

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Monterrey

División de Ingeniería

Programa de Graduados



Modelo Administrativo de Mantenimiento Inmobiliario

Tesis

Presentada como Requisito Parcial para obtener el Grado Académico de:
Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería y Administración de la Construcción

Por:

Alejandro Gallardo Ibarra

Monterrey, N.L., Mayo de 2011

Dedicatoria

A Dios, por su amor, sus constantes bendiciones y la oportunidad de vivir y lograr mis objetivos.

A mis Padres, por su apoyo incondicional, por su ejemplo, entrega, confianza y guía.

A mis Hermanos Gabriel, Patricia y Georgina por su cariño, consejos y motivación.

A mi novia Alejandra por su amor, su constante apoyo, palabras de aliento y compañía.

A mis amigos y familiares, por su sincera amistad y por compartir conmigo sus alegrías, tristezas, experiencias y sueños.

A mis profesores y compañeros, por su paciencia y por compartir conmigo sus conocimientos, experiencias y competencia.

A todos, Gracias...

Índice

1.	INTRODUCCIÓN:	7
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:	10
3.	OBJETIVO	13
4.	HIPÓTESIS	15
5.	GENERALIDADES DE LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	17
	5.1 Definición de Mantenimiento.....	18
	5.2 Tipos de Mantenimiento.....	19
	5.3 Objetivos de Mantenimiento.....	24
	5.4 Definición del Sistema Integral para la Gestión del Mantenimiento.....	26
	5.5 Evolución, Implementación y Tendencias del Mantenimiento.....	31
	5.6 Mantenimiento y Rehabilitación.....	35
6.	SECTOR INMOBILIARIO MEXICANO Y LATINOAMERICANO	40
	6.1 Clasificación de inmuebles.....	41
	6.2 Costos del Mantenimiento en Edificaciones.....	46
	6.3 Patologías en los Inmuebles.....	51
7.	MODELO ADMINISTRATIVO DE MANTENIMIENTO INMOBILIARIO	63
	7.1 Manual de Mantenimiento.....	63
	7.1.1 Planeación de Mantenimiento.....	64
	7.1.2 Organización del Área de Mantenimiento en la Empresa.....	68
	7.1.3 Dirección y Control del Área de Mantenimiento.....	72
8.	ESCENARIOS DE APLICACIÓN	100
	8.1. Primer Escenario, Gymnos Fit & Fun.....	100
	8.1.1 Planeación del Mantenimiento.....	101
	8.1.2 Organización del Área de Mantenimiento.....	105
	8.1.3 Dirección y Control del Área de Mantenimiento.....	107
	8.2 Segundo Escenario, Institución de Educación Superior.....	126
	8.2.1 Planeación del Mantenimiento.....	127
	8.2.2 Organización del Área de Mantenimiento.....	133
	8.2.3 Dirección y Control del Área de Mantenimiento.....	138
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	169
10.	REFERENCIAS	176

Índice de Figuras

Figura 1.- Diseño de programa de mantenimiento preventivo.....	21
Figura 2.- Operación del sistema de mantenimiento en la empresa	30
Figura 3.- Diagnóstico y Actividades Previas a la Rehabilitación.....	37
Figura 4.- Clasificación de proyectos	44
Figura 5.- Participación de sectores de la construcción en el mercado mexicano	45
Figura 6.- Costos de edificación	46
Figura 7.- Ley de Evolución de costos de Sitter	47
Figura 8.- Diagrama comparativo sobre enfoques del mantenimiento correctivo y preventivo	49
Figura 9.- Importancia de Planeación.....	64
Figura 10.- Pasos de Planeación	65
Figura 11.- Ciclo de mejora.....	67
Figura 12.- Organización del Depto. de Mantenimiento (Organigrama simplificado).....	69
Figura 13.- Flujo y procesamiento de información: Ejecución de trabajos.....	92
Figura 14.-Diagrama de flujo de ordenes de trabajo e información.....	93
Figura 15.- Diagrama de flujo tipo para solicitar mantenimiento correctivo	94
Figura 16.- Diagrama de Flujo tipo para encarar Mantenimiento Preventivo.....	96
Figura 17.- Gymnos Fit&Fun.....	100
Figura 18.- Distribución en planta Gymnos fit&fun.....	101
Figura 19.- Diagrama de responsabilidades de jefe de mantenimiento.....	106
Figura 20.- Flujo y procesamiento de información para ejecución de trabajos. Gymnos Fit&Fun	120
Figura 21.- Diagrama de flujo de ordenes de trabajo e información	121
Figura 22.- Diagrama de flujo tipo para solicitar mantenimiento correctivo	122
Figura 23.- Diagrama de Flujo tipo para encarar Mantenimiento Preventivo.....	124
Figura 24.- Ejemplos De Campus U. De Las Americas Y U. San Ignacio De Loyola.	126
Figura 25.- Organización del Depto. de Mantenimiento.....	134
Figura 26.- Flujo y Procesamiento de información.....	159
Figura 27.- Diagrama de flujo de ordenes de trabajo e información.....	160
Figura 28.- Diagrama de flujo para solicitar mantenimiento correctivo	161
Figura 29.- Diagrama de flujo para encarar mantenimiento preventivo.....	163
Figura 30.-Tipos de Capacitación.....	165

Resumen

El presente documento contiene la propuesta de tesis para la Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería y Administración de la Construcción. En la actualidad, el mantenimiento ha ido incrementando su presencia como parte esencial del buen funcionamiento de las industrias, entre ellas la construcción, por lo cual no es de esperar que comience a surgir en gran medida la necesidad de modelos de gestión de mantenimiento en México que permitan reconocer y administrar eficientemente los recursos en materia de mantenimiento preventivo para, de esta manera, incrementar la eficiencia y productividad de los edificios de vivienda, comerciales e industriales. A lo largo de esta tesis se pretende generar un modelo de gestión de mantenimiento en edificios mediante la generación de manuales de mantenimiento, mostrando la metodología del mismo, para posteriormente implementarlo en la industria de la construcción. Actualmente y debido a que dicho modelo es inexistente en el país, se planea revisar las nuevas tendencias en el extranjero para tomar como base dichos modelos, para aplicarlo a las necesidades y características de la industria mexicana, ya que el mantenimiento es una fuente de soluciones cuyo objetivo es mantener las áreas de una empresa en las condiciones necesarias para que funcionen como se requiere. Por lo tanto, implementando la gestión de mantenimiento en edificios se hará más eficiente el trabajo de la industria, generando un ambiente más competitivo y productivo, desde el punto de vista técnico y administrativo, beneficiando la calidad de vida de los usuarios, mediante el incremento en la vida útil del edificio y la reducción de los costos por mantenimiento correctivo y/o reemplazo.

CAPITULO 1

Introducción

1. Introducción:

La experiencia nos demuestra que no importa de que se trate, o lo mucho o poco que se use algún edificio, equipo o maquinaria a lo largo de su vida, todo material está sujeto a una serie de degradaciones que pueden conllevar a generar problemas que radican en costos altos de reparaciones, reducción tangible de su vida útil, o inclusive reemplazos a altos costos. A principios del siglo XX y con motivo de las guerras mundiales, toda industria comenzó a producir a sus mayores capacidades, surgiendo el mantenimiento para asegurar el buen funcionamiento de los procesos. En esos años, se comienzan a estudiar las fallas que se generaban y las soluciones encontradas, obteniendo un enorme avance técnico que relaciona el tiempo de buen funcionamiento y la aparición de las averías, reconociendo entonces la necesidad del procedimiento de mantenimiento, justo antes de que se generen las fallas (Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997). Sin embargo, toda empresa, particularmente el sector inmobiliario, requiere de servicios de mantenimiento adecuados a sus procesos, resultando imprescindibles con la finalidad de prevenir interrupciones o bien reducirlas al mínimo y así reducir costos generados por reemplazo o corrección, además de alargar la vida útil de los edificios.

Aunque continuamente la función del mantenimiento es mal concebida como un sobre-costo de producción es necesario reconocer que en realidad es un costo necesario. Con el paso del tiempo, nuevas tecnologías y prácticas innovadoras están colocando al mantenimiento como una parte integral de la productividad en diversas industrias, entre ellas la construcción.

El diseño del modelo administrativo de mantenimiento inmobiliario que se pretende realizar a lo largo del presente documento de tesis, debe provenir del deseo de la búsqueda de eficacia y eficiencia de los procesos y además satisfacer los objetivos y necesidades planteadas en las organizaciones. La gestión del mantenimiento puede ser dividida básicamente en dos partes: la definición de la estrategia, y la estrategia de la implementación.

En cuanto a la definición de la estrategia, se requiere primeramente definir los objetivos, los cuales deben provenir del plan de negocios. Esta primer etapa condiciona el éxito del mantenimiento en una organización y determinará la eficacia de la implementación, ya sea en sus planes, agendas, controles y mejoras; La eficacia se concentra en corregir los procesos en caso de que no produzca los resultados requeridos.

Por otra parte, la estrategia de la implementación tiene un diferente nivel de relevancia, la habilidad para afrontar los problemas permitirán minimizar los costos directos del mantenimiento. En esta segunda parte se pretende concretar la eficiencia que permite reducir los desperdicios, gastos y también los esfuerzos innecesarios, es decir, proveer los mismos o mejores niveles de mantenimiento por el mismo costo (Crespo, Moreu, Gómez, Parra, & López, 2009).

Sin lugar a dudas y por las razones expuestas anteriormente es posible reconocer que una parte imprescindible del buen funcionamiento de toda industria es el manejo del mantenimiento de sus operaciones clave, dado que de esta manera se buscará reunir técnicas y sistemas que permitan prever averías, mediante la realización continua de revisiones y reparaciones eficaces para así obtener grandes beneficios para la organización, en cuestiones técnicas y administrativas.

A pesar de su tradicionalismo, la industria de la construcción no se queda atrás en cuestiones de la necesidad de una buena gestión de mantenimiento, dado que cuenta con una gran cantidad de información referente a las necesidades de corregir aspectos constructivos que pudieron ser mantenidos en buenas condiciones durante la vida del edificio. La gestión del mantenimiento es una gran debilidad con la que cuenta el sector inmobiliario, ya que la mayoría de los problemas localizados en edificaciones radican en la generación de una muy breve fase que permita reconocer los requerimientos y/o necesidades del consumidor final del inmueble (Chanter & Swallow, 2007).

Las secciones posteriores se encuentran organizadas de la siguiente manera: en la sección 2 se define el problema que se pretende resolver, en la sección 3 se plantea el objetivo principal de la tesis. Posteriormente se formula la hipótesis en la sección 4, que permitirá desarrollar la función o resultados a los cuales se pretende llegar, para finalmente dar lugar al marco teórico, que será capaz de desarrollar tanto las Generalidades Del Mantenimiento como el Sector Inmobiliario Mexicano y Latinoamericano en las secciones 5, y 6 respectivamente. Finalmente se expone el Modelo Administrativo de Mantenimiento Inmobiliario, para posteriormente aplicarlo en 2 escenarios de estudio, llegando a una serie de conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO 2

Definición del Problema

2. Definición del Problema:

Actualmente la globalización ha comenzado a generar una competitividad considerable entre los mercados, lo cual ha generado entornos extremadamente variables donde la velocidad de cambio rebasa las capacidades de respuesta de las industrias. Por estas razones, vale la pena considerar algunas posibilidades que aunque ya existen en algunos otros lugares del mundo y que han sido mencionadas en la industria mexicana, comienzan a cobrar mayor relevancia, sobretodo porque generan un valor agregado en sus actividades.

Un ejemplo muy claro de esto, es la necesidad de comenzar a redimensionar las empresas inmobiliarias para acoplar el mantenimiento preventivo dentro de sus funciones, a fin de visualizarlo, no como un bien intangible, sino como un bien real que permite producir con calidad, seguridad y rentabilidad. Sin embargo, ¿Qué ventajas traería consigo la gestión del mantenimiento en los edificios?, es posible responder esta pregunta mediante los siguientes puntos que comenta Watt (Watt, 2007) en su libro “Building Pathology”:

- Reducción de costos de producción, sobre todo en cuestión de reemplazo y corrección de averías, así como el costo generado por las paros operacionales.
- Mejoramiento de calidad del producto y/o servicio, consiste básicamente en que conforme se aplique el mantenimiento en las operaciones, el departamento de calidad tendría la posibilidad de asegurar que las herramientas, equipo o bien los elementos a analizar han estado funcionando de la manera en que se desea, y si se llegara a encontrar alguna anomalía en los procesos, se puede reconocer que la razón es una errónea implementación de los procedimientos operacionales. Mientras el departamento de mantenimiento garantice el funcionamiento de los elementos de acuerdo a estándares tanto de la organización como nacionales o internacionales, el departamento de calidad tendrá cada vez menor cantidad de rechazos.
- Incremento en niveles de seguridad, conforme el mantenimiento comience a ser parte imprescindible de las operaciones se podrán asegurar niveles de seguridad del personal, al evitar tanto desperfectos de la maquinaria y equipo que pueda generar un problema de salud hacia el recurso humano, además de que permitirá evaluar formas de trabajar o costumbres que puedan repercutir en riesgos innecesarios.
- Incremento en la vida útil de los productos y/o servicios, esta cuestión es fácilmente analizada cuando la organización se percata de la necesidad de que el operador sea el primer responsable de dar mantenimiento o aviso para evitar que dicha maquinaria, equipo o elemento pueda seguir trabajando en condiciones de falla que a la larga pueda llevar a una avería del mismo que resulte mas caro solucionar que si se hubiera corregido en el momento en que se registró por primera vez el inicio de la avería, como comenta Navarro et al. (Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997).

Así mismo, a fin de continuar con el mantenimiento de inmuebles, será indispensable tomar en cuenta una serie de patologías (factores y aspectos que afecten a los inmuebles)

que puedan ser aplicables en la evaluación y apoyo a la generación de la metodología, a fin de generar una evaluación más precisa.

En resumen, el mantenimiento de edificios del sector inmobiliario es un área que requiere de un enfoque prioritario que permita evadir gastos excesivos por reparaciones que pudieron haber sido evitadas mediante acciones preventivas, esto será posible visualizarlo dentro de los objetivos primordiales del presente documento de tesis, que pretende aplicar los conocimientos de otras industrias y otros países en la industria de la construcción mexicana; ya que la falta de procedimientos y metodologías de mantenimiento, así como un análisis deficiente de las necesidades de los usuarios aunada a la falta de diagnósticos precisos, obstaculizan la aportación de soluciones que pudieran llevarse a cabo mediante lo conocido como mantenimiento preventivo.

CAPITULO 3

Objetivo

3. Objetivo

En general, el presente documento tiene por objetivo generar un Modelo Administrativo de Mantenimiento Inmobiliario que permita reconocer los problemas existentes en la industria, a fin de proponer una serie de conceptos administrativos (planeación, organización, dirección y control) para aplicar un híbrido de los tipos de mantenimiento en las organizaciones. Esto permitirá alcanzar un ahorro de recursos, el incremento de la vida útil de los bienes inmuebles, así como un incremento en los conceptos relacionados al confort del usuario de las instalaciones. Se pretende que el modelo sea lo suficientemente flexible para ajustarse a las propias necesidades y patologías de inmuebles de diferentes tamaños y características, las cuales serán expuestas en el desarrollo mismo del presente documento de tesis.

Sin embargo, particularmente se pretende:

- Investigar las generalidades de las cuestiones de mantenimiento.
- Ahondar sobre los objetivos del sistema de mantenimiento.
- Investigar los criterios para generar un sistema integral de gestión de mantenimiento.
- Recopilar información de investigaciones que se han generado en otros países y en México, y que se relacionen con la implementación del mantenimiento en diversas industrias.
- Clasificar las fallas o patologías dentro de los diversos tipos de inmuebles en México.
- Generar un modelo administrativo de mantenimiento aplicable a la industria mexicana.
- Implementar el modelo de gestión de mantenimiento dentro de la industria, ya sea en edificios comerciales, industriales o en vivienda.

CAPITULO 4

Hipótesis

4. Hipótesis

La generación e implementación de un Modelo Administrativo de Mantenimiento en la Industria Inmobiliaria que incluya un programa preventivo desde las diferentes fases administrativas (Planeación, Organización, Dirección y Control), permitirá generar un considerable ahorro de recursos humanos, económicos y de tiempo, aunado a un incremento de la vida útil de los edificios y una mayor eficacia y eficiencia de los sistemas, así como un incremento en el confort de los usuarios al emplear las instalaciones.

La presente investigación busca responder una serie de preguntas que van totalmente ligadas a la gestión del mantenimiento en el sector inmobiliario, entre las cuales se encuentran:

- ¿Cuáles son las tendencias de la evolución del mantenimiento en el sector inmobiliario?
- ¿De qué manera será posible adoptar los modelos de gestión de mantenimiento de otros países al sector inmobiliario mexicano?
- ¿Qué tipos de inmuebles podrán ser susceptibles de aplicar el modelo de mantenimiento que se pretende generar?
- ¿Qué ventajas y desventajas tendrá, para el sector inmobiliario, la implementación de modelos de gestión de mantenimiento?

CAPITULO 5

Generalidades de la Administración del Mantenimiento

Marco Teórico

A lo largo del siguiente documento se pretende desarrollar una serie de temas y subtemas que permitirán comprender en mejor medida lo relacionado a las metodologías de mantenimiento, así como exponer el desarrollo de los objetivos planteados con anterioridad. Primeramente se comenzará con las generalidades del mantenimiento en que se expondrán tanto la definición, como los tipos y objetivos del mismo, considerando además la definición de un sistema integral para la gestión del mantenimiento. Posteriormente se considerará la revisión de la evolución, implementación y las tendencias de la gestión, para concluir con el sector inmobiliario mexicano, analizando y desarrollando las generalidades y clasificación de los inmuebles, así como los usos, tipos y patologías comunes en los mismos.

5. Generalidades de la Administración del Mantenimiento

La necesidad por la que se producen y construyen edificaciones en el sector inmobiliario, va extremadamente ligada con la necesidad de mantenerlas en situaciones que permitan a los usuarios emplearlas con la finalidad para la cual fueron diseñadas. En este punto surge la necesidad del Mantenimiento como una forma de cubrir las anomalías, desperfectos o bien el mismo deterioro, mediante reparación o prevención, para cubrir así las necesidades de los usuarios.



En la mayoría de las empresas, el mantenimiento suele estar a un nivel inferior al de la operación o producción, debido a que únicamente existe el interés en el mantenimiento cuando hay averías que se requieren solucionar cuanto antes.

El gasto que se genera por cubrir de manera rápida dichas averías, así como los paros productivos, son tangibles siendo que el ahorro que se puede generar mediante el mantenimiento preventivo no es fácil de cuantificar.

Por esto cada empresa, y dependiendo de sus actividades y de la forma que suele producir, requerirá de un programa de mantenimiento que permita solucionar los problemas en sus procesos productivos, agregando dicho plan a la producción misma y no mantenerla aislada hasta que llegue algún acontecimiento que se pretenda corregir. (Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997)

Sin embargo, antes de seguir con la aplicación del mantenimiento en el sector inmobiliario es indispensable conocer las generalidades del Mantenimiento.

5.1 Definición de Mantenimiento

De acuerdo al Dr. Salvador García, el Mantenimiento es considerado como el conjunto de actividades, obras, trabajos y actuaciones que van encaminadas a la conservación física y funcional de un edificio a lo largo de su vida útil. (García Rodríguez, 2008)

El mantenimiento es el medio que tiene toda empresa para conservar operable y con el respectivo grado de eficiencia y eficacia a su activo fijo. Involucra el conjunto de actividades que son necesarias para: 1) Mantener una instalación o equipo funcionando y 2) Restablecer el funcionamiento del equipo en condiciones predeterminadas.

De ahí que el mantenimiento incida en la cantidad y calidad de la producción, al grado que dicha cantidad a un determinado nivel de calidad, sea determinada por las capacidades instaladas de producción así como por su disponibilidad, todo esto mediante la relación entre el tiempo efectivo de producción y la suma de dicho tiempo y el tiempo de paros generados por mantenimiento. (Prando, 1996)

El hacer mantenimiento no implica reparar equipos averiados tan pronto como sea posible, sino mantener los equipos a niveles específicos. Por ende un buen mantenimiento no será la realización de trabajos equivocados de manera eficiente, sino la prevención de las fallas, que redundará en la reducción de riesgos de paros imprevistos de producción.

El rango de operación del mantenimiento comienza desde etapas iniciales del proyecto y continuará a lo largo del mismo hasta su fin. La "European Federation of National Maintenance Societies" define mantenimiento como la combinación de acciones técnicas, administrativas, y directivas generadas durante el ciclo de vida de diversos bienes, con la finalidad de restaurarlos o conservarlos en el estado para el cual fueron generados. (EFNMS, European Federation of National Maintenance Societies)

5.2 Tipos de Mantenimiento

Según Navarro et al. (Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997) existen diversos tipos de mantenimiento, pero los límites entre cada uno de los mismos es difícil de establecerlos ya que a excepción del mantenimiento correctivo, la finalidad del resto de los tipos es la misma, sin embargo son compatibles uno con otro y son capaces de complementarse mutuamente a fin de obtener un óptimo nivel de mantenimiento.

Básicamente existen 4 tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Modificativo
- Mantenimiento Productivo Total

– Mantenimiento Correctivo

Consiste en la reparación de los desperfectos conforme los mismos se van produciendo, es el propio usuario del bien, quien se encarga de dar aviso al encargado de las reparaciones, acerca de las averías presentadas. El gran problema de este tipo de mantenimiento es que el desperfecto se genera y requeriría de reparación justamente en el momento en que se necesita el bien, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización.

Otro problema surge cuando el usuario, con el afán de obtener un mayor rendimiento, no da parte de los desperfectos a los superiores o responsables, causando mayores problemas en la maquinaria, que los iniciales y por ende, generando desperfectos de mayor magnitud e importancia.

Así como fue comentado con anterioridad, el desperfecto puede ocurrir en cualquier instante, generando que las pérdidas se maximicen al no tener al personal capacitado para darle solución. Sin embargo el hecho de contar constantemente con personal capacitado para reparar las averías representa un incremento considerable en los gastos directos de mantenimiento.

Buscar un punto de equilibrio entre gastos directos de mantenimiento y pérdidas de tiempo, es un trabajo extremadamente complicado debido a la dificultad de predecir dos variables muy complejas: 1) la frecuencia de las averías y 2) su importancia.

Otra gran desventaja de este tipo de mantenimiento es que el personal responsable pierde la continuidad y el seguimiento de los bienes,



generando un consumo extra de tiempo al momento de tratar de recordar las partes principales del bien, a fin de comenzar a darles solución.

Si el Mantenimiento Correctivo es el único con que cuenta la empresa, ésta se ve obligada a contar con una cuadrilla numerosa de especialistas en mantenimiento, así como con un almacén de material lo suficientemente completo. Esto haría, desde el punto de vista económico, que se incrementen los costos directos de mantenimiento y que al momento de emplear los bienes hasta el límite de sus posibilidades, las reparaciones sean mas costosas y que tengan mayor duración.

Sin embargo, y a pesar de todas las desventajas del Mantenimiento Correctivo, es imposible prescindir de él, ya que siempre existirán averías fuera de cualquier predicción y que se deberán atender inmediatamente.

– **Mantenimiento Preventivo**

Consiste básicamente en conocer el estado actual de los bienes, a fin de programar el mantenimiento en el momento más oportuno. Entre las principales ventajas que tiene este tipo de mantenimiento respecto a otros, se encuentran:

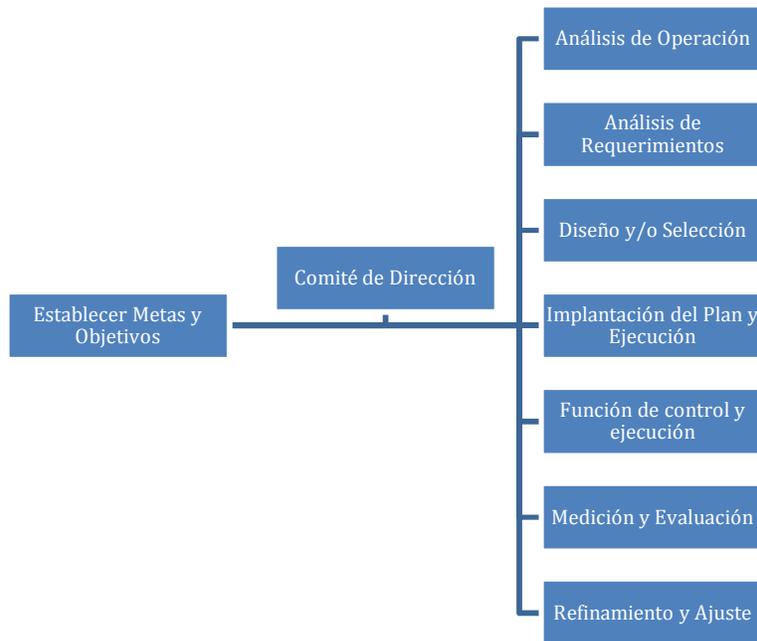
- Reducir la frecuencia de los paros operativos con la finalidad de realizar varias reparaciones al mismo tiempo.
- Aprovechar el momento más oportuno, tanto para producción como para mantenimiento, para realizar las reparaciones.
- Preparar y solicitar los materiales requeridos para dar mantenimiento.
- Distribuir el mantenimiento de una manera más uniforme, para evitar de ésta manera picos de trabajo y así optimizar la cuadrilla de mantenimiento.

El Mantenimiento Preventivo requiere de la generación de un plan de trabajo para cada uno de los conceptos que se pretendan revisar. En dicho plan es necesario especificar las técnicas que se aplicarán, a fin de ser capaces de detectar anomalías de funcionamiento y la frecuencia en que dichas técnicas serían aplicadas, para lo cual es necesario evaluar y estudiar cada uno de los casos detectados y así conocer a fondo los mismos para finalmente realizar los trabajos de mantenimiento.

Un plan de mantenimiento preventivo puede variar de simples rutas de lubricación o inspección, hasta sistemas de monitoreo muy complejos que trabajan en tiempo real para conocer la forma en que operan los equipos. Estos sistemas proporcionan información bastante útil que se debe considerar en un plan de mantenimiento.

Es muy importante reconocer que cualquier plan o programa de mantenimiento puede incluir otros sistemas y que considerando todos como un conjunto pueden generar un mejor programa de mantenimiento. (Mantenimiento Planificado, 2010)

A continuación se muestran los conceptos necesarios para la elaboración de un buen programa de mantenimiento preventivo de acuerdo al Dr. Salvador García (García Rodríguez, 2008)



Fuente: (García Rodríguez, 2008)

Figura 1.- Diseño de Programa de Mantenimiento Preventivo,

Aunque el plan de mantenimiento implica costos adicionales, el número de anomalías detectadas antes de que se conviertan en averías, justifican totalmente la implementación de dicho plan. Comúnmente el Mantenimiento Preventivo puede generarse mediante tres maneras básicas que son: 1) Mantenimiento de uso, 2)Mantenimiento Hard Time y 3) Mantenimiento Predictivo.

- *Mantenimiento de Uso:* Éste pretende responsabilizar en primera instancia a los mismos operarios, ya que si el operador es responsable de generar la conservación y pequeñas reparaciones, no se ignorarán las primeras anomalías que son detectadas antes de la falla. Este método permitiría simplificar la organización ya que se reduciría la carga de trabajo del personal de mantenimiento.
- *Mantenimiento Hard Time:* Consiste en revisar los bienes en intervalos programados antes de que aparezca cualquier anomalía. Dicha revisión consistiría en dejar el bien a cero horas de funcionamiento, es decir como si fuera nuevo. Este tipo de mantenimiento requiere de sustituir o reparar los elementos a fin de tener una alta confianza y una gran mantenibilidad; a fin de asegurar un tiempo de buen funcionamiento previamente establecido.

- Comparado con el mantenimiento correctivo, tiene la gran ventaja de programar las revisiones para cuando exista un menor impacto entre los departamentos de mantenimiento y los de producción, además de preparar los trabajos a realizar y así proveer los materiales y equipos necesarios. Sin embargo la gran desventaja es la pérdida de información que podrían facilitar los elementos durante su funcionamiento.

- *Mantenimiento Predictivo:* Consiste en el conocimiento permanente del estado de los elementos o bienes así como de su operatividad, todo esto mediante la medición de algunas variables determinadas previamente. Es el análisis y estudio de los cambios en las variables anteriormente mencionadas quien determina la actuación o no del mantenimiento. La gran ventaja con respecto a los otros tipos de Mantenimiento Preventivo es la rapidez con que se obtiene la información, dado que en este tipo se realiza de manera inmediata, mientras que en los otros es manejado mediante una frecuencia de tiempo.
 - Este tipo de mantenimiento cuenta con más variables que permiten ofrecer mayor información de los elementos; además de que en caso de una anomalía no solo será capaz de prever la avería, sino cambiar los ritmos de trabajo y así optimizar los procesos.
 - La gran desventaja de este tipo de mantenimiento es el aspecto económico, dado que cada uno de los elementos requeriría la instalación de equipos de medición centralizados en una estación de seguimiento. Entre algunos de los parámetros a controlar pueden ser: presión, pérdidas de carga, caudales, consumos energéticos, caídas de temperatura, ruido, vibraciones, dimensiones de una cota, etc.

- **Mantenimiento Modificativo**

Son todas aquellas acciones que se llevan a cabo, ya sea para modificar las características de producción o bien para mantener una alta confianza y una gran mantenibilidad de los elementos. Este tipo de mantenimiento consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación y suele presentarse en tres etapas de la vida de una instalación:

- *La primera;* en la adquisición de equipo, ya que comúnmente se requiere acoplar los equipos o elementos a las necesidades propias de la empresa, ya sea por razones del producto o por ajustar los costos y posibilidades de mantenimiento. Una instalación que tenga desde sus inicios un diseño orientado al mantenimiento, permitirá evitar problemas posteriores que pueden ser difíciles de solucionar.
- *La segunda;* en la misma vida útil, pretende modificar los equipos para eliminar las causas que frecuentemente generan problemas. El análisis de las causas de las fallas

son el origen de éste tipo y supone la eliminación de ciertos fallos.

- *La tercera* se emplea cuando el equipo es viejo y pretende reconstruir los elementos para asegurar que su empleo pueda seguir en un intervalo de tiempo posterior al de su vida útil. En este momento se prevé introducir todas las mejoras posibles tanto para producción como para mantenimiento (Mantenimiento Mundial, Portal Latinoamericano de Mantenimiento, 2009)

De acuerdo al Dr. Salvador García, el *Mantenimiento* ha sufrido de una evolución constante que ha sido dependiente de la globalización del mercado generando un cuarto tipo de Mantenimiento que comenzó a generarse en los años 70, este tipo de mantenimiento es conocido como *Mantenimiento Productivo Total*. (García Rodríguez, 2008)

– **Mantenimiento Productivo Total**

Comenzado en Japón y en EE.UU., es un tipo de mantenimiento que tiene como punto de referencia la mejora continua, pretende la participación e involucramiento de todos y cada uno de los miembros de la organización. Este tipo de mantenimiento requiere de una profunda cultura de trabajo en equipo. La finalidad de este tipo de Mantenimiento es obtener:

- Cero averías
- Cero defectos
- Mejora de las tasas de operación de los equipos.
- Reducción al mínimo del stock
- Reducción de costos

5.3 Objetivos de Mantenimiento

El objetivo o finalidad del mantenimiento según el Ing. Raúl R. Prando 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 especificada, 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 la producción.”* (Prando, 1996)

Además se puede considerar como objetivo el asegurar la competitividad de la empresa mediante una serie de grandes ventajas entre las cuales se pueden localizar :

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeadas.
- Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
- Maximizar el beneficio global.

A manera general lo que se planea es contar en las organizaciones con la Confiabilidad (Probabilidad de funcionar sin fallas durante un determinado tiempo y en condiciones operacionales comunes), Mantenibilidad (Ejecutar determinadas operaciones de mantenimiento en los tiempos de reparación preestablecidos y bajo las condiciones planeadas), y finalmente con la Soportabilidad (Atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera preestablecido y bajo las condiciones previstas). (Mantenimiento Mundial, Portal Latinoamericano de Mantenimiento, 2009)



Sin embargo si se desea reconocer el objetivo primordial del mantenimiento no se puede limitar a tener una gran producción y un presupuesto muy bajo, sino que se deben tener en cuenta muchos otros factores, pero sobretodo la misión de la organización, por lo cual el objetivo de mantenimiento es garantizar la producción necesaria en el momento oportuno, minimizando los costos, y una vez contando con un objetivo general, seccionarlo en acciones parciales que permitan ser cuantificadas de una manera más sencilla y que además puedan ser supervisadas.

Tal como es comentado por Navarro et al. (Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997) una vez contando con el objetivo general, será posible reconocer los objetivos concretos del mantenimiento y sobretodo darse cuenta que los mismos deberán siempre de ir paralelos a los estipulados en los objetivos de la organización. Los objetivos concretos de mantenimiento son:

- *Producción Máxima:*
 - Mantener la capacidad de las instalaciones.
 - Asegurar la disponibilidad máxima de las mismas.
 - Reparar las averías al menor costo y tiempo.
- *Minimizar Costos:*
 - Reducir al máximo las averías.
 - Alargar la vida útil de las instalaciones.
 - Reducir material de repuesto de bajo movimiento en almacén.
 - Reposición de equipos en momento adecuado.
 - Mantener los costos anuales regulares o bajos.
 - Colaborar en la optimización y actualización de las operaciones y procesos.
 - Mantener la cuadrilla de mantenimiento, al mínimo necesario y asegurar su productividad.
- *Calidad exigida:*
 - Mantener una marcha regular de la fabricación sin paros ni distorsiones.
 - Eliminar las fallas que afecten a la calidad del producto.
 - Mantener en buen estado los equipos que aseguran la calidad final del producto.
- *Conservación de la energía:*
 - Conservar en buen estado las líneas de agua, gas, luz, etc.
 - Mantener en marcha continua y regular la maquinaria, a fin de evitar los paros y puesta en marcha de la misma.
 - Controlar el rendimiento energético de los equipos.
- *Conservación del medio ambiente:*
 - Asegurar el aislamiento de los elementos susceptibles de producir fugas contaminantes.
 - Evitar fallas que paralicen instalaciones correctoras de contaminación.
- *Higiene y seguridad en el trabajo:*
 - Asegurar que el funcionamiento de los equipos sea el adecuado.
 - Mantener las protecciones de los elementos.
 - Informar y formar al personal de los posibles riesgos de accidentes y la prevención de los mismos.

Como fue posible reconocer en los párrafos anteriores, la misión del Mantenimiento no puede ser reducida únicamente a la reparación de las averías. Estos objetivos generales deben de adaptarse a cada tipo de industria y tratar de ajustarlo de acuerdo a los objetivos internos de la empresa a cada momento, llegando el punto de adelantarse a los desperfectos, en lugar de esperar a que se produzcan para darles solución.

5.4 Definición del Sistema Integral para la Gestión del Mantenimiento

Con la finalidad de hablar de modelos de gestión integral de mantenimiento es importante primero definir la palabra gestión como una palabra íntimamente relacionada a la administración, al grado que hablar de *Gestión Integral de Proyectos*, se pretende no solo coordinar, sino que administrar dichos elementos de una forma dinámica, para poder brindar una visión lo suficientemente amplia a cada uno de los involucrados para poder aprovechar al máximo sus capacidades. (Sosa Silverio, 2008)

La *Gestión Integral de Mantenimiento* consiste en actuar en todos aquellos aspectos de importancia para el buen desarrollo de la empresa y que se relacionan con el mantenimiento de las instalaciones, por lo tanto y como la palabra gestión lo estipula, administrar holísticamente y de manera activa, los objetivos de la empresa y no sólo en los objetivos tradicionales de mantenimiento.

En cuestión de un Sistema Integral para la Gestión del Mantenimiento se requiere que la organización sea capaz de repartir las responsabilidades a cada uno de los departamentos para que de esta manera ellos marquen sus propios límites y así defender sus posiciones en cuestión de mantenimiento. Aunque las responsabilidades son asumidas por separado y de manera parcial, las mismas deben de estar limitadas a los trabajos realizados. (Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997)

En cuestión de mantenimiento se requiere la interrelación con los otros departamentos para poder desarrollar una gestión integral, y las atribuciones de la misma no pueden únicamente limitarse a la reparación de las instalaciones sino siempre ir más adelante, buscando otras formas de dar solución a los problemas.

Eduardo Sosa en su Tesis "*Modelo de Gestión Integral de Proyectos de ingeniería Civil*" (Sosa Silverio, 2008) permite reconocer que siempre que se hable de Gestión, es muy importante definir quienes serían los involucrados, ya que ellos serían quienes podrían resultar afectados por alguna decisión considerada dentro de los proyectos. Como comenta Navarro et al., una forma de interrelacionar los departamentos de una organización con el mantenimiento podría ser como sigue:

- *Departamento de Ingeniería:* Podrían aportarse datos para conseguir una instalación confiable y acorde a la mantenibilidad, además de que ambos deben conocer el funcionamiento, y puntos críticos así como los que se espera de cada una de ellas. El departamento de ingeniería debe colaborar con la resolución de averías y en los procedimientos de reparación de las mismas.
- *Departamento de Compras:* Es muy importante debido a la provisión de material y/o equipos, así como que el departamento de Mantenimiento deberá conocer los plazos de entrega del material que ellos emplearían, a fin de fijar la cantidad mínima que debiera

existir en stock. El departamento de Mantenimiento deberá estar en contacto con los proveedores para mantenerse actualizados en avances técnicos.

- *Departamento de Calidad:* En este rubro, Mantenimiento debe contribuir a mejorar y mantener la calidad mínima exigida.
- *Departamento de Contabilidad:* Esta relación es básicamente para que Mantenimiento conozca los costos de cada una de las reparaciones que se han llevado a cabo, y de ésta manera evaluar entre ambas partes, zonas en las que se podrían generar ahorros.
- *Departamento de Recursos Humanos:* La relación será continua, dado que irá desde la selección hasta la formación del personal. (Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997)

La Gestión Integral del Mantenimiento debe ser tal que se logre el máximo beneficio para la empresa, considerando de manera global todos los aspectos que tienen relación con mantenimiento, enfocando todos los conceptos que puedan llegar a pasar por sus manos y que influyen directamente en el desarrollo de las organizaciones. La gestión de mantenimiento debe buscar siempre el punto de mínimos costos y mover sus fichas de manera tal que se mantenga siempre en dicho punto.

Es de gran importancia conocer acerca de los procesos de instalación y sus características particulares, además de cubrir aquellas posibilidades de mejora que en el momento no se han aplicado y así, contribuir mediante un buen análisis a romper las costumbres y modificar la cultura con que se suele actuar, dado que comúnmente las cosas suelen desarrollarse sin existir un planteamiento racional, para lo cual sería indispensable las clásicas cuestiones del: ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿dónde? y ¿por qué?.

A sabiendas que la Gestión del Mantenimiento tiene una serie de objetivos, es indispensable generar indicadores de confiabilidad que sean capaces de propulsar el Mantenimiento.

Amendola comenta que dado que la productividad y la competencia son características de los ambientes en que trabajan las organizaciones, la condición y la disponibilidad de sus sistemas productivos jugarán un papel muy importante en el éxito de los procesos y por ende del negocio. (Amendola, 2009)

Buscar nuevas formas de aumentar la confiabilidad, disponibilidad, así como la vida útil de las plantas y equipos, se ha convertido en un objetivo primordial de la Gestión del Mantenimiento, y es mediante el modelo de *Mantenimiento de Planificación Empresarial* que se permite la clasificación y caracterización de la información para que posteriormente se agrupe y consulte de acuerdo a requerimientos específicos de cada uno de los usuarios,

quienes facilitan los procesos de análisis y toma de decisiones, para ofrecer mayor confiabilidad y una reducción de los costos.

La creciente práctica de Ingeniería de Confiabilidad, la gestión de activos, la medición de los indicadores y la gestión de la disponibilidad; así como la reducción de costos de mantenimiento se han convertido en objetivos básicos de las empresas, cuya finalidad es asegurar la calidad de la gestión de la organización de los procesos de mantenimiento.

Existen una serie de indicadores que permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas y equipos de las empresas, cuya función es generar planes de mantenimiento orientados a perfeccionar las labores. Los indicadores comúnmente empleados para dichos propósitos son los siguientes:

- Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) : Mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo, sin sufrir interrupciones dentro del periodo considerado. Es considerado un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. También es conocido como Tiempo Promedio Operativo, o Tiempo Promedio hasta la Falla.
- Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) : Mide la distribución del tiempo de reparación para un equipo o sistema. Es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad (Probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos).
- Disponibilidad: Permite estimar el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir con la función para el cual fue destinado.
- Utilización: También conocida como el factor de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un período determinado.
- Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. Es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se realiza un análisis de confiabilidad a un equipo o sistema obtenemos información valiosa acerca de la condición del mismo: Probabilidad de falla, tiempo promedio de falla, etapa de la vida en que se encuentra el equipo. Uno de los factores a considerar para predecir la confiabilidad de componentes es la tasa de fallo, nivel operativo del equipo, número de ciclos conectados/desconectados, número de horas de funcionamiento, naturaleza y distribución de fallas.
- Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF): Indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de la falla, es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada de la falla. A mayor valor de dicho indicador, mayor será la confiabilidad del equipo. Para obtener el valor de éste indicador se deben utilizar datos históricos almacenados en sistemas de información. El análisis de fallos es el paso más importante en la determinación de un programa de mantenimiento óptimo y éste depende del conocimiento del índice de fallos de un equipo durante cualquier punto de su vida útil.

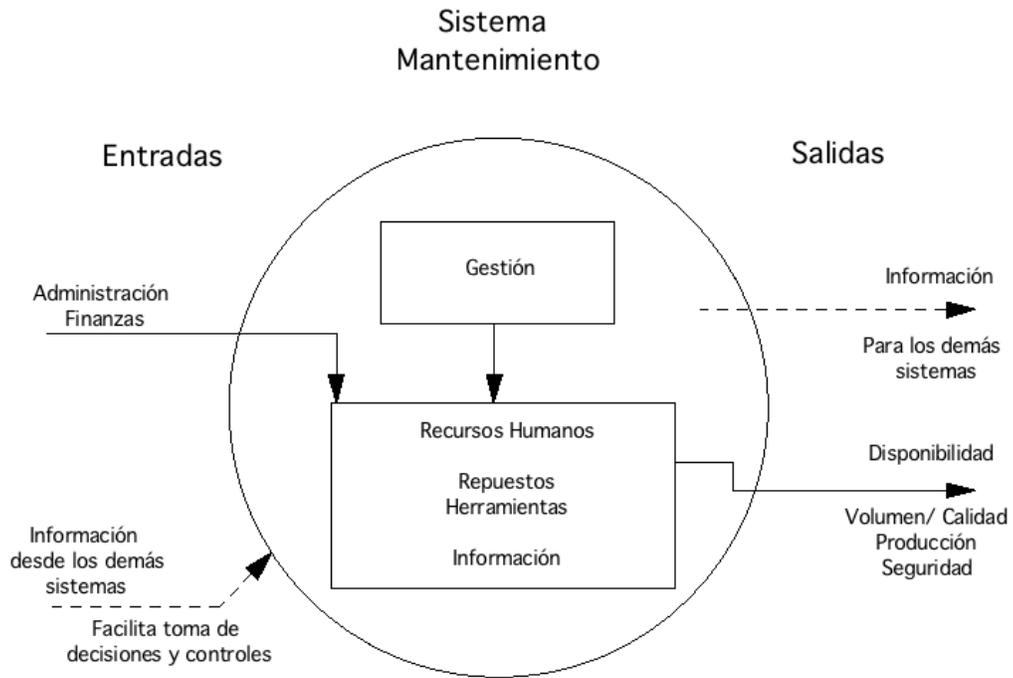
El estudio de la confiabilidad se utiliza en el análisis de los datos operativos para el mantenimiento y es posible conocer el comportamiento de los equipos en operación con la finalidad de:

- Prever y optimizar el uso de los recursos humanos y materiales necesarios.
- Diseñar y/o modificar las políticas de mantenimiento a emplear
- Calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos.
- Establecer frecuencias óptimas para el Mantenimiento Preventivo

Al cuestionarse referente a la cantidad de mantenimiento a realizar, la respuesta está íntimamente relacionada con el uso que tengan los equipos, por la carga misma de trabajo a la cual se encuentran sometidos. El control de mantenimiento se basa en controlar la condición misma de los equipos, mediante el uso de los sentidos y una serie de procedimientos técnicos.

Debido a la gran incidencia que tiene el mantenimiento sobre la producción y la productividad de las empresas, es posible reconocer que es una forma de lograr y mantener la eficiencia y calidad de los productos así como de reducir los costos y pérdidas. Al respecto es importante destacar que:

1. El Mantenimiento no es costoso
2. No se reduce a un conjunto discreto de personas
3. Requiere excelencia en su manejo gerencial y profesional
4. Implica estar presente durante todas las etapas de un proyecto (Inicio, diseño, remodelación, reacondicionamientos, etc.) (Prando, 1996)



FUENTE: PRANDO, 2006

FIGURA 2.- OPERACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA

5.5 Evolución, Implementación y Tendencias de la Gestión Integral de Mantenimiento

En la actualidad las últimas tendencias en cuestión de mantenimiento van dirigidas hacia un mayor retorno de inversión, así como la generación de ventajas competitivas, que permitan generar resultados sustentables a largo plazo.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad, también conocido como mantenimiento preventivo, ha comenzado a generar grandes resultados al punto en que se han desarrollado nuevos métodos científicos para poder conducir una gestión integral de mantenimiento en empresas de alta inversión en activos físicos (Delgado Hernández, 2007) como lo son por ejemplo:

- Empresas Petroleras
- Empresas de Electrónicos
- Empresas Cementeras
- etc.

En el contexto actual de la industria, es posible señalar algunos desafíos como:

- La necesidad de hacer más con menos.
- Lograr mayor producción.
- Prolongar la vida útil de los elementos.
- Necesidad de reducir el costo unitario.
- Mejorar la eficiencia general de los equipos.
- Reducir el tiempo de paro operativo.

A partir de la década de 1980 se comenzó a evaluar dentro de la industria aeronáutica, las causas que generaban los accidentes registrados y fue entonces cuando se estudiaron seriamente las posibles fallas tanto de instrumentos como humanas. Este fue el parte aguas en la generación e impulso del mantenimiento centrado en la confiabilidad que condujo a grandes beneficios para la industria en general, ya que permitió establecer los pasos a seguir a fin de asegurar que todos los elementos dentro de una organización funcionen de la manera en que los usuarios esperan que funcionen, dentro del contexto operacional, reduciendo un gran número de fallas.

Actualmente existe una metodología basada en mantenimiento centrado en la confiabilidad, denominada RCM2, que permite determinar los requisitos de mantenimiento de cualquier elemento a fin de asegurar que el mismo continúe generando los niveles esperados de producción, rendimiento, riesgo en seguridad e integridad ambiental, calidad y servicio al cliente.

Esta metodología es aplicada en diversos países del mundo, entre los que se encuentran países como India, China, México, Corea, Australia, etc.; que tienen en común la necesidad de aprovechar y mejorar los recursos con que cuentan, dado que el mantenimiento comenzará a resultarles interesante e importante a la hora de agregar valor, a diferencia de otros países que pueden permitirse pensar en adquirir nuevos activos.

Como comenta Delgado, aunque las metodologías de mantenimiento basadas en confiabilidad (Mantenimiento Preventivo) no son las únicas en el mercado mundial, constituyen un 22% de la cobertura dentro de las empresas que aplican técnicas de mantenimiento. (Delgado Hernández, 2007)

Empresas que no emplean la metodología basada en confiabilidad, suelen emplear el mantenimiento denominado reactivo o correctivo, cuya finalidad primordial, como fue comentado en capítulos anteriores, es solucionar los problemas que se generan de manera esporádica tan pronto sea posible, lo que repercute en mayores costos tanto por la necesidad de solución rápida, así como por los paros operacionales debidos a las averías.

Aunque los sistemas de mantenimiento basados en confiabilidad tienen más de 25 años, se ha descubierto que el 85% de las empresas que lo implementan, no lo realizan de una manera eficaz. Lo cual demuestra la necesidad de una fuerte y disciplinada implementación que permita reducir los aspectos negativos para convertirlos en bondades (comúnmente, ahorro y mejoras de producción) que serían reconocidas a corto plazo, ya que de tener una buena implementación puede repercutir en un retorno de la inversión de entre 7 y 10 veces la realizada, en un periodo de tres años.

La tendencia mundial indica que un mayor nivel de inversión en mantenimiento permitirá generar un ahorro y mejoras de producción. Sin embargo, es bien sabido que tanto en Norteamérica como en Europa comienza a escasear la mano de obra calificada que debido a su envejecimiento, comienza a jubilarse y retirarse del mercado. Esto indica la necesidad inminente de contar con una serie de procesos sistematizados y registrados que permitan trasladar la información y conocimiento que adquiere personal experimentado, hacia nuevas generaciones de trabajadores, para beneficio de las organizaciones.

Hace algunos años el aspecto más importante era lograr una mayor productividad, mientras que tanto la seguridad y el cuidado del medio ambiente no eran temas privilegiados en la agenda empresarial. Actualmente esa mentalidad ha cambiado, dado que se ha comenzado a aplicar técnicas y herramientas preventivas para ser previsores de averías, y no correctores inmediatos de las mismas, dado que tan sólo el 50% de los costos de mantenimiento son debidos al mantenimiento correctivo.

Según Durán (Durán, 2010), en base a la experiencia recabada en más de 40 países y en diferentes sectores industriales, es posible observar las siguientes tendencias hacia el interior de las organizaciones en cuanto a mantenimiento se refiere:

- *Educación Informal*: Se caracteriza por el aprendizaje de “generación en generación”, lo cual permite transmitir las prácticas del personal con gran experiencia, a las

nuevas generaciones. El problema reside cuando se deben manejar temas relativamente desconocidos como lo son la confiabilidad.

- *Ventajas:* Uso de conocimiento interno que permite la formación de liderazgo y conocimiento dentro de la organización, además de que se cuenta con reconocimiento por parte de especialistas en la materia y se permite la propagación de buenas prácticas.
- *Desventajas:* Resulta relativamente complejo incorporar el nuevo conocimiento, además de que en muchas ocasiones se propagan malas prácticas, y la empresa se convierte en altamente dependiente de una parte del personal, sin contar con que es muy complicado formalizar la generación de dicho conocimiento.
- *Adiestramiento según fines determinados:* Aunada a la anterior, busca adiestrar al personal mediante capacitación ya sea interna o externa, la cual no se suele anticipar y prever. En general la planificación de este tipo de adiestramiento es pobre porque las personas que toman las decisiones respectivas no poseen un claro escenario de las competencias requeridas, y terminan consultando al personal técnico.
 - *Ventajas:* Envía al personal a capacitación especializada, lo que permite que el personal se adopte a las nuevas tendencias globales y se mantenga actualizado, además de que se genera un reconocimiento a las personas.
 - *Desventajas:* No existe normalmente un compromiso de “implementar” lo aprendido, y en un gran número de ocasiones la capacitación es vista como cultura general, lo que genera poco compromiso de aprendizaje y dificultad de formalizar adecuadamente éstas prácticas.
- *Educación Formal:* En algunos países, existen cada vez más programas de capacitación formal a diversos niveles, cubriendo desde lo técnico hasta el nivel de postgrado. Esto ha ido aumentando lentamente el nivel profesional de la gestión del mantenimiento, operación y confiabilidad operacional de plantas. Sin embargo esto cubre menos del 1% de las necesidades del personal de nuevo ingreso, y mucho menos del personal que ya se encuentra laborando.
 - *Ventajas:* Genera una gran profesionalización del sector, lo que promueve el interés del personal por participar tratando de tener una capacitación que les permita ser tener reconocimiento.

- Desventajas: Exige mucho tiempo para los participantes y puede darse el caso en llegar a desligar la realidad con la academia. Puede generar una migración de personal al sentirse capacitados y que pudieran comenzar a generar sus propias empresas. Los beneficios se convierten en difícilmente medidos.

- *Programas de Certificación Aprendiendo-Haciendo:* Este tipo de programas comienza a tener gran auge ya que permite solventar las debilidades de las corrientes anteriormente expuestas. Consiste de un programa académico combinado con una certificación, que exige la implementación en planta de lo visualizado a lo largo del programa. Tienen la gran ventaja de ser impartidos por instituciones académicas de gran experiencia así como con personas que lo han implementado en la vida real y tiene la bondad de estar basado en normas y estándares existentes en la actualidad.

5.6 Mantenimiento y Rehabilitación

El deterioro y la conservación de las obras son un motivo constante de preocupación dado que conducen a gastos considerables y que además generan graves perjuicios para la industria de la construcción, así como para los usuarios; De ahí la necesidad de tomar en cuenta dos aspectos fundamentales en esta problemática, como lo son el mantenimiento y la rehabilitación.

El mantenimiento y el ciclo de vida de las edificaciones desde la etapa de diseño es toda aquella medida tomada desde dicho nivel con el objetivo de aumentar la protección y la durabilidad de los inmuebles, involucrando conceptos como por ejemplo:

1. Mecanismos para limpieza de cristales en edificios altos
2. Ductos para basura en edificios de gran altura
3. Instalaciones del personal de limpieza distribuidos en todo el edificio
4. Cielos Falsos fáciles de limpiar, sobretodo en cocinas y restaurantes
5. Empleo de acero inoxidable en lugares de alta humedad
6. Compuertas falsas en cielos de tabla roca para hacer inspección de equipo
7. Diseño de Muros falsos para desplegar redes hidráulicas y eléctricas
8. Pisos especiales de alto tráfico
9. Cristales recubiertos de plásticos especiales de auto limpieza

Todo concepto de mantenimiento irá desde trabajos que comprendan concreto, pinturas, impermeabilización, engrasado de bombas y motores, limpieza de tanques, ajuste de válvulas, interruptores eléctricos, etc. (García Rodríguez, 2008)

Es indispensable comprender a fondo el concepto de la Rehabilitación a fin de deducir en mejor medida la gran necesidad del mantenimiento. Se entiende por Rehabilitación como el proceso o técnica que tienen por objetivo el restaurar algún sistema estructural o arquitectónico, así como de adaptarlo a nuevas condiciones tanto estéticas como de uso. Es cualquier tipo de intervención realizada a las edificaciones que les permita mejorar las condiciones de salubridad, habitabilidad, confortabilidad, seguridad y decoración, y que además modifiquen su distribución o alteren sus propias características morfológicas y de distribución interna.

La rehabilitación se llevará a cabo cuando se presenten los siguientes casos:

- 1) Problemas en elementos estructurales
 - Condiciones de estabilidad, apoyos, nodos y articulaciones
 - Afectación a aspectos internos
 - Color, alteraciones superficiales, estado de materiales de protección, humedades y pérdidas de material.

- Alteraciones traumáticas
 - Comportamiento Mecánico y/o térmico

Una vez comprendiendo cuando se presentaría, es indispensable reconocer el porqué de la rehabilitación así como los lugares donde debe de aplicarse.

La rehabilitación debe presentarse sobretodo en:

- 1) Elementos Estructurales
 - a) Columnas
 - b) Vigas
 - c) Muros de Carga
 - d) Contravientos
 - e) Cimentaciones

- 2) Elementos Arquitectónicos
 - a) Fachadas
 - b) Acabados Interiores (Pisos, plafones, muros)

Entre algunas de las razones por las cuales debe de aplicarse el proceso de rehabilitación son por la presencia de:

- 1) Insuficiencias que comprometen la estabilidad y resistencia de la estructura, y por ende la integridad de los usuarios.
- 2) Alteración en los usos de las edificaciones
- 3) Efectos de tiempo y deterioro
- 4) Abandono o falta de mantenimiento
- 5) Adaptación a nuevas tecnologías

El primer paso para poder llevar a cabo la rehabilitación de una construcción es el diagnóstico y las actividades previas que se llevan mediante una serie de estudios conducidos mediante 3 fases principales:

- 1) Reconocimiento detallado de la construcción. Se basa en comprender a conciencia las características de la obra, depende en gran medida de:
 - a) Antecedentes
 - b) Documentación
 - c) Visitas
 - d) Fotografías
 - e) Muestreo

- f) Ensayos no destructivos
 - g) Exámenes globales de la obra
 - h) Inspección y registro de los procesos patológicos
 - i) Obtención de datos básicos
- 2) Análisis de la situación (Defectos existentes). Consiste en el estudio de las patologías que aquejan a las estructuras, así como de la verificación de la misma.
- a) Considerar desde los datos básicos
 - i) Materiales
 - ii) Terreno
 - iii) Integridad
 - iv) Propiedades mecánicas
 - v) Geometría de elementos
 - b) Análisis
 - i) Cuadros de diagnosis
 - ii) Árboles de defectos
 - iii) Límites admisibles
 - iv) Sistemas de expertos
 - v) Métodos de análisis numérico
 - vi) Información especializada
- 3) Exposición de las Conclusiones. Este apartado debe incluir los elementos que son satisfactorios y aquellos que no lo fueron, proponiendo una serie de recomendaciones para los defectos encontrados, así como las posibles soluciones a llevar a cabo.



FIGURA 3.- DIAGNÓSTICO Y ACTIVIDADES PREVIAS A LA REHABILITACIÓN

Cuando no se ha conseguido impedir el deterioro de ciertos elementos, es conveniente abandonar, sustituir o bien, la mas común, reparar las obras, sin embargo para la ejecución de una adecuada rehabilitación, es necesario seguir cinco etapas fundamentales: (Johnson, 1973)

- 1) Encontrar el deterioro: *Es necesario que el deterioro haya sido advertido antes de que sea demasiado tarde.*
- 2) Determinar las causas: *Es considerada la mas difícil de todas, no se puede evaluar la importancia de las reparaciones y mucho menos escoger los mejores métodos si la causa es desconocida. Cada caso plantea un problema particular y debe ser objeto de diagnósticos particulares.*
- 3) Evaluar la resistencia de la obra en su estado actual: *Comunmente las obras evaluadas se encuentran en servicio, por lo cual es importante determinar cuanto antes si es posible continuar empleando la estructura sin peligro, o bien reducir o eliminar su utilización.*
- 4) Evaluar las reparaciones a hacer: *Cuando se haya determinado la causa de deterioro y se ha comprobado la resistencia de la obra, es necesario decidir entre: a) Dejar que los deterioros sigan generandose, b) Tomar medidas para conservar la obra, sin tratar de reforzarla, c) Reforzar la obra, d) Cuando los deterioros sean de gran importancia, reconstruir o bien abandonar la obra*
- 5) Elegir y poner a punto un método de reparación: *La elección de un método es relativamente sencilla comparada con los otros cuatro conceptos, pretende únicamente elegir el procedimiento menos costoso y que sirva para obtener los fines deseados.*

CAPITULO 6

Sector Inmobiliario Mexicano y Latinoamericano

6. Sector Inmobiliario Mexicano y Latinoamericano

Por Sector Inmobiliario se entiende al marco sobre el cual se desarrollan las transacciones económicas relacionadas con la propiedad o el uso de un inmueble, deduciendo a la compra-venta y al arrendamiento como las principales operaciones de este mercado.

El negocio inmobiliario es el conjunto de actividades y transacciones conducidas a generar una plusvalía comercial. En el mercado nacional es posible localizar una amplia gama de tipos de empresas inmobiliarias como lo son:

- **Promotoras:** Aquellas encargadas de lo referente a la adquisición del terreno, es decir, sus tramitologías, licencias, estudios de factibilidad. Aunque no llevan a cabo la construcción, son capaces de subcontratar este proceso generando concurso o asignación de obra a constructoras de confianza. Posteriormente se encargan de la promoción del proyecto y finalmente de su venta o renta.
- **Desarrolladoras:** Empresas que se encargan de todo el desarrollo de un proyecto inmobiliario, desde la adquisición de terreno, tramitología, construcción y hasta la promoción, venta y servicio posventa del inmueble.
- **Corporativos:** Son un grupo de empresas especializadas coordinadas mediante grupos para llevar a cabo la totalidad del desarrollo del inmueble. En este caso se cuenta con una empresa encargada de la adquisición de terrenos y de hacer la urbanización y los procesos de tramitología, otra empresa encargada de la construcción y finalmente otra empresa encargada del aspecto promocional del producto definitivo.

Desde el comienzo del sexenio del Presidente Vicente Fox (2000-2006), el sector inmobiliario mexicano experimentó un crecimiento acelerado, todo esto debido al aumento de los créditos bancarios, nuevas políticas y apoyos a la industria, así como un incremento en el poder adquisitivo de algunos sectores de la sociedad. (Solís, 2008)



El mercado inmobiliario nacional, tal y como el resto de la economía, no ha sido inmune a la gran influencia de diversos factores políticos y financieros tanto nacionales como internacionales. La debilidad del mercado externo y de la economía americana, los grandes escándalos de corporaciones internacionales y el rezago en las reformas fundamentales nacionales como la fiscal, energética y laboral, han limitado y sin duda seguirán afectando la recuperación del mismo.

El impacto de la crisis financiera de Estados Unidos ha afectado la operación del sector ya que entre un 15 y 20% de las 800 mil viviendas que se construyeron en 2008 han tenido un rezago en su venta, además de que se comenzaron a visualizar contracciones crediticias, y una reducción en el envío de remesas de hasta un 15% (Kuri, 2008)

En el caso de México, en los últimos años se ha comenzado a visualizar un panorama alentador debido a que los proyectos han cobrado atractivo como inversión de largo plazo, debido a la conjugación de diversos factores entre los cuales se encuentran:

- Bajo costo de oportunidad ante las reducidas tasas de interés pasivas
- Accesibles costos de financiamiento hipotecario y la deducibilidad
- Extendida oferta de crédito hipotecario
- Demanda creciente del sector
- Plusvalía generada
- Rentabilidad
- Valor de rescate

Sin embargo a principios del 2010 la economía nacional comenzó a recuperar fuerzas lo que prevé que en el sexenio actual del Presidente, Felipe Calderón (2006-2012), culmine con las expectativas originales. Aunque la situación del sector inmobiliario ha ido mejorando, la producción estancada así como el gran déficit de vivienda, permiten reconocer que aún existe una gran necesidad de entre 4 y 7 millones de viviendas más para los próximos años.

Como comenta Solís (Solís, 2008), el déficit de viviendas, comentado con anterioridad, ha provocado que las políticas públicas busquen dar solución a tan grave problemática mediante una construcción anual de más de 750 mil viviendas al año.

6.1 Clasificación de inmuebles

Son inmuebles todos aquellos bienes considerados bienes raíces, porque están íntimamente ligados al suelo de un modo inseparable al terreno, tales como parcelas, casas, naves industriales templos, teatros, comercio, etc. Pero ¿Qué es un inmueble?, aunque parezca una pregunta fácil de responder, a continuación se exponen algunos conceptos que pueden ayudar a comprender lo que esto significa.

Para muchas personas que suelen vivir y trabajar en edificios, es posible reconocer que un edificio es un contenedor para actividades que requieren de refugio ante las inclemencias y condiciones climáticas. Suelen filtrar las condiciones exteriores para ajustar las necesidades internas.

Sin embargo y aunque la mayoría de las personas suelen considerar a los edificios como un todo, no es más que la suma de diversas componentes que mediante una relación sinérgica, como comenta Watt (Watt, 2007), se interrelacionan para ofrecer a los usuarios ese cobijo que les permite generar de una manera mucho más cómoda y eficiente sus actividades, el cual es el verdadero éxito de los inmuebles.



Aunque todas las sociedades cuentan con edificaciones, las mismas son expresiones de las personas que habitan en determinadas culturas, lo cual las hace parte de la identidad nacional. Esas diferencias culturales son quienes reflejan la forma en que los edificios son diseñados, construidos, empleados, adaptados, mantenidos y en algunos casos, hasta destruidos.

La finalidad de clasificar edificios es para comprenderlos de una mejor manera, así como categorizar edificios similares en su estilo y uso por diversas razones. Una forma de clasificar los edificios es mediante la forma en que se ven, así como mediante la finalidad que cada uno de ellos tiene, aunque se suelen clasificar mediante la edad de cada uno de ellos, en términos de su historia, estilo, influencias, y formas de construcción (Watt, 2007).

Sin embargo mas allá de la clasificación comentada con anterioridad, las clasificaciones nos pueden ayudar a reconocer en mejor medida los requerimientos de los edificios, entre los cuales se encuentran:

- *Requerimientos Funcionales:* Son aquellos que tienen relación con la protección del medio ambiente, confort, organización de actividades y espacio, además de conflictos internos, etc.
- *Requerimientos Operacionales:* Se refieren a la forma en que las demandas de funcionalidad básicas tanto del edificio en general como de cada una de sus partes son alcanzadas. Se determinan en relación al número de medidas de desempeño o estándares.
- *Requerimientos Estipulados:* Se refieren a requerimientos que repercuten en las personas quienes diseñaron, construyeron, administraron, repararon, dieron mantenimiento, ocuparon o demolieron los edificios. Estas demandas de actividades comúnmente fueron realizadas en pro de la seguridad y bienestar, así como de la salud de dichas personas.
- *Requerimientos de los Usuarios:* Son aquellos que especifican las necesidades humanas básicas, y las necesidades que pueden ser específicas de las actividades que dentro del edificio pudieran llegar a requerirse.

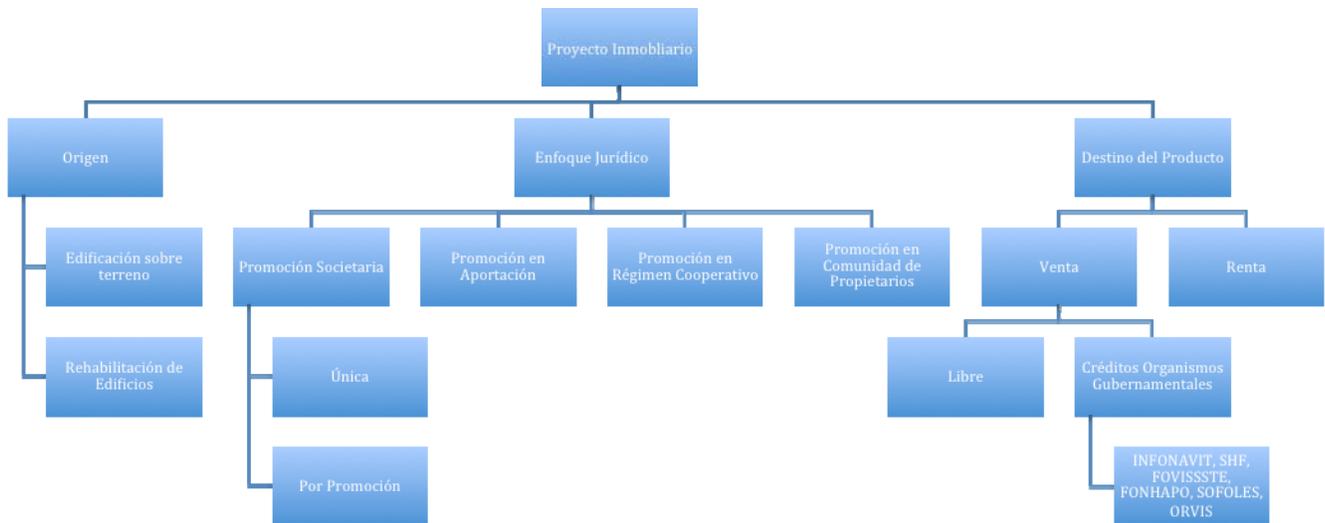
La forma común en que las personas conocen a los edificios es mayormente debida a las expectativas, cuando se requiere considerar lo que los inmuebles serán, las funciones

que desempeñarán, los incidentes que pueden llegar a tener, los cuales dependerán en gran medida de lo que se espere y anticipe de los mismos así como de las etapas de diseño, construcción y puesta en marcha de los mismos (Watt, 2007).

Comúnmente es posible discernir entre los tipos de edificios por su uso y su tipo, el cual es muy evidente en base a la forma en que se ve así como su desempeño, pero sobretodo dependiendo del sector al que pertenecen.

- Agricultura: Granjas o Graneros.
- Comercio: Tiendas, Centros Comerciales y Oficinas.
- Educación: Aulas, Bibliotecas.
- Entretenimiento: Cines, Teatros.
- Habitación: Casas, Departamentos.
- Salud: Clínicas y Hospitales.
- Horticultura: Invernaderos.
- Manufactura: Fábricas.
- Transporte: Faros, Puertos, Aeropuertos, Estación de Ferrocarril.
- Seguridad: Penitenciarías.
- Interacción Social: Bar, Restaurante, etc.
- Religión: Iglesias, Capillas, Mezquitas.

Según Francisco Indaverea (Indaverea Medina, 2005), desde el punto de vista del desarrollador inmobiliario, un proyecto puede ser clasificado de acuerdo a su Origen, al Enfoque Jurídico ó al Destino del Producto.



FUENTE: INDAVEREA MEDINA, 2005

FIGURA 4.- CLASIFICACIÓN DE PROYECTOS

Para un mejor estudio del mercado, es indispensable dividirlo en 4 categorías que son capaces de mostrar los productos ofrecidos en el mercado inmobiliario mexicano.

- Habitacional
 - Residencias Individuales
 - Complejos multifamiliares.
- Comercial
 - Bancos
 - Edificios de compra y venta
 - Edificios comerciales
 - Centros recreacionales
 - Escuelas publicas y privadas,
 - Etc.
- Industrial
 - Fábricas
 - Complejos de procesamiento de materiales
 - Refinerías petroquímicas
 - Plantas de procesamiento y generación de energía
- Desarrollos ó Corporativos
 - Se compone de construcciones del tipo de los tres grupos anteriores pero a manera de complejo, en algunas ocasiones están compuestos de

inmuebles comerciales con turísticos y habitacionales ya que también pueden ser mixtos.

Cada uno de los mercados tiene una misma estructura de precios, siguiendo diferentes tendencias en las demandas. A pesar de la gran relación de los mercados nacionales con lo regionales, el factor del entorno implica determinadas diferencias que pueden influir directamente en los precios, y esto debe ser considerado al momento de querer invertir en bienes inmuebles. (Martínez Chávez, 2003)

Comúnmente el mercado inmobiliario es caracterizado por la dificultad que se tiene en la realización de activos, es decir, la baja capacidad de generar liquidez a corto plazo debido principalmente a: 1) El elevado importe de las operaciones y 2) Trámites legales que se deben seguir.

El mercado inmobiliario mexicano es un complejo grupo que se encuentra formado por personas físicas y morales en circunstancias diferentes y cambiantes. Es un sector en el cual se ofertan productos de diversos tipos que dan lugar a una serie de sub-mercados con características únicas que para que sean comprendidos, es necesario estudiarlos desde sus antecedentes hasta las situaciones actuales. A continuación se muestra un gráfico que permite mostrar los porcentajes de participación de los diferentes tipos de inmuebles en el Sector Inmobiliario Mexicano.

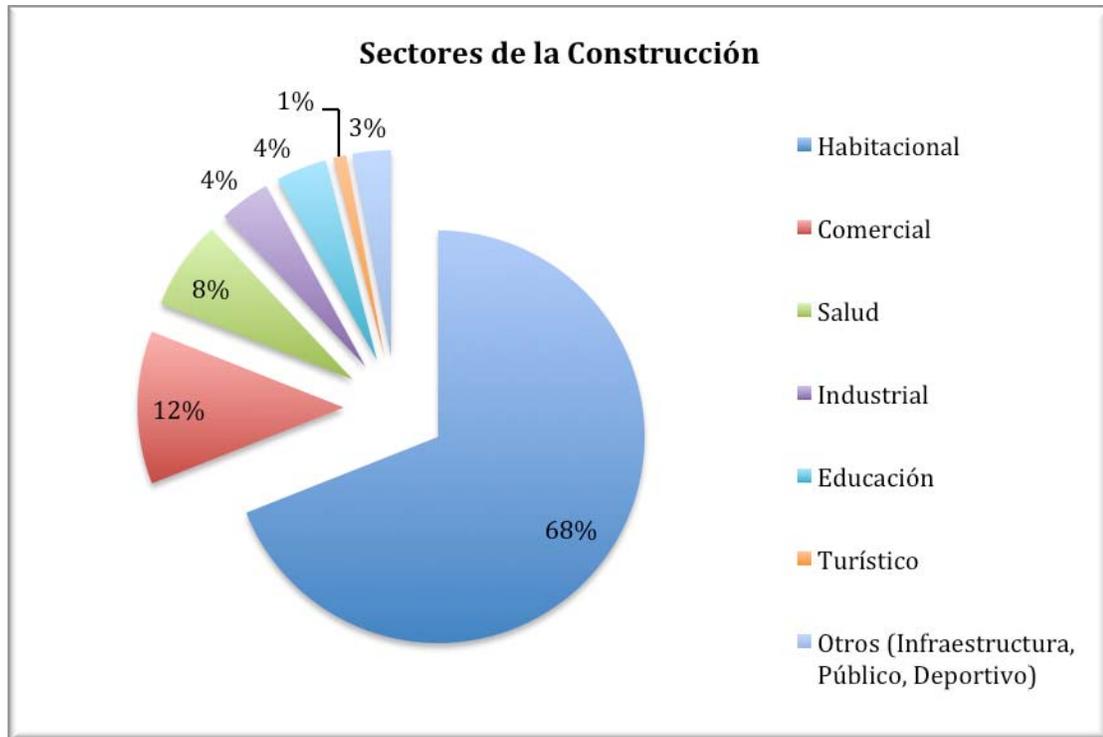


FIGURA 5.- PARTICIPACIÓN DE SECTORES DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL MERCADO MEXICANO (INDAVEREA MEDINA, 2005)

Como es conocido, el principal motor que mueve la demanda es la necesidad misma de edificaciones, la cual esta conformada por:

- Clientes Reales.- Aquellos que existen
- Clientes Posibles.- Aquellos que a pesar de tener la necesidad no tienen la capacidad económica.
- Clientes Potenciales.- Aquellos que tienen necesidad y capacidad, pero les falta el deseo de comprar.
- Clientes Latentes.- Aquellos que tienen la capacidad económica pero no la necesidad de comprar.

Por lo tanto la demanda solamente será efectivamente generada solo si se llegasen a cumplirse tres requisitos básicos que son la necesidad, el deseo de satisfacer una necesidad y sobretodo la capacidad de satisfacerla.

6.2 Costos del Mantenimiento en Edificaciones

El mantenimiento y los costos son dos conceptos que por su naturaleza resultan ser inseparables. Desde la etapa de planeación y ejecución de las obras se aconseja comenzar con la selección de materiales y equipo necesario con vista en los costos que tienen los mismos en cuestión de mantenimiento.

El costo de los espacios que se suelen construir dependen de una gran cantidad de variables que van desde las dimensiones mismas, el uso de las edificaciones así como la cantidad de personas que pudieran llegar a emplearlo. La variación de los costos de mantenimiento y uso son mucho menores y fáciles de prever, comparados contra los costos de la construcción misma, además de que pueden ser programados con miras en un alargamiento de la vida útil de los edificios.

Los costos de una edificación están formados por:

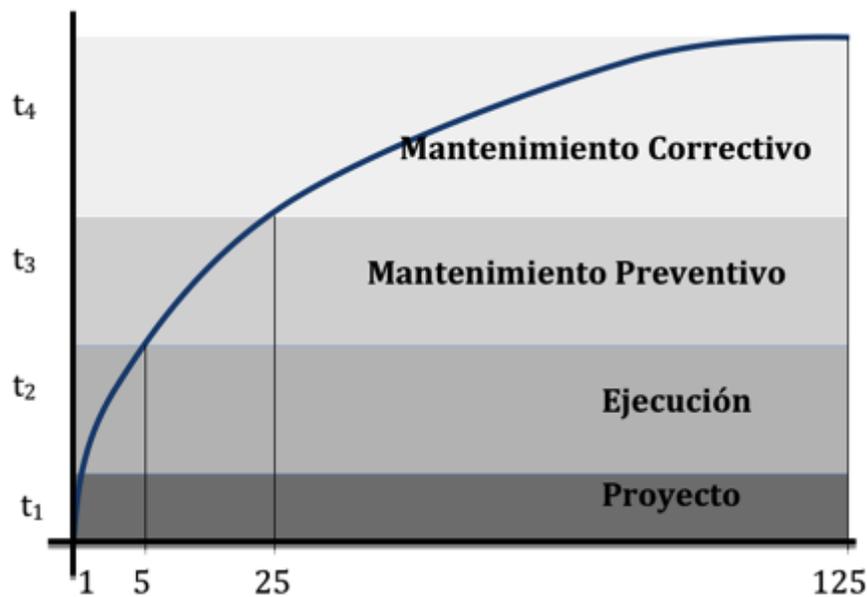


FIGURA 6.- COSTOS DE EDIFICACIÓN

La ley de los cinco de Sitter es una ley que estima los costos que representan las correcciones de los defectos en determinadas etapas de la vida de un edificio, según comenta el Dr. Do Lago, las cinco etapas o fases de dicha ley son: (Do Lago Helene, 1997)

- 1) *Fase de proyecto*: Toda medida considerada desde la etapa de diseño a fin de incrementar la durabilidad. Ej. Incrementar el espesor del recubrimiento de la armadura de refuerzo, reducir la relación agua/cemento del concreto, etc.
- 2) *Fase de ejecución*: Toda medida tomada durante la ejecución del proyecto y fuera de la fase de proyecto, implica un costo cinco (5) veces superior al costo que representaría tomar dicha medida en la fase de proyecto.
- 3) *Fase de mantenimiento preventivo*: Toda medida tomada anticipadamente durante el período de operación y mantenimiento del edificio, estará asociada a un costo veinticinco (25) veces superior que aquel que habría ocasionado una decisión en la fase de proyecto.
- 4) *Fase de mantenimiento correctivo*: Como fue comentado en capítulos anteriores, corresponde a los trabajos de diagnóstico, reparación, de los conceptos que ya perdieron su vida útil y presentan corrección de problemas evidentes. Se les asocia un costo ciento veinticinco (125) veces mayor al costo de las medidas que podrían y deberían haber sido tomadas en la fase de diseño o proyecto.

Postergar acciones de mantenimiento implica incrementar los costos directos de las obras en una razón de cinco en progresión geométrica.



FUENTE: (BLÁSQUEZ HERNÁNDEZ, 2010)

FIGURA 7.- LEY DE EVOLUCIÓN DE COSTOS DE SITTER

– *Costos de mantenimiento y uso de equipamiento*

Los costos de operación y mantenimiento son inversamente proporcionales al costo total de la obra, al grado que los gastos generados por la no aplicación de un mantenimiento preventivo reeditúan en gastos mayores al 50% del costo total del proyecto. Por las razones anteriormente expuestas es que se debe de generar una rutina de mantenimiento preventivo a fin de evitar la realización de correcciones o reparaciones que suelen ser consideradas mucho más costosas así como ineficientes.

De acuerdo a estudios realizados por la Asociación nacional de Constructores de Vivienda en EEUU (National Association of Home Builders) en conjunto con el Banco de América, se estima que un mantenimiento preventivo llevado a cabo periódicamente puede tener un costo anual aproximado de entre 1% o 2% del valor total, pudiendo elevarse hasta un 3% en construcciones de mayor antigüedad. (Blásquez Hernández, 2010)



La falta de mantenimiento de los espacios ocasionará que, a corto plazo el edificio deje de funcionar de la forma en que se desea, causando que a largo plazo los daños causados suelen ser mayores que el costo mismo de la parte de la instalación deteriorada.

Los costos de mantenimiento suelen disminuir dependiendo de la velocidad y precisión con que sea aplicado el Programa o Plan de Mantenimiento. Dichos costos son capaces de evaluar resultados internos de mantenimiento así como comparar la inversión con los resultados operativos de la empresa. (Arencibia Fernández, 2010)

Sin embargo todo trabajo de mantenimiento debe estar auxiliado por una serie de conceptos tanto técnicos como administrativos que sean capaces de explicar el origen de dichos trabajos, así como conocer el desempeño interno de las instituciones, consumos, partes intervenidas con frecuencia, las causas de las fallas, para poder encontrar una relación causa- efecto agregando planes de acción.

Como fue comentado en la sección de Mantenimiento y Rehabilitación expuestas en páginas anteriores, el costo total de toda edificación dependerá de varios factores, llegando a establecer que el costo global sería calculado como la suma de los gastos en que el edificio haya incurrido a lo largo de su vida (Desde inversión inicial, mantenimiento, operación y equipos)

Dentro del costo de mantenimiento se encuentran tanto los mantenimientos programados también conocidos como preventivos, las reparaciones no programadas o correctivas, el funcionamiento y el costo de la limpieza.

Tomando como referencia lo estipulado con anterioridad es posible deducir que una adecuada aplicación de trabajos de mantenimiento en las diversas etapas de una edificación influye de una forma considerable en los costos de la misma.

Un mantenimiento preventivo tiene como líneas de enfoque el aspecto económico al pretender optimizar los costos de reparaciones, asimismo esto ayuda a mantener en buenas condiciones los inmuebles respondiendo a un enfoque social que permite ofrecer instalaciones en buenas condiciones que sean aceptadas por los usuarios. Por otro lado el mantenimiento correctivo responde a un enfoque únicamente social ya que de existir fallas, las mismas deben ser corregidas a fin de evitar accidentes o la afectación de otros elementos.

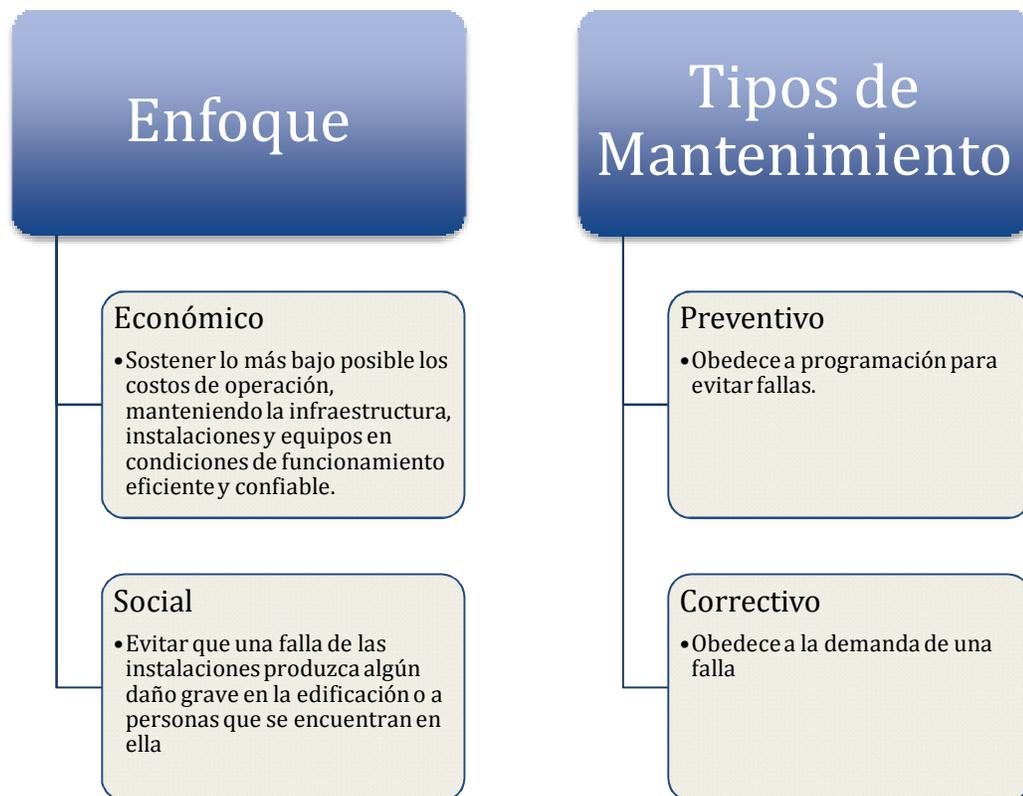


FIGURA 8.- DIAGRAMA COMPARATIVO SOBRE ENFOQUES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

En cuanto al área de mantenimiento, la implementación de un sistema de mantenimiento de activos, también conocida como EAM (Enterprise Asset Maintenance) redunda en retornos de inversión que están sustentados en la reducción de los costos, por su empleo en un plazo no mayor a 3 años en la mayoría de los casos. (Pérez Falco & Godoy Collado)

Por otra parte, los costos cuyo estudio justificaría la inversión de tecnología computarizada para la administración de mantenimiento, son comúnmente los costos de la mano de obra, de repuestos y materiales de mantenimiento, de paros de planta y los de paros no planificados de equipos.

1. Costos de Mano de Obra para Mantenimiento.

En Latinoamérica el promedio de la productividad de la mano de obra en mantenimiento se encuentra entre un 25% a un 35%. Esto es debido a las pérdidas de tiempo producidas por:

- Horas Hombre (HH) en espera de materiales
- HH en espera por detención de equipos
- HH en espera de equipo rentado a terceros
- HH en espera que otras especialidades terminen sus actividades
- HH perdidas en “apagar incendios” ó solucionar problemas

A sabiendas que obtener un 100% de productividad es una verdadera utopía, con el empleo de un sistema de mantenimiento de activos (EAM) es posible alcanzar niveles de hasta un 60% de productividad, basado en:

- Planeación de trabajos
- Programación de tareas en coordinación con los programas de producción
- Mejor preparación de trabajos
- Mejor coordinación con terceros
- Reducción de los trabajos de Emergencia en un 50% aumentando la cantidad de trabajos de mantenimiento preventivo

2. Costos de Repuestos y Materiales de Mantenimiento

En una gran cantidad de compañías es posible llegar a generar niveles de inventario de un 30% mayores a los requeridos, esta cifra es posible reducirla hasta un 10% ó 15% si se emplease un sistema de mantenimiento de activos (EAM) ya que esto permitiría mantener niveles de servicio de un 95%, además de que sería posible reducir con éste sistema un 19% de los costos de material, al agregar buenos métodos de administración de inventario y de compras.

3. Costos de Paros de Planta

La detención de una planta para mantenimiento implica interrumpir la producción, haciendo imposible la venta del mismo en el mercado y por ende una insatisfacción del consumidor. Mientras menor sea el tiempo de paradas de planta, menor será la pérdida de oportunidad de venta o de colocación en el mercado.

4. Costos de Paros No Planificados de Equipos

En algunas compañías los niveles de paradas no planificadas de equipos llegan a alcanzar un 30% del tiempo total de productividad de los activos. Dichas interrupciones, están acompañadas por lo general de pérdidas de las partidas de producción, pérdidas de materiales, pérdidas de horas-hombre operativas de producción. Una ejecución eficaz de un programa de mantenimiento preventivo podría significar disminuir los eventos hasta un 20%.

– Organización del mantenimiento.

Organizar el mantenimiento, es definir una política, administrarla y aplicarla, recoger las conclusiones, analizar las experiencias y reorientar las acciones en cuanto a lo observado. La organización del mantenimiento se basa principalmente en: la planificación del mantenimiento y la responsabilidad en el mismo.

- *Planificación del mantenimiento:* Se basa en la durabilidad de sus componentes y el tipo de construcción, su calidad y la durabilidad de los materiales con que fueron generadas, así como la calidad de la ejecución de la obra, el mantenimiento adecuado, las reparaciones inmediatas de los desperfectos, el uso del inmueble y su cuidado. En la medida en que todos estos factores sean cumplidos, la vida útil de la edificación será prolongada.
- *Responsabilidad en el mantenimiento:* La responsabilidad del mantenimiento de un edificio, corresponde primeramente al usuario (Propietario, arrendatario), con una buena utilización de los interiores y exteriores, con la limpieza y trabajos de conservación habituales y fundamentalmente informando a la persona responsable del mantenimiento, todos los desperfectos que hayan sido observados.

6.3 Patologías en los Inmuebles

El término patología se refiere al estudio sistemático de las enfermedades con la finalidad de comprender sus causas, síntomas y tratamiento. Aunque este término es comúnmente empleado en el ámbito médico, existe una analogía en cuanto al estudio de los edificios se refiere, generando procedimientos metódicos y forenses que han dado lugar al término de patologías en los inmuebles.

Según Watt (Watt, 2007), la importancia de las patologías en los edificios, es principalmente permitir a los involucrados tener una forma más precisa y apropiada de obtener información a fin de tener el sustento para tomar decisiones importantes además de las siguientes razones:

- Determinar seguridad financiera para los préstamos o hipotecas o bien para cambiar de dueño.
- Proveer confianza a un comprador potencial, o bien para el arrendatario a fin de reconocer los costos de cubrir con la reparación de los desperfectos.
- Determinar la estabilidad o el riesgo de falla por algún desastre natural o de origen humano.
- Reconocer los defectos que no deben ser corregidos.
- Diagnosticar defectos cuando los usuarios los reconocen.
- Determinar la efectividad de reparaciones anteriores.
- Asegurar el apego a los requerimientos legales.
- Proveer las bases para generar reparaciones o mantenimiento, o bien la sustitución del concepto.
- Etc.

Actualmente se ha recobrado gran interés en la comprensión de la forma en que los edificios suelen comportarse. Para lo cual se requiere de un detallado conocimiento de cómo es que las edificaciones fueron diseñadas, construidas, empleadas, modificadas, así como la relación que tienen con una serie de mecanismos por los cuales podrían ser afectadas, como materiales de construcción y el medio ambiente.

En la industria de la construcción, los materiales constructivos comúnmente empleados son el concreto reforzado, el acero, así como la madera. Esto permite reconocer la necesidad de familiarizarse a fondo con las diferentes patologías que los aquejan a fin de ser capaces de darles mantenimiento.

– *Estructuras de concreto*

Cada día se conocen más a fondo los problemas de la durabilidad del concreto ante diversos entornos, se sabe más de la mecánica estructural y no se presta tanta atención a la ejecución y a las cuestiones técnicas, control de calidad, materiales e instalaciones.

Actualmente es sumamente difícil conocer la situación actual del problema patológico estructural debido a que los fracasos se ocultan y se procura evitar su trascendencia, ocurre con frecuencia que a muchas de las fallas o desperfectos que se presentan se les da muy poca importancia sin llegar a formar parte de las estadísticas. Esto implica que las fallas ocurren con mucha mayor frecuencia de lo que se piensa, lo que ocurre es que solo unos pocos tienen clara la necesidad de llegar al fondo para poder evitar que vuelvan a ocurrir.



Cuando una estructura presenta patologías es importante analizar las posibles causas que hayan motivado a las enfermedades de la misma, tratando de encontrar cual es la terapia más conveniente para cada caso, reconociendo que no siempre será posible dar mantenimiento, sino que será necesaria la rehabilitación o reparación para que puedan seguir evolucionando satisfactoriamente. (Fernández Canovas, 1994)

Los tres síntomas principales del deterioro de una obra de concreto reforzado son las fisuras, la disgregación y la segregación (definida como una pudrición de toda la superficie, con pérdida de concreto y liberación de áridos). Cada uno de estos síntomas es visible así como que puede ser detectado y diferenciado del resto. Existen diez causas de deterioro básicas en elementos de

concreto reforzado: (Johnson, 1973)

1) *Causas de degradación que se producen durante la construcción*

- a) *Asentamientos de las superficies sobre las que se cuela.* Se refiere básicamente a la presencia de zonas de resistencia desigual que causan la generación de bolsas de aire o huecos produciendo asentamientos del concreto debidos a su propio peso, generando fisuras en los elementos.
- b) *Desplazamiento del cimbrado.* Todo movimiento de la cimbra que sea producido entre la pérdida de fluidez del concreto y su fraguado, provocará fisuras.
- c) *Vibraciones.* Es común la generación de fisuras debidas a vibraciones producidas durante el fraguado, estas vibraciones pueden ser causadas por circulación vehicular, hinca de pilotes, compactaciones tardías.
- d) *Segregación del concreto fresco.* Previo al fraguado se genera una sedimentación de las partículas más pesadas, y dado que el concreto se endurece primero en la superficie, si cualquier obstáculo rompe la homogeneidad de la sedimentación, se producirán fisuras.
- e) *Retracción del fraguado.* Las variaciones del volumen al comenzar el proceso de fraguado del concreto tienden formar pequeñas fisuras en la superficie.
- f) *Descimbrado prematuro.* La velocidad y economía comúnmente buscadas en la construcción hacen que se retiren las cimbras antes de que el concreto adquiera la resistencia necesaria. Esto genera la aparición de fisuras que pueden ser graves en algunos casos.

- 2) *Retracción durante el endurecimiento.* Esta reducción en el volumen es generada por reacciones químicas durante el endurecimiento del concreto, que pueden prolongarse por años. Cuando los elementos no pueden ser deformados libremente se crean tensiones que fisuran el concreto.

- 3) *Efectos Térmicos*
 - a) *Variaciones de la temperatura atmosférica.* Variaciones en las temperaturas del concreto endurecido implican cambios de volumen y forma, lo que genera la producción de esfuerzos de tensión que causan fisuras.
 - b) *Variaciones en la temperatura interna.* Las variaciones en el volumen del concreto puede deberse a variaciones de temperatura interna, Ej. El aumento de temperatura del concreto durante el fraguado de presas, losas de cimentación, etc. que resultan de las reacciones exotérmicas producidas en el concreto.

- 4) *Absorción de agua por el concreto.* Es conocido que todo tipo de concreto es poroso (en mayor o menor grado), y es esa porosidad la responsable de variaciones entre diversas componentes que fueron construidas al mismo tiempo, bajo los mismos procedimientos. Esto se debe a las diferentes cantidades de agua absorbidas por el concreto en las condiciones en que se empleó.

- 5) *Corrosión de las varillas*
 - a) *Corrosión debida a ataques químicos.* Cuando las varillas son colocadas apenas con un recubrimiento de cerca de 1cm, esas varillas se encontrarán en contacto con el aire y el agua causando su corrosión y por ende fisuras y disgregación del recubrimiento de concreto.
 - b) *Corrosión debida a efectos electrolíticos.* En contacto con el agua, sobretodo en presencia de sales, el concreto es un conductor, las corrientes eléctricas erráticas pueden dar lugar a un efecto electrolítico sobre el acero y provocar en él, una fuerte corrosión. Los orígenes de estas corrientes son frecuentemente accidentales, como las tomas de tierra y/o fugas.

- 6) *Reacciones químicas.*
 - a) *Materiales Defectuosos.* El empleo de materiales defectuosos o sucios provoca variaciones en el volumen del concreto, haciendo que fisuras y todo tipo de desperfectos sean imprevisibles.
 - b) *Algunos de los agentes destructores más importantes.* Los cementos comerciales son alcalinos y les atacan los ácidos, los compuestos orgánicos hidrolizables en ácidos y algunos alcoholes, lo cual provoca una reducción en las resistencias del concreto (Degradación del concreto)

-
- 7) *Alteraciones atmosféricas.* Cuando la porosidad del concreto permite que el agua absorbida se exponga a temperaturas inferiores al punto de congelación, se hiela y aumenta el volumen y las presiones resultantes hacen que se generen fisuras en la superficie.
- 8) *Ondas de choque.* Dado que el concreto es un material heterogéneo, es susceptible a disgregarse cuando está sometido a ondas de choque. Esto debido a las diferentes velocidades de propagación de las ondas en los diferentes materiales.
- 9) *Erosión (Abrasión).* Entre los casos más frecuentes de erosión del concreto son, losas en pavimentos, obras hidráulicas, conducciones y obras marítimas
- 10) *Mala Comprensión de detalles constructivos*
- a) *Ángulos entrantes.* Esto genera esfuerzos de tensión que generan aplastamiento y fisuras en el concreto, se puede arreglar modificando el arreglo de las varillas.
 - b) *Variaciones bruscas de sección.* Toda variación brusca de sección da lugar a concentración de tensiones que pueden provocar fisuras.
 - c) *Juntas rígidas entre losas prefabricadas.* La rotación de los extremos de las losas provoca fisuras en sus puntos de contacto y también en las juntas hechas in situ. Estas fisuras pueden aparecer en los elementos soldados a no ser que se recubran de placas de asfalto o de material de flexibilidad comparable.
 - d) *Deformaciones.* Se aceptan deformaciones por flexión en servicio entre $1/240$ y $1/360$ del claro
 - e) *Fugas por las juntas.* Cuando las juntas son necesarias hay que estudiarlas de modo que se obligue al agua a seguir un camino largo antes de penetrar en ellas
 - f) *Sistemas de desagüe mal proyectados.* Siempre que sea posible, los desagües se proyectarán de modo que el agua evacuada no pueda proyectarse contra la parte del elemento que se encuentra por debajo.
 - g) *Drenaje insuficiente.* Es uno de los errores mas comunes, se debe evitar que el agua se acumule, las superficies deben tener una pendiente tal para permitir al agua moverse, además se deben de prever orificios de drenaje en las secciones que generen cuneta para evitar que se formen encharcamientos.
 - h) *Juego insuficiente de las juntas de dilatación.* Esta característica provoca la disgregación de las superficies vecinas a la junta.
 - i) *Tensiones tangenciales no previstas en soportes y contrafuertes.* Los apoyos deslizantes tienden a bloquearse con el tiempo bajo la influencia de la corrosión, acumulación de suciedad, etc. Los esfuerzos longitudinales en lugar de ser resistidos por los apoyos fijos, son ahora resistidos por los deslizantes generando tensiones tangenciales en el concreto. Esto causa que se generen fisuras.
 - j) *Incompatibilidad de materiales o secciones.* Muy importante usar materiales compatibles, y reconocer que un vibrado excesivo o un exceso de agua provoca

una segregación por capas. Por otra parte al momento de unir elementos de diferentes tamaños que resultan ser incompatibles es recurrente la generación de fisuras que pueden ser evitadas con una colocación de las varillas apropiada.

- k) *Efectos de fluencia no previstos.* La fluencia es un fenómeno bien conocido que comúnmente es despreciado, y es por eso que se corre el peligro de sufrir deformaciones inesperadas que provocan abertura de juntas y generan fisuras en los elementos.

El problema de la fisuración del concreto es uno de los más comunes y de los menos conocidos, es considerado como un síntoma de un proyecto defectuoso o de una mala calidad de los materiales.

Las fisuras se producen en casi todas partes, y producen filtraciones, pudiendo generar eflorescencias que pueden destruir rápidamente la pintura o revestimiento o cualquier otro tipo de degradación, la metodología a seguir para dar solución a la problemática de las fisuras es la siguiente:

- Determinar la actividad de las fisuras
- Localizar las causas
- Elegir los métodos de reparación
- Seguir procedimiento de reparación
 - Uniones con resinas epoxy
 - Vaciado y sellado
 - Grapado
 - Aplicación de esfuerzos externos
 - Recubrimiento
 - Revestimientos para reparar concreto disgregado y segregado
 - Inyección de lechadas hidráulicas
 - Cicatrización



Sin embargo se ha reconocido que en raras ocasiones las fisuras por si solas son indicios de un debilitamiento de las estructuras, algo muy diferente ocurre cuando se trata de reparar elementos que muestran disgregación y segregación.

En estos casos, es común que se generen importantes disminuciones de sección y una fuerte corrosión de las varillas. Estos fenómenos son sumamente severos desde el punto de vista de la resistencia de los elementos y se debe generar una reparación

urgente con la finalidad de intentar restituir cuando menos una parte de la resistencia perdida.

Los principales métodos para reparar la disgregación y la segregación son el empleo de recubrimientos, de morteros proyectados, concretos compactados, entre muchos otros. A continuación se describe el procedimiento a seguir:

1. *Preparación de las superficies que serán reparadas*
 - a. *Limpieza.* Remover todo concreto poroso, dañado y sucio.
 - b. *Forma del vaciado.* Cuando la superficie sea limitada, es posible cortar la cavidad en forma de cono, de tal manera que el material sea capaz de anclarse correctamente. Cuando deben tratarse grandes superficies con mortero proyectado, los bordes de la zona a reparar debiendo cortar la superficie perpendicularmente.
 - c. *Limpieza de la superficie.* La superficie del concreto viejo debe limpiarse y humedecerse antes de colocar el nuevo concreto o mortero. La limpieza se recomienda hacerse con chorro de arena o con cepillo metálico.
 - d. *Humedecimiento de la Superficie.* Resulta muy importante saturar la superficie que se repara. La saturación se lleva a cabo con agua a presión o llenando los agujeros a reparar.
2. *Varillas existentes.* Toda varilla dentro del nuevo concreto debe liberarse de toda huella de corrosión, aceite, suciedad y cualquier otro cuerpo extraño.
3. *Control de trabajos antes de la colocación de concreto.* Se debe prever control y la recepción de los trabajos ejecutados en el concreto viejo antes de colocar el nuevo.
4. *Compatibilidad de materiales y secciones.* Importante reparar con materiales similares a los existentes.
5. *Emplear concretos y morteros de buena calidad.*
6. *Recubrimiento.* Importante asegurarse que el recubrimiento previsto en la reparación se encuentra dentro de especificaciones, dado que es la principal causa de los daños en elementos de concreto.
7. *Aspecto Exterior.* Dado que la principal razón por la cual se reparan obras de concreto es por estética es necesario tener cuidado con:
 - a. *Parches*
 - b. *Reparación de grandes superficies*

8. *Aditivos.* Los aditivos desempeñan un papel muy importante en la reparación de elementos de concreto dado que comúnmente pequeños errores en la ejecución de los trabajos pueden producir graves defectos debido a que los elementos se encuentran sometidos a condiciones severas. Los aditivos comúnmente empleados en la reparación de elementos de concreto son:
- a. *Aireantes.* Cuando el concreto estará sometido a fases de hielo y deshielo
 - b. *Retardadores de fraguado y densificantes.* Cuando hace calor, reduce la fisuración debida a la segregación de los elementos en suspensión, permite diferir acabados y cerrar las fisuras de una mejor medida.
 - c. *Aceleradores de fraguado.* Incrementan la velocidad del fraguado y el endurecimiento del concreto, son muy útiles cuando se hacen taponos bajo carga hidráulica. Conviene no emplearlos mas que en casos sumamente necesarios.
 - d. *Morteros Expansivos.*
 - e. *Impermeabilizantes*
 - f. *Etc.*

– *Estructuras de Acero*

Existen cinco tipos fundamentales de deterioros a examinar en construcciones metálicas también conocidas como de acero estructural. (Johnson, 1973)

1. *Corrosión.*

Es la transformación de metales en compuestos diversos bajo la acción de fenómenos naturales. Los desperfectos generados por este tipo son fáciles de distinguir. Comúnmente los síntomas son superficies picadas u oxidadas que muestran escamas de óxido que son capaces de desprenderse con facilidad.

La corrosión es debida a una reacción química o electroquímica que transforma al hierro en un óxido. En el acero, el compuesto resultante de la oxidación se adhiere al metal sano y comienza a generar escamas que debilitan al material al reducir su sección transversal. En casos extremos este deterioro es capaz de hacer pandear al elemento o peor aún el elemento puede colapsar.



2. *Erosión por abrasión.*

El deterioro de secciones de acero bajo el efecto de abrasión puede ser cuantificado y diferenciado de la corrosión con gran facilidad. La abrasión de las construcciones metálicas está relacionada con el trabajo de partes móviles en contacto, oleaje o bien líquidos en movimiento. La abrasión en el acero puede ser impedida o reparada por blindaje o dando al elemento forma hidrodinámica.

3. *Juego de las uniones*

Los tornillos y remaches de las conexiones sufren golpes y esfuerzos de impacto que tienden a tener cierto juego conforme pasa el tiempo. Anualmente se sustituyen cerca de 800,000 tornillos en las reparaciones de los puentes americanos. El juego generado en las conexiones provoca deslizamiento de nudos, y provoca deformaciones en las estructuras, así como que crea zonas de acumulación de esfuerzos tensores muy elevados incrementando la posibilidad de una falla por fatiga.

4. *Fatiga*

Este efecto es la ruptura de un elemento debido a esfuerzos repetidos y variables que producen tensiones iguales o inferiores a las consideradas como admisibles en un proyecto. Los síntomas son pequeñas estrías perpendiculares a la dirección de las tensiones y representan un grave peligro sobretodo debido a su dificultad de predicción.

5. *Impacto*

Las estructuras de acero sufren por cuestiones de impacto más que aquellas elaboradas de concreto o madera. Esto es debido al empleo de secciones de un espesor débil.



Los daños debidos a los impactos se caracterizan por deformaciones que presentan ondulaciones de longitudes de onda débiles. Los casos de daños por impactos son frecuentes. Se pueden reparar reforzando un elemento o recubriéndolo con otro material. Si los impactos son susceptibles a reproducirse y el peso y volumen lo permiten, la colocación de recubrimiento es la mejor solución.

Para cada uno de los tipos de deterioros que fueron expuestos con anterioridad existen medidas de protección generales que permiten dar pie al mantenimiento de este tipo de estructuras, evitando así que se lleguen a generar averías que a la postre puedan repercutir en mayores problemas tanto técnicos como económicos.

Las medidas de protección que deben seguirse son las siguientes:

1. *Asegurar la limpieza de la obra.* La corrosión se acelera fuertemente si se dejan acumular suciedad y basura sobre los elementos, esto debido a que las basuras retienen humedades y favorecen al contacto de las superficies con el agua. En algunos casos esta basura esta compuesta por polvos industriales cargados de compuestos sulfúricos corrosivos. Es esencial limpiar las superficies con aire comprimido, y hacerlo regularmente, llegando a ser más importante que la pintura misma.

2. *La pintura.* La pintura es la forma más común de protección del acero contra la corrosión. La técnica y empleo de la pintura son toda una ciencia que requiere de diversos procedimientos para poder llegar a ofrecer el revestimiento necesario para evitar problemas, a continuación se especifican los pasos típicos a seguir para tener un buen procedimiento de pintura.
 - a. Preparación de superficie a pintar
 - b. Selección de los tipos de pintura
 - c. Aplicación de la pintura
 - d. Inspección de los trabajos
 - e. Repetición de las operaciones

3. *Otros.*
 - a. Pinturas Bituminosas
 - b. Galvanización
 - c. Recubrimiento con concreto
 - d. Aleaciones inoxidables
 - e. Metal superabundante
 - f. Protección Catódica
 - g. Revestimiento reforzado (Contra la abrasión)

– *Estructuras de Madera*

La madera es un material ortotrópico, comúnmente empleado con fines estructurales debido a su resistencia. Comúnmente las estructuras de madera suelen durar mucho tiempo, sin embargo cuando son deficientemente proyectadas o se conservan mal, surgen grandes dificultades hasta el punto que todo deterioro grave no tiene mayor solución que el reemplazo de los elementos dañados.

Los principales problemas que plantea la conservación de obras de madera son la pudrición, la acción de los insectos, las deformaciones excesivas, el agrietamiento debido a la retracción de la madera y el deterioro de las conexiones.

- *Pudrición.-* Proviene de la acción de algunos tipos de hongos que se nutren de madera y provocan hundimiento de la estructura celular del material. Sus síntomas son un ablandamiento y decoloración, tomando un aspecto acorchado y algodonoso. La velocidad de pudrición depende del tipo de hongo así como de las condiciones climatológicas así como las de la utilización de la obra y sobretodo del tipo de madera.



- *Insectos.*- Las termitas y algunas especies de coleópteros, de hormigas y de abejas son los agentes que atacan a la madera y la roen, reduciendo la resistencia de los elementos y llegando hasta destruir la obra. La importancia económica de los daños causados por este tipo de insectos es enorme y debe ser considerada al proyectar una obra.



Los principios fundamentales de la protección contra los insectos son:

- Hacer la madera inaccesible a los insectos
 - Hacer los alrededores poco favorables a su actuación
 - Utilizar madera que las aleje o las destruya, o tratarla con un producto químico destructor.
 - Dificultar la reproducción de los insectos en los alrededores de la obra
- *Retracción.*- Toda madera sufre una cierta retracción posterior a su colocación. Esta retracción tiende a agrietar la madera y aflojar los pernos de las conexiones causando pérdidas de resistencia generando deformaciones de los elementos que conectan. Los efectos de la retracción y las medidas de protección apropiadas pueden ser:
 - Grietas.* La formación de grietas no afecta generalmente a la resistencia. Se pueden cerrar las grietas comprimiendo el elemento y manteniéndole a continuación con estribos, agujas en espiral o tornillos. Las grietas de los extremos pueden limitarse mediante el sellado de las superficies con líquidos comerciales (para detener la deshidratación) o bien es posible emplear hierros en "S" o en "C" que se colocan al momento de colocar el elemento en obra o antes de que las grietas sean importantes, estos elementos se colocan en la sección transversal del elemento a fin de que el perfil metálico sea capaz de absorber los esfuerzos que causan las grietas. Por otra parte es posible cerrar las grietas comprimiendo el elemento y manteniéndole a continuación con estribos, agujas en espiral o tornillos.
 - Juego en conexiones. Las juntas de los elementos de madera, como las de los elementos metálicos, se calculan para una determinada presión de servicio entre la madera y el tornillo. Las fuerzas que actúan sobre las uniones una vez apretadas las piezas de fijación, se absorben por fricción más que por la resistencia propia de los tornillos. Pudiendo esto provocar distorsiones en la unión y deformaciones y juegos en la estructura.
 - *Deterioro de las Conexiones*

La resistencia de una obra de madera depende de las uniones, el problema de éstas, suponiendo que estén bien dimensionadas, radica en la corrosión, que ya fue comentada con anterioridad en elementos de acero.

CAPITULO 7

Modelo Administrativo de Mantenimiento Inmobiliario

7. Modelo Administrativo de Mantenimiento Inmobiliario

Como es conocido, toda empresa sin importar su tamaño, tiene la función de producir productos o servicios que sean capaces de satisfacer las necesidades de los clientes. Con la finalidad de lograr estos objetivos, así como de funcionar lo más eficientemente posible, cada empresa debe desarrollar una serie de políticas encaminadas a establecer procedimientos de trabajo, que deben ser continuamente actualizados.

7.1 *Manual de Mantenimiento*

Un manual de mantenimiento, tal y como comenta el Ing. Raúl Prando (Prando, 1996), es un documento indispensable para cualquier tipo de empresa, ya que refleja la filosofía, política, los procedimientos de trabajo y control de las diversas áreas de las empresas.

Entre las principales ventajas que tiene la elaboración y seguimiento de un Manual de Mantenimiento son:

- Facilita la acción planificada y eficiente del mantenimiento
- Permite la formación del personal nuevo
- Permite el desarrollo de un ambiente de trabajo para cumplir los objetivos establecidos
- Permite manifestar a clientes, proveedores, y autoridades competentes así como al personal de la empresa, el estado en que se encuentra la misma.

El formato y contenidos de los manuales dependerá totalmente del tamaño de la empresa, el tipo de productos que elabora o servicios que brinda, sus procedimientos de trabajo, los equipos, la tecnología que disponen así como el nivel educativo del personal.

Dentro de la información es indispensable hacer referencia :

- Planes a corto y largo plazo
- Políticas y Objetivos
- Personal actual de la empresa, existencia o no de programas de capacitación, así como políticas de incentivos, etc.
- Área ocupada dentro del predio, así como áreas de edificios y locales construidos.
- Suministro de energía eléctrica, agua, refrigeración, calentadores, aire comprimido, etc.
- Tratamiento y disposición de residuos sólidos, líquidos y gaseosos.

Este procedimiento permitirá que el personal asuma de una manera mas sencilla el compromiso colectivo, la responsabilidad, capacidad y eficiencia, logrando productos de menor costo y mayor calidad, logrando dar prestigio a la empresa.

7.1.1 Planeación de Mantenimiento

Antes de comenzar cualquier tipo de acción administrativa, es necesario considerar los resultados que se buscan alcanzar, y los elementos necesarios para que el proceso funcione eficientemente.

La planeación es considerada como el primer paso cuya finalidad es conocer a fondo el problema, analizando las posibles soluciones basado en las experiencias pasadas, permitiendo realizar planes de acción y programas de actividades que sean necesarias para alcanzar los objetivos organizacionales (Ramírez, 2009).

El principal objetivo de la planeación o planificación de actividades es reconocer todos los riesgos existentes con la finalidad de tomar acciones de prevención, eliminación ó minimización de los mismos, ya que de ello dependerá contar con procesos eficientes y efectivos.



FIGURA 9.- IMPORTANCIA DE PLANEACIÓN

Por otra parte existen pasos típicos para la aplicación de una planificación de actividades, reconociendo básicamente 8 pasos que permiten adecuar el procedimiento a seguir a fin de contar con un buen sistema de planeación y por ende una buena práctica de la gestión de las actividades de mantenimiento.

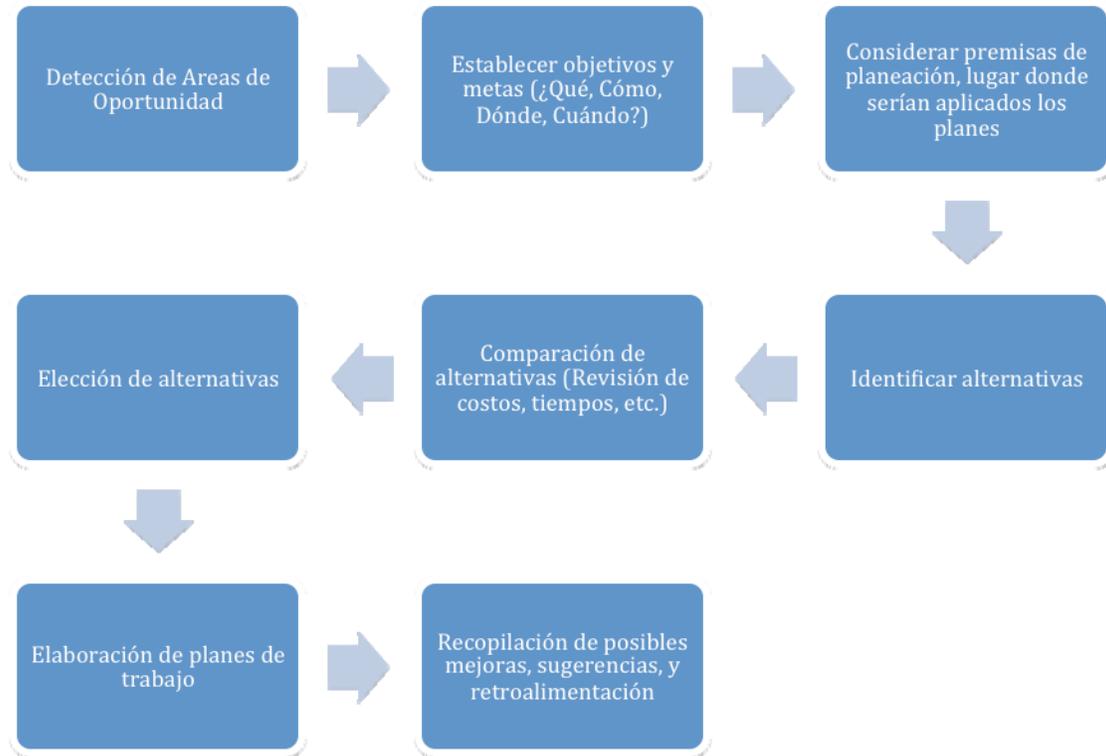


FIGURA 10.-PASOS DE PLANEACIÓN

Políticas, Objetivos y Metas

El manual requiere especificar de manera concisa y clara las políticas del departamento de mantenimiento, y sobretodo especificar que se busca garantizar entre otras cosas:

- Máximos niveles de calidad con costos mínimos
- Asegurar el funcionamiento de las instalaciones, con máximo rendimiento y mínimo consumo
- Preservar el valor de las instalaciones, optimizando su empleo, minimizando el deterioro y por ende su depreciación.
- Disminuir al máximo los paros imprevistos de producción por fallas inesperadas.
- Lograr la creación de un sistema de mantenimiento preventivo que sea capaz de alcanzar las metas de la manera más económica posible.

Por otra parte las metas constituyen los logros cuantitativos a ser alcanzados en un periodo de tiempo razonable. Son necesarias para mantener al personal motivado, involucrado y sobretodo para ser capaces de medir los resultados operativos del área. Se sugiere sean establecidas por periodos trimestrales y someterlas a revisión al concluir cada periodo.

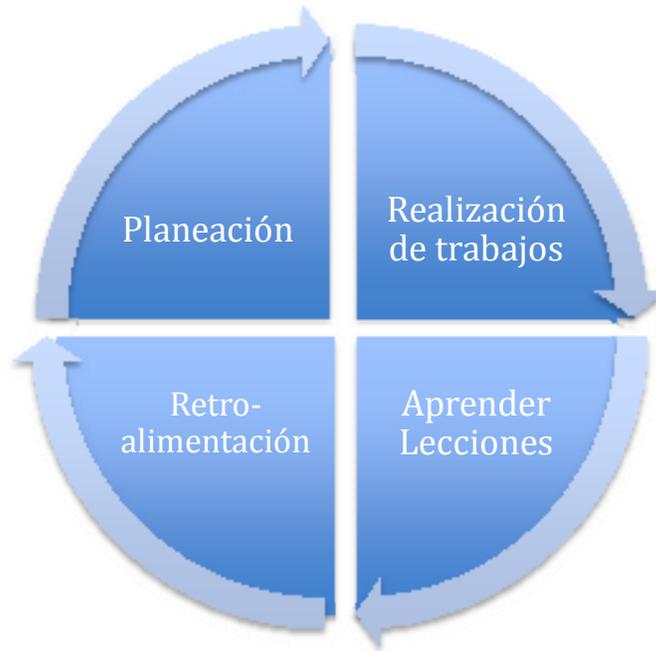
Principios de la planeación del mantenimiento

De acuerdo a Palmer (Palmer, 1999), existen 6 principios básicos para la buena planificación del mantenimiento, los cuales son mostrados a continuación a fin de comprenderlos mejor.

1. Los encargados de la planificación del mantenimiento deben ser ajenos a las cuadrillas de mantenimiento, a fin de facilitar el empleo de técnicas de planificación que permitan enfocarse en trabajos futuros.

Los planes de trabajo deben ser elaborados por la Gerencia de Mantenimiento, tomando en consideración los siguientes aspectos:

- Los resultados de auditorías y diagnósticos.
 - Las Capacidades de implementación, basándose en los recursos disponibles.
 - Especificación de metas tanto cualitativas como cuantitativas a fijar.
 - Definición de plazos para alcanzar las metas, considerando la urgencia de superar los tipos de falla localizados en función de su severidad y los retos a enfrentar.
 - Nombrar a los responsables de ejecutar los planes.
2. Enfoque en los trabajos futuros: Los planificadores deben concentrar sus esfuerzos en los trabajos pendientes a realizar, esto con la finalidad de proveer los mismos al Departamento de Mantenimiento con la suficiente anticipación para poder ser planificados, aprobados y ejecutados. Posterior a la terminación de los trabajos, es necesario ofrecer una retroalimentación para que se planifiquen trabajos futuros y que sean optimizados los calendarios.



FUENTE: (PALMER, 1999)
FIGURA 11.-CICLO DE MEJORA

3. Los encargados de la planificación deben mantener un sistema seguro y simple de las instalaciones con que se cuentan, esto permite emplear la información para preparar mejoras en los planes de trabajo y en tareas de mantenimiento.
4. Los encargados de planeación emplean la experiencia del personal y la información de las instalaciones para poder desarrollar los planes de trabajo y evitar los retrasos y los problemas de calidad y seguridad.
5. Se requiere que al momento de planear los procesos de mantenimiento se especifiquen los ¿Qué?, ¿Cómo?, determinando además los alcances de los trabajos, uniendo así al personal técnico y administrativo.
6. Medir el desempeño de la planeación mediante el análisis de retrasos con muestreos de los trabajos. El tiempo es la primer medida de eficiencia de los trabajos y de las efectividades de la planeación y calendarización.

7.1.2 Organización del Área de Mantenimiento en la Empresa

No existe un modelo único de organización que sea posible emplearlo en todas las empresas, por lo cual es indispensable desarrollar la organización para cada uno de los casos, y que permita el cumplimiento de los objetivos que fueron fijados por la alta gerencia.

Entre los factores más importantes a considerar para la generación la organización empresarial, están:

- Tamaño
- Número de plantas y su ubicación
- Productos y Procesos
- Desarrollo Tecnológico
- Disponibilidad de Recursos
- Etc.

En todas las empresas, sin importar su tamaño, es indispensable respetar que el mantenimiento quede en igualdad de circunstancias con la producción y la calidad, ya que mantenimiento permitirá generar un desarrollo más eficiente a los procesos con un menor costo y menores cantidades de rechazos.

De esta manera, Mantenimiento deja de ser la función de reparar cuanto antes, para convertirse en salvaguardar los elementos de los procesos en circunstancias que permitan seguir trabajando correctamente, produciendo niveles de calidad especificados.

Organización del Departamento de Mantenimiento

Dentro de la gestión del mantenimiento es posible incluir actividades que tienden a asegurar la disponibilidad de los equipos y edificios al menor costo dentro de los requisitos de seguridad, atención a los servicios del establecimiento.

Además el departamento de mantenimiento también es responsable de tareas como:

- Limpieza
- Higiene
- Sanitización del establecimiento

Por lo tanto, la organización del mantenimiento debe contemplar la totalidad de las actividades bajo su responsabilidad, buscando un desempeño eficaz, eficiente y sobretodo lo más económico posible.

De manera paralela es indispensable considerar que dentro del mantenimiento, coexisten dos elementos que son básicos:

- Estratégico; Referente a la gestión, supervisión y control, así como tiempo, costos, calidad, evaluación de proveedor y contratista, etc.
- Operación; Atención a los servicios, ejecución de las intervenciones, Indicadores de desempeño, etc.

Al igual que para la cuestión de la Organización empresarial, no existe un modelo típico y aplicable a todas las organizaciones por lo cual es indispensable crear la propia para lo cual se debe:

1. Determinar la responsabilidad, autoridad y el rol de cada involucrado en el área de Mantenimiento.
2. Establecer las relaciones verticales y horizontales entre todos los participantes del organigrama.
3. Asegurar que el objetivo de mantenimiento ha sido comprendido por todos.
4. Establecer sistemas que permitan la coordinación efectiva y la comunicación entre las personas.

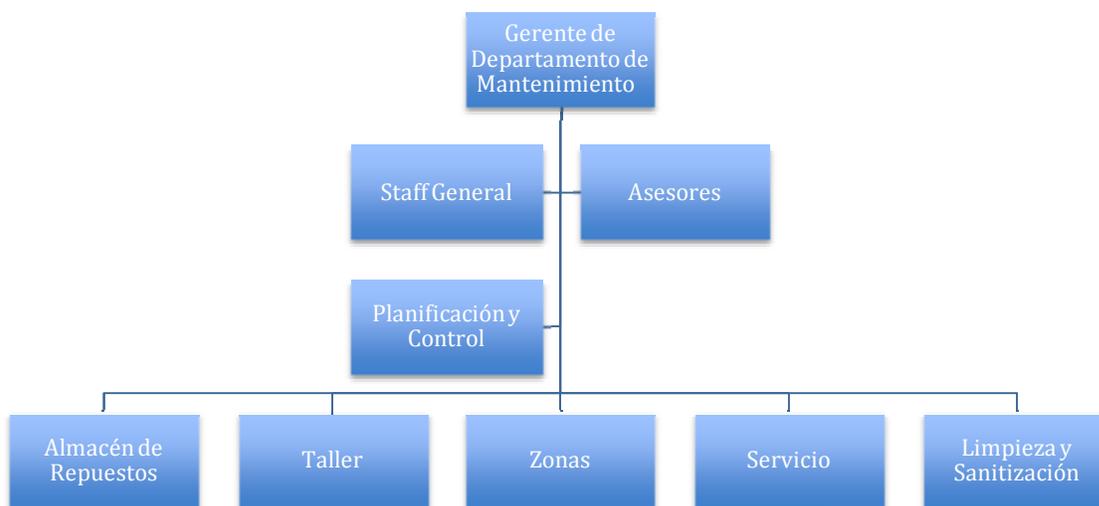


FIGURA 12.- ORGANIZACIÓN DEL DEPTO. DE MANTENIMIENTO (ORGANIGRAMA SIMPLIFICADO)

Responsabilidades y Perfiles de capacitación

Como fue mostrado en páginas anteriores, el organigrama del área de Mantenimiento cuenta con una serie de puestos esenciales para el alcance de sus objetivos. A continuación se pretende mostrar dichos puestos con la finalidad de describir tanto las responsabilidades de cada uno de ellos, como los perfiles de capacitación.

– *Gerente Departamental:*

Es el responsable del cumplimiento de los objetivos del sistema de mantenimiento, su rol implica básicamente:

- Definir las metas a alcanzar, de acuerdo a los objetivos y políticas establecidas y acordadas con alta gerencia
- Establecer procedimientos para dar cara al mantenimiento y a la recopilación, procesamiento y divulgación de datos.
- Definir programas de capacitación
- Establecer procedimientos de evaluación de la eficiencia del plan
- Establecer presupuesto y costos de mantenimiento
- Administrar los recursos físicos y humanos para satisfacer los objetivos
- Establecer registro y análisis de fallas de instalaciones, desarrollando procedimientos para su control y eliminación.
- Actualizar Manual de Mantenimiento
- Representar el sistema de mantenimiento ante la gerencia, otros departamentos.

El Gerente de Mantenimiento debe contar con una carrera profesional, con una formación básica en al menos, técnicas de trabajo departamental. Se recomienda que cuente con conocimientos generales de la tecnología involucrada en sus procesos, así como de limpieza, higiene y seguridad industriales. Debe contar con aptitudes de dirección y motivación de la ejecución de los trabajos, es decir liderazgo.

– *Supervisores o Mandos Intermedios*

Es el enlace entre la gerencia y los trabajadores del área de mantenimiento. Su capacitación debe ser de preferencia técnica y que cubra al menos la mayoría de las técnicas de trabajo requeridas en el área. Debe contar con nociones de los procesos productivos y de los servicios que se deben atender así como conocer de cuestiones como limpieza, higiene, y seguridad industrial. Se busca que tengan habilidades de liderazgo a fin de motivar al personal a su cargo a ejecutar eficientemente las tareas que les asigne.

– *Personal Operativo*

Existen comúnmente tres tipos de personal operativo, dependiendo del lugar donde trabaja:

- **Taller:** Requiere capacitación técnica básica, que sea capaz de atender requerimientos propios de la industria.
- **Zona:** Se requiere que además de las habilidades como personal de taller, cuenten con conocimiento de la tecnología de los procesos productivos de las instalaciones que atenderían, así como un buen ejercicio de las relaciones humanas y acatamiento exclusivo al área de mantenimiento.
- **Servicios:** Deben contar con formación técnica básica y con un buen conocimiento de la tecnología de los procesos a atender.

Funciones y Estructura

Se encuentran relacionadas al uso eficaz de los recursos del área de mantenimiento. Dentro del Departamento de Mantenimiento, las funciones se dividen básicamente en:

- *Primarias*
 - Comprenden la justificación del sistema de mantenimiento implementado. Se encuentran claramente definidas por los objetivos.
- *Secundarias*
 - Son consecuencia de las características particulares de cada empresa, van íntimamente vinculadas con las actividades de mantenimiento.

Dentro del manual deben detallarse por escrito, los procedimientos vigentes tanto en cuestiones de inventario, de aportación de medios para el desarrollo de los trabajos, así como para la capacitación del recurso humano y la programación de las tareas a desarrollar. Los procedimientos deben mantenerse actualizados así como indicar para cada uno de los casos el responsable de la ejecución, la frecuencia y el procedimiento de inspecciones, informes y acciones correctivas a tomar.

Por otra parte, la estructura del sistema debe ser dinámica, por lo cual es necesario prever un cambio organizativo de los recursos humanos y maquinaria y herramienta al incidir diversos factores.

Conforme el área de mantenimiento vaya consolidándose existe incertidumbre sobre una gran cantidad de factores sobretodo en cuanto a los recursos humanos que se

aplicarían, para lo cual se recomienda cierto cuidado al respecto. Para estos efectos se sugiere proceder de la siguiente manera:

- Características del recurso humano
- Distribuciones de la planta, estimando la cantidad de personal y sus perfiles de capacitación para atender a las instalaciones de acuerdo a los requerimientos de la propia empresa
- Acordar un nivel de respuesta aceptable frente a intervenciones de emergencia
- Definir estructura mínima de recursos para atender las intervenciones de emergencia (número, ubicación, turnos, etc.)
- Estimar estructura complementaria para atender el mantenimiento preventivo
- Esbozar una estructura básica de partida dentro del organigrama.

7.1.3 Dirección y Control del Área de Mantenimiento

Toda planta debe contar con un sistema de control de mantenimiento, a continuación se hacen referencia a una serie de aspectos que es necesario tomar en cuenta para poder contar con un buen sistema de administración y control del dicha área.

Fuentes de Información

En lo relativo a los equipos y a las instalaciones de la empresa:

- a) Reconocer las características constructivas de las instalaciones
- b) Problemas surgidos durante la operación
- c) Repuestos
- d) Programas de mantenimiento preventivo y correctivo

En relación a la gestión del mantenimiento

- a) Definir procedimientos normalizados para trabajos repetitivos
- b) Analizar las causas de la desviación de presupuestos
- c) Determinación de costos del mantenimiento (Por hora, por unidad, por departamento, etc.)

Datos Relativos a las averías

- a) Clasificación y consecuencias
- b) Causas probables y seguras
- c) Efecto de las mismas sobre el programa de mantenimiento
- d) Efectos del tiempo
- e) Lecciones aprendidas

Datos Relativos a las intervenciones del mantenimiento

- a) Procedimientos de solicitud y autorización de trabajos
- b) Resultados técnicos y económicos de los mismos
- c) Rendimientos

Documentos

Comúnmente existen una serie de documentos que son requeridos en la generación de un manual de mantenimiento, entre estos se encuentran: 1)Fichas de equipos e instalaciones, 2)Fichas de historial de equipos e instalaciones, 3) Ordenes de Trabajo, 4) Sistemas de prioridad.

1. *Fichas de Equipos e Instalaciones:*

Es la ficha de inventario, es un documento informativo básico y fundamental que resume las características de cada equipo o instalación con sus características originales y cada uno de sus componentes.

2. *Fichas de Historial de Equipos e Instalaciones:*

Es un informe detallado ordenado cronológicamente de todas las intervenciones de mantenimiento realizadas en cada equipo o sus componentes.

3. *Ordenes de Trabajo:*

Es una descripción del trabajo a realizar, los recursos necesarios (mano de obra y materiales), costos incurridos. Aunada a esta forma, debe de incluirse una planilla de aplicación de mano de obra, y una planilla de salidas de materiales del almacén.

4. *Sistema de Prioridad:*

Es la definición de la urgencia de los trabajos y de los plazos estimados para su ejecución.

- Ejecución Inmediata: 1
- Ejecución al día siguiente de indicado: 2
- En la primer parada de producción: 3
- En el tiempo que se indique: 4

A continuación se presentan una serie de documentos y formatos que pueden ser de utilidad en la implementación del Manual de Mantenimiento dentro de las empresas.

1. Gerencia de Mantenimiento

Registro de Equipos y/o Instalaciones

Equipo/Instalación: Código: _____

Modelo: _____ Serie: _____ Año: _____

Distribuidor Local: _____

Dirección: _____ Tel: _____

Instalado por: _____

Fecha de Instalación: _____

Características Especiales: _____

Repuestos Requeridos en Almacén: _____

Frecuencia de Inspección

Anual Semestral Trimestral Mensual Otra

Puntos importantes de inspección: _____

Comentarios Adicionales: _____

3. Gerencia de Mantenimiento

Solicitud de Orden de Trabajo de Mantenimiento

OT No. _____

Equipo/Instalación: Código: _____ Fecha: _____

Estatus:

Normal

Urgente

Extra Urgente

Descripción de la Falla: _____

Sugerencias: _____

Solicitado Por:

Encargado:

4. Gerencia de Mantenimiento

Reporte de Lecciones Aprendidas

Equipo/Instalación: Código: _____ Fecha: _____

Cual era la falla: _____

Como se solucionó la Falla: _____

De que otra manera se pudiera haber realizado: _____

Comentarios o Sugerencias: _____

Elaborado Por:

5. Gerencia de Mantenimiento

Formato de Evaluación de Proveedores de Servicios

Razón Social del Proveedor de Servicios _____

Dirección: _____ Tel: _____

Años de Experiencia: _____

Tiempos de Respuesta: _____

Tiempos de Entrega: _____

Costos : _____

Cuenta con algún sistema de calidad (¿Cuál?): _____

Cuenta con algún certificado (¿Cuál?): _____

Comentarios Adicionales: _____

Elaborado Por:

6. Gerencia de Mantenimiento

Solicitud de Salida de Material de Almacén

Área de Mantenimiento _____

Descripción de Orden de Trabajo para la cual se elabora la Solicitud de Material.

OT No. _____

Descripción de Solicitud de Material. _____ SM No. _____

Solicitado por: _____ Autorizado por: _____

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD

Entregado por: _____

8. Gerencia de Mantenimiento

Programación Trimestral de Mantenimiento

ACTIVIDADES	No.	ENERO	FEBRERO	MARZO
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			

Flujo esquemático o de Información

La circulación de la información dentro del área de mantenimiento es necesaria representarla de forma esquemática para poder elaborar programas diarios de actividades, así como calcular sus costos y analizar las fallas, es decir para su revisión y análisis.

Este procedimiento hace que el mantenimiento sea eficaz y permita corregir sobre la marcha las desviaciones que se produzcan, como tardar mas tiempo que el debido por cada una de las tareas asignadas.

Revisión de información relevante

La revisión de la información relevante, permite entre otras cosas:

- Descubrir los trabajos que han sido muy costosos, para controlarlos de una mejor manera
- Señalar los trabajos que continuamente requieren intervenciones para de ser posible reducirlas al máximo
- Justificar la adquisición de herramientas para reducir las horas de trabajo o el reemplazo de equipos.

Cálculo de algunos indicadores de la eficiencia del mantenimiento

Entre algunos de los indicadores comúnmente empleados para determinar la eficiencia de un sistema de mantenimiento se encuentran: 1) La disponibilidad, y 2) Costos de Mantenimiento por Unidad Producida.

1. *Estimación de la Disponibilidad:*

- Es aplicable a una línea, departamento o planta productiva. Se basa en detectar el departamento que cuenta con mayores problemas de mantenimiento. Permite reconocer la cantidad de tiempo de producción que esta afectado por paradas por reparaciones o desperfectos.

2. *Costo de Mantenimiento/ Unidad Producida*

- El costo incluye mano de obra, tanto propia como contratada, los materiales, repuestos, modificaciones, administración, gestión y capacitación del área de mantenimiento.

Cálculo de Disponibilidad Global y de incidencia de productividad al incrementar la disponibilidad

Conceptos	Periodo 1	Periodo 2
1) Número total de equipos o instalaciones del área productiva con mayor incidencia de paradas por mantenimiento. (Identificar Área)		
2) Tiempo de producción normal del área de trabajo (Horas)		
3) Tiempo de paros por averías en el área de trabajo (Horas)		
4) Tiempo de paros por mantenimiento programado (Preventivo) en las áreas de trabajo (Horas)		
5) Tiempos de paro de área por paros por mantenimiento en otras secciones (Horas)		
6) Tiempos totales de paros por mantenimiento (Sumatoria de resultado de inciso 3, 4 y 5)		
7) Porcentaje del tiempo real de producción utilizado en paros por mantenimiento (Inciso 6/ Inciso 2) x 100		
8) Volumen horario de producción final en esa área de trabajo (Lb, Kg o Toneladas)		
9) Porcentaje de disponibilidad de tiempo en las áreas de estudio (100 x [(Inciso2- inciso 6)/ inciso 2]		
10) Aumento/ reducción en la productividad (Diferencia de inciso 9 entre los períodos 1 y 2) x inciso 8		

Sin embargo, existen una gran cantidad de indicadores de desempeño para un sistema de Gestión de Mantenimiento, según Wendy Holguín (Holguin, 2011) éstos se pueden dividir en:

– *Indicadores de Desempeño para Eficiencia y Efectividad*

1. *Mantenimiento Preventivo*

Tiempo de inactividad causado por averías
Tiempo total de inactividad

Horas - hombre empleadas en trabajos de emergencia
Total de horas – hombre trabajadas

Costo directo por reparación de fallas
Costo directo total de mantenimiento

Tiempo deseado de funcionamiento – Inactividad del equipo
Tiempo deseado de funcionamiento del equipo

Horas extras trabajadas
Total de horas trabajadas

Órdenes de trabajo de mantenimiento a la espera de partes
Número total de órdenes de trabajo de mantenimiento

2. *Sistemas de Órdenes de Trabajo*

Órdenes de emergencia
Total órdenes de trabajo

Órdenes preventivas
Total órdenes de trabajo

Órdenes correctivas
Total órdenes de trabajo

3. *Capacitación Técnica e interpersonal*

Tiempo total de inactividad atribuido a errores operacionales
Tiempo total de inactividad

Tiempo total de inactividad atribuido a errores de mantenimiento
Tiempo total de inactividad

Tiempo perdido estimado por carencia de conocimiento o destrezas
Tiempo total trabajado

Tiempo repetido de mantenimiento debido a falta de conocimientos o destrezas
Trabajo total de mantenimiento

4. *Participación Operacional*

Inactividad del equipo relacionada con el mantenimiento (período actual)
 Inactividad del equipo relacionado con el mantenimiento (año anterior durante el mismo período)

Producción real del equipo (año en curso)
 Producción real del equipo (año anterior durante el mismo período)

5. *Mantenimiento predictivo*

Costos actuales de mantenimiento
 Costos de mantenimiento anteriores al programa predictivo

6. *Mantenimiento Productivo Total*

Disponibilidad = $\frac{\text{Todo el tiempo de inactividad}}{\text{Tiempo programado}}$ (debe ser al menos 90%)

Eficiencia del desempeño = $\frac{\text{Producción real para el tiempo programado}}{\text{Producción diseñada para el tiempo programado}}$ (debe ser al menos 95%)

Tasa de Calidad = $\frac{\text{Producción total menos defectos o trabajo repetido}}{\text{Producción total}}$ (debe ser al menos 99%)

– *Indicadores de Desempeño Táctico*

7. *Mantenimiento Preventivo*

Tareas de mantenimiento preventivo realizadas
 Tareas de mantenimiento preventivo programadas

Número de fallas que deberían haber sido evitadas
 Número total de fallas

8. *Inventario y adquisición*

$\frac{\text{Número total de partes entregadas por pedido}}{\text{Número total de artículos solicitados}}$ $\frac{\text{Cantidad total anual en dólares por concepto de uso de bodega}}{\text{Estimación total de inventario}}$

$\frac{\text{Número total de órdenes urgentes de compra}}{\text{Número total de órdenes de compra}}$ $\frac{\text{Número total de órdenes cumplidas por pedido}}{\text{Número total de órdenes solicitadas}}$

9. *Sistema de Ordenes de trabajo (Planeación y programación)*

Órdenes planeadas de trabajo de mantenimiento

Total de órdenes de trabajo recibidas

Horas de mantenimiento programadas

Total de horas trabajadas en mantenimiento

Total de horas estimadas en órdenes de trabajo programadas

Total de horas cargadas a órdenes de trabajo programadas

Número de órdenes de trabajo realizadas mayor del 20% de material estimado

Número total de órdenes de trabajo de mantenimiento

Órdenes de trabajo atrasadas

Total de órdenes de trabajo

10. *Participación Operacional*

Horas de mantenimiento preventivo realizado por los operarios

Total de horas de mantenimiento preventivo

Inactividad del equipo relacionado con el mantenimiento (periodo actual)

Inactividad del equipo relacionado con el mantenimiento (año anterior durante el mismo periodo)

Horas de mejoramiento del equipo realizado por los operarios

Total de horas trabajadas por los operarios

– *Indicadores de desempeño funcional*

11. *Mantenimiento Preventivo*

Número de tareas retrasadas de MP

Número total de tareas pendientes de MP

Costo estimado de tarea de MP

Costo real de tarea MP

Número total de órdenes de trabajo generadas de las inspecciones de MP

Número total de órdenes de trabajo generadas

12. *Inventario y Adquisición*

Artículos de línea en stock inactivo

Total de artículos de línea en stock

Total de los repuestos de mantenimiento en almacenamiento controlado

Total del inventario disponible (controlado + no controlado)

Número total de órdenes de compra de un solo artículo

Número total de órdenes de compra

Costos de material de mantenimiento cargados a tarjeta de crédito

Costos totales de materiales de mantenimiento

13. *Sistemas de Ordenes de Trabajo*

Costos de mano de obra de mantenimiento sobre órdenes de trabajo

Costos totales de mano de obra de mantenimiento

Costos de material de mantenimiento en órdenes de trabajo

Costos totales de material de mantenimiento

Costos de contrato de mantenimiento en órdenes de trabajo

Costos totales del contrato de mantenimiento

Inactividad de mantenimiento registrada en órdenes de trabajo

Inactividad total de mantenimiento registrada

Costos de mano de obra de mantenimiento cargados a órdenes de trabajo pendientes

Costos totales de mano de obra de mantenimiento

Costos de materiales cargados a una orden de trabajo pendiente

Costo total de materiales de mantenimiento

Cargos totales para una máquina específica a una orden de trabajo pendiente

Cargos totales para una máquina específica

14. *Planeación y Programación*

Costos planeados de mano de obra de mantenimiento

Total de los costos de mano de obra de mantenimiento

Costos planeados de material de mantenimiento

Costos totales de materiales de mantenimiento

15. *Capacitación técnica e interpersonal*

Total de dólares para capacitación

Número total de empleados

Número total de empleados capacitados

Número total de empleados de mantenimiento

Total de horas de capacitación técnica

Número total de empleados

Total de dólares para capacitación

Total de nómina de planta

Total de horas de capacitación interpersonal

Número total de empleados

16. *Mantenimiento Predictivo*

Horas de actividades de mantenimiento predictivo

Mantenimiento total

Costos de mantenimiento predictivo

Costos totales de mantenimiento

17. *Mantenimiento Centrado en la confiabilidad*

Número de fallas del equipo donde se realiza un análisis de causas primarias

Número total de las fallas del equipo

Número de tareas de mantenimiento preventivo revisadas

Número total de tareas de mantenimiento

Número de tareas de mantenimiento predictivo revisadas

Número total de tareas de mantenimiento predictivo

18. *Mantenimiento Productivo Total*

Artículos de equipo claves incluidos en estudios de diseño

Número total de equipos clave

Equipos clave incluidas en actividades de 5 S

Número total de equipos clave

19. *Optimización financiera estadística*

$$\frac{\text{Número de tareas revisadas de mantenimiento en equipo clave}}{\text{Número total de tareas de mantenimiento en equipo clave}}$$

$$\frac{\text{Número de repuestos importantes para equipo clave revisados}}{\text{Número total de repuestos importantes para equipo clave}}$$

$$\frac{\text{Número de políticas revisadas de repuestos rutinarios para equipo clave}}{\text{Número total de repuestos rutinarios para equipo clave}}$$

– *Índices correspondientes a Planeación y Control*

20. *Porcentaje de Cobertura de programas*

$$\frac{\text{Horas hombre asignadas}}{\text{Horas hombre totales disponibles en mantenimiento}} \times 100$$

21. *Porcentaje de emergencias*

$$\frac{\text{Horas hombre empleadas en emergencia}}{\text{Horas hombre totales disponibles en mantenimiento}} \times 100$$

22. *Cargas de trabajo en días*

$$\frac{\text{Horas hombre planeadas pendientes a ejecutar}}{\text{Fuerza de trabajo diaria disponible en horas hombre}}$$

23. *Porcentaje de Cumplimiento en Órdenes de Trabajo*

$$\frac{\text{Número órdenes terminadas a tiempo}}{\text{Total órdenes recibidas}} \times 100$$

– *Indicadores de Mantenimiento Preventivo*

24. *Porcentaje de cumplimiento de inspecciones*

$$\frac{\text{Número de Inspecciones Realizadas}}{\text{Número de Inspecciones Programadas}} \times 100$$

25. *Porcentaje de cobertura de mantenimiento preventivo*

$$\frac{\text{Horas hombre empleadas en MP}}{\text{Horas hombre totales del área}} \times 100$$

26. *Porcentaje de cumplimiento de trabajos resultantes de las inspecciones*

$$\frac{\text{Número de trabajos resultantes realizados}}{\text{Número de trabajos resultantes}} \times 100$$

– *Índices de Personal*

27. *Porcentaje de Fuerza laboral en vacaciones*

$$\frac{\text{Turnos hombre en vacaciones}}{\text{Turnos hombre disponibles}} \times 100$$

28. *Porcentaje Tiempo*

$$\frac{\text{Horas hombre de Tiempo Extra}}{\text{Horas hombre ordinarias}} \times 100$$

– *Índices correspondientes al comportamiento del equipo*

29. *Frecuencia de fallas*

$$\frac{\text{Total de fallas}}{\text{Mes}}$$

30. *Gravedad de fallas*

$$\frac{\text{Total de minutos de demoras de mantenimiento}}{\text{Total de fallas}}$$

31. *Disponibilidad de equipo*

$$\frac{\text{Horas trabajadas del equipo}}{\text{Horas totales del mes}}$$

Resultado del análisis de la información procesada de mantenimiento

Este proviene de las Órdenes de Trabajo, las salidas de materiales de almacén, registros de fallas y del historial de los equipos. Los resultados son presentados ante la gerencia en un periodo mensual, mostrando un análisis de la información que contenga entre otras cosas:

- Costos de mantenimiento, clasificados por equipo y también los globales de planta.
- Tiempos de paros, volúmenes de producción y disponibilidad por equipo, línea de producción, etc.

Además es importante reconocer que en base a los dos conceptos anteriormente expuestos:

- Se identificarán las unidades con mayores costos de mantenimiento y paros de producción más prolongados
- Se verificará la evolución de los indicadores
- Se seleccionarán las 3 unidades con mayores costos y menor disponibilidad a fin de optimizar su comportamiento
- Se compararían costos de mantenimiento de plantas o aspectos similares ubicados en lugares diferentes o de otras empresas
- Se compararían los costos de mantenimiento programado contra los del no programado, así como la disponibilidad alcanzada para los equipos.
- Se compararían los costos de mano de obra y materiales por equipo o línea de producción.

Procedimientos

A continuación se presentarán una serie de diagramas de flujo operacionales que son aplicables a la empresa a fin de desarrollar intervenciones de Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo.

Flujo y procesamiento de información, para Ejecución de Trabajos

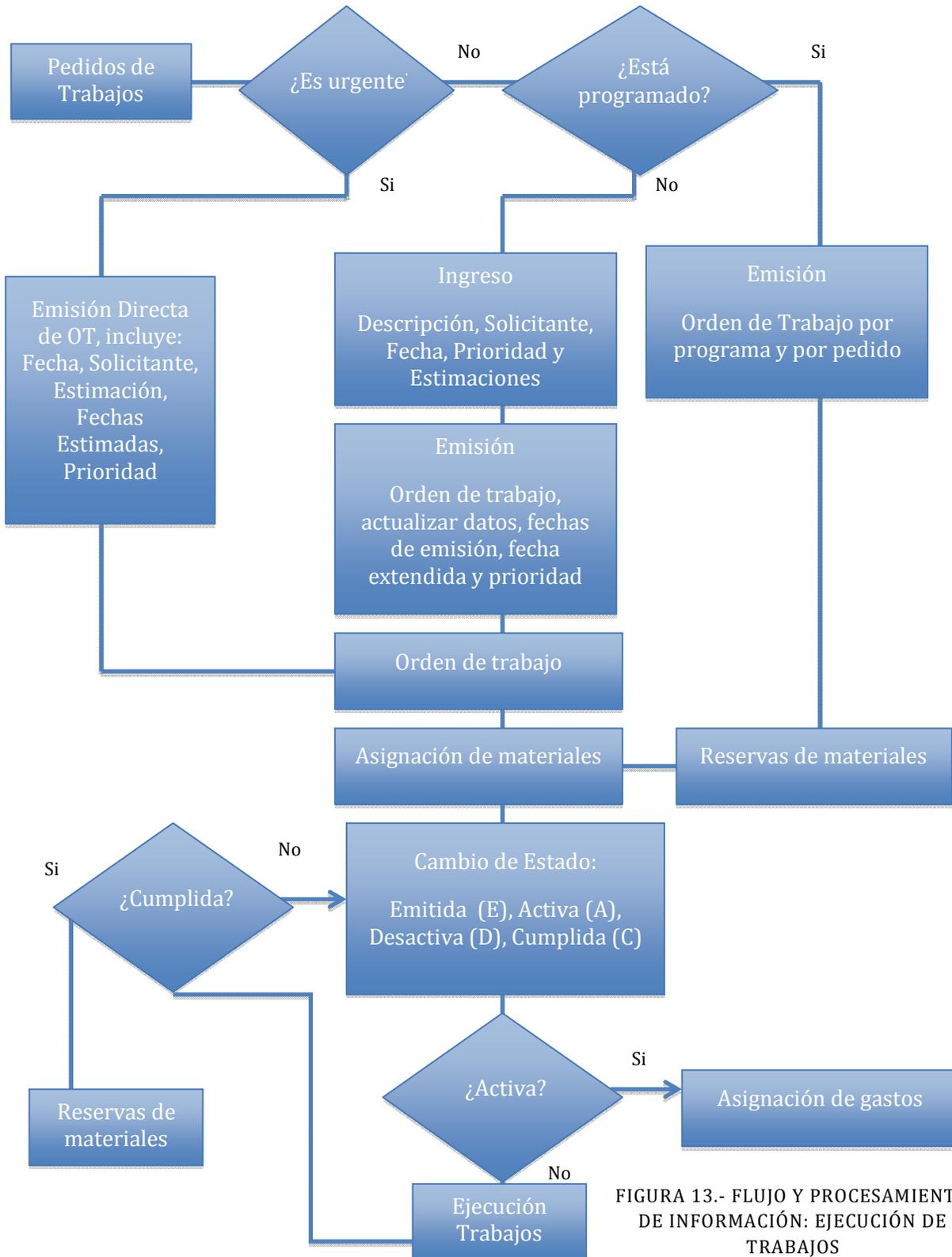
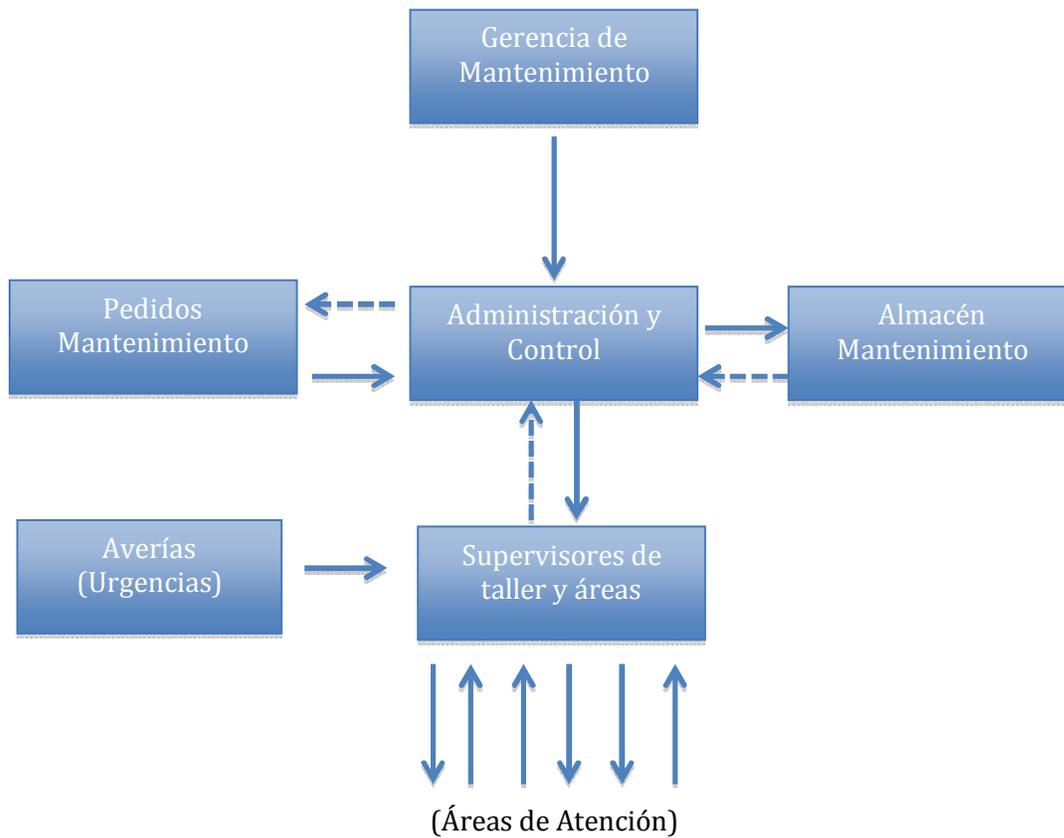


FIGURA 13.- FLUJO Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN: EJECUCIÓN DE TRABAJOS

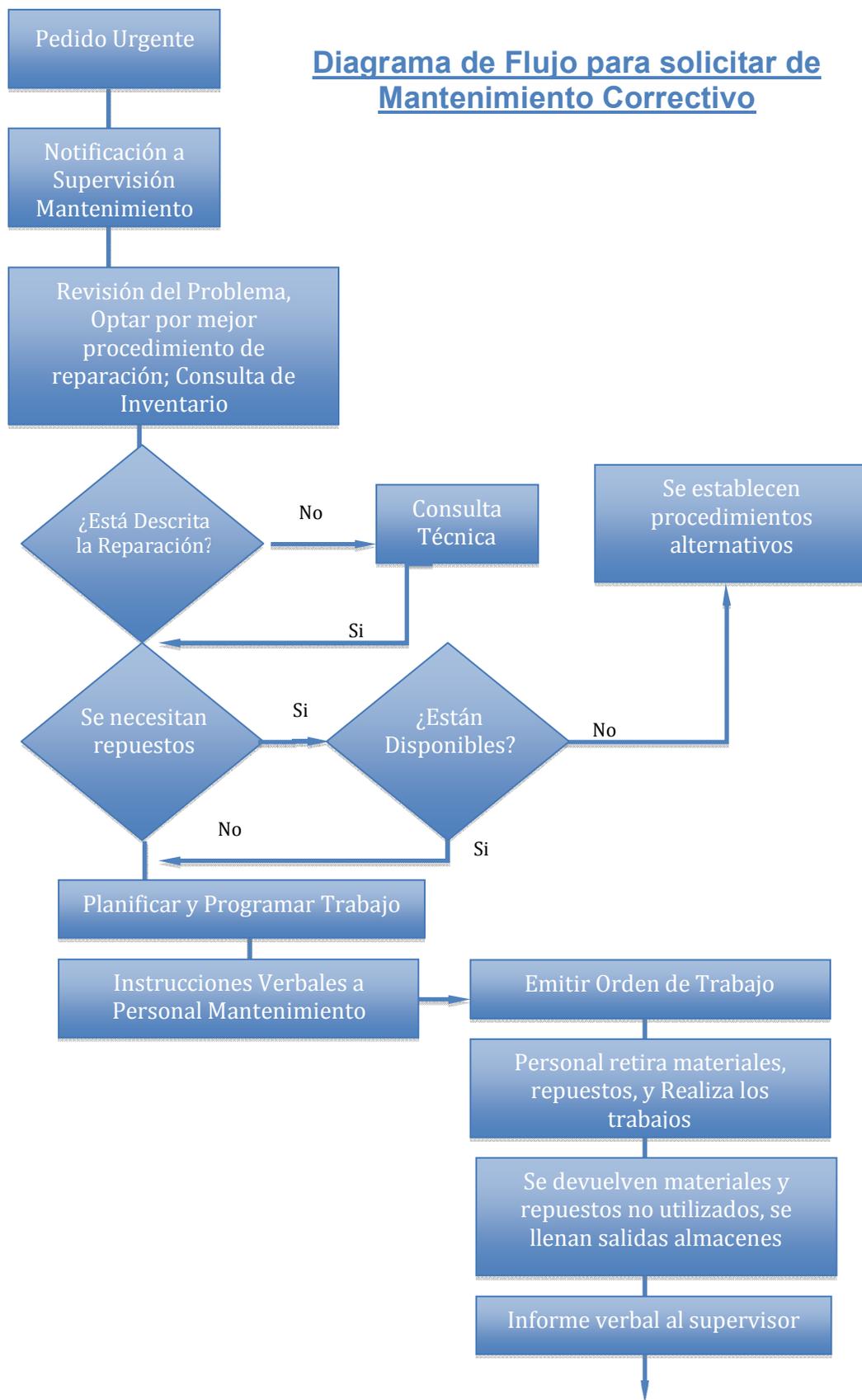
Diagrama de flujo para Órdenes de trabajo e Información



→ Flujo de Órdenes de Trabajo y Disposición

←- - - Relaciones e informaciones

FIGURA 14.- DIAGRAMA DE FLUJO DE ORDENES DE TRABAJO E INFORMACION



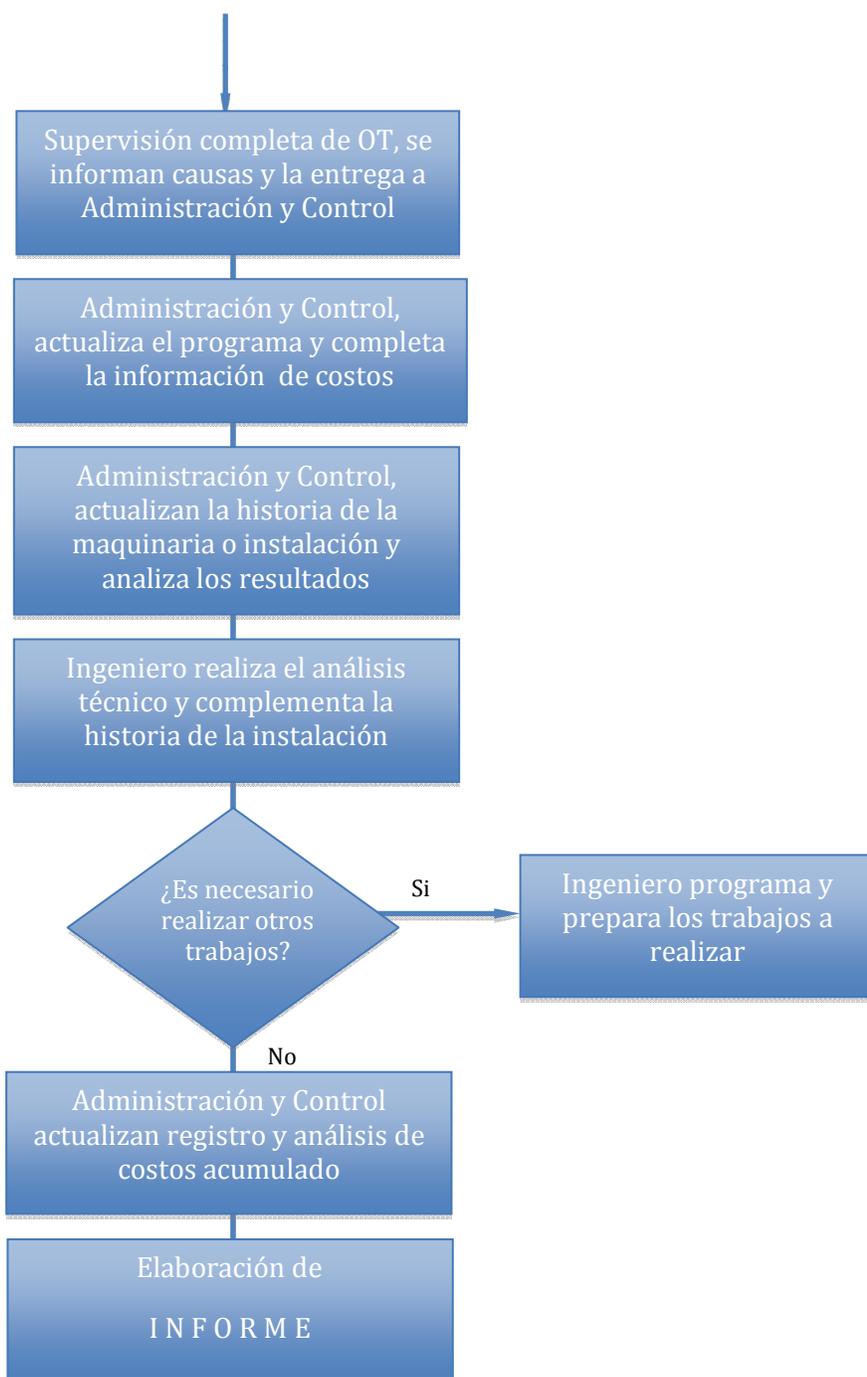


FIGURA 15.- DIAGRAMA DE FLUJO TIPO PARA SOLICITAR MANTENIMIENTO CORRECTIVO

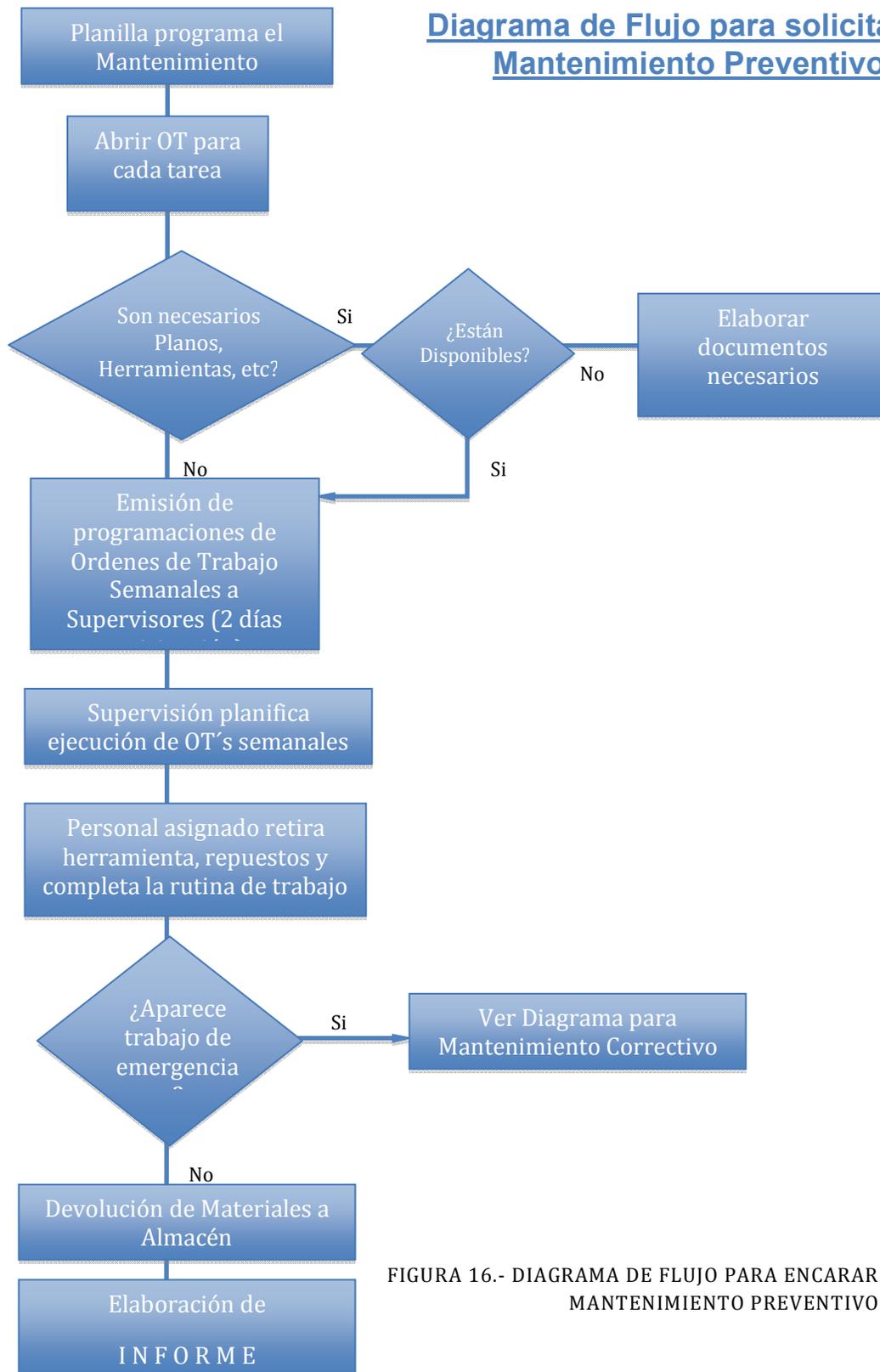


FIGURA 16.- DIAGRAMA DE FLUJO PARA ENCARAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Capacitación y entrenamiento

Todas las gerencias de mantenimiento deben considerar dentro de sus actividades a la capacitación y al entrenamiento como prioritarias, ya que de esta manera se logra el desempeño profesional de las cuadrillas, sin importar su posición ni el nivel educativo que tienen.

Es indispensable definir tanto los objetivos como la metodología a emplear para el desarrollo de personal, así como para los incentivos a aplicar a fin de estimular al personal en su capacitación y entrenamiento; ya que esto permitirá mostrar una mejora continua.

Los programas de capacitación se deben desarrollar periódicamente bajo el control del responsable del departamento de Recursos Humanos así como la participación del área de Mantenimiento. La capacitación será grupal o individual, ya sea dentro o fuera de la empresa dentro de institutos técnicos públicos y/o privados que mejor se ajusten a las necesidades del programa.

A manera general, los programas de capacitación tienen entre muchas otras, las siguientes metas:

- Facilitar la ejecución de sus tareas
- Introducir nuevas tecnologías
- Adherir a los trabajos conceptos de seguridad e higiene
- Adiestrar al personal en el control de siniestros y el combate de los mismos.
- Mejorar la capacidad profesional y gestión de personal
- Conocer los fundamentos de los procesos de elaboración empleados en la empresa, vinculando tanto la operación de los equipos e instalaciones, la cantidad y calidad de los productos resultantes y los desechos y rechazos debidos a su mal funcionamiento.

Auditoría

El éxito del mantenimiento en todas las empresas depende del cumplimiento de las tareas gerenciales. La existencia de fallas en algunas tareas gerenciales debilitaría la eficiencia y eficacia, repercutiendo negativamente en el resto de las áreas de las empresas, afectando por ende a la producción.

Es necesario tener presente y auditar principalmente los siguientes aspectos:

- 1 Grado de cumplimiento de las metas de disponibilidad que han sido fijadas.
- 2 Efectividad en el funcionamiento del organigrama de las empresas y del sistema de mantenimiento

- 3 Lo adecuado, efectivo y eficiente de los procedimientos de mantenimiento, de los documentos a emplear, de su flujo y su propio análisis técnico-económico.
- 4 La calidad de la gerencia de área y de las relaciones con otros departamentos y con su propio personal.
- 5 Lo completo, adecuado y actualizado del Manual de Gestión de Mantenimiento y de los procedimientos de uso
- 6 La eficiencia de la gestión de mantenimiento, medida por la disponibilidad de las instalaciones y equipos, el cumplimiento de niveles de calidad fijados, control de rechazos y su propio costo.

Para estos efectos es necesario evaluar los siguientes aspectos de la Gestión del Mantenimiento:

- Servicios realizados
- Estructura que los provee
- Gestión de OT's
- Gestión de Mantenimiento Preventivo
- Gestión de Reparaciones de Emergencia
- Gestión de Administración y Control
- Gestión de Repuestos
- Gestión del Análisis de Mantenimiento
- Gestión de dirección, control, autoridad, capacitación y seguridad

CAPITULO 8

Escenarios de Aplicación

8. Escenarios de Aplicación

En el presente capítulo se expondrá la metodología comentada con anterioridad, pero aplicada a diferentes escenarios, siendo posible ajustar la metodología a las necesidades y tamaño de cada una de las organizaciones mostradas en los casos de estudio. Esto permitirá tropicalizar los conceptos de una metodología ó un modelo administrativo de mantenimiento a cualquier tipo de empresas dependiendo de su tamaño y necesidades.

8.1. Primer Escenario, Gymnos Fit & Fun

El escenario que será expuesto en las siguientes páginas es una empresa local, con un solo giro de negocio, con poco personal en sus instalaciones (Menos de 10 personas), y un área de mantenimiento enfocada en una sola persona que trabaja en aspectos correctivos y con altas deficiencias en sus operaciones.

La empresa Gymnos, fit&fun es una empresa catalogada como empresa pequeña que está dedicada a la gimnasia artística cuya misión es mejorar la salud, forma física y autoestima de los niños a través de un programa gimnástico de alta calidad. Tiene por objetivo crear un hábito del deporte que permita a los niños desarrollarse con el apoyo de un equipo de expertos en la materia.



FIGURA 17.- GYMNOS FIT & FUN

Esta empresa nació en Monterrey, Nuevo León en Noviembre del 2010, y se encuentra localizada en Carretera Nacional #1094, Col. La Estanzuela. Sus instalaciones se encuentran en una nave realizada con estructura de metal, cubierta de lámina de acero y paneles translúcidos, así como con un sistema de muros de mampostería y un firme de concreto sobre el cual se desplantaron las áreas de gimnasio.

El área total que tiene el recinto es de 2,100 m², y tiene en instalaciones los siguientes conceptos:

- Área de Oficina y Recepción
- Sala de Espera
- Baños, Regaderas y Vestidores
- Zona de Gimnasia Infantil y Gimnasia General
- Aparatos Oficiales de Gimnasia, Aparatos para desarrollo de habilidades y fosas de caídas.
- Estacionamiento y Edificio
- Cuarto de Vigilancia
- Cuarto de Máquinas y Controles Eléctricos



FIGURA 18.- DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE GYMNOS FIT&FUN

Asimismo el Gimnasio cuenta con los siguientes servicios públicos:

- Luz
- Teléfono
- Sistema de Cable (Cablevisión)

En las siguientes páginas será aplicado el modelo administrativo del mantenimiento de la empresa logrando abarcar cuestiones administrativas que van desde la planeación, la organización, la dirección y control de los procesos de mantenimiento.

8.1.1 Planeación del Mantenimiento

Primeramente es importante reconocer que debido a la juventud que tiene la empresa así como los pocos involucrados en el desarrollo de negocio, las cuestiones departamentales son difícilmente aplicables, ya que muchos de los involucrados terminarían siendo responsables de muchos aspectos.

En Gymnos fit&fun, es posible reconocer básicamente tres puestos clave:

- a) Administración
- b) Técnicas y Programas de Entrenamiento
- c) Jefe de Mantenimiento y Vigilancia

Seguridad y Mantenimiento

Una vez reconociendo al responsable de Mantenimiento, en este caso el Sr. Gerardo Ibarra Villarreal, (apoyado de una persona encargada de vigilancia y limpieza) , se comienza resolviendo y evaluando los conceptos mostrados a continuación.

Detección de Áreas de Oportunidad

En lo referente a las áreas de oportunidad que tiene la empresa es posible encontrar las siguientes cuestiones:

- Se actúa en mayor medida de manera correctiva
- No se cuenta con un plan definido de mantenimiento
- Lo que se realiza por semana es lo que las encargadas de Técnicas y Programas de Entrenamiento, sugieren en base a lo que se considera que pueda hacer falta.
- Debido a la prioridad del área de Técnicas y Programas de Entrenamiento y Gimnasio, así como la falta de recursos, muchas otras áreas se han quedado rezagadas en cuestiones de mantenimiento (Cuarto de Máquinas, Estacionamiento, Cuarto de Vigilancia, Jardines, Fachadas, etc.)

Establecer objetivos y metas

El objetivo general del sistema de mantenimiento es adquirir los mayores niveles de calidad introduciendo la menor cantidad de recursos en los mismos, así como asegurar un continuo funcionamiento de las instalaciones con un óptimo rendimiento y con niveles de consumo mínimos, preservando el valor de las instalaciones.

Se busca además, eliminar la posibilidad de que ocurran paros imprevistos en la operación del Gimnasio por fallas en cualquier instalación, logrando un sistema de mantenimiento preventivo que permita generar las metas establecidas de manera económica. Además se pretende que con la implementación del modelo la empresa sea capaz de:

- Mejorar imagen externa e interna del Gimnasio
- Implementar sistemas de manejo de recursos eficientes (Electricidad, Aislamiento, Pinturas, etc.)
- Reducir los costos de operación de mantenimientos
- Localizar aspectos negativos del recinto con tiempo, buscando la manera de prevenir problemas (Polvo, Malos Olores, etc.).

Basado en el requerimiento de las áreas de oportunidad es posible localizar los siguientes objetivos a implementar en la empresa, a fin de comenzar a eliminar o disminuir las problemáticas localizadas:

- Se planea realizar planes quincenales, debido a que las instalaciones no tienen tanto desgaste ya que el uso diario del gimnasio es de cerca de 6 horas, mientras que se planea generar una revisión trimestral de cuestiones cuya prioridad sea un poco mas baja, aunque su importancia pueda implicar un efecto en el funcionamiento del gimnasio.
 - Revisión Quincenal de cables, lonas y aparatos de gimnasio.
 - Revisión Quincenal de sistemas de iluminación y alambrados.
 - Revisión Quincenal de funcionamiento sanitarios.
 - Revisión Trimestral de estado de pintura de nave, muros exteriores e interiores, así como del estacionamiento.
 - Revisión Trimestral de estado de cubierta metálica y sistema de aislamiento.
 - Revisión Trimestral de Maquinaria localizada en cuarto de máquinas
 - Revisión Semestral de Equipo de Cómputo y Oficina

Determinar las zonas que requieren mayor atención y aquellas de prioridad baja.

Entre las instalaciones que fueron comentadas con anterioridad se puede visualizar los requerimientos mínimos para cada una de ellas.

- Área de Oficina, Recepción y Sala de Espera, requiere básicamente de limpieza general, pintura, mantenimiento a los sistemas de cómputo y redes de agua.
- Baños, Regaderas y Vestidores, requerirán un grado de atención elevado debido a su constante uso y necesidad de ofrecer una buena imagen para los clientes, teniendo como mínimos la limpieza diaria y una revisión constante de los muebles de baño y sus conexiones.
- Zona de Gimnasia Infantil y Gimnasia General, al igual que las zonas anteriores requiere de limpieza constante y reparación o reposición de equipos según el grado de deterioro existente.
- Aparatos Oficiales de Gimnasia, incluyen aparatos como el salto, barras, barra fija, viga equilibrio, área de manos libres, y Tumble-track).
- Aparatos para desarrollo de habilidades y fosa de caídas, Estas requerirán engrasado y tensado de cables, Limpieza de aparatos, aspirado de alfombras, pintura general, reparación de lonas y colchones.
- Estacionamiento y Edificio, involucra desde limpieza, Marca de Cajones de estacionamiento, Luminaria Interior y Exterior, Riego de jardines, Pintura General, revisión de estado de cubierta y sistemas de aislamiento.

-
-
- Cuarto de Vigilancia, Cuarto de Máquinas y Controles Eléctricos, pintura, limpieza, aislamiento, revisión de bomba sumergible, y equipo hidroneumático.

Comparación y Elección de alternativas

Aunque sería difícil su ocurrencia por razones de tamaño y longevidad de la empresa, puede llegar a requerirse para cuestiones de mantenimiento más especializado, sobretodo en lo referente a aparatos de ejercicios, trampolines, tumble track, etc. En estos casos sería necesaria una evaluación de los recursos que se requerirían así como el tiempo que tardaría en realizarse cada una de las alternativas, evaluando los casos para tomar la mejor decisión tomando en cuenta la operación del gimnasio.

Recopilación de posibles mejoras, sugerencias, y retroalimentación

Conforme se realicen los trabajos de mantenimiento, será posible reconocer mejoras que puedan aplicarse al modelo, es importante considerar que un modelo no es un mecanismo estático, sino que permitirá acoplarse a las propias necesidades haciéndolo sumamente dinámico y ajustable a los requerimientos propios de la organización.

- Seguimiento de los Principios Básicos de la Planeación del Mantenimiento

Tomando como referencia los principios básicos comentados en la explicación del Modelo Administrativo de Mantenimiento Inmobiliario, es posible ajustarlo a las necesidades propias de una empresa como Gymnos fit&fun, visualizando los siguientes aspectos:

- El encargado de planificar el mantenimiento debe ser el jefe de Seguridad y Mantenimiento, quien deberá de generar los planes de trabajo así como asignar a los responsables de ejecutar lo establecido en ellos. Se deberá tomar en cuenta lo siguiente:
 - a) Establecer un programa de actividades a realizar, lo cual permitirá conseguir el material necesario con tiempo. En caso de existir contratiempos que puedan volver a ocurrir, considerarlo en la generación del plan como retroalimentación, después de haber reconocido las lecciones aprendidas.
 - b) Cuando se estipulen los trabajos sería necesario definir hasta donde llegarían los trabajos así como especificar los ¿Qué? y los ¿Cómo? (Que los causó y como se solucionaron), así como los plazos para lograr alcanzar las metas, reconociendo las prioridades.

- Enfoque en trabajos futuros: Esto con la finalidad de ser capaces de concentrar los esfuerzos en los trabajos pendientes a realizar así como proveer de los recursos tanto humanos como económicos para poder llevar a cabo los trabajos de Mantenimiento. Posterior a la terminación de los trabajos, es necesario ofrecer una retroalimentación para que se planifiquen trabajos futuros y que sean optimizados los calendarios.
- Dado que en Gymnos fit&fun, el responsable del Mantenimiento también elabora acciones de mantenimiento, es importante que los planes que se realicen se encuentren dentro de sistemas que incluyan la seguridad personal y de las instalaciones, logrando usar toda información extra para poder implementar mejoras a los planes y tareas de mantenimiento.
- Los planes de trabajo, serán elaborados usando los niveles de experiencia del Jefe de Mantenimiento (Sr. Gerardo Ibarra V.), lo cual le permitirá reconocer más fácilmente las instalaciones que requieren continua revisión así como evitar retrasos existentes y sobretodo los problemas de calidad y seguridad en la aplicación del mantenimiento.
- Verificar la planeación mediante medición de su desempeño en cuestiones de retrasos del plan de mantenimiento establecido. El tiempo es la primer medida de eficiencia de los trabajos y de las efectividades de la planeación y calendarización.

8.1.2 Organización del Área de Mantenimiento

En el preciso caso de esta pequeña empresa, el área de mantenimiento también será responsable de:

- Limpieza
- Higiene
- Sanitización del establecimiento
- Seguridad y vigilancia

Por lo tanto, la organización del mantenimiento debe contemplar la totalidad de las actividades bajo su responsabilidad, buscando un desempeño eficaz, eficiente y sobretodo lo más económico posible.

Para este preciso caso los elementos tanto estratégico como de operación deberían de encontrarse fusionados y bajo la responsabilidad del Jefe de Mantenimiento quien tendrá entre sus responsabilidades las siguientes:

- Elaborar Planes de Mantenimiento
- Definir las metas a alcanzar, de acuerdo a los objetivos
- Establecer procedimientos para dar cara al mantenimiento

- Establecer presupuesto y costos de mantenimiento
- Establecer registro y análisis de fallas y control de las mismas.
- Supervisar, Elaborar y controlar los planes, tanto en tiempos, costos y calidad.
- En caso de requerirse evaluar a los proveedores de los servicios.
- Generar indicadores que le permitan visualizar el desempeño del mantenimiento en la empresa.

Responsabilidades

Como ha sido comentado en este primer caso de estudio, la misma edad de la empresa, su tamaño y número de involucrados, no favorecen a la generación departamental, sobretodo porque en este caso el Jefe de Mantenimiento además de reconocer las fallas en el inmueble, es el encargado de darles solución en la mayoría de las veces, por ende el siguiente esquema permite visualizar las responsabilidades que debe asumir el Jefe de Mantenimiento, para poder elaborar dichos trabajos pero de manera organizada.

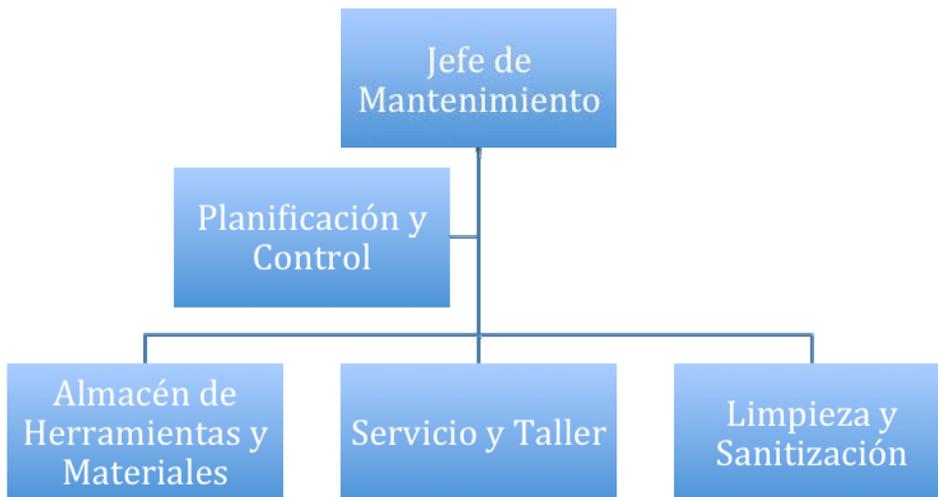


FIGURA 19.- DIAGRAMA DE RESPONSABILIDADES DE JEFE DE MANTENIMIENTO

Funciones y Estructura

Conforme el área de mantenimiento vaya consolidándose existe incertidumbre sobre una gran cantidad de factores, para lo cual se recomienda cierto cuidado al respecto. Para estos efectos se sugiere proceder de la siguiente manera:

- Distribuir a la planta estimando los recursos necesarios para atender a las instalaciones de acuerdo a los requerimientos de la propia empresa.
- Responder ante emergencias de una manera aceptable con la finalidad de evitar paros en los servicios de gimnasio, además se debe reconocer la cantidad de recursos para poder atender dichas contingencias.

8.1.3 Dirección y Control del Área de Mantenimiento

Con la finalidad de tener un desempeño eficiente del área de mantenimiento, la empresa Gymnos fit&fun requerirá de un sistema que le permita controlar el mantenimiento. Para poder contar con un buen sistema de administración y control del mantenimiento se sugiere cubrir los aspectos mostrados a continuación.

Fuentes de Información

En lo relativo a los equipos y a las instalaciones de la empresa:

- a) Reconocer las características constructivas de las instalaciones.
- b) Problemas surgidos durante la operación
- c) Programas de mantenimiento preventivo
- d) Mantenimiento correctivo

En relación a la gestión del mantenimiento

- a) Definir procedimientos para trabajos
- b) Analizar las causas de la desviación de presupuestos
- c) Determinar los costos del mantenimiento

Datos Relativos a las averías

- a) Clasificación y consecuencias
- b) Causas probables y seguras
- c) Efecto de las mismas sobre el programa de mantenimiento y su tiempo de ejecución

Datos Relativos a las intervenciones del mantenimiento

- a) Resultados técnicos y económicos de los trabajos
- b) Rendimientos

Documentos

Comúnmente existen una serie de documentos que serán indispensables para poder dirigir y controlar eficientemente al mantenimiento:

1. *Fichas de Equipos e Instalaciones:*

Es la ficha de inventario, es un documento informativo básico que resume las características de cada equipo o instalación con sus características originales y cada uno de sus componentes.

2. *Fichas de Historial de Equipos e Instalaciones:*

Es un informe detallado ordenado cronológicamente de todas las intervenciones de mantenimiento realizadas en cada equipo o sus componentes.

3. *Ordenes de Trabajo (Opcional):*

Es una descripción del trabajo a realizar, los recursos necesarios y los costos incurridos. Aunque el desarrollo de las órdenes de trabajo es opcional, se sugiere que el código de los mismos sea continuamente analizado y colocado en formatos que permitan ver las características de cada uno de los trabajos realizados.

4. *Sistema de Prioridad:*

Es la definición de la urgencia de los trabajos y de los plazos estimados para su ejecución.

- Ejecución Inmediata: 1
- Ejecución al día siguiente de indicado: 2
- En la primer cierre de actividades: 3
- En el tiempo que se indique: 4

A continuación se presentan una serie de documentos y formatos que pueden ser implementados en los procesos de mantenimiento de la empresa.



Registro de Equipos y/o Instalaciones

Equipo/Instalación: Código: _____

Modelo: _____ Serie: _____ Año: _____

Distribuidor Local: _____

Dirección: _____ Tel: _____

Instalado por: _____

Fecha de Instalación: _____

Características Especiales: _____

Repuestos Requeridos en Almacén: _____

Frecuencia de Inspección

Quincenal Trimestral Semestral Otra

Puntos importantes de inspección: _____

Comentarios Adicionales: _____



Solicitud de Orden de Trabajo de Mantenimiento

OT No. _____

Equipo/Instalación: Código: _____ Fecha: _____

Estatus:

Normal

Urgente

Extra Urgente

Descripción de la Falla: _____

Sugerencias: _____

Solicitado Por:

Encargado:



Programación Trimestral de Mantenimiento

ACTIVIDADES	No	ENERO	FEBRERO	MARZO
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			

Flujo esquemático o de Información

Es muy importante que aunque la empresa sea muy pequeña y que el área de mantenimiento esté a cargo de una sola persona con su ayudante, exista circulación de información con la finalidad de poder elaborar programas diarios de actividades, calcular sus costos y analizar las fallas comunes y la manera de evitarlas, lo cual permitirá corregir sobre la marcha las desviaciones que se produzcan, como tardar más tiempo que el debido por cada una de las tareas asignadas.

Revisión de información relevante

La revisión de la información relevante, busca:

- Descubrir los trabajos que han sido muy costosos, para controlarlos de una mejor manera
- Señalar los trabajos que continuamente requieren intervenciones para reducirlas al máximo
- Justificar la adquisición de herramientas para reducir las horas de trabajo o el reemplazo de equipos.

Indicadores de Desempeño

Entre algunos de los indicadores comúnmente empleados para determinar la eficiencia de un sistema de mantenimiento se encuentran: 1) La disponibilidad, y 2) Costos de Mantenimiento por hora.

1. *Estimación de la Disponibilidad:*
 - Se basa en detectar las zonas que cuenta con mayores problemas de mantenimiento. Permite reconocer la cantidad de tiempo de operación que se ve afectado por interrupciones debidas a reparaciones o desperfectos.
2. *Costo de Mantenimiento/ hora de uso*
 - El costo incluye mano de obra (tanto propia como contratada), los materiales, repuestos, modificaciones, administración, y capacitación del área de mantenimiento.

Cálculo de Disponibilidad Global

Conceptos	Periodo 1	Periodo 2
1) Número total de equipos o instalaciones del área productiva con mayor incidencia de interrupciones por mantenimiento. (Identificar Área)		
2) Tiempo de operación normal del área de trabajo (Horas)		
3) Tiempo de paros por averías en el área de trabajo (Horas)		
4) Tiempo de paros por mantenimiento programado (Preventivo) en las áreas de trabajo (Horas)		
5) Tiempos de paro de área por paros por mantenimiento en otras secciones (Horas)		
6) Tiempos totales de paros por mantenimiento (Sumatoria de resultado de inciso 3, 4 y 5)		
7) Porcentaje del tiempo real de operación utilizado en paros por mantenimiento (Inciso 6/ Inciso 2) x 100		
8) Porcentaje de disponibilidad de tiempo en las áreas de estudio (100 x [(Inciso2- inciso 6)/ inciso 2]		

Entre los principales indicadores que pueden ser empleados en un sistema de mantenimiento para una empresa como la mostrada en este primer escenario es posible reconocer los siguientes:

– *Indicadores de Desempeño para Eficiencia y Efectividad*

1. *Mantenimiento Preventivo*¹

$$\frac{\text{Tiempo de inactividad causado por averías}}{\text{Tiempo total de inactividad}} \qquad \frac{\text{Costo directo por reparación de fallas}}{\text{Costo directo total de mantenimiento}}$$

2. *Sistemas de Órdenes de Trabajo*

$$\frac{\text{Órdenes de emergencia}}{\text{Total órdenes de trabajo}} \qquad \frac{\text{Órdenes preventivas}}{\text{Total órdenes de trabajo}} \qquad \frac{\text{Órdenes correctivas}}{\text{Total órdenes de trabajo}}$$

3. *Capacitación Técnica e interpersonal*

$$\frac{\text{Tiempo total de inactividad atribuido a errores operacionales}}{\text{Tiempo total de inactividad}}$$

$$\frac{\text{Tiempo total de inactividad atribuido a errores de mantenimiento}}{\text{Tiempo total de inactividad}}$$

$$\frac{\text{Tiempo perdido estimado por carencia de conocimiento o destrezas}}{\text{Tiempo total trabajado}}$$

$$\frac{\text{Tiempo repetido de mantenimiento debido a falta de conocimientos o destrezas}}{\text{Trabajo total de mantenimiento}}$$

4. *Participación Operacional*

$$\frac{\text{Inactividad del equipo relacionada con el mantenimiento (periodo actual)}}{\text{Inactividad del equipo relacionada con el mantenimiento (año anterior durante el mismo periodo)}}$$

***En este caso es posible comparar la inactividad del periodo actual vs periodo anterior.

5. *Mantenimiento Productivo Total*

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo programado}}{\text{Tiempo programado} + \text{Tiempo de inactividad}} \text{ (debe ser al menos 90\%)}$$

– *Indicadores de Desempeño Táctico*²

¹ Los Indicadores mostrados en recuadros implican aquellos que son elementales para los procesos del respectivo escenario.

6. *Mantenimiento Preventivo*

Tareas de mantenimiento preventivo realizadas
Tareas de mantenimiento preventivo programadas

7. *Sistema de Ordenes de trabajo (Planeación y programación)*

Órdenes planeadas de trabajo de mantenimiento
Total de órdenes de trabajo recibidas

Horas de mantenimiento programadas
Total de horas trabajadas en mantenimiento

Órdenes de trabajo atrasadas
Total de órdenes de trabajo

– *Indicadores de desempeño funcional*8. *Mantenimiento Preventivo*

Número de tareas retrasadas de MP
Número total de tareas pendientes de MP

Costo estimado de tarea de MP
Costo real de tarea MP

Número total de órdenes de trabajo generadas de las inspecciones de MP
Número total de órdenes de trabajo generadas

9. *Planeación y Programación*

Costos planeados de mano de obra de mantenimiento
Total de los costos de mano de obra de mantenimiento

Costos planeados de material de mantenimiento
Costos totales de materiales de mantenimiento

10. *Mantenimiento Predictivo*

Horas de actividades de mantenimiento predictivo
Mantenimiento total

Costos de mantenimiento predictivo
Costos totales de mantenimiento

² Los Indicadores mostrados en recuadros implican aquellos que son elementales para los procesos del respectivo escenario.

– *Índices correspondientes a Planeación y Control 3*

11. *Porcentaje de Cumplimiento en Órdenes de Trabajo*

$$\frac{\text{Número órdenes terminadas a tiempo}}{\text{Total órdenes recibidas}} \times 100$$

– *Indicadores de Mantenimiento Preventivo*

12. *Porcentaje de cumplimiento de inspecciones*

$$\frac{\text{Número de Inspecciones Realizadas}}{\text{Número de Inspecciones Programadas}} \times 100$$

– *Índices correspondientes al comportamiento del equipo*

13. *Frecuencia de fallas*

$$\frac{\text{Total de fallas}}{\text{Mes}}$$

**El periodo puede ser adoptado a las necesidades propias (mes, quincena, semana, etc.)

Resultado del análisis de la información procesada de mantenimiento

Para Gymnos Fit&Fun, la información provendrá del Jefe de Mantenimiento y será él mismo quien la ordene basado en las Ordenes de Trabajo, registros de fallas y del historial de los equipos. Los resultados conviene que sean presentados de manera mensual, mostrando un análisis de la información que contenga entre otras cosas:

- Costos de mantenimiento, clasificados por equipo.
- Tiempos de paros, etc.
- Cantidad de desperfectos
- Etc.

³ Los Indicadores mostrados en recuadros implican aquellos que son elementales para los procesos del respectivo escenario.

Además es importante reconocer que en base a los conceptos anteriormente expuestos:

- Se identificarán las instalaciones o equipos con mayores costos de mantenimiento y paros de producción más prolongados.
- Se verificará la evolución de los indicadores sobretodo en estos equipos o instalaciones.
- Se seleccionarán las 3 unidades con mayores costos y menor disponibilidad a fin de optimizar su comportamiento, en los siguientes procesos de mantenimiento.
- Se compararán los costos de mantenimiento programado contra los del no programado, así como la disponibilidad alcanzada para los equipos.
- Se compararán los costos de mano de obra y materiales por equipo.

Procedimientos

A continuación se presentarán una serie de diagramas de flujo operacionales que son aplicables a la empresa a fin de desarrollar intervenciones de Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo.

Flujo y procesamiento de información, para Ejecución de Trabajos

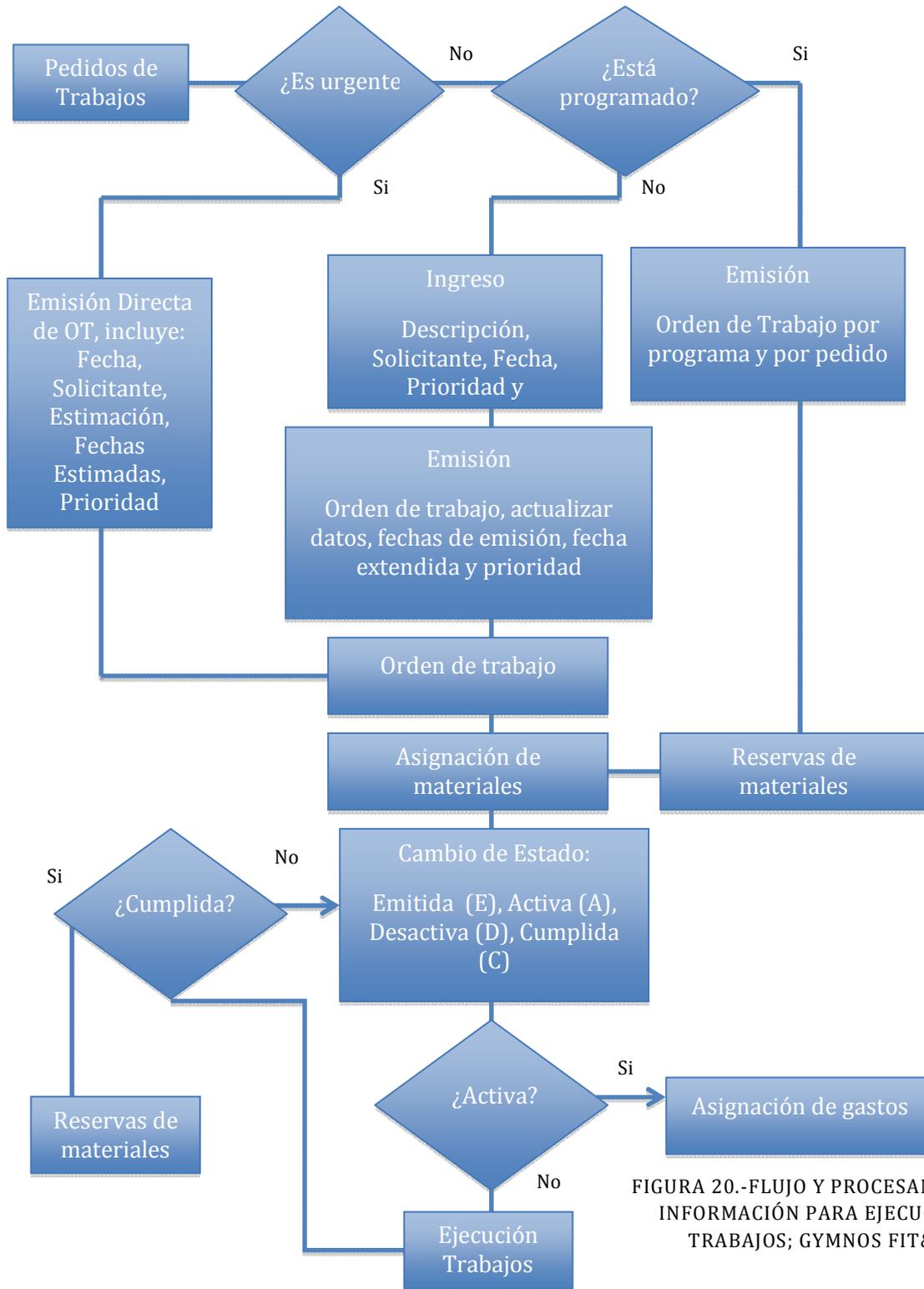
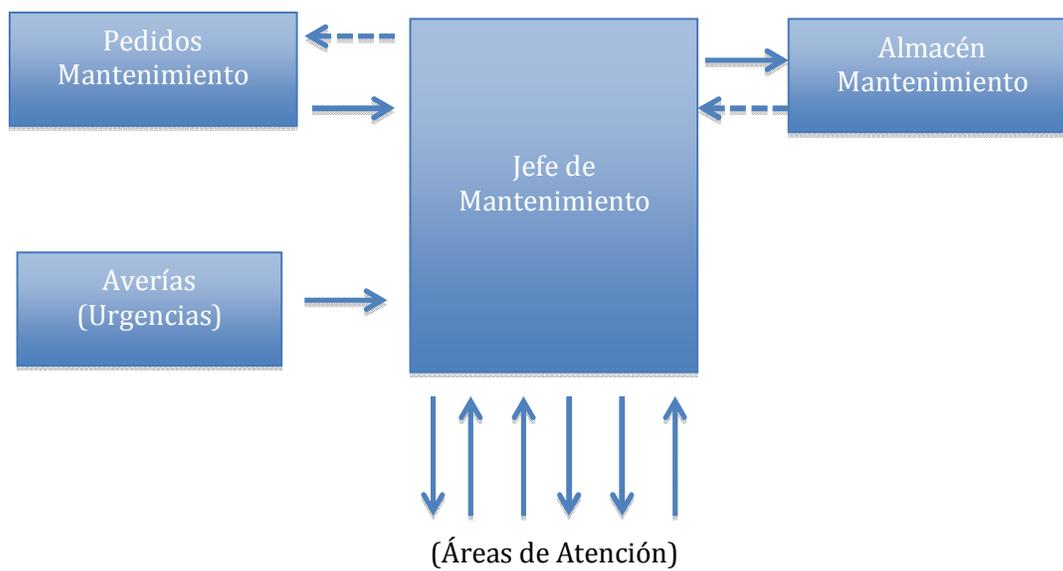


FIGURA 20.-FLUJO Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA EJECUCIÓN DE TRABAJOS; GYMNOS FIT&FUN

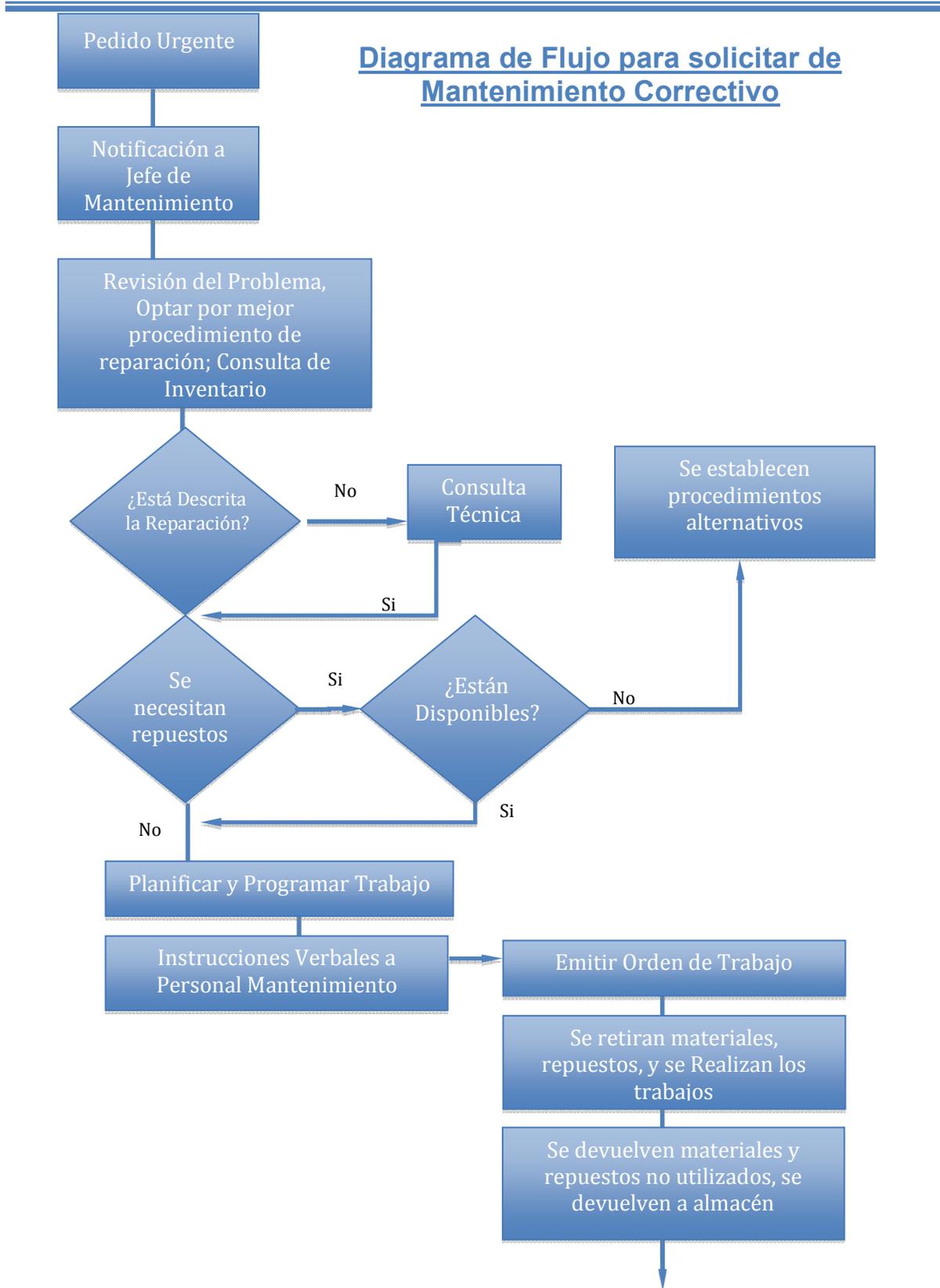
Diagrama de flujo para Órdenes de trabajo e Información



→ Flujo de Órdenes de Trabajo y Disposición

←--- Relaciones e informaciones

FIGURA 21.-DIAGRAMA DE FLUJO DE ORDENES DE TRABAJO E INFORMACIÓN



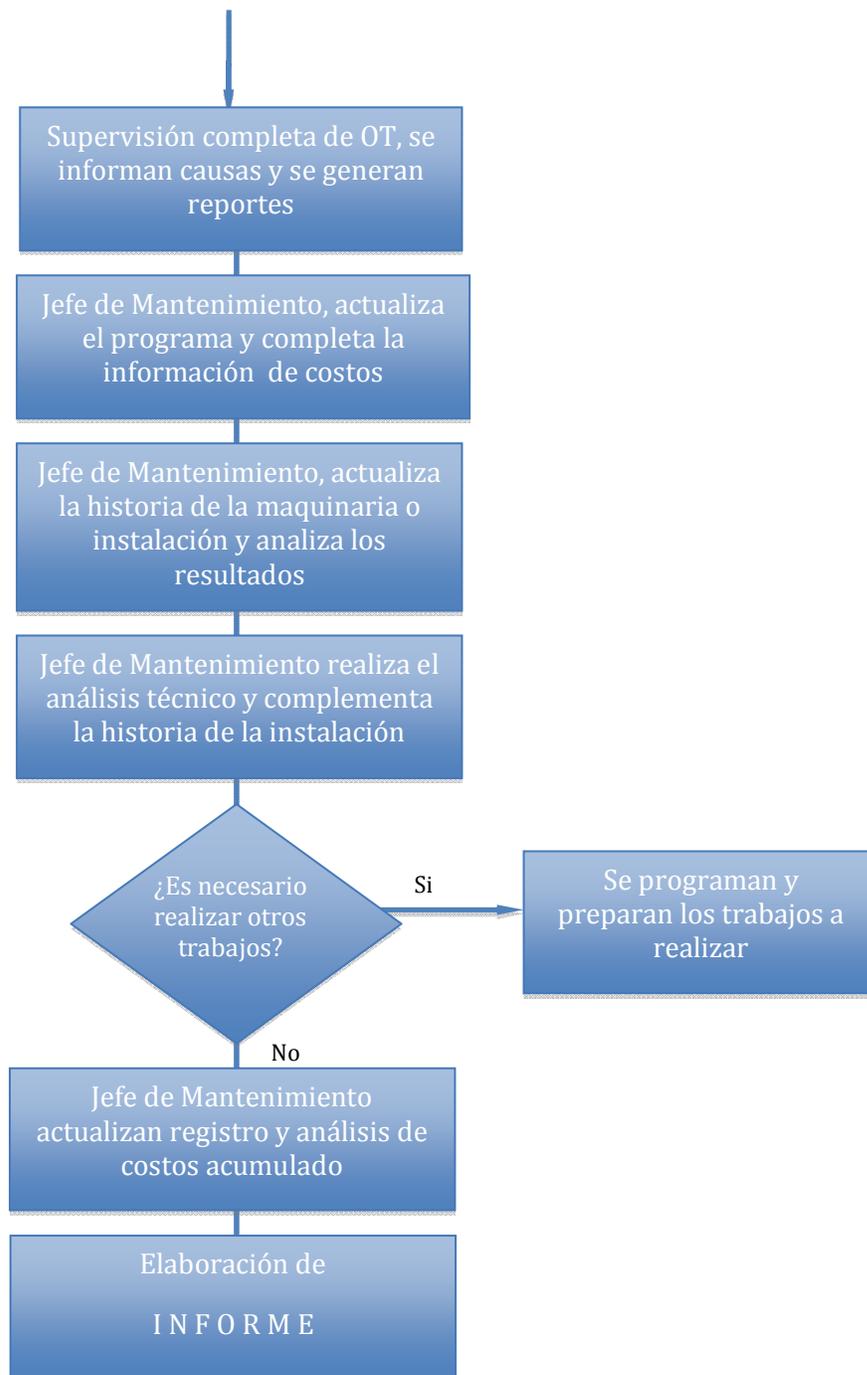


FIGURA 22.- DIAGRAMA DE FLUJO TIPO PARA SOLICITAR MANTENIMIENTO CORRECTIVO, GYMNOS FIT&FUN

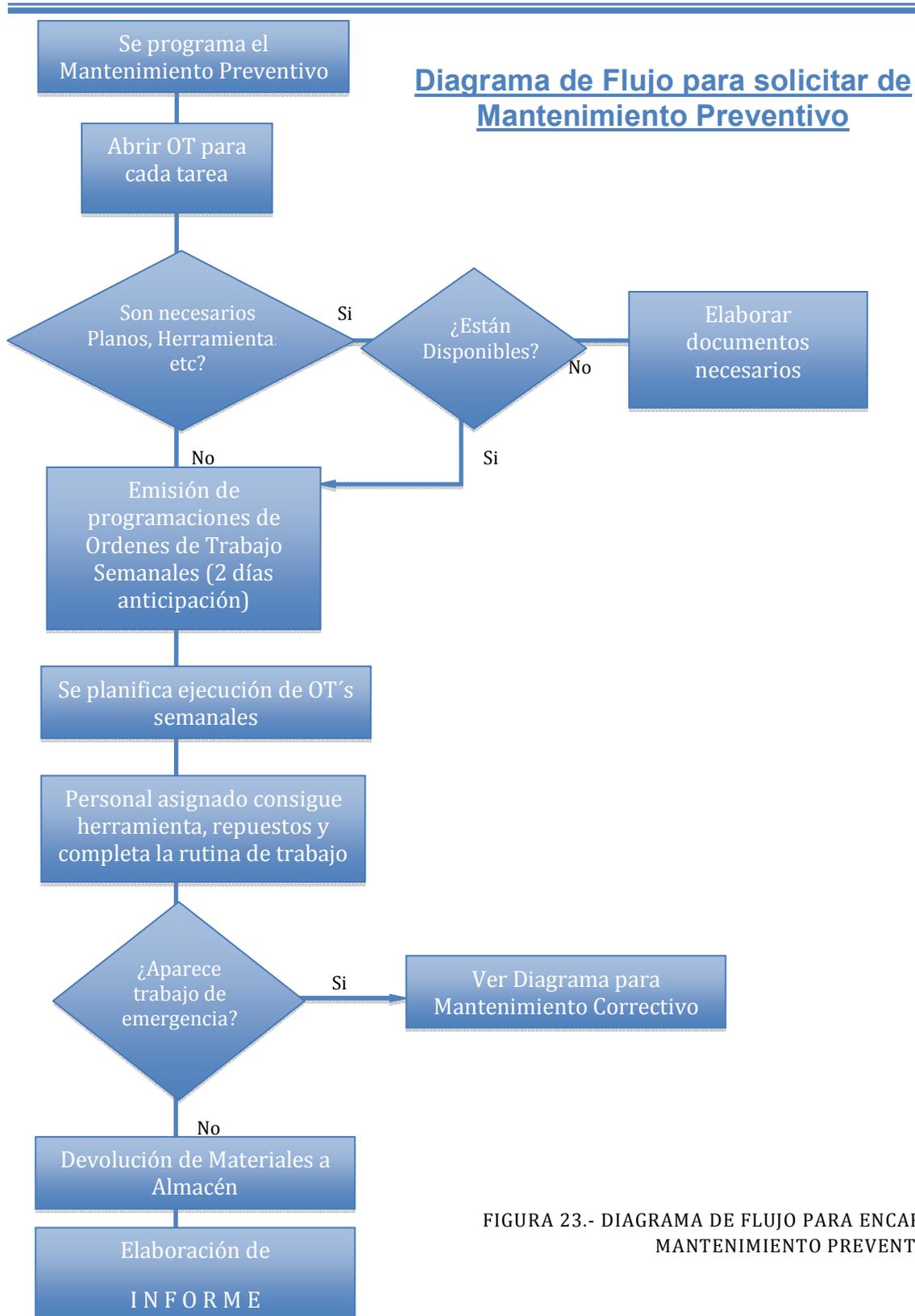


FIGURA 23.- DIAGRAMA DE FLUJO PARA ENCARAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Capacitación y entrenamiento

Como ha sido comentado con anterioridad, debido al tamaño de esta empresa y su falta de recursos, no es posible considerar actividades de capacitación y entrenamiento.

Comúnmente el jefe de mantenimiento será quien se encargará de dar solución a los problemas de mantenimiento existentes ya que su grado de conocimiento respecto a los temas de mantenimiento son amplios.

Sin embargo, conforme la empresa comience a crecer, se requerirá apoyo en el área de mantenimiento, requiriendo las siguientes metas en cuestiones de capacitación y entrenamiento:

- Facilitar la ejecución de sus tareas
- Introducir nuevas tecnologías
- Adherir a los trabajos conceptos de seguridad e higiene
- Adiestrar al personal en el control de siniestros y el combate de los mismos.
- Conocer los procesos de la empresa, vinculando así, la operación de la empresa con los equipos e instalaciones.

Auditoría

El éxito del mantenimiento en la empresa dependerá del cumplimiento de las tareas de acuerdo a la forma en que las mismas fueron programadas y planeadas. La existencia de fallas en algunas tareas debilitaría la eficiencia y eficacia del sistema.

Es necesario que el jefe de Mantenimiento tenga presente y audite principalmente los siguientes aspectos:

- 1 Grado de cumplimiento de las metas de disponibilidad que han sido fijadas.
- 2 Lo adecuado, efectivo y eficiente de los procedimientos de mantenimiento, de los documentos a emplear, de su flujo y del análisis técnico-económico.
- 3 La eficiencia del mantenimiento, medida por la disponibilidad de las instalaciones y equipos, el cumplimiento de niveles de calidad fijados y su propio costo.

8.2. Segundo Escenario, Institución de Educación Superior

El segundo escenario que será presentado corresponde a una institución de educación superior que cuenta con varios Campus a nivel nacional en las principales ciudades de la República Mexicana. Cuenta con una gran cantidad de personal dentro de sus instalaciones y además tiene definida el área de mantenimiento.

Esta institución es catalogada como empresa grande que está dedicada a la excelencia en la impartición de educación media-superior y superior, preparando al alumnado en áreas diversas que van desde Ingeniería, Arquitectura, Administración, Ciencias Sociales, Computación, Informática, etc., en los niveles de profesional y de posgrados.



FIGURA 24.- EJEMPLOS DE CAMPUS UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS Y UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

El área de mantenimiento de éste tipo de organizaciones es tan grande que se pueden llegar a presentar una gran cantidad de proyectos de mantenimiento al año (entre 300 a 400 proyectos anuales en los campus de mayor importancia).

Cada uno de los Campus comentados con anterioridad cuentan con un área promedio de cerca de 5 hectáreas en donde es posible localizar diversos tipos de instalaciones que van desde:

- Aulas con Salones de clase y áreas de oficinas, con instalaciones diversas: Eléctricas, Aire Acondicionado, Sistemas Tecnológicos (Computadora, Proyector, VCR, Redes WiFi)
- Laboratorios
- Baños
- Pasillos
- Auditorios
- Biblioteca
- Edificios de oficinas
- Residencias estudiantiles
- Cafeterías
- Estacionamientos
- Gimnasios
- Canchas Deportivas
- Estadios
- Jardines
- Casetas de Vigilancia
- Cuartos de máquinas, y plantas de tratamiento de agua

En las siguientes páginas será aplicado el modelo administrativo del mantenimiento a una institución de las características de la comentada con anterioridad, abarcando cuestiones administrativas que van desde la planeación, la organización, la dirección y control de los procesos de mantenimiento.

8.2.1 Planeación del Mantenimiento

Primeramente es importante reconocer que debido a la magnitud, así como la gran cantidad de personal involucrado en la institución, sería indispensable separar al mismo en departamentos y sub-departamentos que permitan realizar eficientemente los trabajos.

Por la naturaleza de este tipo de instituciones se sugiere generar una separación de los trabajos de mantenimiento de la siguiente manera:

Departamento de Mantenimiento:

- a) Aseo y Jardines: Se hace cargo de todo lo referente a Jardinería y aseo general del instituto
- b) Servicios Generales de Mantenimiento.- Cualquier tipo de servicio preventivo o correctivo de carácter obrero (carpintería, albañilería, electricidad, redes de gas y agua, plomería, etc.)
- c) Proyectos de Remodelación: Debido a que es muy posible la existencia de proyectos de remodelación y quitarían tiempo a cuadrillas de mantenimiento.
- d) Atención Inmediata a usuarios: Se refiere a todo servicio de carácter técnico en las instalaciones meramente académicas (Fallas de computadoras, dispositivos tecnológicos, redes, puertas cerradas, falta de insumos en impresoras, etc.)

Para la aplicación de una planificación de actividades, es necesario reconocer una serie de pasos que permiten adecuar el procedimiento a fin de contar con un buen sistema de planeación y por ende una buena práctica de la gestión de las actividades de mantenimiento.

Detección de Áreas de Oportunidad

En lo referente a las áreas de oportunidad que tiene la Institución es posible encontrar las siguientes cuestiones:

- El enfoque de cuestiones de mantenimiento prioriza actividades relacionadas con aspectos académicos.
- El plan de mantenimiento puede ser reajustado debido a las diversas prioridades que van surgiendo en el día a día como proyectos de mejora.
- Se sigue actuando en gran medida de manera correctiva
- En algunas ocasiones los programas tanto internos como externos se han quedado estancados en cuestiones de mejora continua, sobretodo en mejoras en servicio

Establecer objetivos y metas

El objetivo general del sistema de mantenimiento es adquirir los mayores niveles de calidad introduciendo la menor cantidad de recursos en los mismos, así como asegurar un continuo funcionamiento de las instalaciones con un óptimo rendimiento y con niveles de consumo mínimos, preservando el valor de las instalaciones.

El principal objetivo de este sistema es eliminar la posibilidad de que ocurran paros imprevistos en la operación del Instituto por fallas en cualquier instalación académica clave, lo cual permitirá alcanzar un sistema de mantenimiento preventivo que permita alcanzar las metas establecidas de manera técnica y económica. Además se pretende que con la implementación del modelo la empresa sea capaz de:

- Mejorar imagen externa e interna
- Implementar sistemas de manejo de recursos eficientes
- Reducir paulatinamente los costos de operación de mantenimiento
- Localizar aspectos negativos del recinto con tiempo, buscando la manera de prevenir problemas
- Lograr desarrollar una metodología lo suficientemente clara, dinámica y abierta para que cualquier sugerencia de carácter de mejora pueda ser aplicada sin contratiempos en el sistema, en busca de una mejora continua.

Basado en el requerimiento de las áreas de oportunidad es posible localizar los siguientes objetivos a implementar en la empresa, a fin de comenzar a eliminar o disminuir las problemáticas localizadas:

- Se planea realizar planes semanales por área de mantenimiento, esto debido al tamaño de cada una de las áreas que se deben de cubrir, así como el constante empleo de las instalaciones requiere una evaluación y revisión periódica que permita mantener el estado de las mismas de manera tal que pueda seguir siendo empleada como fue concebido en un inicio.
- Asimismo, será necesario desarrollar un Plan Maestro detallado aproximadamente cada 5 años, que sea capaz de cubrir aspectos cuya revisión no es tan periódica, y que además sea capaz de cubrir aspectos de rehabilitación, remodelación o adecuación de las instalaciones. En este plan maestro es posible considerar por ejemplo:
 - Cambios de sistemas de cómputo
 - Adecuación de las aulas a las tecnologías modernas
 - Reparación de fachadas y jardineras
 - Sistemas de climatización
 - Elevadores
 - Sistemas de riego, etc.

El Departamento de Mantenimiento, será separado por áreas que a su vez tendrán sus propios planes de mantenimiento y que se sugiere que al menos incluyan algunos de los siguientes puntos en cuanto a las revisiones a realizar.

a) Aseo y Jardines:

- Revisión Semanal de estado de jardinería
- Revisión Diaria de estado de limpieza de las instalaciones
- Etc.

b) Servicios Generales de Mantenimiento.-

- Revisión Bimestral de estado de pintura, muros exteriores e interiores, guarniciones.
- Revisión Bimestral de sistemas de riego.
- Revisión Anual de redes eléctricas
- Revisión Trimestral de Maquinaria
- Revisión Quincenal de sistemas de iluminación y alambrados.
- Revisión Quincenal de funcionamiento sanitarios y bebederos
- Revisión Semestral de Equipo de Cómputo y Oficina
- Etc.

c) Proyectos de Remodelación:

- Revisión Semestral de instalaciones con tendencia a ser remodeladas o rehabilitadas
- Revisión Semestral de Plan Maestro por cuestiones de remodelación
- Etc.

d) Atención Inmediata a usuarios:

- Revisión Diaria de aulas y su equipo de cómputo
- Revisión Semestral de estado de chapas y bisagras de puertas y ventanas de aulas
- Etc.

Determinar las zonas que requieren mayor atención y aquellas de prioridad baja.

Entre las instalaciones que fueron comentadas con anterioridad se puede visualizar los requerimientos mínimos para cada una de ellas.

- Aulas con Salones de clase, Laboratorios, Pasillos, Auditorios, Biblioteca, Edificios de oficinas, Residencias estudiantiles y Cafeterías.- Requiere básicamente de

limpieza general, pintura, mantenimiento a los sistemas de cómputo y redes de agua, drenaje y eléctricas y mantenimiento a los sistemas tecnológicos, así como reparación o sustitución de equipo dañado o averiado.

- Baños.- Requerirán un grado de atención elevado debido a su constante uso y necesidad de ofrecer una buena imagen, teniendo como mínimos la limpieza diaria y una revisión constante de los muebles de baño y sus conexiones.
- Estacionamientos.- Involucra desde limpieza, Marca de Cajones de estacionamiento, Luminaria Interior y Exterior, Pintura General, revisión de sistemas de aislamiento y redes eléctricas, etc.
- Gimnasios y Canchas Deportivas .- Requiere de limpieza constante y reparación o reposición de equipos según el grado de deterioro existente. Algunos aparatos requerirán engrasado y tensado de cables, Limpieza de aparatos, aspirado de alfombras, pintura general, reparación de lonas y colchones.
- Jardines y Estadios.- Riego y poda de jardines, pintura en zona limítrofe de estadio, reparación o reposición de asientos de estadio.
- Casetas de Vigilancia, Cuartos de máquinas, y plantas de tratamiento de agua.- Requieren pintura, limpieza, aislamiento, revisión de bombas sumergibles, y equipos hidroneumáticos, así revisión continua de la planta de tratamiento.

– *Comparación y Elección de alternativas*

En algunas ocasiones, cuando existan problemas que por falta de tiempo, o de recursos humanos para atender algún problema, se requerirá subcontratar trabajos de mantenimiento para lo cual será necesario evaluar las alternativas que van desde la evaluación de los costos, los tiempos de entrega, considerando además el historial de la empresa a subcontratar, y los mecanismos de pago.

Todo trabajo que sea elaborado por subcontratistas, será necesario primeramente evaluarlo internamente para que todo trabajo elaborado dentro de la institución sea construido tomando en cuenta las normas técnicas del mismo instituto, ya que posteriormente es la misma institución la encargada de limpiar y dar mantenimiento a sus instalaciones, sin importar si fueron construidos por ellos mismos o por un tercero.

Recopilación de posibles mejoras, sugerencias, y retroalimentación

Conforme se realicen los trabajos de mantenimiento, será posible reconocer mejoras que puedan aplicarse al modelo, es importante considerar que un modelo no es un mecanismo estático, sino que permitirá acoplarse a las propias necesidades haciéndolo sumamente dinámico y ajustable a los requerimientos propios de la organización.

– *Seguimiento de los Principios Básicos de la Planeación del Mantenimiento*

Tomando como referencia los principios básicos visualizados en el Modelo Administrativo de Mantenimiento Inmobiliario expuesto con anterioridad, es posible ajustarlo a las necesidades propias de una Institución de Educación Superior, visualizando los siguientes aspectos:

1. Los encargados de la planificación del mantenimiento deben ser ajenos a las cuadrillas de trabajos, lo cual permitirá facilitar el empleo de técnicas de planificación que permitan enfocarse en trabajos futuros.

Los planes de trabajo generales deben ser elaborados por la Gerencia del Departamento de Mantenimiento, sin embargo los planes de trabajo por área de trabajo serán elaborados por los jefes de área, tomando en consideración los siguientes aspectos:

- Los resultados de auditorías y diagnósticos anteriores
 - Las necesidades requeridas por la alta gerencia en cuestión de cambios o modificaciones urgentes.
 - Los recursos disponibles
 - Las capacidades de implementación
 - Definición de plazos para alcanzar metas
 - Distinción de los trabajos en función de su severidad y el tamaño de los retos a enfrentar
 - Especificación de metas tanto cualitativas como cuantitativas
 - Nombrar a los responsables de ejecutar los planes
2. Enfoque en los trabajos futuros: Los planificadores del mantenimiento deben concentrar sus esfuerzos en los trabajos pendientes a realizar, esto con la finalidad de proveer los mismos al Departamento de Mantenimiento ó jefe de área con la suficiente anticipación para poder ser planificados, aprobados y ejecutados. Posterior a la terminación de los trabajos, es necesario ofrecer una retroalimentación para que se planifiquen trabajos futuros y que sean optimizados los calendarios, además de que se apoye al flujo de información que permita compartir las experiencias aprendidas, para poderlas tomar en cuenta en futuras intervenciones.
 3. Los encargados de la planificación deben mantener un sistema seguro y simple de las instalaciones con que se cuentan, esto permite emplear la información para preparar mejoras en los planes de trabajo y en tareas de mantenimiento.

4. Los encargados de planeación emplean la experiencia del personal y la información de las instalaciones para poder desarrollar los planes de trabajo y evitar los retrasos y los problemas de calidad y seguridad.
5. Se requiere que al momento de planear los procesos de mantenimiento se especifiquen los ¿Qué? , ¿Cómo?, determinando además los alcances de los trabajos, uniendo así al personal técnico y administrativo.
6. Medir el desempeño de la planeación mediante el análisis de retrasos con muestreos de los trabajos. El tiempo es la primer medida de eficiencia de los trabajos y de las efectividades de la planeación y calendarización.

8.2.2 Organización del Área de Mantenimiento

Para el caso específico de la institución de educación superior , es indispensable basarse primeramente en los objetivos que fueron fijados en cuanto a todos sus campus, por parte de la alta gerencia.

Para este caso es indispensable reconocer que el área de mantenimiento será responsable de:

- Aseo
- Jardines
- Servicios Generales de Mantenimiento
- Atención inmediata a usuarios
- Remodelaciones

Este tipo de Instituciones cuentan con una buena cantidad de campus localizados a lo largo de la república mexicana, contando además con un alto desarrollo, la organización del mantenimiento contemplará las actividades que se encuentran bajo su responsabilidad , buscando siempre un desempeño eficaz, eficiente y con el menor consumo de recursos posible.

El principal objetivo del mantenimiento organizacional es salvaguardar los elementos de todos los procesos involucrados en la operación del Instituto, en situaciones que permitan laborar correctamente ante niveles de calidad determinados.

Dentro del mantenimiento institucional, deben coexistir dos elementos básicos que son el Estratégico y el Operativo.

- Estratégico; Será el encargado de hacer frente a las cuestiones de administración, supervisión y control del mantenimiento, evaluando tanto los costos, los tiempos, la

misma calidad, y de ser necesario evaluar a los proveedores de insumos y servicios, hasta los mismos contratistas.

- Operación; Será el responsable de dar atención a los servicios requeridos, ejecutar las intervenciones y alimentar con datos a los indicadores de desempeño

La organización del mantenimiento debe considerar:

1. Determinar la responsabilidad, autoridad y el rol de cada involucrado en el área de Mantenimiento.
2. Establecer las relaciones verticales y horizontales entre todos los participantes del organigrama.
3. Asegurar la comprensión del (los) objetivo(s) de mantenimiento.
4. Establecer sistemas que permitan la coordinación efectiva y la comunicación entre las personas.
5. Ofrecer relaciones de retroalimentación a fin de generar planificaciones dinámicas que sean capaces de considerar las lecciones aprendidas.

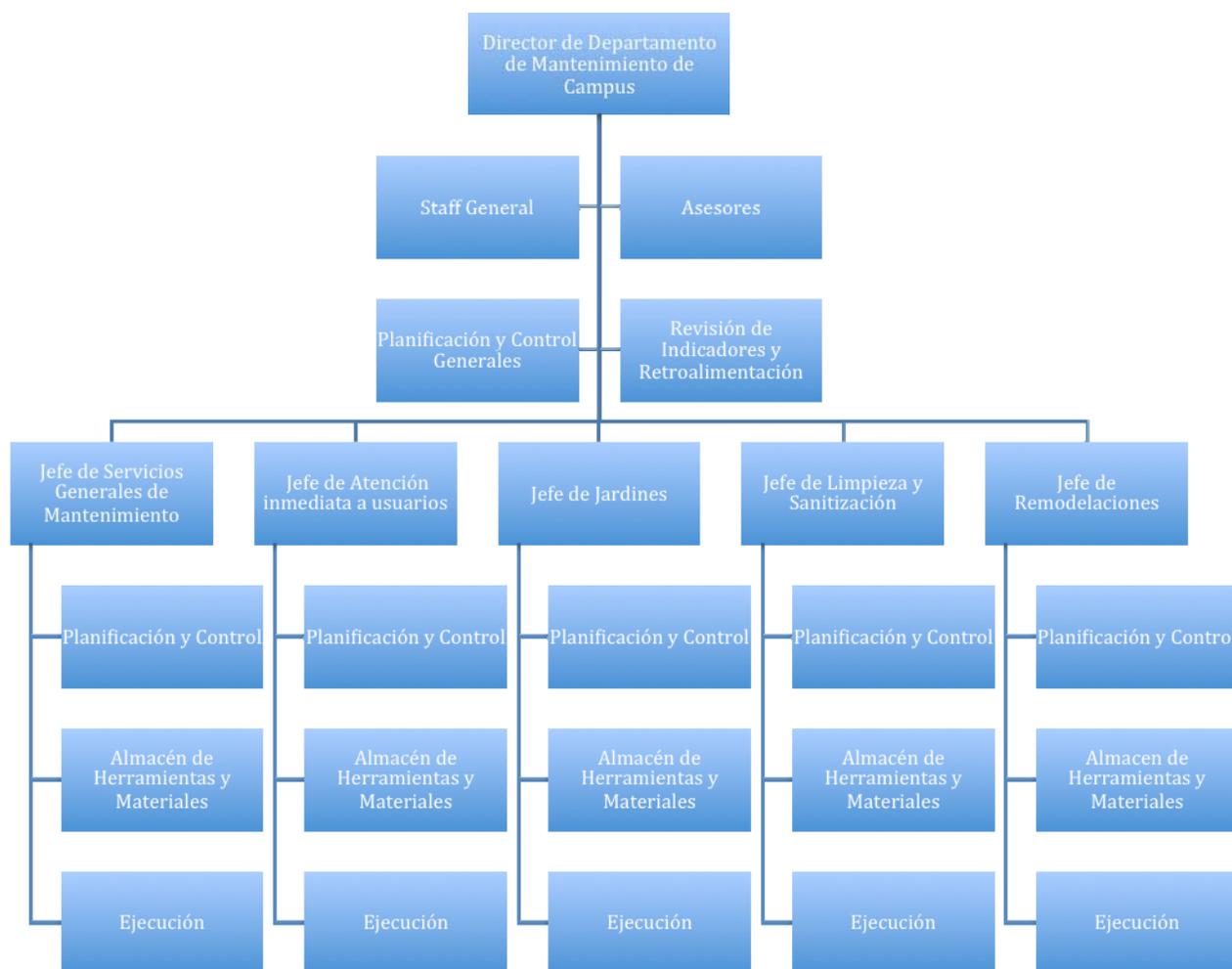


FIGURA 25.- ORGANIZACIÓN DEL DEPTO. DE MANTENIMIENTO

Responsabilidades y Perfiles de capacitación

A continuación se muestran las descripciones de los puestos expuestos anteriormente lo que permite reconocer las responsabilidades de cada uno de ellos, así como los perfiles de capacitación.

– Gerente de Departamento de Mantenimiento:

Es el responsable del cumplimiento de los objetivos del sistema de mantenimiento, su rol implica básicamente:

- Definir las metas a alcanzar, basado en los objetivos y políticas establecidas y acordadas con alta gerencia
- Definir programas de capacitación
- Establecer procedimientos de evaluación de la eficiencia del plan
- Establecer presupuesto y costos de mantenimiento para cada una de las áreas
- Revisión de los indicadores de desempeño y dar retroalimentación a gerentes de áreas
- Administrar los recursos para satisfacer los objetivos
- Actualizar Manual de Mantenimiento
- Representar el sistema de mantenimiento ante la alta gerencia y otros departamentos.

El Gerente de Mantenimiento debe contar con una carrera profesional, con una formación básica en al menos, técnicas de trabajo departamental. Se recomienda que cuente con conocimientos generales de la tecnología involucrada en sus procesos, así como de limpieza, higiene y seguridad industriales. Debe contar con aptitudes de dirección y motivación de la ejecución de los trabajos, es decir liderazgo.

– Jefes de área (Aseo, Jardines, Remodelación, Servicios Generales de Mantenimiento y Atención a Usuarios)

Es el responsable del cumplimiento de los objetivos del área a su cargo, su rol implica básicamente:

- Definir las metas a alcanzar, basado en los objetivos del Gerente de Mantenimiento
- Establecer procedimientos para dar cara al mantenimiento y a la recopilación, procesamiento y divulgación de datos.
- Solicitar a Gerente de Mantenimiento, programas de capacitación
- Calculo de Indicadores de Desempeño
- Generación de Reportes de Desempeño para Gerente de Mantenimiento
- Establecer presupuesto y costos de trabajos del área
- Administrar los recursos físicos y humanos para satisfacer los objetivos
- Establecer registro y análisis de fallas de instalaciones, desarrollando procedimientos para su control y eliminación.
- Representar al área de mantenimiento ante la gerencia de mantenimiento y otras áreas.

El Jefe de Área debe contar con una carrera profesional, con una formación básica en técnicas de trabajo departamental. Se recomienda que cuente con conocimientos generales de la tecnología involucrada en sus procesos, así como de limpieza, higiene y seguridad industriales. Debe contar con aptitudes de dirección y motivación de la ejecución de los trabajos (liderazgo).

– *Supervisores o mandos intermedios*

Es el enlace entre el jefe de área y los trabajadores del área de mantenimiento. Su capacitación debe ser de preferencia técnica y que cubra al menos la mayoría de las técnicas de trabajo requeridas en el área. Debe contar con nociones de los procesos y de los servicios que se deben atender así como conocer de cuestiones como limpieza, higiene, y seguridad industrial. Se busca que tengan habilidades de liderazgo a fin de motivar al personal a su cargo a ejecutar eficientemente las tareas que les asigne.

– *Personal Operativo*

Es el ejecutor de los trabajos de mantenimiento. Su capacitación debe ser meramente técnica. Debe conocer a la perfección los procesos que lo involucran, así como conocer de cuestiones como limpieza, higiene, y seguridad industrial.

Existirán tres tipos de personal operativo, dependiendo del lugar donde trabaja:

- Taller: Requiere capacitación técnica básica, que sea capaz de atender requerimientos propios de la industria.
- Zona: Se requiere que además de las habilidades como personal de taller, cuenten con conocimiento de la tecnología de los procesos productivos de las instalaciones

que atenderían, así como un buen ejercicio de las relaciones humanas y acatamiento exclusivo al área de mantenimiento.

- Servicios: Deben contar con formación técnica básica y con un buen conocimiento de la tecnología de los procesos a atender.

Al comienzo de los trabajos de todos los puestos es necesario generar un curso de inducción al empleado en donde se le explique el lugar donde hará su trabajo, los alcances de sus trabajos así como los procedimientos necesarios para elaborarlos, reconocer su jefe inmediato, y las instalaciones en donde laborará.

Funciones y Estructura

Dentro del Departamento de Mantenimiento de una Institución de Educación Superior como la mostrada en este escenario, las funciones se dividen básicamente en Primarias y Secundarias:

- *Primarias*
 - Son la justificación del sistema de mantenimiento implementado. Se encuentran claramente definidas por los objetivos.
- *Secundarias*
 - Son consecuencia de las características particulares de cada empresa, van íntimamente vinculadas con las actividades de mantenimiento.

Debido al tamaño con que cuenta el presente escenario, es indispensable considerar dentro de las funciones las siguientes:

- Mantener los niveles de inventario de material en un nivel bajo, pero suficiente para poder actuar de manera correctiva ante situaciones que lo ameriten.
- Contar con una metodología que permita al ejecutor de las tareas contar con el material y los medios suficientes para el desarrollo de sus trabajos
- Generar una metodología de capacitación del recurso humano que le permita desarrollar sus labores con mayor eficiencia, además de poder añadir en la capacitación cuestiones que le sean útiles en su desarrollo personal, como cuestiones de administración de sus finanzas, valores, etc.
- Contar con una actualización periódica de las instrucciones de trabajo y procedimientos. Lo cual permitirá redefinir responsables de las ejecuciones, las frecuencias con que deben realizarse, así como los datos necesarios a obtener con la finalidad de realizar informes de desempeño.

- Considerar con prioridad a las contingencias
- Realizar modificaciones en los procedimientos de las inspecciones
- Tomar en cuenta las lecciones aprendidas dentro de las áreas de mantenimiento
- La estructura del sistema debe ser dinámica es decir, que cualquier sugerencia ó requerimiento de modificación sea adoptado en el mismo programa de mantenimiento.

Debido a la incertidumbre que va surgiendo conforme el sistema de mantenimiento se consolida, se recomienda tener especial cuidado en:

- Las características del recurso humano
- Distribuciones de la planta, estimando la cantidad de personal y sus perfiles de capacitación para atender a las instalaciones de acuerdo a los requerimientos de la propia empresa
- Acordar un nivel de respuesta aceptable frente a intervenciones de emergencia, así como los recursos necesarios para las mismas.

8.2.3 Dirección y Control del Área de Mantenimiento

Con la finalidad de tener un desempeño eficiente del área de mantenimiento, la Institución De Educación Superior requerirá de un sistema que le permita controlar y administrar los trabajos de mantenimiento. Para poder contar con un buen sistema de administración y control del mantenimiento se sugiere cubrir los aspectos mostrados a continuación.

Fuentes de Información

En lo relativo a los equipos y a las instalaciones de la empresa:

- a) Reconocer las características constructivas de las instalaciones
- b) Reconocer los problemas surgidos durante la operación
- c) Reconocer los tipos de repuestos a emplear
- d) Conocer los programas de mantenimiento preventivo y correctivo

En relación a la gestión del mantenimiento

- a) Definir procedimientos normalizados para trabajos repetitivos (Instrucciones de trabajo)
- b) Analizar las causas de la desviación de presupuestos
- c) Determinación de costos del mantenimiento (Por hora, por unidad, por área, etc.)

Datos Relativos a las averías

- a) Clasificación y consecuencias
- b) Causas probables y seguras
- c) Efecto de las mismas sobre el programa de mantenimiento
- d) Efectos del tiempo
- e) Lecciones aprendidas

Datos Relativos a las intervenciones del mantenimiento

- a) Procedimientos de solicitud y autorización de trabajos
- b) Resultados técnicos y económicos de los anteriores
- c) Rendimientos
- d) Necesidad de subcontratación

Documentos

Comúnmente existen una serie de documentos que serán indispensables para poder dirigir y controlar eficientemente al mantenimiento:

Comúnmente existen una serie de documentos que son requeridos para la correcta dirección y control del mantenimiento, entre estos se encuentran: 1)Fichas de equipos e instalaciones, 2)Fichas de historial de equipos e instalaciones, 3) Ordenes de Trabajo, 4) Sistemas de prioridad.

1. *Fichas de Equipos e Instalaciones:*

Es la ficha de inventario, es un documento informativo básico y fundamental que resume las características de cada equipo o instalación con sus características originales y cada uno de sus componentes.

2. *Fichas de Historial de Equipos e Instalaciones:*

Es un informe detallado ordenado cronológicamente de todas las intervenciones de mantenimiento realizadas en cada equipo o sus componentes.

3. *Ordenes de Trabajo:*

Es una descripción del trabajo a realizar, los recursos necesarios (mano de obra y materiales), costos incurridos. Aunada a esta forma, debe de incluirse una planilla de aplicación de mano de obra, y una planilla de salidas de materiales del almacén.

4. *Sistema de Prioridad:*

Es la definición de la urgencia de los trabajos y de los plazos estimados para su ejecución.

- Ejecución Inmediata: 1
- Ejecución al día siguiente de indicado: 2

- En la primer cierre de actividades: 3
- En el tiempo que se indique: 4

A continuación se presentan una serie de documentos y formatos que pueden ser de utilidad en la implementación del Manual de Mantenimiento dentro de la institución.



Institución de Educación Superior

Registro de Equipos y/o Instalaciones

Equipo/Instalación: Código: _____

Modelo: _____ Serie: _____ Año: _____

Distribuidor Local: _____

Dirección: _____ Tel: _____

Instalado por: _____

Fecha de Instalación: _____

Características Especiales: _____

Repuestos Requeridos en Almacén: _____

Frecuencia de Inspección

Anual Semestral Trimestral Mensual Otra Puntos
importantes de inspección: _____

Comentarios Adicionales: _____



Institución de Educación Superior

Historial de Equipos y/o Instalaciones

Fecha	Tarea Realizada	Firma



Institución de Educación Superior

Solicitud de Orden de Trabajo de Mantenimiento

OT No. _____

Equipo/Instalación: Código: _____ Fecha: _____

Estatus:

Normal

Urgente

Extra Urgente

Descripción de la Falla: _____

Sugerencias: _____

Solicitado Por:

Encargado:



Institución de Educación Superior

Solicitud de Salida de Material de Almacén

Área de Mantenimiento _____

Descripción de Orden de Trabajo para la cual se elabora la Solicitud de Material.

OT No. _____

Descripción de Solicitud de Material. _____ SM No. _____

Solicitado por: _____ Autorizado por: _____

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD

Entregado por: _____



Institución de Educación Superior
Reporte de Lecciones Aprendidas

Equipo/Instalación: Código: _____ Fecha: _____

Cual era la falla: _____

Como se solucionó la Falla: _____

De que otra manera se pudiera haber realizado: _____

Comentarios o Sugerencias: _____

Elaborado Por:



Institución de Educación Superior

Formato de Evaluación de Proveedores de Servicios

Razón Social del Proveedor de Servicios _____

Dirección: _____ Tel: _____

Años de Experiencia: _____

Tiempos de Respuesta: _____

Tiempos de Entrega: _____

Costos : _____

Cuenta con algún sistema de calidad (¿Cuál?): _____

Cuenta con algún certificado (¿Cuál?): _____

Comentarios Adicionales: _____

Elaborado Por:



Institución de Educación Superior

Programación Trimestral de Mantenimiento

ACTIVIDADES	No.	ENERO	FEBRERO	MARZO
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			

Flujo esquemático o de Información

Debido a la gran cantidad de personal involucrado en las operaciones de mantenimiento, la circulación de la información dentro del Departamento es de suma importancia ya que de ella dependerá la correcta elaboración y puesta en marcha de los sistemas de mantenimiento, calcular sus costos y analizar las fallas comunes y la manera de evitarlas, lo cual permitirá corregir sobre la marcha las desviaciones que se produzcan, como tardar más tiempo que el debido, por cada una de las tareas asignadas. La representación esquemática del sistema permitirá elaborar programas diarios de actividades, lo que hace que el mantenimiento sea eficaz y continúe siendo aplicable conforme el paso del tiempo.

Revisión de información relevante

La revisión de la información relevante, permite entre otras cosas:

- Descubrir los trabajos que han sido muy costosos, para controlarlos de una mejor manera
- Señalar los trabajos que continuamente requieren intervenciones para de ser posible reducirlas al máximo
- Justificar la adquisición de herramientas para reducir las horas de trabajo o el reemplazo de equipos.

Cálculo de algunos indicadores de la eficiencia del mantenimiento

Entre algunos de los indicadores comúnmente empleados para determinar la eficiencia de un sistema de mantenimiento se encuentran:

1. *Estimación de la Disponibilidad:*
 - Es aplicable a una línea, departamento o planta productiva. Se basa en detectar el área que cuenta con mayores problemas de mantenimiento. Permite reconocer la cantidad de tiempo de operación de la institución educativa, que esta afectado por paradas por reparaciones o desperfectos.
2. *Costo de Mantenimiento/ Unidad Producida*
 - El costo incluye mano de obra, tanto propia como contratada, los materiales, repuestos, modificaciones, administración, gestión y capacitación del área de mantenimiento.

Cálculo de Disponibilidad Global y de incidencia de productividad al incrementar la disponibilidad

Conceptos	Periodo 1	Periodo 2
1) Número total de equipos o instalaciones del área productiva con mayor incidencia de paradas por mantenimiento. (Identificar Área)		
2) Tiempo de producción normal del área de trabajo (Horas)		
3) Tiempo de paros por averías en el área de trabajo (Horas)		
4) Tiempo de paros por mantenimiento programado (Preventivo) en las áreas de trabajo (Horas)		
5) Tiempos de paro de área por paros por mantenimiento en otras secciones (Horas)		
6) Tiempos totales de paros por mantenimiento (Sumatoria de resultado de inciso 3, 4 y 5)		
7) Porcentaje del tiempo real de producción utilizado en paros por mantenimiento (Inciso 6/ Inciso 2) x 100		
8) Volumen horario de producción final en esa área de trabajo (Lb, Kg o Toneladas)		
9) Porcentaje de disponibilidad de tiempo en las áreas de estudio (100 x [(Inciso2- inciso 6)/ inciso 2]		
10) Aumento/ reducción en la productividad (Diferencia de inciso 9 entre los periodos 1 y 2) x inciso 8		

Entre los principales indicadores que pueden ser empleados en un sistema de mantenimiento para una empresa como la mostrada en este segundo escenario es posible reconocer los siguientes:

– *Indicadores de Desempeño para Eficiencia y Efectividad*

1. *Mantenimiento Preventivo*⁴

Costo directo por reparación de fallas
Costo directo total de mantenimiento

Horas - hombre empleadas en trabajos de emergencia
Total de horas hombre trabajadas

Costo directo por reparación de fallas
Costo directo total de mantenimiento

Tiempo deseado de funcionamiento – Inactividad del equipo
Tiempo deseado de funcionamiento del equipo

Horas extras trabajadas
Total de horas trabajadas

Órdenes de trabajo de mantenimiento a la espera de partes
Número total de órdenes de trabajo de mantenimiento

2. *Sistemas de Órdenes de Trabajo*

Órdenes de emergencia
Total órdenes de trabajo

Órdenes preventivas
Total órdenes de trabajo

Órdenes correctivas
Total órdenes de trabajo

⁴ Los Indicadores mostrados en recuadros implican aquellos que son elementales para los procesos del respectivo escenario.

3. *Capacitación Técnica e interpersonal*⁵

$$\frac{\text{Tiempo total de inactividad atribuido a errores operacionales}}{\text{Tiempo total de inactividad}}$$

$$\frac{\text{Tiempo total de inactividad atribuido a errores de mantenimiento}}{\text{Tiempo total de inactividad}}$$

$$\frac{\text{Tiempo perdido estimado por carencia de conocimiento o destrezas}}{\text{Tiempo total trabajado}}$$

$$\frac{\text{Tiempo repetido de mantenimiento debido a falta de conocimientos o destrezas}}{\text{Trabajo total de mantenimiento}}$$

4. *Participación Operacional*

$$\frac{\text{Inactividad del equipo relacionada con el mantenimiento (periodo actual)}}{\text{Inactividad del equipo relacionado con el mantenimiento (período anterior durante el mismo periodo)}}$$

****En este caso es posible comparar la inactividad del periodo actual vs periodo anterior.*

5. *Mantenimiento predictivo*

$$\frac{\text{Costos actuales de mantenimiento}}{\text{Costos de mantenimiento anteriores al programa predictivo}}$$

6. *Mantenimiento Productivo Total*

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Todo el tiempo de inactividad}}{\text{Tiempo programado}} \text{ (debe ser al menos 90\%)}$$

$$\text{Eficiencia del desempeño} = \frac{\text{Producción real para el tiempo programado}}{\text{Producción diseñada para el tiempo programado}} \text{ (debe ser al menos 95\%)}$$

$$\text{Tasa de Calidad} = \frac{\text{Producción total menos defectos o trabajo repetido}}{\text{Producción total}} \text{ (debe ser al menos 99\%)}$$

⁵ Los Indicadores mostrados en recuadros implican aquellos que son elementales para los procesos del respectivo escenario.

1. *Mantenimiento Preventivo*⁷

Número de tareas retrasadas de MP
Número total de tareas pendientes de MP

Costo estimado de tarea de MP
Costo real de tarea MP

Número total de órdenes de trabajo generadas de las inspecciones de MP
Número total de órdenes de trabajo generadas

2. *Inventario y Adquisición*

Artículos de línea en stock inactivo
Total de artículos de línea en stock

3. *Sistemas de Ordenes de Trabajo*

Costos de mano de obra de mantenimiento sobre órdenes de trabajo
Costos totales de mano de obra de mantenimiento

Costos de material de mantenimiento en órdenes de trabajo
Costos totales de material de mantenimiento

Costos de contrato de mantenimiento en órdenes de trabajo
Costos totales del contrato de mantenimiento

Inactividad de mantenimiento registrada en órdenes de trabajo
Inactividad total de mantenimiento registrada

Costos de mano de obra de mantenimiento cargados a órdenes de trabajo pendientes
Costos totales de mano de obra de mantenimiento

Costos de materiales cargados a una orden de trabajo pendiente
Costo total de materiales de mantenimiento

Cargos totales para una máquina específica a una orden de trabajo pendiente
Cargos totales para una máquina específica

4. *Planeación y Programación*⁸

⁷ Los Indicadores mostrados en recuadros implican aquellos que son elementales para los procesos del respectivo escenario.

$$\frac{\text{Costos planeados de mano de obra de mantenimiento}}{\text{Total de los costos de mano de obra de mantenimiento}}$$

$$\frac{\text{Costos planeados de material de mantenimiento}}{\text{Costos totales de materiales de mantenimiento}}$$

5. Capacitación técnica e interpersonal

$$\frac{\text{Total de horas de capacitación técnica}}{\text{Número total de empleados}}$$

$$\frac{\text{Número total de empleados capacitados}}{\text{Número total de empleados de mantenimiento}}$$

$$\frac{\text{Total de horas de capacitación interpersonal}}{\text{Número total de empleados}}$$

$$\frac{\text{Total de dólares para capacitación}}{\text{Total de nómina de planta}}$$

6. Mantenimiento Predictivo

$$\frac{\text{Horas de actividades de mantenimiento predictivo}}{\text{Mantenimiento total}}$$

$$\frac{\text{Costos de mantenimiento predictivo}}{\text{Costos totales de mantenimiento}}$$

– Índices correspondientes a Planeación y Control

1. Porcentaje de Cobertura de programas

2. Porcentaje de emergencias

$$\frac{\text{Horas hombre asignadas}}{\text{Horas hombre totales disponibles en mantenimiento}} \times 100$$

$$\frac{\text{Horas hombre empleadas en emergencia}}{\text{Horas hombre totales disponibles en mantenimiento}} \times 100$$

⁸ Los Indicadores mostrados en recuadros implican aquellos que son elementales para los procesos del respectivo escenario.

3. *Porcentaje de Cumplimiento en Órdenes de Trabajo*⁹

$$\frac{\text{Número órdenes terminadas a tiempo}}{\text{Total órdenes recibidas}} \times 100$$

– *Indicadores de Mantenimiento Preventivo*1. *Porcentaje de cumplimiento de inspecciones*

$$\frac{\text{Número de Inspecciones Realizadas}}{\text{Número de Inspecciones Programadas}} \times 100$$

2. *Porcentaje de cobertura de mantenimiento preventivo*

$$\frac{\text{Horas hombre empleadas en MP}}{\text{Horas hombre totales del área}} \times 100$$

3. *Porcentaje de cumplimiento de trabajos resultantes de las inspecciones*

$$\frac{\text{Número de trabajos resultantes realizados}}{\text{Número de trabajos resultantes}} \times 100$$

– *Índices de Personal*1. *Porcentaje de Fuerza laboral en vacaciones*

$$\frac{\text{Turnos hombre en vacaciones}}{\text{Turnos hombre disponibles}} \times 100$$

2. *Porcentaje Tiempo Extra*

$$\frac{\text{Horas hombre de Tiempo Extra}}{\text{Horas hombre ordinarias}} \times 100$$

– *Índices correspondientes al comportamiento del equipo*1. *Frecuencia de fallas*

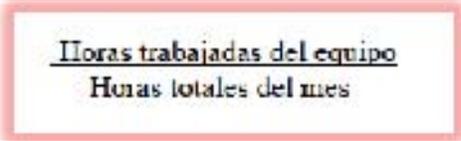
Total de fallas
Mes

⁹ Los Indicadores mostrados en recuadros implican aquellos que son elementales para los procesos del respectivo escenario.

2. *Gravedad de fallas*¹⁰

$$\frac{\text{Total de minutos de demoras de mantenimiento}}{\text{Total de fallas}}$$

3. *Disponibilidad de equipo*


$$\frac{\text{Horas trabajadas del equipo}}{\text{Horas totales del mes}}$$

Resultado del análisis de la información procesada de mantenimiento

Toda la información provendrá de las Órdenes de Trabajo y Solicitudes de Salidas de Material, así como los registros de fallas, historial de equipos además de los reportes de lecciones aprendidas tras haber elaborado acciones de mantenimiento.

Los resultados obtenidos son presentados primeramente ante el Jefe de área de mantenimiento, y además se elabora un reporte integrador a entregar al Gerente del Departamento de Mantenimiento, en un periodo mensual mostrando entre otras cosas:

- Costos de mantenimiento, clasificados por equipo y también los globales de área.
- Tiempos de paros, disponibilidad por equipo, línea de producción, cantidad de desperfectos, así como un reporte de los principales indicadores de desempeño, etc.

Además es importante reconocer que en base a los conceptos anteriormente expuestos:

- Se identificarán las unidades con mayores costos de mantenimiento y paros de operación más prolongados.
- Se verificará la evolución de los indicadores.
- Se seleccionarán las 3 unidades con mayores costos y menor disponibilidad a fin de optimizar su comportamiento.

¹⁰ Los Indicadores mostrados en recuadros implican aquellos que son elementales para los procesos del respectivo escenario.

- Se compararían costos de mantenimiento de plantas o aspectos similares ubicados en lugares diferentes o de otras empresas.
- Se compararían los costos de mantenimiento programado contra los del no programado, así como la disponibilidad alcanzada para los equipos.
- Se compararían los costos de mano de obra y materiales por área de mantenimiento.

Procedimientos

A continuación se presentarán una serie de diagramas de flujo operacionales que son aplicables a la empresa a fin de desarrollar intervenciones de Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo.

Flujo y procesamiento de información, para Ejecución de Trabajos

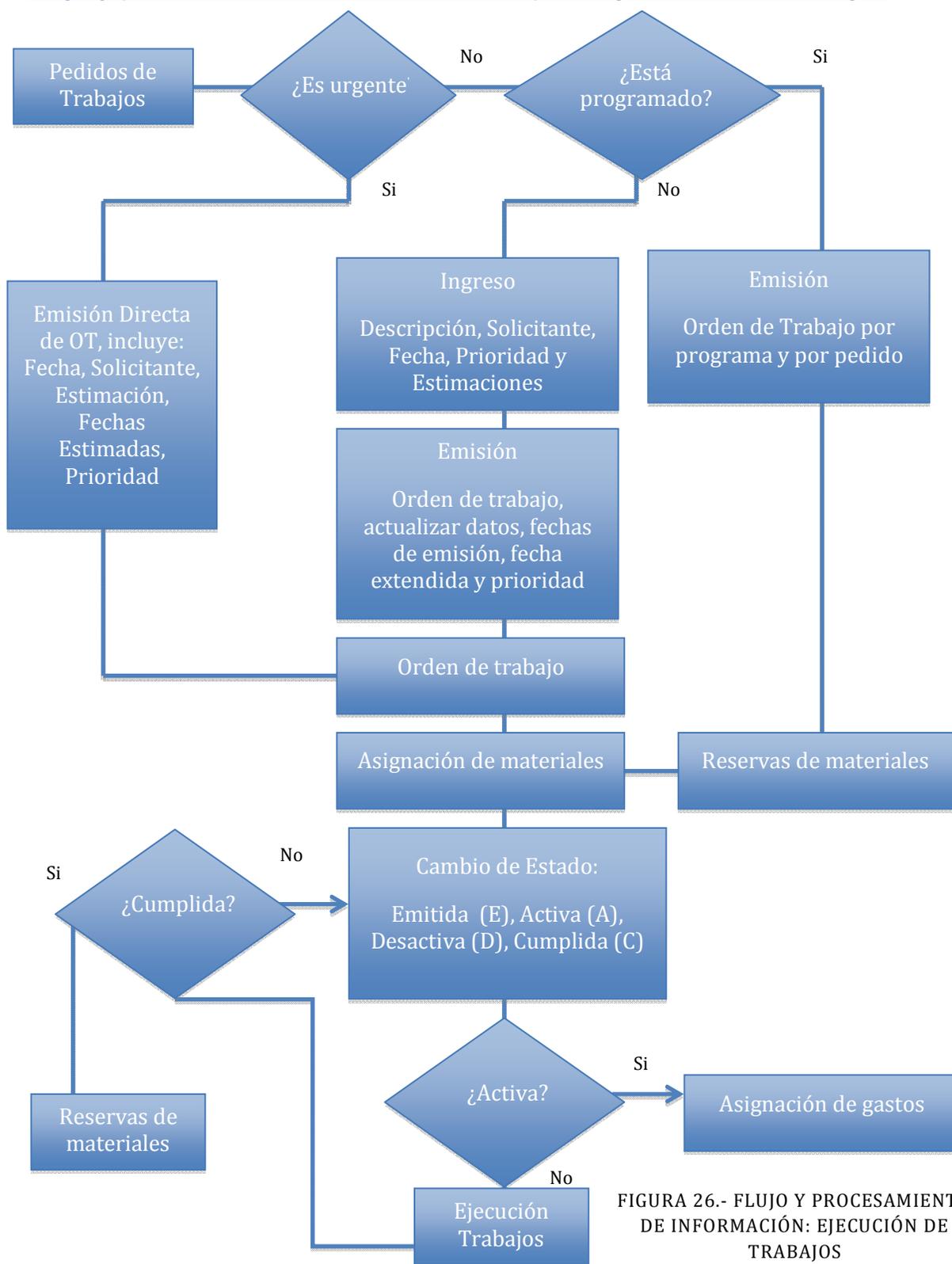
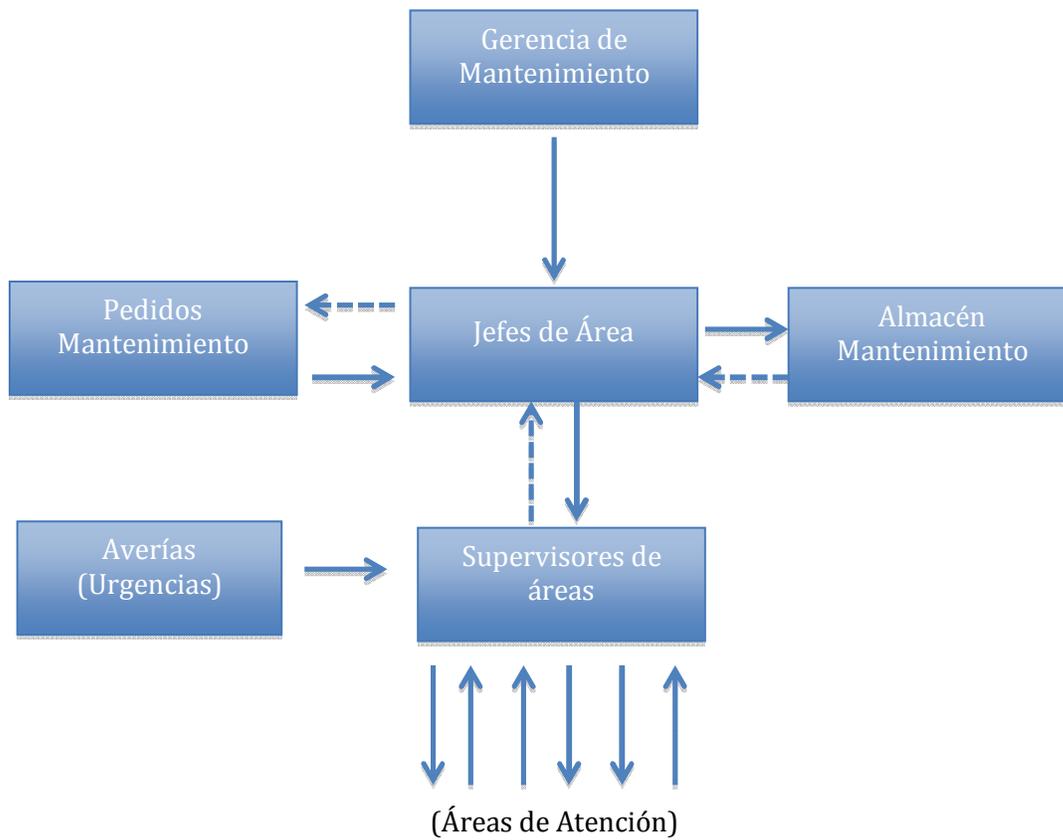


FIGURA 26.- FLUJO Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN: EJECUCIÓN DE TRABAJOS

Diagrama de flujo para Órdenes de trabajo e Información

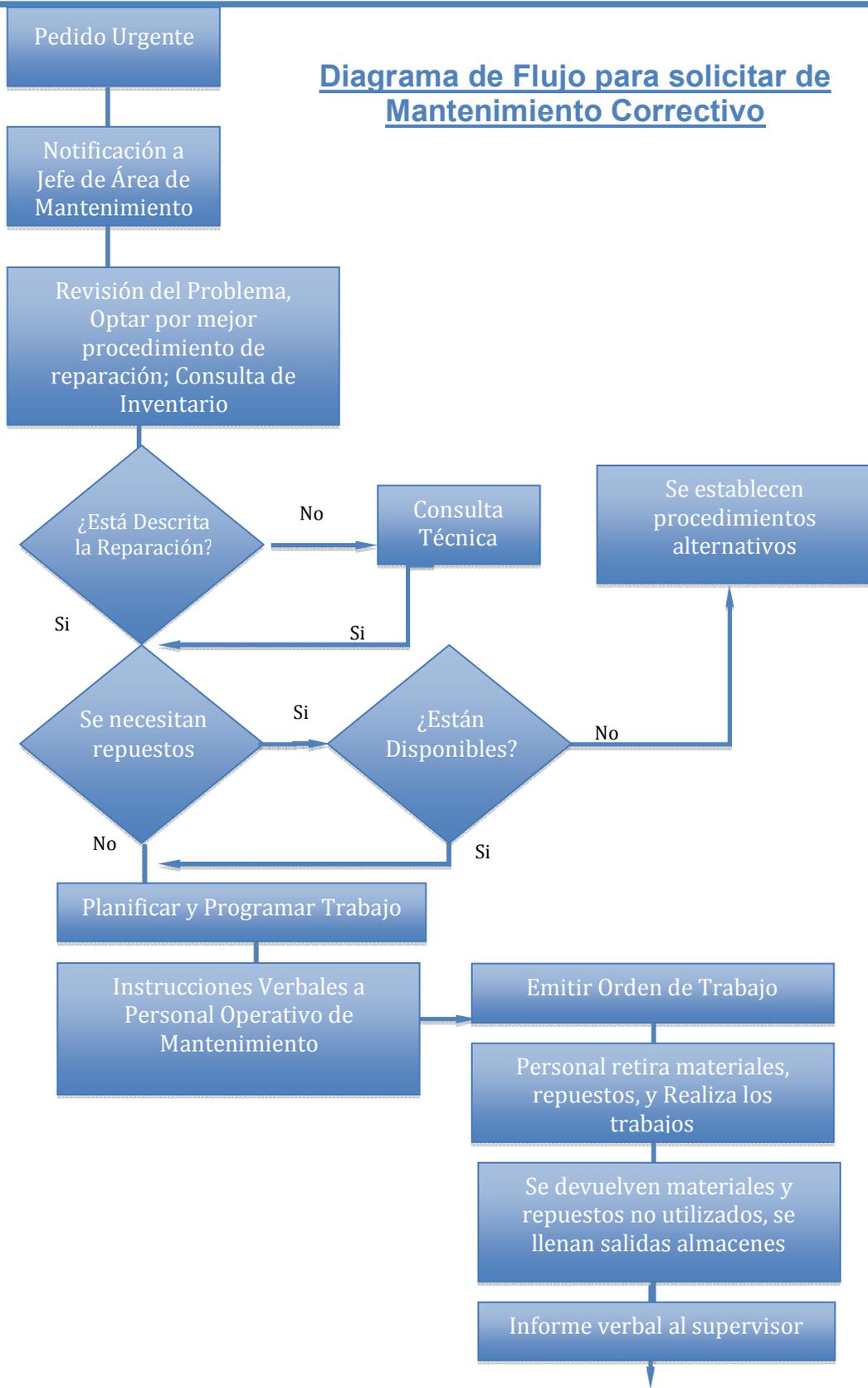


→ Flujo de Órdenes de Trabajo y Disposición

←- - - Relaciones e informaciones

FIGURA 27.- DIAGRAMA DE FLUJO DE ORDENES DE TRABAJO E INFORMACION

Diagrama de Flujo para solicitar de Mantenimiento Correctivo



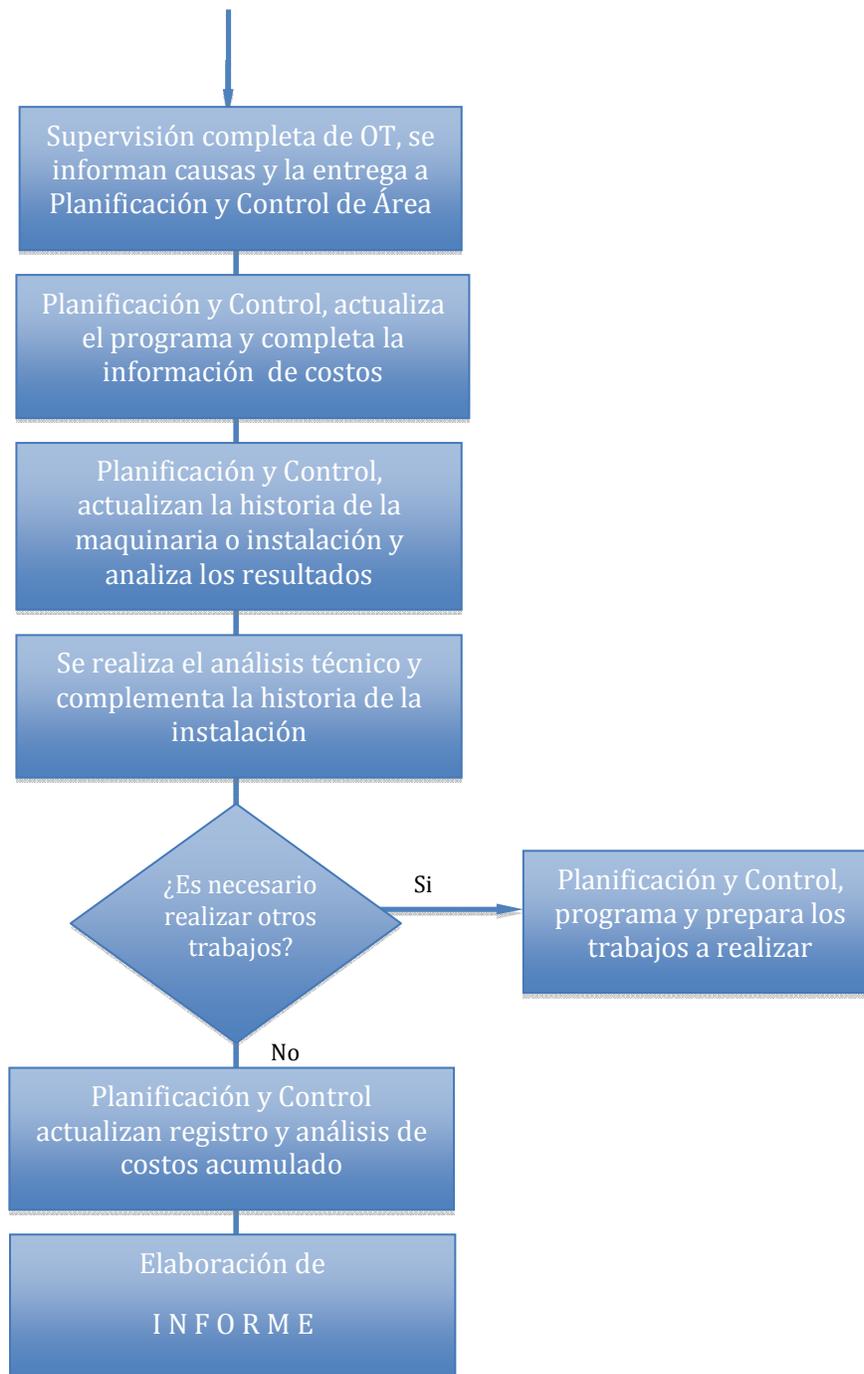


FIGURA 28.- DIAGRAMA DE FLUJO TIPO PARA SOLICITAR MANTENIMIENTO CORRECTIVO

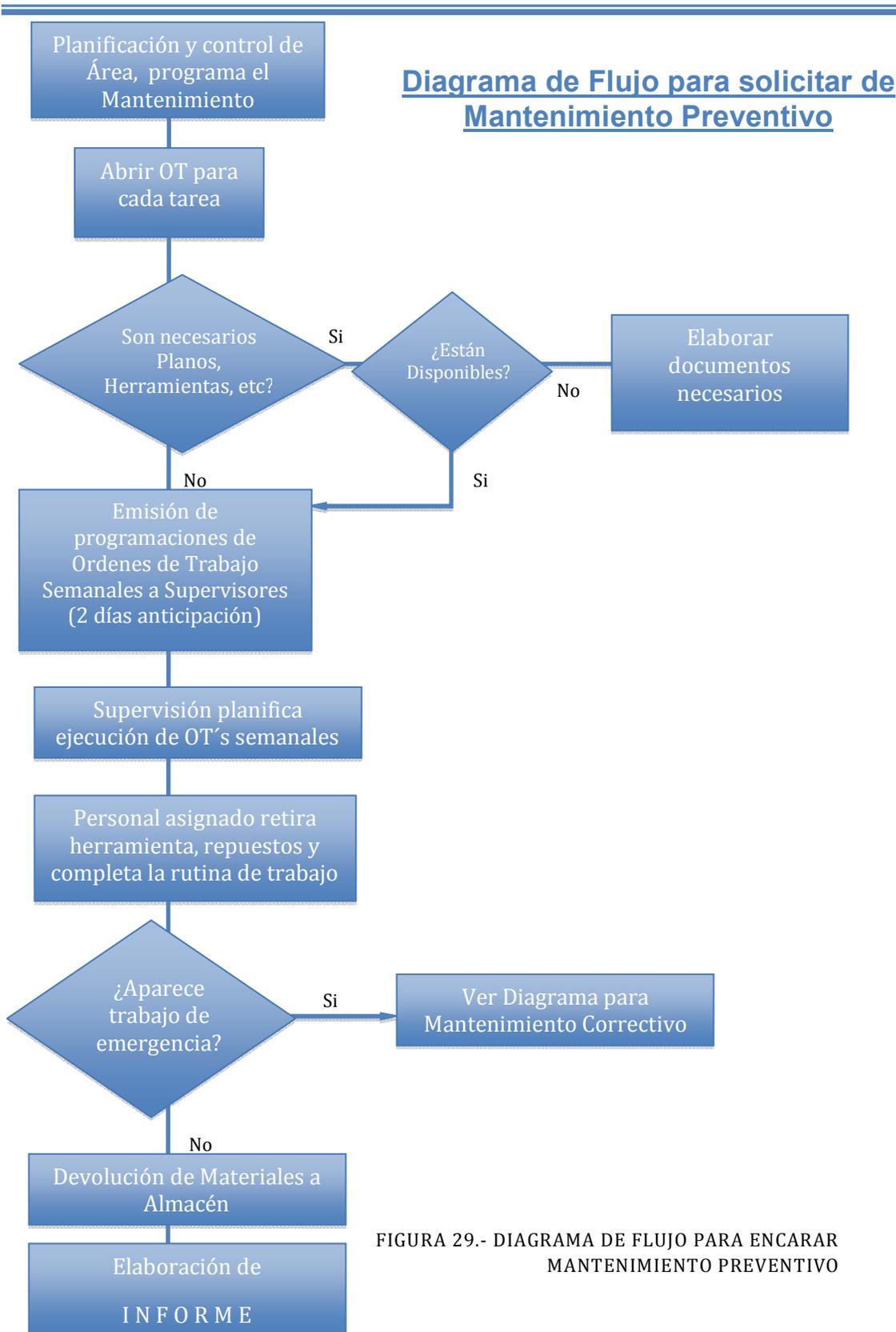


FIGURA 29.- DIAGRAMA DE FLUJO PARA ENCARAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Capacitación y entrenamiento

Para este segundo escenario de aplicación, resulta importante considerar las cuestiones de capacitación y entrenamiento en un grado de prioritario, ya que de ser así se logra un mejor desempeño del personal de las cuadrillas de mantenimiento. Sin embargo, los sistemas de capacitación y entrenamiento no serán los mismos para todos los integrantes del departamento de mantenimiento, debido a sus distintos grados de escolaridad y requerimientos para la realización eficiente de sus labores.

Se sugiere que existan los siguientes tipos de sistemas de capacitación y entrenamiento dependiendo del puesto o rango que ocupan los trabajadores en los sistemas de gestión de mantenimiento:

- Para el personal obrero cuya paga sea elaborada semanalmente.- Este tipo de trabajadores realizan actividades de tipo operativo o manual, puede ser simple, semi-calificado, calificado o especializado. Su tipo de capacitación va a depender de sus actividades llegando a tener capacitaciones referentes a las cuestiones técnicas de la carpintería, albañilería, electricidad, redes de gas y agua, plomería, soldadura, aquellas de carácter de seguridad, salud, primeros auxilios y calidad de trabajos, etc.
- Para los empleados cuya paga sea elaborada quincenalmente.- Este tipo de trabajadores realizan actividades administrativas o en una oficina. En este caso se sugiere contar con capacitación relacionada a aspectos administrativos, manejo de sistemas y tecnologías de información, administración de tiempo y dinero, metodologías para hablar en público, bienestar, así como aquellas referentes a la seguridad, calidad, primeros auxilios, etc.
- Para Profesionistas, se sugiere que cuenten con una serie de capacitaciones que pueden incluir, desde finanzas, marketing, optimización de procesos, calidad, planeación estratégica, etc.

A continuación se muestran los tipos de capacitación que son sugeridos para una Institución de Educación Superior como la estipulada en el presente escenario de aplicación:

Tipo	Incluye:
Destrezas interpersonales	Liderazgo, entrenamiento, destrezas de comunicación, resolución de conflictos, creación de equipos, servicio al cliente, conciencia cultural y de la diversidad, etc.
Técnica	Capacitación y conocimiento de productos, procesos de ventas, tecnología de la información, aplicaciones de cómputo, etc.
Empresarial	Finanzas Marketing, optimización de procesos, calidad, planeación estratégica, cultura organizacional
Obligatoria	Seguridad, Salud, Primeros auxilios, etc.
Solución de problemas y toma de decisiones	Definición de problemas, evaluación de las causas, creatividad en el desarrollo de alternativas, análisis de alternativas, selección de soluciones, etc.
Personal	Planeación de carreras, administración de tiempo, administración del dinero, como hablar bien en público, etc.

FIGURA 30.- TIPOS DE CAPACITACIÓN

Tal y como fue expuesto anteriormente es indispensable definir tanto los objetivos como la metodología a emplear para el desarrollo del personal, así como para los incentivos a aplicar, a fin de estimular al personal en su capacitación y entrenamiento, lo cual permitirá mostrar una mejora continua.

Además, es importante tomar en cuenta que al momento de adquirir un determinado producto, llámese sistema de información, o bien una maquinaria o equipo, es importante generar con el proveedor del mismo, un curso de capacitación que permita a los usuarios saber manejar el sistema, así como enseñar a mantenerlo en las características tanto de limpieza como de uso para el que fue diseñado.

Los programas de capacitación se deben desarrollar periódicamente bajo el control del responsable del departamento de Recursos Humanos así como la participación del Departamento de Mantenimiento. La capacitación será grupal o individual, ya sea dentro o fuera de la empresa dentro de institutos técnicos públicos y/o privados que mejor se ajusten a las necesidades del programa.

A manera general, los programas de capacitación tienen entre muchas otras, las siguientes metas:

- Facilitar la ejecución de sus tareas.
- Introducir nuevas tecnologías.
- Adherir a los trabajos conceptos de seguridad e higiene.

- Adiestrar al personal en el control de siniestros y el combate de los mismos.
- Mejorar la capacidad profesional y gestión de personal.
- Conocer los fundamentos de los procesos de elaboración empleados en la empresa, vinculando tanto la operación de los equipos e instalaciones, la cantidad y calidad de los productos resultantes y los desechos y rechazos debidos a su mal funcionamiento.

Auditoría

El éxito del mantenimiento en la empresa dependerá del cumplimiento de las tareas de acuerdo a la forma en que las mismas fueron programadas y planeadas. La existencia de fallas en algunas tareas debilitaría la eficiencia y eficacia del sistema.

Es necesario que el Jefe de las Áreas de Mantenimiento tenga presente y audite junto con los responsables de planificación y control, los siguientes aspectos:

- Grado de cumplimiento de las metas de disponibilidad que han sido fijadas.
- La efectividad del organigrama y del sistema de mantenimiento
- Lo adecuado, efectivo y eficiente de los procedimientos de mantenimiento, de los documentos a emplear, de su flujo y del análisis técnico-económico, así como de las instrucciones de trabajo.
- La calidad de la gerencia de área y de las relaciones con otros departamentos y con su propio personal.
- La eficiencia del mantenimiento, medida por la disponibilidad de las instalaciones y equipos, el cumplimiento de niveles de calidad fijados y su propio costo.

Para estos efectos es necesario generar una continua auditoría que permita evaluar, los siguientes aspectos de la Gestión del Mantenimiento:

- Servicios realizados y la estructura que los provee
- Gestión de Ordenes de Trabajo
- Gestión de Mantenimiento Preventivo
- Gestión de Reparaciones de Emergencia o Mantenimiento Correctivo

Para el presente escenario es sugerido generar auditorías que permitan mantener la calidad del sistema de mantenimiento.

- Auditorías Internas: Permiten evaluar, la manera en que los trabajos del sistema de mantenimiento han sido generados, así como revisar que todos los trabajadores del Departamento de Mantenimiento, se encuentren

familiarizados con el sistema, conozcan a profundidad sus propios procedimientos e instrucciones de trabajo, y además que generen sus labores tal y como el mismo sistema ha sido establecido. Cualquier trabajador del Departamento puede ser sujeto a una auditoría.

Todas las no conformidades de las auditorías respecto al sistema, deben ser tomadas en cuenta para tomar las acciones correctivas del mismo, ya sea capacitando nuevamente al personal, generando modificaciones en algunos procedimientos o bien en las mismas instrucciones de trabajo, formatos, etc. Es importante tomar en cuenta que dentro de las mismas auditorías será necesario hacer revisión de las formas en que los indicadores de desempeño se van comportando para poder tomar acciones que de ser necesario modifiquen su comportamiento.

Asimismo es importante tomar en cuenta que será posible hacer sugerencias al sistema, lo cual permitirá ratificar su flexibilidad y dinamismo, buscando ante todo la mejora continua de los procesos, alcanzando en un corto plazo un enfoque preventivo de los trabajos de mantenimiento.

CAPITULO 9

Conclusiones y Recomendaciones

9. Conclusiones y Recomendaciones

En las páginas siguientes, se mostrarán las conclusiones generales del presente documento y las particulares de cada uno de los capítulos incluidos en el trabajo de investigación. Dentro de las conclusiones generales, se generarán una serie de recomendaciones tomando como referencia los escenarios mostrados anteriormente, dejando claro el alcance de la tesis, sus limitaciones, y posibles áreas a cubrir, para tratar el mantenimiento en futuros trabajos de investigación.

9.1. Conclusiones Generales y Recomendaciones

El mantenimiento es el medio que tiene toda empresa para conservar operable y con el respectivo grado de eficiencia y eficacia a su activo fijo. Involucra el conjunto de actividades que son necesarias para: Mantener una instalación funcionando, y Restablecer el funcionamiento del equipo en condiciones predeterminadas.

La experiencia nos demuestra que no importa de que se trate, o lo mucho o poco que se use algún edificio, todo material está sujeto a una serie de degradaciones que pueden conllevar a generar problemas que radican en costos altos de reparaciones, reducción tangible de su vida útil, o inclusive reemplazos a altos costos.

Toda empresa, particularmente el sector inmobiliario, requiere de servicios de mantenimiento adecuados a sus procesos. Por ende un buen mantenimiento no será la realización de trabajos equivocados de manera eficiente, sino la prevención de las fallas, que redundará en la reducción de riesgos de paros imprevistos de producción.

Actualmente la función del mantenimiento en México y Latinoamérica es mal concebida como un sobre-costos, cuando en realidad es un costo necesario. Con el paso del tiempo, nuevas tecnologías y prácticas innovadoras en algunos países desarrollados, están colocando al mantenimiento como una parte integral de la productividad en varios sectores.

El diseño del Modelo Administrativo De Mantenimiento Inmobiliario que se realizó en este documento de investigación, se basó en el deseo de alcanzar una eficiencia en los trabajos, buscando además satisfacer objetivos y necesidades de las diferentes organizaciones, siendo capaces de abordar desde la Planeación, Organización, Dirección y Control.

El empleo del modelo anteriormente comentado tiene gran facilidad de adaptación y flexibilidad a cualquier tipo de empresas. Es importante hacer notar que el uso de este modelo permite ofrecer una guía para reconocer la manera en que administrativamente se

sugiere generar un sistema de mantenimiento, contando con el desarrollo de una adecuada planeación, que establecerá las bases para poder generar una organización del sistema de mantenimiento, que será capaz de incluir el organigrama, las responsabilidades, los grados de capacitación, las auditorías sugeridas, así como algunos formatos guía que permitirán mantener una mejor organización de las labores, y que además proporcionará información útil a emplear, para obtener los indicadores de desempeño, que a la postre permitirán reconocer la necesidad de algún cambio de dirección, enfoque, o planificación adicional al sistema.

Dado que los trabajos de este documento de tesis fueron enfocados como una guía al Mantenimiento desde el punto de vista administrativo, se sugiere que a fin de complementar los conceptos de Mantenimiento sea posible abordar en futuras investigaciones lo siguiente:

- Sistema de Gestión del Mantenimiento desde el punto de vista técnico; Es decir que sea capaz de abordar los diversos tipos de patologías existentes en los materiales empleados en la industria de la construcción (Madera, Concreto, Acero). Esta investigación convendría que se enfocara en la solución técnica de las patologías comunes, generación de estudios y recomendaciones para prevenir las patologías, y para actuar correctivamente ante las mismas.
- Generación de Indicadores de desempeño, tips para localizar problemas, sugerencias referentes a la inclusión de nuevos materiales constructivos y nuevas técnicas de construcción.
- Implementación de innovación tecnológica en cuestiones de mantenimiento preventivo.
- Aplicación del presente Modelo Administrativo de Mantenimiento en una empresa, reconociendo todas sus características, desarrollando los formatos necesarios para poder adoptar el mismo en las operaciones de la organización, visualización de los indicadores de desempeño, sugerencias de cambios, ajustes, modificaciones, etc.
- Evaluación de costos de mantenimiento correctivo vs mantenimiento preventivo en la industria de la construcción
- Etc.

9.2. Generalidades de la Administración del Mantenimiento

Es indispensable reconocer que el hacer mantenimiento no implica reparar equipos averiados tan pronto como sea posible, sino mantener los mismos en niveles aceptables de trabajo. Un buen mantenimiento será la prevención de las fallas, que redundará en la reducción de riesgos de paros imprevistos de producción.

Existen diversos tipos de mantenimiento, pero los límites entre cada uno de los mismos es difícil de establecerlos ya que a excepción del mantenimiento correctivo, la finalidad del resto es la misma y se complementan mutuamente. La reciente aplicación de la mejora continua busca la participación de todos y cada uno de los miembros de la organización, a fin de obtener cero averías, cero defectos, y mejorar las tasas de operación reduciendo enormemente los costos.

El objetivo principal del mantenimiento es contar con:

- Confiabilidad, es decir, el funcionar sin fallas en un tiempo determinado bajo condiciones operacionales comunes.
- Mantenibilidad, el ejecutar las operaciones de mantenimiento en los tiempos preestablecidos y bajo condiciones planeadas.
- Soportabilidad, el atender solicitudes de mantenimiento en los tiempos y condiciones previstas.
- Reducción de costos
- Máxima producción
- Alta calidad

Un Sistema Integral para la Gestión del Mantenimiento requiere que la organización sea capaz de repartir las responsabilidades a cada uno de los departamentos para que de esta manera ellos marquen sus propios límites y así defiendan sus posiciones en cuestión de mantenimiento ya que se requiere una interrelación con los otros departamentos a fin de poder establecer el sistema de manera integral.

La cantidad de mantenimiento a realizar, está íntimamente relacionada con el uso que tengan las instalaciones, y la carga misma de trabajo a la cual se encuentran sometidos. El control del mantenimiento se basa en controlar la condición de las instalaciones, mediante el uso de los sentidos y una serie de procedimientos técnicos.

9.3. Sector Inmobiliario Mexicano y Latinoamericano

El sector inmobiliario mexicano ha experimentado recientemente un crecimiento acelerado, debido al aumento de los créditos bancarios, nuevas políticas y apoyos a la industria, así como un incremento en el poder adquisitivo de algunos sectores de la sociedad. Sin embargo no ha sido inmune a la gran influencia de diversos factores políticos y financieros tanto nacionales como internacionales, ya que estos han afectado la recuperación del mismo.

En el caso de México, en los últimos años se ha comenzado a visualizar un panorama alentador debido a que los proyectos han cobrado atractivo como inversión de largo plazo, debido a la conjugación de diversos factores entre los cuales se encuentran:

- Bajo costo de oportunidad ante las reducidas tasas de interés pasivas
- Accesibles costos de financiamiento hipotecario y la deducibilidad
- Extendida oferta de crédito hipotecario
- Demanda creciente del sector
- Plusvalía generada
- Rentabilidad
- Valor de rescate
- Etc.

El mantenimiento y los costos son dos conceptos que por su naturaleza resultan ser inseparables. Postergar acciones de mantenimiento implica incrementar los costos directos de las obras en una razón de cinco en progresión geométrica. Es indispensable reconocer que la falta de mantenimiento, ocasionará que a corto plazo el edificio deje de funcionar de la forma en que se desea, causando que a largo plazo los daños causados suelen ser mayores que el costo mismo de la parte de la instalación deteriorada.

La importancia del estudio de las patologías en los edificios, es principalmente permitir tener una forma más precisa y apropiada de obtener información a fin de tener el sustento para tomar decisiones importantes referentes a rehabilitación y mantenimiento. En la industria de la construcción, los materiales constructivos comúnmente empleados son el concreto reforzado, el acero, así como la madera. Esto permite reconocer la necesidad de familiarizarse a fondo con las diferentes patologías que los aquejan a fin de ser capaces de darles mantenimiento.

9.4. Modelo Administrativo de Mantenimiento Inmobiliario y los Escenarios de Aplicación

Como es conocido, toda empresa sin importar su tamaño, tiene la función de producir productos o servicios que sean capaces de satisfacer las necesidades de los clientes. Con la finalidad de lograr estos objetivos, así como de funcionar lo más eficientemente posible, cada empresa debe desarrollar una serie de políticas encaminadas a establecer procedimientos de trabajo, que deben ser continuamente actualizados.

Un manual de mantenimiento, es un documento indispensable para cualquier tipo de empresa, ya que refleja la filosofía, política, los procedimientos de trabajo y control de las diversas áreas de las empresas. Para estos fines se generó un manual lo suficientemente

flexible para poder ser empleado en cualquier tipo de empresa, sin importar su tamaño, cantidad de empleados, cantidad de recursos a emplear en el área de mantenimiento, y que además sea lo suficientemente dinámico para adoptarle cambios y modificaciones debidas a los resultados observados por los indicadores de desempeño. El empleo de un Manual permitirá:

- Facilitar la acción planificada y eficiente del mantenimiento
- Permitir la formación del personal nuevo
- Permitir el desarrollo de un ambiente de trabajo para cumplir los objetivos establecidos
- Permite manifestar a clientes, proveedores, y autoridades competentes así como al personal de la empresa, el estado en que se encuentra la misma.

Asimismo se buscaba que el modelo anteriormente expuesto fuera capaz de ser sumamente flexible y que además de todo fuera dinámico, lo que quiere decir que se pudiera ir modificando conforme pasara el tiempo debido a las recomendaciones mismas que fueran ofreciendo los propios indicadores de desempeño y el mismo personal operativo y administrativo.

El manual de mantenimiento incluye:

- Planeación.- Permite conocer a fondo la problemática así como analizar las soluciones realizando planes de acción y programas de actividades. Incluye las políticas del departamento o área de mantenimiento. Incluye los encargados de la planeación, el enfoque en trabajos futuros, alcance de los mismos, etc.
- Organización.- Requiere conocer el tamaño de la empresa, el número de plantas, así como los productos y procesos elaborados en la organización junto con su desarrollo tecnológico y la disponibilidad de recursos. Incluye las responsabilidades y perfiles de capacitación del personal del área de mantenimiento, sus funciones y estructura, etc.
- Dirección y Control.- Finalmente, se obtienen datos relativos a las instalaciones y maquinaria y equipo, para poder emplear los documentos, sugeridos que permitirán contar con información relativa a los conceptos importantes de la organización, pudiendo de esa manera tener los datos a la mano, generar indicadores de desempeño, y además comenzar con la generación de ordenes de trabajo, solicitudes de material, siguiendo las instrucciones de trabajo y procedimientos de acción para poder generar trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo. Finalmente se revisan los indicadores de desempeño, el

flujo de información dentro del área de mantenimiento, para llegar a las necesidades de capacitación y entrenamiento así como para determinar las frecuencias de auditoría del sistema de mantenimiento.

9.5. Escenarios de Aplicación

Se generaron dos casos de aplicación tomando como referencia tipos de empresas que por su tamaño y giro son totalmente diferentes. Uno era un gimnasio olímpico de escala pequeña, mientras que se quiso tomar un escenario de una escala mayor para lo cual se consideró una institución de educación superior de gran escala y con una gran cantidad de recursos tanto humanos como económicos para poder generar los trabajos de mantenimiento.

Con estos escenarios de aplicación se quiso reconocer que el modelo diseñado en este trabajo de investigación era lo suficientemente flexible para poderlo adoptar a cualquier tipo de empresas, reconociendo además que el grado de acción así como las capacidades propias del modelo mostrado, dependerían intrínsecamente del tamaño de los escenarios, así como de la cantidad y tipo de instalaciones localizadas en los mismos.

Fue posible reconocer que el primer escenario Gymnos Fit&Fun, era una empresa muy pequeña con menos de 10 empleados en sus instalaciones. Podría resultar eficiente el uso del modelo dado que sus trabajos eran comúnmente correctivos, eran simples apaga fuegos, y lo que se deseaba realizar en la aplicación era que el encargado de mantenimiento fuera capaz de administrar mejor sus trabajos, previendo los problemas al reconocer que le resulta mucho mas costoso trabajar como hasta la fecha, que el dedicarle tiempo para ser capaces de evaluar sus instalaciones y equipos, así como a contar con unos indicadores que le permitieran ir evaluando su desempeño y modificar el rumbo de acción que se estuviera tomando.

Por otro lado, en el segundo escenario de aplicación, la Institución de Educación Superior, por su gran tamaño cuenta con una gran cantidad de personal, y recursos económicos, así como una gran cantidad de áreas donde puede ser incluido el mantenimiento. Para este caso también fue empleado el modelo obteniendo lógicamente mayores consideraciones que en el escenario pasado. Aunque la esencia era la misma, se pudieron ahora agregar las cuestiones de capacitación (cosa que el anterior escenario no contaba) y la etapa de auditorías, algunos de los formatos empleados en ambos escenarios eran los mismos, mientras que, para este caso, se sugirieron nuevos formatos que le podrían resultar útiles en el acontecer de la organización.

Este tipo de empresas, no se pueden dar el lujo de prescindir de acciones preventivas debido a los altos costos que esto implica así como a los problemas graves de operación a los cuales se encuentran sometidos. El modelo le permite a este tipo de empresas manejar las cuestiones de planeación, organización y dirección y control necesarias para mantener eficiencia en operaciones e instalaciones.

CAPITULO 10

Referencias

10. Referencias

- Chanter, B., & Swallow, P. (2007). *Building Maintenance Management* (2nd Edition ed.). (B. Publishing, Ed.) BlackWell Publishing.
- Crespo, A., Moreu, P., Gómez, J., Parra, C., & López, M. (2009). The maintenance management framework: A practical view to maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 15 (2), 167-178.
- Solís, J. P. (2008). *3cv+2: Modelo de Calidad para la Construcción de Vivienda en México*. ITESM.
- Sosa Silverio, E. (2008). *Modelo de Gestión Integral de Proyectos de Ingeniería Civil*. Monterrey, NL, México: ITESM.
- Watt, D. S. (2007). *Building Pathology* (2nd ed.). (B. Publishing, Ed.) BlackWell Publishing.
- Vela, J. A. (2008). *Esquema de Mantenimiento Preventivo y Correctivo en la Vivienda*. ITESM.
- Amendola, P. L. (2009). Indicadores de Confiabilidad Propulsores en la Gestión del Mantenimiento. *Universidad Politécnica Valencia España, Dpto. Proyectos de Ingeniería*.
- Arencibia Fernández, J. (7 de 12 de 2010). *Conceptos Fundamentales sobre el mantenimiento de edificios*. Retrieved 7 de 12 de 2010 from Revista de Arquitectura e Ingeniería: <http://www.empai-matanzas.co.cu/revista%20EMPAI/Revista3/articulo4.htm>
- Blásquez Hernández, F. (2010). *Guía de Mantenimiento Preventivo para el usuario de vivienda*. Monterrey, NL, México: ITESM.
- Durán, J. B. (2010). *Mantenimiento Mundial*. From Mantenimiento Mundial Web site: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/Formacion-Ingenieros.pdf>
- Delgado Hernández, F. (2007 October). *Todo en Plástico*. Retrieved 2010, 14-04 from Todo En Plástico Web site: http://www.todoenplastico.com/noticias/noticia.asp?id_noticia=116
- Do Lago Helene, P. (1997). *Manual para la Reparación, Refuerzo y Protección de las Estructuras de Concreto*. México: IMCYC.

-
- EFNMS, European Federation of National Maintenance Societies. (n.d.). *EFNMS*. From European Federation of National Maintenance Societies Web site: <http://www.efnms.org/>
- Fernández Canovas, M. (1994). *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado* (3ª Edición ed.). Madrid, España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- García Rodríguez, S. (2008). *Manual de Clase. Gestión de la Innovación en la Industria de la Construcción, Mantenimiento y Rehabilitación*. Monterrey, NL, México: ITESM Campus Monterrey.
- Indaverea Medina, F. (2005). *Rasgos, Tendencias y Situación Actual de la Industria de la Vivienda en México*. Monterrey, Nuevo León, México: ITESM.
- Johnson, S. (1973). *Deterioro, Conservación y Reparación de Estructuras*. (E. Blume, Ed.) Madrid, España.
- Kuri, A. (2008 Sept). *Metros Cúbicos*. From Metros Cúbicos Web site: http://www.metroscubicos.com/consejos.m3/noticias/distrito_federal/vulnerable_el_sector_inmobiliario_de_mexico/pagina_1
- Mantenimiento Mundial, Portal Latinoamericano de Mantenimiento*. (2009). From Mantenimiento Mundial Web site: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/acerca/asoc.asp>
- Mantenimiento Planificado. (2010, 18-01). *Mantenimiento Planificado*. From Mantenimiento Planificado: www.mantenimientoplanificado.com
- Martínez Chávez, O. (2003). *Modelo de Administración de Proyectos Inmobiliarios*. Monterrey, Nuevo León, México: ITESM.
- Navarro, L., Pastor, C., & Mugaburu, J. M. (1997). *Gestión Integral de Mantenimiento*. (Marcombo, Ed.) Productica.
- Pérez Falco, G., & Godoy Collado, M. *Costos de Mantenimiento en Complejos Agroindustriales*. La Habana, Cuba: Universidad de Cienfuegos.
- Prando, I. R. (1996). *Manual Gestión del Mantenimiento a la Medida*. (E. P. C.V., Ed.) Guatemala.