficina de proyectos con la finalidad de manejar de manera integral todos los programas y proyectos tanto de para mantenimiento mayor como para mantenimiento menor y más allá de eso los programas y proyectos de optimización de y mejoras de tecnologías de la infraestructura.

**Desarrollo de la oficina de proyectos:** La oficina de mantenimiento tiene una función estratégica para planificar a largo plazo lo referente a mantenimientos mayores, reemplazo de equipos y cambios de tecnología así como garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos pero también tiene una función operativa que se encarga de coordinar y programar los recursos a fin de ejecutar los mantenimientos menores en función de asegurar el cumplimiento de los planes de producción diaria, esta planificación y coordinación se realiza dentro de la consideración que los recursos son siempre limitados y mas aun para mantenimiento cuando este en general es supeditado a las políticas de producción, de allí que es imprescindible gerenciar de acuerdo con una visión estratégica y manejo de portafolios. La oficina de proyectos se encargara de la planificación y coordinación de los trabajos en función de los objetivos estratégicos mediante:

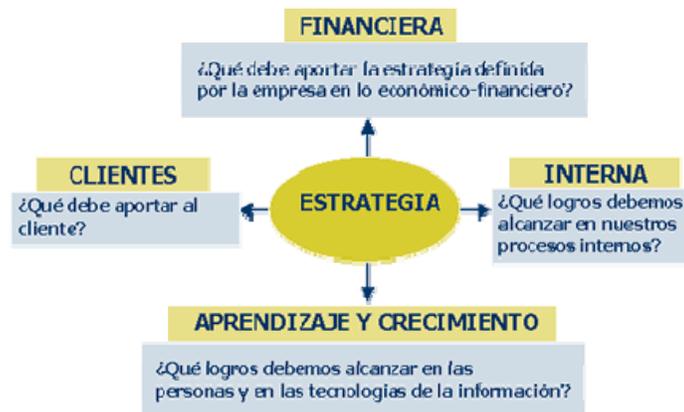
- Planificación estratégica, la gerencia corporativa de mantenimiento planificara de acción en cuanto a la gestión y tecnología de activos de acuerdo con políticas de competitividad corporativos según la dirección hacia donde irá la empresa, para guiarla hacia la consecución de los objetivos
- Gerencia de programas. Todas las programas de mantenimiento será gestionados integralmente desde la oficina a fin de aprovechar al máximo los recursos, evitar interferencias entre proyectos maximizar el valor agregado al cliente en cuanto a impacto en la producción y asignar recursos según la prioridad del conjunto y no de metas temporales
- Gerencia de portafolio Esta metodología se basa en el principio que los recursos de cualquier organización son limitados. Por ello, es necesario disponer de una metodología de gestión de la cartera de proyectos alineada con la estrategia de la empresa: así se ejecutaran los proyectos que aporten mayor valor a la organización, la metodología para la selección será la matriz esfuerzo impacto
- Gerencia de proyectos: La metodología planteada busca gestionar cada trabajo haciendo uso de las herramientas de gerencia de proyectos para asegurar cumplir con los parámetros de éxito de tiempo, costo y calidad

- Legado estratégico, la gestión de mantenimiento debe tener su misión, visión, valores y objetivos alineados con el legado corporativo a fin de delinear el camino y aportar valor en la dirección correcta
- Indicadores de gestión, para asegurar el control de la gestión total en este modelo se usara el cuadro de mando integral como medio para asegurar un balance y coordinación desde el nivel estratégico hasta la operatividad. Bajo este punto de vista el mantenimiento estar enfocado al negocio, es decir; buscando la dirección que permita la máxima creación de valor por lo cual será gestionado en las cuatro perspectivas consideradas en el cuadro de mando integral
  - La perspectiva financiera. Las medidas de actuación financiera indican si la puesta en practica de la estrategia de mantenimiento, está contribuyendo a la obtención de mejores resultados desde el punto de vista del accionista
  - La perspectiva del cliente. En esta perspectiva se identifican los segmentos de clientes, es decir; producción o las empresas que requieren mantenimiento con terceros, donde compite la unidad u organización de mantenimiento, así como las medidas de desempeño de la misma en esos segmentos seleccionados.
  - La perspectiva del proceso interno. Se identifican los procesos críticos internos en los que la organización debe ser excelente. Las medidas de los procesos internos se centran en aquellos procesos que tendrán mayor impacto en la satisfacción del cliente y en la consecución de los objetivos financieros
  - La perspectiva de aprendizaje y crecimiento. La formación y crecimiento de una organización proceden de tres fuentes principales: las personas, los sistemas y los procedimientos. Las medidas basadas en los empleados incluyen una mezcla de indicadores de resultados genéricos como satisfacción, retención, capacitación y habilidades de los empleados, en la gestión de mantenimiento indican la capacidad para innovar, cambiar y mejorar continuamente para alcanzar los objetivos en el ámbito de la competitividad

En la Figura N° 57 se muestra el esquema del cuadro de mando integral general para una organización en sus cuatro perspectivas

Figura N ° 57

### Esquema del cuadro de mando integral en las cuatro perspectivas



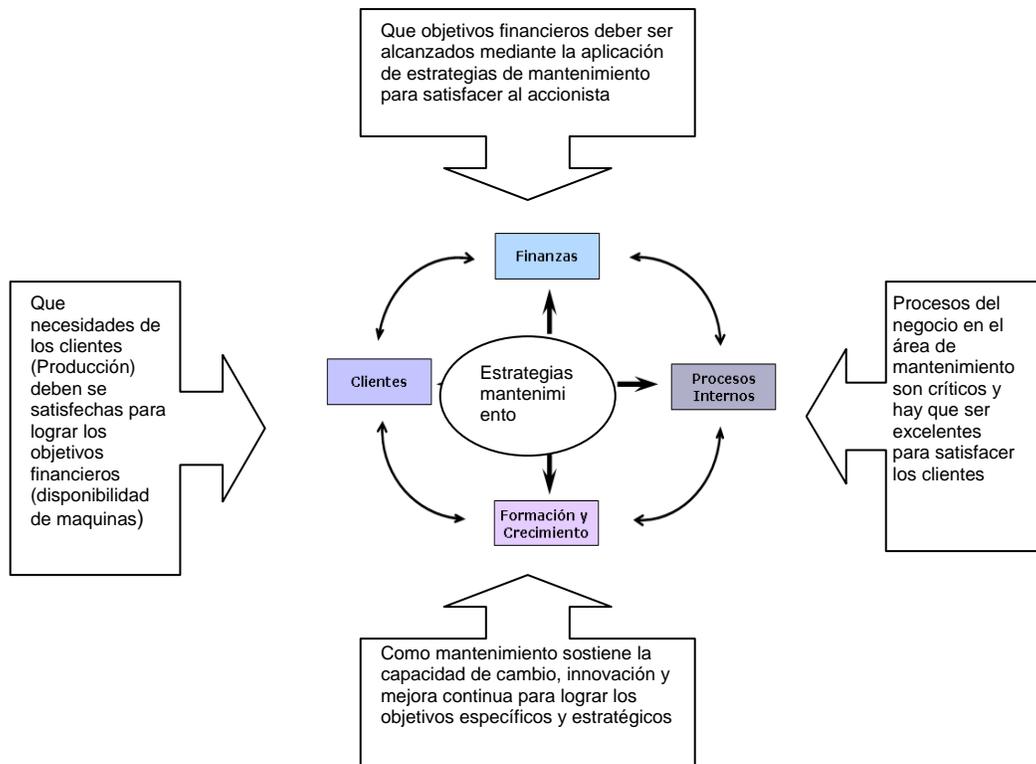
Fuente:[www.gotopsolution.com/gotopsolution/paginaPro](http://www.gotopsolution.com/gotopsolution/paginaPro).

La aplicación del cuadro de mando integral en el área de mantenimiento conlleva a la creación de un negocio con objetivos interdependientes alineados a todo nivel a fin de articular los esfuerzos de manera balanceada, tomando en cuenta el impacto de cada actividad de la cadena de valor en la competitividad y gestionarla según importancia.

Se ha demostrado que las estrategias de mantenimiento afectan las cuatro perspectivas de una organización ya que actúa directamente en la capacidad de producción, la calidad y la seguridad, influyendo de esta manera en el desempeño total de la empresa. En la figura N° 58 se muestra el esquema del cuadro de mando integral de mantenimiento

Figura N° 58

### Cuadro de Mando Integral de Mantenimiento bajo las cuatro perspectivas



Diseño: el investigador (2006)

Para la conformación del Cuadro de Mando Integral de Mantenimiento se debe entender los valores, objetivos organizacionales y las relaciones que guardan los objetivos estratégicos y los secundarios. Los pasos para su conformación son los siguientes:

- Planificación estratégica (Misión, visión, objetivos valores). que se representa en el enfoque de la gestión de mantenimiento basada en los principios de la gerencia de proyectos y de activos para asegurar la adecuada funcionabilidad de estos, al mínimo costo, con seguridad e integridad del recurso humano y del ambiente. Alineación de objetivos de mantenimiento con los objetivos estratégicos de la organización regidos por valores organizacionales
- Determinación de factores clave de éxito (Disponibilidad y eficacia) y factores incidentes Confiabilidad operacional (recursos humanos; procesos, mantenibilidad, confiabilidad de equipos), balanceo de las iniciativas en las

cuatro perspectivas selección de indicadores balanceados en función de la competitividad del negocio

- Gestionar de información, definir información, recolectarla, cargarla, analizarla
- Representación grafica (tabla y diagrama de flechas) de la información, reflejando estrategias, objetivos, indicadores y metas en las cuatro perspectivas dentro del área de mantenimiento y el vector estratégico orientado al negocio

La mejora de la competitividad de la organización pasa por planear estrategias acordes con las circunstancias y objetivos alineados en todos los ámbitos del negocio cuyos resultados busquen la satisfacción de los involucrados lo cual se logra mediante el cuadro de mando integral. En al tabla N° 13 se muestra un cuadro de mando integral propuesto como apoyo del modelo

Tabla N° 13

**Cuadro de Mando Integral**

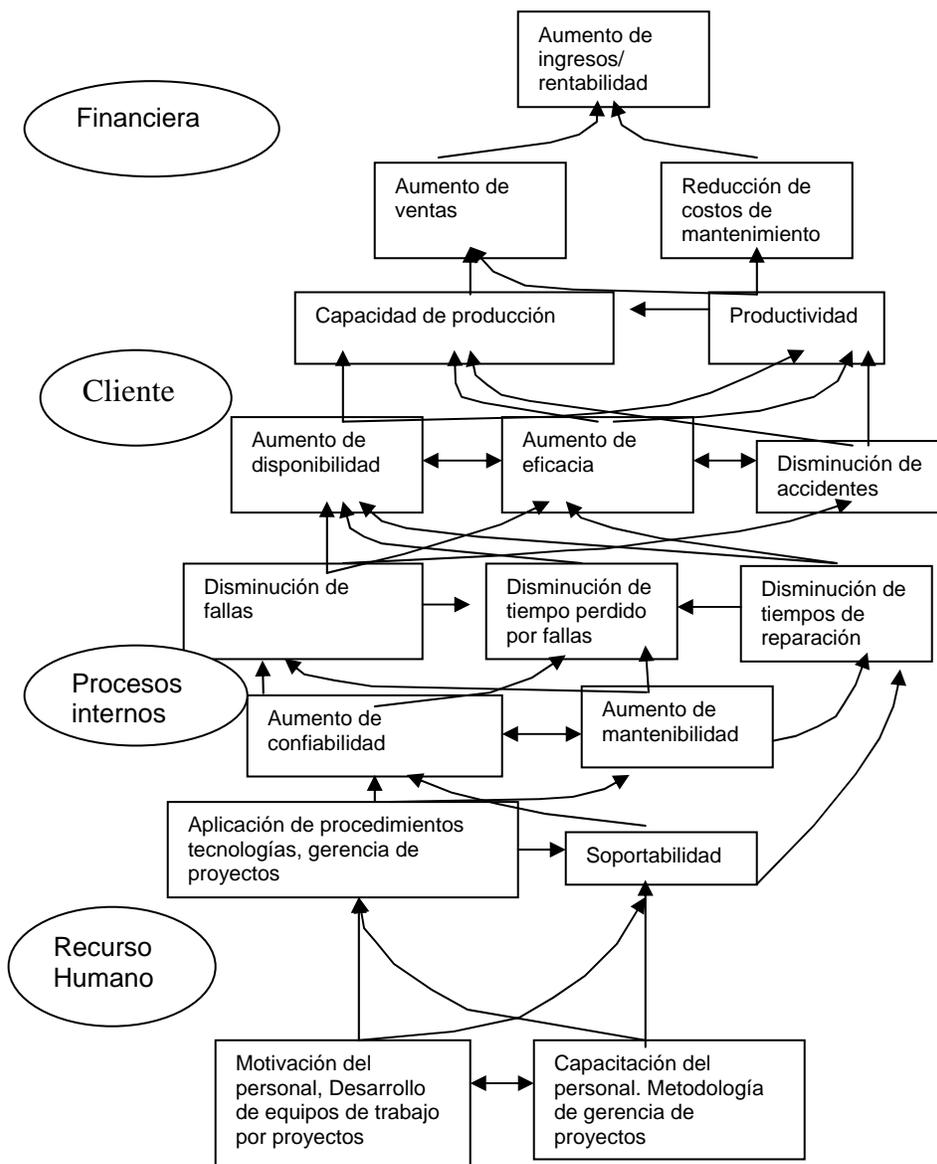
Estrategia de mejora de la competitividad

Perspectiva	Iniciativa estratégica	Objetivos	Indicador	Metas
Financiera	Aumentar volumen de ventas COSTOS BASADOS EN ACTIVIDAD	Incremento ingresos Reducción de costos de mantenimiento	Indicadores de rentabilidad Valor económico agregado/ Retorno sobre los activos Relación Costo de Mtto/ Costo producción. Relación Costo de Mtto/Horas de operación	Porcentaje (%) incremental sobre el periodo de evaluación anterior
Cliente	Aumentar la capacidad de producción y calidad Aumentar productividad	Maximización del desempeño Disminución de accidentes	Disponibilidad Eficacia Efectividad Numero de accidentes Capacidad de producción Productividad	Porcentaje (%) requerido para asegurar la producción planificada a costo planificado
Procesos internos	Aplicación de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad GERENCIA DE PROYECTOS	Aumento de la confiabilidad intrínseca Aumento de mantenibilidad	Confiabilidad Tiempo medio entre fallas Tiempo para fallar Tasa de fallas Tiempos medios de reparación Tiempo perdido efectivo por mantenimiento	Porcentaje (%) requerido para asegurar la productividad a costo planificado
Desarrollo del recurso humano	Implantación modelo de mantenimiento estratégico (MCC/MPT/MCM) METODOLOGIA DE GERENCIA DE PROYECTOS	Motivación del personal Capacitación Aplicación de tecnologías Aumento de la soportabilidad	Tiempo de espera para reparar Tasa de calidad Rotación de personal Reducción de brechas	Porcentaje incremental sobre el plan

Diseño: el investigador (2006)

La realización del diagrama de flechas permite visualizar la incidencia de cada acción sobre las otras en las cuatro perspectivas teniendo como base el recurso humano. En la figura N° 59 se muestra el diagrama correspondiente al cuadro de mando anterior.

Figura N° 59  
**Diagrama Causa-efecto (Metodología BSC)**



Diseño: el investigador (2006)

Para lograr el control de la gestión y por su puesto del funcionamiento de los equipos se tienen herramientas específicas y algunos indicadores que reflejan el comportamiento. Los más frecuentes son los que se muestran a continuación, en la tabla N° 13

**Tabla N° 13**  
**Principales indicadores de la gestión de mantenimiento**

Tiempo medio entre fallas (TMEF)
Tiempo medio para fallar (TMPF)
Tasa media de fallas (TMDF)
Indicadores de mantenibilidad y soportabilidad asociados a la eficacia
Tiempo medio para conservar (TMPC)
Tiempo medio para mantener (TMPM)
Tasa de mantenimiento (TDM)
Tiempo medio de espera para reparar (TMDE)
Eficacia=Tiempo efectivo/ tiempo requerido,
Calidad relacionada con el uso o tiempo = N° de intervenciones / horas de operación
Calidad relacionada con la producción= N° de intervenciones/ Producción
Efectividad = Producción/ N° de intervenciones
Efectividad = Producción / (tiempo requerido- tiempo efectivo)
Costo de Mantenimiento por Facturación
Costo de Mantenimiento al valor de reposición
Costo operativo de disponibilidad = Costo Mantenimiento/Horas Operación
Costo operativo por producción:= Costo Mantenimiento/Producción.
Relación costo total del mantenimiento / costo total de la producción.
Relación entre el trabajo en mantenimiento programado y el índice anterior
Relación entre los gastos con mano de obra propia y el costo total de mantenimiento
Relación entre los gastos de material y el costo total de la gestión
Relación entre mano de obra externa y costo total de mantenimiento
Relación entre el costo de entrenamiento del personal y el costo total de mantenimiento.
Relación entre el capital inmovilizado en repuestos y el capital invertido en equipos Inmovilizado en repuestos
Relación entre el costo total de mantenimiento acumulado de un determinado equipo y el valor de venta de ese equipo

Diseño el investigador (2006)

En general los indicadores de la gestión de mantenimiento buscan medir resultados y procesos en lo relacionado a costo, tiempo, calidad y alcance que son los elementos que señalan cuando los esfuerzos avanzan adecuadamente y producen resultados exitosos, siendo estos resultados los que permiten evaluar la gestión ya que es el fin ultimo del mantenimiento. La gestión de mantenimiento debe asegurar la competitividad, la efectividad, la viabilidad y el desempeño que son los objetivos que se persiguen con el modelo planteado.

- Viabilidad. Es la relación entre el alcance y el costo que determinan la posibilidad de realizar el trabajo planificado con los recursos disponibles.
- Efectividad. Relaciona el costo y el tiempo, es decir indica la capacidad de realizar el mantenimiento planificado en el menor tiempo posible, al costo adecuado.
- Desempeño. Es la relación del alcance y la calidad, indicando el grado que el trabajo es completado totalmente cumpliendo con las especificaciones.
- Competitividad. Relaciona tiempo y calidad y mide la capacidad de llevar a cabo el esfuerzo con la calidad exigida en el menor tiempo posible

### **Factibilidad de la propuesta**

El estudio de factibilidad esta dirigido a evaluar el aspecto técnico y económico financiero de la propuesta, de manera general, sin embargo, dado el grado de información que se cuenta referente a la necesidad que tienen las empresas en cuanto a sistemas para mejoramiento de la gestión, que permite afirmar que existe suficiente demanda como para desarrollar e implantar el modelo

### **Estudio técnico**

El modelo esta dirigido a empresas que su productividad dependa de los activos físicos y aquellas que su actividad primaria sea el mantenimiento de activos para las cuales el trabajo es desarrollado como proyectos, por lo que este modelo contribuirá efectivamente a la mejora continua de los procesos. Fue demostrado previamente el

nivel de relación que existe entre la Gerencia de Mantenimiento y la Gerencia de Proyectos la cual permite la aplicación de los principios y conocimientos de gestión de proyectos a mantenimiento confirmando la factibilidad conceptual del modelo.

A nivel operacional la infraestructura a utilizar es la misma usada para ejecutar el mantenimiento actual sin embargo el modelo se apoyara en sistemas de computación que permitan mejorar la documentación, manejar la información adecuadamente y aplicar las herramientas modernas para análisis de falla, análisis de riesgos, análisis de criticidad de equipos y herramientas para la gestión de proyectos, tomando en cuenta los requerimientos de producción y la calidad de servicio. Bajo esta perspectiva la propuesta planteada es completamente factible

### **Estudio económico financiero**

Para desarrollar el modelo teórico, el mayor costo se refiere a labor profesional que se estima alrededor de 800 horas, y para implantar el modelo, es necesario adiestrar el personal de mantenimiento. Para preparación del personal de acuerdo con la opinión de expertos se requiere de un mínimo de 160 horas de adiestramiento formal y 200 horas de adiestramiento en campo, lo es económicamente factible de llevar a cabo.

Al considerar los beneficios esperados por la implantación del modelo en cuanto a productividad es fácilmente demostrable la factibilidad financiera de la propuesta, lo cual ya ha sido corroborado por la Gerencia de Proyectos y los modelos de mantenimiento aplicados en la actualidad

### **Plan de implantación**

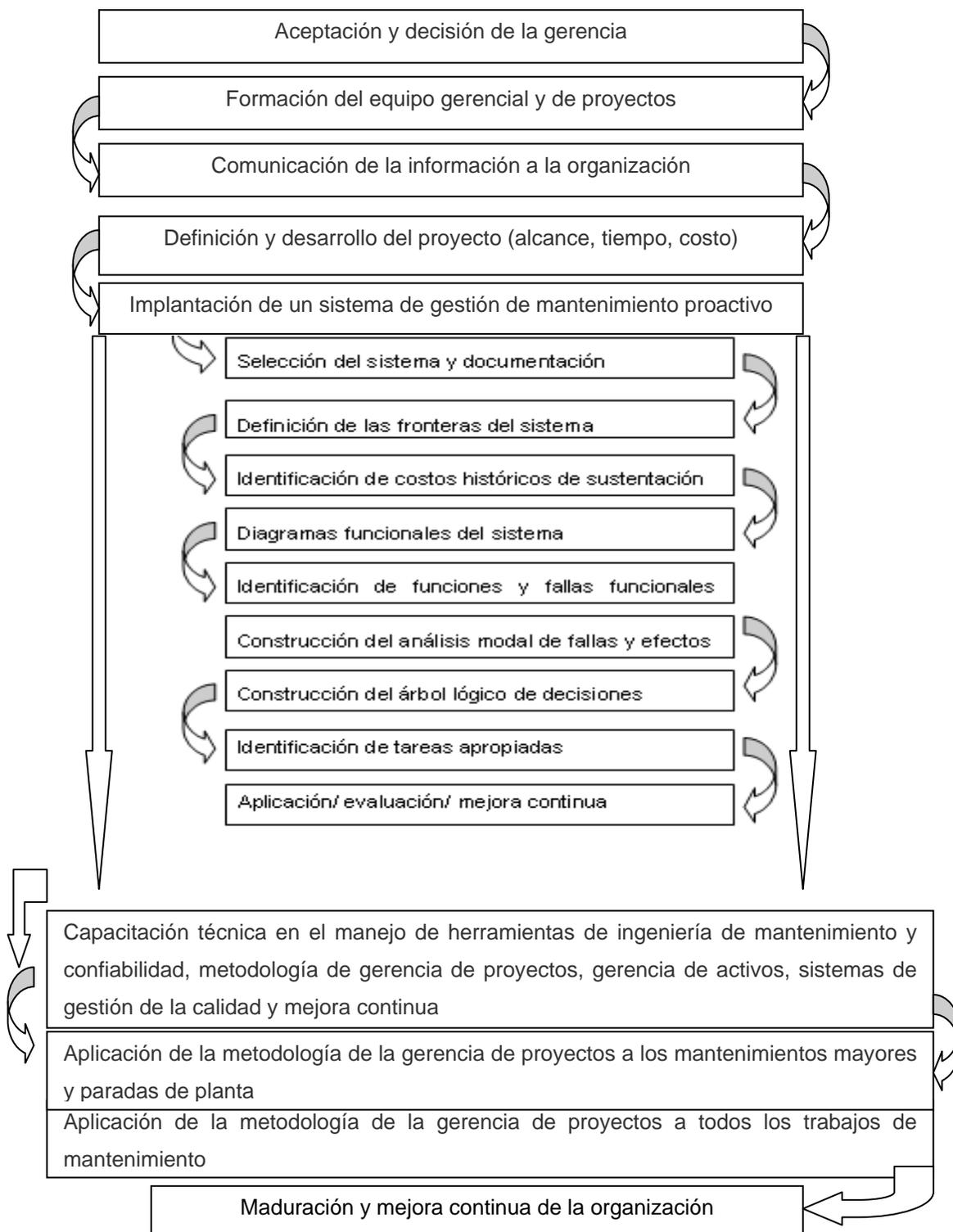
La implantación de un modelo de gestión pasa, en primer término por la aceptación y el compromiso de la alta gerencia y esto se logra solamente cuando son evaluados

los beneficios que éste trae a la organización dentro de marco de la competitividad y rentabilidad.

De acuerdo con el análisis realizado en las empresas del estudio ninguna posee sistemas estratégico de mantenimiento, por lo que la implantación de un modelo de gestión se debe iniciar con la formación de las bases de un sistema de mantenimiento proactivo pasando luego a la fase gestión del mismo considerando que las acciones llevadas acabo son únicas, y deben ejecutarse en el mínimo tiempo posible, con el mínimo costo y la máxima calidad, usando para ello la metodología de la gerencia de proyectos. Los pasos generales para la implantación del modelo propuesto se muestran en la figura N ° 62

Figura N° 62

### Pasos para la implantación del Modelo de Gestión de Mantenimiento



Diseño el investigador (2006)

El proyecto se desarrolla en dos fases la etapa de definición y desarrollo y la etapa de ejecución que se siguen de acuerdo con la estructura de la gerencia de proyectos

### **Definición y desarrollo**

Para llevar a cabo la implantación del modelo propuesto una vez tomada la decisión de iniciar, es necesario desarrollar las bases organizativas del proyecto, que en las empresas evaluadas arrancará desde cero al no contar con ningún sistema de gestión de mantenimiento. En la tabla N° 15 se muestran los procesos y áreas de conocimiento a seguir según la gerencia de proyectos

Tabla N° 14

**Definición y desarrollo del proyecto de implantación**

	<b>Inicio</b>	<b>Planificación</b>	<b>Ejecución</b>	<b>Control</b>	<b>Cierre</b>
<b>Gestión de la integración</b>		Desarrollo del plan	Ejecución plan de proyecto	Control de cambios	
<b>Gestión del alcance</b>	Iniciación (decisión gerencial)	Plan y definición del alcance		Verificaron de alcance Control de cambios de alcance	
<b>Gestión de tiempo</b>		Definición y secuencia de actividades Estimación de duración Desarrollo de cronograma		Control de cronograma	
<b>Gestión de costos</b>		Plan e recursos Estimación de costos Presupuesto de costos		Control de costos	
<b>Gestión de la calidad</b>		Plan de la calidad	Aseguramiento de la calidad	Control de calidad	
<b>Gestión de RRHH</b>		Plan organizacional Incorporación de recursos	Desarrollo del equipo		
<b>Gestión de la comunicación</b>		Planificaron de las comunicaciones	Distribución de la información	Reportes de avance	Cierre administrativo (post. Mortem)
<b>Gestión de riesgos</b>		Identificación de riesgos Análisis de riesgo Plan de respuesta		Monitoreo y control de los riesgos	
<b>Gestión de adquisición</b>		Planificaron de adquisiciones	Solicitar recursos administrativos Contratos		Cierre de contratos

Diseño el investigador (2006)

**El inicio** se da con la decisión de la gerencia una vez analizados los beneficios alcanzados por la organización como producto de la aplicación de la filosofía de gestión

**Planificación.** El proyecto abarca todas las estructuras de la organización tanto administrativas como operativas por lo que se debe tomar en cuenta la infraestructura física y el recurso humano para lograr desarrollar la filosofía y hacer uso de ella.

Alcance Es básicamente La implantación de un modelo de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyecto, teniendo como basa las tecnologías de mantenimiento proactivo orientadas a la mejora de la confiabilidad, minimización de riesgos y maximización del retorno de la inversión sobre los activos.

Tiempo. Para lograr los objetivos del proyectos que la internalización de una nueva cultura en toda la estructura de la organización se debe considerar no solo la concreción de la actividades sino también el aprendizaje organizacional, de acuerdo con la opinión esto es un proceso continuo que comienza su aplicación después de un recorrido minio de un año cuando la gerencia ejerce liderazgo proactivo sobre el proyecto. En la figura N° 66 se muestra el cronograma genérico para implantación el cual depende de cada empresa en particular.

Costo. Los costos principales de para la implantación, son los asociados al adiestramiento y la adquisición de herramientas de ingeniería de mantenimiento y sistemas computarizados.

Calidad el desarrollo del proyecto se debe lleva a cabo de acuerdo con los estándares, aplicando las mejores practicas en cuanto a desarrollo organizacional y apoyados en empresas de adiestramiento de reconocida trayectoria, siendo la clave para ello el liderazgo y compromiso de la gerencia.

Recursos humanos. El recurso humano es la pieza clave para lograr la implantación del proyecto pero también para su mantenimiento en el tiempo, el desarrollo del equipo de proyecto de implantación se debe estar conformado por miembros de la alta gerencia, miembros de la gerencia de mantenimiento, la gerencia de producción, la gerencia de procura, recursos humanos, finanzas, informática y personal supervisorio de mantenimiento, en la figura N° 67 se muestra la matriz de responsable.

Riesgo El desarrollo integral de una filosofía empresarial que lleva consigo innumerables riesgos los cuales atentan no solo en la implantación inicial sino en el mantenimiento de la misma, razón por la cual los estudiosos del comportamiento organizacional consideran que implantar un modelo no es solo establecer las bases teóricas del mismo sino que este se lleve a la practica y arroje resultados consecuentes que reflejen la relación causal con la matriz de origen, en la tabla N° 15 se muestra la matriz de riesgo, identificación, calificación y el plan de respuesta.

Tabla N° 15  
Matriz de riesgos

Identificación	Impacto	Respuesta
Falta de compromiso de la alta gerencia	El impacto es catastrófico, porque se requiere liderazgo para lograr el cambio cultural de la organización, sin el cual es imposible lograr los objetivos	La gerencia de mantenimiento debe motorizar la gestión del proyecto demostrando los beneficios del mismo
Falta de recurso financiero	El impacto es catastrófico, ya que la organización se sustenta en el recurso humano el cual debe ser desarrollado y capacitado de acuerdo con las exigencias tecnológicas y filosóficas, para lo cual se requiere presupuesto	Para asegurar la implantación en todas las fases hasta la maduración, se recomienda elaborar un presupuesto tipo programa que abarque el tiempo que tomara la implantación total del modelo
No disponibilidad de personal adecuado en la zona donde esta ubicada la empresa para el adiestramiento.	El impacto es mediano , puede retrasar el plan general al no cumplir con el plan de adiestramiento y por otro lado al no contar con la perica del personal para llevar acabo las actividades previstas	Elaborar presupuesto que incluya el costo adicional que representa la movilización del personal
Bajo nivel de competencia técnica del personal	Impacto mediano ya que retrasa el plan incrementando los costos	Incrementar las horas de adiestramiento y desarrollar técnicas de capacitación en el trabajo
Síndrome de resistencia al cambio organizacional	Impacto catastrófico ya que coloca barreras que no permite el desarrollo de un nuevo modelo de organización ni la mejora continua	Reforzamiento de la nueva cultura con apoyo de psicólogos para motivar e impulsar el cambio
Síndrome de la fatiga temprana	Impacto catastrófico. La organización espera resultados a corto plazo y al no tenerlos pierde la motivación y no se logra el cambio deseado	Reforzamiento del liderazgo y el establecimiento de metas reales a largo plazo y planes de motivación
Síndrome de la dependencia y la delegación lateral	Impacto catastrófico, El recurso humano se limita a delegar la responsabilidad y a depender que alguien mas actúe y tome las decisiones al final la organización se vuelve pesada e imposibilitada de avanzar	Aumentar el nivel de interdependencia y autoridad de los puestos, delineando las responsabilidades de manera precisa Crear matriz e opinión favorable por medio de comunicación en todos los estratos de la organización

Diseño el investigador (2006)

Comunicaciones. La creación de una matriz de opinión favorable a un objetivo es una herramienta clave usada para llevar a cabo cambios de cultura organizacional ya que influye positivamente en el recurso humano en tal sentido el equipo debe usar todos

los medios disponibles para comunicar, los objetivos, los beneficios y el progreso del proyecto.

Adquisición. En la fase de implantación la adquisición se limita prácticamente a la contratación del adiestramiento y los sistemas informáticos, lo cuales pueden impactar en el logro de los objetivos y representan un elemento de riesgo dependiendo de la ubicación de la empresa.

Integración. En este tipo de proyecto que impactan la organización total y su estructura funcional se requiere la integración tanto de los procesos del proyecto como las diferentes corrientes de pensamiento que van surgiendo con el avance de la nueva filosofía.

Control de la implantación. Para controlar cada uno de los procesos es imprescindible el establecimiento de indicadores de avance de todos los elementos clave y la presentación quincenal de informes de progreso tanto al equipo como a todos los stakeholders

Cierre / entrega del proyecto. La recomendación de los expertos asegura que la mejor manera de lograr la permanencia en el tiempo del proyecto es que el equipo de implantación este formado por la misma gente que formara parte del manejo del mismo.

La entrega no se produce de manera inmediata sino que debe ser un proceso transitorio y progresivo que comienza desde el inicio del proceso hasta que se cumplan con todas las fases planeadas siendo la última de estas fases el compromiso e involucramiento total del personal de la organización

## Implantación

El objetivo del proyecto no es su implantación teórica sino como filosofía de trabajo de allí que no se considera un éxito que se cumpla con el plan en tiempo en costo, sino que cumpla con la calidad deseada, y esta se mide en el nivel de aplicación practica que logra la organización de la nueva cultura, es decir que el nuevo comportamiento se corresponda en relación causa efecto aprendizaje recibido. La metodología de la implantación sigue el modelo de la gerencia de proyectos como se muestra en la tabla N° 16 a continuación

Tabla N° 16

### Implantación de modelo

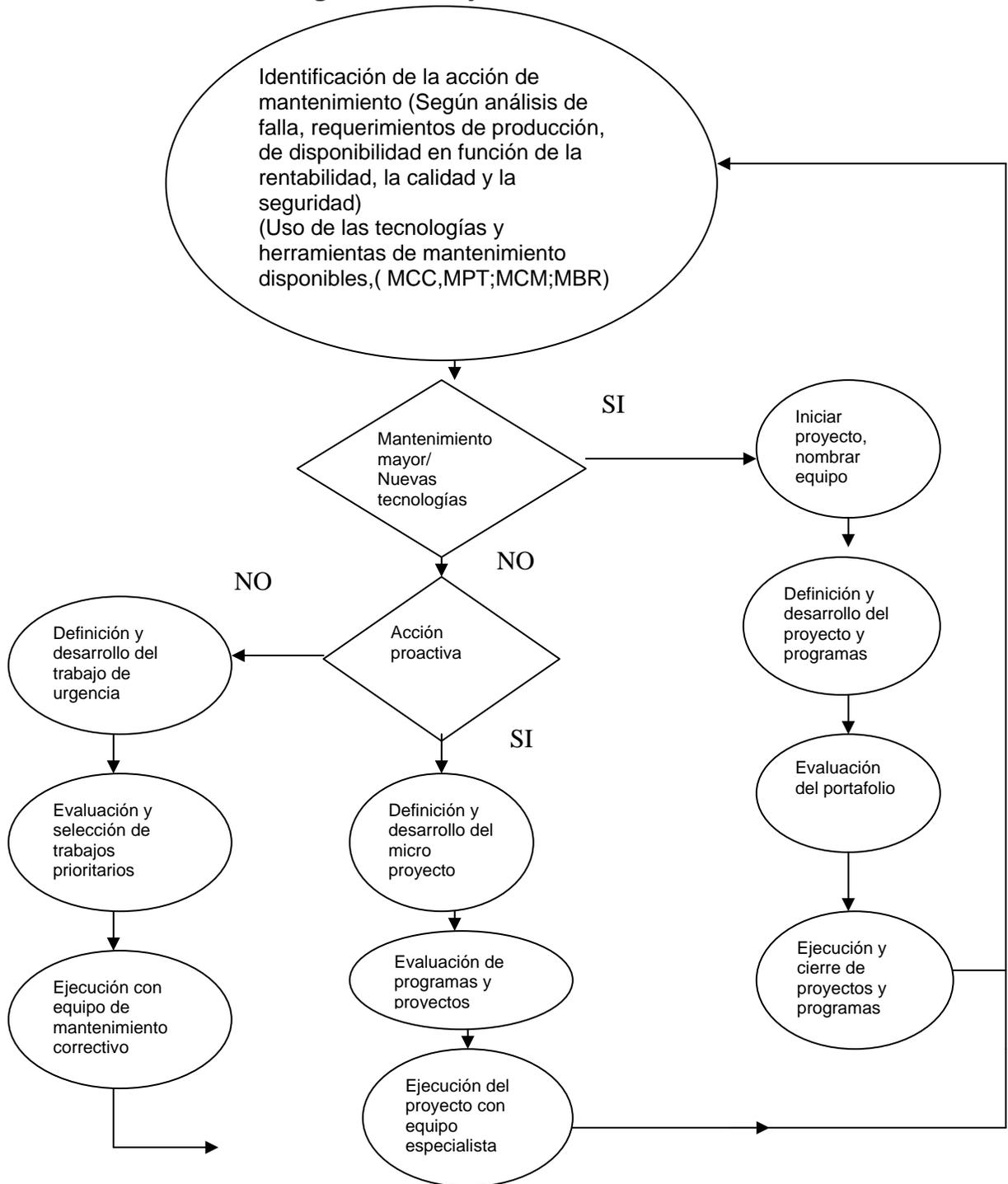
	<b>Inicio</b>	<b>Planificación</b>	<b>Ejecución</b>	<b>Control</b>	<b>Cierre/ puesta en marcha</b>
<b>Gestión de la integración</b>	Ajustar plan de implantación		Ejecución plan de proyecto	Control de cambios	
<b>Gestión del alcance</b>	Revisión del alcance			Control de cambios de alcance	
<b>Gestión de tiempo</b>	Ajustar cronograma			Control de cronograma	
<b>Gestión de costos</b>	Verificar presupuesto			Control de costos	
<b>Gestión de la calidad</b>				Control de calidad	
<b>Gestión de RRHH</b>				Evaluación de motivación Manejo de información Compromiso con el proyecto	Desarrollo total del modelo
<b>Gestión de la comunicación</b>	Comunicar a toda la organización el inicio			Control de la documentación	Cierre administrativo (Post. Mortem)
<b>Gestión de riesgos</b>				Monitoreo y control de los riesgos	
<b>Gestión de adquisición</b>					Cierre de contratos

Diseño: el investigador (2006)

En el diagrama de la figura N° 63 se muestra el diagrama de flujo que se sigue para el desarrollo de la gestión del mantenimiento según la metodología de la gerencia de proyectos y será como se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

Figura N° 63

**Diagrama de flujo del modelo**



Diseño: el investigador (2006)

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

El desarrollo de tecnologías y aplicación de mejores prácticas permitirá a las organizaciones industriales mejorar su competitividad mediante la creación de estructuras de alto desempeño en todos los ámbitos del negocio al asegurar su desarrollo balanceado dentro de las perspectivas más importantes que afectan los elementos clave de éxito.

Con la finalidad de aplicar principios de gerencia sistematizados y con alto grado de confiabilidad y eficiencia en el uso de recursos para desarrollar actividades, se origina el proyecto para realizar el diseño de un modelo teórico de gestión de mantenimiento basado en la metodología de la gerencia de proyectos tomando en cuenta que las actividades de mantenimiento se llevan a cabo mediante la aplicación de esfuerzos, uso de recursos y que deben ser completadas en un tiempo dado de acuerdo con ciertas especificaciones.

Con este estudio se pretende continuar con el proceso de mejora continua que se ha venido llevando a cabo en los diferentes ámbitos industriales en la búsqueda de dar respuesta a los crecientes niveles de competencia originados por la cada vez más compleja relación oferta y demanda asociada a los más altos estándares de calidad y a los medios desarrollados para alcanzarlos.

El avance tecnológico impulsó la evolución del mantenimiento llevándolo a desarrollar herramientas y técnicas que permitan evitar en un alto porcentaje las consecuencias perjudiciales que ocasionan las fallas de los activos productivos, pero esa mejora no se ha dado solo en el ámbito técnico sino también en el enfoque de la gestión, dándole una connotación estratégica ya que afecta toda la cadena

productiva y los elementos de éxito de un negocio, es decir, capacidad de producción, calidad, costo, seguridad, higiene y ambiente. Por tal razón en esta investigación se considera en este mismo sentido que el mantenimiento no es un proceso de rutina sino por el contrario, esta conformado por un conjunto de micro y macros proyectos orientados a asegurar la disponibilidad y la eficacia de los activos maximizando su retorno sobre la inversión. De la investigación realizada se puede concluir que:

- El modelo planteado representa una alternativa de gestión tecnológica de mantenimiento que encontraría aplicación las empresas industriales cuyos activos físicos representen un elemento importante para la producción y mucho mas aplicabilidad en las empresas cuya misión es prestar servicios de mantenimiento las cuales lo gestionan como proyectos en todos sus aspectos.
- De acuerdo con el análisis realizado en este estudio se puede decir que el mantenimiento es en si un conjunto de actividades realizadas sobre un activo para asegurar su funcionabilidad por lo que estas actividades en su conjunto todas son, únicas y finitas ya que las circunstancias sobre las cuales se desarrollan son completamente distintas.
- En la actualidad la gerencia de mantenimiento se organiza y aplica las técnicas de gestión de los procesos relativos a la planificación, ejecución y control de actividades para lograr que estas se lleven acabo dentro de estándares.
- Al considerar el mantenimiento como un conjunto de proyectos o programas son aplicables en consecuencia los principios de la gerencia de proyectos en su totalidad.
- Los modelos de mantenimiento desarrollados hasta la fecha son compatibles con el modelo de gestión propuesto ya que estos se enfocan en la proactividad, manejo de riesgo, y minimización de los costos, que son elementos inherentes a la gerencia de proyectos, por lo que sirven de apoyo para la planificación
- La responsabilidad y éxito del mantenimiento no termina ni se logra con la ejecución y entrega del trabajo sino que depende del desempeño de los activos en la fase operativa, lo que quiere decir que no es una actividad última sino que

forma parte de la cadena cuyo fin es maximizar la producción. La calidad con que se lleve a cabo el proyecto será entonces la mejor garantía de éxito de la gestión en su conjunto pero no es suficiente ya que un buen sistema de mantenimiento debe desarrollar las bases y procedimientos para que la fase operativa llevada adelante por el usuario este enmarcada dentro de parámetros de adecuados que aseguren la máxima confiabilidad de los activos

- Los elementos de éxito del mantenimiento son la disponibilidad y la eficacia, los cuales se logran mediante la aplicación de herramientas y técnicas que indiquen: que hacer, cuando hacer y como hacer para que se lleve a cabo, en el mínimo tiempo (mantenibilidad) que se inicie lo antes posible (soportabilidad), al mínimo costo y con la calidad que aseguren una operación confiable, estos elementos son característicos de un proyecto considerado exitoso. En conclusión si se selecciona el trabajo de mantenimiento requerido, (el más conveniente) y se ejecuta como un proyecto exitoso se asegura en consecuencia la disponibilidad y la eficacia.

## Recomendaciones.

El modelo propuesto como factible es el resultado de una comparación evaluativa entre dos conceptos de gerencia que, en la práctica, tienen un mismo marco organizacional y fundamentado en bases similares pero que formalmente se les considera antagónicos, a saber: Gerencia de Proyectos y Gerencia de mantenimiento. Para maximizar la utilización de los recursos en el logro de objetivos superiores las organizaciones están evolucionando hacia nuevos estilos de gerencia donde se haga énfasis en los elementos críticos que aseguran el éxito.

Dentro de los nuevos modelos de gestión se tienen, la gerencia de activos, la gerencia por actividad, la gerencia por proyectos y modelos mixtos, que buscan hacer el mejor uso de los recursos disponibles para maximizar el valor agregado. La definición mas amplia de proyectos considera toda actividad que se lleva acabo con un objetivo es un proyecto, que consume recursos y que hay que gestionarlos de la mejor manera.

Una empresa es el conjunto de actividades que en combinación con los activos productivos agregan valor a productos o servicios para que el usuario final reciba la máxima utilidad posible, para que este proceso sea eficiente y competitivo es necesario la gerencia moderna considera que es conveniente gerenciar adecuadamente los activos y las actividades. Con base en esto se recomienda:

- Diseñar en un próximo estudio la metodología para adaptar los trabajos de mantenimiento sobre los activos generales (estáticos y dinámicos) a la estructura de proyectos es decir; crear una base de datos que describa el procedimiento según la gerencia de proyectos para realizar las acciones sobre, bombas, motores, turbinas, compresores, tuberías, recipientes, puentes, carreteras, tanto en mantenimiento menor como mayor
- Considerar la metodología propuesta en este estudio para ser aplicado a sistemas donde se requiera una gestión flexible y sistemática que permita

combinar metodologías y herramientas para mejorar la competitividad en forma continua.

- Toda vez que el desarrollo tecnológico-gerencial de una organización le permite agregar valor a sus productos generando mayor utilidad y satisfacción del cliente garantiza se sugiere la implantación del modelo en un sistema piloto que permita la evaluación en campo de la propuesta.
- Se recomienda hacer uso combinado de la metodología de gerencia de proyectos con la gerencia de activos y la gerencia por actividad para desarrollar un modelo que permita el manejo de los recursos durante la ejecución de la actividad como proyecto, pero a su vez lograr que el activo producido genere el máximo valor para los stakeholders.
- Para las empresas evaluadas se recomienda combinar los distintos enfoques de mantenimiento proactivo y no un modelo en particular sino hacer uso de las herramientas y técnicas compatibles a la organización bajo la metodología de la gerencia de proyectos
- Desarrollar o adoptar un modelo de gestión de proyectos para mantenimiento asistido por computador, que integre la base de datos de los activos, su criticidad, el recurso humano, la procura y la generación de ordenes

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J. (1997). **“Nuevas Tecnologías en el Mantenimiento Predictivo. Simposio de Mantenimiento Predictivo”**. ACIEM. Colombia
- Amendola, L. (2005) **“Dirección y gestión de paradas de planta”** Ediciones Espuela de Planta, España
- Balestrini, M. (2002): **“Como se elabora el proyecto de investigación”**. Caracas. Consultores Asociados OBL
- Campbell, J. (1995) **“Uptime”** Productivity Press, Portland, Oregon
- Campbell, J. y Jardine, A. (2001) **“Maintenance Excellence: Optimizing Equipment Life Cycle Decisions”**, Marcel Dekker, New York
- Durán, J. (2000) **“El Mejoramiento de la confiabilidad operacional”**. The Woodhouse Partnership Ltd, Newbury, UK.
- Francés, A (2001): **“Estrategia para la empresa en América Latina”**. Caracas. Ediciones IESA. 1era. Edición
- Grimaldi-S (1997). **“La Seguridad Industrial Su Administración”**. Alfaomega Editores. México
- Hernández S, Fernández C, Baptista L, (2004) **“Metodología de la investigación”**, Mc Graw Hill. Tercera Edición. México

Huggett, J. The Woodhouse Partnership LT. (2000,). **“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Plus”** Curso dictado en el Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de PDVSA, Paraguaná. Venezuela.

Kaplan, R y Norton, (1997). **“El Cuadro de Mando Integral”**. Ediciones Gestión 2000. Barcelona. España

Kerzner, H. (1994) **“Project Management. A systems approach to planning, scheduling and controlling”**, Editorial Van Nostrand Reinhold Company Inc U.S.A

Lindley H y Keith M (2001): **“Maintenance Engineering Handbook”** Mc Graw Hill, Sexta Edición, U. S. A

Palacios A., Luis E. (2000): **“Principios esenciales para realizar proyectos. Un enfoque latino”**. Caracas. Editorial Publicaciones UCAB. Segunda edición.

Peñaloza A. (2005); **“Curso-Taller. Elaboración de instrumentos de Investigación”**. CUAM, División Caracas, Departamento de investigación.

PDVSA, CIED. (1998, Noviembre). **“Inspección Basada en Riego”**. Taller dictado en el Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de PDVSA, Caracas

Porter, M; (1999) **“Ventaja Competitiva Creación y mantenimiento de un desempeño superior”** Ediciones. CECOSA, México

Prando R. (1996) **“Manual de gestión de mantenimiento a la medida”** Editorial Piedra Santa, Guatemala

Nakajima, S. (1991): **“Introducción al TPM”** Japan Institute for Plant Maintenance.  
Tecnología de Gerencia y Producción S. A. Madrid.

Rabelo, C. (1997) **“Ingeniería de Mantenimiento”**. Editorial: Nueva Librería  
Argentina

Rios, G (1989). **“Mantenimiento Predictivo”**. Seminario Inacero. Colombia.

(S/F) **“Project Management Professional Code of Professional Conduct”** (p. 1-9)  
Disponibile en [[www.pmidallas.org/ethics.htm](http://www.pmidallas.org/ethics.htm); consulta realizada en Octubre 2005]

(S/F) **“Formulación de proyectos”** Disponible  
en:<http://www.dii.uchile.cl/~in42a/apuntes/sec4/formulaciondeproyectos.ppt>  
Consulta realizada el 12 de Octubre de 2005

Sabino, C. (2000): (p.101). **“El proceso de Investigación”**. Caracas. Editorial  
Panapo

Sacristán, F (2001) **“Manual del mantenimiento integral en la empresa”**;  
Madrid: Fundación CONFEMETAL España

Sojo, L. (1999); **“El proceso de análisis causa raíz PROACT”**, Reliability Center  
Incorporated. USA

Stoneham, D , (1998) **“Maintenance Management and Technology”**, Oxford

Tamayo y Tamayo M, (1995). **“El proceso de la investigación científica”**, México,  
Editorial Limusa.

Tavares, A. (2000) **“Administración Moderna de Mantenimiento”** Novo Polo Publicações. Brasil

UPEL (2005): **“Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales”**. Caracas. FEDUPEL.

Uribe, G. (1994) **“Calidad Total en Mantenimiento: Mantenimiento Productivo Total”**. Seminario Taller. Santa Fe de Bogotá D.C. Colombia.

Yáber, G. y Valarino, E. (2003) (p. 7 – 8) **“Tipología, fases y modelo de gestión para la investigación de postgrado en gerencia”**. Versión preliminar.

**ANEXO A**  
**PRESENTACION**



## MODELO TEÓRICO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE LA GERENCIA DE PROYECTOS

Autor: Eulises Rivas

Asesor: Emmanuel López

---



### Puntos a Tratar

- El Problema
  - Marco Teórico
  - Marco Metodológico
  - Diagnóstico
  - La Propuesta
  - Conclusiones y Recomendaciones
- 



### PROBLEMA

La actividad industrial de hoy día depende considerablemente de activos y equipos de alta tecnología enmarcados en procesos complejos que requieren de un alto nivel de confiabilidad operacional para garantizar la productividad acorde con las exigencias del mercado.



Para lograr los objetivos dentro de parámetros de éxito es necesario aplicar coordinadamente, conocimientos y herramientas gerenciales que aseguren el manejo adecuado de los diferentes y elementos que intervienen en el proceso.

---



## PROBLEMA



- ¿Como puede relacionarse la gestión de mantenimiento con la gestión de proyectos?
- ¿Cuales herramientas de la gerencia de proyectos son aplicables a la gestión de mantenimiento?
- ¿Cuáles son los sistemas de gestión de mantenimiento actuales?
- ¿Cuáles serían los elementos de gestión de mantenimiento basado en la gerencia de proyectos?



## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### Objetivo General

Diseñar un modelo de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos.

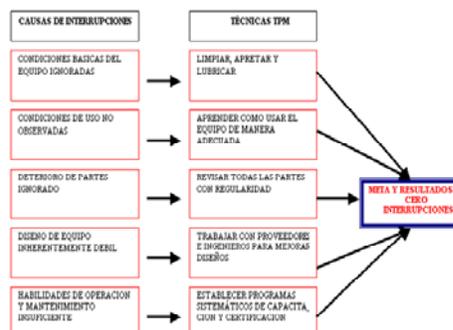
### Objetivos Específicos:

- Analizar los diversos modelos de gestión de mantenimiento usados en la actualidad.
- Determinar los elementos claves que inciden en la gestión de mantenimiento.
- Establecer los componentes de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la gerencia de proyectos



## Justificación de la Investigación

El mantenimiento produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.



- Costos de producción.
- Calidad del producto o servicio.
- Capacidad operacional.
- Capacidad de respuesta
- Seguridad e Higiene industrial.
- Calidad de vida del personal

Es necesario un sistema que permita la gestión de las actividades y los recursos para lograr los objetivos dentro de parámetros competitivos tiempo, costo y calidad, según



## Antecedentes de la investigación

Amendola, L. (2005) "DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PARADAS DE PLANTA".

Universidad Nacional de Bogotá, Colombia, (2004), "MEJORAR LA CALIDAD DEL ESPACIO UNIVERSITARIO"

SEDIC (Sociedad Española de Información Científica), (2005), "EL PROFESIONAL DE LA INFORMACION Y DOCUMENTACION"

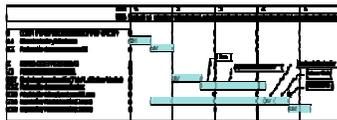
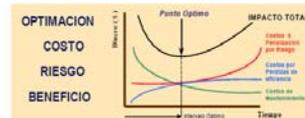
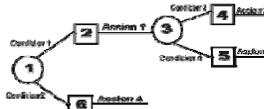
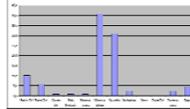


**Proyectos** {  
 Proyectos de innovación  
 Proyectos de Optimización

**Mantenimiento** {  
 Mantenimiento mayor {  
 Mantenimiento operativo {  
 Mantenimiento correctivo  
 Mantenimiento proactivo  
 ↓  
 Mantenimiento preventivo  
 Mantenimiento predictivo  
 Mantenimiento detectivo  
 Mantenimiento mejorativo o Rediseños



## Fundamentos teóricos de la investigación



PROBLEMAS	CRITERIOS DE SELECCION						TOTAL
	1	2	3	4	5	6	
TOTAL							

### Presupuestos

Datos generales	Año actual		Año anterior		Año anterior	
	valor	% incr.	valor	% incr.	valor	% incr.
Inversión total						
Gasto total						
Total Ingresos						
ROI Empresa (%)						
ROI ST Empresa (%)						
ROI ST Empresa (3%)						
Resultado (Inversión-1)						
Resultado (Inversión)						
Gastos / Ventas Empresa						
Gastos / Gastos Empresa						



## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN



Modelo



De campo no experimental

Alcance de la Investigación

Diseño de un modelo



Modalidad

Proyecto Factible

Diseño de la Investigación

De campo, no experimental, Transeccional Descriptivo



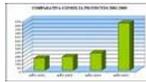
Descriptivo

Recolección de datos

Encuesta, observación

Análisis y tratamiento de datos

Cuantitativo, tasas,



Cuantitativo

Análisis e interpretación de resultados

Propuesta de la Investigación



## DIAGNÓSTICO

### Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento



- Mantenimiento centrado en confiabilidad
- Mantenimiento centrado en confiabilidad en reverso
- Mantenimiento productivo total
- Mantenimiento basado en los costos
- Mantenimiento basado en el riesgo
- Mantenimiento clase mundial
- Mantenimiento enfocado en el negocio
- Gerencia de activos



## DIAGNÓSTICO

### Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento

#### Mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC)



Analizar las funciones de los activos, detectar los modos o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias.



- Reducir el costo de mantenimiento y mejorar la competitividad.
- Enfocar las acciones en las funciones más importantes de los sistemas.
- Evitar o quitar las acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias



## DIAGNÓSTICO

### Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento

#### Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa (MCC-R).



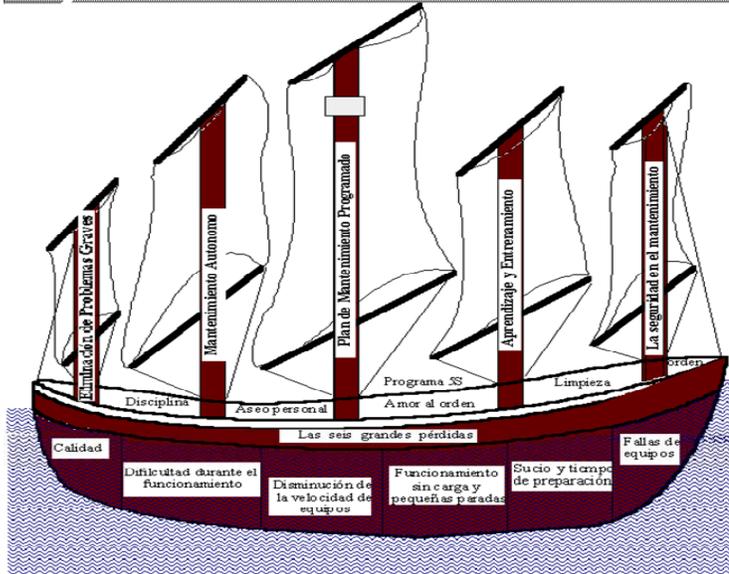
Parte de un plan de mantenimiento que ha sido aplicado, en un sistema (activo, equipo), a través de la documentación histórica que busca desechar las actividades innecesarias



## DIAGNÓSTICO

### Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento

(MPT)





## Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento

### Objetivos del MPT



#### Reducir

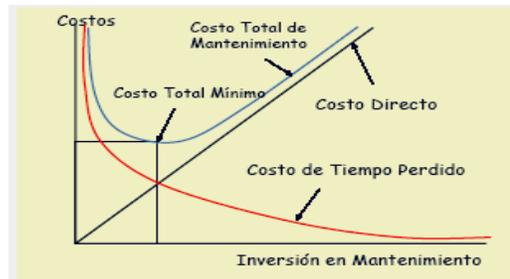
- Tiempos muertos o paro del sistema productivo
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos
- 
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo



## DIAGNÓSTICO

### Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento

#### Mantenimiento basado en costos



- Mejorar la competitividad
- Maximizar la eficacia y disponibilidad de maquinas con el mínimo costo
- Disminuir los costos de sustentación de los equipos
- Maximizar el rendimiento de la inversión de los activos



## DIAGNÓSTICO

### Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento

#### Mantenimiento basado en el Riesgo



Minimizar fallas y accidentes con impacto, en la salud, la seguridad, el ambiente y los costos.

Maximizar la eficacia y disponibilidad en función de la criticidad y los riesgos



## DIAGNÓSTICO

### Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento

#### Mantenimiento basado en el Riesgo

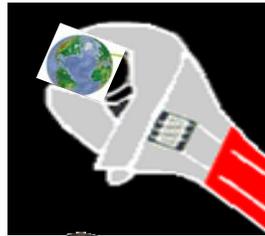
Fallo o evento principal del que se analizan las probabilidades y sus consecuencias para definir el riesgo asociado a dicho evento





DIAGNÓSTICO  
Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento

Mantenimiento Clase Mundial (M.C.M.)



Mantenimiento enfocado al negocio



La mayor parte de las estrategias empresariales tienen dos objetivos primordiales: disminuir los costos y mejorar la confiabilidad operacional



DIAGNÓSTICO  
Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento

Gerencia de Activos

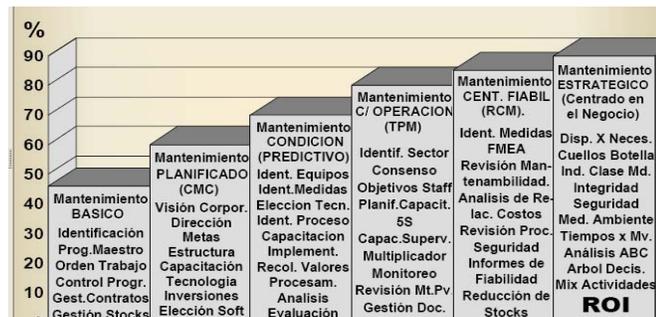


Integrar bajo una estructura las actividades de la cadena de valor, innovación y renovación, operación y mantenimiento, materiales y recursos



DIAGNÓSTICO  
Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento

Mejora de la efectividad operacional en función del proceso de Gestión





**DIAGNÓSTICO**  
**Principales Modelos de Gestión de Mantenimiento**

**Mantenimiento Clase Mundial (M.C.M.)**



**Mantenimiento enfocado al negocio**



La mayor parte de las estrategias empresariales tienen dos objetivos primordiales: disminuir los costos y mejorar la confiabilidad operacional



**DIAGNÓSTICO**  
**Elementos que inciden en el éxito de la gestión mantenimiento**

Tiempo calendario			
Tiempo de producción requerido		Mtto. Programado	Exceso de Capacidad
Tiempo disponible de producción		Averías	
Tiempo real de producción	Paros de producción		
Tiempo de producción efectiva	Ineficiencias		

Disponibilidad =  $\frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Tiempo de producción requerido}}$

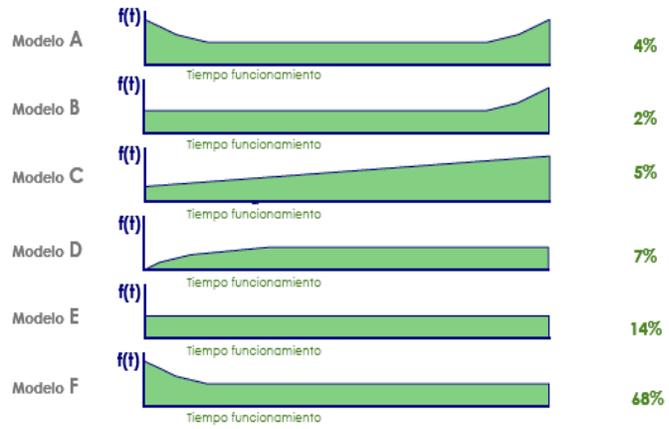
Eficacia =  $\frac{\text{Tiempo efectivo de producción}}{\text{Tiempo disponible para producción}}$



## DIAGNÓSTICO

### Elementos que inciden en el éxito de la gestión mantenimiento

La confiabilidad:



## DIAGNÓSTICO

### Elementos que inciden en el éxito de la gestión mantenimiento





## DIAGNÓSTICO

### Elementos que inciden en el éxito de la gestión mantenimiento

Enfoque basado en procesos

Procesos de mejora continua

El Just in Time  
Kaizen  
Las cinco "S"  
Seis sigma



## DIAGNÓSTICO

### Comparación entre proyectos y esfuerzos de mantenimiento

#### Proyectos

Tiempo de inicio y fin definido (duración finita) cuyo cumplimiento es clave de éxito

La multidisciplinaridad en todos los aspectos es una característica de este esfuerzo

Producto único, es decir; tiene características especiales propias ya que cada ambiente o entorno es particular

La limitación de recursos es una característica presente por lo que deben gestionarse con criterio de eficiencia para asegurar su uso adecuado

#### Mantenimiento

La aplicación del mantenimiento es finita enmarcada dentro de un tiempo establecido el mínimo posible conocido como mantenibilidad que incide determinante mente en el éxito de la tarea

La complejidad tecnología de los equipos y procesos actuales involucra todas las disciplinas técnicas y áreas de conocimiento

Cada equipo aunque sea semejante a otro en su diseño y fabricación lo que define el mantenimiento es su condición de operación por lo que único en cada en cada proceso

Como actividad que consume recurso debe ejecutarse tomando en cuenta que estos son escasos y que deben manejarse tomando según la mejor relación costo beneficio



## DIAGNÓSTICO

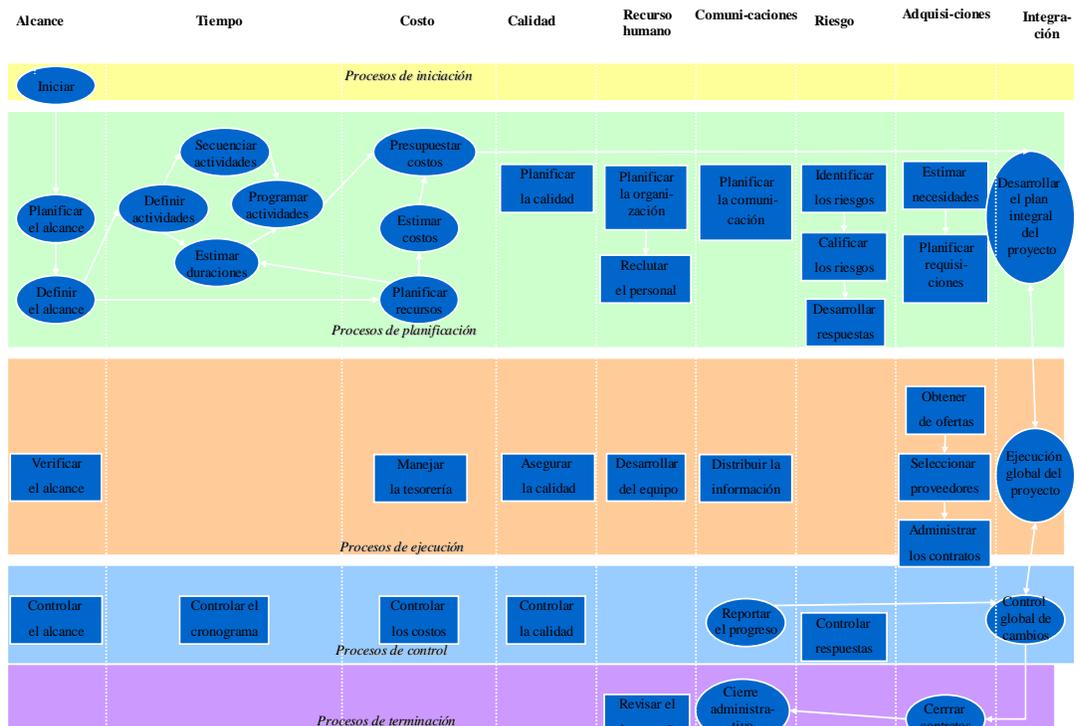
### Objetivos de los proyectos versus objetivos de mantenimiento

Objetivos de los proyectos	Objetivos de mantenimiento
Cambiar una situación indeseada	Asegurar continuidad operacional con cero averías de los activos productivos
Lograr los resultados preestablecidos para asegurar que en la siguiente fase operativa se produzca o preste servicios de calidad	Obtener producción con cero defectos mediante la conservación de las funciones de los activos
Obtener un producto que asegure la operatividad segura y confiable para maximizar la producción	Maximizar la producción mediante el aumento de la funcionalidad y confort operativo de los activos
Minimizar los costos de desarrollo del esfuerzo y que el producto ofrezca prestaciones en cuanto a operatividad y mantenibilidad a bajo costos	Minimizar los costos operativos (directos, indirectos y ocultos)



## DIAGNÓSTICO

### Componentes del sistema de gestión propuesto





## DIAGNÓSTICO Diagnóstico de las empresas

A y B Empresas de producción de crudo



C Empresa del sector metalmeccánico



D y E Empresas de servicio

Gestión de mantenimiento Elemento	Empresa				
	A	B	C	D	E
Misión de la empresa	Producción de crudo	Producción de crudo	Fabricación mecánica	Construcción mantenimiento	Construcción mantenimiento
Importancia Mantenimiento	Actividad primaria	Actividad primaria	Actividad primaria	Medular ingresos	Medular ingresos
Costo total del mantenimiento en la producción	9%	9%	5%		
Perdidas de producción por averías	3%	3%	1%		
Ingresos por mantenimiento				40%	40%
Políticas de mantenimiento	100%	100%	100%	100%	100%
Organización formal para de mantenimiento	100%	100%	100%	100%	100%
Comités de mantenimiento y análisis	100%	100%	50%	100%	100%
Planes de adiestramiento	80%	80%	50%	50%	50%
Modelo de gestión de Mantenimiento	15%	15%	0%	0%	0%
Sistema de gestión de la calidad	5%	5%	5%	10%	10%
Sistemas de mejora continua	0%	0%	0%	0%	0%
Mantenimiento con esfuerzo propio	70%	70%	10%	50%	50%
Planes de producción	100%	100%	50%		
Programas de mantenimiento	60%	60%	80%		
Integración cadena de valores/suministros	50%	50%	50%	50%	50%



## DIAGNÓSTICO

### Mantenimiento aplicado

Elemento	Empresa									
	A		B		C		D		E	
Tipos de equipos	Estáticos/ Dinámicos		Estáticos / Dinámicos		Estáticos/ Dinámicos		Estáticos/ Dinámico		Estáticos/ Dinámico	
Tipos de mantenimiento	Mayor/menor									
Acciones de mantenimiento	Correctivo	70%	Correctivo	70%	Correctivo	50%	Correctivo	70%	Correctivo	70%
	Preventivo	20%	Preventivo	20%	Preventivo	40%	Preventivo	20%	Preventivo	20%
	Predictivo	7%								
	Detectivo	2%								
Análisis de falla	50%		50%		50 %		50%		50%	
Especialización del mantenimiento	Mecánico Eléctrico Civil Instrumentación									
Operación del mantenimiento	12 Horas		12 Horas		12 Horas		8 Horas		8 Horas	
Configuración	Taller Central Contratación de servicios		Taller Central Contratación de servicios		Taller central		Taller Central Cadena de valor		Taller Central Cadena de valor	



## DIAGNÓSTICO

### Protocolos de mantenimiento

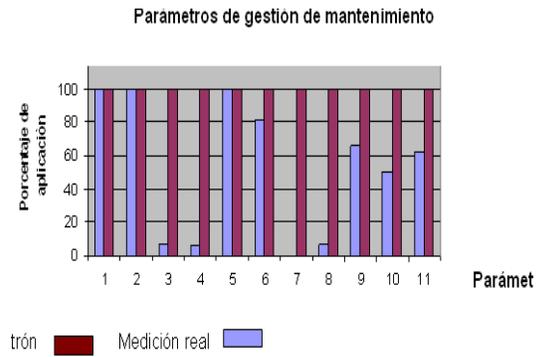
Elemento	Empresa											
	A		B		C		D		E			
Procedimientos Generales	40%		40%		50%		60%		60%			
Procedimientos de autorización/ responsabilidades	40%		40%		30%		50%		50%			
Protocolos de entrega y recepción	50%		50%		60%		60%		60%			
Registros documentados de mantenimiento	Revisión, 40%	reemplazo, 60%	cambios 50%	acciones 20%	Revisión, 40%	reemplazo, 60%	cambios 50%	acciones 20%	Revisión, 40%	reemplazo, 90%	cambios 80%	acciones 40
Definición de Objetivos	50%		50%		80%		50%		50%			
Indicadores de gestión	50%		50%		80%		50%		50%			



## DIAGNÓSTICO

### Análisis de Parámetros de gestión de mantenimiento

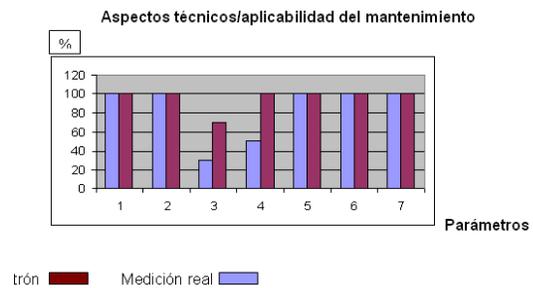
Número	Parámetro	% de aplicación
1	Importancia del mantenimiento	100
2	políticas	100
3	Impacto costos de producción	7
4	Modelo gestión	6
5	Organización /departamento	100
6	Planes de producción	82
7	Sistemas de mejora continua	0
8	Sistemas de gestión de la calidad	7
9	Programas de Mantenimiento	66
10	Integración en cadenas de valor	50
11	Planes de adiestramiento	62



## DIAGNÓSTICO

### Análisis de Parámetros técnicos

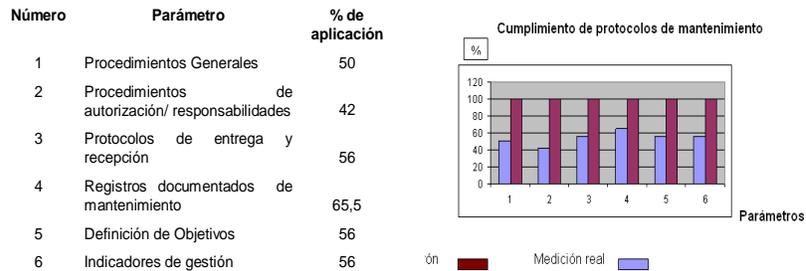
Número	Parámetros	% de aplicación
1	Aplicabilidad del mantenimiento	100
2	Tipos de mantenimiento	100
3	Acciones de mantenimiento	30
4	Análisis de falla	50
5	Especialización del mantenimiento	100
6	Operación del mantenimiento	100
7	Configuración	100





## DIAGNÓSTICO

### Análisis de Parámetros de protocolo de mantenimiento



## DIAGNÓSTICO

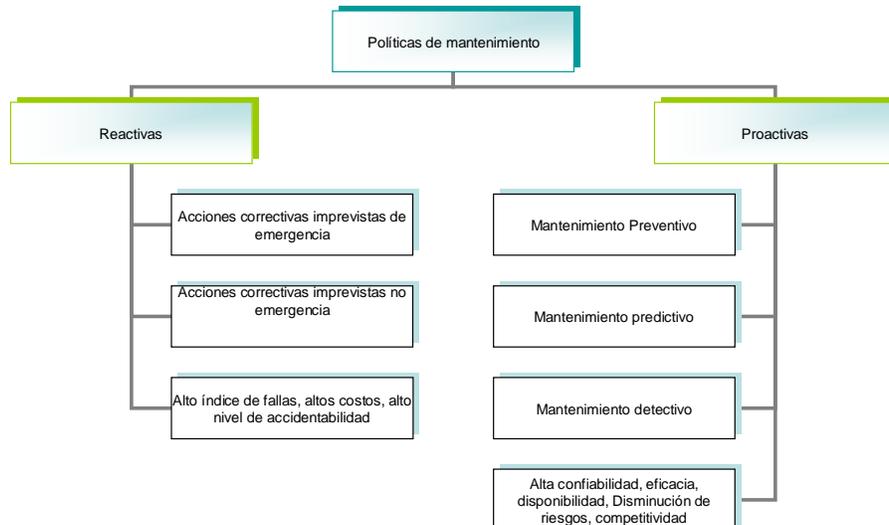
### Conclusiones del diagnostico

- **Mantenimiento es parte determinante en la productividad de las empresas**
- **Se aplica mantenimiento en todas sus modalidades**
- **Mantenimiento carece de una cultura de negocios (planes de negocio inexistentes, presupuestos inefectivos, informes desenfocados)**
- **Supervisión del mantenimiento o líderes de equipo carecen de habilidades para la gestión**
- **Mantenimiento se halla aislado sin integración con los demás departamentos**
- **Niveles bajos de mantenimiento planificado**
- **Necesidad de aplicación de métodos avanzados de mantenimiento**



## DIAGNÓSTICO

### Análisis de la Gestión de mantenimiento



Justificación

### PROPUESTA



Aprovechar las herramientas y conocimientos de la GP y aplicarlos de manera sistematizada a las empresas en la búsqueda del mejoramiento continuo y el logro de la disponibilidad y eficacia requerida al mínimo costo y con máxima seguridad de los activos y del medio ambiente



## PROPUESTA

Objetivos



- Maximizar el nivel de satisfacción de cliente
- Maximización del aprovechamiento de los recursos humanos
- Reducción del uso de los recursos materiales
- Reducción del nivel de inventarios de repuestos
- Maximización de la vida útil de los activos
- Minimización de costos de sustentación totales (operación y mantenimiento)
- Maximización de la relación producción/ costos de mantenimiento
- Maximización de retorno de la inversión de los activos
- Minimización de niveles de riesgos a mínimo costo.
- Mejoramiento de la seguridad, higiene y ambiente
- Mejorar continua de la productividad de los activos físicos
- Maximizar la disponibilidad y eficacia a minino costo

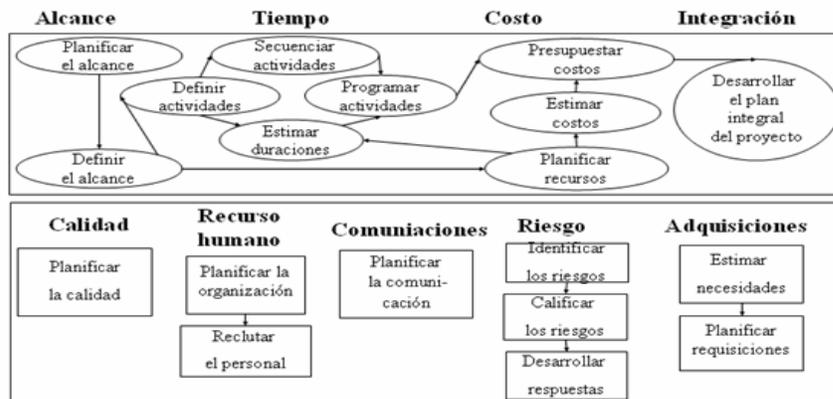


## PROPUESTA

Estructura de la propuesta



### Actividades y procesos de la fase de planificación





## PROPUESTA

### Estructura de la propuesta



## PROPUESTA

### Estructura de la propuesta

#### Procesos de ejecución

Alcance	Tiempo	Costo	Calidad	Recurso humano	Comunicaciones	Riesgo	Adquisiciones	Integración
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Verificar el alcance</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Manejar la tesorería</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Asegurar la calidad</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Desarrollar del equipo</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Distribuir la información</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Obtener de ofertas</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Seleccionar Proveedores</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Administrar los contratos</div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; text-align: center; width: 60px; margin: 0 auto;">Ejecución Global del Proyecto</div>



## PROPUESTA

### Estructura de la propuesta

Procesos

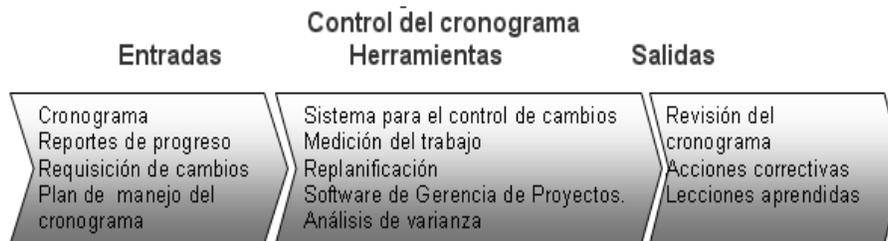


## PROPUESTA

### Estructura de la propuesta

#### Procesos de control

Alcance	Tiempo	Costo	Calidad	Recursos Humanos	Comunicaciones	Riesgo	Adquisiciones	Integración
Controlar alcance	Controlar el cronograma	Controlar el costo	Controlar la calidad		Reportar progreso	Controlar respuesta		Control global de cambios





## PROPUESTA

### Estructura de la propuesta

#### Oficina de proyectos ( mantenimiento)

Planificación estratégica.



Gerencia de programas / proyectos



Gerencia de portafolio.



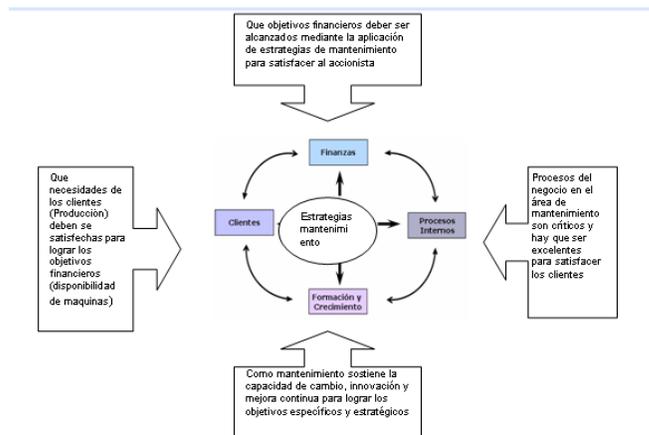
## PROPUESTA

### Estructura de la propuesta

#### Oficina de proyectos ( mantenimiento)

Indicadores de gestión:

#### Sistema de control de gestión (CMI)





## CONCLUSIONES

- El modelo planteado representa una alternativa de gestión para el mantenimiento.
- En la actualidad la gerencia de mantenimiento se organiza y aplica las técnicas de gestión de los procesos relativos a la planificación, ejecución y control de actividades para lograr que éstas se lleven a cabo dentro de estándares.
- Al considerar el mantenimiento como un conjunto de proyectos o programas, son aplicables, en consecuencia, los principios de la gerencia de proyectos en su totalidad
- Los modelos de mantenimiento desarrollados hasta la fecha son compatibles con el modelo de gestión propuesto ya que éstos se enfocan en la proactividad
- La responsabilidad y éxito del mantenimiento no termina ni se logra con la ejecución y entrega del trabajo sino que depende del desempeño de los activos en la fase operativa
- Los elementos de éxito del mantenimiento son la disponibilidad y la eficacia, los cuales se logran mediante la aplicación de herramientas y técnicas que indiquen: qué hacer, cuándo hacer y cómo hacer



## RECOMENDACIONES

- Diseñar, en próximos estudios, la metodología para adaptar los trabajos de mantenimiento sobre los activos generales (estáticos y dinámicos) a la estructura de proyectos
- Considerar la metodología propuesta en este estudio para ser aplicada a sistemas donde se requiera una gestión flexible y sistemática.
- Toda vez que el desarrollo tecnológico-gerencial de una organización le permite agregar valor a sus productos, generando mayor utilidad y satisfacción del cliente, se sugiere la implantación del modelo en un sistema piloto
- Se recomienda hacer uso combinado de la metodología de gerencia de proyectos con la gerencia de activos y la gerencia por actividad para desarrollar un modelo que manejo de los recursos durante la ejecución de la actividad como proyecto,
- Para las empresas evaluadas se recomienda combinar los distintos enfoques de mantenimiento proactivo.
- Desarrollar o adoptar un modelo de gestión de proyectos para mantenimiento asistido por computador, que integre la base de datos de los activos, su criticidad, el recurso humano, la procura y la generación de órdenes