



# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CONTADURÍA PÚBLICA

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

"GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA CONFIABILIDAD  
OPERACIONAL EN LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA"

DIRECTOR DE TESIS:  
M.A. DANIEL GONZÁLEZ OLIVARES

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN

PRESENTAN:

CAMACHO CANDIA EDGAR SINUE  
FERAT PÉREZ RAÚL

Puebla, Pue. Junio 2014







# **Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

**FACULTAD DE CONTADURÍA PÚBLICA**  
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**“GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA  
CONFIABILIDAD OPERACIONAL EN LAS EMPRESAS  
DE MANUFACTURA”**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M.A. DANIEL GONZÁLEZ OLIVARES**

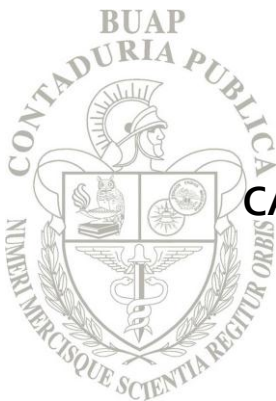
**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN**

**PRESENTAN:**

**CAMACHO CANDIA EDGAR SINUE  
FERAT PÉREZ RAÚL**

**Puebla, Pue. Junio 2014**



**M.A. Elisa Guillermina del Perpetuo Socorro Ruiz Rendón**  
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Contaduría Pública  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Presente

Por este conducto el que suscribe en mi calidad de **Director de Tesis** denominada: **"GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL EN LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA"**, elaborada por los alumnos de la **MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN:**

**EDGAR SINUE CAMACHO CANDIA**  
**RAÚL FERAT PÉREZ**

Informo a Usted que a mi juicio el citado trabajo cumple con los requisitos técnicos y metodológicos necesarios, por lo que no tengo inconveniente en liberarlo para que se continúe con los trámites de titulación que procedan.

Agradezco de antemano la atención prestada a la presente.

Sin otro particular, quedo de Usted.

H. Puebla de Z., a 10 de mayo de 2014

Atentamente



**M.A. DANIEL GONZÁLEZ OLIVARES**



**M.A. ELISA GUILLERMINA DEL PERPETUO SOCORRO RUIZ RENDON**  
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE CONTADURÍA PÚBLICA  
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA  
P R E S E N T E

Por este conducto la que suscribe en mi calidad de **ASESORA DE LA TESIS**, denominada:  
“**GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL EN LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA**”, elaborada por los alumnos de la **MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN** de nombre:

**EDGAR SIGUE CAMACHO CANDIA**  
**RAÚL FERAT PÉREZ**

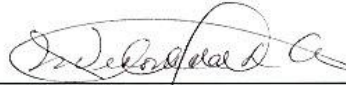
Informo a Usted que a mi juicio el citado trabajo cumple con los requisitos técnicos y metodológicos necesarios, por lo que no tengo inconveniente en liberarlo para que se continúe con los trámites de titulación que procedan.

Agradezco de antemano la atención prestada a la presente.

Sin otro particular, quedo de Usted.

H. Puebla de Z., a 09 de mayo de 2014

ATENTAMENTE



**M.A. MARÍA VERÓNICA-ALTAGRACIA LARA ANDRADE**



**M.A. Elisa Guillermina del Perpetuo Socorro Ruiz Rendón**  
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Contaduría Pública  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Presente

Por este conducto la que suscribe en mi calidad de Asesor de la Tesis denominada: "GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL EN LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA", elaborada por los alumnos de la MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN:

**EDGAR SINUE CAMACHO CANDIA**  
**RAÚL FERAT PÉREZ**

Informo a Usted que a mi juicio el citado trabajo cumple con los requisitos técnicos y metodológicos necesarios, por lo que no tengo inconveniente en liberarlo para que se continúe con los trámites de titulación que procedan.

Agradezco de antemano la atención prestada a la presente.

Sin otro particular, quedo de Usted.

H. Puebla de Z., a 23 de mayo de 2014

Atentamente

  
M.A. JOHANA LETICIA FRANCO HERNÁNDEZ





Oficio No. FCP-SIEP/071/14  
Asunto: Digitalización de Tesis

C. EDGAR SINUE CAMACHO CANDIA  
RAÚL FERAT PÉREZ

PRESENTE

Por medio del presente tengo a bien comunicarle que se autoriza la digitalización en formato PDF, de la tesis denominada **“GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL EN LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA”**, a fin de sustentar el examen profesional para obtener el grado de **MAESTROS EN ADMINISTRACIÓN**.

Sin más por el momento, quedo de ustedes.

Atentamente,

*“Pensar Bien, Para Vivir Mejor”*  
H. Puebla de Z., 24 de mayo de 2014.

M.A. ELISA GUILLERMINA DEL PERPETUO SOCORRO RUIZ RESDÓN  
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado.



## AGRADECIMIENTOS

- A mi amiga y compañera de vida Gaby por ese apoyo y cariño que siempre me ha brindado, sin él cual no sería posible alcanzar las metas.
- A mis hijos Carlos y Aurora, quienes son la parte de inspiración y el motor de mi vida.
- A mis padres Raúl y Marta, con su ejemplo y apoyo formaron en mí una persona de bien.
- A mis hermanos Martha Guadalupe y Pedro José por su todo su cariño.
- A mis amigos y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma han dejado enseñanzas en mí vida.

Raúl

- A mi Papá Antonio Camacho por darme la vida, ejemplo y las armas para seguir solo.
- A mi Mamá Carmen Candia por darme la vida y toda su paciencia.
- A mi novia Alicia por llegar aunque llovía.
- A mis amigos por aportar siempre algo importante para mí.

Edgar

## **ABSTRACT**

Manufacturing companies are varied and different in their processes production, but share some similarities in the working areas as it is the case of the maintenance of department, in the present thesis aims to analyze and recommend a model of maintenance management for manufacturing companies that can provide operational reliability and serve them for the fulfillment of its strategic goals, although maintenance department is a functional area of this depends on the good performance and achievement of production, implement an effective system in the Department would be known to manage the technology or machinery that it possesses more efficiently than direct competitors, so that, not dependent on machinery if good management of these.

The definitions of maintenance in accordance with the literature agree that actions are to preserve and extend the functions for which the things were designed, in the case of maintenance in manufacturing companies would be applying to the machinery, equipment, facilities and services. Function of the maintenance within a company is focused on availability and prolongation of the service life of machinery and equipment for production, should be oriented to the fulfillment of the objectives of the company to which belongs and in many cases is considered a necessary cost, however, new practices and technologies are putting the function of maintenance as an integral part of productivity.

The types of maintenance: corrective, preventive, predictive, productive and the following models of management: maintenance focused on reliability, Total productive maintenance, maintenance of world class, and the evolution of companies manufacturing in Europe, Latin America and Mexico are analyzed in detail.

The General objective of this thesis is: analyze and propose a model for maintenance management for manufacturing companies that serve to provide operational reliability by identifying the main problems caused by lack of management in a maintenance department.

Reliability directly impacts on the results of the company, and must apply not only insulated equipment or machines, but all of the processes that make up the organization.

Object of study for research work are appliances MABE MCM Americas manufacturing company and a plastic automotive producing company, SOLUTIA, Tlaxcala.

To test the hypothesis was developed a questionnaire as a tool to make a diagnosis in the field of maintenance, which included the following features: quality of service, capacity for the service, information management, management of resources, preventive maintenance and technology equipment, programming and planning and support to maintenance in order to detect problems in the maintenance department and to know the perception that have areas that maintenance pay service.

Results show that in the minds of customers the most important maintenance service is its effectiveness, so that, equipment must not be fallen after being tapped and there is of course no frequent recurrences of failures, then is the speed with which people expect to be served, the knowledge and experience that maintenance personnel can have is a very visible value also for customers according to the percentage of responses obtained, the most important feature for maintenance service is efficient, and reliable customers and maintenance department personnel agree that planning and programming, and the support will lead departments to provide an excellent service.

The respective analysis sheds that the structure which is handled in the area is not adequate to carry out the works required by the companies, without an adequate structure planning, orders work, teamwork are not satisfactory for customers and also but there are material and/or tools in store the service that should be given to the maintenance area does not work.

On the basis of the results of the questionnaire of diagnostic is recommended for maintenance departments of manufacturing companies in particular, as a model of management the implementation of the following stages:

- 1.- Strategies definition and goals.
- 2.- Equipment and machinery knowledge.
- 3.- Planning and Programming; including financial resources, time and personnel.
- 4.- Dynamic evaluation.

## RESUMEN

Las empresas de manufactura son variadas y diferentes en sus procesos de producción, pero comparten algunas similitudes en las áreas de funcionamiento como es el caso del departamento de mantenimiento, en el presente trabajo de tesis se pretende analizar y recomendar un modelo de gestión de mantenimiento para las empresas de manufactura que les pueda brindar confiabilidad operacional y les sirva para el cumplimiento de sus metas estratégicas, si bien, el departamento de mantenimiento es un área funcional de este depende el buen desempeño y logro de la producción, implementar un sistema efectivo en el departamento radicaría en saber gestionar la tecnología o maquinaria que se posee de manera más eficiente que los competidores directos, es decir, no depender de las “maquinas” sino de la buena administración de estas.

Las definiciones de mantenimiento de acuerdo con la bibliografía consultada coinciden en que son acciones para conservar y extender las funciones para lo que las cosas fueron diseñadas, en el caso del mantenimiento en las empresas de manufactura se estaría aplicando a las maquinarias, equipos, instalaciones y servicios. La función del mantenimiento dentro de una empresa está enfocada a la disponibilidad y prolongación de la vida útil de la maquinaria y equipos para la producción, debe estar orientada al cumplimiento de los objetivos de la empresa a la cual pertenece y en muchos casos está considerada como un costo necesario, no obstante, las nuevas prácticas y tecnologías están situando a la función del mantenimiento como una parte integral de la productividad.

Los siguientes tipos de mantenimiento: Correctivo, Preventivo, Predictivo, Productivo y los siguientes modelos de gestión: Mantenimiento Centrado en

Confiabilidad, Mantenimiento Productivo Total, Mantenimiento de Clase Mundial, y la evolución del mantenimiento en las empresas de manufactura en Europa, América Latina y México se analizan a detalle.

El Objetivo General de esta tesis es: Analizar y proponer un modelo de gestión del mantenimiento para las empresas de manufactura que les sirva para brindar confiabilidad operacional identificando los principales problemas causados por la falta de gestión en un departamento de mantenimiento.

La Confiabilidad impacta directamente sobre los Resultados de la Empresa, debiendo aplicarse no sólo a máquinas o equipos aislados sino a la totalidad de los procesos que integran la Organización.

Las empresas objeto de estudio para el trabajo de investigación son una empresa de fabricación de electrodomésticos MABE MCM Américas y una empresa de producción de plástico automotriz, SOLUTIA, Tlaxcala.

Para comprobar la hipótesis se elaboró un cuestionario como instrumento para realizar un diagnóstico de servicio del área de mantenimiento, en el cual se incluyeron las siguientes características: Calidad del servicio, Capacidad para el servicio, Administración de la información, Administración de los recursos, Mantenimiento preventivo y Tecnología de equipo, Programación y Planeación y Soporte a Mantenimiento con el propósito de detectar los problemas del departamento de mantenimiento y de conocer la percepción que tienen las áreas a las que mantenimiento presta servicio.

Los resultados presentan que en la mente de los clientes lo más importante de un servicio de mantenimiento es su eficacia, es decir, que los equipos no fallen después de ser intervenidos y que por supuesto no haya recurrencias frecuentes de fallas, después está la rapidez con la que la gente espera ser atendida, el

conocimiento y experiencia que el personal de mantenimiento pueda tener es un valor muy visible también para los clientes de acuerdo con el porcentaje de respuestas obtenidas, la característica más importante para un servicio de mantenimiento es que sea eficaz y confiable, los clientes y el personal del departamento de mantenimiento coinciden en que el soporte y la programación y planeación llevarán a los departamentos a brindar un servicio de excelencia.

El análisis respectivo arroja que la estructura que se maneja del área no es la adecuada para llevar a cabo los trabajos que se requieren por parte de las empresas, sin una estructura adecuada la planeación, las ordenes de trabajo, el trabajo en equipo no resultan satisfactorios para los clientes y también sino se cuenta con el material y/o herramientas necesarias en el almacén, el servicio que debe dar el área de mantenimiento no funciona

Tomando sobre todo, como base los resultados del cuestionario de Diagnóstico se recomienda para los departamentos de mantenimiento de las empresas de manufactura particularmente, como modelo de gestión la ejecución de las siguientes etapas:

- 1.- Definición de estrategias y metas:
- 2.- Conocimiento de equipos y maquinaria.
- 3.- Planeación y Programación incluyendo recursos financieros, de tiempo y de personal.
- 4.- Evaluación Dinámica

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	i
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	ii
III.	JUSTIFICACIÓN .....	iii
IV.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	iv
	a) Objetivo General .....	iv
	b) Objetivos Específicos.....	iv
V.	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	v
VI.	HIPÓTESIS .....	vi
	1. Variable dependiente:.....	vi
	2. Variable independiente:.....	vi
VII.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	vii
VIII.	ALCANCES Y LIMITACIONES. ....	viii
CAPITULO I.....		1
TIPOS Y MODELOS DE GESTIÓN PARA MANTENIMIENTO.....		1
	1.1 Conceptos Generales del Mantenimiento.....	1
	1.2 Funciones de Mantenimiento .....	2
	1.3 Tipos de mantenimiento.....	3
	1.3.1 Mantenimiento Correctivo.....	3
	1.3.2 Mantenimiento Preventivo .....	7
	1.3.3 Mantenimiento Predictivo .....	10
	1.3.4 Mantenimiento Productivo .....	21
	1.4 Modelos de Gestión para Mantenimiento .....	22
	1.4.1 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	23
	1.4.2 Mantenimiento Productivo Total.....	26
	1.4.3 Mantenimiento de Clase Mundial .....	30
CAPITULO II.....		33
ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA.....		33
	2.1 Antecedentes y Evolución histórica del Mantenimiento.....	33

2.2	El mantenimiento en las empresas de manufactura en Europa, América Latina y México .....	36
CAPITULO III	.....	42
Confiabilidad Operacional en dos empresas de manufactura.....		42
3.1	Concepto General de “Confiabilidad” .....	42
3.2	Proceso de manufactura en una empresa de electrodomésticos (MABE) y en una empresa de producción de plástico automotriz (SOLUTIA).....	48
3.3	Elaboración de Diagnostico de los departamentos de Mantenimiento .....	59
CAPÍTULO IV	.....	75
RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS .....		75
4.1	Elaboración de cuestionario para entrevistas .....	75
4.2	Determinación de Población, Muestra y Muestreo .....	83
4.3	Cálculo de Muestra.....	84
4.4	Recopilación de Información .....	85
4.5	Presentación y Análisis de Resultados .....	87
4.6	Principales Problemas .....	100
4.8	Análisis de confiabilidad.....	103
CAPÍTULO V	.....	106
PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN PARA MANTENIMIENTO.....		106
5.1	Propuesta de Modelo de Gestión para el departamento de Mantenimiento en una empresa de manufactura .....	106
5.2	Dashboard de Indicadores .....	113
CONCLUSIONES.....		119
RECOMENDACIONES GENERALES .....		121
REFERENCIAS .....		122
ANEXOS .....		125

## INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla no.1 Beneficios de realizar las prácticas de clase mundial.....	31
Tabla no.2 Sectores que dinamizaron las exportaciones de manufacturas.....	38
Tabla no.3 Indicadores departamento de mantenimiento Solutia, Tlaxcala.....	71
Tabla no.4 Unidades de Negocio, MABE MCM Américas, San Luís Potosí.....	83
Tabla no.5 Tamaño de muestra para entrevistas MABE MCM Américas, San Luís Potosí	85
Tabla no.6 Tamaño de muestra para entrevistas Solutia, Tlaxcala.....	86
Tabla no.7 Resultados preliminares de problemas en plantas de mantenimiento	87
Tabla no.8 Resultados preliminares de problemas en plantas de mantenimiento	88
Tabla no.9 Principales herramientas para gestión de mantenimiento	111

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura no.1 Exportaciones mexicanas a partir de la firma del TLCAN.....	37
Figura no.2 Patrones de tasas de falla.....	44
Figura no.3 Confiabilidad Operacional.....	46
Figura no.4 Lay Out Planta MABE MCM Américas, San Luís Potosí.....	52
Figura no.5 Áreas de proceso Solutia, Tlaxcala.....	57
Figura no.6 Organigrama departamento de mantenimiento MABE MCM, Américas.....	60
Figura no.7 Organigrama departamento de mantenimiento Solutia, Tlaxcala.....	63
Figura no.8 Organigrama General, Planta Solutia, Tlaxcala.....	64
Figura no.9 Gráficas de indicadores del departamento de mantenimiento	69

MABE MCM	
Américas.....	
...	
Figura no.10 Gráficas de indicadores del departamento de mantenimiento MABE MCM Américas.....	70
Figura no.11 Gráfica de pareto.....	76
Figura no.12 Resultados generales preliminares de problemas en los departamentos de mantenimiento.....	89
Figura no.13 Resultados de la dimensión “Calidad del servicio”.....	92
Figura no.14 Resultados de la satisfacción de la dimensión de “Calidad del Servicio”.....	93
Figura no.15 Resultados de la satisfacción de la dimensión “Capacidad para el Servicio”.....	94
Figura no.16 Resultados de la satisfacción de la dimensión “Administración de los recursos”.....	95
Figura no.17 Resultados de satisfacción de la dimensión “Administración de los recursos”.....	96
Figura no.18 Resultados de satisfacción de la dimensión “Administración de la información”.....	97
Figura no.19 Resultados de la dimensión “Programación y Planeación”.....	98
Figura no.20 Resultados de satisfacción con la “Programación y Planeación”.....	99
Figura no.21 Resultados de satisfacción con el “Soporte a Mantenimiento”.....	100
Figura no.22 Contraste de resultado de dimensiones.....	101
Figura no.23 Resultado de análisis de atributos.....	102
Figura no.24 Constructo de Problemas.....	103
Figura no.25 Análisis	104

FODA.....  
Figura no.26 Modelo de gestión de  
mantenimiento.....

## **I. INTRODUCCIÓN**

La gestión del mantenimiento en las empresas de manufactura toma relevancia a partir de que en las empresas notaron que los departamentos de mantenimiento jugaban un papel muy importante como parte de sus sistemas de producción para lograr que fueran competitivas en el mundo globalizado.

El mantenimiento en los procesos de producción no solo consiste en que las máquinas trabajen y se logren los objetivos de fabricación sino de administrar los recursos con los que cuentan, en el presente trabajo de investigación se revisaron los tipos y modelos de gestión de mantenimiento existentes, se llevó a cabo un proceso de diagnóstico en dos empresas de manufactura diferentes para encontrar las variables que llevaran a plantear un modelo que sirva a estas empresas para una gestión adecuada de sus departamentos de mantenimiento.

El modelo que se plantea es resultado de un diagnóstico en dos empresas distintas de manufactura, una es de producción de electrodomésticos y la otra es de producción de plástico para la industria automotriz, los resultados sirvieron también para plantear una serie de indicadores que se recomiendan para los departamentos de mantenimiento de estas empresas.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las empresas de manufactura el nivel de tecnología que poseían las diferenciaba a unas de otras, en el mundo globalizado en el que hoy vivimos ya no es así, actualmente no es difícil acceder a los proveedores de maquinaria en todo el mundo, es tan fácil siempre y cuando se disponga del capital necesario para estar a la vanguardia, ahora lo que diferencia a una empresa eficiente de otra es la capacidad de gestión de sus recursos.

Las empresas de manufactura son variadas y diferentes en sus procesos de producción, pero comparten algunas similitudes en las áreas de funcionamiento como es el caso del departamento o área de mantenimiento, el cual debe responder a las necesidades de dichos procesos, estos departamentos deberían hacer uso de procesos de programación, planeación y ejecución de recursos con enfoques en gestión y optimización, buscar la mejora continua y agregación de valor para cumplir con los aspectos económicos que permita a las respectivas empresas mantenerse en el mercado, esto no sucede así en la mayoría de los departamentos de mantenimiento, la gestión del mantenimiento se ha convertido en un poderoso factor de competitividad cuya importancia crece día a día llevando a la necesidad de conceptualizar y de entender los procesos necesarios para desarrollar una correcta gestión de sus recursos y como resultado obtener confiabilidad operacional.

En el presente trabajo de tesis se pretende analizar y recomendar un modelo de gestión del mantenimiento para las empresas de manufactura que les pueda brindar confiabilidad operacional y les sirva para el cumplimiento de sus metas estratégicas, si bien, el departamento de mantenimiento es un área funcional de este depende el buen desempeño y logro de la producción, implementar un sistema efectivo en el departamento radicaría en saber gestionar la tecnología o

maquinaria que se posee de manera más eficiente que los competidores directos, es decir, no depender de las “maquinas” sino de la buena administración de estas.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Las empresas de manufactura sin importar su tamaño o sector al cual están enfocadas tienen que competir entre ellas, lograr la permanencia en el mercado las obliga a manejar inteligente y responsablemente sus recursos, entre ellos las áreas o departamentos de mantenimiento, contar con un buen sistema de gestión como una herramienta eficaz para ello, les da la oportunidad de destacar y contar con la preferencia de los clientes respectivos, los retrasos o falta de producción no serían del todo causados por las fallas de las máquinas o de los elementos que son manejados en estas áreas, se han detectado los siguientes rubros como los principales por problemas en las áreas de mantenimiento:

- Accidentes provocados por equipos o maquinaria mal reparada
- Tiempo muerto de la maquinaria para producción
- Re-trabajos
- Producto fuera de especificaciones
- Incumplimiento con los clientes
- Reclamaciones de clientes
- Generación de no conformidades
- Indicadores de desempeño no alcanzados
- Metas estratégicas no alcanzadas

Cada empresa aplica el sistema de gestión que considera conveniente, sin embargo, los departamentos o áreas de mantenimiento no siempre encajan en un

sistema del todo administrativo o del todo técnico, por tal motivo la presente tesis pretende recomendar un sistema que pueda servir para este fin ya que sin una buena gestión de mantenimiento se disminuye la posibilidad de supervivencia de las empresas y en el largo plazo estará en duda su permanencia en el mercado.

#### **IV. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **a) Objetivo General**

Analizar y proponer un modelo de gestión del mantenimiento para las empresas de manufactura que les sirva para brindar confiabilidad operacional identificando los principales problemas causados por la falta de gestión en un departamento de mantenimiento.

##### **b) Objetivos Específicos**

Conocer los antecedentes del mantenimiento en las empresas de manufactura

Analizar los modelos de gestión existentes para mantenimiento en las empresas de manufactura.

Analizar la confiabilidad operacional en dos empresas de manufactura.

Identificar los principales problemas causados por la falta de gestión en un departamento de mantenimiento.

Proponer un modelo de gestión de mantenimiento apropiado para empresas de manufactura que brinde confiabilidad operacional.

## V. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los antecedentes y evolución histórica del área de Mantenimiento en la producción en las empresas de manufactura?
2. ¿Qué tipo de recursos están involucrados en un departamento de mantenimiento?
3. ¿Qué tipo de sistemas de gestión existen para aplicar en mantenimiento?
4. ¿Cuál tipo de sistema de gestión se aplica mejor en un departamento de mantenimiento?
5. ¿Quién o quiénes deben estar involucrados en la aplicación de un sistema de gestión para el departamento de mantenimiento?
6. ¿Cuál es la ventaja de contar con un sistema de gestión apropiado para un departamento de mantenimiento?
7. ¿Las empresas de manufactura necesitan departamentos de mantenimiento confiables?
8. ¿Es posible que un departamento de mantenimiento brinde confiabilidad a una empresa para su producción?
9. ¿Las metas estratégicas de una empresa dependen de un departamento de mantenimiento?
10. ¿En qué medida?

11. ¿La confiabilidad se puede lograr con un buen sistema de gestión de mantenimiento?

## **VI. HIPÓTESIS**

La correcta gestión del departamento de mantenimiento en una empresa de manufactura conlleva a la confiabilidad de su producción.

### **1. Variable dependiente:**

Procesos productivos afectados y áreas subsecuentes al departamento de mantenimiento en una empresa de manufactura.

### **2. Variable independiente:**

Permanencia en el mercado de las empresas de manufactura.

## VII. DISEÑO METODOLÓGICO

En la presente tesis se pretende proponer o recomendar un sistema de gestión adecuado para una empresa de manufactura que lo utilice como la clave para contribuir al logro de las metas estratégicas y ofrezca confiabilidad productiva, para esto se estará llevando a cabo un tipo de investigación básica con un enfoque de tipo cuantitativo y descriptivo que permitirán valorar objetivamente los resultados del trabajo de campo y la información relacionada deberá ser objeto de un análisis riguroso que permita alcanzar la exposición planteada.

Para esto, la población que se considera está definida por los departamentos de mantenimiento de dos empresas de manufactura en las cuales se producen electrodomésticos y plástico automotriz respectivamente, se definieron de esta manera por tratarse de dos producciones totalmente distintas para poder encontrar los contrastes o similitudes que den lugar a las inferencias necesarias e información para lograr demostrar la hipótesis, el muestreo que generalmente se aplicará para la recopilación de información será del tipo aleatorio simple.

La obtención de datos se llevará a cabo a través de las técnicas de observación, análisis de documentos, aplicación de entrevistas, evaluación y experiencia en el rubro, el procesamiento y análisis de datos será de acuerdo al tema.

## **VIII. ALCANCES Y LIMITACIONES.**

La presente tesis tiene como alcance el trabajo realizado en dos empresas de manufactura, producción de electrodomésticos y plástico automotriz, el cual se llevará a cabo aproximadamente en tres meses con una investigación del tipo descriptiva, con un nivel de aportación a recomendaciones de tipo particular, se limita a un trabajo de campo aplicado a agentes y actores de dichas empresas y a sus respectivos perfiles y funciones.

# **CAPITULO I**

## **TIPOS Y MODELOS DE GESTIÓN PARA MANTENIMIENTO**

En el pasado el 90% del trabajo lo realizaba el hombre y 10% las maquinas, en el presente es al revés, el 90% del trabajo lo realizan las máquinas, gracias a esta dependencia la necesidad por mantener esas máquinas funcionando y desempeñando el trabajo para el que fueron creadas ha hecho que el mantenimiento evolucione. Los conceptos y tipos de mantenimiento se revisan en este capítulo para dar fundamento a este trabajo de investigación

### **1.1 Conceptos Generales del Mantenimiento**

Mantenimiento se define como la acción de conservar una cosa en buen estado o en una situación óptima para evitar su degradación.<sup>1</sup>

Otra definición según la Norma CEI 60050-191 E.2: Vocabulario electrotécnico internacional – Parte 191: Confiabilidad – 46: Conceptos de mantenimiento y logística de mantenimiento, mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas y de gestión destinadas a mantener o restaurar un elemento en un estado que le permita funcionar como lo requerido.

Las definiciones de mantenimiento de acuerdo con la bibliografía consultada coinciden en que son acciones para conservar y extender las funciones para lo que las cosas fueron diseñadas, en el caso del mantenimiento en las empresas de manufactura se estaría aplicando a las maquinarias, equipos, instalaciones y servicios.

---

<sup>1</sup> Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. Larousse Editorial, S.L. 2007

## 1.2 Funciones de Mantenimiento

La función del mantenimiento dentro de una empresa está enfocada a la disponibilidad y prolongación de la vida útil de la maquinaria y equipos para la producción, debe estar orientada al cumplimiento de los objetivos de la empresa a la cual pertenece y en muchos casos está considerada como un costo necesario, no obstante, las nuevas prácticas y tecnologías están situando a la función del mantenimiento como una parte integral de la productividad.

En mantenimiento, se agrupan una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos y máquinas, entre ellas se mencionan las siguientes:

- Mantener el equipo de producción en buena condición para que las metas de producción puedan ser alcanzadas.
- Dirigir proyectos de ingeniería como modificación de equipos, construcción, instalación y reubicación.
- Utilizar sus recursos productivamente.
- Desempeñar trabajo de calidad.
- Anticipar y prepararse para trabajo futuro.
- Alcanzar mejora continua por medio de evaluar desempeño, tomar acciones correctivas y medir el progreso.
- Prepararse para cambios futuros anticipando necesidades y organizándose flexiblemente.

Con el paso del tiempo ha aparecido el concepto de fiabilidad en las empresas y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las

fallas que se producen en los equipos, sino, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento cuya función sea estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas, se busca aumentar y fiabilizar la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costos asociados. Aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Productivo, etc<sup>2</sup>, por lo que a continuación se describen los diferentes tipos y modelos de gestión de mantenimiento.

### **1.3 Tipos de mantenimiento**

Los tipos de mantenimiento que se conocen son:

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Productivo

#### **1.3.1 Mantenimiento Correctivo<sup>3</sup>**

Es la forma más antigua de llevar un mantenimiento. Esperar a que un equipo se averíe produce unos costos a la empresa difíciles de soportar. Sin embargo, y aunque parezca increíble, es la forma de mantenimiento que aún prevalece en la mayoría de las empresas. Además en esta primera generación se

---

<sup>2</sup>Santiago García Garrido. recuperado de: <http://mantenimientoindustrial/Mantenimiento+industrial>.

<sup>3</sup> Mantenimiento Correctivo. Organización y Gestión de la reparación de averías, Santiago García Garrido, Colección Mantenimiento Industrial, Volumen 4, Editorial Renovetec, 2009.

incurría en costos de no-calidad, al tenerse que reprocesar productos (algunos cuando el cliente advertía el defecto) hasta que se vio que controlar la calidad costaba menos que las consecuencias de no hacerlo. Así nacieron los controles de calidad en los procesos (equivalente a la 2ª generación del Mantenimiento).

Más adelante se comprobó que el costo de estos controles era muy alto y se pasó al control de calidad por procesos y al control estadístico de calidad (corresponde a la 3ª generación del mantenimiento).

La evolución posterior ha sido la creación de círculos de calidad y grupos de mejora continua con objetivos de alcanzar la calidad total e integración del personal equivalente a los modelos de organización tipo Mantenimiento Productivo Total (4ª generación del Mantenimiento).

Las posteriores generaciones del mantenimiento trajeron el preventivo sistemático, el predictivo, el proactivo, el mantenimiento basado en confiabilidad, etc. Y aun así, una buena parte de las empresas basan su mantenimiento exclusivamente en la reparación de averías que surgen, e incluso algunas importantes empresas sostienen que esta forma de actuar es la más rentable. En otras muchas, las tareas correctivas suponen un alto porcentaje de su actividad y son muy pocas las empresas que han planteado como objetivo reducir a cero este tipo de tareas (objetivo cero averías) y muchas menos las que lo han conseguido.

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de

presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

Muchas empresas optan por el mantenimiento correctivo, es decir, la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más del 90% del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallos.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos.
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad.
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo.
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico.
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.

Esas son las razones que en muchas empresas inclinan la balanza hacia el mantenimiento correctivo.

No obstante, estas empresas olvidan que el mantenimiento correctivo también tiene importantes inconvenientes:

- La producción se vuelve impredecible y poco confiable.
- Las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento. Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en plantas con un alto valor añadido del producto final, en plantas que requieren una alta fiabilidad (por ejemplo empresas que utilizan el frío en su proceso), las que tienen unos compromisos de producción con clientes sufriendo importantes penalizaciones en caso de incumplimiento (por ejemplo la industria auxiliar del automóvil o el mercado eléctrico) o las que producen en campañas cortas (industria relacionada con la agricultura).

Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes:

- La vida útil de los equipos se acorta
- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Por ello, la avería puede repetirse una y otra vez.
- Hay tareas que siempre son rentables en cualquier tipo de equipo. Difícilmente puede justificarse su no realización en base a criterios económicos.
- Los seguros de maquinaria o de gran avería suelen excluir los riesgos derivados de la no realización del mantenimiento programado indicado por el fabricante del equipo.
- Las averías y los comportamientos anormales no sólo ponen en riesgo la producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente.

- Basar el mantenimiento en la corrección de fallos supone contar con técnicos muy calificados, con un stock de repuestos importante.

### **1.3.2 Mantenimiento Preventivo**

Basado en el Tiempo, consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento. El Mantenimiento Preventivo como el mantenimiento Predictivo está encaminado a aumentar la disponibilidad de las instalaciones reduciendo el número de averías y su duración.

Las estrategias convencionales de "reparar cuando se produzca la avería" ya no sirven. Fueron válidas en el pasado, pero ahora, se es consciente de que esperar a que se produzca la avería para intervenir, es incurrir en unos costes excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, etc.) y por ello las empresas se plantearon implantar procesos de prevención de estas averías mediante un adecuado programa de Mantenimiento preventivo, encaminado a reemplazar aquellas piezas con duración finita y reengrases de los sistemas.

El mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Algunos de los métodos más habituales para determinar que procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares.

El mantenimiento preventivo se puede realizar según distintos criterios:

El *mantenimiento programado*, donde las revisiones se realizan por tiempo, kilometraje, horas de funcionamiento, etc. Así si ponemos por ejemplo un automóvil, y determinamos un mantenimiento programado, la presión de las ruedas se revisa cada quince días, el aceite del motor se cambia cada 10.000 km, y la cadena de distribución cada 50.000 km.

El *mantenimiento predictivo*, trata de determinar el momento en el cual se deben efectuar las reparaciones mediante un seguimiento que determine el periodo máximo de utilización antes de ser reparado.

El *mantenimiento de oportunidad* es el que se realiza aprovechando los periodos de no utilización, evitando de este modo parar los equipos o las instalaciones cuando están en uso. Volviendo al ejemplo de nuestro automóvil, si

utilizamos el auto solo unos días a la semana y pretendemos hacer un viaje largo con él, es lógico realizar las revisiones y posibles reparaciones en los días en los que no necesitamos el coche, antes de iniciar el viaje, garantizando de este modo su buen funcionamiento durante el mismo, pero también se puede organizar algunos programas.

El mantenimiento preventivo constituye una acción, o serie de acciones necesarias, para alargar la vida útil del equipo e instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades laborales por imprevistos. Tiene como propósito planificar periodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo, con lo que se evitan reparaciones de emergencia.

Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25%, reduce 30% los costos de mantenimiento y alarga la vida útil de la maquinaria y equipo hasta en un 50%<sup>4</sup>.

Los programas de mantenimiento preventivo tradicionales, están basados en el hecho de que los equipos e instalaciones funcionan ocho horas laborables al día y cuarenta horas laborables por semana. Si las máquinas y equipos funcionan por más tiempo, los programas se deben modificar adecuadamente para asegurar un mantenimiento apropiado y un equipo duradero.

---

<sup>4</sup> Renovetec. 2012. 2014. recuperado de: <<http://www.renovetec.com/tiposdemantenimiento.html>>.

### 1.3.3 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

La organización del mantenimiento predictivo supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Vibración de cojinetes
- Temperatura de las conexiones eléctricas
- Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente. Esto se logra mediante la toma de lecturas (por ejemplo la vibración de un cojinete) en intervalos periódicos hasta que el componente falle.

Una vez determinada la factibilidad y conveniencia de realizar un mantenimiento predictivo a una máquina o unidad, el paso siguiente es determinar la o las variables físicas a controlar que sean indicativas de la condición de la máquina. El objetivo de esta parte es revisar en forma detallada las técnicas comúnmente usadas en el monitoreo según condición, de manera que sirvan de

guía para su selección general. La finalidad del monitoreo es obtener una indicación de la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad y economía.

Por monitoreo, se entendió en sus inicios, como la medición de una variable física que se considera representativa de la condición de la máquina y su comparación con valores que indican si la máquina está en buen estado o deteriorada. Con la actual automatización de estas técnicas, se ha extendido la acepción de la palabra monitoreo también a la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos. De acuerdo a los objetivos que se pretende alcanzar con el monitoreo de la condición de una máquina debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico.

- Vigilancia de máquinas. Su objetivo es indicar cuándo existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.
- Protección de máquinas. Su objetivo es evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.
- Diagnóstico de fallas. Su objetivo es definir cuál es el problema específico. Pronóstico de vida la esperanza a. Su objetivo es estimar cuánto tiempo más Podría funcionar la máquina sin riesgo de una falla catastrófica.

Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento preventivo entre las cuales tenemos las siguientes:

### *Análisis de vibraciones.*

El interés de las Vibraciones Mecánicas llega al Mantenimiento Industrial de la mano del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una Máquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a medio plazo.

El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

#### Parámetros de las vibraciones.

- Frecuencia: Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de Vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).
- Desplazamiento: Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.
- Velocidad y Aceleración: Como valor relacional de los anteriores.
- Dirección: Las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales.

### *Tipos de vibraciones.*

Vibración libre: causada por un sistema vibra debido a una excitación instantánea.

Vibración forzada: causada por un sistema vibra debida a una excitación constante las causas de las vibraciones mecánicas.

### *Análisis de lubricantes.*

Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad, según:

Análisis Iniciales: se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del Estudio de Lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación.

Análisis Rutinarios: aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros.

Análisis de Emergencia: se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo y/o Lubricante, según:

- Contaminación con agua.
- Sólidos (filtros y sellos defectuosos).
- Uso de un producto inadecuado.

Este método asegura que tendremos:

- Máxima reducción de los costos operativos.
- Máxima vida útil de los componentes con mínimo desgaste.
- Máximo aprovechamiento del lubricante utilizado.
- Mínima generación de efluentes:

De este modo, mediante la implementación de técnicas ampliamente investigadas y experimentadas, y con la utilización de equipos de la más avanzada tecnología, se logrará disminuir drásticamente:

- Tiempo perdido en producción en razón de desperfectos mecánicos.
- Desgaste de las máquinas y sus componentes.
- Horas hombre dedicadas al mantenimiento.
- Consumo general de lubricantes.

#### *Análisis por ultrasonido.*

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

Ultrasonido pasivo: Es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos. Pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada.

Se denomina Ultrasonido Pasivo a la tecnología que permite captar el ultrasonido producido por diversas fuentes.

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en un rango aproximado a los 40 Khz Frecuencia con características muy aprovechables en el Mantenimiento Predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes. Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 Khz. permite con rapidez y precisión la ubicación de la falla.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 RPM, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente.

De modo que la medición de ultrasonido es en ocasiones complementaria con la medición de vibraciones, que se utiliza eficientemente sobre equipos rotantes que giran a velocidades superiores a las 300 RPM.

### *Termografía.*

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de Termovisión por Infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis mediante Termografía infrarroja debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones, los ultrasonidos pasivos y el análisis predictivo en motores eléctricos. Pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos: ensayos, radiográfico, el ultrasonido activo, partículas magnéticas, etc.

El análisis mediante Cámaras Termográficas Infrarrojas, está recomendado para:

- Instalaciones y líneas eléctricas de Alta y Baja Tensión.

- Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- Instalaciones de climatización.
- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.

Las ventajas que ofrece el Mantenimiento Preventivo por Termovisión son:

- Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.
- Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.
- Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la Falla.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.

#### *Análisis por árbol de fallas.*

El Análisis por Árboles de Fallos (AAF), es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas que han producido dicho accidente. El hecho de su gran utilización se basa en que puede proporcionar resultados tanto cualitativos

mediante la búsqueda de caminos críticos, como cuantitativos, en términos de probabilidad de fallos de componentes.

Para el tratamiento del problema se utiliza un modelo gráfico que muestra las distintas combinaciones de fallos de componentes y/o errores humanos cuya ocurrencia simultánea es suficiente para desembocar en un suceso accidental.

La técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del Álgebra de Boole, que permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él.

Consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo (por ejemplo rotura de un depósito de almacenamiento de amoníaco) en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos, ligados normalmente a fallos de componentes, errores humanos, errores operativos, etc. Este proceso se realiza enlazando dichos tipos de sucesos mediante lo que se denomina puertas lógicas que representan los operadores del álgebra de sucesos.

Cada uno de estos aspectos se representa gráficamente durante la elaboración del árbol mediante diferentes símbolos que representan los tipos de sucesos, las puertas lógicas y las transferencias o desarrollos posteriores del árbol.

## *Análisis de modos y efectos de fallos*

Otra útil técnica para la eliminación de las características de diseño deficientes es el análisis de los modos y efectos de fallos (FMEA por sus siglas en inglés); o análisis de modos de fallos y efectos críticos (FMECA por sus siglas en inglés).

La intención es identificar las áreas o ensamblajes que es más probable que den lugar a fallos del conjunto.

El FMEA (por sus siglas en inglés) define la función como la tarea que realiza un componente --por ejemplo, la función de una válvula es abrir y cerrar-- y los modos de fallo son las formas en las que el componente puede fallar. La válvula fallará en la apertura si se rompe su resorte, pero también puede tropezar en su guía o mantenerse en posición de abierta por la leva debido a una rotura en la correa de árbol de levas.

La técnica consiste en evaluar tres aspectos del sistema y su operación:

- Condiciones anticipadas de operación, y el fallo más probable.
- Efecto de fallo en el rendimiento.
- Severidad del fallo en el mecanismo.

La probabilidad de fallos se evalúa generalmente en una escala de 1 a 10, con la criticidad aumentando con el valor del número.

Esta técnica es útil para evaluar soluciones alternativas a un problema pero no es fácil de usar con precisión en nuevos diseños.

El FMEA (por sus siglas en inglés) es útil para evaluar si hay en un ensamble un número innecesario de componentes puesto que la interacción de un ensamble con otro multiplicará los efectos de un fallo. Es igualmente útil para analizar el producto y el equipo que se utiliza para producirlo.

El FMEA (por sus siglas en inglés) ayuda en la identificación de los modos de fallo que es probable que causen problemas de uso del producto. Ayuda también a eliminar debilidades o complicaciones excesivas del diseño, y a identificar los componentes que pueden fallar con mayor probabilidad. Su empleo no debe confinarse al producto que se desarrolla por el grupo de trabajo. Puede también usarse eficazmente para evaluar las causas de parada en las máquinas de producción antes de completar el diseño.

### **1.3.4 Mantenimiento Productivo**

El mantenimiento productivo o mantenimiento planificado es la etapa anterior, al mantenimiento productivo total (TPM por sus siglas en inglés) y es la evolución del mantenimiento correctivo.

Esta etapa se caracteriza por la progresiva mentalización por la calidad y el consiguiente desarrollo de técnicas para el control y aseguramiento de la calidad. En esta etapa, se produce un gran desarrollo tecnológico en los medios de producción, impulsado por la necesidad de diseñar equipos que puedan producir bienes de la calidad exigida por el mercado.

En cuanto al mantenimiento, la creciente automatización de los procesos productivos y la complejidad de su mantenimiento, hizo que a partir de los años 50 se introdujese el concepto de Mantenimiento Preventivo y en la década de los 60 surge en Estados Unidos el concepto de mantenimiento productivo (PM) en el seno de General Electric. Este concepto hacía referencia a que el objetivo del Mantenimiento no es solo mantener los equipos sino mejorar la calidad mediante modificaciones de diseño que mejoren la fiabilidad y la mantenibilidad de los equipos. De esta manera el PM engloba el Mantenimiento Correctivo, Preventivo y la gestión de la calidad.

## 1.4 Modelos de Gestión para Mantenimiento

Los sistemas productivos durante muchas décadas han concentrado sus esfuerzos en el aumento de su capacidad de producción, están evolucionando cada vez más hacia la mejora de su eficiencia, que lleva a la producción necesaria en cada momento con el mínimo empleo de recursos, los cuales serán, pues, utilizados de forma eficiente. Todo ello ha conllevado a la sucesiva aparición de nuevos sistemas de gestión que con sus técnicas han permitido una eficiencia progresiva de los sistemas productivos y que han culminado precisamente con la incorporación de la gestión de los equipos y medios de producción orientada a la obtención de la máxima eficiencia, el primer paso firme fue la aparición de los sistemas de gestión flexible de la producción<sup>5</sup>.

Los modelos de Gestión que se conocen son:

- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés)
- Mantenimiento Productivo Total
- Mantenimiento de Clase Mundial

---

<sup>5</sup> Hacia la Competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción, Lluís Cuatrecasas Arbós, Ediciones Gestión 2000 S.A, Barcelona, Primera edición.

### **1.4.1 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**

Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde no se obtenían los resultados más adecuados para la seguridad de la navegación aérea. Posteriormente fue trasladada al campo militar y mucho después al industrial, tras comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción, es decir, la reducción del tiempo medio entre fallas. Los objetivos secundarios pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento. El análisis de los fallos potenciales de una instalación industrial según esta metodología aporta una serie de resultados:

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos.
- Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.

Las acciones tendentes a evitar los fallos pueden ser de varios tipos:

Determinación de tareas de mantenimiento que evitan o reducen estas averías.

Mejoras y modificaciones en la instalación.

- Medidas que reducen los efectos de los fallos, en el caso de que estos no puedan evitarse.
- Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en planta, como una de las medidas paliativas de las consecuencias de un fallo.
- Procedimientos operativos, tanto de operación como de mantenimiento.
- Planes de formación.

RCM se basa, en la puesta de manifiesto de todos los fallos potenciales que puede tener una instalación, en la identificación de las causas que los provocan y en la determinación de una serie de medidas preventivas que eviten esos fallos acorde con la importancia de cada uno de ellos. A lo largo del proceso se plantean una serie de preguntas clave que deben quedar resueltas: ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?, ¿Cómo falla cada equipo?, ¿Cuál es la causa de cada fallo? ¿Qué parámetros monitorizan o alertan de un fallo? ¿Qué consecuencias tiene cada fallo? ¿Cómo puede evitarse cada fallo? ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

La solución a estas preguntas para cada uno de los sistemas que componen una instalación industrial conduce a la determinación de los fallos potenciales, las causas de éstos y las medidas preventivas que tendrán que adoptarse.

El proceso de análisis de fallos e implantación de medidas preventivas atraviesa una serie de fases para cada uno de los sistemas en que puede descomponerse una planta industrial:

Fase 1: Definición clara de lo que se pretende implantando RCM. Determinación de indicadores, y valoración de éstos antes de iniciar el proceso.

Fase 2: Codificación y listado de todos los sistemas, subsistemas y equipos que componen la planta. Para ello es necesario recopilar esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc.

Fase 3: Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Determinación de las especificaciones del sistema Listado de funciones primarias y secundarias del sistema en su conjunto. Listado de funciones principales y secundarias de cada subsistema.

Fase 4: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.

Fase 5: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.

Fase 6: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, significativos, tolerables o insignificantes en función de esas consecuencias.

Fase 7: Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

Fase 8: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías: Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación, procedimientos de operación y de mantenimiento, lista de repuesto que debe permanecer en stock y medidas provisionales a adoptar en caso de fallo.

Fase 9: Puesta en marcha de las medidas preventivas.

Fase 10: Evaluación de las medidas adoptadas, mediante la valoración de los indicadores seleccionados en la fase 1<sup>6</sup>.

#### **1.4.2 Mantenimiento Productivo Total<sup>7</sup>**

El Mantenimiento Productivo Total es un nuevo enfoque administrativo de gestión del mantenimiento industrial, que permite establecer estrategias para el mejoramiento continuo de las capacidades y procesos actuales de la organización, para tener equipos de producción siempre listos.

---

<sup>6</sup> Ingeniería del mantenimiento. renovetec 2013 recuperado de: [www.ingenieriadelmantenimiento.com](http://www.ingenieriadelmantenimiento.com)

<sup>7</sup> Mailxmail cursos. *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. 2013. 2014. recuperado de: <http://www.mailxmail.com/curso-mantenimiento-industrial-1-3/mantenimiento-productivo>.

La filosofía del Mantenimiento Productivo Total hace parte del enfoque Gerencial hacia la Calidad Total. Mientras la Calidad Total pasa de hacer énfasis en la inspección, a hacer énfasis en la prevención, el Mantenimiento Productivo Total pasa del énfasis en la simple reparación al énfasis en la prevención y predicción de las averías y del mantenimiento de las máquinas.

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de las llamadas “seis grandes pérdidas” del proceso productivo, y con el objetivo de facilitar la implantación de la forma de trabajo “Just in Time” o “justo a tiempo”. Como ya se ha apuntado, el TPM es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas. Esto supone:

- Cero averías, Cero tiempos muertos y Cero defectos debido a un mal estado de los equipos.

- Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva debidos al estado de los equipos.

Se entiende entonces perfectamente el nombre: mantenimiento productivo total, o mantenimiento que aporta una productividad máxima o total.

El mantenimiento ha sido visto tradicionalmente con una parte separada y externa al proceso productivo. TPM emergió como una necesidad de integrar el departamento de mantenimiento y el de operación o producción para mejorar la productividad y la disponibilidad. En una empresa en la que TPM se ha implantado toda la organización trabaja en el mantenimiento y en la mejora de los equipos. . Se basa en cinco principios fundamentales:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos permite garantizar el éxito del objetivo.

- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. Se busca la eficacia global.

- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan.

- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.

- Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

En resumen, el TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

Difícil de aplicar en empresas de procesos, debido en muchos casos a lo ambiguo que resultan los conceptos de calidad y defectos, por otra parte el problema cultural puede entorpecer la implantación a niveles de frustración.

Donde se ha logrado su implantación exitosa, se han tenido grandes logros respecto a seguridad, ambiente, confiabilidad, disponibilidad y costos de mantenimiento.

### 1.4.3 Mantenimiento de Clase Mundial<sup>8</sup>

La aspiración legítima de alcanzar la excelencia temporal en el mantenimiento de la empresa lleva a la idea de lograr lo que se denomina mantenimiento de clase mundial. Pero no sería justo intentar imitar resultados derivados de realidades no comparables. Mantenimiento de clase mundial significa satisfacción y superación de las expectativas y necesidades de mantenimiento de la organización con referencia a la potencialidad que proporcionan las tecnologías del momento, y en relación con el contexto social y de mercado de hoy. A juicio del autor, es posible denominar mantenimiento de clase mundial al proceso de mantenimiento que satisface los requisitos y expectativas, relativas a cada momento del desarrollo de la humanidad y contexto social y de mercado, relacionadas con la seguridad, el medio ambiente, la calidad y la economía. Un mantenimiento de clase mundial implica liderazgo y debe ser demostrada su existencia. El benchmarking puede ser uno de los mecanismos que contribuyan a ubicar y decidir si el proceso de mantenimiento de una organización puede clasificarse como de clase mundial. Sin embargo, siempre las comparaciones y evaluaciones deben hacerse relativas a parámetros que realmente puedan ser comparables entre diferentes empresas que operan también en realidades diferentes. Las tecnologías de moda, bien pudieran no responder a la estrategia de una empresa en particular debido a su falta de ajuste a una realidad, o a la incapacidad de ser asumida por la organización. Más importante que el resultado es el estudio de las condiciones y formas de hacer que han propiciado ese resultado, para comprender si se trata de un efecto aislado y obtenido en un esfuerzo por campaña o existe una organización verdaderamente orientada a la mejora continua, que es la única manera de estar seguros de la posibilidad de mantener o conseguir un posible estado de excelencia, que es como decir mejora puntual. Alcanzar una condición a

---

<sup>8</sup> Mantenimiento-de-Clase-Mundial-Varios, Ángela Barroso, Universidad Santa María, Barcelona, Cátedra Ingeniería Industrial, Agosto 2011

la que pueda llamársele mantenimiento de clase mundial, implica tránsito y evolución de la cultura organizacional vista como un todo vivo y en interacción. Hay que mantener la consciencia que se trata de un calificativo con validez hoy, sin la garantía del mañana, esta última sólo podrá ser otorgada por la adhesión incondicional al principio de la mejora continua.

En la tabla número 1 se muestra los beneficios de realizar las prácticas de Clase Mundial.

**Tabla no.1 Beneficios de realizar las prácticas de Clase Mundial**

<b>PRÁCTICA</b>	<b>BENEFICIOS</b>	<b>EJEMPLOS DE MEDIDAS</b>
Despliegue de Liderazgo y Políticas	Entendimiento	Misión Definida y accesible
	Compromiso de la Gerencia	Visión Definida y accesible
	Enfoque de Prioridades	% Políticas desarrolladas en la planta
Estructura Organizacional	Claridad de responsabilidades	% Personal Técnico por Zonas
	Claridad en las relaciones de reporte	Controles > del promedio
	Cumplimiento Asegurado de la Responsabilidad	% Rotación o deserción
	Control Mejorado	% Ausentismo
Control de Inventario	Menores Retrasos	Devoluciones
	Menores Pérdidas	Nivel de Exactitud
	Menores costos	Nivel de Servicio
	Incremento de tiempo hábil	% Tiempo perdido por Falta de Partes
CMMS Sistemas de Manejo Computarizado de Mantenimiento	Más rápidos indicadores de desempeño	% Recursos controlados en CMMS
	Mejores análisis históricos	% Módulos CMMS Aplicados
	Identificación de problemas	% Exactitud de Información capturada
Mantenimiento Preventivo (PM por sus siglas en inglés)	Costos más bajos de mantenimiento	% PM respecto a actividad total

	Ciclos de vida más largos	% Correctivo Vs. Preventivo
	Menos tiempos perdidos	% PM Cumplimiento con programa
	Identificación temprana de problemas	% PM Vs. Emergencias

Fuente: Awardspace. *Articulo-001-parte2*. 2014. 2014. recuperado de: <<http://tpm.awardspace.us/Articulo-001-parte2.htm>>.

La gestión del mantenimiento con conocimientos y análisis enfocados a la mejora continua aplicados en los departamentos de mantenimiento facilita la planeación, programación y ejecución de la función de estos departamentos, además de que aumenta el ciclo de vida de los activos económicos de una organización, reduce los costos y se eliminan los riesgos para un adecuado funcionamiento, si todo esto se cumple y se lleva a cabo, el objetivo principal de estos departamentos se cumplirá sin mayor problema, la gestión del mantenimiento es un poderoso factor de competitividad como ya se ha mencionado, en adelante se analizará a fondo esta percepción y se llevará a cabo un análisis para sustentar la hipótesis del presente trabajo de investigación.

## **CAPITULO II**

### **ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA**

El origen del Mantenimiento como función en la industria es como ha pasado con muchos otros descubrimientos importantes, la necesidad o el azar son los responsables, sus antecedentes y evolución en las empresas de manufactura se revisan y analizan a continuación.

#### **2.1 Antecedentes y Evolución histórica del Mantenimiento**

Podría decirse que desde que el hombre utilizó herramientas se sintió en la necesidad de conservarlas o de mantenerlas para poder usarlas, ya como tal, la función del mantenimiento surge por los altos costos de no reparar a tiempo las máquinas utilizadas para la producción, por lo tanto, cobra importancia real con el nacimiento de la producción en serie.

A finales del siglo XVIII y comienzo del XIX durante la Revolución Industrial con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación y de igual manera los conceptos de competitividad, costos entre otros. De la misma manera se empezó a tomar en cuenta el término de falla y también se empezó a notar que esto producía paros en la producción. Tal fue la necesidad de controlar estas fallas que hacia los años 20 ya empezaron a aparecer las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipo de aviación.

Se puede decir que la historia del mantenimiento va de la mano con el desarrollo técnico-industria, con las primeras máquinas se empezó a tener la necesidad de las primeras reparaciones. La mayoría de las fallas que se presentaban en ese entonces eran el resultado del abuso o de los grandes esfuerzos a los que eran sometidas. En ese entonces el mantenimiento se hacía hasta cuando era imposible seguir usando el equipo. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación y producción.

Con la primera guerra mundial y de la implementación de una producción en serie formal, las fabricas pasaron a establecer programas mínimos de producción por lo cual se vio la necesidad de crear equipos que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible, así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocido como MANTENIMIENTO CORRECTIVO. En 1950 un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos. Esta nueva forma o tendencia de mantenimiento se llamó MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

A partir de 1966, con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento creadas al final del periodo anterior, y a la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento, pasa a desarrollar criterios de predicción de fallas, visualizando así la optimización de la actuación de los equipos de ejecución del mantenimiento, estos criterios fueron conocidos como MANTENIMIENTO PREDICTIVO, los cuales fueron asociados a

métodos de planeación y control de mantenimiento. Posteriormente apareció el concepto de MANTENIMIENTO PRODUCTIVO, fue una nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional, se asignaron más responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo.<sup>9</sup>

En 1970 aparecen paralelamente dos filosofías de mantenimiento : Por un lado desde occidente (USA) nace el concepto de Costo de Ciclo de Vida (Life Cycle Cost - LCC) que conjuga los conceptos de vida útil con el de la rentabilidad y el mantenimiento durante la vida productiva de los sistemas , y en la misma época desde Oriente (Japón) aparece el Mantenimiento Productivo Total (TPM) como método organizativo que integrando el Mantenimiento Productivo pretende establecer una cultura propia en todos los empleados de la empresa buscando un equilibrio funcional entre las responsabilidades de producción y mantenimiento. TPM es un concepto de mejoramiento continuo que ha probado ser efectivo

En 1980, Se empezó a aplicar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM basado en: Mantenimiento Planificado = PMO, Enfoque hacia la confiabilidad = RCM y Enfoque hacia los costos= PMO. Diez años después, tomó lugar la globalización del mercado y los estándares de "Clase Mundial" en términos de mantenimiento del equipo se comprendieron, un sistema más dinámico tomó lugar creando nuevas y más fuertes necesidades de excelencia en todas las actividades.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Steven Nieto. Mantenimientos industriales .2009.recuperado de:

<http://mantenimientosindustriales2009.blogspot.mx/2009/05/historia-del-mantenimiento.html>

<sup>10</sup> Leanexpertise. Historia y Evolución del Mantenimiento, 2014. Recuperado de:

[http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE/articles\\_on\\_total\\_productive\\_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistorySpanish.htm](http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistorySpanish.htm)

## **2.2 El mantenimiento en las empresas de manufactura en Europa, América Latina y México**

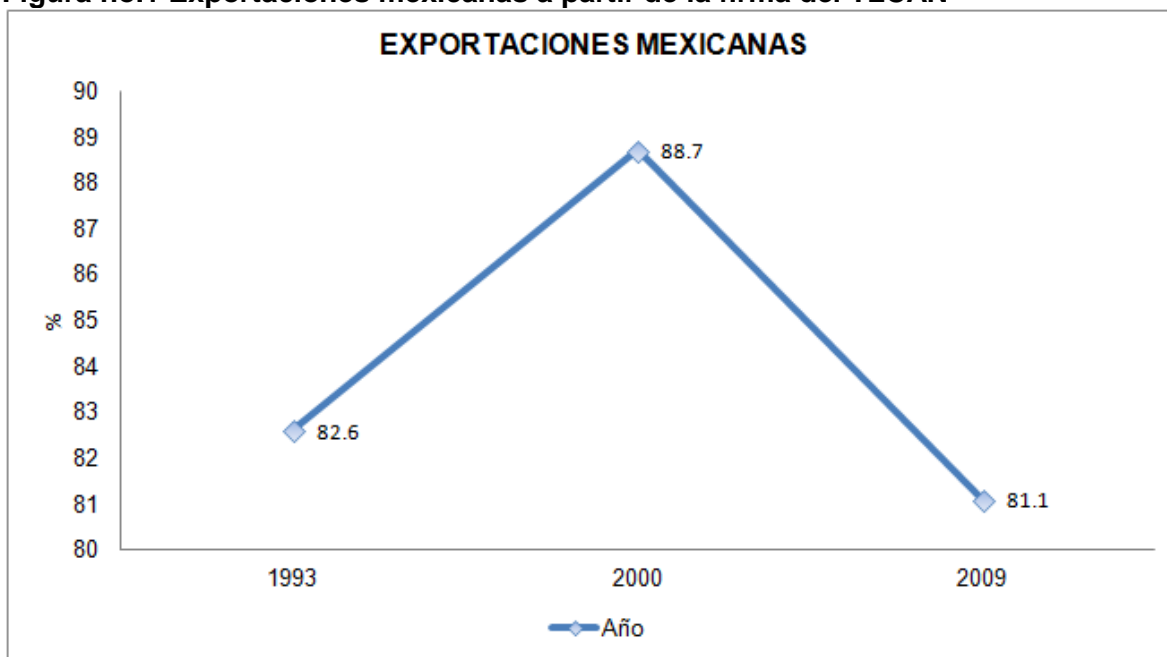
Con la firma del tratado de libre comercio de América del Norte (TLCAN) y la Inversión Extranjera Directa (IED) en México, la cual estuvo canalizada en particular hacia el sector manufacturero, el crecimiento de este sector en el periodo 1996-2005 estuvo íntimamente ligado a las exportaciones de bienes intermedios y finales, el patrón de especialización manufacturera se relacionó con la abundancia de mano de obra menos calificada en México que, conjuntamente con la cercanía geográfica, determinó una tendencia a que las empresas manufactureras se aglomerasen en la región fronteriza de México. No obstante, la diferencia en la productividad y la dotación de capital humano determinó que al iniciar la década del 2000, las exportaciones, particularmente del sector maquilador, experimentarían una pérdida de mercado en la economía estadounidense en favor de países como China.

Aunque el acelerado crecimiento de las exportaciones llevó a México a expandir su comercio exterior durante la década de los noventa, las exportaciones manufactureras mexicanas no lograron diversificarse geográficamente, concentrándose fundamentalmente al mercado de EUA, al aprovechar las condiciones propicias generadas por el establecimiento del TLCAN. Lo anterior determinó una dependencia de la economía mexicana en el comportamiento del mercado estadounidense y llevó a una competencia de otros países por penetrar dicho mercado.

De esta manera, a partir de la firma del TLCAN, la participación de las exportaciones mexicanas en el total de las exportaciones se elevó de un promedio

de 82.6% en 1993 a un máximo de 88.7% en el 2000, año desde el cual se redujo su participación hasta alcanzar un promedio de 81.1% en el primer semestre de 2009, probablemente como resultado de la fuerte caída de la demanda de exportaciones mexicanas a EUA<sup>11</sup>.

**Figura no.1 Exportaciones mexicanas a partir de la firma del TLCAN**



Fuente: Elaboración Propia a partir de información del artículo “El comportamiento de la industria manufacturera de México ante la recesión económica de EUA”. Jorge Eduardo Mendoza Cota. Octubre 2010

Así mismo, deben destacarse que los sectores que dinamizaron las exportaciones de manufacturas fueron, en primer término, la industria de productos metálicos, maquinaria y equipo, la que participaba en promedio en 1993 con 68.8% del total de las exportaciones manufactureras, incluyendo la actividad maquiladora, elevándose su porcentaje a 71.6% en el primer trimestre de 2009. Al interior de este subsector las ramas de transporte y comunicaciones y productos automotores mostraron una elevada participación de 24.5 y 24.7%,

<sup>11</sup> Mendoza Cota, Jorge Eduardo “El comportamiento de la industria manufacturera de México ante la recesión económica de EUA”. Octubre 2010recuperado de:  
<http://www.revista.economia.uady.mx/2010/XXVII/75/01.pdf>

respectivamente, en 1993, reduciéndose su participación en 2009 a 4.5 y 17.7%. El otro sector de importancia es de producción de aparatos eléctricos y electrónicos que representó 36.02% de las exportaciones manufactureras en 1993 y 31.2% en el primer semestre de 2009<sup>12</sup>, estos datos se presentan en la tabla no.2

**Tabla no.2 Sectores que dinamizaron las exportaciones de manufacturas**

		1993	2009
Sector	SubSector	%	
Industria Productos Metálicos	Maquinaria y Equipo	68.8	71.6
Actividades Maquiladoras	Transporte y Automotores	24.5 - 24.7	4.5 -17.7
	Producción Aparatos Electrónicos	36.02	31.2

Fuente: Elaboración Propia a partir de información del artículo "El comportamiento de la industria manufacturera de México ante la recesión económica de EUA". Jorge Eduardo Mendoza Cota. Octubre 2010

De acuerdo con los últimos cálculos realizados por United Nations industrial Development Organization (UNIDO) el crecimiento industrial global fue bajo en el tercer trimestre de 2012, debido a la actual recesión económica en Europa y su impacto cada vez mayor sobre las nuevas economías industrializadas y en desarrollo. Según las últimas estimaciones de la UNIDO, la producción manufacturera mundial creció apenas un 2.2% en el tercer trimestre de 2012 en comparación con el mismo período del año pasado. Esta es la tasa más baja de crecimiento desde el último trimestre de 2009. El sector ha caído un 1.3% en comparación con el trimestre anterior, lo que indica el debilitamiento de la economía mundial. Los países desarrollados han sostenido relativamente mayores tasas de crecimiento en la mayoría de los productos, y el crecimiento global de la

<sup>12</sup> Idem

producción manufacturera se ha desacelerado y cayó en los países industrializados.

Según la OCDE y la CEPAL dentro de Latinoamérica se identifican fundamentalmente tres grupos de países:

1. Los del Cono Sur, concentrados en bienes primarios y manufacturas basadas en recursos naturales;
2. Los de Centroamérica, especializados en la exportación de manufacturas de mediana y baja tecnología derivadas de la industria manufacturera de exportación, y
3. Grupo conformado por Costa Rica, Brasil y México, que presentan el mayor grado de diversificación regional en las exportaciones incluyendo manufacturas de mediana y alta tecnología.

A pesar de la crisis financiera global y sobre todo la de Europa, la situación de la economía en América Latina ha mostrado alguna mejora en algunos casos y en otros , se ha mantenido en los últimos años debido al tipo de producción que tiene.

Aunque hay casos como el de Brasil, cuya producción manufacturera cayó por tercer trimestre consecutivo en 2012, a pesar de las medidas adoptadas por el gobierno para controlar el aumento de los precios, la producción de maquinaria y equipo y vehículos de motor se redujo. Así también la producción manufacturera cayó también en Argentina y Colombia. Por el contrario, Chile, México y Perú tuvieron una relativamente mayor tasa de crecimiento de la producción

manufacturera en más de un 4.0%. Sin embargo es de hacer notar que la recuperación de los países industrializados sufrió nuevos reveses. La tendencia para el primer semestre de 2012 mostró una mezcla de crecimiento dinámico en América del Norte y Asia oriental y cierta incertidumbre en Europa<sup>13</sup>.

Un sector que muestra el impulso de este sector es el de vehículos de motor en donde Estados Unidos mantuvo un fuerte crecimiento, lo cual fue atribuido al paquete de rescate del gobierno para apoyar a los productores más importantes de automóviles. La producción de vehículos de motor también se incrementó en Canadá y el Reino Unido, la producción de vehículos de motor también se redujo en Francia, Alemania y la Federación de Rusia. Subsectores tales como textiles, productos de madera y los metales básicos se redujeron significativamente en países industrializados en general.

Los datos del cuarto trimestre de 2012, presentados por el Fondo Monetario Internacional, revelan todavía la fuerte influencia de la recesión en Europa, la débil recuperación en América del Norte y la disminución de la producción en el Este de Asia. Prueba de ello es que en los países industrializados la producción manufacturera total ha caído en comparación con el mismo periodo del año anterior. Esta es la primera vez desde el último trimestre de 2009 que el crecimiento promedio de todos los países industrializados ha sido negativo. Habitualmente la estructura del crecimiento global industrial se caracterizó por tener dinámicas diferentes en países desarrollados y en desarrollo y aún después de la crisis de 2008 no fue la excepción; las manufacturas fueron el recurso clave

---

<sup>13</sup>Industria Manufacturera”, Asociación Bancaria de Guatemala, Marzo 2013 recuperado de:  
<http://www.abg.org.gt/pdfs/marzo2013/SECTOR%207%20INDUSTRIA%20A%20MARZO%20DE%202013.pdf>

del crecimiento económico y la recuperación de la crisis financiera tanto para EE.UU. como para Japón<sup>14</sup>.

Todo lo anterior se apunta con el fin de exponer el contexto en el que se encuentran las empresas de manufactura en EUA, México y Europa, aunque no se encontraron datos precisos del mantenimiento en estos países que pudieran tomarse como válidos se puede decir que los departamentos de mantenimiento de dichas empresas deben estar enfocados de acuerdo al ramo en el que estas se desempeñan y aunque varían y trabajan en pro de sus respectivas producciones y que sus mercados son muy diferentes, estos departamentos han pasado por un proceso evolutivo que ha permitido a sus empresas mantenerse en sus mercados y aunque se sabe que los modelos a seguir siempre son los que dan resultados o son exitosos, no todos aplican como un traje a la medida, de alguna manera puede decirse que los números citados en los párrafos anteriores son en parte al trabajo que se lleva a cabo por los dichos departamentos.

Hasta ahora se ha revisado lo que existe en los textos para mantenimiento y de acuerdo con lo anterior tras la crisis y el periodo actual de recuperación que se está viviendo es importante dar a los departamentos de mantenimiento la importancia y peso específico que tienen dentro de las empresas.

---

<sup>14</sup>Idem

## **CAPITULO III**

### **Confiabilidad Operacional en dos empresas de manufactura**

En el mundo moderno, el concepto de Confiabilidad adquiere gran trascendencia, en los departamentos de mantenimiento esto se vuelve fundamental porque recordemos que de su gestión depende en buena medida el proceso de manufactura, en las siguientes secciones se revisa este concepto para estos departamentos.

#### **3.1 Concepto General de “Confiabilidad”**

Confiabilidad es la "capacidad de un ítem de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas". Habremos logrado la Confiabilidad requerida cuando el "ítem" hace lo que queremos que haga. Al decir "ítem" podemos referirnos a una máquina, a una planta industrial, a un proceso, a un rodado o a un sistema. La Confiabilidad impacta directamente sobre los Resultados de la Empresa, debiendo aplicarse no sólo a máquinas o equipos aislados sino a la totalidad de los procesos que integran la Organización.

El concepto de “Confiabilidad en el Mantenimiento”, se fue transformando en “Confiabilidad en la Gestión de Activos”. Hoy, Siglo XXI, comprendemos que la Gestión de Activos afecta a todos los aspectos del negocio: seguridad, integridad del medio ambiente, uso eficiente de recursos (humanos, materiales, energía), calidad del producto y servicio al cliente, todo con Costo-Eficacia.

Hoy existe un Modelo de Gestión de Activos y Confiabilidad que, a través de herramientas específicas permiten lograr Costo-Eficacia. Todas las técnicas de

última generación utilizadas al respecto, coinciden en “cambiar la forma de pensar”, aplicar una Metodología estructurada, capacitación, trabajo grupal, capacidad para implementar las acciones correctivas necesarias y un fuerte foco en los resultados<sup>15</sup>.

Existe una preocupación creciente en la importancia de la mantenibilidad y confiabilidad de los equipos, de manera que resulta clave tomar en cuenta estos valores desde la fase de diseño del proyecto. Otro punto importante es la tendencia a implantar sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento.

A parte de estas características descritas anteriormente, existen otros dos temas importantes dentro del mantenimiento actual:

- La Gestión del Riesgo: Cada día cobra más importancia la identificación y control de los posibles sucesos que presentan una baja probabilidad pero consecuencias graves, sobre todo en organizaciones que operan en industrias con riesgo. El mantenimiento se está viendo como un participante clave en este proceso. En el pasado, este tipo de sucesos se controlaban simplemente con una extensión de los Sistemas de Gestión de Seguridad y Medio Ambiente implantados en cada empresa. Sin embargo, existe una creciente percepción de que la aplicación de estos sistemas de gestión a los sucesos de “baja probabilidad / consecuencias graves” no es efectiva, por lo que es necesario desarrollar otras metodologías.

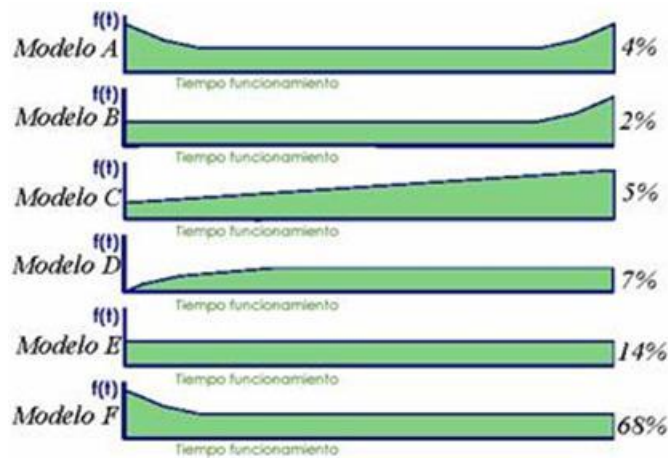
- Patrones de Falla: Las nuevas investigaciones están cambiando muchas de las tradicionales creencias sobre la relación existente en una máquina entre el envejecimiento y la falla. En particular, se ha demostrado que para muchos

---

<sup>15</sup> Ellman-Sueiro&Asociados, Asesores de Empresas. 2008 recuperado de:  
<http://www.gsati.cl/Pdf/Confiabilidad.pdf> Enrique Ellmann,2008.

equipos existe muy poca relación entre el tiempo de operación y la probabilidad de falla. El enfoque inicial del mantenimiento suponía que la probabilidad de que una máquina falle aumenta según el tiempo de operación, siendo mayor la probabilidad de falla en la “vejez” de la máquina. De esta forma la tasa de fallas de una máquina puede ser representada con una curva de bañera, existiendo, por tanto, más probabilidad de falla durante el principio y el final de su vida útil. Sin embargo, en el mantenimiento actual se ha demostrado que podemos definir seis patrones diferentes de tasa de fallas, según el tipo de máquina que estemos utilizando. Tener en cuenta el patrón al que se ajusta cada elemento es fundamental si se quiere conseguir una óptima planificación del mantenimiento

**Figura no.2 Patrones de tasas de falla.**



Fuente: Sumario de Artículos de Confiabilidad de Mantenimiento, Sandra Rosas, 2012recuperdo de: [www.utcj.mx/claroline/claroline/backends/download.php](http://www.utcj.mx/claroline/claroline/backends/download.php)

Para los patrones de falla A, B y C, la probabilidad de falla aumenta con la edad hasta alcanzar un punto en el que es conveniente reemplazar el componente antes de que falle y así reducir su probabilidad de falla. En el caso de los componentes que presentan una probabilidad de falla del modelo E, reemplazar el componente no mejorará en ningún caso su confiabilidad, ya que el nuevo elemento tendrá la misma probabilidad de falla que el antiguo.

Si el patrón de falla al que se ajusta el componente es el F, reemplazar el elemento a intervalos fijos por un componente nuevo, no sólo no mejorará la confiabilidad, sino que aumentará la probabilidad de falla, ya que en la “infancia” presenta más mortalidad que en la vejez.

En la figura no.2 se observa que más del 50% de los componentes presentan fallas en la “infancia”. Esto quiere decir que cada vez que se repara o reemplaza un equipo, las posibilidades de falla prematura debido a esa operación de mantenimiento son muy elevadas. Algunas de las posibles explicaciones que se pueden dar a este hecho, son errores humanos, errores del sistema, errores de diseño o errores de piezas.

Por lo visto anteriormente, está claro que el mantenimiento actual debe centrarse en reducir las operaciones de mantenimiento provocadas por fallas que se ajustan al modelo F. Es decir, fallas ocurridas en la “infancia” de los equipos. Para los elementos que ajusten su tasa de fallas a este patrón F, un mantenimiento planificado a intervalos fijos aumentará las posibilidades de falla, ya que el equipo nuevo presentará más probabilidad de falla que el antiguo. Por ese motivo existe una tendencia generalizada a “mantener lo mínimo posible”, debido a que cualquier operación de mantenimiento realizada puede aumentar la probabilidad de falla.

Otra posibilidad, es centrarse en reducir de manera global las probabilidades de falla sobre todos los modelos. La forma de realizar esto, es mediante la utilización de un Mantenimiento Proactivo, es decir buscar la forma de eliminar las fallas, más que eliminar sus consecuencias.

Para eliminar las fallas, hay que eliminar sus causas, lo que implica conocerlas. Existen herramientas como el Análisis Causa-Raíz que ayudan a identificar y eliminar las causas de las fallas, aunque en muchas ocasiones se utiliza como una herramienta reactiva más que proactiva.

El mejoramiento en la confiabilidad operacional desarrollada con la intención de agrupar las mejores prácticas de mantenimiento y operaciones con una orientación al negocio, reconoce las limitaciones que el mantenimiento como función tiene para lograr una confiabilidad adecuada.

La figura no. 3 ilustra un poco más la idea:

**Figura no. 3 Confiabilidad Operacional.**



Fuente: Sumario de Artículos de Confiabilidad de Mantenimiento, Sandra Rosas, 2012.  
Recuperado de: [www.utci.mx/claroline/claroline/backends/download.php](http://www.utci.mx/claroline/claroline/backends/download.php)

Para mejorar los cuatro sectores nombrados en la figura anterior, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad divide las técnicas de mejoramiento en:

- Diagnóstico: Aquí mediante uso de técnicas asociadas al manejo de riesgo se cuantifican las oportunidades a corto plazo (reactivas) y mediano largo plazo (proactivas). Como resultado se obtiene una jerarquía de implementación. Aquí se hace uso de herramientas de análisis de criticidad y de oportunidades perdidas (a modo de ejemplo), estas permiten establecer las oportunidades de mejoramiento y que herramientas de control podrían usarse para capitalizar las oportunidades halladas

- Control: Aquí se usa el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad como técnica proactiva y el análisis causa-raíz como técnica reactiva. Como resultado se obtienen una serie de tareas de mantenimiento, operaciones y rediseño a ejecutar para mejorar el desempeño.

Estas técnicas de control por lo general son técnicas del tipo cualitativo y basadas en reglas fijas para la toma de decisión (por ejemplo: diagramas lógicos).

- Optimización: Aquí mediante el uso de herramientas avanzadas de cálculo costo- riesgo se hallan los intervalos óptimos de mantenimiento, paradas de planta, inspecciones, etc.

Se trata de técnicas del tipo numérico e involucran el modelado de los equipos y/o sistemas.

Según la teoría de restricciones, el primer paso para la implantación es identificar los cuellos de botella (estaciones de servicio que determinan la velocidad del flujo en el sistema), luego se asignan las prioridades a los trabajos a ser ejecutados y finalmente se balancea el sistema. Este proceso es reiterativo, ya que al cambiar las condiciones externas o internas del sistema, van apareciendo nuevos cuellos de botella, lo que trae consigo nuevas acciones correctivas<sup>16</sup>.

El objetivo general de esta tesis es proponer un sistema de gestión para los departamentos de mantenimiento de las empresas de manufactura conociendo su grado de confiabilidad, de acuerdo con la bibliografía revisada uno de los pasos que se deben seguir es realizar un diagnóstico para llevar a cabo un proceso de implementación o mejora adecuado, en las secciones siguientes de este trabajo se llevará a cabo el diagnóstico de dos empresas de manufactura.

### **3.2 Proceso de manufactura en una empresa de electrodomésticos (MABE) y en una empresa de producción de plástico automotriz (SOLUTIA)**

En este capítulo se describe a dos empresas de manufactura totalmente diferentes que se encuentran bien posicionadas en sus respectivos mercados.

MABE es una empresa productora de electrodomésticos, líder en México y con buena presencia en Estados Unidos de América y América Latina, la planta de producción objeto del análisis de esta tesis se encuentra ubicada en San Luis Potosí, MABE MCM Américas está dedicada a la fabricación de compresores para refrigeración y motores para lavadoras, en ella actualmente laboran 900 personas,

---

<sup>16</sup> Sumario de Artículos de Confiabilidad de Mantenimiento, Sandra Rosas, 2012. recuperado de: [www.utcj.mx/claroline/claroline/backends/download.php](http://www.utcj.mx/claroline/claroline/backends/download.php)

MABE cuenta con otras plantas de producción ubicadas en el mismo estado de San Luis Potosí, Querétaro y Guanajuato donde se fabrican y se arman los electrodomésticos.

Solutia es una empresa productora de hoja de Polivinil Butiral, un plástico con características especiales de adherencia y propiedades exclusivas para la fabricación de vidrio automotriz, lo cual la hace una empresa diferente y líder en su ramo en México y Estados Unidos de América, del total de la producción el 70% se exporta a este país y Asia<sup>17</sup>, el 30% se vende en México<sup>18</sup>. En la cadena de producción automotriz, Solutia forma parte del tercer nivel, es decir, se considera como proveedor primario para la fabricación de vehículos de cualquier tipo.

### **3.2.1 Antecedentes MABE**

MABE es una empresa multinacional que diseña, produce y distribuye electrodomésticos a más de 70 países alrededor del mundo. La compañía se estableció en la Ciudad de México, en el año 1946. Los señores Egon Mabardi y Francisco Berrondo unieron las dos primeras silabas de sus apellidos, dando origen a la palabra “MABE” la empresa empezó con un pequeño taller de bases metálicas para lámparas fluorescentes, posteriormente MABE se dedicó a la creación de gabinetes y muebles de empotrar para cocina. En la década del 50 comenzó a manufacturar productos de línea blanca como cocinas a gas y refrigeradores. Su rápido crecimiento permitió que se convirtiera en el mayor exportador de electrodomésticos en México en 1960. En 1987 realizó una alianza

---

<sup>17</sup> Registros Solutia, Tlaxcala

<sup>18</sup> Idem

estratégica con General Electric (GE) con el propósito de elaborar electrodomésticos para el mercado estadounidense. Como parte de un esfuerzo para alejarse del control de las operaciones mexicanas de los Estados Unidos, GE decidió entrar en la alianza con un 48% de las acciones. Con esta operación General Electric esperaba poder acceder a la mano de obra barata que existía en México. Por su parte, MABE recibió gran acceso al mayor mercado de consumo a través de las redes de distribución de GE en Estados Unidos. Para la década de los 90 más de dos tercios de las cocinas a gas y refrigeradores que se vendían en Estados Unidos eran diseñados y manufacturados por MABE en México. Además el 95% de los que se vendían bajo la marca de General Electric eran producidos en la fábrica de MABE en San Luis Potosí cuya planta inició operaciones en 1978 con el nombre de Consorcio Manufacturero S.A. de C.V. (COMASA), produciendo el compresor para refrigerador MVA, en noviembre de 1994 nació el proyecto “mabe sanyo compressors”, con la importante alianza establecida con SANYO ELECTRIC CORPORATION. En septiembre de 1995 arrancó la línea que produciría el modelo C - BZN, un año después en septiembre de 1996 una nueva línea produciría el modelo C-QN y en marzo de 1998 se expande la línea de C-BZN, actualmente en esta planta se producen 1,996,800 compresores para refrigeradores al año, MABE se convirtió en la marca líder de electrodomésticos en México, superando a la marca Acros Whirlpool de Vitro, con el 50% de la cuota de mercado nacional.

A medida que la compañía seguía creciendo, la producción y las exportaciones se mantenían concentradas en América Latina. A mediados de los 90, MABE era una de los líderes en la manufactura de productos de línea blanca en el mundo, con un crecimiento anual de entre el 15 y el 20%. En México, MABE prácticamente dominaba el mercado, mientras que en América Latina dominaba el 70% de la cuota del mercado. El grupo MABE también generó otras alianzas y creó nuevas empresas conjuntas con fabricantes regionales. La situación de

MABE se vio favorecida con el TLCAN, ya que gracias a este tratado pudo adquirir la empresa canadiense CAMCO. En América Latina, MABE tuvo el derecho de distribuir sus productos bajo una variedad de marcas conocidas, tales como GE y una serie de marcas regionales. Estas marcas regionales estaban altamente consideradas en sus países de origen. Actualmente MABE produce 15 millones de unidades al año; lo que se traduce en USD\$4000 millones en ventas<sup>19</sup>.

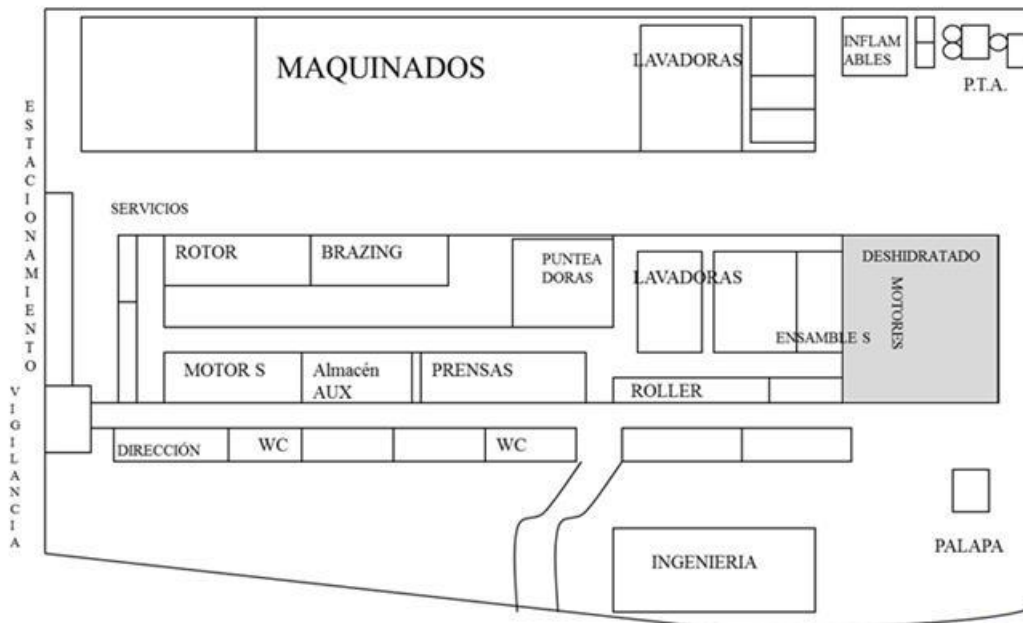
### **3.2.2 Proceso de Producción MABE**

En MABE MCM Américas, San Luis Potosí, se fabrican dos productos: compresores para refrigeradores y motores para lavadoras. El proceso de fabricación del compresor se divide en cinco zonas: Prensas, Motores, Maquinados, Ensamble y Deshidratado. La figura número 4 ilustra las áreas de proceso.

---

<sup>19</sup> Historia MABE, Registros Planta MABE MCM Américas, San Luis Potosí.

**Figura no.4 Lay Out Planta MABE MCM Américas. San Luis Potosí.**



Fuente: Registros MABE MCM Américas, San Luis Potosí.

El proceso de fabricación del compresor se divide en siete sub-procesos:

- Prensas: En esta zona se reciben rollos de lámina de diferentes calibres (grosos) y con ella se fabrica: el cuerpo exterior del compresor, las bases para sujetarlo al refrigerador, el estator del motor (núcleo) el laminado del rotor y partes internas del compresor para sujetar el motor. Al núcleo del motor se le realizan pruebas para determinar las pérdidas magnéticas del mismo. Esto se realiza para determinar si el rotor cumple con las especificaciones eléctricas relacionadas con la eficiencia del motor.
- Punteadoras: Es donde se soldán algunas de las piezas que se fabrican en prensas y maquinados y que deben ir perfectamente sujetas tales como, los tubos para el gas refrigerante, la terminal de conexión eléctrica, las bases (patas) del compresor. Cada determinado número de piezas soldadas se realizan pruebas destructivas a una de ellas para determinar si la calidad de la soldadura se encuentra dentro de

especificaciones y garantizar que las piezas ensambladas estén perfectamente soldadas (sujetas).

- Motores: En esta zona se incorpora el alambre al laminado que se fabricó en prensas. Se reciben rollos de alambre de diferentes calibres (para diferentes modelos de motor) y mediante máquinas automáticas se hacen los devanados y se insertan en el núcleo. Una vez que se armó el estator, se le realizan pruebas eléctricas tales como rigidez dieléctrica del aislamiento, aislamiento a tierra, orientación de los campos magnéticos, surge, resistencia eléctrica, para garantizar que el estator cumple con los requerimientos eléctricos para ser ensamblado.
- Maquinados: Aquí se recibe el material directamente de fundición (proveedor externo) o bien piezas metálicas de dimensiones específicas, a las cuales se les dan las dimensiones y acabados requeridos. Las piezas que se fabrican son: cigüeñal, deslizador, placa-válvula, bastidor, block, pistón, cilindro. Otra zona que pertenece también a maquinados es el área de lavadoras. Como su nombre lo indica, se incorporan las piezas metálicas para eliminar toda la suciedad que tiene propia del proceso (aceite, agua, etc). También en esta parte se le incorpora una película muy delgada de un compuesto químico para retardar un poco la corrosión mientras esperan a ser ensambladas. Esta película es muy delgada y se elimina al poner en funcionamiento el compresor.
- Rotor-Brazing: En esta zona se fabrica la flecha del motor como tal. Se reciben las piezas elaboradas en prensas y se le agrega fundición de aluminio. Posteriormente se le incorpora la flecha.
- Ensamble: Esta área recibe las piezas de maquinados, prensas, rotor-brazing y motores para terminar de ensamblar el compresor del refrigerador. Una vez ensamblado y antes de colocarle la tapa superior para tapar completamente el compresor se le hacen las últimas pruebas eléctricas: rigidez dieléctrica del aislamiento, aislamiento a tierra, orientación de los campos magnéticos, surge, resistencia eléctrica,

velocidad, arranque a bajo voltaje, arranque a tensión plena, potencia, corriente.

- Deshidratado: Aquí se recibe el compresor ensamblado en su totalidad. En esta zona se pinta el compresor de color negro por medio de inmersión. Posteriormente se le agrega el gas y nuevamente se le realizan las pruebas eléctricas mencionadas anteriormente más otras adicionales como presión de carga y descarga.

Para fabricar el motor de lavadoras el proceso es más corto, solo son 4 áreas las que se ocupan para la fabricación de este.

- En el área de prensas se fabrica el estator y el rotor del motor, así como las tapas y la misma carcasa
- En rotor-brazing: se ensambla el rotor y la flecha. Al rotor del motor de lavadoras no se le agrega fundición de aluminio.
- En Motores S se fabrica el motor de la lavadora, el procedimiento es el mismo al de la fabricación del motor de compresor, incluyendo las pruebas eléctricas.
- En Ensamble S se reciben las piezas de las zonas anteriores y se arma completamente quedando listo para su instalación. Antes de irse a producto terminado, se le realizan pruebas al motor como producto final. Las pruebas que se le realizan son: rigidez dieléctrica del aislamiento, aislamiento a tierra, surge, resistencia eléctrica, velocidad, arranque a bajo voltaje, arranque a tensión plena, potencia, corriente, sentido de giro.

Cabe mencionar que algunas de las áreas son comunes para la fabricación del compresor y del motor para lavadoras, tales como prensas y rotor-brazing.

Esto no quiere decir que se utilicen las mismas máquinas para ambos productos, son prensas diferentes las que troquelan las piezas del motor para compresor y las que troquelan las piezas para el motor para lavadoras.

Posterior a esto, se pasan a los almacenes de producto terminado en espera del transporte para llevar a las diferentes plantas donde se ensamblan los refrigeradores y las lavadoras. La mayor parte de la producción es para exportación al resto del continente americano.

### **3.2.3 Antecedentes SOLUTIA**

Solutia Tlaxcala (Antes Química M) empresa productora de hoja de Polivinil Butiral (PVB), nació en 1969. En 1974 es adquirida por Vitro iniciando una etapa de estabilidad y desarrollo tecnológico. En 1995 anticipando el crecimiento del mercado automotriz en México y la demanda de productos más sofisticados, decide asociarse con Monsanto (hoy Solutia), líder mundial en el mercado del Polivinil Butiral (PVB). En 1998 pone en marcha una nueva línea de producción, la cual reúne lo último en tecnología (proceso, producto, sistemas) para la fabricación de hoja de PVB desarrollado por su socio tecnológico Solutia. En 2007 Vitro vende el 51% de sus acciones a Solutia y Química M se convierte en Solutia Tlaxcala.

El butiral de polivinilo, también conocido como Polivinil Butiral (PVB), es un compuesto químico resultado de mezclar alcohol de polivinilo (PVA) con butiraldehído, dos agentes químicos que por reacción fisicoquímica dan origen a un polímero de gran adherencia y durabilidad, utilizado principalmente en la industria del vidrio, fue desarrollado por la empresa DuPont en 1938, este

compuesto jugó un papel determinante en el desarrollo de la industria del vidrio, pues permitió la creación de los vidrios laminados, el butiral de polivinilo se utiliza como una lámina que, gracias a sus propiedades de adherencia y transparencia, es idónea para la unión de hojas de vidrio, permite la transmisión de esfuerzos entre los vidrios, absorbiendo la energía derivada de la propagación de la grieta y uniéndolos como uno solo, aunque el propio material carece de resistencia mecánica elevada. La lámina de butiral se utiliza para impedir el desprendimiento de fragmentos de vidrio si se produce una rotura, por lo que se emplea en los parabrisas y medallones de vehículos y en vidrios que puedan presentar riesgo para las personas como lo son los empleados en edificación tales como ventanas, lucernarios y escaparates.

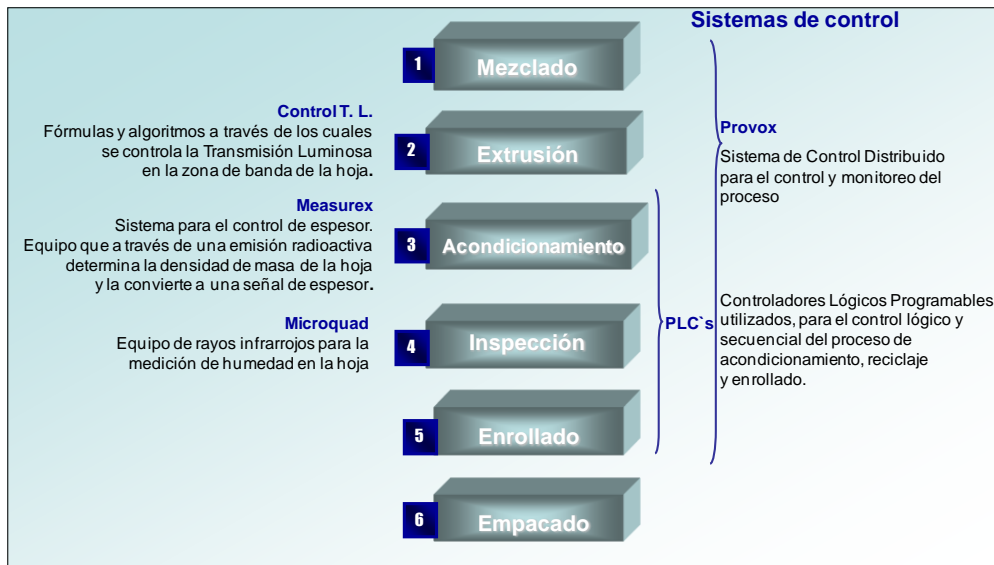
Algunos de los principales productores de PVB son: DuPont (Wilmington, Delaware, EE.UU) bajo el nombre comercial de "Butacite" PVB, Solutia (St. Louis, Missouri, EE.UU) bajo el nombre de "Saflex" PVB, Kuraray Europe GmbH (Frankfurt, Alemania, Europa) bajo el nombre comercial de "Mowital-Pioloform" resinas en polvo y bajo el nombre comercial de "Trosifol" films de PVB, Sekisui (Kyoto, Japón) con el nombre "S-Lec" PVB para films y resinas en polvo.

Saflex tiene una fórmula específica para brindar una durabilidad excepcional al exponerse a las condiciones climáticas naturales. Cuando se utiliza con las configuraciones adecuadas, la interlámina Saflex SG también ofrece todos los beneficios del acristalamiento de seguridad, retención de fragmentos de vidrio, integridad estructural, disminución del sonido, seguridad y protección contra tormentas.

### 3.2.4 Proceso de Producción SOLUTIA

La figura no.5 describe gráficamente el proceso de producción de la película de Polivinil Butiral

Figura no.5 Áreas de proceso Solutia, Tlaxcala.



Fuente: Registros Planta Solutia, Tlaxcala

El proceso de producción de Solutia se divide en seis etapas principales:

**Mezclado:** Se transportan, se pesan y se mezclan las materias primas para fabricación al porcentaje de relación establecida en la fórmula de producción, se acondiciona el tamaño de partícula y se establece un control de densidad aparente de la mezcla.

**Extrusión:** La mezcla alcanzada en la etapa anterior es transportada a través de este paso, este es un proceso de intercambio fisicoquímico donde tienen lugar diferentes controles de variables de presión y temperatura que convierten las

materias primas en una masa fundida que posteriormente se vuelve una película plástica.

Acondicionamiento: En esta etapa las características de humedad y tensión en la película son establecidas, en este paso la película plástica es sometida a diversos cambios de temperaturas con la finalidad de alcanzar un porcentaje de humedad objetivo, a su vez se establecen condiciones de tensión en la hoja mediante relaciones mecánicas de velocidad.

Inspección: Las características de calidad o especificaciones de la película son inspeccionadas o verificadas directamente en la línea de producción, tales como:

- Monitoreo de espesor.
- Monitoreo de Humedad.
- Monitoreo de transmitancia.
- Inspección automática de la calidad de la película por medio de instrumentos de precisión para lectura inmediata.

Enrollado: En esta etapa la película plástica es cortada al ancho requerido por los clientes respectivos, pasa por un área de cuchillas de corte y posteriormente se forman los rollos cuyo metraje también es especificado de acuerdo al requerimiento de los clientes.

Empacado: En esta área los rollos producidos son empacados y cubiertos por materiales que les permitan mantener las características finales de calidad, la más importante es la conservación de la humedad.

Durante el proceso de fabricación de la película plástica desde la etapa de mezclado hasta enrollado, el proceso es monitoreado y controlado a través de un

sistema de control distribuido, este sistema consiste en una serie muy compleja de algoritmos y ecuaciones matemáticas para que las variables de producción sean vigiladas y se cumpla con las características que la película plástica debe reunir para su correcto funcionamiento, este sistema es muy importante para la producción, si el sistema falla en algún punto la producción se verá afectada por completo.

### **3.3 Elaboración de Diagnostico de los departamentos de Mantenimiento**

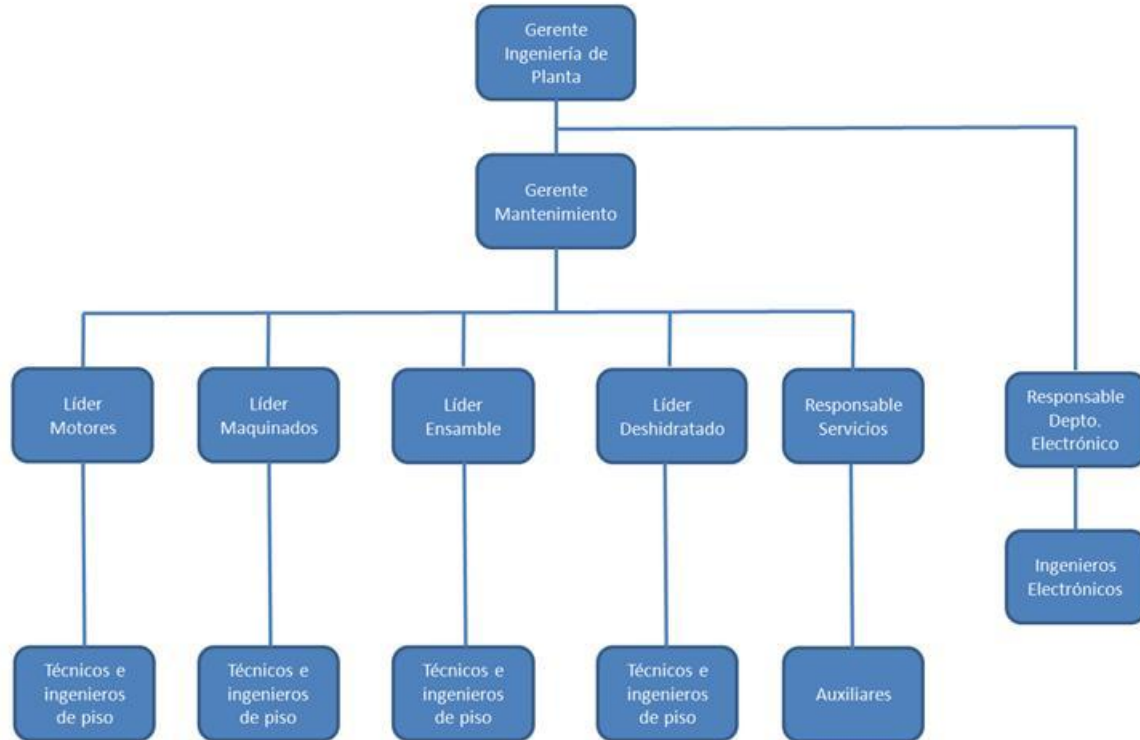
El método usado para la elaboración del Diagnóstico de los departamentos de Mantenimiento en ambas empresas se llevó a cabo bajo el siguiente orden:

- Revisión del funcionamiento de los departamentos de mantenimiento
- Revisión de Indicadores actuales de los departamentos de mantenimiento
- Aplicación de entrevistas para detección de problemas

A continuación se desarrolla cada punto.

### 3.3.1 Organigrama del área

Figura no.6 Organigrama Departamento de Mantenimiento MABE MCM Américas.



Fuente: Registros MABE MCM Américas, San Luis Potosí.

El departamento de Mantenimiento depende directamente de la Gerencia de Ingeniería de Planta, quien también es responsable de las actividades del Departamento de Electrónica.

La Gerencia de mantenimiento coordina las actividades de los diferentes líderes de producción o encargados de área; y estos a su vez, se encargan de las actividades del personal de piso, quienes están involucrados en los problemas diarios en el proceso de producción.

Los líderes de las diferentes UDN (unidades de negocio) tienen a su cargo personal eléctrico y mecánico, quienes desarrollan las actividades de mantenimiento tales como:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento autónomo (supervisión).
- Actividades programadas.

El Gerente de Ingeniería de Planta coordina a su vez las actividades del Departamento de Electrónica que está formado por tres Ingenieros Electrónicos. Este departamento da servicio a todas las UDN para la solución de problemas de índole electrónico.

Las principales actividades que realiza el departamento de electrónica son:

- Calibración de equipos de medición y prueba.
- Reparación de tarjetas y equipo electrónico dañadas.
- Sustitución de equipo electrónico por daño u obsolescencia.
- Migración de equipo de control automático.
- Modificación de maquinaria para mejorar calidad del producto, mejorar tiempos de ciclo.
- Apoyo a personal eléctrico de piso para solucionar problemas complejos.

El programador de Mantenimiento se encarga de dar fecha a las actividades para los técnicos de piso tales como: mantenimientos preventivos, modificaciones programadas, mantenimientos autónomos, correcciones de fallas no críticas.

A continuación se describe, de manera breve, la forma de trabajar del departamento de mantenimiento en conjunto, en un mantenimiento correctivo.

Cuando ocurre una falla, los líderes de producción la reportan al departamento de mantenimiento de manera verbal, el técnico se dirige a la máquina y hace una revisión superficial. Una vez que determinó el origen del problema bloquea la máquina para que no pueda ser activada por nadie más que por él mismo y de esa manera evitar algún accidente. Posteriormente se dedican a la solución del problema, en caso de ser necesario, se solicita el apoyo del departamento de Electrónica, quienes en conjunto con los técnicos de piso le dan solución al problema, una vez resuelto se quitan los candados, se prueba la máquina y se entrega a producción.

Al final del turno, los técnicos de piso reportan sus actividades en “Prisma” un software de apoyo para la gestión del mantenimiento. En ese software se reporta la actividad, el tiempo ocupado para solucionar el problema, las refacciones requeridas, la cantidad de personas que intervinieron y la persona que recibió la máquina una vez reparada. Por su parte, el líder de producción reporta las incidencias del día al gerente de la UDN, no ocupa un software o plataforma para la gestión de su producción. Estos reportes son revisados por el programador de mantenimiento para llevar las gráficas de producción, tiempo muerto, eficiencia de producción, etc. y sirve para que en una junta que se tiene diariamente al inicio del día se busque la manera de hacer más eficiente y de coordinar las actividades de estos departamentos (mantenimiento y producción).

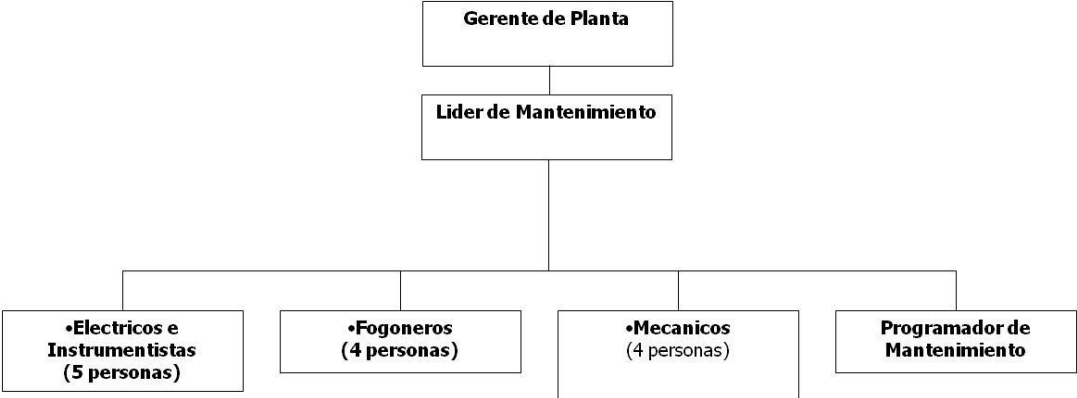
Respecto al mantenimiento preventivo, el programador de mantenimiento se reúne con los gerentes de producción y mantenimiento para calendarizar las fechas y horarios para la intervención de la maquinaria, de esta manera ambos departamentos se coordinan y no se interfiere en sus respectivas actividades, el programador entrega los calendarios y fechas de actividades a los líderes de mantenimiento, quienes asignan los recursos para que dichas actividades se realicen.

Una vez realizada la o las actividades de mantenimiento preventivo, el técnico encargado de su realización reporta en “prisma” el tiempo y los recursos invertidos para que sean monitoreados por el programador de mantenimiento.

Existe un departamento de servicios que se encarga de los equipos auxiliares tales como, subestaciones eléctricas, aires acondicionados, compresores de aire, montacargas, tableros de distribución eléctrica, chiller de enfriamiento, redes de distribución de gas, agua y aire, estas actividades también se reportan en el software “prisma” y las actividades también son asignadas por el programador de mantenimiento, en común acuerdo con los gerentes de las áreas involucradas en la intervención de los equipos.

El departamento de producción no cuenta con un software o plataforma para la programación de sus actividades, la producción la definen el departamento de ventas, el director de operaciones y el gerente de planta, quienes lo comunican a los respectivos gerentes de las UDN y ellos informan a los líderes de producción los volúmenes y modelos a producir, la producción se programa para realizar en 24hr aproximadamente, es decir, lo que se está produciendo y terminando el día de hoy será para entregar el día de mañana.

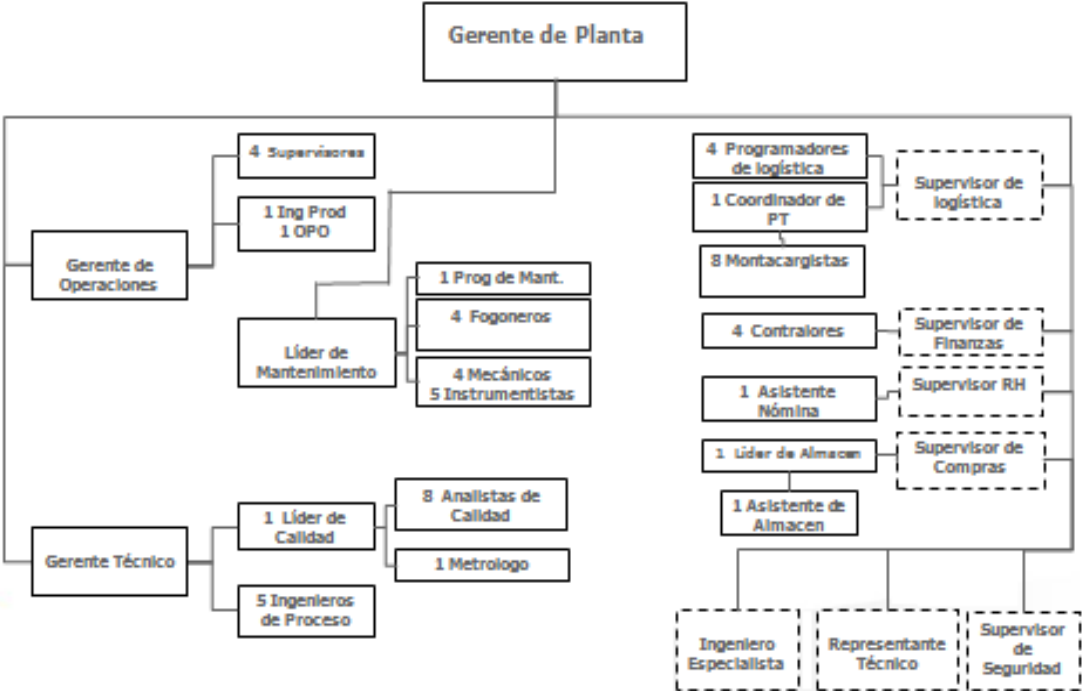
Figura no.7 Organigrama departamento de mantenimiento SOLUTIA, Tlaxcala.



Fuente: Registros Solutia, Tlaxcala

Solutia Tlaxcala tiene certificaciones en ISO TS 16949, Programa de Industria Limpia, programa NEEC para exportaciones, todas las áreas se ajustan a esta normatividad y las actividades y procedimientos de trabajo están regidas por estos sistemas, además de las especificaciones que se tienen de producción para cada cliente, el área de mantenimiento es un departamento de apoyo dentro del proceso productivo de Solutia Tlaxcala brinda servicio principalmente al área de producción y con el resto de las áreas se brindan servicios auxiliares, p.ej. cambio de alumbrado, instalaciones y reparaciones eléctricas, el departamento no se encarga de mantenimiento de edificios, limpieza y jardinería, la cual está a cargo del área de seguridad de la planta, en la figura no.8 se reflejan las áreas que operan para la producción de película de Polivinil Butiral en Solutia Tlaxcala.

Figura no.8 Organigrama general Solutia, Tlaxcala



Fuente: Registros Solutia, Tlaxcala

En la figura no.7 “organigrama del área de mantenimiento” se puede ver que se cuenta con un líder de mantenimiento que tiene a su cargo 14 personas, en Solutia Tlaxcala, el mantenimiento de la empresa se ejecuta utilizando los tipos de mantenimiento que se describen a continuación, en turnos de 8hrs de trabajo, por lo tanto las 24 horas del día se cuenta con personal de mantenimiento puesto que la producción también es de esta índole, es decir, continua.

- Mantenimiento Preventivo: Se cuenta con un listado general de aproximadamente 400 equipos de las áreas de producción, servicios auxiliares (caldera, torre de enfriamiento y plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas de osmosis para tratamiento de agua de alimentación a equipos de producción) y laboratorio de calidad para estos se lleva a cabo una serie de actividades que se programan periódicamente para cada una de las áreas del departamento.
- Mantenimiento Predictivo: A partir del listado general de equipos se tiene otro denominado “listado de equipos críticos” que son alrededor de 138 equipos, se les ha catalogado como críticos porque su funcionamiento puede afectar las características de calidad de la película de polivinil butiral, este tipo de mantenimiento se programa para ejecutar principalmente a aquellos que utilicen para su operación aceite térmico, como por ejemplo, intercambiadores de calor. También se aplica análisis de vibraciones y termografías para estos equipos donde se monitorean las condiciones de motores, rodamientos, bombas y tableros eléctricos de fuerza y control.
- Mantenimiento Correctivo: Se genera día a día en el proceso de producción, cada una de las áreas del departamento tienen programada una revisión al inicio de turno donde pueden detectar fallas en los equipos y maquinaria que son solucionadas o programadas para su reparación,

según se trate del caso, y también se lleva a cabo según requerimientos de las área de servicios auxiliares o cualquier otra área de la empresa.

Aunado a la programación de mantenimiento, se lleva a cabo un Programa de Calibraciones de Instrumentos, en base al listado de equipos críticos y basados en la norma de calidad.

A continuación se describen algunas funciones del personal del departamento de mantenimiento.

La función principal del *líder del departamento* es asegurar el mantenimiento de los activos para cumplir en tiempo y forma con las necesidades operativas de la empresa, para esto coordina las actividades del personal técnico del departamento:

- Eléctricos e Instrumentistas (cinco personas). Mantienen la funcionalidad de las instalaciones eléctricas del proceso de producción, servicios auxiliares y áreas administrativas. Ejecutan el programa preventivo de mantenimiento en la parte de instrumentos; verificando y/o calibrando los equipos de proceso y laboratorio de calidad, asegurando las variables de flujo, nivel, presión, temperatura, velocidad, humedad, espesor, peso, etc. Ejecutan el programa predictivo de termografías para motores y tableros eléctricos de control para equipos de procesos. Realizan actividades de mantenimiento correctivo en general en base a las órdenes generadas por las diferentes áreas de la empresa. Trabajan como apoyo con el departamento de

Ingeniería en la ejecución de proyectos de mejora y proyectos de prueba de nuevos productos.

- Mecánicos (cuatro personas). Ejecutan el programa preventivo de mantenimiento en la parte mecánica; verificando y/o alineando los equipos de proceso y servicios, bombas, reductores, transmisiones mecánicas. Ejecutan el programa predictivo de vibraciones y análisis de aceites para motores y reductores del área de proceso de producción. Realizan actividades de mantenimiento correctivo en general en base a las órdenes generadas por las diferentes áreas de la empresa. Trabajan como apoyo con el departamento de ingeniería en la ejecución de proyectos de mejora y proyectos de prueba de nuevos productos.
- Fogoneros (cuatro personas). Ejecutan el programa preventivo de mantenimiento en la parte de servicios y equipos auxiliares, operación de la caldera, torre de enfriamiento, planta de agua de osmosis, agua helada, manejadoras de temperatura, plantas de tratamiento, bombas de torre, bombas de agua helada, sistema contra incendios y línea de gas natural. Realizan actividades de mantenimiento correctivo en general en base a las órdenes generadas por las diferentes áreas de la empresa.
- Programador de Mantenimiento. Es el responsable de entregar la programación para la ejecución de los mantenimientos preventivo, predictivo, vibraciones y termografías, correctivo y calibraciones generados por el sistema MP2, asignar la ejecución de trabajos de mantenimiento interno solicitados por medio de Órdenes de Trabajo, generar el indicador de desempeño en el sistema MP2 del personal de mantenimiento a través

de la medición de su eficiencia en ejecución de mantenimientos preventivos y órdenes de trabajo.

### 3.3.2 Indicadores

- **Indicadores MABE MCM Américas, San Luis Potosí:**

El programador de mantenimiento se encarga de recopilar la información detallada por el técnico en “prisma” para llevar el registro de los tiempos requeridos para solucionar fallas, recurrencia de fallas, refacciones críticas, etc.

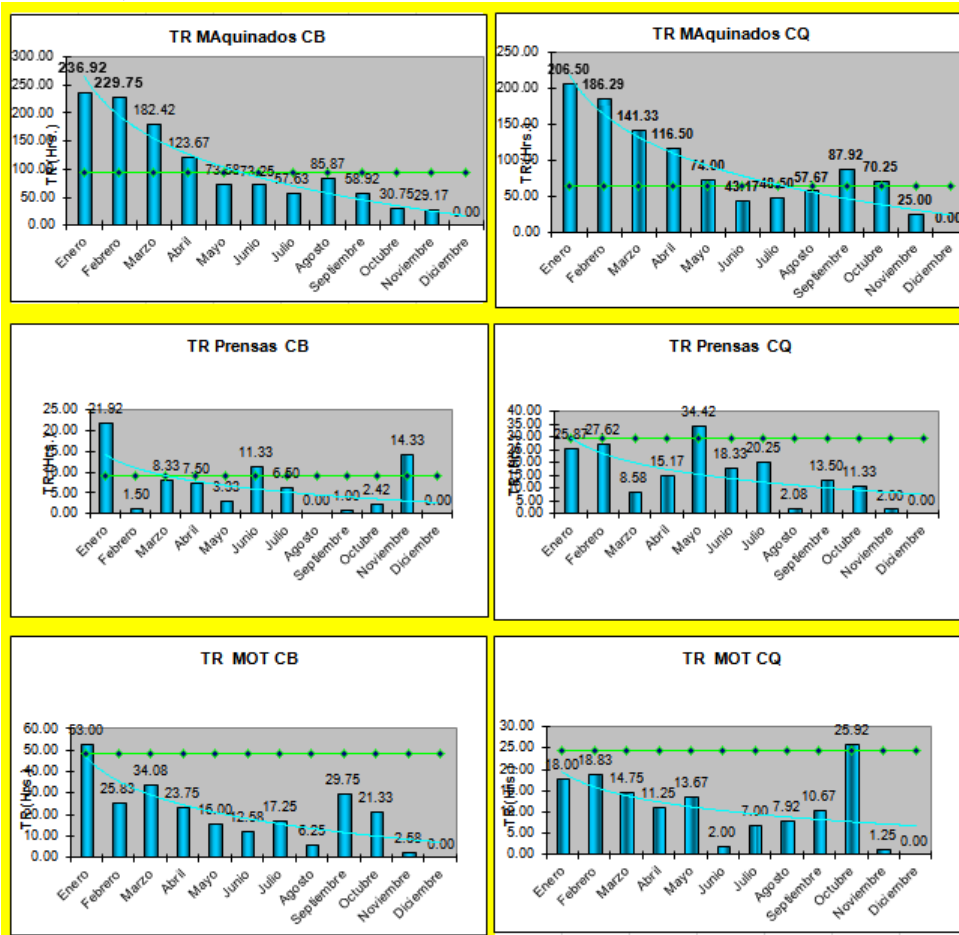
Los indicadores que se utilizan son:

- **MTTR:** Tiempo promedio de reparación. Es el tiempo promedio que tarda un técnico en resolver un problema. Sirve para detectar necesidades de capacitación, así como desempeño de actividades de cada técnico, por UDN o bien por departamento.
- **MTBF:** Tiempo promedio entre falla. Es el tiempo que transcurre entre fallas, sirve para poder programar actividades en base al tiempo “libre” del cual dispone cada técnico. De esta manera se avanza con las actividades pendientes y no se tiene que esperar a un paro de planta.
- **MP:** Indica el porcentaje de avance de los mantenimientos preventivos programados.

Los indicadores se presentan gráficamente como se muestra en las figuras no.9 y

10

Figura no.9 Gráficas de indicadores del departamento de mantenimiento MABE MCM Américas, San Luis Potosí.

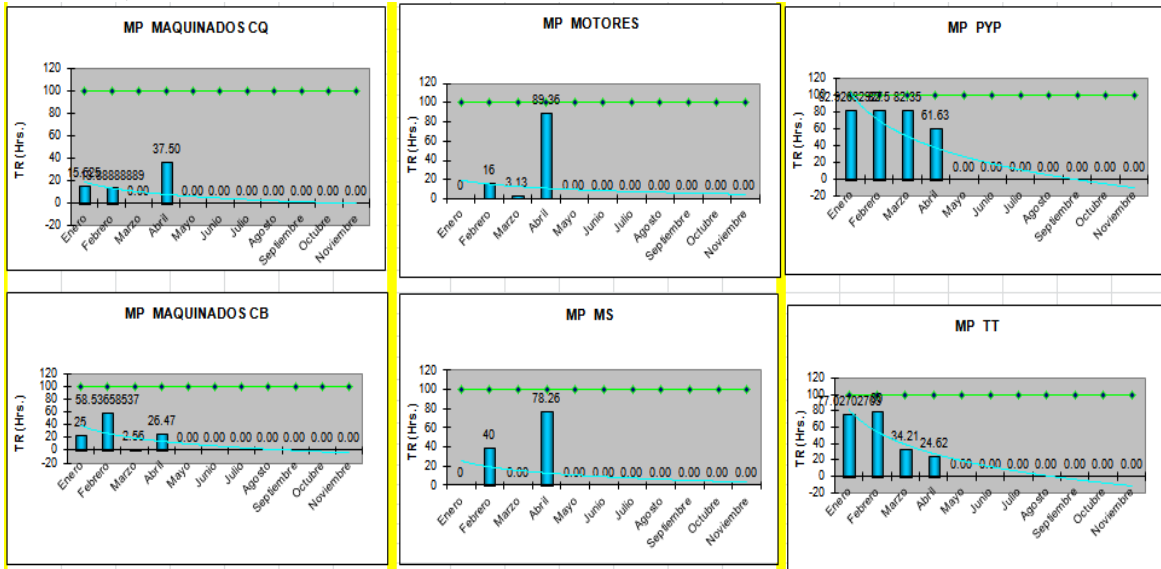


Fuente: Registros MABE MCM Américas, San Luis Potosí.

En las gráficas superiores se muestran los MTTR de cada UDN del año 2013, y podemos observar se fue disminuyendo de manera importante el tiempo para reparar las máquinas.

Las gráficas que se muestran abajo indican el grado de cumplimiento de los mantenimientos preventivos a lo largo del año 2013 por UDN.

Figura no.10 Gráficas de indicadores del departamento de mantenimiento MABE MCM Américas, San Luis Potosí.



Fuente: Registros MABE MCM Américas, San Luis Potosí.

- Indicadores SOLUTIA:

Tabla no.3 Indicadores departamento de mantenimiento SOLUTIA, Tlaxcala.

INDICADORES DE MANTENIMIENTO SOLUTIA						
No.	Título	Aceptable	Oportunidad de Mejora	No aceptable	Concepto	Indicador
1	Preventivo vs Correctivo Cantidad de Ordenes y Horas Planeadas	Ordenes y Horas Preventivas > 80 %	Ordenes y Horas Preventivas / el 50 al 79%	Ordenes y Horas Preventivas < al 50%	Evaluar la estrategia de mantenimiento (% de ordenes y Horas por tipo de mantenimiento preventivo vs correctivo)	% Ordenes Programadas Vs Total
						% Horas planeadas aplicadas Vs Total
2	Ciclo de la orden (Abiertas, liberadas, notificadas, liquidadas, cerradas)	En cada ciclo > al 90%	En cada ciclo / el 50 y 89%	En cada ciclo < al 50%	Evaluar el cumplimiento del ciclo de las ordenes generadas	Ordenes Generadas
						Ordenes Liberadas
						Ordenes Notificadas
						Ordenes Cerradas
3	Horas Planeadas y Reales vs Horas Disponibles	Horas Plan y Real > al 80%	Horas Plan y Real / el 50 y 79%	Horas Plan y Real < al 50%	Evaluar el % de horas planeadas y reales en órdenes de mtto. vs horas disponibles del personal de mtto.	% Horas Plan vs Horas Disp.
						% Horas Real vs Horas Disp.
4	Gasto Mantenimiento Real en OTS vs Gasto Mantenimiento Contable	Gasto en Ordenes > al 80% <=100%	Gasto en Ordenes entre el 50 y 79%	Gasto en Ordenes < al 50% o >100%	Evaluar el gasto de mantenimiento en ordenes vs el gasto de mantenimiento programado.	Gastos reales vs Forecast

Fuente: Registros Planta Solutia, Tlaxcala

Los indicadores apuntados arriba son los actuales con los que se mide el funcionamiento del departamento de mantenimiento en Solutia Tlaxcala, se revisan mensualmente en la junta de resultados a la gerencia de planta junto con los líderes de cada área, sirven para comparar con los indicadores meta planteados a principios de año y de ser necesario generar los respectivos planes de acción o de ajuste según los requerimientos de la empresa, se manejan los colores verde, amarillo y rojo, como los semáforos, para dar una apreciación visible de la información, se puede ver que el tiempo es el rubro importante a considerar en el departamento, por consiguiente el mantenimiento preventivo y predictivo se vuelven los aspectos importantes a cuidar, con la información recabada en los cuestionarios se verificará esta suposición.

### **3.3.3 Herramientas actuales de los sistemas**

**MABE MCM Américas, San Luis Potosí:** La herramienta que sirve de apoyo para el departamento de mantenimiento, como ya se mencionó, es el sistema “Prisma”, este sistema consiste en un software en el cual se registran las actividades de mantenimiento, almacenes y compras.

Este software se divide en tres secciones que se relacionan entre sí. Hay una sección para el departamento de mantenimiento, a ella tienen acceso los técnicos del departamento, los líderes, el programador de mantenimiento, el departamento de electrónica y el gerente de mantenimiento. Sin embargo, solo el gerente y el programador de mantenimiento tienen acceso a los registros de las actividades para generar los reportes. El resto del personal solo tiene permisos para registrar sus actividades y recursos utilizados. Los líderes, el departamento de electrónica, el programador de mantenimiento y el gerente tienen permisos adicionales para solicitar refacciones y material por medio de este software .La

sección para el departamento de compras puede percatarse que mantenimiento solicitó material o refacciones a través de este portal y solicitarlo de manera formal a los proveedores. La tercera sección es para el personal de almacenes, quienes también por medio de este software indican a compras los inventarios existentes y si hay necesidad de solicitar faltante también con esta plataforma todos pueden darse cuenta si algún material solicitado ya ha sido surtido

**Solutia Tlaxcala:** El departamento de mantenimiento administra sus actividades mediante el software de trabajo llamado MP2. Con este sistema se administra todas las tareas de mantenimiento; preventivas, predictivas, correctivas, calibraciones, etc, como se apuntó anteriormente el listado de equipos es de aproximadamente 400 por lo cual se hace necesario contar con un sistema para la programación de las actividades del departamento.

Esta herramienta funciona con una base de datos creada con el listado general de equipos e instrumentos, posteriormente se indica el tipo de especialidad (instrumentación, mecánica o servicios), se describe la tarea a realizar, la frecuencia con la que se realizará la misma, tiempo de ejecución y los nombres del personal que ejecutarán las tareas por área del departamento.

Con la información mencionada el software generará un listado de actividades mensuales por área con los nombres de los responsables de llevarla a cabo. Es capaz de generar reportes diarios, semanales o mensuales, del cumplimiento de los programas ejecutados por área o por responsable. Asimismo es capaz de llevar un control histórico de las actividades ejecutadas, ya sea por sistema, por equipo, por instrumento, por periodos de tiempo, mostrando tendencias de las diferentes variables como presión, temperatura, velocidad, niveles, peso, etc. En la sección de anexos se incluye un ejemplo de la hoja de actividades generada por el sistema.

El sistema MP2 tiene aproximadamente 14 años utilizándose en el departamento de mantenimiento de Solutia Tlaxcala, el encargado de su operación es el programador de mantenimiento y también el líder del departamento tiene acceso a este sistema.

Hasta aquí se ha revisado el funcionamiento de los departamentos de mantenimiento de las dos empresas objeto de estudio y revisado sus indicadores, para la última parte del diagnóstico se elaboró un cuestionario con la finalidad de detectar los problemas de los departamentos de mantenimiento de las empresas que se incluyó junto con los resultados y análisis respectivo en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS**

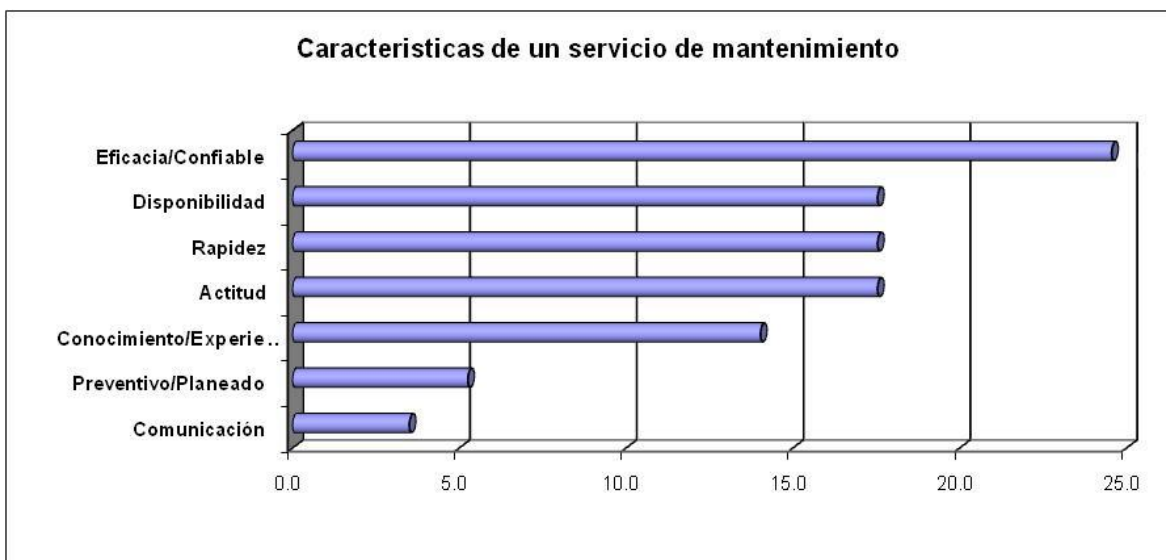
#### **4.1 Elaboración de cuestionario para entrevistas**

De acuerdo con la bibliografía revisada, se trabajó con el principio de Pareto que también es conocido como la regla del 80-20 y recibe este nombre en honor a Vilfredo Pareto, quien fue quien lo enunció por primera vez, para definir las categorías que se calificarían para considerar el servicio de los departamentos de mantenimiento como de “excelencia”. En una de ellas se encontró la siguiente cita y dice: “Lo bueno es enemigo de lo excelente y lo excelente es enemigo del desarrollo, algunos no estarán de acuerdo a priori, pero argumentando la idea, si de algo se afirma que es –excelente-, -optimo-, entonces se acepta que no hay nada que sea mejor. En otras palabras, se trata de un algo –insuperable-, la excelencia siempre será una función de criterios y paradigmas temporalmente determinados. ¿La excelencia de hace 30 años es la excelencia de hoy? ¿Lo excelente hoy lo será mañana?”<sup>20</sup> La cita viene de una bibliografía sobre mantenimiento de clase mundial, que es lo que se considera como el mantenimiento de cuarta generación, partiendo de esta premisa y de los resultados de la pregunta 1 del cuestionario se realizó el planteamiento de las categorías enlistadas en la gráfica de la figura no.11, se consideró que las empresas deben alcanzar la excelencia temporal en los departamentos de mantenimiento y esto es lo que debería considerarse como objetivo o meta, además de considerar la opinión de los “clientes” de los departamentos de mantenimiento.

---

<sup>20</sup> Mantenimiento-de-Clase-Mundial-Varios, Ángela Barroso, Universidad Santa María, Barcelona, Cátedra Ingeniería Industrial, Agosto 2011

Figura no.11 Gráfica de Pareto “Características de un servicio de excelencia en un departamento de mantenimiento”



Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

Según Pablo Cazau en su trabajo “El esquema de la investigación” se debe elaborar un instrumento de medición, para tal efecto, se elaboró un cuestionario para entrevistas con las categorías: Calidad del servicio, Capacidad para el servicio, Administración de la información, Administración de los recursos, Mantenimiento preventivo y Tecnología de equipo, Programación y Planeación y Soporte a Mantenimiento con el propósito de detectar los problemas del departamento de mantenimiento y de conocer la percepción que tienen las áreas a las que mantenimiento presta servicio, es decir, los clientes de los departamentos de mantenimiento, Las categorías de calidad y capacidad para el servicio servirán para determinar aspectos como: rapidez para contestar a una falla, la actitud del personal de mantenimiento, el involucramiento en las tareas, la recurrencia de fallas, la capacitación y disponibilidad del personal, entre otras; las categorías de administración de la información y de los recursos servirán para detectar las limitantes o barreras que tienen los departamentos para su

desempeño y las otras características servirán para detectar áreas de oportunidad y satisfacción con lo que los departamentos ya manejan sobre estas.

El cuestionario elaborado es el siguiente:

## DIAGNÓSTICO DEL SERVICIO DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Departamento: \_\_\_\_\_

Favor de leer cada oración cuidadosamente y circule aquello que mejor aplique.

**1 – Muy satisfecho      2 – Poco satisfecho      3 – Nada Satisfecho**

Si no está seguro o no siente que la oración aplica, deje la respuesta en blanco.

Es de suma importancia y enriquecerá esta encuesta sus comentarios, sobre todo para los puntos que califique bajos.

### Definición espontánea de la calidad de un servicio de mantenimiento

¿En su opinión Cuáles son las características de un servicio de mantenimiento de excelencia?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### CALIDAD DEL SERVICIO

¿Cuál es el principal problema que enfrenta con el servicio de Mantenimiento?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1.-	¿Los servicios que solicito siempre me son proporcionados?	1	2	3
2.-	¿El tiempo de respuesta a su solicitud es aceptable?	1	2	3
3.-	¿El tiempo utilizado para resolver el problema es el adecuado de acuerdo con el tipo de problema?	1	2	3
4.-	¿El personal de mantenimiento tiene siempre la herramienta necesaria para prestar el servicio necesario?	1	2	3
5.-	¿El personal de mantenimiento frecuentemente me pregunta si tengo alguna falla en el turno?	1	2	3
6.-	Tengo que buscar al personal de mantenimiento varias veces para solicitar un servicio	1	2	3
7.-	¿Un mismo servicio tiene que ser repetido varias veces en un corto tiempo?	1	2	3
8.-	Cuando se detecta un problema en un equipo ¿se interviene hasta	1	2	3

	que falla?			
9.-	¿Mantenimiento le avisa del inicio y final de la intervención de un equipo?	1	2	3
10.-	Cuando mantenimiento entrega un equipo ¿comprueba con producción que el equipo funcione correctamente?	1	2	3
11.-	¿Mantenimiento informa sobre las actividades realizadas a un equipo y los cuidados que se deben tener con él?	1	2	3
12.-	¿Es suficiente un aviso para que mantenimiento atienda una solicitud de servicio urgente/critica?	1	2	3

Sugerencias para mejorar la calidad de Mantenimiento

---



---

### **CAPACIDAD PARA EL SERVICIO**

1.-	¿Ha recibido la gente de Mantenimiento entrenamiento que los ayude a realizar su trabajo?	1	2	3
2.-	¿Está la gente de Mantenimiento propiamente habilitada para hacer su trabajo?	1	2	3
3.-	¿La gente de Mantenimiento sigue los procedimientos y políticas de Seguridad?	1	2	3
4.-	¿Considera que mantenimiento cuenta con las herramientas necesarias para realizar un buen trabajo?	1	2	3
5.-	¿Considera que todo el personal de mantenimiento tiene la misma habilidad y conocimiento para enfrentar un problema?	1	2	3
6.-	¿Está la gente responsable de la operación de los equipos bien entrenada?	1	2	3
7.-	¿Está la gente responsable del servicio y mantenimiento de equipos bien entrenada?	1	2	3
8.-	¿El personal de mantenimiento utiliza los manuales y diagramas de los equipos para enfrentar y resolver los problemas?	1	2	3
9.-	¿Es el personal de Mantenimiento asignado a tareas de trabajo basándose en su conocimiento especializado y sus habilidades?	1	2	3

Sugerencias para mejorar la capacidad del área de mantenimiento

---



---

## ADMINISTRACION DE LOS RECURSOS

En su opinión ¿Cuál es el principal problema que tiene Mantenimiento para realizar sus labores?

---



---

¿Existen barreras que les impide realizar el trabajo de mantenimiento? SI \_\_\_ NO

¿Qué barreras ha detectado?

---



---

1.-	¿Considera que el personal de Mantenimiento es suficiente para hacer su trabajo?	1	2	3
2.-	¿La estructura del Departamento de Mantenimiento parece lógica y ayuda en la realización del trabajo?	1	2	3
3.-	¿La empresa ayuda a superar las barreras que la gente de Mantenimiento encuentra en su trabajo?	1	2	3
4.-	¿La administración motiva a Mantenimiento a cumplir las necesidades de producción?	1	2	3
5.-	¿La administración motiva a producción a ayudar a Mantenimiento en la realización de su trabajo?	1	2	3
6.-	¿Son usados equipos inter-funcionales (Mantenimiento y Producción) para identificar y resolver cuestiones que afectan a ambos departamentos?	1	2	3
7.-	¿La administración motiva a la gente de Mantenimiento y Producción a trabajar juntos en cuestiones de trabajo?	1	2	3
8.-	¿Está la gente de Mantenimiento propiamente motivada para hacer el mejor trabajo posible?	1	2	3
9.-	¿La administración revisa y da seguimiento a la seguridad, orden y limpieza con la gente de Mantenimiento?	1	2	3

Sugerencias para mejorar la administración de los recursos de Mantenimiento

---



---

## ADMINISTRACION DE LA INFORMACION

1.-	¿Cada parte del equipo está identificada con un número de equipo o número de activo?	1	2	3
2.-	¿El departamento de mantenimiento usa un sistema computarizado para la planeación/seguimiento de sus actividades?	1	2	3
3.-	¿Se actualiza la información en el sistema computarizado?	1	2	3
4.-	¿Ha sido entrenado el personal de Mantenimiento en el uso del sistema computarizado de Mantenimiento?	1	2	3
5.-	¿Se mantienen registros históricos precisos de los equipos?	1	2	3
6.-	¿ Los almacenes están computarizados?	1	2	3
7.-	¿Las decisiones de la administración son hechas de los reportes del sistema computarizado de Mantenimiento?	1	2	3
8.-	¿Se contabiliza el costo total y los gastos de mantenimiento?	1	2	3
9.-	¿Se contabiliza el tiempo muerto de las maquinas como una medida de eficiencia?	1	2	3
10.-	¿El departamento de Mantenimiento se compara consigo mismo y contra otros departamentos de Mantenimiento para ver que tan bien está operando?	1	2	3
11.-	¿El tiempo que gasta el personal de Mantenimiento es contabilizado y registrado?	1	2	3
12.-	¿La administración de Mantenimiento usa indicadores industriales como medida para comparación?	1	2	3
13.-	¿El personal de mantenimiento conoce cuales son los objetivos de trabajo de producción?	1	2	3
14.-	¿Mantenimiento sabe cuáles son las principales necesidades de producción?	1	2	3

Sugerencias para mejorar la administración de la información de Mantenimiento

---

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y TECNOLOGIA DE EQUIPO

¿Cuáles son los principales problemas que enfrenta con el mantenimiento preventivo?

1.-	¿Se revisa periódicamente el Mantenimiento Preventivo por precisión, revisión, incremento / decremento, necesidades de capacitación, etc.?	1	2	3
2.-	¿Los operadores ayudan con actividades de Mantenimiento Preventivo menores como limpieza, lubricación, ajuste e inspección?	1	2	3
3.-	¿Se usa Mantenimiento Predictivo (PdM), por ejemplo, análisis de vibraciones, análisis de aceites, termografía o infrarrojo, ultrasonido, o alineación óptica o láser?	1	2	3
4.-	¿Se contabiliza el costo del Mantenimiento Predictivo y Preventivo?	1	2	3
5.-	¿Producción permite el acceso de Mantenimiento al equipo para realizar Mantenimiento Preventivo programado?	1	2	3
6.-	¿Considera que siempre fallan los mismos equipos?	1	2	3
7.-	¿El servicio de mantenimiento preventivo es efectivo?	1	2	3
8.-	¿Se utiliza personal dedicado únicamente al Mantenimiento Preventivo?	1	2	3

Sugerencias para mejorar la planeación preventiva de Mantenimiento

---



---

## PROGRAMACION Y PLANEACION

¿Cuáles son los principales problemas que enfrenta con la programación/planeación del mantenimiento?

1.-	¿Las prioridades son fijadas para las actividades de Mantenimiento?	1	2	3
2.-	¿Se utilizan Órdenes de Trabajo para las actividades de trabajo de Mantenimiento?	1	2	3
3.-	¿el sistema de requisición, planeación y estimación de Órdenes de Trabajo es efectivo?	1	2	3
4.-	¿Se registra la información de una Orden de Trabajo en el historial del equipo?	1	2	3
5.-	¿Son los trabajos NO urgentes bien planeados antes de iniciar el trabajo?	1	2	3

6.-	¿Se usan planeadores de Mantenimiento para planear y preparar el trabajo de Mantenimiento como son reparaciones mayores y paros planeados?	1	2	3
7.-	Si se cuenta con planeadores, ¿Preparan el plan de trabajo antes de que un trabajo sea programado para iniciar?	1	2	3
8.-	Si se cuenta con planeadores, ¿preparan los trabajos por piezas, preselección y por etapas de partes para el personal de Mantenimiento?	1	2	3
9.-	¿Las reparaciones mayores son planeadas con anticipación?	1	2	3
10.-	¿Se informan y validan los programas de mantenimiento preventivo durante el turno con el personal de operación?	1	2	3
11.-	¿Se informan y validan los programas de mantenimiento preventivo en paros de línea con los usuarios?	1	2	3
12.-	¿Se tiene algún mecanismo para prevenir los paros y fallas recurrentes?	1	2	3
13.-	¿Se controla el tiempo extra?	1	2	3
14.-	¿Se usan contratistas para manejar la carga excesiva de trabajo y aplicaciones de técnica especializada?	1	2	3
15.-	¿Se respeta el programa de mantenimiento preventivo?	1	2	3

Sugerencias para mejorar la programación de Mantenimiento

---



---

### SOPORTE A MANTENIMIENTO

1.-	¿Están las partes en inventario disponibles cuando se necesitan?	1	2	3
2.-	¿Son usados Máximos y Mínimos para el control de almacén?	1	2	3
3.-	¿Está todo el inventario contabilizado para, por ejemplo, precio, tiempo de entrega, etc.?	1	2	3
4.-	¿El área de compras informa sobre el status en la compra de partes de mantenimiento con oportunidad?	1	2	3
5.-	¿El área de producción colabora con Mantenimiento en la solución de problemas repetitivos?	1	2	3
6.-	¿Son las metas de Mantenimiento anuales y objetivos, compartidos con el personal del departamento de Mantenimiento?	1	2	3
7.-	¿Está la gente de Mantenimiento involucrada en la determinación y alcance de los objetivos y metas del departamento?	1	2	3
8.-	¿Es la calidad de ejecución un objetivo importante?	1	2	3
9.-	¿Tiene la organización un interés real en el bienestar y satisfacción del personal de Mantenimiento?	1	2	3
10.-	¿Es el buen desempeño reconocido y recompensado?	1	2	3
-				

11.	¿El buen desempeño en el trabajo conduce a la buena seguridad?	1	2	3
-				
12.	¿Considera que las metas del departamento de Mantenimiento están alineadas con las metas y objetivos del Negocio?	1	2	3
-				
13.	¿Considera que mantenimiento es parte fundamental del negocio?	1	2	3
-				

Sugerencias para mejorar el soporte a Mantenimiento

---



---

#### 4.2 Determinación de Población, Muestra y Muestreo

MABE MCM Américas, San Luís Potosí: Las Unidades de Negocio que conforman la planta están conformadas por el siguiente personal productivo:

Tabla no.4 Unidades de Negocio, MABE MCM Américas, San Luis Potosí

UDN	Líderes de Producción	Operadores
Maquinados	8	112
Prensas, Tratamientos Térmicos y Punteadoras	5	75
Motores, Ensamble y Deshidratado	4	241
Motores S	2	78

Fuente: Elaboración Propia

Se cuenta con 19 líderes de producción y 506 operadores, en total se tienen 525 trabajadores como población total para cálculo de muestra.

Solutia, Tlaxcala: La plantilla de trabajadores operativos consta de 68 personas de los cuales, 4 son Supervisores, 8 son Operadores de cuarto de control, 32 son Operadores de campo, 8 son Operadores de Abastecimiento (almacenistas), 8 son analistas de laboratorio de calidad y 8 son líderes de área cuyo trabajo es operativo-administrativo, se cuenta entonces con una población total de 68 personas para cálculo de muestra.

#### 4.3 Cálculo de Muestra

El cálculo de muestra para la realización de entrevistas se realizó con la siguiente fórmula<sup>21</sup>:

$$n = \frac{Z^2 * pq * N}{Ne^2 + Z^2 pq}$$

Z= nivel de confianza de 95%.

p=Probabilidad de 50%, de que la muestra considere confiable al departamento de mantenimiento, este porcentaje es recomendable cuando no se conoce una tendencia.

q= Probabilidad de que la muestra no considere confiable al departamento de mantenimiento 50%, este porcentaje es recomendable cuando no se conoce una tendencia.

N= Población total.

e=Error máximo aceptable del 5% considerando un nivel de confiabilidad del 95%.

El resultado obtenido para el tamaño de la muestra para Solutia Tlaxcala es: 38 trabajadores y de 77 para MABE MCM Américas, San Luís Potosí.

---

<sup>21</sup> Murray R. Spiegel y Larry D. Stephens, Estadística, 4ª Edición 2009, Mac Graw Hill, México D.F.

#### 4.4 Recopilación de Información

Los cuestionarios se aplicaron de la forma descrita en las tablas no.5 y 6 estableciendo un acuerdo previo con las respectivas áreas para no entorpecer las actividades de cada una.

Para Solutia, Tlaxcala, se consideró una muestra mayor a la calculada en la formula por tratarse de grupos pequeños, p.ej supervisores, analistas de laboratorio e Instrumentistas y para uniformarla lo mejor posible con la de MABE MCM Américas.

MABE MCM Américas:

Tabla no.5 Tamaño de muestra para entrevistas

Área	Entrevistas
Maquinados	20
Prensas, Tratamientos Térmicos y Punteadoras	10
Motores, Ensamble y Deshidratado	37
Motores S	10
<b>Total</b>	<b>77</b>

Fuente: Elaboración Propia

Solutia Tlaxcala:

Tabla no.6 Tamaño de muestra para entrevistas

Área	Entrevistas
Líderes de área	2
Supervisores	4
Operadores 1	8
Operadores 2	16
Analistas Laboratorio	4
Almacenistas	3
Instrumentistas	5
Mecánicos	4
Servicios	4
Programador	1
<b>Total</b>	<b>51</b>

Fuente: Elaboración Propia

Aparte de la información recabada del cuestionario, la recopilación de información incluyó el siguiente plan de revisión, algunos puntos son específicos para alguna de las empresas.

Cumplimiento del plan de mantenimiento – Verificar la frecuencia de ejecución.

¿Quién define el tipo de mantenimiento a cada equipo y donde se registra?

Cumplimiento del programa de mantenimiento.

Validez del listado de equipos críticos. Solutia Tlaxcala

Validez del listado de equipos en general. Solutia Tlaxcala

Validez del listado de refacciones de equipos críticos – Verificar su periodicidad de revisión. Solutia Tlaxcala.

Validez del listado de maquinaria. MABE, MCM Américas, San Luis Potosí

Cumplimiento a Indicadores

Misión, Visión y Objetivos del área.

Mantenimiento predictivo aplicado. Solutia Tlaxcala.

Verificar con los departamentos de capacitación competencias del personal.

Verificar la habilidad para el análisis y solución de problemas

Verificar reportes de técnicos de piso. MABE, MCM Américas, San Luis Potosí

Validez de modificaciones programadas. MABE, MCM Américas, San Luis Potosí

Uso de software de Mantenimiento.

Con base en el programa de mantenimiento, se seleccionaron tareas y se verificó el cumplimiento de esas tareas vs su respectiva Instrucción de Trabajo del manual de calidad. Solutia

Verificar cumplimiento de Recorrido de inicio de turno. Solutia

Registros y acciones derivadas de recorrido de inicio de turno. Solutia

Cumplimiento al programa de calibración. Solutia

#### 4.5 Presentación y Análisis de Resultados

El procesamiento de resultados se efectuó en hojas de cálculo de Excel, todas las respuestas se capturaron y se realizó cálculo por medio de aplicación de fórmula de moda para conocer los resultados del cuestionario.

Los resultados previos que se consideraron para la elaboración del constructo de problemas, se presentan en las tablas números 7 y 8, los conceptos en cada una de ellas se repiten con un cierto porcentaje, sirven principalmente para detectar los problemas de los departamentos de mantenimiento.

Tabla no.7 Resultados preliminares de problemas en plantas de mantenimiento

<b>Calidad</b>		<b>Recursos</b>	
Concepto	%	Concepto	%
Actitud	17.1	Actitud	22.6
Conocimiento	17.1	Ninguno	12.9
Ninguno	14.3	Disponibilidad de línea	9.7

Rapidez	11.4	Herramientas	9.7
Involucramiento Limitado	5.7	Involucramiento	6.5
Comunicación	5.7	Prioridades	6.5
Burocracia	2.9	Conocimiento	6.5
Homogeneidad	2.9	Comunicación	3.2
Disponibilidad	2.9	Rapidez	3.2
Alineación con negocio	2.9	Mente preventiva	3.2
Liderazgo	2.9	Administración	3.2
Eficacia	2.9	Misión	3.2
Prioridades	2.9	Creatividad	3.2
Datos históricos	2.9	Personal limitado	3.2
		Refacciones	3.2

Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

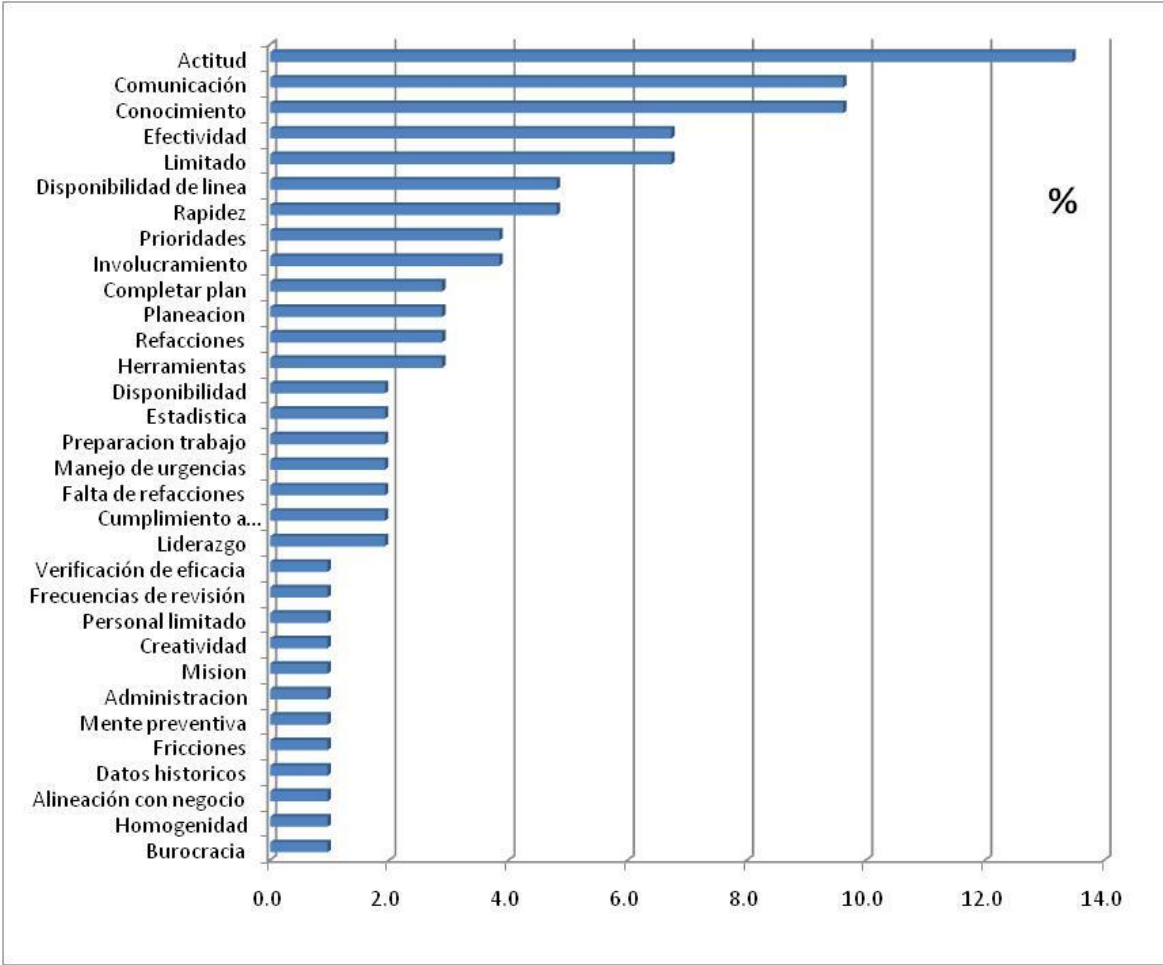
Tabla no.8 Resultados preliminares de problemas en plantas de mantenimiento

Programación		Barreras		Preventivo	
Concepto	%	Concepto	%	Concepto	%
Ninguno	20	Comunicación	40	Efectividad	25
Completar plan	15	Refacciones	20	Limitado	20.8
Falta de refacciones	10	Actitud	10	Ninguno	12.5
Manejo de urgencias	10	Estadística	10	Planeación	12.5
Preparación trabajo	10	Conocimiento	10	Cumplimiento a programa	8.3
Disponibilidad	5	Liderazgo	10	Comunicación	8.3
Frecuencias de revisión	5			Actitud	4.2
Verificación de eficacia	5			Conocimiento	4.2
Prioridades	5			Estadística	4.2
Comunicación	5				

Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

Los datos generales que se obtuvieron son los mostrados en la gráfica de la figura no.12

Figura no.12 Resultados generales preliminares de problemas en los departamentos de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

Los problemas detectados con el cuestionario, en general, para los departamentos de mantenimiento arrojan que son: actitud, comunicación y conocimiento, principalmente, se presentan todos en la figura no.12. Hasta aquí los resultados se consideran preliminares.

Como ya se había mencionado anteriormente las categorías o dimensiones a evaluar de los departamentos de mantenimiento son:

- Calidad del servicio: Actitud, Comunicación, Disponibilidad, Efectividad, Rapidez.
- Capacidad para el servicio: Capacidad, Entrenamiento, Herramientas utilizadas, Seguimiento a normas, Uniformidad del servicio.
- Administración de los recursos: Estructura del área, Motivación, Trabajo en equipo
- Administración de la información: Identificación de equipos, Manejo de registro, Uso de indicadores y Software especializado
- Programación y planeación: Cumplimiento a programa, Definición de prioridades, Ordenes de trabajo, Planeación.
- Soporte a Mantenimiento: Almacén, Apoyo al área, Involucramiento

En la figura no.11 la gráfica de pareto presenta que en la mente de los clientes lo más importante de un servicio de mantenimiento es su eficacia, es decir, que los equipos no fallen después de ser intervenidos y que por supuesto no haya recurrencias frecuentes de fallas.

Después está la rapidez con la que la gente espera ser atendida. El conocimiento y experiencia que el personal de mantenimiento pueda tener es un valor muy visible también para los clientes. Como es la primera vez que se aplica un cuestionario para conocer o detectar problemas, suponemos que el orden de importancia de los elementos es de acuerdo con el porcentaje de respuestas obtenidas, entonces en este caso, la característica más importante para un

servicio de mantenimiento es que sea eficaz y confiable, lo cual se corrobora con lo revisado y anotado de la bibliografía revisada, es decir, la teoría coincide con la práctica.

A continuación se presentan gráficamente y analizan los resultados para cada dimensión.

#### Calidad del Servicio:

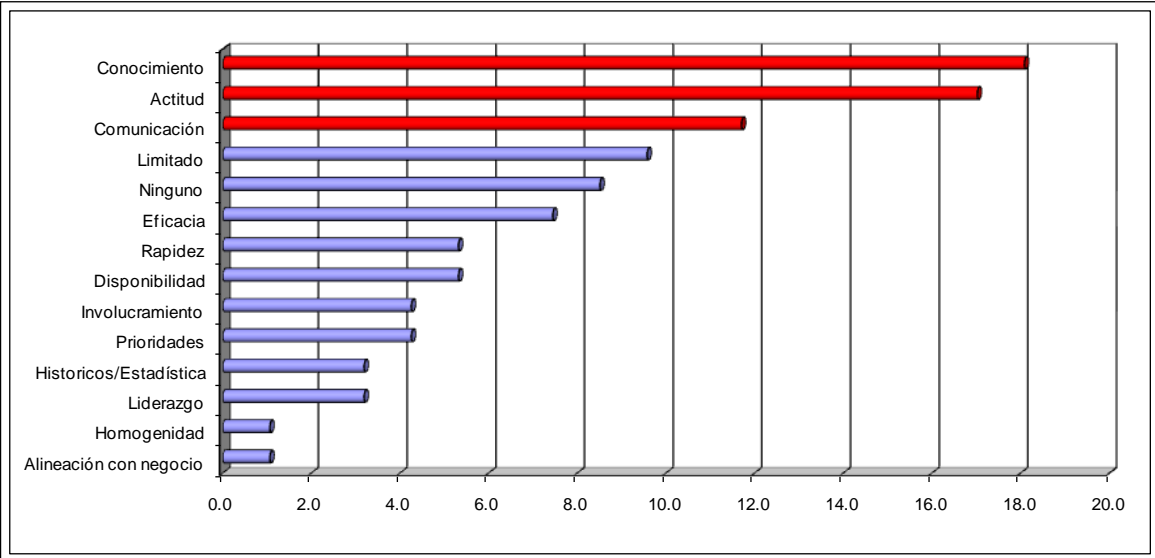
Los clientes indican que la principal área de oportunidad que tienen los departamentos de mantenimiento es el nivel y la homogeneidad en el conocimiento del personal, hubo menciones donde se indicó que las personas con mucha experiencia y conocimiento tenían una mala actitud de servicio, a diferencia del personal “nuevo” con buena actitud pero “poca” experiencia. Cabe mencionar que en ambas empresas, el personal de mantenimiento cuenta con 5 a 15 años de experiencia.

La segunda mención más frecuente es la actitud del personal de mantenimiento, es importante resaltar que los clientes refirieron que la mala actitud no es general del personal de mantenimiento sino de alguno de los elementos bien identificados por los clientes

Comentarios como de que el personal de mantenimiento no valida o informa de los programas de mantenimiento fueron recurrentes en el tema de comunicación, lo que la convierte en el tercer elemento con mayores menciones como área de oportunidad.

El renglón de “limitado” se refiere a que mantenimiento solo se dedica al elemento del equipo al que le corresponde intervenir de acuerdo con su programa de actividades, el cliente no percibe que mantenimiento tenga un alcance integral del equipo en cuestión, para poder anticipar fallas si algo en el elemento que está interviniendo fallara.

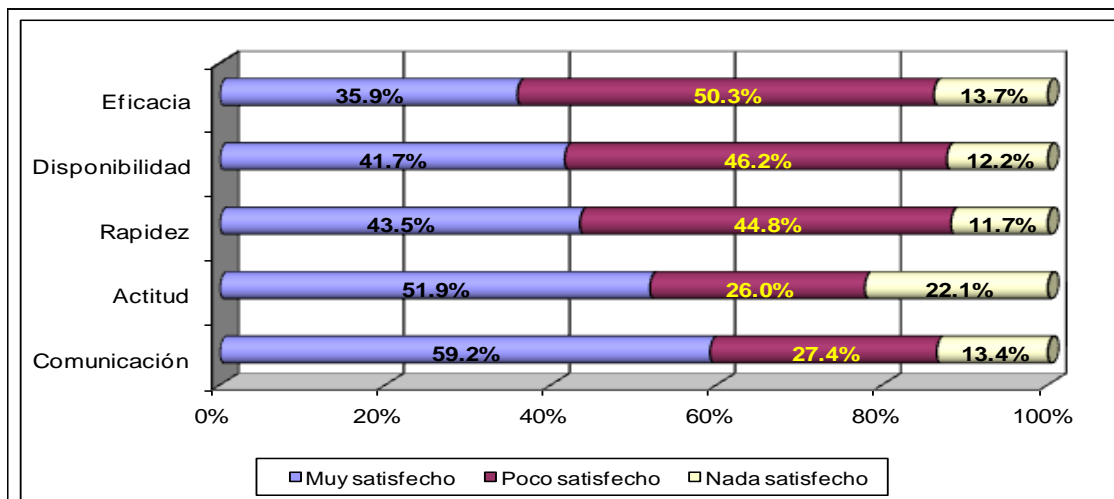
Figura no.13 Resultados de la dimensión “Calidad del Servicio”



Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

## Satisfacción con la calidad del servicio.

Figura no.14 Resultados de la satisfacción de la dimensión de “Calidad del Servicio”

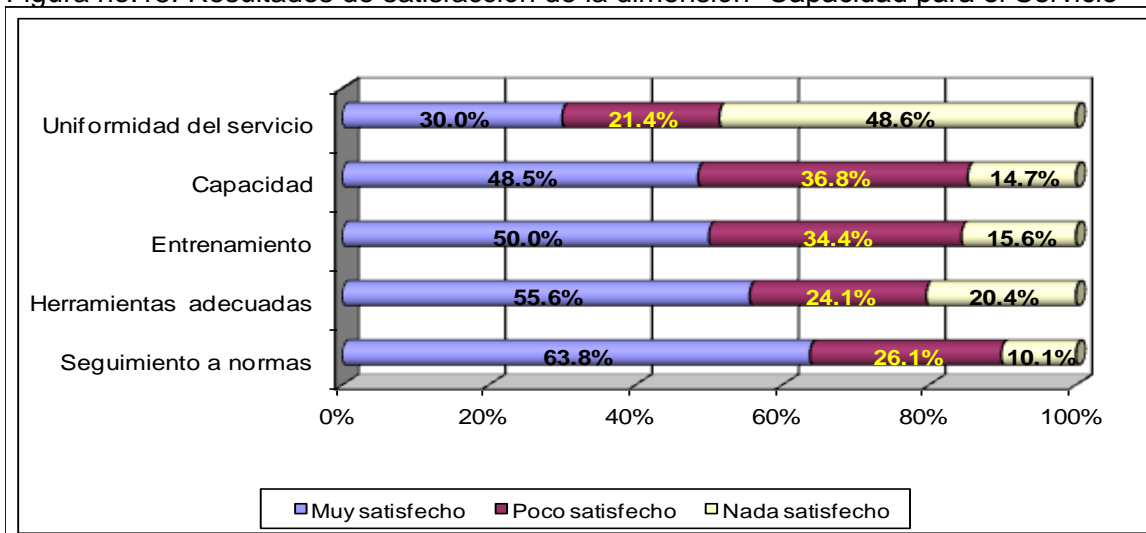


Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

La eficacia por si sola es el elemento que menor nivel de satisfacción tiene lo que la convierte en un área para trabajar y mejorarla, no obstante la actitud aunque tiene un nivel de satisfacción mayor representa una seria amenaza de convertirse en un problema al ser el elemento que mayor nivel de insatisfacción registró. La disponibilidad y rapidez están siendo relativamente bien calificadas al tener un porcentaje de insatisfacción bajo con respecto a las demás. La comunicación es la principal oportunidad detectada al presentar el nivel de satisfacción más alto.

## Capacidad para el servicio:

Figura no.15. Resultados de satisfacción de la dimensión “Capacidad para el Servicio”

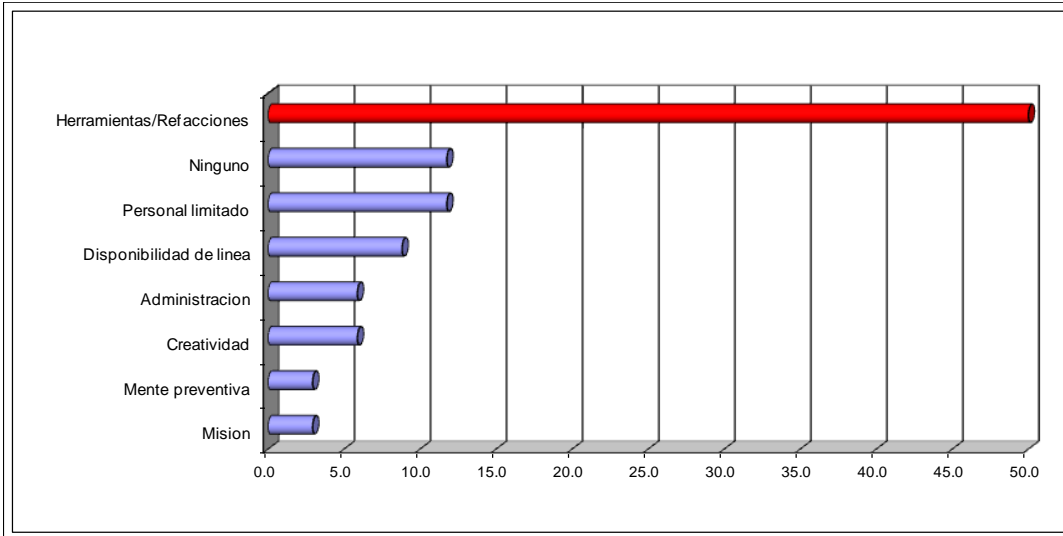


Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

En la dimensión de capacidad para el servicio se calificó, en pocas palabras, qué tan preparado está el personal de mantenimiento para atender a los clientes, como se puede ver la uniformidad del servicio y herramientas adecuadas son las que tienen los porcentajes más altos como “nada satisfecho”, lo cual corrobora lo mencionado en la dimensión anterior de la actitud de servicio por parte del personal con mucha y poca experiencia, aunque la dimensión de herramientas adecuadas también se calificó como alta en “muy satisfecho” indica que la percepción de los clientes se enfoca a que el personal si tiene conocimiento pero que no es uniforme en todas las personas de mantenimiento, lo que también se corrobora con el porcentaje alto en Capacidad.

## Administración de los recursos:

Figura no.16 Resultados de la dimensión “Administración de los Recursos”

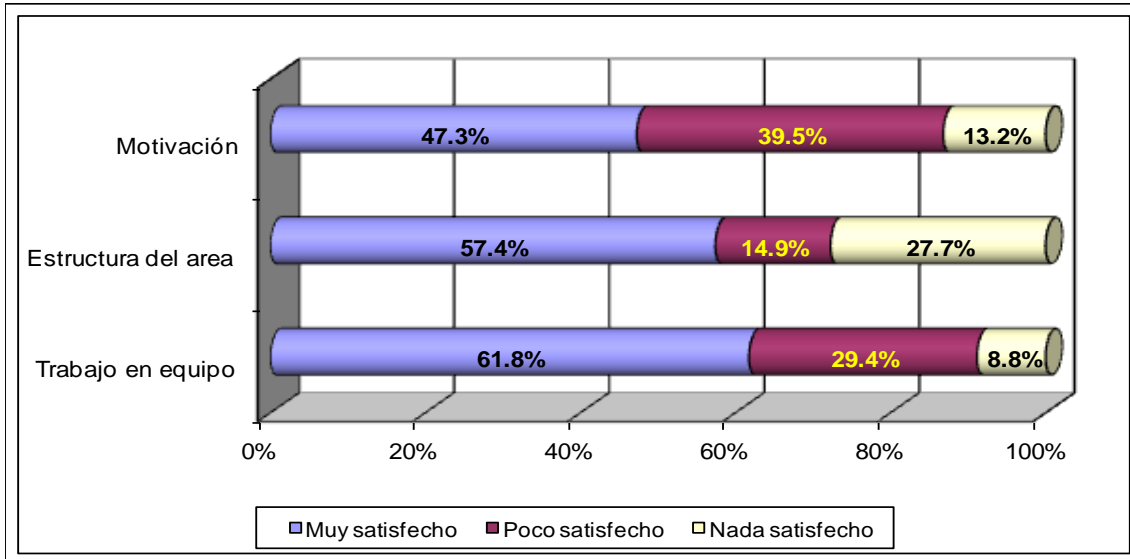


Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

En lo que se refiere a la dimensión de administración de los recursos el resultado indica que las herramientas y refacciones son las principales limitantes para que el departamento de mantenimiento ofrezca un servicio de excelencia, las menciones apuntan a que se trata de la disponibilidad de las mismas, es decir, no se cuenta con herramientas y/o refacciones en tiempo y forma.

Satisfacción con la Administración de los recursos:

Figura no.17 Resultados de satisfacción de la dimensión “Administración de los Recursos”

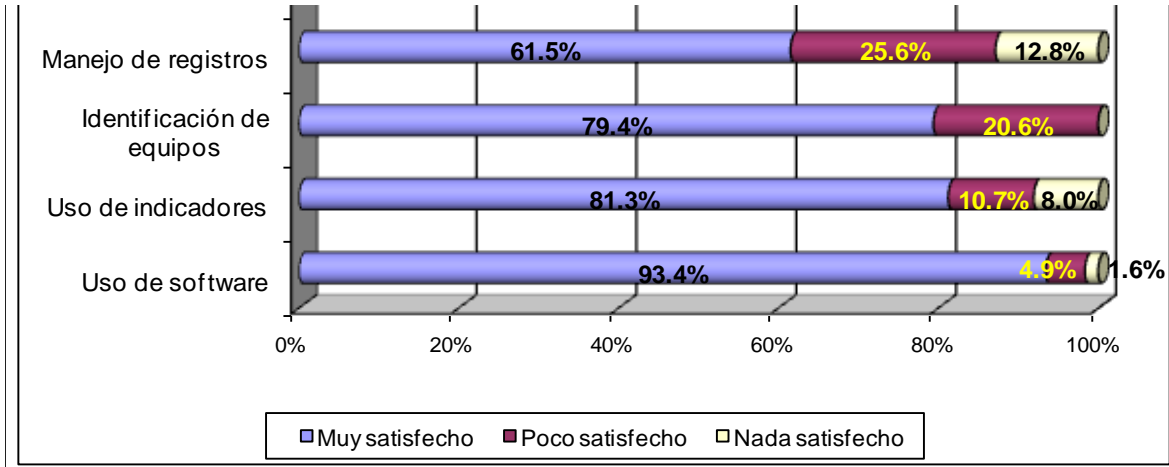


Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

El trabajo en equipo del departamento de mantenimiento es la principal dimensión calificada con un alto porcentaje por parte de los clientes, pero al mismo tiempo notan que la estructura del área no es la adecuada.

## Administración de la Información:

Figura no.18 Resultados de satisfacción de “Administración de la Información”

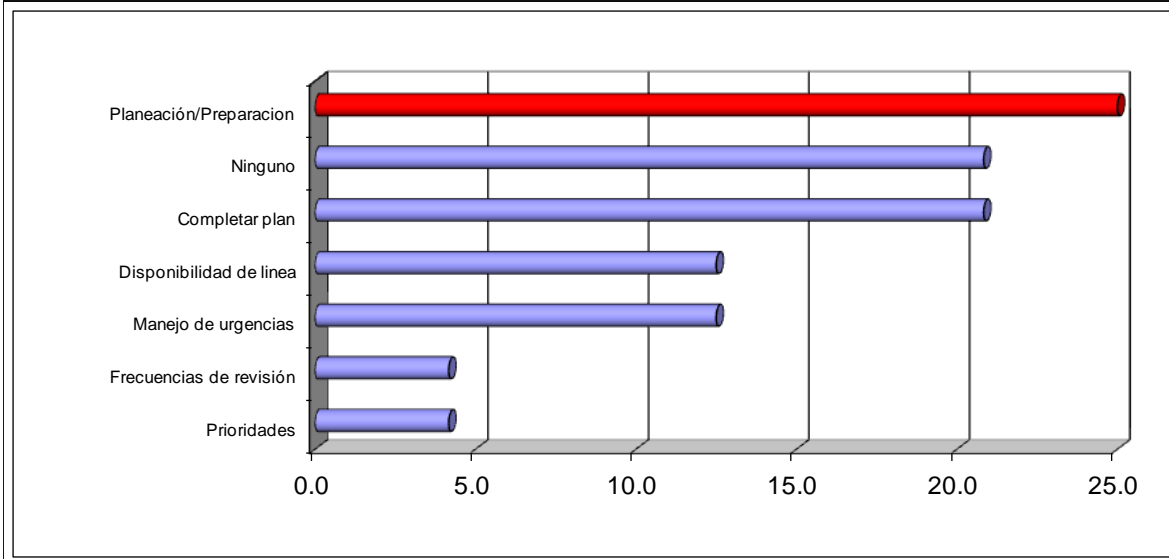


Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

En lo que se refiere a administración de la Información se observa que los clientes perciben que el personal de mantenimiento lleva a cabo sus tareas apegados al manejo de registros y uso de software e indicadores.

Programación y Planeación:

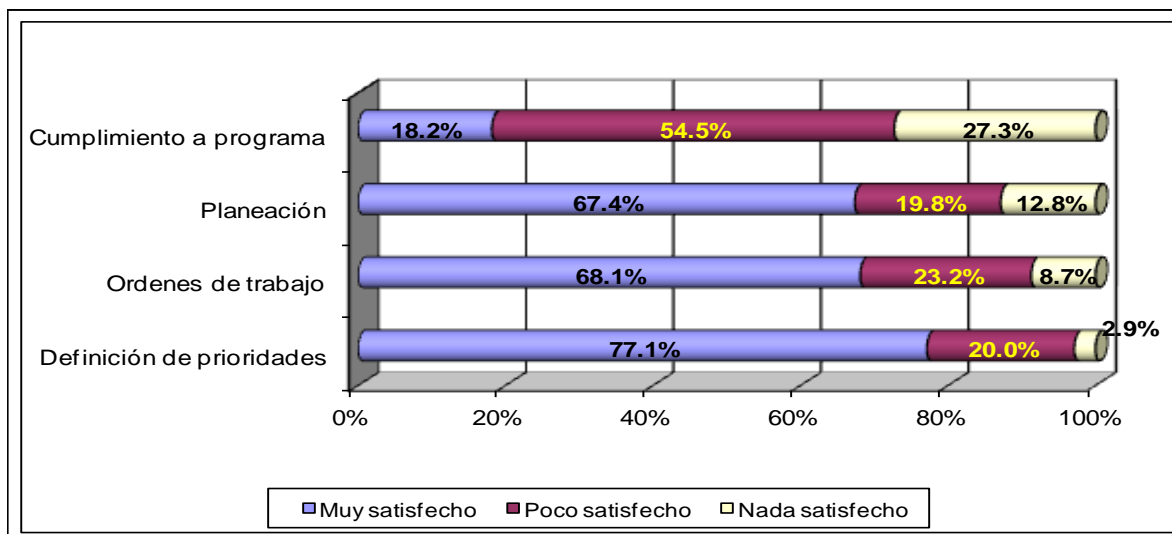
Figura no.19 Resultados de la dimensión “Programación y Planeación”



Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

## Satisfacción con la Programación y Planeación:

Figura no.20 Resultados de Satisfacción con la Programación y Planeación



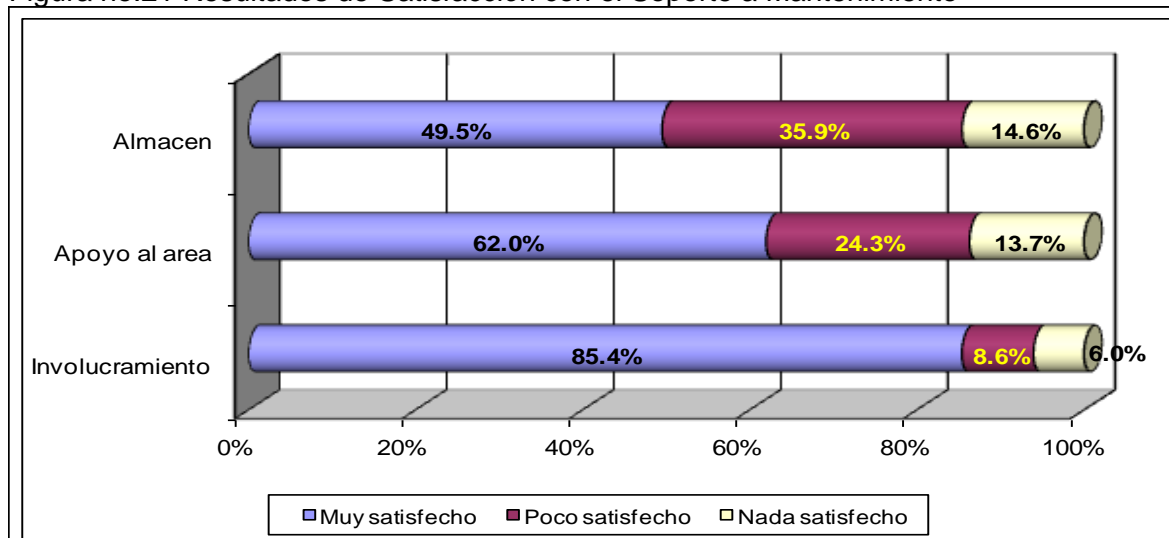
Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

La programación y planeación es un rubro que en los departamentos de mantenimiento los clientes ven que no se cumple, es decir, el cliente nota que las fallas y las intervenciones a los equipos no se ejecutan de acuerdo a los programas y planes establecidos.

## Soporte a Mantenimiento:

Satisfacción con el soporte a mantenimiento:

Figura no.21 Resultados de Satisfacción con el Soporte a Mantenimiento



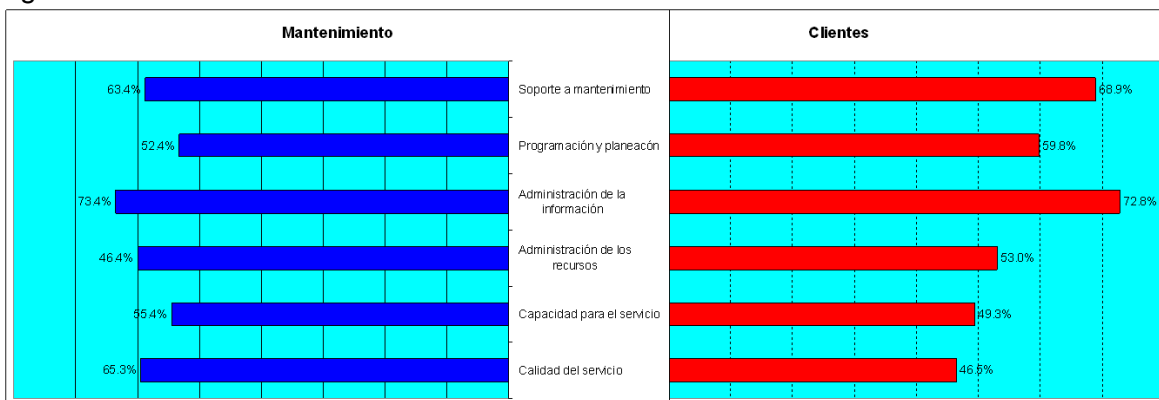
Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

El soporte a los departamentos de mantenimiento sin lugar a dudas viene de los almacenes de refacciones, en la figura no.21 se corrobora lo mencionado sobre la disponibilidad de refacciones y herramientas.

### **4.6 Principales Problemas**

En la figura no.22 se presentan los problemas mencionados por los clientes y por el departamento de mantenimiento, con la finalidad de contrastar ambos puntos de vista.

Figura no.22 Contraste de resultados de dimensiones



Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

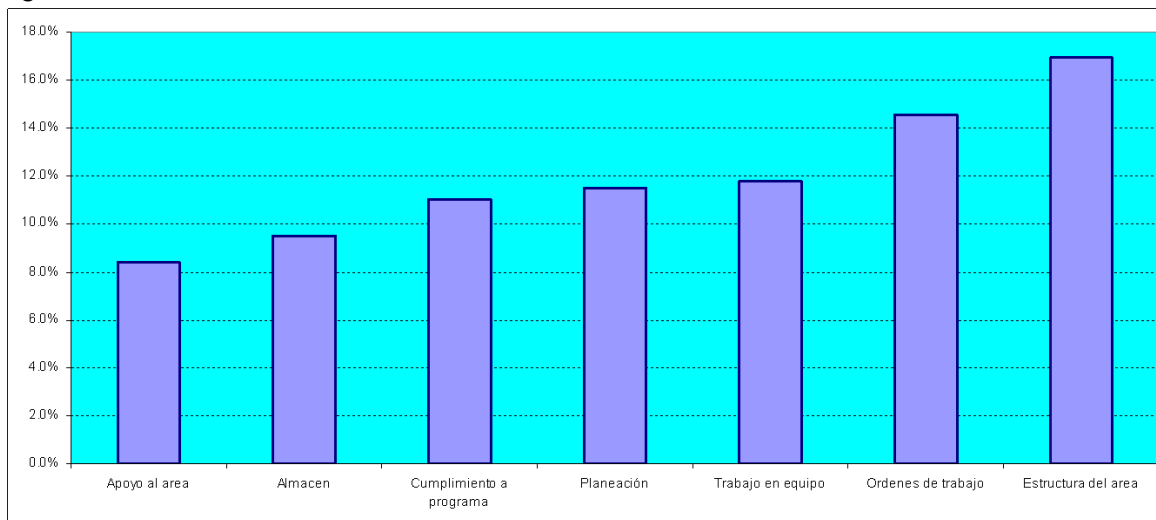
Los clientes y el personal del departamento de mantenimiento coinciden en que el soporte y la programación y planeación llevarán a los departamentos a brindar un servicio de excelencia.

Los resultados mostrados se continúan analizando en la siguiente sección para encontrar las variables que servirán para la propuesta del modelo de gestión que contribuya a que los departamentos de mantenimiento de una empresa de manufactura sea competitiva en el mercado globalizado del siglo XXI.

#### 4.7 Identificación de variables

Una vez obtenidas las dimensiones o categorías que se detectaron como problemas con el cuestionario, se realizó un análisis a detalle de las respuestas específicas consideradas dentro de las dimensiones, las cuales se muestran en la gráfica no.23

Figura no.23 Resultado de análisis de atributos



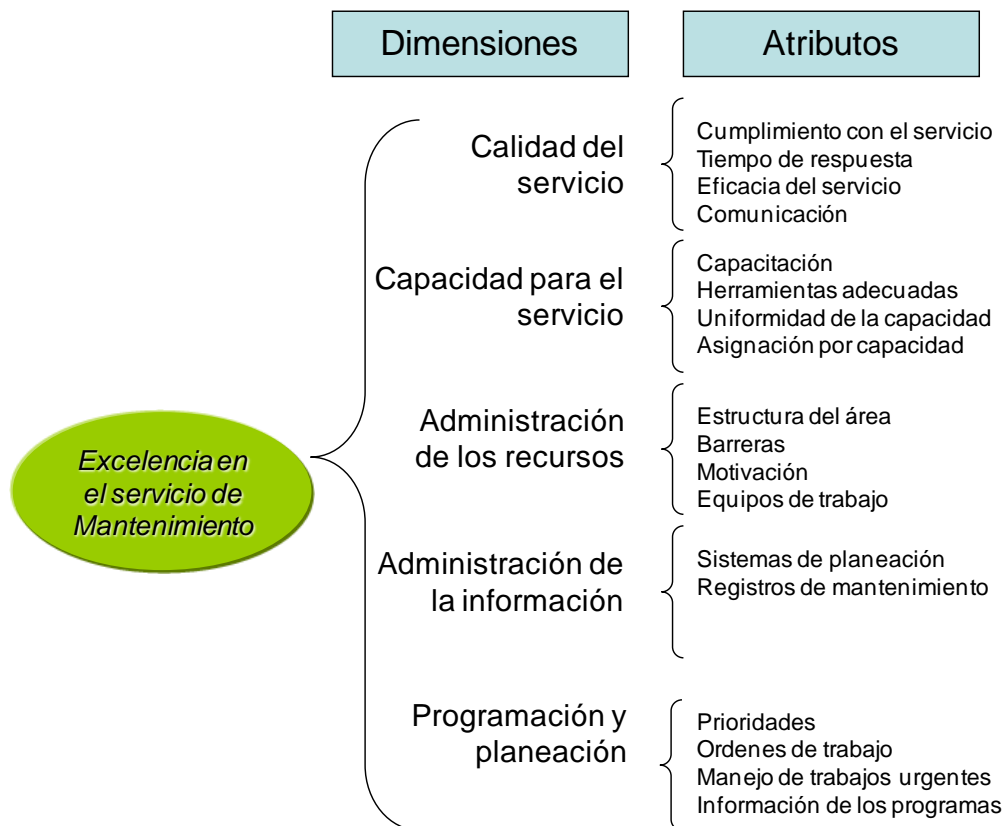
Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

La mención con porcentaje más alto lo tuvo la estructuración del área, hay que recordar que una de las respuestas de los clientes fue que el personal de mantenimiento trabajaba bien en equipo pero que no se tenía bien planeado el trabajo, el análisis respectivo arroja que la estructura que se maneja del área no es la adecuada para llevar a cabo los trabajos que se requieren por parte de las empresas, el resultado es en cascada, sin una estructura adecuada la planeación, las ordenes de trabajo, el trabajo en equipo no resultan satisfactorios para los clientes y sumándole que no se cuenta con el material y/o herramientas necesarias en el almacén, el servicio que debe dar el área de mantenimiento no funciona.

## 4.8 Análisis de confiabilidad

De acuerdo con Zarraga y Bonache (2005) el análisis de confiabilidad se lleva a cabo usando un constructo de los problemas encontrados con los resultados del cuestionario. Para las empresas de Solutia y MABE MCM Américas el constructo queda como se muestra en la figura no.24

Figura no.24 Constructo de Problemas



Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

De acuerdo con lo revisado en la bibliografía y los resultados del cuestionario, se había visto que coincidían la teoría y la práctica, se puede decir que los departamentos de mantenimiento no operan de una manera confiable para los clientes, los atributos como eficacia, tiempo de respuesta, planeación y capacitación son los mencionados en el constructo y estos son los atributos que los clientes consideraron como importantes para un servicio de excelencia, si bien no se cuenta con un servicio de excelencia en las empresas en cuestión los departamentos de mantenimiento operan con buenos resultados, el análisis FODA de la figura no.23, muestra los elementos a considerar para mejorar estos departamentos.

Figura no.25 Análisis FODA

<p><b>FORTALEZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Uso de software de mantenimiento</li> <li>•Seguimiento a normas</li> <li>•Uso de indicadores</li> <li>•Identificación de los equipos</li> <li>•Involucramiento, Las metas de mantenimiento están alineadas con las metas del negocio</li> <li>• Personal con mucha experiencia</li> <li>•Se percibe como parte fundamental de la empresa</li> <li>•Buen desempeño del personal</li> </ul>	<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Uso de manuales y diagramas para el servicio a equipos</li> <li>•Mejorar los indicadores operativos del área</li> <li>•Se utilizan ordenes de trabajo</li> <li>•Definición de prioridades</li> <li>•Seguimiento a registros del área</li> <li>•Mejorar la estructura del área</li> </ul>
<p><b>DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Uniformidad del servicio</li> <li>•Los operadores de producción no apoyan a mantenimiento con actividades de mantenimiento básico</li> <li>•No se tiene un mecanismo para prevenir las fallas y paros recurrentes</li> <li>•El personal de mantenimiento no se acerca a los operadores para preguntar por posibles fallas</li> <li>•Interacción con el almacén de refacciones</li> </ul>	<p><b>AMENAZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Actitud y capacidad de ciertas elementos en Mantenimiento</li> <li>•No se asigna el personal de mantenimiento a actividades de acuerdo con su nivel de habilidad y conocimiento</li> <li>•Cumplimiento a programa</li> <li>•La preparación de los trabajos</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con resultados de cuestionario para diagnóstico del servicio del departamento de mantenimiento

Las variables identificadas en este capítulo se retoman en el siguiente para el planteamiento de la propuesta de modelo de gestión para el departamento de mantenimiento de una empresa de manufactura, se puede ver en estas dos

empresas las similitudes que los departamentos de mantenimiento tienen sin importar la producción que lleven a cabo.

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN PARA MANTENIMIENTO**

La gestión del mantenimiento no es un proceso aislado, sino que es un sistema linealmente dependiente de factores propiamente ligados a la gestión del mantenimiento, así como de factores internos y externos a la organización. De hecho, la situación más deseable es la completa integración de la gestión del mantenimiento dentro del sistema<sup>22</sup>. Esto como tal, se pudo corroborar en los resultados del cuestionario de Diagnóstico los factores de operación en un departamento de mantenimiento están ligados e interrelacionados, no se pueden separar unos de otros y no se habla específicamente de las tareas o trabajos a desempeñar, se ha mencionado también de las bibliografías que los procesos deben estar alineados a los objetivos del negocio y que estos deben ser cambiantes y no reaccionantes, que se debe contar con estrategias que se desplieguen de forma descendente desde el nivel superior (estrategia corporativa) hasta el nivel de operación, se han revisado también las herramientas que existen para mantenimiento, sigue ahora establecer una propuesta que le sirva a las empresas de manufactura para la gestión de sus departamentos de mantenimiento.

#### **5.1 Propuesta de Modelo de Gestión para el departamento de Mantenimiento en una empresa de manufactura**

Los problemas principales detectados con el cuestionario resultaron ser la “estructura” de los departamentos de mantenimiento y el soporte que este

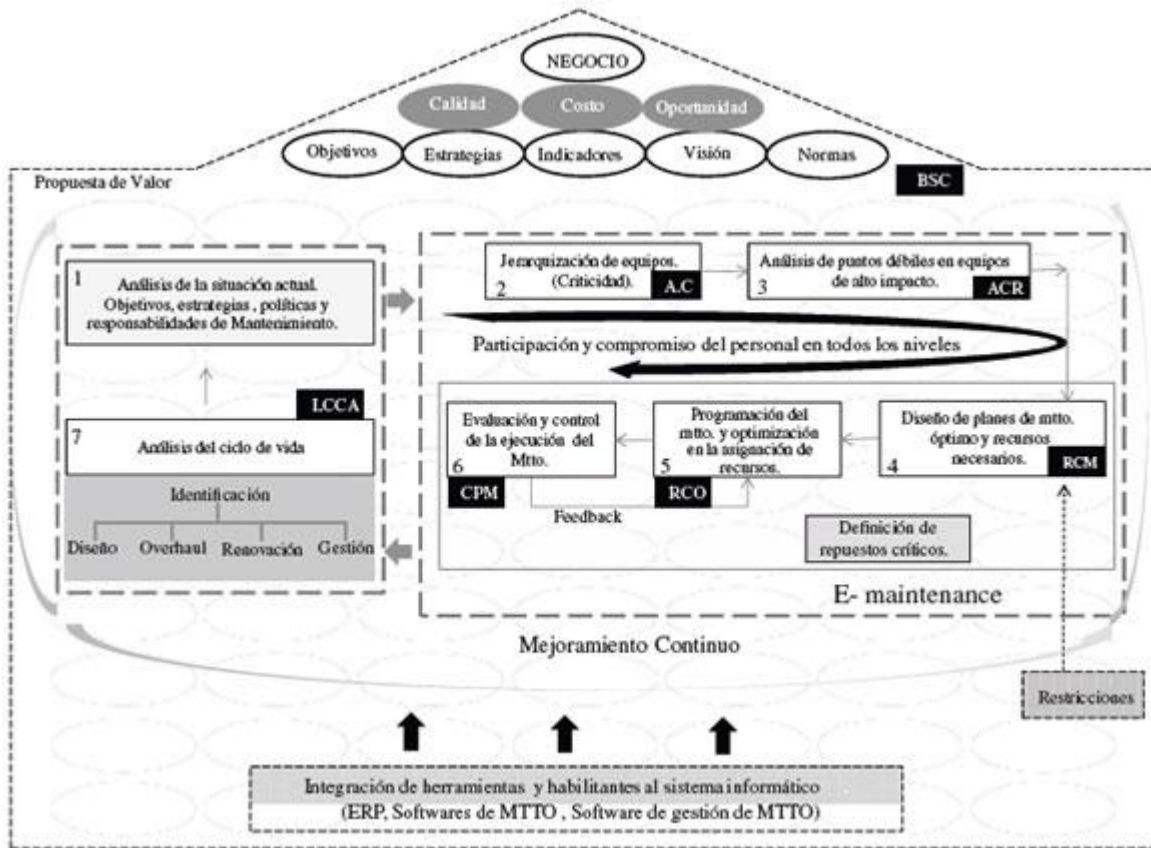
---

<sup>22</sup> Los modelos de Gestión integral de activos, Carlos Mario Pérez J. recuperado de: <http://www.soporteycia.com>.

departamento debe tener, ¿una empresa de manufactura cómo debe estructurar su departamento de mantenimiento para que sus resultados sean confiables? Y ¿cómo la empresa debe estructurar este departamento para que sus resultados estén alineados con los del negocio?, la propuesta de modelo de gestión se estableció para dar respuesta a estas dos preguntas clave definidas después del trabajo de investigación.

Una acción que permite conocer la situación o estado actual de la operación de cualquier índole es la evaluación, este proceso según Edward W. Deming debe ser un ciclo, que ya por muchos es muy conocido, en consecuencia la propuesta gira en tomar en cuenta todo el tiempo la evaluación, para un área como mantenimiento este proceso debe ser dinámico y secuencial, en la revista chilena “Ingeniare” se encontró el esquema de la figura no. 26 que vale la pena tomar para el modelo de gestión para mantenimiento.

Figura no. 26 Modelo de gestión de mantenimiento



Fuente: Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 21 N° 1, 2013

De acuerdo con la información revisada en el sitio web [www.rcm2-sopORTE.com](http://www.rcm2-sopORTE.com) los modelos de gestión integran conjuntamente procesos, procedimientos y herramientas que derivan sistemáticamente el valor mayor de activos de las compañías, por una visión coherente de sus planes y los objetivos, y con una participación que abarca a todos en la empresa, todo esto forma las llamadas “mejores prácticas”.

Tomando sobre todo, como base los resultados del cuestionario de Diagnóstico se recomienda para los departamentos de mantenimiento de las empresas de manufactura particularmente, como modelo de gestión la ejecución de las siguientes etapas:

#### 1.- Definición de estrategias y metas:

“Cualquier cambio debe estar dirigido a mejorar la compañía y no al mantenimiento. Entonces los resultados no son particulares sino en el nivel de mejora del negocio”<sup>23</sup>. Esta frase da pauta a la labor que se debe hacer antes de comenzar cualquier cambio o ajuste de recursos en las áreas de mantenimiento, sin estrategias y metas no se sabe a dónde se dirigirá el área.

El departamento de mantenimiento primeramente debe fijar sus objetivos en base a los definidos por el negocio (estrategia corporativa), una forma de hacerlo es en base a los objetivos de la producción, considerando lo ya anotado de que deben ser cambiantes y no reaccionantes, esto le permitirá al departamento estar preparado para poder responder cuando se requiera de acciones reaccionantes. En el esquema de la revista “Ingeniare” propone definir políticas y responsabilidades de mantenimiento, lo que se considera aplica, siempre y cuando, la empresa este todavía en una fase de operación inicial, los objetivos deben traducirse a metas y de aquí a actividades, se sugiere el uso de procedimientos ya sea de forma descriptiva o en forma de esquemas, esto da uniformidad al desempeño de las actividades, contar con estrategias permitirá también realizar planeación, programación y estructuración del trabajo, así se podrá hacer asignación eficaz de los recursos (tiempo, dinero, personal).

---

<sup>23</sup> Los modelos de Gestión integral de activos, Carlos Mario Pérez J. recuperado de : <http://www.soporteycia.com>

## 2.- Conocimiento de equipos y maquinaria.

Los activos son un tema que debe ser considerado para el desempeño del mantenimiento, en los resultados del cuestionario de Diagnóstico el soporte al área incluía menciones como contar con la herramienta y equipos necesarios, el uso eficiente de estos brinda la confiabilidad que mantenimiento debe dar a los clientes, por eso es importante llevar un adecuado control de su tiempo de vida y el uso de análisis como LCC ( Costo de ciclo de vida por sus siglas en inglés) no está de más para saber en qué momento es necesario cambiar estos activos, se sugiere que el personal que se encarga de las decisiones y planificación estratégica del departamento de mantenimiento tenga conocimientos administrativos, mantenimiento no se trata solo de arreglar y tener trabajando máquinas, ya se ha visto que es importante globalizar y conjuntar en un todo para que el servicio alcance la excelencia que dará la permanencia a la empresa.

“Resulta de vital importancia discretizar los activos físicos de la organización en base a su criticidad, es decir, su mayor o menor impacto en el sistema productivo global y/o seguridad del sistema<sup>24</sup>”.

La metodología del “análisis de criticidad” (Esquema figura no.24) consiste básicamente en definir la jerarquía o prioridades de un equipo o maquinaria según el parámetro de valor conocido como "Criticidad" que es proporcional al "Riesgo". Existen otros muchos métodos o herramientas para conocer los equipos y/o maquinarias (se enlistan los más posibles en la tabla no.7 pero lo importante es que la empresa cuente por lo menos con una lista de los equipos que considera indispensables para su producción y que a estos se les dé la prioridad necesaria para su buen funcionamiento, no dejando de lado los que no son tan importantes,

---

<sup>24</sup> Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 21 N° 1, 2013

el conocimiento implica responsabilidad, entonces, la responsabilidad de conocer las maquinarias y equipos llevará a la empresa a tenerlas funcionando óptimamente.

Tabla no.9 Principales herramientas para gestión de mantenimiento

BSC	Balanced Score Card (Tablero balanceado de resultados)
KPI	Key Performance Indicators (Indicadores claves de desempeño)
RAM	Reliability, availability and maintainability analysis (análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad)
ERP	Enterprise Resource Planning (Planeación de recursos empresariales)
BOM	Bills of materials (Lista de materiales)
EAM	Enterprise asset management (Sistemas de manejo de activos empresariales)
CMMS	Computerized maintenance management system (Sistema computarizado de administración de mantenimiento)
EDI	Electronic Data Interchange (Intercambio electrónico de datos)
APL	Applications Parts List (Lista de partes a utilizar)
PM	Preventive Maintenance (mantenimiento preventivo)
CM	Corrective Maintenance (mantenimiento correctivo)
CBM	Condition Based Maintenance (Mantenimiento por condición)
PDM	Predictive Maintenance (Mantenimiento Predictivo)
RCA	Root Cause Analysis (Análisis de Causa Raíz)
RCFA	Root Cause Failure Analysis (Análisis de Causa de falla Raíz)
FTA	Failure Tree Analysis (Árbol de análisis de falla)
FMEA	Failure Mode Effect Analysis (Análisis de modos de falla y efectos)
RBI	Risk based Inspection (Inspección basada en riesgos)
PMO	Preventive Maintenance Optimization (Optimización del mantenimiento preventivo)
LCC	Life Cycle Cost (Análisis del costo del ciclo de vida)

Fuente: Los modelos de Gestión integral de activos, Carlos Mario Pérez J. recuperado de:  
<http://www.soporteycia.com>

3.- Planeación y Programación incluyendo recursos financieros, de tiempo y de personal.

En esta etapa se recomienda realizar una programación detallada de todas las actividades de mantenimiento, considerando para ello las necesidades de producción y el costo de la ejecución de las tareas. La programación de las actividades de mantenimiento pretende optimizar la asignación de recursos tanto humanos como materiales, así como minimizar el impacto en la producción. La programación del mantenimiento debe efectuarse a corto (< 1 año), medio (1-5 años) y largo plazo (> 5 años). Aquí entran los planes de programación ya sea de mantenimiento, preventivo, predictivo, correctivo etc. La planeación servirá para la evaluación, que como ya se dijo debe ser dinámica y secuencial, el funcionamiento de un departamento de mantenimiento depende de la programación y planeación que haga de sus actividades, tiempo y dinero.

#### 4.- Evaluación Dinámica

La ejecución de las actividades de mantenimiento (una vez diseñadas, planificadas y programadas) deben ser evaluadas y las desviaciones controladas para perseguir continuamente los objetivos y metas de mantenimiento. El control de la ejecución permite realimentar y optimizar el diseño de los planes de mantenimiento mejorando de este modo su eficacia y eficiencia, para ello debe hacerse uso de indicadores, los cuales estarán definidos por el área, lo que no se evalúa no se puede cambiar y mucho menos mejorar, lo que daría dinamismo a la evaluación, siempre buscar la mejora, como ya se dijo anteriormente, tratar de alcanzar la excelencia y para dar secuencialidad a la evaluación se propone el uso de la herramienta "Benchmarking" que consiste en hacer comparaciones, en este caso, entre departamentos de mantenimiento, MABE MCM Américas, puede hacerlo entre sus mismas plantas porque como ya se vio hay similitudes entre las

empresas de manufactura, por consiguiente lo hay más entre empresas que se dedican a la fabricación de productos similares, las demás empresas podría basarse en la pregunta ¿qué usan las otras empresas de manufactura que les está dando buenos resultados?, no se trata de copiar, sino de optimizar, no se puede usar exactamente lo mismo que usan los demás, se trata de comparar y ver que se puede usar para mejorar.

Los modelos son diseñados para vencer las deficiencias y mejorar de forma significativa y sostenible los procesos de los negocios. El principal beneficio de aplicar correctamente los modelos de gestión en una empresa es la “confiabilidad”<sup>25</sup>

La siguiente sección incluye una propuesta de indicadores para las áreas de mantenimiento.

## **5.2 Dashboard de Indicadores**

La traducción textual de la palabra inglesa Dashboard es “tablero”, en nuestro país no sería muy descriptivo decir “tablero de indicadores”, la sugerencia es que los departamentos de mantenimiento contemplen sus indicadores de esta forma, como un tablero, donde se pueda seleccionar y presentar, para que la

---

<sup>25</sup> Los modelos de Gestión integral de activos, Carlos Mario Pérez J. recuperado de: <http://www.soporteycia.com>

empresa pueda adaptar, adecuar, cambiar o eliminar un indicador, no hay que olvidar que el modelo de gestión debe tender a la mejora, por lo tanto, los indicadores se sugiere que tengan movilidad, tal vez, alguno que se usa es necesario eliminarlo y que posteriormente sea necesario integrarlo nuevamente y así, ir de cierta manera jugando con ellos, igual como se haría en un tablero de juego, además de que controlar es más fácil hacerlo de forma representativa, se propone llevarlo a cabo a manera de semáforo, con colores verde, amarillo y rojo, el verde es aceptable, el amarillo como área de oportunidad o mejora y rojo como no aceptable, como lo presenta SOLUTIA, se vio que puede ser una herramienta que ayude de forma rápida al momento de revisar.

Se sugiere que los indicadores contengan información pasada, para conocer su evolución, mostrar el valor actual y la meta, lo importante es ver si el ítem a medir empeora o mejora, es importante incluir los elementos de la fórmula de cálculo y la dimensión en la que se medirá, así como incluir observaciones de elementos externos que pueden afectar el logro del indicador, no confundir con justificaciones, sino que sean factores que afecten indirectamente al indicador.

Los indicadores más comunes para mantenimiento propuestos en la bibliografía son<sup>26</sup>:

1. Disponibilidad total. Se refiere al tiempo que ha estado disponible un equipo o maquinaria para producción. Es el cociente de dividir el nº de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el nº de horas totales de un periodo:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas de paro por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

---

<sup>26</sup>“Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción”, Lluís Cuatrecasas, Gestión 2000.

En empresas donde se tienen varias líneas de producción en las que los paros de una máquina suponen la paralización de toda la línea, es interesante calcular la disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética.

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

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

2. Disponibilidad por averías: Es el mismo índice anterior pero teniendo en cuenta tan solo los paros por averías, las intervenciones no programadas:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas de paro por averías}}{\text{Horas Totales}}$$

La disponibilidad por avería no toma en cuenta, los paros programados de los equipos.

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

3. MTBF (Mid Time Between Failure, tiempo medio entre fallas): Permite conocer la frecuencia con que suceden las averías:

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

4. MTTR (Mid Time To Repair, tiempo medio de reparación): Permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución

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

Por cálculo matemático es sencillo deducir que:

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

Los indicadores propuestos son los más utilizados y los más representativos de los departamentos de mantenimiento, pero hay que tomar en cuenta que esto va a depender de cada empresa, se sugiere utilizar indicadores también para medir el sistema que se use para asignación de actividades, es importante medir el cumplimiento de estas, medir los costos del departamento, hay

que medir todos los costos generados, directos e indirectos, se puede usar también indicadores para medir el tiempo dedicado por tipo de mantenimiento, por ejemplo horas dedicadas a mantenimiento preventivo, correctivo, etc., se sugiere medir también la disponibilidad en los almacenes, sobre todo la rotación del inventario y materiales críticos.

Un indicador que no puede faltar y se sugiere no omitirlo, aunque en la bibliografía no se incluya, es el de la evaluación, un indicador para evaluación puede ser producto propio o producto del sistema de gestión implementado por la empresa, un indicador que permita conocer el estado actual y evolutivo del departamento, fijar una calificación que sea exclusiva para el departamento de mantenimiento.

Para finalizar se propone el siguiente dashboard de indicadores para las empresas objeto de estudio:

No.	Título	Aceptable	Oportunidad de Mejora	No Aceptable	Concepto	Indicador
1	Preventivo vs Correctivo  Cantidad de Ordenes y Horas Planeadas	Ordenes y Horas Mantenimiento Preventivo > 95 %	Ordenes y Horas Mantenimiento Preventivo > = 80 < = 94,9 %	Ordenes y Horas Mantenimiento Preventivo < = 79,9 %	Evaluar la estrategia de mantenimiento  Horas por tipo de mantenimiento preventivo vs correctivo)	% Ordenes Programadas Vs Total
						% Número de horas aplicadas Vs Total horas planeadas
2	Ciclo de la orden (Abiertas, liberadas, notificadas, liquidadas, cerradas)	En cada ciclo > 95%	En cada ciclo >= 80 < = 94,9 %	En cada ciclo < = 79,9 %	Evaluar el cumplimiento del ciclo de las ordenes generadas.	Ordenes Generadas
						Ordenes Liberadas
						Ordenes Notificadas
						Ordenes Liquidadas
						Ordenes Cerradas
3	Horas Planeadas y Reales vs Horas Disponibles	Horas Plan y Real > al 95%	Horas Plan y Real >= 80 < = 94,9 %	Horas Plan y Real < = 79,9 %	Evaluar el % de horas planeadas y reales en ordenes de mantenimiento vs horas disponibles del personal de mantenimiento.	% Horas Plan vs Horas Disp.
						% Horas Real vs Horas Disp.
4	Gastos Mantenimiento total vs Gastos Mantenimiento Presupuestado.	Forecast < = +/- 3 %	Forecast > = +/- 3.1 < = +/- 4.9 %	Forecast > = +/- 5 %	Evaluar el gasto de mantenimiento en ordenes vs el gasto de mantenimiento reportado en cuentas de mtto.	Gastos reales vs Forecast
5	Resultado Evaluación del Modelo de Mantenimiento	Resultado > al 80%	Resultado / el 60 al 79%	Resultado < al 60%	Evaluar la aplicación y aprovechamiento del modelo de mantenimiento.	Res. Evaluación

## CONCLUSIONES

En el trabajo de investigación realizado se revisaron cuatro tipos de mantenimiento y tres modelos de gestión; los datos recabados sobre su aplicación y recomendaciones se utilizaron para estudiar el tipo de mantenimiento que se pudiera adecuar a una empresa de manufactura.

El mantenimiento tuvo sus orígenes desde que el hombre sintió la necesidad de reparar y contar con las herramientas que le facilitaban la vida diaria, por lo tanto, su evolución se dio junto con el desarrollo de la industria. En México, se puede decir que se dio en mayor medida desde el aumento de exportaciones a Estados Unidos, porque se tuvo un mayor crecimiento de las empresas de manufactura, en Europa esta evolución se relaciona con el advenimiento de la revolución industrial y desarrollo de las guerras mundiales, sin embargo, no se pudieron encontrar datos que lo corroboren fehacientemente, la bibliografía menciona a los japoneses como los primeros en notar que un adecuado mantenimiento de las máquinas retribuía en el logro exitoso de la producción, posteriormente se habla de involucrar al mantenimiento industrial en los sistemas de gestión para la fabricación sin fallas en los equipos.

La gestión del mantenimiento trajo consigo el concepto de confiabilidad, hoy todas las compañías o plantas productivas hacen uso de este concepto, porque la confiabilidad crea idea de “imagen” o compromiso para los clientes, el reto de las industrias de hoy es mantener la confiabilidad de sus procesos para competir en el mercado globalizado, para ello sus departamentos de mantenimiento son de vital importancia y estos deben desarrollar estrategias para contribuir con el cumplimiento de los objetivos de la empresa.

En este trabajo de investigación se aplicó un diagnóstico del servicio de los departamentos de mantenimiento de dos empresas de manufactura, SOLUTIA Tlaxcala y MABE MCM Américas, en la bibliografía revisada y en los resultados del diagnóstico se encontraron coincidencias que permitieron comprobar la hipótesis, los resultados analizados en el capítulo IV refrendaron que un modelo de gestión adecuado conlleva a la confiabilidad operacional y condujeron al hallazgo de variables similares para proponer un modelo de gestión para un departamento de mantenimiento en una empresa de manufactura con cuatro etapas fundamentales.

También se propone un dashboard de indicadores que son congruentes con lo revisado en la bibliografía y con los resultados del diagnóstico del servicio de los departamentos de mantenimiento para que sean manejados por las empresas en la forma que mejor se adapte a sus necesidades, la finalidad de los indicadores es que permanezca en la empresa un sentido de manejo de información útil para la toma de decisiones y enfoque de objetivos.

## **RECOMENDACIONES GENERALES**

Cualquier negocio está para producir ganancias y con un modelo de gestión para mantenimiento no solo será posible permanecer sino perdurar en el mercado.

Se recomienda el uso de herramientas y de evaluación porque a través de estas es como se alcanzará el estado de excelencia en el servicio que los departamentos de mantenimiento deben proveer a la empresa, realizar evaluaciones y ejercicios de diagnóstico deja a las empresas conocimiento lo cual brinda confiabilidad.

## REFERENCIAS

1. Alonso García Ángel. Conceptos de organización industrial. Marcombo, 1997.
2. Arata Adolfo. Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Aplicación de la Plataforma R-MES. RIL Editores, 2009.
3. Barroso Ángela, ,Mantenimiento-de-Clase-Mundial-Varios, Universidad Santa María, Barcelona, Cátedra Ingeniería Industrial, Agosto 2011
4. Beahr Rivero, Daniel. Metodología de la investigación. Ediciones Shalom. 2008.
5. Bona de José María. La Gestión del mantenimiento: guía para el responsable de la conservación de locales e instalaciones: criterios para la subcontratación. FC Editorial, 1999.
6. Bravo Barrantes, Roberto., Ana Cecilia. Administración del Mantenimiento Industrial. EUNED.
7. Castillo Aponte José. Administración de personal, un enfoque hacia la calidad. ECOE Ediciones. 2ª Edición.
8. Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. Larousse Editorial, S.L. 2007
9. Dessler, Gary. Administración de personal. Prentice Hall. 8a Edición.
10. García Garrido, Santiago. Ingeniería de Mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento. Renovetec.
11. García Garrido, Santiago, Mantenimiento Correctivo. Organización y Gestión de la reparación de averías, Colección Mantenimiento Industrial, Volumen 4, Editorial Renovetec, 2009.
12. González Fernández, Francisco Javier. Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. FC Editorial. 2ª Edición.
13. González Fernández, Francisco Javier. Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. FC Editorial.
14. Gómez de León Hijes Cesáreo Félix. Tecnología del mantenimiento industrial. EDITUM, 1998.
15. González Fernández, Francisco Javier. Manual para una eficiente dirección de proyectos y obras. FC Editorial, 2002.
16. Hernández Sampieri, Roberto. Metodología de la Investigación. McGraw Hill, 2010.
17. Heintzelman John E.. The complete handbook of maintenance management. Prentice-Hall, 1976.
18. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 21 N° 1, 2013
19. Lawrence Mann. Maintenance management. Lexington Books, 1976.
20. Lluís Cuatrecasas Hacia la Competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción, Arbós, Ediciones Gestión 2000 S.A, Barcelona, Primera edición

21. Metals Society. Minimizing the cost of maintenance: proceedings of the conference. Metals Society, 1980.
22. Moubray John, Reliability-Centered Maintenance. Industrial Press Inc., 1997.
23. Murray R. Spiegel y Larry D. Stephens, Estadística, 4ª Edición 2009, Mac Graw Hill, México D.F
24. Puchol, Luis. Dirección y gestión de Recursos Humanos. Ediciones Díaz de Santos, 6ª Edición.
25. Reyes Ponce Agustín. Administración de empresas, Teoría y práctica, segunda parte. Limusa.
26. Reyes Ponce, Agustín. Administración de personal, sueldos y salarios 2ª parte. Limusa.
27. Sacristán Rey Francisco. Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo. FC Editorial, 2001.
28. Sacristán Rey Francisco. Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo. FC Editorial, 2005.
29. Salih O. Duffuaa, Abdul Raouf, John Dixon Campbell. Sistemas de mantenimiento: Planeación y control. Editorial Limusa S.A. De C.V., 2002.
30. Sacristán Rey Francisco. Manual del mantenimiento integral en la empresa. FC Editorial, 2001.
31. Westerkamp Thomas A.. Maintenance manager's standard manual. Prentice Hall, 1993.

## REFERENCIAS ELECTRONICAS

32. Ellman-Sueiro&Asociados, Asesores de empresas.2008. recuperado de: <http://www.gsati.cl/Pdf/Confiabilidad.pdf> Enrique Ellmann,2008.
33. El comportamiento de la industria manufacturera de México ante la recesión económica de EUA”. Jorge Eduardo Mendoza Cota. Octubre 2010. recuperado de: <http://www.revista.economia.uady.mx/2010/XXVII/75/01.pdf>
34. Industria Manufacturera”, Asociación Bancaria de Guatemala, Marzo 2013. Recuperado de: <http://www.abg.org.gt/pdfs/marzo2013/SECTOR%20%20INDUSTRIA%20A%20MARZO%20DE%202013.pdf>
35. Ingeniería del mantenimiento, renovetec. Recuperado de: [www.ingenieriadelmantenimiento.com](http://www.ingenieriadelmantenimiento.com)
36. Leanexpertise. Historia y Evolución del Mantenimiento, 2014. Recuperado de:

[http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE/articles\\_on\\_total\\_productive\\_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistorySpanish.htm](http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistorySpanish.htm)

37. Los modelos de Gestión integral de activos, Carlos Mario Pérez J. recuperado de: <http://www.soporteycia.com>
38. Mailxmail cursos. Mantenimiento Productivo Total (TPM). 2013. 2014. recuperado de: <<http://www.mailxmail.com/curso-mantenimiento-industrial-1-3/mantenimiento-productivo>>.
39. Renovetec. 2012. 2014. recuperado de: <<http://www.renovetec.com/tiposdemantenimiento.html>>.
40. Santiago García Garrido. recuperado de: <http://mantenimientoindustrial/Mantenimiento+industrial>.
41. Steven Nieto. 2009. recuperado de: <http://mantenimientosindustriales2009.blogspot.mx/2009/05/historia-del-mantenimiento.html>
42. Sumario de Artículos de Confiabilidad de Mantenimiento, Sandra Rosas, 2012 recuperado de: [www.utcj.mx/claroline/claroline/backends/download.php](http://www.utcj.mx/claroline/claroline/backends/download.php)

## ANEXOS

Programa Semanal de Actividades																					
Semana No.		33				mar. 13/08/13				mié. 14/08/13				jue. 15/08/13				vie. 16/08/13			
Actividad	Tipo	Folio	P	Esp.	T.P	T. R.	Dif.	Op.	T.P	T. R.	Dif.	Op.	T.P	T. R.	Dif.	OP.	T.P	T. R.	Dif.	Op.	
Recorrido Inicio 1º Turno Inst.	Pd		I	I	1.0		1.0	SMB	1.0		1.0	SMB	1.0		1.0	SMB	1.0		1.0	EAC	
Recorrido Inicio 2º Turno Inst.	Pd		I	I	1.0		1.0	RPC	1.0		1.0	RPC	1.0		1.0	RPC	1.0		1.0	RPC	
Recorrido Inicio 3º Turno Inst.	Pd		I	I	1.0		1.0	EAC	1.0		1.0	VDR	1.0		1.0	JMS	1.0		1.0	JMS	
Turno central. instrumentación	Pd		I	I			0.0	VDR			0.0				0.0				0.0		
Recorrido Inicio 1º Turno Mec.	Pd		I	M	1.0		1.0	FOT	1.0		1.0	FOT	1.0		1.0	FOT	1.0		1.0	RPJ	
Recorrido Inicio 2º Turno Mec.	Pd		I	M	1.0		1.0	BPT	1.0		1.0	BPT	1.0		1.0		1.0		1.0	FOB	
Recorrido Inicio 3º Turno Mec.	Pd		I	M	1.0		1.0	RPJ	1.0		1.0	FOB	1.0		1.0	FOB	1.0		1.0	FOB	
Recorrido Inicio 1º Turno Serv.	Pd		I	S	1.0		1.0	GRM	1.0		1.0	GRM	1.0		1.0		1.0		1.0		
Recorrido Inicio 2º Turno Serv.	Pd		I	S	1.0		1.0		1.0		1.0		1.0		1.0		1.0		1.0		
Recorrido Inicio 3º Turno Serv.	Pd		I	S	1.0		1.0		1.0		1.0	CMP	1.0		1.0	CMP	1.0		1.0	CMP	
Cambio de filtros de carton, pre-enfriador ventilador sumi, hvac de las cuchillas de aire	MP	60195	I	L			0.0				0.0				0.0				0.0		
Verificacion de bajo nivel y falla de flama, control de nivel, caldera	MP	60253	I	L			0.0				0.0				0.0				0.0		
Limpieza de area de caldera, -, edificio area de caldera	MP	60238	I	L			0.0				0.0				0.0				0.0		
Limpieza del equipo, -, compresor ga-30	MP	60278	I	L			0.0				0.0				0.0				0.0		
Lubricacion, rodamientos, carro manejador de rollos	MP	60202	I	L			0.0				0.0				0.0				0.0		
Limpieza del dique, dique de concreto, dique de concreto	MP	60170	I	L	1.5		1.5	GRM			0.0				0.0				0.0		

Revisión de sistema de alarma contra incendio, estación manual área molienda, sistema contra incendio	MP	60290	1	L	0.5	0.5	GRM			0.0			0.0				0.0
Lubricación, bomba de vacío, bomba de vacío de claro	MP	60187	1	L	0.5	0.5	GRM			0.0			0.0				0.0
Revisión de funcionamiento, trampa de condensados bt-8, htp del cono de color	MP	60188	1	L	0.5	0.5	GRM			0.0			0.0				0.0
Verificación de funcionamiento, tornillo compresor, chiller #.1, 2 y 3	MP	60241	1	L		0.0		1.5	1.5	GRM			0.0				0.0
Cambio de pre-filtros, prefiltro de papel 24x24x2, manejadora de aire producto terminado	MP	60294	1	L		0.0		0.5	0.5	GRM			0.0				0.0
Revisión de funcionamiento y lubricación, puertas y ventanas, edificio vestidores, vigilancia, comedor	MP	60217	1	L		0.0			0.0				0.0				0.0
Limpieza de cuarto de compresores, -, edificio área de compresores	MP	60233	1	L		0.0			0.0				0.0				0.0
Revisión de funcionamiento, trampa de condensados bt-12, htp del tanque del dado	MP	60189	1	L		0.0			0.0				0.0				0.0
Limpieza del equipo, -, compresor ga-45ff	MP	60280	1	L		0.0		1.5	1.5	CMP			0.0				0.0
Limpieza del equipo, -, compresor ga-18 #.1 y 2	MP	60263	2	L		0.0		2.0	2.0	CMP			0.0				0.0
Limpieza del equipo, -, compresor ga-15	MP	60272	2	L		0.0			0.0		1.5	1.5	CMP				0.0
Funcionamiento y lubricación del reductor, -, grúa de servicios del dado, del nivel 5 50 y 11.0	MP	60203	2	L		0.0			0.0				0.0	1.5	1.5	CMP	
Revisión de funcionamiento, trampa de condensados bt-13, htp tina de agua caliente Cambiar vidrio roto de la caseta de vigilancia #.2 05-133-150-PUER	MP	60191	1	L		0.0			0.0				0.0	0.5	0.5	CMP	
	MC	59968	2	L	2.0	2.0	GRM			0.0			0.0				0.0

					0.0					0.0				0.0				0.0
					0.0					0.0				0.0				0.0
					0.0					0.0				0.0				0.0
					0.0					0.0				0.0				0.0
<b>Gran total tiempo programado:</b>				<b>44.0</b>	<b>0.0</b>	<b>44.0</b>	<b>0.0</b>	<b>44.5</b>	<b>0.0</b>	<b>44.5</b>	<b>0.0</b>	<b>36.5</b>	<b>0.0</b>	<b>36.5</b>	<b>0.0</b>	<b>37.0</b>	<b>0.0</b>	<b>37.0</b>

TIEMPO PLANEADO / ACTOS. MANTTO.									
	Viernes			Sábado			Domingo		
	Tiempo programado	Tiempo disponible	Dif.	Tiempo programado	Tiempo disponible	Dif.	Tiempo programado	Tiempo disponible	Dif.
<b>Instrumentistas</b>									
EAC	0	0	0	0	0	0	4.5	7.5	3
JMS	0	0	0	7	7.5	0.5	5.5	7.5	2
RPC	3.5	7.5	4	5.5	7.5	2	6.5	7.5	1
SMB	5.5	7.5	2	4.5	7.5	3	0	0	0
VDR	5.5	7.5	2	0	0	0	0	0	0
<b>Mecánicas</b>									
BPT	4.5	7.5	3	0.5	7.5	7	0.5	7.5	7
FOB	6	7.5	1.5	5.5	7.5	2	7	7.5	0.5
FOT	6.5	7.5	1	5.5	7.5	2	0	0	0
RPJ	0	0	0	0	0	0	5.5	7.5	2
<b>Fogoneros</b>									
CMP	6.5	7.5	1	5	7.5	2.5	5.5	7.5	2
GRM	5.5	7.5	2	0	0	0	0	0	0
LRL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RRR	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- RFP Actividades de Instrumentación
- FdR Mecánicas
- JR Optimización del mantenimiento preventivo
- AD Fogoneros (servicios)

