

T  
620 0046  
A B A i



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Implementación de la Metodología de Mantenimiento Preventivo Total  
(MPT) para el manejo eficiente de un Departamento de  
Mantenimiento”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

Víctor Javier Abad Abad

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2004



## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral por darme todos los conocimientos adquiridos.

A mis padres, a mis hermanas y a toda mi familia que con su apoyo en el transcurso de mi vida, agradezco a Dios por darme vida y permitirme alcanzar todo lo logrado y agradezco al Ing. Ernesto Martínez L. por su invaluable ayuda y guía para la elaboración de esta tesis.

A todos mis compañeros y demás personas que directa e indirectamente colaboraron para la realización de la presente tesis.

## **DEDICATORIA**

A mis padres por el apoyo incondicional para un feliz término de mis estudios universitarios.

A mis hermanas que de una u otra manera colaboraron técnica y moralmente.

A mi futura familia que es la fuente de inspiración para la realización de este trabajo.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Eduardo Rivadeira P.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



---

Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. Jorge Duque R.  
VOCAL



---

Ing. Julián Peña E.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**”

(Reglamento de Graduación de la **ESPOL**).

A handwritten signature in black ink, reading "Victor J. Abad A", is written over a horizontal line.

**Víctor Javier Abad Abad**

## **RESUMEN**

La presente tesis trata de la aplicación de la Metodología MPT (Mantenimiento Preventivo Total) para un mejor funcionamiento del Departamento de Mantenimiento en una Planta de Detergentes situada en la ciudad de Guayaquil.

Este trabajo fue realizado por el autor de esta tesis que se desempeña como Coordinador de Mantenimiento Mecánico de la planta en mención.

Las frecuentes paradas imprevistas en el proceso de fabricación de detergentes por daños en los equipos, lleva aplicar esta Metodología como la principal opción para mejorar el desarrollo continuo y evitar pérdidas en la empresa.

En esta investigación se describe cuáles son los problemas que deben ser solucionados, las causas que lo generaron y las variables involucradas KPI's (Key Performance Indicator), basándose en herramientas usadas en MPT como Por qué – Por qué, 5 Por qué y 1 Cómo, LUP (Lección de Un Punto), Análisis de Fallas, CAP-Do (Check, Analyze, Plan, Do); posteriormente se validan todos los sistemas de medición a través de un software computarizado, para tener registro.

Una vez aprobados todos los sistemas de medición, se plantean las estrategias a implementar para observar la disminución de costos de mantenimiento basados en cuadros estadísticos y el cero averías de los equipos.

Los resultados que se esperan son los siguientes:

1. Difundir la Metodología MPT.
2. Constatar la sinergia entre la Metodología y el Departamento de Mantenimiento.
3. Demostrar los resultados de mejora con la implementación de esta Metodología.

Finalmente, se detallan las conclusiones y recomendaciones a seguir para el inicio de una estrategia como MPT.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VI
TERMINOLOGIA.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1	
1. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Tipos de Mantenimiento aplicados.....	3
1.2. Estructura y áreas de trabajo del Departamento de Mantenimiento	4
1.3. Flujograma de la Gestión de Mantenimiento.....	5
1.4. Metodologías de Mantenimiento y Selección de una de las Metodologías.....	6
CAPITULO 2	.

2. METODOLOGIA DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	9
2.1. Origen e Historia de la Metodología.....	9
2.2. Definición de MPT desde diferentes puntos de vista.....	13
2.3. Diferencia entre los cuatro pilares principales.....	16
2.4. Areas de aplicación.....	23
2.5. Herramientas utilizadas.....	28
2.6. Justificación y Beneficios de usar la Metodología MPT.....	36
CAPITULO 3	
3. DINAMICA ENTRE EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL Y EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	38
3.1. Estructura del Departamento de Mantenimiento con la Metodología MPT.....	38
3.2. Areas de trabajo del Departamento de Mantenimiento con MPT.....	40
3.3. Flujograma de la nueva Gestión de Mantenimiento, aplicando la Metodología MPT.....	41
CAPITULO 4	
4. INDICES Y OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN MANTENIMIENTO.....	45
4.1. Medición de los índices involucrados.....	45

4.2. Cómo llegar al objetivo: Cero Averías.....	46
4.2.1. Las cinco medidas de lucha para alcanzar Cero Averías.....	46
4.3. Etapas del Mantenimiento Planificado.....	52
4.3.1. Evaluar el equipo y comprender la situación actual.....	52
4.3.2. Restaurar las condiciones ideales.....	62
4.3.3. Estructuración del control de informaciones y datos.....	85
4.3.4. Estructuración del Mantenimiento Periódico (TBM).....	85
4.3.5. Estructuración del Mantenimiento Predictivo (CBM).....	86
4.3.6. Evaluar el Sistema de Mantenimiento Planificado.....	87
CAPITULO 5	
5. ANALISIS DE RESULTADOS.....	88
5.1. Análisis Cualitativo de Resultados.....	88
5.2. Análisis Cuantitativo de Resultados.....	90
CAPITULO 6	
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
APENDICES	
BIBLIOGRAFIA	

## ABREVIATURAS

Acum:	Acumulado
Assist:	Asistente
BDM:	Mantenimiento Después de la Avería
C:	Costo
CBM:	Mantenimiento Basado en las Condiciones
Cord:	Coordinador
D:	Distribución
EPP:	Equipo de Protección Personal
GGA:	Grupo de Gestión Autónomo
Hr:	Hora
IBM:	Mantenimiento por Mejoramiento
JIPM:	Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas
Kg:	Kilogramo
KW:	Kilovatios
LUP (LPP):	Lección de Un Punto
M:	Moral
MA:	Mantenimiento Autónomo
MP:	Mantenimiento Preventivo
MP:	Materia Prima
MTBF:	Tiempo Medio Entre Fallas
Mtto:	Mantenimiento
MTTR:	Tiempo Medio Para Reparación
OEE:	Efectividad Operacional del Equipo
P:	Productividad
Prep:	Preparación
Q:	Calidad
Q1:	Primer Trimestre del Año
Q2:	Segundo Trimestre del Año
Q3:	Tercer Trimestre del Año
Q4:	Cuarto Trimestre del Año
S:	Seguridad
SHE:	Seguridad e Higiene Ambiental
St:	Estándar
TAG:	Tarjeta
TBM:	Mantenimiento Basado en el Tiempo

Ton:	Tonelada
MPT:	Mantenimiento Productivo Total
TQC:	Control de Calidad Total
TQM:	Manufactura de Calidad Total
USD:	Dólares Americanos
Vs:	Versus

## TERMINOLOGIA

**APROVECHAMIENTO (%)**: ((Tiempo total calendario menos Tiempo no programado menos Tiempo muerto planificado para mantenimiento) dividido por el Tiempo calendario) x 100.

**CICLO DE VIDA (LIFE CYCLE)**: tiempo durante el cuál un ítem conserva su capacidad de utilización. El periodo comprende desde su adquisición hasta su reemplazo, es decir objeto de una rehabilitación.

**CICLO DE VIDA, COSTO DEL (LCC - LIFE CYCLE COST)**: costo total de un ítem a lo largo de su vida, incluyendo costos de adquisición, operación, mantenimiento, mejoras, modificaciones y extracción.

**CONFIABILIDAD**: capacidad de un ítem para realizar su función específica en determinadas condiciones, durante un periodo de tiempo determinado. También se puede denominar probabilidad que un ítem funcione correctamente en las condiciones operativas de proyecto durante un determinado periodo de tiempo.

**COSTO DE MANTENIMIENTO / TON**: son los gastos que se realizan para ejecutar mantenimiento / toneladas de producto terminado.

**COSTO DIRECTO DE MANTENIMIENTO**: gastos con mano de obra propia o contratada, materiales de reposición, parte proporcional de los costos de supervisión y de los recursos materiales empleados en la reparación de avería o reposición de un ítem. Costo de disponibilidad.

**COSTO INDIRECTO DE MANTENIMIENTO**: costos derivados de la pérdida de producción, rendimiento y calidad así como por daños a la seguridad y al medio ambiente, causados por la avería de un ítem. Costo de indisponibilidad.

**CRV DE MANTENIMIENTO**: Es el costo de valor de reparación de un activo que debe ser como target el 4% del activo para plantas de proceso químico y el 15% para plantas del sector plástico.

**DISPONIBILIDAD**: capacidad de un ítem de estar en el estado admisible que

permita cumplir una función exigida en las condiciones establecidas, durante un cierto momento o durante un intervalo de tiempo dado, suponiendo que el suministro de los medios externos está asegurado. Puede ser expresarse aún como la probabilidad que un ítem pueda encontrarse disponible para su utilización en un determinado momento o durante un determinado periodo de tiempo. La disponibilidad de un ítem no implica que el mismo esté necesariamente funcionando, pero si fue se encuentra en condiciones de funcionar.

Disponibilidad (%):  $((\text{Tiempo de operación} - \text{Tiempo de reparación}) / \text{Tiempo de operación}) \times 100$ .

**EFICIENCIA DE RENDIMIENTO (%)**: (Tasa media de producción (Ton/Horas) dividida estándar de producción (Ton/Horas) x 100.

**EFU (ETIQUETA)**: etiqueta en duplicado, para describir los "FUGUAI". Se coloca la original en posición correcta equipamiento y se guarda la otra para trabajo y archivo. El EFU relata el contenido del "Fuguai" detectado y quién es el responsable por la reparación y cuándo. Los operarios intentan repararlo por cuenta propia, pero recurren al departamento de mantenimiento, si se trata de un problema complejo.

**FALLA**: interrupción de función de la operación desempeñada por máquinas o componentes; pérdida de la función específica de la máquina.

**FRECUENCIA DE FALLAS (%)**: (Número total de paradas debido a fallas dividido para el tiempo de operación) x 100.

**FUGUAI (NO CONFORMIDAD)**: al atender los requerimientos. Palabra de sentido amplio, cuyo significado desde algo equivocado, problemas o fallas, hasta defectos como fugas de aire y de aceite, cablería y ductos en malas condiciones, etc. En el proceso de limpieza inicial de mantenimiento autónomo, se incentiva a los operadores a identificar la mayor cantidad posible de "Fuguais"

**GENBA-GENBUTSU (ESCENARIO REAL, COSA REAL, REALIDAD)**: este principio enfatiza la "observación de primera mano de un fenómeno en el lugar de trabajo". Cuando surge un problema, vaya al lugar de la ocurrencia, examínelo con atención y repárelo. Agregamos "Genri" (principio). "Gensoku" (reglas) y "Genjitsu" (realidad) y lo denominamos "5-Gen (Go-Gen)". En un proceso de resolución de problemas, especialmente en Análisis PM, debemos recordar seguir estrictamente este principio.

**HINSHITSU-HOZEN (MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD):** el concepto de calidad asegurada se aplica a los equipos y a la administración de las instalaciones. La idea básica es mantener la integridad del equipo intacta, para elaborar productos 100% no defectuosos.

"Hinshitsu-Hozen" se destina a librar el equipamiento de defectos de calidad, establecer condiciones de cero defecto, sustentar el control de tendencia, y ante la posibilidad de defectos de calidad tomar las medidas pertinentes con anticipación.

**ITEM:** sistema, instalación, planta, fábrica, entidad, bien, máquina, equipo, conjunto, componente o pieza que puede ser considerado individualmente, y que admite separadamente, pruebas de verificación de su estado general.

**KAIZEN (MEJORA):** actividades de mejora continua y creciente realizadas en pequeños grupos. Los círculos de control de calidad son ampliamente conocidos por sus actividades kaizen. Se buscan las causas a partir de los defectos o problemas mediante un análisis profundo, de "brainstorming" y de otras herramientas y métodos de Kaizen; así, el grupo podrá solucionar determinado tema (problema). Una vez resuelto, dicho nivel de realización se considera un nuevo estándar a partir del cual se tomará una nueva meta como objetivo.

**KOBETSU-KAIZEN (MEJORA ESPECÍFICA O ENFOCADA):** proyectar actividades en pequeños grupos para solucionar un problema determinado. Los problemas consisten en las 16 grandes categorías de pérdidas que perjudican la eficiencia de las actividades productivas. En la etapa introductoria de MPT, un equipo multifuncional conformado por ingenieros y gerentes de línea escogen una máquina modelo y aplican una mejora específica para demostrar que sus esfuerzos son eficaces en el sentido de aumentar la eficiencia de la producción. Lo logrado en una máquina se repite en otras unidades similares. El grupo inicial repite este proceso, teniendo como objetivo una máquina piloto, para generar beneficios en otras máquinas hasta completar todas las máquinas o equipos de la fábrica.

**JISHU-HOZEN (MANTENIMIENTO AUTONOMO):** la traducción puede parecer errónea, pero se trata de actividades de mantenimiento iniciadas por la gerencia y ejecutadas en pequeños grupos. Los operadores limpian, chequean, lubrican y reaprietan (tornillos y tuercas) de manera rutinaria, impidiendo el desarrollo de fallas. Los esfuerzos de los operadores ayudan también a aliviar la carga de trabajo del personal de mantenimiento, que, a su vez, puede concentrarse en actividades de mantenimiento más sofisticadas.

"Jishu-Hozen" se realiza en 7 etapas. Cada grupo debe someterse a una auditoria o diagnóstico, antes de pasar a la etapa siguiente. Los grupos aprobados son reconocidos y reciben un certificado de aprobación. No se deja "Jishu-Hozen" a cargo de los operarios; es tarea de los gerentes orientar y administrar a sus subordinados.

**LOGRO DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO(%):** (Tareas de mantenimiento planificado realizadas dividido tareas de mantenimiento planificado) x 100.

**MANTENIBILIDAD:** facilidad con que se puede efectuar una intervención de mantención. Probabilidad que un ítem averiado pueda volver a su estado operativo en cierto período de tiempo, cuando la mantención se realiza en condiciones determinadas y con medios y procedimientos establecidos.

**MANTENCION CORRECTIVA:** es un sistema en el cual el concepto de prevención de defectos en equipos o máquinas se amplió, en el sentido de aplicar a éstos mejoras para eliminar la ocurrencia de defectos y aumentar su respectiva capacidad de mantenimiento.

**MANTENCION PREVENTIVA:** puede definirse como un seguimiento de las condiciones físicas de los equipos, y como cierta "medicina preventiva" aplicada a éstos. Así como la expectativa de vida del ser humano ha aumentado gracias a los progresos de la medicina preventiva, la vida útil de los equipos industriales también puede prolongarse mediante la aplicación de medidas preventivas anticipadas, con el objeto de evitar tanto fallas en máquinas como la pérdida definitiva de éstos.

**MANTENCION PREDICTIVA:** se basa en el conocimiento del estado/condición de un ítem, mediante mediciones periódicas o continuas de uno o más parámetros significativos. La intervención de mantención predictiva busca la detección temprana de los síntomas que preceden a una avería.

**MURI (ESFUERZO):** se recomienda la operación equilibrada y en línea. El flujo de trabajo, carga de trabajo y la operación no deben ser desiguales e irregulares. Deben eliminarse los diversos desperdicios o pérdidas.

**NUMERO DE FALLA (#):** Es el número de falla que se presenta cuando el equipo esta en producción.

**OEE:** Índice de Eficiencia Global de Equipos - utilización plena de sus respectivas funciones y capacidades.

**TASA DE CALIDAD (%)**: ((Volumen de producción menos Defecto de calidad y reproceso) dividido para Volumen de producción) x 100

**TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (Horas/Fallas)**: Tiempo total de operación dividido para el número de fallas.

**TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (Horas/Fallas)**: Tiempo total de operación dividido para el tiempo de reparación de las fallas.

**TIEMPO MUERTO PLANIFICADO**: Tiempo utilizado para mantenimiento.

**TIEMPO NO PROGRAMADO**: Cierre de línea, feriados, falta de orden de trabajo, pruebas reuniones, inventarios, comida.

**PREVENCION DE MANTENIMIENTO**: significa equipos y líneas de producción proyectados de modo a eliminar la necesidad de mantenimiento de éstos. Como el objetivo primordial de estos proyectos es la obtención de equipos y líneas de producción exentos de la necesidad de mantenimiento, se harán todos los esfuerzos en el sentido de lograr la condición ideal, es decir, actividades de perfeccionamiento de la productividad de los equipos, mediante la aplicación de conceptos de MP, PM y CM durante la vida útil de éstos.

**TPM2 - GESTION DE PERFORMANCE**: conjunto de actividades orientadas a la identificación de pérdidas en procesos empresariales - gestión de equipos, personas, procesos y productos - de modo a identificar pérdidas y transformarlas en oportunidades, a través de acciones de recuperación y mejoras continuas ejecutadas por todas las personas de una organización.

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Estructura Orgánica Funcional Actual.....	5
Figura 1.2 Flujo Actual de la Gestión de Mantenimiento.....	6
Figura 1.3 Metodología de Mantenimiento Planificado.....	7
Figura 2.1 Histórico de la Metodología.....	12
Figura 2.2 Modelo de Gestión de Alta Performance.....	15
Figura 2.3 Pilares del MPT.....	17
Figura 2.4 Relación entre los Pilares.....	22
Figura 2.5 Estructura de Mantenimiento.....	27
Figura 3.1 Nueva Estructura Orgánico Funcional de Mantenimiento.....	40
Figura 3.2 Flujograma de Actividades para lograr Cero Fallas.....	42
Figura 4.1 Overall Gaps de la Planta de Detergentes.....	53
Figura 4.2 Estructura Organizacional de Mantenimiento Planificado.....	54
Figura 4.3 Entrenamiento y Capacitación.....	55
Figura 4.4 Porcentajes de Criticidad de los Equipos de Planta.....	57
Figura 4.5 Matriz de Criticidad.....	57
Figura 4.6 a Tiempo Medio entre Fallos (MTBF).....	60
Figura 4.6 b Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR).....	60
Figura 4.6 c Costo de Mantenimiento CRV (%).....	61
Figura 4.6 d Costo de Mantenimiento.....	61
Figura 4.6 e Número Total de Fallas > a 10 minutos.....	62
Figura 4.7 a Productividad Perdida en Horas.....	64
Figura 4.7 b Productividad Perdida en Toneladas.....	64
Figura 4.7 c Productividad Perdida en Dólares.....	65
Figura 4.8 Arbol de Pérdidas.....	66
Figura 4.9 Pareto de Sistema de Dosificación.....	67
Figura 4.10 Lay Out del Area de Envase.....	70
Figura 5.1 a Recuperación de Tiempos Perdidos.....	92
Figura 5.1 b Recuperación del Tonelaje Perdido.....	92
Figura 5.1 c Recuperación de Dólares Perdidos.....	93

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Técnica Por qué - Por qué..... 31
Tabla 2	Técnica 5 Por qué (5W) y 1 Cómo (1H)..... 33
Tabla 3	Técnica LUP..... 34
Tabla 4	Plan Maestro..... 56
Tabla 5	Registro de equipo..... 56
Tabla 6	Listado de equipos por su criticidad..... 58
Tabla 7	Aplicación del Mantenimiento por criticidad..... 59
Tabla 8	Resumen de Pérdidas por fallas en envasadoras HAMAC..... 65
Tabla 9	Pareto del Sistema de Dosificación..... 66
Tabla 10	Registro del Tema..... 69
Tabla 11	Análisis 5W-1H..... 70
Tabla 12	Análisis Por qué - Por qué..... 71
Tabla 13	Plan de Acción Específico..... 73
Tabla 14	Antes y Después de la Mejora..... 74
Tabla 15	Detalle de la Implementación de la Mejora..... 78
Tabla 16	Hoja de Verificación de Resultados de Mejora Implementada... 83
Tabla 17	Plan de Mantenimiento Preventivo..... 84
Tabla 18	Antes y Después de la Mejora..... 91
Tabla 19	Detalle de Implementación de la Mejora..... 91

## **INTRODUCCIÓN**

La aparición de fallos y averías en los componentes de una instalación industrial de detergentes trae consigo la disminución de los beneficios que pudieran derivarse del proceso productivo en cuestión. Aquellas averías que dan lugar a la indisponibilidad del proceso provocan una merma de ingresos y, asimismo, originan un incremento de los costes de producción, ya que, como mínimo, habrá que reparar o sustituir el equipo averiado y, en el peor de los casos, deberán pagarse unas importantes indemnizaciones por los posibles daños ocasionados a terceros.

En los tiempos actuales, caracterizados por un creciente grado de competencia en la totalidad de los mercados que provoca la erosión de los márgenes comerciales, el aseguramiento de la capacidad productiva se configura como un factor fundamental para el mantenimiento o mejora de la rentabilidad asociada a una instalación o proceso industrial.

En este contexto, la confiabilidad o seguridad de funcionamiento de una instalación industrial de detergentes, visión integrada de los conceptos de

fiabilidad (capacidad para funcionar continuamente durante un determinado período de tiempo), mantenibilidad (capacidad para ser mantenido preventiva y correctivamente), disponibilidad (capacidad para funcionar en un instante determinado) y seguridad (capacidad para operar sin producir daño), constituye el índice básico de medida del aseguramiento de su capacidad productiva.

Si los conceptos anteriormente mencionados se jerarquizan en términos de la influencia de unos en otros, se puede afirmar que el mantenimiento, en sus variantes de preventivo y correctivo, influye sobremanera en el resto de los elementos de la confiabilidad de un dispositivo. De ahí el notable auge que, en los últimos años, está teniendo su optimización en la mayoría de las organizaciones industriales.

En lo que sigue, se presenta los aspectos más significativos de la metodología MPT (Mantenimiento Productivo Total), considerada como una herramienta muy importante a implantar en una instalación industrial de detergentes que contribuya a la mejora de la productividad y, por consiguiente, al incremento de la rentabilidad de los procesos implicados y del valor de los activos invertidos.

---

# CAPITULO 1

## 1. DEFINICION DEL PROBLEMA

Esta tesis está relacionada con continuos problemas que surgieron durante el proceso de fabricación de detergentes, para lo cual se decidió aplicar esta nueva metodología para mejorar el funcionamiento del Departamento de Mantenimiento.

En este capítulo describiremos los principales problemas que deben ser solucionados como la falta de recurso humano, la ineficiente metodología empleada, la entrega tardía de la planta para realizar labores de mantenimiento debido a prioridades de producción, etc.

### 1.1 Tipos de Mantenimiento aplicados.

En la actualidad, se vienen desarrollando en la planta dos tipos de mantenimiento:

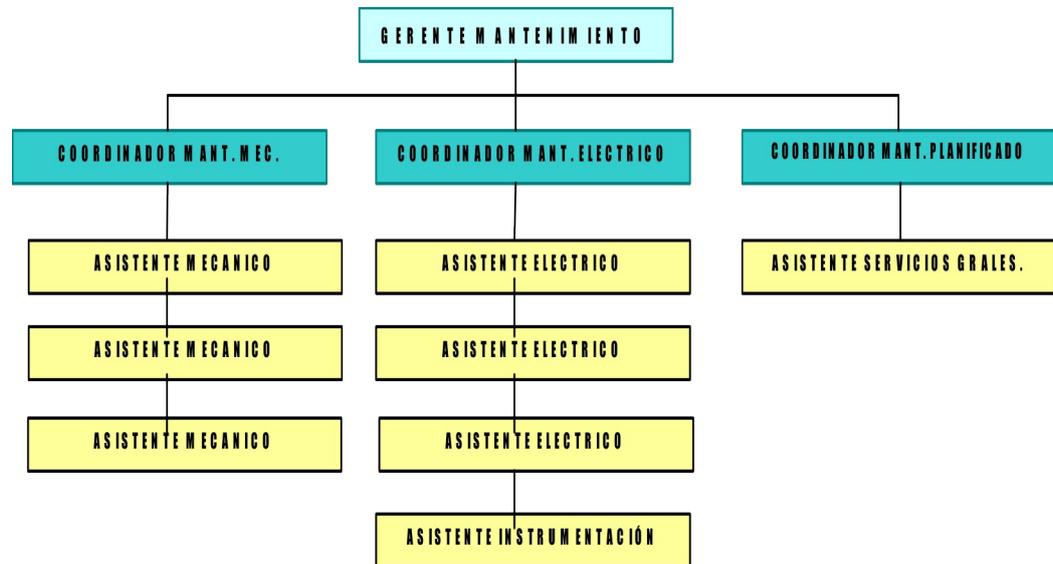
**Mantenimiento Correctivo Planeado:** Es el mantenimiento que se hace después de la avería. El equipo puede seguir en funcionamiento hasta su reparación. Ej.: Fuga de aceite de un reductor de velocidad, vibración de rodamientos de un sistema de transmisión, falla de bombeo por desgaste del impulsor, etc.

**Mantenimiento Correctivo No Planeado:** Es el mantenimiento al que se lo denomina de emergencia. Después de la falla o avería el equipo debe ser reparado inmediatamente para no afectar en demasía la producción. Ej.: Daño de caldero, falla en el sistema de dosificación de materias primas, etc.

## **1.2 Estructura y Areas de trabajo del Departamento de Mantenimiento.**

El personal con el que se estructura el departamento de mantenimiento es muy limitado, siendo éste uno de los obstáculos para realizar una buena gestión.

En estos momentos, la estructura del departamento consta del Gerente de Mantenimiento con los Coordinadores Mecánico, Eléctrico y el de Planificación. Al Coordinador de Mantenimiento Mecánico le reportan dos asistentes mecánicos, al de Mantenimiento Eléctrico le reportan dos asistentes eléctricos y un instrumentista, mientras que al de Planificación le reporta únicamente un asistente para Servicios Generales, como se lo gráfica en la Figura 1.1.



**Figura 1.1. Estructura Orgánica Funcional Actual.**

Las áreas de trabajo que se encarga de mantener el Departamento son prácticamente todas las que componen la planta, esto es: Proceso de Detergentes, Envasado, Sulfonación, Autoclave y Servicios Generales.

### **1.3 Flujograma de la Gestión de Mantenimiento.**

Actualmente la Gestión de Mantenimiento no está definida debido a continuos cambios en la administración del departamento y la falta de la determinación real del rol de mantenimiento en la empresa de detergentes, como se lo indica en la **Figura 1.2.**

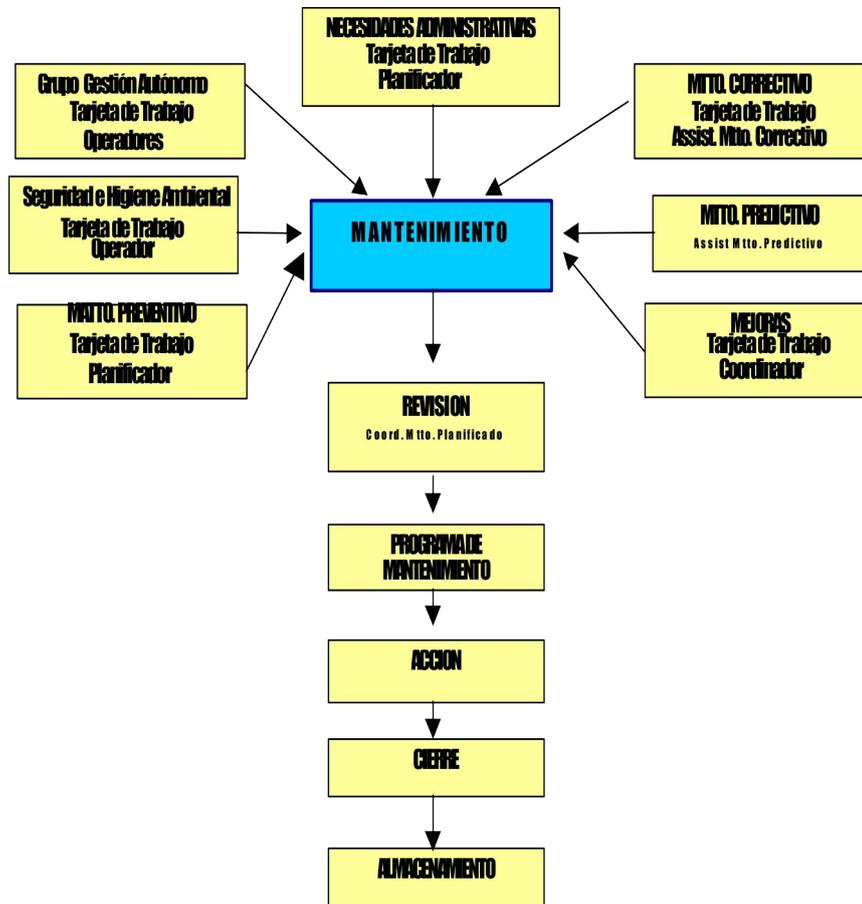
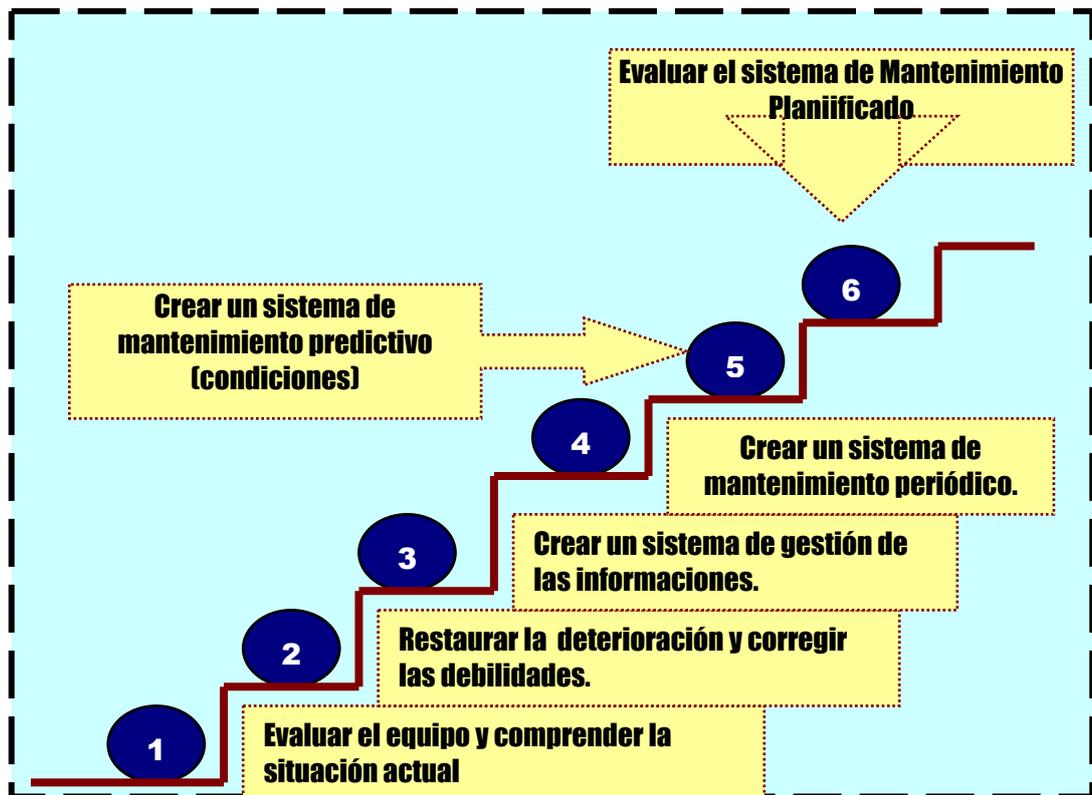


Figura 1.2 Flujo Actual de la Gestión del Mantenimiento.

#### 1.4 Metodología de Mantenimiento y Selección de una de las Metodologías.

Un tema importante para el departamento de mantenimiento es como planificar y sistematizar las diversas actividades del Mantenimiento Planificado. Las actividades genéricas y el enfoque por etapas ofrecido a seguir, resumen la experiencia práctica de muchas implantaciones eficientes del MPT, como lo indica la **Figura 1.3**.



**Concepto del Mantenimiento Planificado:**  
**Ingeniería de Mantenimiento especializada para mantener –Avería Cero**

El pilar de Mantenimiento Planificado es eliminar los fallos. Las “seis medidas para cero averías” y las “cuatro fases de cero fallos” forman una excelente base para programa. La tabla muestra cómo se coordina las seis etapas para desarrollar el concepto de “cuatro fases para cero averías” y el programa de mantenimiento autónomo. El objetivo de ese programa es implantar un sistema de Mantenimiento Planificado sólido y eficaz.

Las ventajas del enfoque por etapas consisten en que los resultados se acumulan conforme se multiplican las actividades que se refuerzan y contrastan entre sí como parte integrante del programa.

Para utilizar plenamente estas ventajas, el equipo de planificación debe especificar claramente lo que se debe hacer en cada etapa. Las actividades seleccionadas dependerán del nivel de mantenimiento de los equipos de la planta.

Las plantas con sistema de mantenimiento débil y fallos frecuentes deben poner en práctica todas las etapas, una a una. Las plantas que ya poseen un sistema relativamente fuerte deben centrarse en las etapas proyectadas para reducir los fallos, elevar el rendimiento y eliminar las debilidades de proyecto y de la operación.

# CAPITULO 2

## 2. METODOLOGIA DEL MPT

### 2.1 Origen de la Historia de la Metodología del MPT.

En realidad el Mantenimiento Productivo Total es una evolución de la Manufactura de Calidad Total, derivada de los conceptos de calidad con que el Dr. W. Edwards Deming's influyó tan positivamente en la industria Japonesa.

El Dr. Deming inició sus trabajos en Japón a poco de terminar la 2a. Guerra Mundial. Como experto en estadística, Deming comenzó por mostrar a los Japoneses cómo podían controlar la calidad de sus productos durante la manufactura mediante análisis estadísticos. Al combinarse los procesos estadísticos y sus resultados directos en la calidad con la ética de trabajo propia del pueblo japonés, se creó toda una cultura de la calidad, una nueva forma de vivir. De ahí surgió TQM, " Manufactura de Calidad Total " un nuevo estilo de manejar la industria.

En los años recientes se le ha denominado más comúnmente como Manufactura de Calidad Total. Cuando la problemática del mantenimiento fue analizada como una parte del programa de Manufactura de Calidad

Total, algunos de sus conceptos generales no parecían encajar en el proceso. Para entonces, ya algunos procedimientos de Mantenimiento Preventivo (PM) - ahora ya prácticamente obsoleto (NT) - se estaban aplicando en un gran número de plantas.

Usando las técnicas del Mantenimiento Productivo Total, se desarrollaron horarios especiales para mantener el equipo en operación. Sin embargo, esta forma de mantenimiento resultó costosa y a menudo se daba a los equipos un mantenimiento excesivo en el intento de mejorar la producción.

Se aplicaba la idea errónea de que "si un poco de aceite es bueno, más aceite debe ser mejor". Se obedecía más al calendario de PM que a las necesidades reales del equipo y no existía o era mínimo el involucramiento de los operadores de producción. Con frecuencia el entrenamiento de quienes lo hacían se limitaba a la información (a veces incompleta y otras equivocada), contenida en los manuales.

La necesidad de ir más allá que sólo programar el mantenimiento de conformidad a las instrucciones o recomendaciones del fabricante como método de mejoramiento de la productividad y la calidad del producto, se puso pronto de manifiesto, especialmente entre aquellas empresas que estaban comprometiéndose en los programas de Calidad Total. Para resolver esta discrepancia y aún mantener congruencia con los conceptos de TQM, se le hicieron ciertas modificaciones a esta disciplina. Estas

modificaciones elevaron el mantenimiento al estatus actual en que es considerado como una parte integral del programa de Calidad Total.

El origen del término "Mantenimiento Productivo Total" (MPT) se ha discutido en diversos escenarios. Mientras algunos afirman que fue iniciado por los manufactureros americanos hace más de cuarenta años, otros lo asocian al plan que se usaba en la planta Nippodenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de los 1960's. Seiichi Nakajima un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de MPT y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.

Los libros y artículos de Nakajima así como otros autores japoneses y americanos comenzaron a aparecer a fines de los 1980's. En 1990 se llevó a cabo la primera conferencia en la materia en los EEUU. Hoy día, varias empresas de consultoría están ofreciendo servicios para asesorar y coordinar los esfuerzos de empresas que desean iniciar sus plantas en el promisorio sistema de MPT, como lo describe la **Figura 2.1**.



## 2.2 Definición del MPT.

**Sinopsis:** Mantenimiento Productivo Total, (MPT) por sus siglas en inglés), es un concepto nuevo en cuanto al involucramiento del personal productivo en el mantenimiento de plantas y equipos. La meta del MPT es incrementar notablemente la productividad y al mismo tiempo levantar la moral de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo realizado. El sistema del MPT nos recuerda el concepto tan popular de TQM "Manufactura de Calidad Total" que surgió en los 70's y se ha mantenido tan popular en el mundo industrial. Se emplean muchas herramientas en común, como la delegación de funciones y responsabilidades cada vez más altas en los trabajadores, la comparación competitiva, así como la documentación de los procesos para su mejoramiento y optimización.

### **Qué es Mantenimiento Productivo Total?**

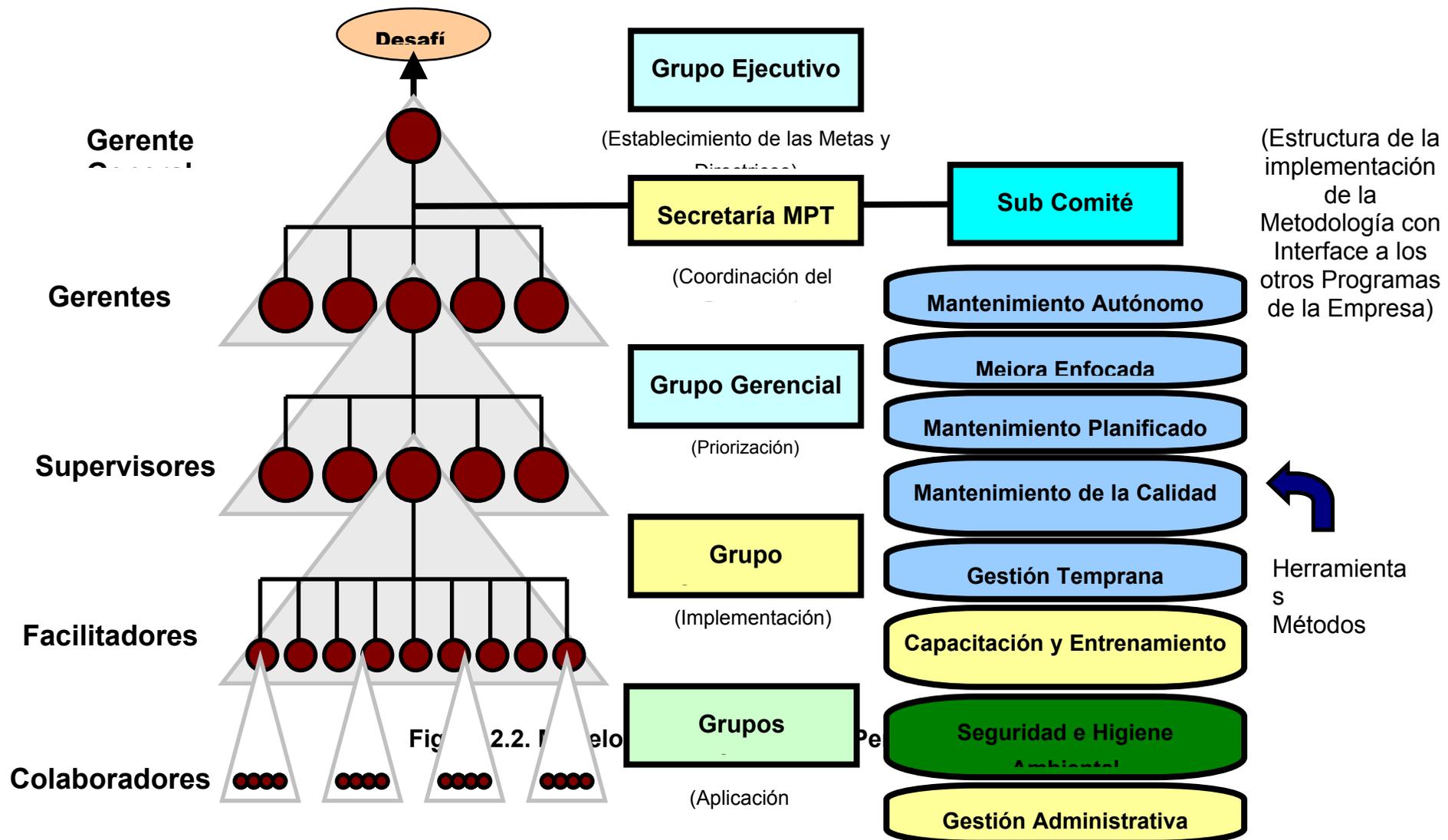
Filosóficamente, el MPT recuerda como se dijo antes, algunos aspectos valiosos del TQM "Manufactura de Calidad Total" o también Gerencia de Calidad Total entre ellos:

- A)** El compromiso total por parte de los altos mandos de la empresa, es indispensable.
- B)** El personal debe tener la suficiente delegación de autoridad para implementar los cambios que se requieran.
- C)** Se debe tener un panorama a largo plazo, ya que su implementación puede tomar desde uno hasta varios años.

**D)** También deberá tener lugar un cambio en la mentalidad y actitud de toda la gente involucrada en lo que respecta a sus nuevas responsabilidades, como lo indica la **Figura 2.2.**

El MPT da un nuevo enfoque al mantenimiento como una parte necesaria y vital dentro del negocio. Se hace a un lado el antiguo concepto de que éste es una actividad improductiva y se otorgan los tiempos requeridos para mantener el equipo que ahora se consideran como una parte del proceso de manufactura. No se considera ya una rutina a ser efectuada sólo cuando el tiempo o el flujo de material lo permitan.

La meta es reducir los paros de emergencia, los servicios de mantenimiento inesperados se reducirán a un mínimo. -- En un taller de tubería de acero, por ejemplo, las máquinas dobladoras que entre reajustes para cambio de medidas y reparaciones llegaban a perder hasta más del 30% de su productividad, hoy los tiempos perdidos son menores al 3%.



## **2.3 Diferencia entre los pilares principales del MPT.**

### **CONCEPTO DE PILAR**

El Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) organización creadora del MPT, durante muchos años experimentó y aplicó los métodos de mantenimiento. Esta experiencia la consolidó en un modelo compuesto por pilares o procesos fundamentales. Un pilar es una colección de acciones específicas que se deben desarrollar para lograr un propósito específico de mejora. Cada pilar cumple una función concreta y ellos están íntimamente relacionados y se refuerzan. El aporte de los pioneros es el de haber identificado los pilares y formulado los pasos seguros y efectivos que una organización debe desarrollar para lograr los beneficios del MPT.

### **PILARES MPT**

Los pilares del MPT están determinados como: Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planificado, Mejora Enfocada, Capacitación y Entrenamiento, Seguridad e Higiene Ambiental, Mantenimiento de la Calidad, Gestión Temprana y Gestión Administrativa, como se lo grafica en la **Figura 2.3**.

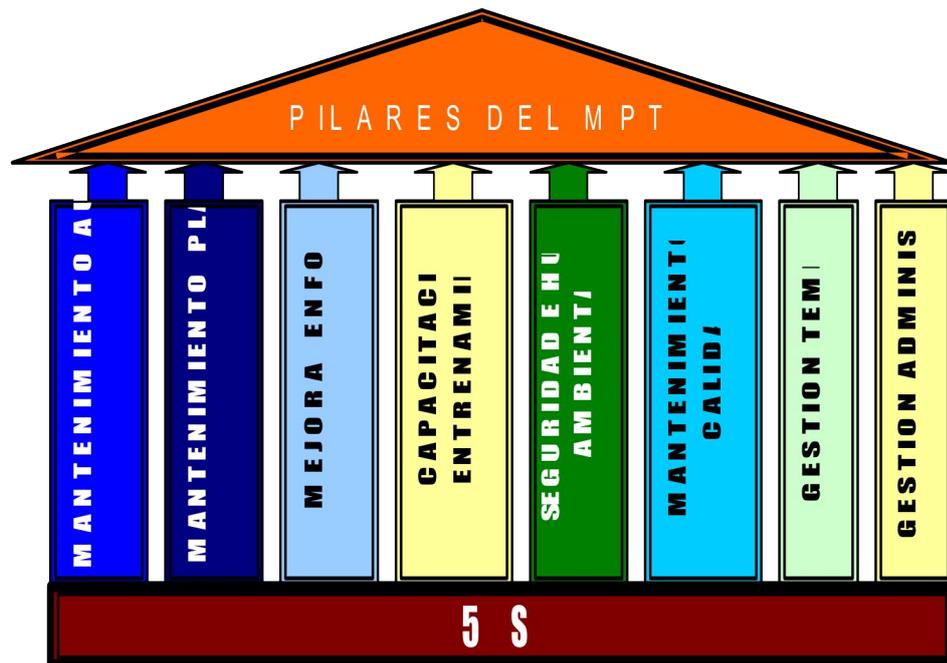


Figura 2.3. Pilares del MPT.

Los pilares sugeridos por el JIPM son:

- **Kobetsu Kaizen o Mejora Enfocada.** Se trata de un pilar que seguramente numerosas empresas han desarrollado dentro de las aplicaciones del TQC. Se trata de identificar los objetivos de mejora y realizara acciones individuales y en grupo para eliminar los principales *fuguais* o defectos de las instalaciones industriales. Los objetivos son establecido a partir del despliegue de políticas o el Hoshin Kanri de la dirección superior. En algunas empresas este pilar es impulsado como parte de del sistema "trabajo de rutina diario" del TQC. El MPT aporta herramientas de trabajo para facilitar el análisis de problemas en maquinaria y en situaciones donde las herramientas básicas de calidad como el Diagrama de Causa y Efecto o Principio de Pareto no son útiles. El propósito de este pilar

es el de involucrar a los trabajadores en las acciones de recuperación del deterioro acumulado de un equipo y restaurar su nivel de rendimiento inicial. El proceso utiliza los siete pasos del ciclo de mejora.

- **Jishu Hozen o Mantenimiento Autónomo.** Es un pilar orientado a mejorar el nivel básico del equipo con la colaboración del personal que opera el equipo. Busca incrementar la capacidad de operación, conservación y grado de conocimiento del operador de las instalaciones industriales. El JIPM sugiere siete pasos rigurosos para lograr desarrollar eficazmente este pilar. Es conveniente crear previamente una cultura de 5S en el área de trabajo para facilitar la aplicación del mantenimiento autónomo en equipos. Sin embargo, la aplicación de las 5S no son suficientes para lograr un Mantenimiento Autónomo pleno.
- **Keikaku Hozen o Mantenimiento Planificado.** Algunas empresas con amplia experiencia en MPT lo llaman "progresivo" debido a que para su práctica han seguido los pasos secuenciales propuestos por el JIPM para lograr un sistema de mantenimiento planificado eficiente. Este pilar involucra las acciones que los expertos y técnicos de mantenimiento deben desarrollar para mejorar la eficacia del sistema de mantenimiento planificado. Numerosas empresas han implantado un sistema informatizado de gestión de mantenimiento,

sin embargo, las estrategias de mantenimiento con las que trabaja el software no se han establecido correctamente. Por ejemplo, antes de diseñar una rutina de mantenimiento planificado e introducirla al sistema, no se realizan actividades para eliminar las averías repetitivas. Esto conduce a que el personal realice acciones de mantenimiento preventivo poco efectivas. Los tres primeros de los siete sugeridos por el JIPM buscan mejorar las condiciones del equipo, antes de someterlo a una rutina de preventivo. En este sentido es lógico primero que todo eliminar las causas del deterioro y posteriormente, establecer estrategias de mantenimiento centrado en el tiempo o en la condición.

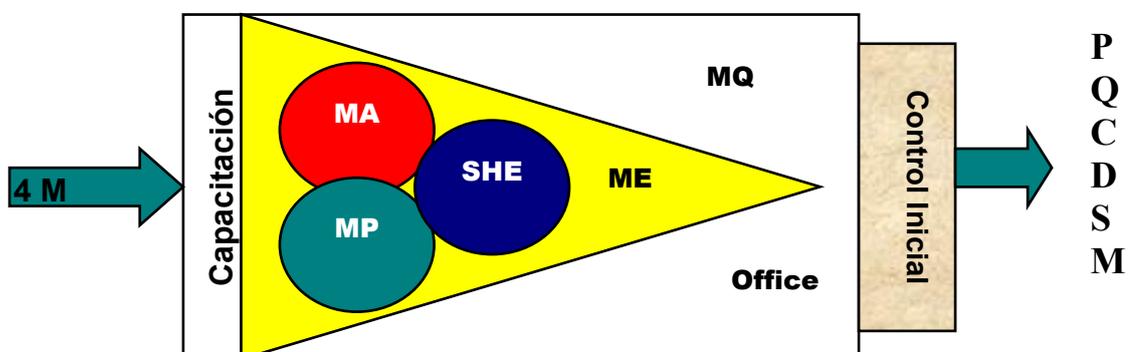
- **Hinshitsu Hozen o Mantenimiento de la Calidad.** Este pilar pretende fortalecer el sistema de aseguramiento de calidad en las áreas productivas. Este pilar es liderado por la función de calidad de la planta y ejecutado por el personal operativo de las instalaciones. Se desarrolla en siete pasos lógicos y utiliza algunas técnicas específicas MPT. Es implantado una vez se ha avanzado en la aplicación de los tres pilares anteriores. Sin embargo, en instalaciones con equipos nuevos y en buen estado, se puede poner en marcha simultáneamente con el pilar "mantenimiento autónomo". Cumple un papel específico de mejorar la calidad del producto mediante la conservación de las condiciones del equipo.

- **Gestión de Temprana.** El MPT cubre todas las etapas del ciclo de vida de un equipo, es por este motivo que el JIPM desarrolló este pilar para fortalecer la función de mantenimiento desde el mismo momento en que se realiza el proyecto de ingeniería para la compra o desarrollo de nuevos equipos. Se implanta en siete pasos y las empresas que periódicamente renovan sus equipos o fabrican su propia maquinaria de producción se pueden beneficiar de estas ideas. El área de ingeniería de equipos promueve este pilar y requiere de la colaboración de las funciones operativas para conocer los detalles e información del comportamiento de los actuales equipo y que se pretende mejorar su diseño.
- **Pilar Capacitación y Entrenamiento.** Este pilar no ha sido comprendido en su totalidad por las empresas que aplican MPT en sus instalaciones. Este pilar se desarrolla en cinco pasos y está orientado al fortalecimiento de las habilidades y capacidades del personal para lograr una polivalencia y capacidad técnica para realizar acciones de mantenimiento preventivo. Este pilar no se debe confundir con las acciones que realiza el departamento de formación de la empresa para sensibilizar al personal para aplicar MPT. Es un pilar que busca mejorar la efectividad del sistema educativo, empleando acciones que deben ser lideradas por los responsables y encargados de las instalaciones industriales. El JIPM sugiere seis pasos para el desarrollo de este pilar.

- **Pilar Seguridad e Higiene Ambiental.** Este pilar tiene como propósito lograr "cero accidentes y cero contaminación". Las metodologías del MPT se pueden emplear para hacer del sitio de trabajo un lugar seguro y agradable para vivir. Este pilar emplea los pasos del pilar mantenimiento autónomo y utiliza técnicas de análisis de mejora enfocada o Kobetsu Kaizen.
- **Pilar Gestión Administrativa.** Este pilar emplea los siete pasos del mantenimiento autónomo y metodologías de las mejoras enfocadas. Tiene como propósito mejorar las áreas de soporte de los procesos productivos, que generalmente producen consecuencias negativas de pérdida de tiempo, incumplimiento de entregas y fallos en los sistemas de gestión de información.

### Relación entre pilares

Cada uno de estos pilares cumple un propósito específico en el desarrollo del MPT. El pilar Kobetsu Kaizen es la base de los restantes pilares, ya que sus metodologías ayudan a implantar otros pilares. Por ejemplo, el paso dos del mantenimiento planificado pretende eliminar los fallos frecuentes en los equipos antes de iniciar un plan de preventivo, descrito por la **Figura 2.4.**



### **Figura 2.4. Relación entre los Pilares**

Para implantar los pilares mantenimiento en áreas administrativas y el pilar seguridad e higiene, es necesario utilizar la metodología de mantenimiento autónomo.

El mantenimiento planificado contribuye al desarrollo del mantenimiento autónomo en los primeros pasos. Para poder comprender mejor estas relaciones, una empresa debe preparar un Plan Maestro que muestre la lógica a seguir. A continuación se presenta un ejemplo de un Plan Maestro de una empresa del sector del automóvil que implanta en sus instalaciones un proyecto MPT.

### **Conclusión**

Un MPT simplificado no es conveniente para una empresa. Se corre el peligro de no lograr los beneficios esperados. Los comentarios posteriores a estas prácticas "simples" serán similares a los escuchados en empresas que han tratado de implantar la estrategia Control Total de Calidad (TQC) con una visión reducida, por desconocimiento, falta de utilización de técnicas o por moda y que no han logrado los resultados esperados.

## **2.4 Areas de Aplicación del MPT.**

Para iniciar la aplicación de los conceptos de MPT en actividades de mantenimiento de una planta de detergentes, fue necesario que los trabajadores se enteren de que la gerencia del más alto nivel tiene un serio compromiso con el programa. El primer paso en este esfuerzo fue designar un coordinador de MPT de tiempo completo. Cuyo rol es el "vender" los conceptos y bondades del MPT a la fuerza laboral a base de un programa educacional. Se debe convencer al personal de que no se trata simplemente del nuevo "programa del mes", simplemente esa culturización puede tomar hasta más de un año.

Una vez que el coordinador está seguro de que toda la fuerza laboral ha "comprado" el programa de MPT y que entienden su filosofía e implicaciones, se forman los primeros equipos de acción, bajo una metodología y estructura de entrenamiento graficada en la Figura 2.5.

Los equipos de acción tienen la responsabilidad de determinar las discrepancias u oportunidades de mejoramiento, la forma más adecuada de corregirlas o implementarlas e iniciar el proceso de corrección o de mejoramiento. Posiblemente no resulte fácil para todos los miembros del equipo el reconocer las oportunidades e iniciar las acciones, sin embargo otros tal vez tengan experiencia de otras plantas o casos previos en la misma y gracias a lo que hayan observado en el pasado y las comparaciones que puedan establecer, se logrará un importante

avance. El establecimiento de estas comparaciones que a veces pueden implicar visitar otras plantas, se denomina "Benchmarking" o sea "comparación sobre la mesa" como cuando tenemos dos aparatos de las mismas características y los ponemos sobre la mesa para comparar cada parte en su proceso de funcionamiento. Esta es una de las grandes ventajas del MPT.

A los equipos se les anima a iniciar atacando discrepancias y mejoras menores y a llevar un registro de sus avances. A medida que alcanzan logros, se les da reconocimiento de parte de la gerencia. A fin de que crezca la confianza y el prestigio del proceso, se la da la mayor publicidad que sea posible a sus alcances. A medida que la gente se va familiarizando con MPT, los retos se van haciendo mayores ya que se emprenden proyectos de más importancia.

Como ejemplo, en una planta manufacturera una prensa sacabocados fue seleccionada como área de problema, la máquina fue estudiada muy detalladamente por el equipo MPT. Se hicieron observaciones de tiempo productivo y de paros por fallas o por cambios de herramienta (tiempo improductivo), algunos miembros del equipo tuvieron la oportunidad de visitar otra planta que tenía una máquina igual pero usándola con mayor eficiencia. Esta visita les dio varias ideas de mejoramiento para traer la máquina a una operación competitiva tipo "clase mundial" y se trazó un plan de acción. Se procedió a seguir el plan, se hizo limpieza, cambio de

partes desgastadas, bandas, mangueras, pintura y ajustes necesarios. Como parte del proceso, se revisaron los procedimientos de operación y mantenimiento y se dio la capacitación necesaria. Un representante de la fábrica de la máquina fue llevado para apoyar en algunas partes de este proceso.

El éxito quedó demostrado, los registros de tiempo productivo de la máquina comenzaron a marcar un avance tanto en el proceso como en la productividad. Se seleccionó otra máquina, luego otra y así sucesivamente hasta completar la tarea de convertir esa planta a "clase mundial" y traerla a mejores niveles de rendimiento.

Nótese que en este ejemplo, el operador de la máquina tomó parte activa en el proceso. Esa es una parte esencial de la innovación que implica el MPT. Aquella actitud de "yo nada más opero la máquina" ya no es aceptable. Los diarios chequeos de lubricación, detalles y ajustes menores así como reparaciones simples, cambios de partes, etc. se convierten en parte de las responsabilidades del operador. Claro que reparaciones mayores o problemas técnicos siguen siendo atendidos por el personal de mantenimiento, o técnicos externos si es necesario, y ahora cuentan con un mayor apoyo, más clara información y una real participación de parte del operador.

El entrenamiento para coordinadores de MPT se puede obtener de diversos proveedores, instituciones privadas, (MPT on Line entre ellos por

ejemplo), asociaciones de profesionales y además hay un buen número de publicaciones especializadas. Hay varios seminarios principalmente en los EEUU y Latinoamérica. Algunas de estas empresas de capacitación están ofreciendo recorridos por las plantas exitosas, lo que sirve para tomar buenas ideas y ejemplos, así como establecer comparaciones.

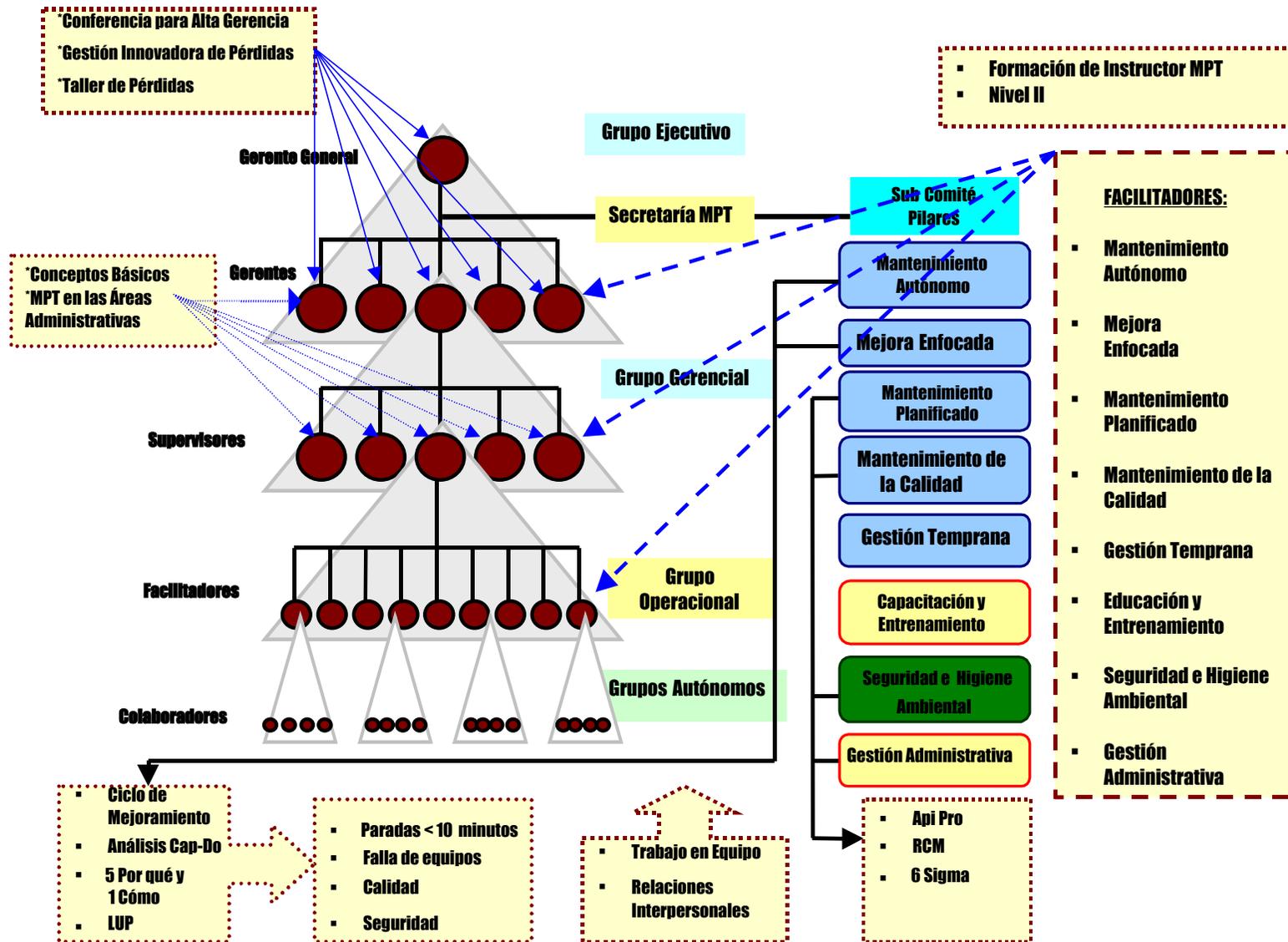


Figura 2.5. Estructura de Entrenamiento



## **2.5. Herramientas Utilizadas**

### **KOBETSU KAIZEN:**

#### **Un primer paso para introducir MPT**

El pilar Mejora Enfocada o Kobetsu Kaizen es uno de los pilares de MPT de mayor impacto en los resultados de una empresa, especialmente en las fases iniciales de desarrollo de un modelo integral TM. Este pilar tiene la ventaja de poseer pocas barreras organizacionales para su desarrollo, en comparación con otros pilares como el Jishu Hocen. El Kobetsu Kaizen tiene menor dependencia de la cultura de empresa de mejora integral, ya que se trata de un proyecto con alto contenido técnico.

Este pilar permite introducir gradualmente los principios TM apoyándose en las mejoras cotidianas y permanentes del sitio de trabajo utilizando herramientas MPT, JIT, Lean Management, TQC y otras herramientas de ingeniería. Kobetsu significa centrarse en algún punto que genera pérdidas de rendimiento o disminución de la Efectividad Global (OEA) en un equipo o instalación. La base de este pilar es el Ciclo Deming o el Ciclo de Mejora Continua muy divulgado dentro de proyectos TQC.

Los pasos son idénticos a los sugeridos por Ishikawa y Kano en la Ruta de la Calidad. Sin embargo, el MPT aporta herramientas y pensamiento de diagnóstico complementarios, especialmente para aquellas situaciones donde el proyecto de estudio está relacionado con la eliminación de un problema técnico de una maquinaria o equipo industrial.

Kobetsu Kaizen se puede poner en marcha creando equipos de mejora que dentro de la filosofía TQC son voluntarios. Sin embargo, el MPT insiste en la necesidad de involucrar a todas las personas de una organización en labores de mejora continua, como parte de su trabajo, en lugar de acciones voluntarias realizadas en pequeños equipos.

El MPT considera que deben realizarse proyectos de mejora a nivel individual y colectivos. Esta es una diferencia significativa entre TQC y MPT.

El pilar Mejoras Enfocadas se ha considerado en numerosas empresas dentro del Maestro de desarrollo, como una importante actividad MPT en la fase inicial del proyecto. La justificación es la urgente necesidad de reconstruir el deterioro de los equipos, eliminar pérdidas de alto impacto y mejorar los diseños de la maquinaria que producen defectos crónicos en las operaciones productivas.

En una fábrica donde el principal problema es el equipo antiguo, seguramente este pilar será prioritario y se debe considerar como el clave para iniciar un proyecto MPT. No es posible mejorar el mantenimiento planificado de esta clase de maquinaria, hasta que no se eliminen los problemas crónicos que impiden que el equipo sea predecible en tiempo, para establecer rutinas acertadas de mantenimiento preventivo.

La relación del pilar Kobetsu Kaizen con otros pilares MPT es intensa, ya que su metodología se emplea como parte del desarrollo de los pilares:

- Como soporte para eliminar defectos identificados en las tres primeras etapas de Mantenimiento Autónomo.
- Para eliminar problemas habituales y de corta duración considerados en las etapas iniciales de Mantenimiento Planificado,
- Para mejorar de las condiciones de seguridad de los equipos en el pilar Safety Management.
- Para eliminar problemas en áreas administrativas.
- Para eliminar barreras que impiden el flujo suave de materiales y productos.

El poder de las Mejoras enfocadas se encuentra en los pasos que se siguen para diagnosticar y eliminar los problemas. Este proceso permite "aprender de los problemas" y comprender el modelo como se presentan las situaciones anormales.

Esta comprensión global del problema, sensibiliza al personal de una planta sobre la necesidad de realizar trabajos preventivos y estas personas, logran desarrollar capacidades para prevenir la repetición de los problemas. Por este motivo, el pilar Kobetsu Kaizen se considera como un sistema de aprendizaje, ya que practica rutinas (científicas) de análisis y solución de problemas empleando metodología potentes y efectivas.

Las herramientas juegan un papel muy importante para asegurar que el proceso de análisis concluye con el aprendizaje esperado.

Por este motivo el Instituto Japonés de Mantenimiento (JIPM) ha desarrollado métodos eficientes como:

- POR QUE – POR QUE
- 5 PORQUES (5W) Y 1 COMO (1H)
- LUP.

Técnicas graficadas en las **Figuras 2.6 a, 2.6 b y 2.6 c.**:

Tabla 1

TECNICA POR QUE – POR QUE

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL										
ANALISIS "PORQUE - PORQUE"										
PLANTA		LINEA		GRUPO		LIDER		FECHA		
OBJETIVO										
	1a. RONDA		2a. RONDA		3a. RONDA		4a. RONDA		5a. RONDA	
	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
A	?		?		?		?		?	
	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	?		?		?		?		?	
B	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	?		?		?		?		?	
C	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	?		?		?		?		?	
D	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	?		?		?		?		?	
E	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	?		?		?		?		?	
F	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
	PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE		PORQUE	
	?		?		?		?		?	

AN SIS FINALIZA

ANALISIS CONTINUA

MARCAR CON

OFICINA DE TPM

**TECNICA 5 POR QUES (5W) Y 1 COMO (1H)**

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL			
ANALISIS 5 PORQUES (5W) Y 1 COMO (1H)			
		GERENTE	LIDER
		NOMBRE	
LINEA:		PROBLEMA	
M/C No.			
FECHA DE APARICION:		TIEMPO PERDIDO:	CLASE <input type="checkbox"/> ESPORADICO (PUNTUAL)
FECHA DE RESTAURACIÓN:			<input type="checkbox"/> CRONICO (REPETITIVA)
QUE (WHAT) EN QUE COSA?			
CUANDO (WHEN) CUANDO OCURRIO?			
DONDE (WHERE) LINEA/MAQUINA/LOCAL?			
QUIÉN (WHO) DEPENDIENTE O INDEPENDIENTE DE HABILIDAD?			
CUAL (WHICH) EXISTE TENDENCIA ALEATORIA O HAY PATRON?			
COMO (HOW) CON RESPECTO AL OPTIMO?			
CUANTOS (HOW MANY) QUE CANTIDAD EN EL TIEMPO?			
RESUMEN DEL FENOMENO			

**Tabla 3**

## LECCION DE UN SOLO PUNTO (LUP)

<b>Tema</b>						<b>Numero</b>		
						<b>Fecha de preparación</b>		
<b>Preparado por :</b>								
<b>Clasificación</b>	<b>Conocimiento Técnico</b> <input type="checkbox"/> Mecánico <input type="checkbox"/> Eléctrico	<input type="checkbox"/> Productividad <input type="checkbox"/> Mantenibilidad	<b>Casos de problema</b> <input type="checkbox"/>	<b>SHE</b> <input type="checkbox"/> EPP's <input type="checkbox"/> Reglas <input type="checkbox"/> Otros	<b>Aseguramiento de Calidad</b> <input type="checkbox"/>	<b>Mantenimiento Autónomo</b> <input type="checkbox"/>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p>Revisado por : Firma y Cargo</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Aprobado por : Firma y Cargo</p> </div> </div>								
<b>Resultados</b>	<b>Fechas</b>							
	<b>Instructor</b>							
	<b>Participantes</b>							

### **Técnica LUP**

Además de los métodos MPT, una empresa puede utilizar otro tipo de herramientas poderosas para el análisis de problemas, las más utilizadas son las herramientas de calidad e ingeniería de calidad. Sin embargo, estas pueden no ser útiles en situaciones específicas de averías y fallos técnicos de equipo, donde los métodos MPT son muy poderosos.

Los beneficios reportados por organizaciones que han decidido implantar masivamente este pilar en sus plantas son excelentes. Una cierta empresa del sector de productos de consumo manifiesta haber reducido los costes de mantenimiento en 40 % y un incremento de la Efectividad Global de Equipos (OEE) en cerca de 10 % a los siete meses de haber iniciado el pilar Mejoras Enfocadas.

Otras empresas informan sobre reducciones de más de 40 % del tiempo utilizado para la limpieza y mantenimiento autónomo, gracias a la aplicación de los ciclos de mejora para eliminar fuentes de fugas y áreas de difícil acceso durante la limpieza.

Creemos firmemente que este pilar puede ser un buen inicio para la introducción de un proyecto global MPT. Facilita sensibilizar al personal sobre la necesidad de cuidar y conservar los equipos. Suministra metodología para aprender a conocer profundamente la maquinaria, crea retos de mejorar y los resultados se pueden apreciar fácilmente, prepara la fábrica para el inicio de otros pilares menos técnicos pero de alto contenido de transformación organizativa como el Mantenimiento Autónomo.

## **2.6 Justificación y los beneficios de usar la Metodología MPT.**

Ford, Eastman Kodak, Dana Corp., Allen Bradley, Harley Davidson; son solamente unas pocas de las empresas que han implementado MPT con éxito. Todas ellas reportan una mayor productividad gracias a esta disciplina. Kodak por ejemplo, reporta que con 5 millones de dólares de inversión, logró aumentar sus utilidades en \$16 millones de beneficio directamente derivado de implementar MPT. Una fábrica de aparatos domésticos informa de la reducción en cambio de dados en sus troqueladoras de varias horas a sólo 20 minutos! Esto equivale a tener disponibles el equivalente a dos o tres máquinas más, con valor de un millón de dólares cada una, pero sin haber que tenido que comprarlas o rentarlas.

En algunas de sus divisiones, Texas Instruments reporta hasta un 80% de incrementos de su productividad. Prácticamente todas las empresas mencionadas aseguran haber reducido sus tiempos perdidos por fallas en el equipo en 50% o más, también reducción en inventarios de refacciones y mejoramiento en la puntualidad de sus entregas. La necesidad de subcontratar manufactura también se vio drásticamente reducida en la mayoría de ellas.

## **Conclusión**

Hoy con una competitividad mayor que nunca antes, es indudable que el MPT es la diferencia entre el éxito o el fracaso para muchas empresas. Ha quedado demostrada su eficacia no sólo en plantas industriales, también en la construcción, el mantenimiento de edificios, transportes y varias otras actividades incluidos varios deportes. Los empleados de todos los niveles deben ser educados y convencidos de que MPT no es "el programa del mes", sino que es un plan en el que los más altos niveles gerenciales se hallan comprometidos para siempre, incluida la gran inversión de tiempo mientras que dure su implementación. Si cada quien se compromete como debe, los resultados serán excelentes comparados con la inversión realizada.

# **CAPITULO 3**

## **3. DINAMICA ENTRE MPT Y EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**

### **3.1 Estructura del Departamento de Mantenimiento con MPT.**

El Departamento de Mantenimiento esta estructurado con el personal más capacitado de todas las áreas productivas. Ellos son los responsables de garantizar el más alto índice de confiabilidad de los equipos al más bajo costo, para ser reconocidos como los mejores proveedores de servicios de la compañía.

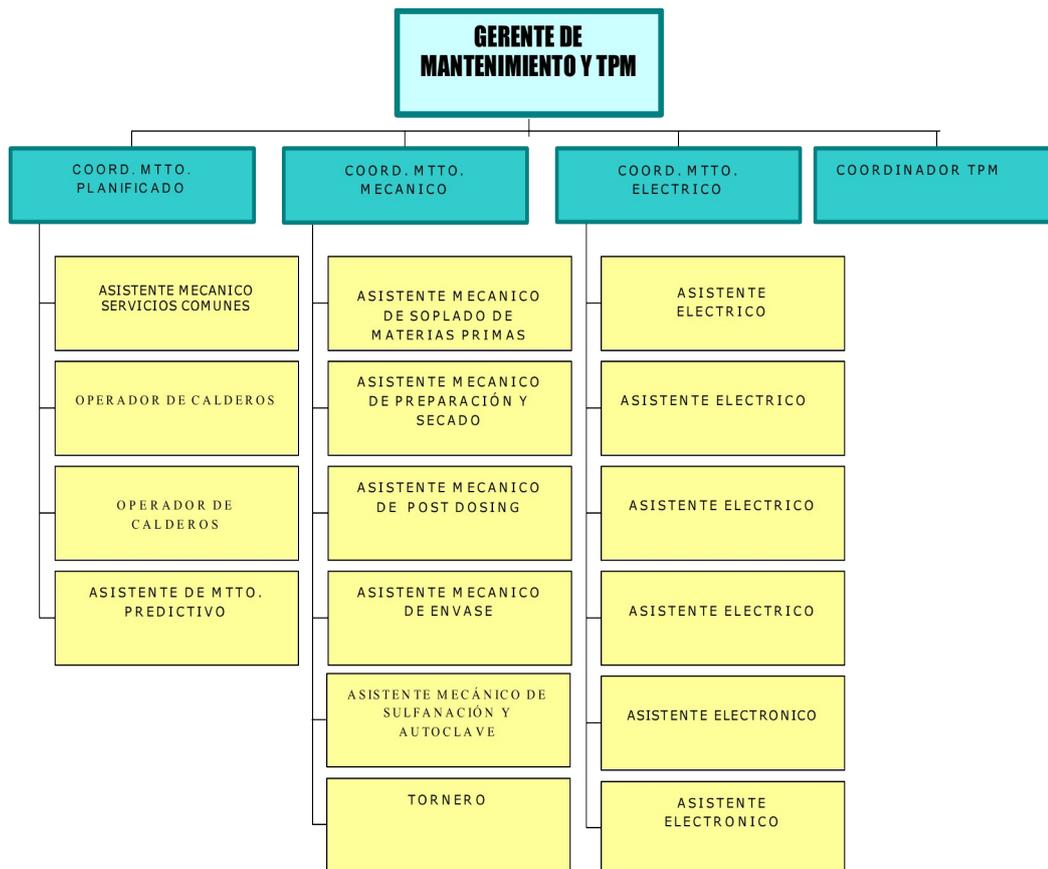
Haciendo una analogía con la familia, los de mantenimiento son los doctores de cabecera que son los que pueden diagnosticar al niño (equipo), cuando los padres (operador) den aviso de que éste manifiesta algún síntoma diferente al normal.

Es por ello que el Departamento cuenta con personal de amplios conocimientos en las diferentes ramas de Ingeniería: Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Instrumentación, de preferencia tecnólogos de formación.

La estructura del Departamento esta liderada por el Gerente de Mantenimiento & MPT junto con su Grupo Primario que son los Coordinadores Mecánico, Eléctrico, Planificado, MPT y ellos con sus Asistentes de Mantenimiento.

Al Coordinador de Mantenimiento Mecánico y Eléctrico reporta un asistente para el área de Procesos y uno para Envasado de Detergentes en turnos de ocho horas, lo que sumarían seis para los equipos de la planta. Al Coordinador de Mantenimiento Eléctrico también le reportan los dos asistentes de Instrumentación. Mientras que al de Mantenimiento Planificado le reporta el asistente de Mantenimiento Predictivo, el asistente de Servicios Generales y el de la Bodega de Repuestos.

El Coordinador de MPT está directamente dirigido por el Gerente de Mantenimiento & MPT Como se indica en la **Figura 3.1**.



**Figura 3.1. Nueva Estructura Orgánico Funcional de Mantenimiento.**

### **3.2 Areas de Trabajo del Departamento de Mantenimiento, aplicando la Metodología del MPT.**

El Departamento de Mantenimiento es el encargado de la operatividad de los equipos de todas las áreas que componen la planta, esto es: Proceso de Detergentes, Envasado, Sulfonación, Autoclave y Servicios.

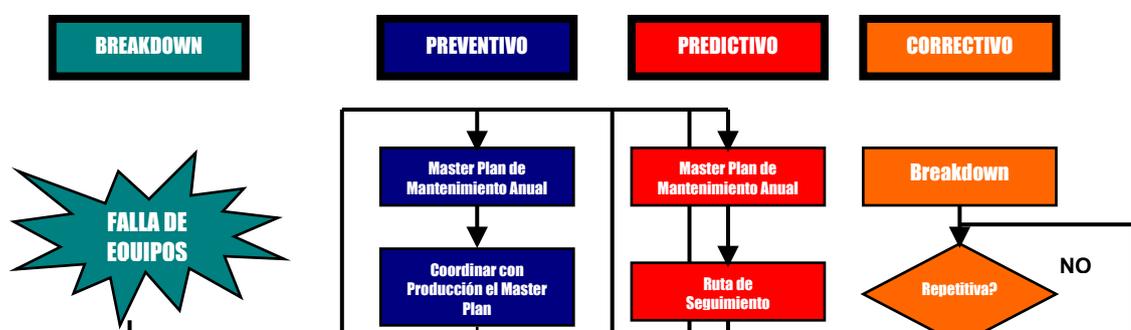
Cabe mencionar, que en la aplicación MPT los operadores se convierten en parte fundamental de todo el sistema, ya que con su autonomía será la primera línea de defensa para la gente de mantenimiento. Ellos son los

encargados de la inspección, limpieza, lubricación, ajuste y de avisar cualquier anomalía que se presente.

### 3.3 Flujograma de la nueva Gestión de Mantenimiento, aplicando la Metodología MPT en la Planta de Detergentes.

La estrategia de la nueva Gestión de Mantenimiento se inicio con el compromiso del Comité Ejecutivo (dirección, gerencia de MPT) quienes establecieron las directrices del programa, la planificación estratégica y las prioridades de actividades conforme los indicadores PQCDMSM.

La Coordinación del MPT (coordinador y facilitadores) son los que administran el programa MPT para toda la empresa, estructurando los pilares, reportan el progreso de las actividades al comité ejecutivo, apoyando los pilares en el desarrollo de las actividades, definiendo responsabilidades y uniformidad, como se lo gráfica en la **Figura 3.2**.



### **Figura 3.2. Flujograma de Actividades para lograr Cero Fallas**

El Comité Administrativo (gerencia y jefes de las áreas) son los que cumplen las metas establecidas por el comité ejecutivo, y proveen apoyo al programa en la estructuración de los pilares, determinando el tiempo disponible hombre/hora para capacitación de colaboradores y planifican las paradas de máquinas para realización del mantenimiento planeado.

El Comité Operacional (líderes y colaboradores) es el que garantiza el cumplimiento de las metas de eficiencia operacional, participa de las actividades desarrolladas por los grupos autónomos y atiende, cuando es pertinente, los requerimientos hechos por los colaboradores para mejoramiento del ambiente de trabajo (hombre, máquina, método, material).

Los Grupos Autónomos (colaboradores) son los que buscarán el desarrollo de habilidades y capacitación técnica, compromiso con el desarrollo de las actividades, utiliza los cinco sentidos y el sentido común, realiza las actividades preestablecidas por los pilares, exponen sus dificultades del trabajo y realizan mejoramientos, alcanzando las metas establecidas por el comité gerencial.

La Gestión de Mantenimiento de la planta de Detergentes, también estará fundamentada en los siguientes tipos de políticas de mantenimiento:

- **Mantenimiento Basado en el Tiempo (TBM).** El mantenimiento basado en el tiempo consistirá en inspeccionar, ejecutar servicios, limpiar los equipos y sustituir periódicamente piezas para evitar averías súbitas y problemas en los procesos. Este concepto será parte importante tanto del mantenimiento autónomo como del mantenimiento especializado (PREVENTIVO).
- **Mantenimiento Basado en las Condiciones (CBM).** El mantenimiento basado en las condiciones utilizará equipos diagnósticos para supervisar y diagnosticar las condiciones de las máquinas móviles de manera continua o

intermitente durante la operación y en inspección durante el empiezo de funcionamiento (verificando las condiciones de los equipos estáticos y comprobando las señales de cambio con técnicas de inspección no destructivas). Como indica su nombre, el mantenimiento basado en condiciones será realizado en función de las condiciones reales de los equipos y no por transcurso de un determinado intervalo de tiempo (PREDICTIVO).

- **Mantenimiento Después de la Avería (BDM).** Al contrario de los sistemas anteriores, con este sistema se espera que los equipos fallen para repararlos. Se utiliza el concepto de mantenimiento por avería o defectos cuando el fallo no afecta significativamente las operaciones o la producción o no genera otras pérdidas, además de los costos de reparaciones (CORRECTIVO).
- **Mantenimiento por Mejoramiento (IBM).** Este mantenimiento mejora los equipos y sus componentes de modo que se pueda realizar confiablemente el mantenimiento preventivo. Si el equipo tiene debilidades de proyecto, será necesario mejorarlo.

# CAPITULO 4

## 4. INDICES Y OBJETIVOS DE MPT EN MANTENIMIENTO

### 4.1 Medición de los Indices Involucrados.

El Departamento de Mantenimiento de la Planta de Detergentes, medirá la aplicación mediante indicadores determinados en un formato, que reflejen la labor que viene cumpliendo, éstos serán: Producción, Calidad, Costos, Distribución, Seguridad, Moral.

Vale mencionar, que la visión del Departamento de Mantenimiento es la de ser reconocido como el mejor proveedor de servicios de la Compañía, garantizando el más alto índice de confiabilidad de los equipos y al más bajo costo correspondiente.

La interpretación de este formato es de la siguiente manera:

Los **círculos** que están en la parte superior indican cuán bien, se está haciendo la gestión. El color verde, indica que estamos por buen camino;

mientras, que el color rojo, nos pone en alerta porque no estamos cumpliendo con este indicador.

La **letra P** (Production), **Q** (Quality), **C** (Cost), **D** (Delivery), **S** (Security), **M** (Moral) nos indica el tipo de indicador que hacemos mención.

La **flecha** nos dice si los objetivos planteados son en sentido creciente o decreciente.

Las **pirámides** con sus tres niveles hacen referencia a quiénes son los responsables del cumplimiento de ese indicador. La superior es para la Gerencia, la intermedia es para la Coordinación y la inferior es para el Grupo de Operación.

Cabe mencionar, que cada indicador tiene su Benchmarking que es nuestra referencia hacia el mejoramiento continuo.

## **4.2 Cómo llegaremos al objetivo: Cero Averías.**

### **4.2.1 Las cinco medidas de lucha para alcanzar el Cero Averías.**

Para alcanzar el Cero Averías se aplicará las siguientes medidas:

#### **1) Establecimiento de las Condiciones Básicas.**

La limpieza, la lubricación y el reapriete son condiciones considerables básicas para la operación adecuada del equipo.

- A. Limpieza de los equipos.** Eliminar la fuente de contaminación de la deterioración.
- B. Lubricación.** Identificación de los puntos de lubricación. Revisar los procedimientos de lubricación. Estandarización de los lubricantes.
- C. Reapriete.** Establecer medidas para luchar contra la soltura. Inspección de los elementos de fijación.
- D. Estandarización.** Establecer estándares de limpieza, inspección y lubricación.

Las averías son, en general, causadas por degeneración decurrente del uso del equipo, sin obedecer a las condiciones básicas de funcionamiento.

## **2) Cumplimiento de las Condiciones de Uso.**

- A. Operación.** El equipo debe ser operado dentro de los límites de capacidad y de carga, que son definidos previamente en la fase de proyecto.

Respetando estos límites, queda reducida la posibilidad de averías, garantizando vida más larga al equipo.

Parámetros de funcionamiento del equipo que deberán ser respetados: voltaje, frecuencia, amperaje, rotación, temperatura, presión, fuerza, etc.

- B. Estandarización.** Se debe estandarizar los procedimientos de operación del comienzo al fin del proceso productivo. Elaborar los manuales. Implementar las hojas de operación.
- C. Estandarización y mejoramiento.** Se debe realizar la estandarización y el mejoramiento de los puntos de ajuste y reglaje.

### **3) Restauración de los Puntos Deteriorados.**

Cuando se obedecen a todas las condiciones, tanto las básicas como las operacionales, el equipo puede sufrir deterioración a lo largo del tiempo. Es necesario detectar las partes deterioradas del equipo, realizar restauraciones y traerlas a las condiciones originales.

El procedimiento de inspección, de testes y de mantenimientos periódicos debe ser ejecutado adecuadamente, tanto para la recuperación del equipo como para que sus condiciones originales sean mantenidas.

#### **Detección o previsión:**

- A) Inspección.** Se debe inspeccionar a través de los cinco sentidos.  
Proceso. Equipo.
- B) Estandarización.** Preparación de un estándar para inspecciones diarias.
- C) Procedimientos.** Se deben elaborar procedimientos para inspecciones, teste y cambios.
- D) Cambios.** Establecer límites para cambios (Ej.: filtro)
- E) Detección.** Establecer criterios para descubrir señales de anomalías.
- F) Previsión.** Establecer parámetros para previsión de deterioración y métodos de medición / evaluación.

#### **Restauración y prevención:**

- A)** Prioridad de las actividades de mantenimiento. Establecer el criterio de evaluación A, B, C de los equipos.
- B)** Establecer el registro y el histórico del mantenimiento de los equipos. Optimizar la periodicidad del mantenimiento.
- C)** Estandarizar las inspecciones con desmonte de los equipos. Programación anual. Introducción del sistema de control de datos de los equipos (electrónico).

- D)** Estandarizar los métodos de desmontaje, medición, sustitución y montaje.
- E)** Mejoramiento en el procedimiento operacional para inspección, cambios y reparos.
- F)** Establecer criterios para almacenaje, centralización, control de existencias para piezas de repuesto.
- G)** Establecer sistema de control para dibujos y documentos.  
Centralización. Facilidad en el acceso.

#### **4) Solución para las Deficiencias del Proyecto.**

Con la adopción de las tres medidas citadas anteriormente, las averías pueden continuar ocurriendo debido a las deficiencias del propio proyecto de equipo.

Muchas de estas deficiencias, son decurrentes de capacitación técnica insuficiente para correcta especificación en la fase de proyecto o de la fabricación del equipo – estos fallos deben ser marcados y sanados, evitando que se repitan en futuros proyectos.

- A)** Medidas para aumentar la resistencia, de modo a ampliar la vida útil. Equipo (Ej.: Tipo de material, resistencia, estructura). Ambiente (Ej.: Pesquisa de anticorrosivos, materiales de revestimiento). Proceso (Ej.: Sobrecarga)

**B)** Medidas contra reincidencia y prevención de accidentes.

### **5) Evolución de la Capacitación Técnica.**

Como la ejecución de las etapas anteriores es realizada por el personal, no se pueden esperar resultados satisfactorios si éstos no poseen los conocimientos necesarios para desempeñar estas tareas.

Es imprescindible, por lo tanto, que tanto el personal de operación como el personal de mantenimiento posean conocimientos técnicos y reciban entrenamientos específicos sobre la metodología. Esto es se los capacita en la conducción de tareas, tales como de: **análisis de las causas de error de operación y reparos, bloqueo con medidas correctivas adecuadas, conducción de diagnósticos apropiados, mejoramiento en las herramientas, mejoramiento en los sistemas de controles, estandarización de procedimientos, etc.**

#### **Operación correcta:**

- A)** Establecer manuales operacionales (Ajuste, control visual, instrumentos de medición).
- B)** Análisis de las causas de las operaciones inadecuadas y bloqueo contra reincidencia.

- C)** Medida avisando la operación contra distracciones – operación segura. Mejoramientos para acceso al botón de emergencia. Actividades de prevención del peligro.

**Mantenimiento correcto:**

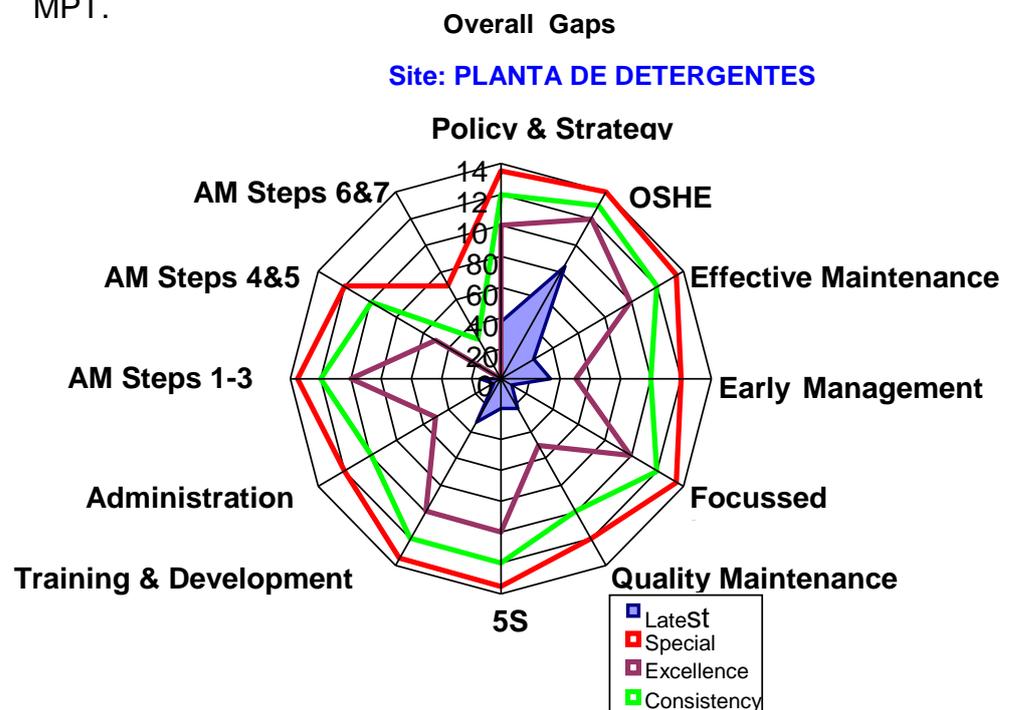
- A)** Establecer la prevención de errores del mantenimiento. Análisis de fallos (reincidencia). Mejoramiento de los procedimientos de mantenimiento. Estandarización / utilización común de las piezas de repuesto.
- B)** Evolución de la capacidad de la supervisión. Prevención contra errores. Elaboración de procedimientos.
- C)** Prevención contra errores en el comienzo de operación de los equipos (Start-up). Estandarización. Lista de verificación.

**4.3. Etapas del Mantenimiento Planificado aplicado en la Planta de Detergentes.**

**4.3.1 Evaluar el equipo y comprender la situación actual.**

- A) ESTUDIO DE LA SITUACIÓN** – Índice de averías y paradas, N° de casos, intensidad, MTBF, costos de mantenimiento, mantenimiento después de avería y otros en un periodo de tres meses.

Para determinar el Overall Gaps (ver Figura 4.1), el grupo ocupacional de alta gerencia de la Planta de Detergentes (ver Figura 4.2), realizó una Autoevaluación en los siguiente items: Políticas y Estrategias, Seguridad e Higiene Ambiental, Mantenimiento Planeado, Administración Temprana, Mejora Enfocada, Mantenimiento de la Calidad, 5 S, Entrenamiento y Capacitación, Administración y Mantenimiento Autónomo; y, como resultado de este análisis se idéntico como uno de los puntos críticos a mantenimiento planeado, resolviendo aplicar las correspondientes estrategias para optimizar el manejo del departamento de mantenimiento de la planta bajo la metodología MPT.



**Figura 4.1. Overall Gaps de la Planta de Detergentes**

## B) Estructuración del Mantenimiento

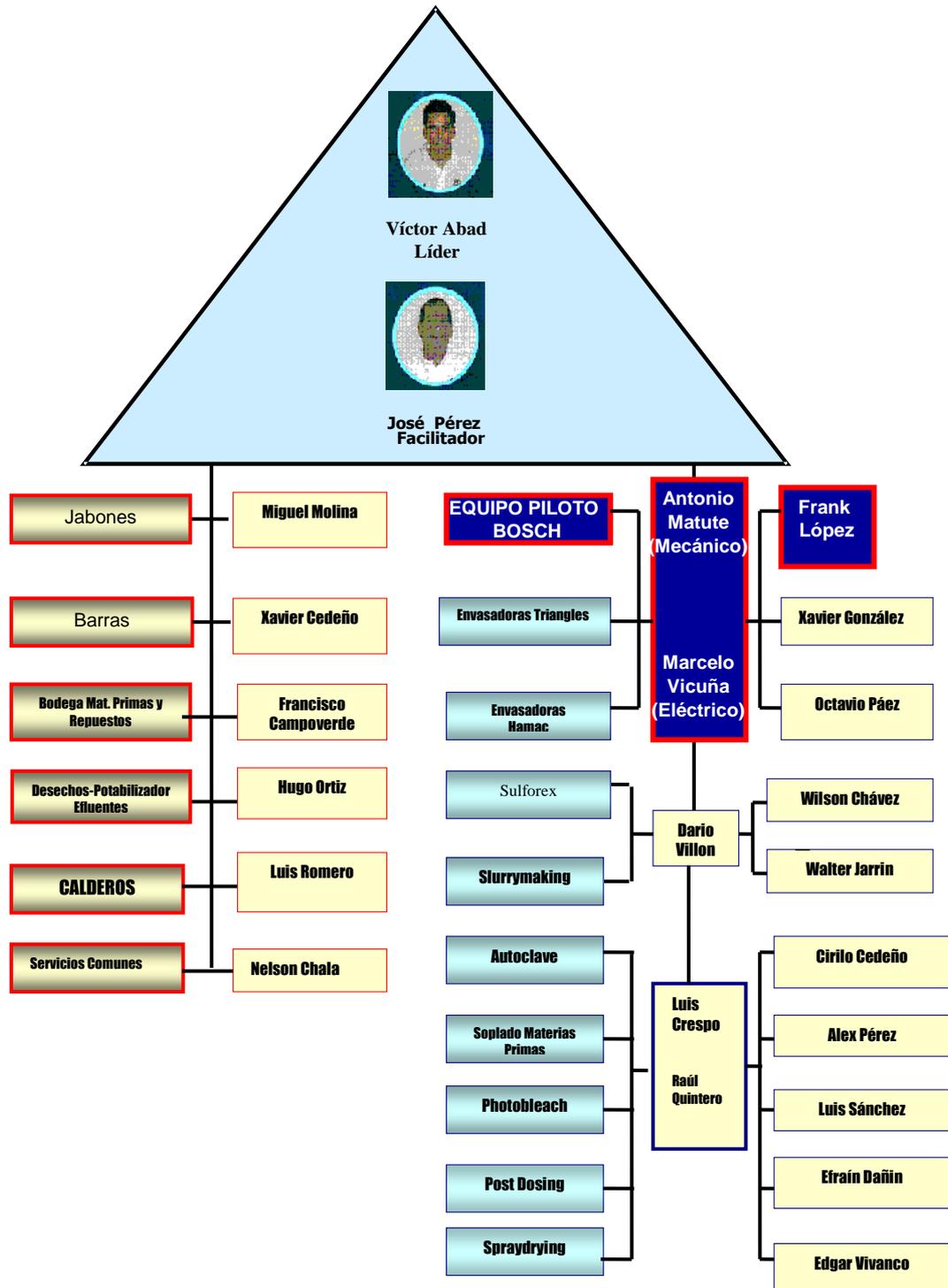


Figura 4.2. Estructura Organizacional de Mantenimiento Planificado

### C) ENTRENAMIENTO:

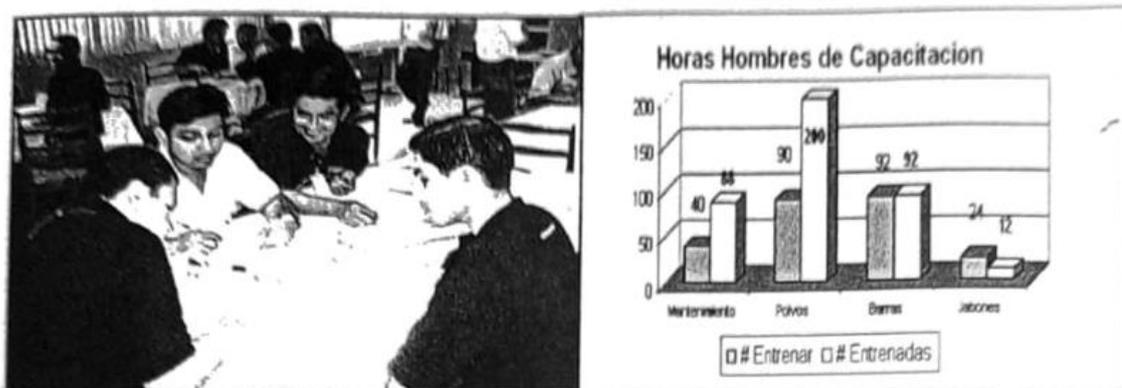


Figura 4.3. Entrenamiento y Capacitación.

Una vez ejecutado el Plan de entrenamiento y capacitación dirigido a los grupos ocupacionales de mantenimiento y producción de la Planta (Figura 4.3), cuya duración fue de 288 horas/hombre, luego de impartir conocimientos específicos sobre la metodología del MPT, se concluyó identificando las principales actividades componentes del Plan Maestro, Registro de Equipos; y, por la Matriz de Criticidad (Figura 4.5) se determinó el grado de criticidad de los equipos componentes del proceso productivo de detergentes, los mismos que se grafica en la Figura 4.4 y Tabla 2 y su aplicación del mantenimiento por criticidad en la Tabla 3.

### D) PLAN MAESTRO

Como uno de los resultados del entrenamiento y capacitación se determinó el Plan Maestro, que es la matriz en macro de las actividades de corto, mediano y largo plazo a ejecutar por el equipo MPT de Planta, ver en la Tabla 4.

**Tabla 4**  
**PLAN MAESTRO**

<b>ACTIVIDADES RELEVANTES DEL PLAN MAESTRO</b>		
ACTIVIDAD:	CUMPLIMIENTO	FECHA
Actualización de data sheet de instrumentación.	100%	Q3
Revisión de instrumentación de lo requerido VS existente.	20%	Q3
Levantamiento de la hoja de vida de los motores.	60%	Q2
Revalidación de cálculos de criticidad, método regional.	10%	Q2
Implementación del Sistema de Mantenimiento Predictivo.	10%	Q4
Elaboración de Planes Visuales por áreas de procesos.	10%	Q2
Levantamiento de despiece visual de maquinaria de la planta.	30%	Q3

### E) REGISTRO DE EQUIPOS.

Como segundo paso se realizó el Registro de Equipos de la planta donde se realizó el levantamiento e identificación de todos los equipos componentes del proceso de producción, utilizando las respectivas Hojas de Registro graficada en la Tabla 5

**Tabla 5**  
**REGISTRO DE CONTROL DE EQUIPOS**

TAB N°	Elaborado en:		Aprobación	Elaboración			
Nombre del equipo	Local de la instalación		Nivel del equipo	A	B	C	
Fabricación	Nombre del fabricante	Fecha de fabricación	Número de fabricación	Valor de la adquisición US\$			
Adquisición	Nombre del suministrador	Fecha de adquisición	Número del activo fijo	Valor de la adquisición US\$			
Instalación	Nombre de la instaladora	Fecha de adquisición	Número del activo fijo	Valor de la adquisición US\$			
Item	Fecha de elaboración	Local de almacenaje	Archivo N°	Responsable	Nota		
Dibujo							
Especialización							
Manual de Operación							
Diagrama de la instrumentación							
Especificación del equipo	Modelo		Velocidad-Rotación				
	Capacidad		Tipo de Motor				
	Dimensiones-Peso		Largo x Alto x Ancho x Kg		Capacidad del motor		
	Fotos		KW				
Piezas principales de repuesto	Nombre	Código	Fabricante	Modelo	Dimensiones	Cantidad	Local de Almacenaje
Registro de provisiones	Fecha	Clasificación del Mantenimiento	Contenido de la provisión	Responsable	Tiempo	Valor	
	/ /						
	/ /						
	/ /						
	/ /						

## F) CRITICIDAD A,B,C

Luego, se inició el análisis de la criticidad de los equipos, mediante la aplicación de la Matriz de Criticidad y sus parámetros de evaluación: de Seguridad e Higiene Ambiental, Calidad del Producto, Producción, Mantenimiento y Costos, donde se determinó la criticidad de los equipos de planta, se descomponía bajo los siguientes porcentajes: Equipos con Criticidad A un 16%, equipos con Criticidad B un 36% y equipos con Criticidad C en un 48%, ver figura 4.4. Paralelamente como producto de esta evaluación se logró también determinar el Listado de Equipos de Planta por su criticidad, ver Tabla 6.

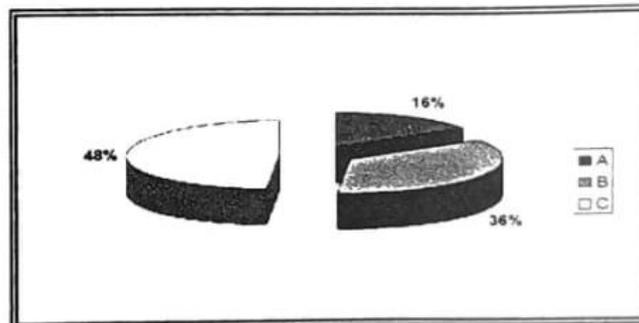


Figura 4.4. Porcentajes de Criticidad de los Equipos de Planta.

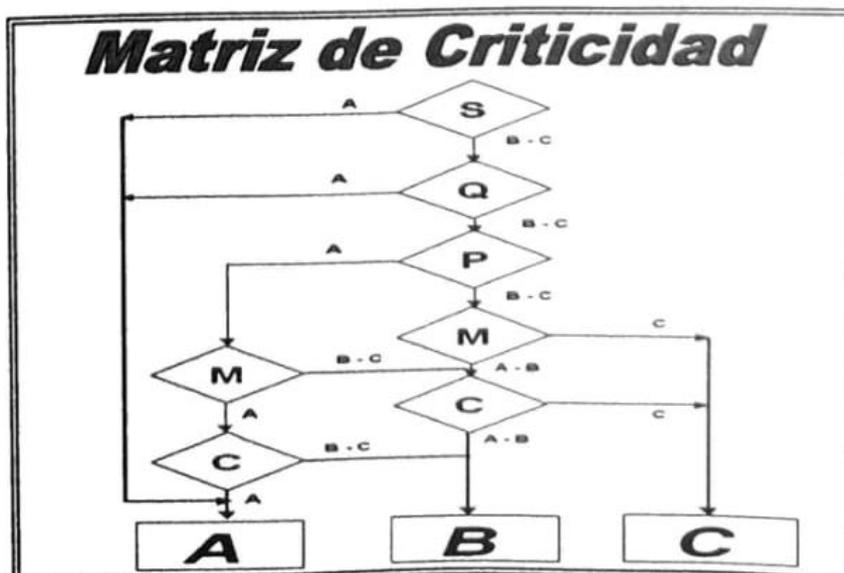


Figura 4.5. Matriz de Criticidad.

Figura 4.5. Matriz de Criticidad.

**Tabla 2**  
**LISTADO DE EQUIPOS POR SU CRITICIDAD**

#	EQUIPO	CLASE		
		A	B	C
	<b>PREPARACION Y SECADO</b>			
1	FILTRO DE MANGAS F.50.1	30		
2	TRANSPORTADOR DE POLVO DETERGENTE T.50.1	31		
3	VENTILADOR DE COMBUSTION P42.2	31		
4	VENTILADOR DE DILUCION P42.1	31		
5	TRANSPORTADOR T45.6	32		
6	TRANSPORTADOR PESADOR GD50.1	33		
7	VENTILADOR DE GASES EXHAUSTOS P50.1	34		
8	BOMBA DE ALTA PRESION P41.3	38		
9	AGITADOR PREPARADOR DE SLURRY R41.1	38		
10	VALVULA VF-42.3	30		
11	VALVULA VF-42.4	30		
12	TORNILLO DE ASIMILADO DEJA D.40.5A	35		
13	TORNILLO DE ASIMILADO OPAL D.40.5B	35		
14	TORNILLO DE CARBONATO D.40.3	35		
15	TORNILLO DE SULFATO D-40.2	35		
16	TORNILLO DE TRYPOLIFOSFATO D-40.1	35		
17	MOLINOS RITZ	31		
18	TRANSPORTADOR DE DOSIFICADOR DE SULFATO	30		
19	BOMBA DE RECUPERACION DE AGUAS QUIMICAS P41.6		24	
20	VALVULA VF-50.1		21	
21	VALVULA VF-50.2		21	
22	VALVULA VF-50.3		21	
23	VALVULA VF-50.4		21	
24	BOMBA DE VACIO VD-1		23	
25	AGITADOR DEL REACTOR MADURADOR DE SLURRY R41.3		29	
26	FILTRO DE MANGAS DEL AIR LIFT F.50.2		24	
27	VALVULA VF42.1		24	
28	VALVULA VF42.2		24	
29	AGITADOR DE TANQUE DE GRUMOS		27	
30	AGITADOR DEL TANQUE DE PASTA		27	
31	BALANZA DOSIFICADORA DE ASIMILADO K-40.2A		28	
32	BALANZA DOSIFICADORA DE CARBONATO K-40.2C		28	
33	BALANZA DOSIFICADORA DE SULFATO K-40.2D		28	
34	BALANZA DOSIFICADORA DE TRYPOLIFOSFATO K-40.2B		28	
35	BALANZA DE TRES COMPONENTES K-40-LEFG		28	
36	BALANZA DOSIFICADORA DE GRUMOS K-40.1A		28	
37	BALANZA DOSIFICADORA DE AGUA DE PROCESO K-40.1D		28	
38	BALANZA DOSIFICADORA DE PASTA ACTIVA K-40.1B		28	
39	BALANZA DOSIFICADORA DE SILICATO K-40.1C		28	
40	AGITADOR DEL REACTOR HOMGENIZADOR DE SLURRY R41.2		29	
41	COMPRESOR PARA ASIMILADO 3-1-1		28	
42	COMPRESOR PARA SULFATO 3-1-3		28	
43	COMPRESOR PARA TRYPOLIFOSFATO 3-1-2		28	
44	BOMBA NETZCH DE BAJA PRESION		27	
45	BOMBA NETZCH DE TRANSFERENCIA		27	
46	AMORTIGUADOR DE PRESION		24	
47	FILTRO DE GRUMOS F48.1			12
48	BOMBA DE GRUMOS P48.1			13
49	MEZCLADOR DE ASIMILADO MX40.1			14
50	VALVULA ROTATIVA DE ASIMILADO RT 15.6			14
51	VALVULA ROTATIVA DE CARBONATO DE SODIO Y LIVIANO			14
52	VALVULA ROTATIVA DE SULFATO			14
53	MEZCLADOR ROMPEGRUMOS DE CARBONATO DE CALCIO			14
54	VALVULA ROTATIVA DE CARBONATO DE CALCIO			14
55	MEZCLADOR ROMPEGRUMOS DE TRYPOLIFOSFATO			14
56	VALVULA ROTATIVA DE TRYPOLIFOSFATO			14
57	BOMBA DE RECUPERACION DE SLURRY P41.5			14
58	RECUPERADOR DE CALOR E.41.1			16
59	SILO DE ASIMILADO DEJA D.40.5A			18
60	SILO DE ASIMILADO OPAL D.40.5B			18
61	SILO DE CARBONATO D-40.3			18
62	SILO DE SULFATO D-40.2			18
63	SILO DE TRYPOLIFOSFATO D-40.1			18

## G) ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES DE LAS AVERÍAS/FALLOS – NIVELES DE AVERÍA

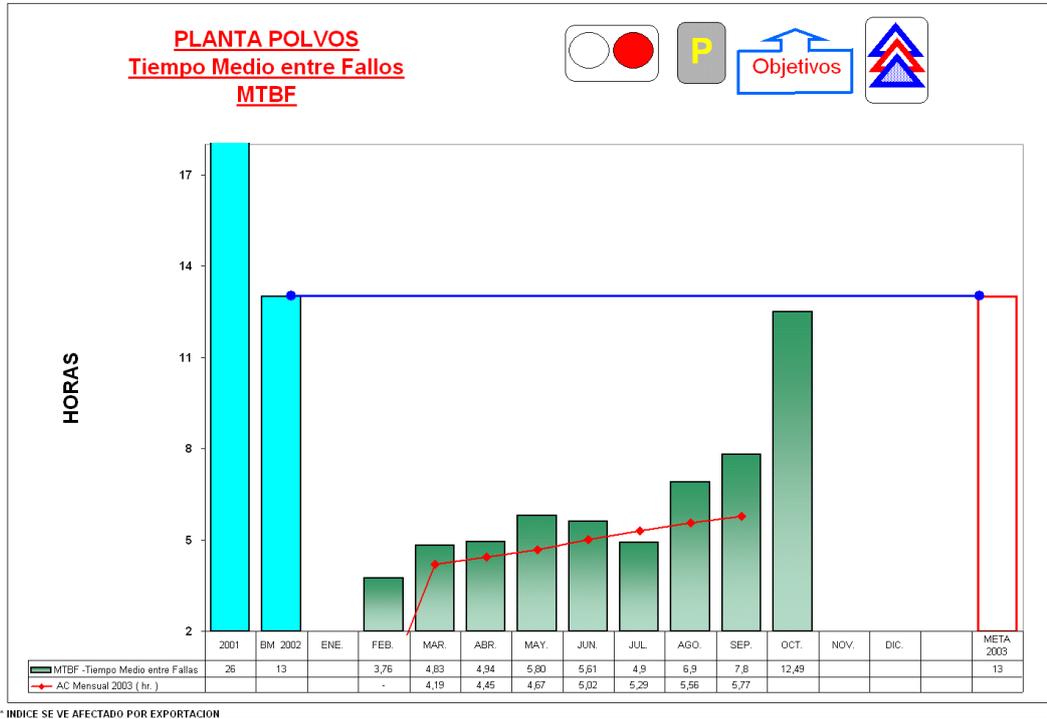
Tabla 3

### APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO POR CRITICIDAD

No.	Clase de Mantenimiento:	Mantenimiento
01	Clase "A"	Mantenimiento Predictivo
02	Clase "B"	Mantenimiento Preventivo
03	Clase "C"	Mantenimiento Correctivo

## I) INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Los indicadores de mantenimiento se determinaron, luego de haber recopilado la información diaria recolectada mediante la Hoja de Registro de Tiempos Perdidos, donde se registra: Las Perdidas Planeadas, Perdidas por Paradas, Perdidas por Rendimiento y Perdidas por Defectos de parte de los operadores de las diferentes subáreas del proceso de producción de detergentes, información que una vez procesada se resumen en los índices: Tiempos Medios entre Fallas (MTBF), Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR), Costo de Mantenimiento CRV (%), Costo de Mantenimiento y el Número Total de Fallas > a 10 minutos, graficados en las Figuras 4.6 a, 4.6 b, 4.6 c, 4.6 d y 4.6 e.



**Figura 4.6 a. Tiempo medio entre fallas (MTBF).**

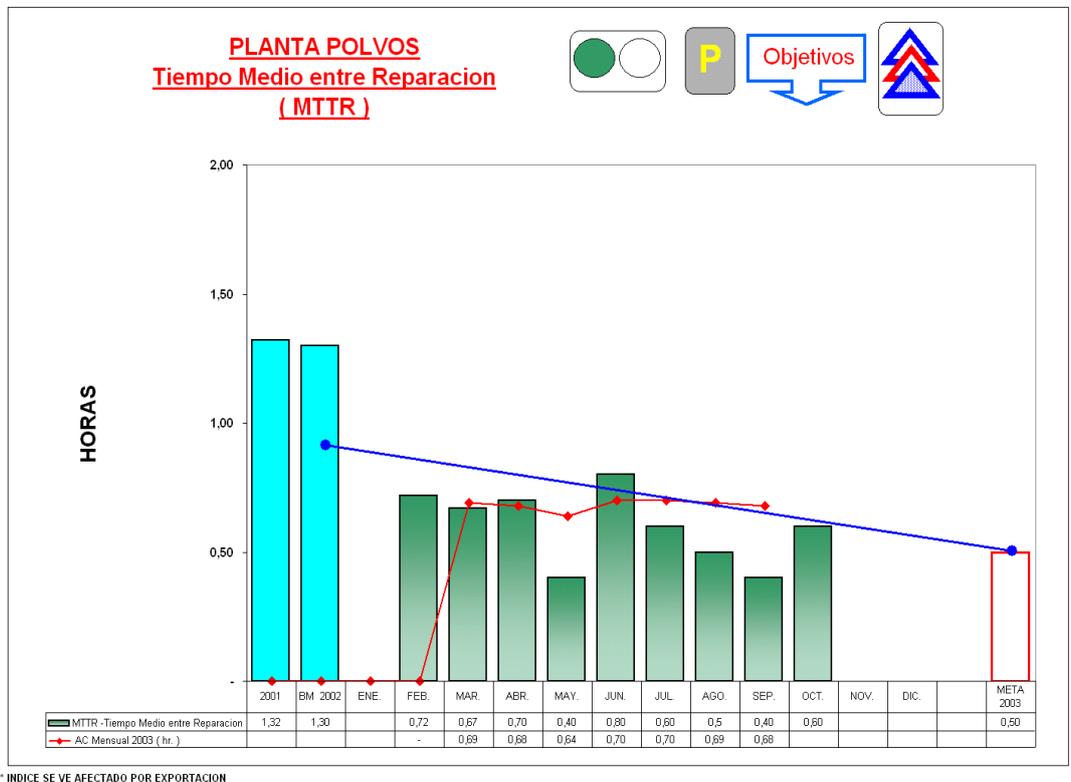


Figura 4.6 b. Tiempo medio entre reparaciones (MTTR).

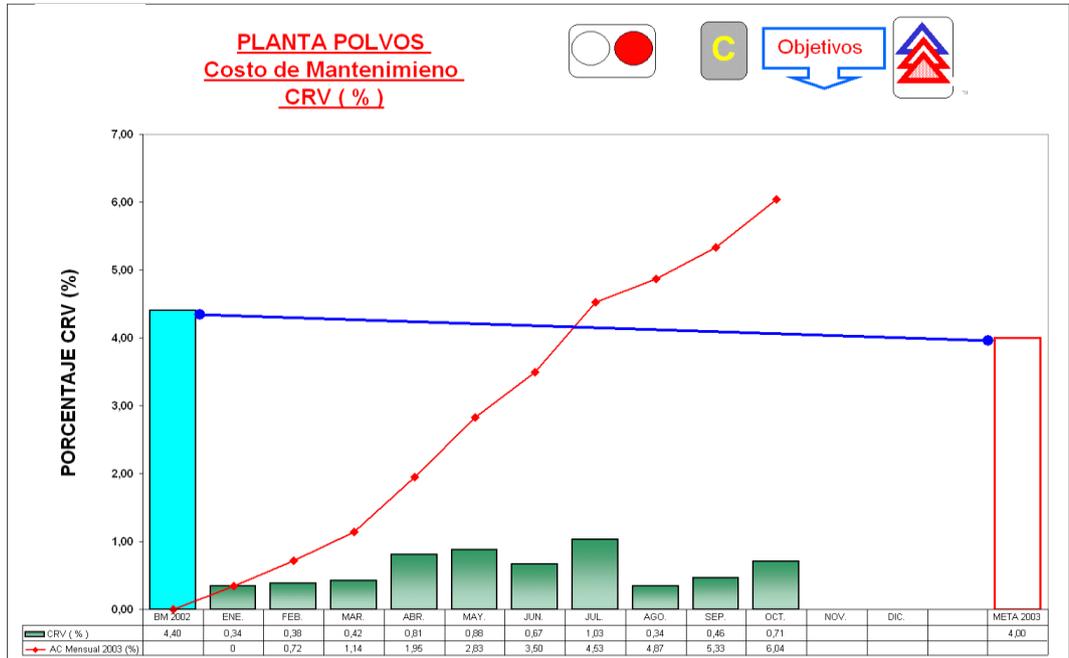
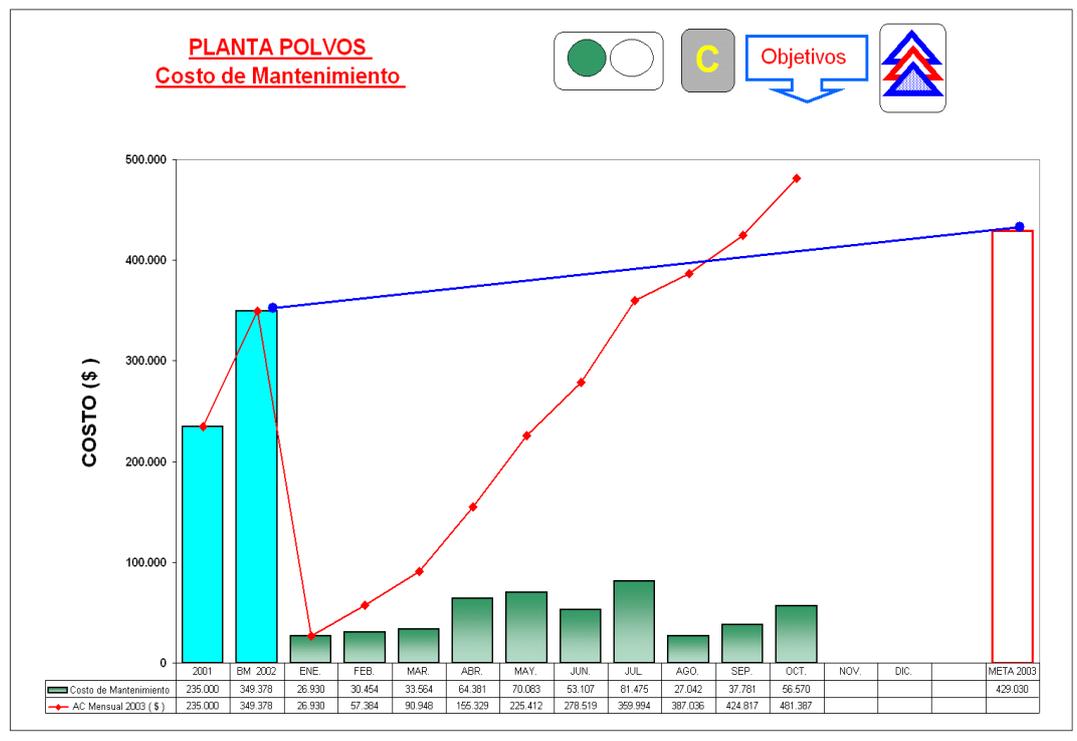
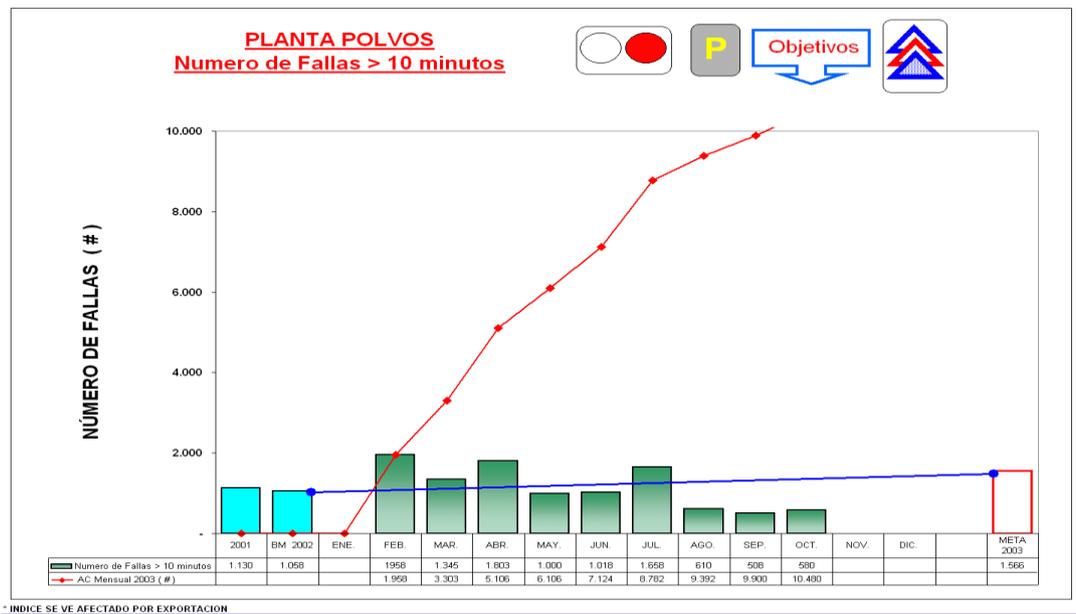


Figura 4.6 c. Costo de Mantenimiento CRV (%).



**Figura 4.6 d. Costo de Mantenimiento.**



**Figura 4.6 e. Número de Fallas > 10 minutos.**

### 4.3.2 Restaurar las condiciones ideales

- A)** Luego de realizar el estudio de criticidad de los equipos y determinar el número de fallas mayores a 10 minutos, el tiempo medio entre fallas, el tiempo medio entre reparaciones, el costo del mantenimiento CRV y el Costo del Mantenimiento, se decidió restaurar la deterioración forzada, cumpliendo con las condiciones básicas, corrigiendo las debilidades del sistema de envase para ampliar la vida útil, en razón de la excesiva frecuencia de fallas mayores a diez minutos que abortó el análisis.

- B)** Tomando como caso prototipo, se determinó realizar la mejora el Sistema de Dosificación de las Máquinas Envasadoras HAMAC siguiendo los dos primeros pasos del Mantenimiento Planificado del MPT, priorizado mediante el análisis grupal del Equipo de Mantenimiento, por su criticidad en cuanto a producción, calidad, mantenimiento, seguridad para restaurar sus condiciones ideales; y, que se pueda evaluar su mejoramiento en intervalos cortos de tiempo para posteriormente hacer la réplica o “cascada” en los demás equipos.
- C)** Una vez evaluada la productividad perdida en tiempo, en volúmenes y en costo de las envasadoras HAMAC (ver Figuras 4.7 a, 4.7 b, 4.7 c y Tabla 7), se elaboró el Arbol de Pérdidas (ver Figura 4.8) donde se identificó el punto crítico del sistema de dosificación; y, posteriormente con la ayuda de la gráfica de Pareto (ver Figura 4.9 y Tabla 8) se identificó y se priorizó todos los componentes del problema a resolver en este caso.



Figura 4.7 a. Productividad Perdida en Horas

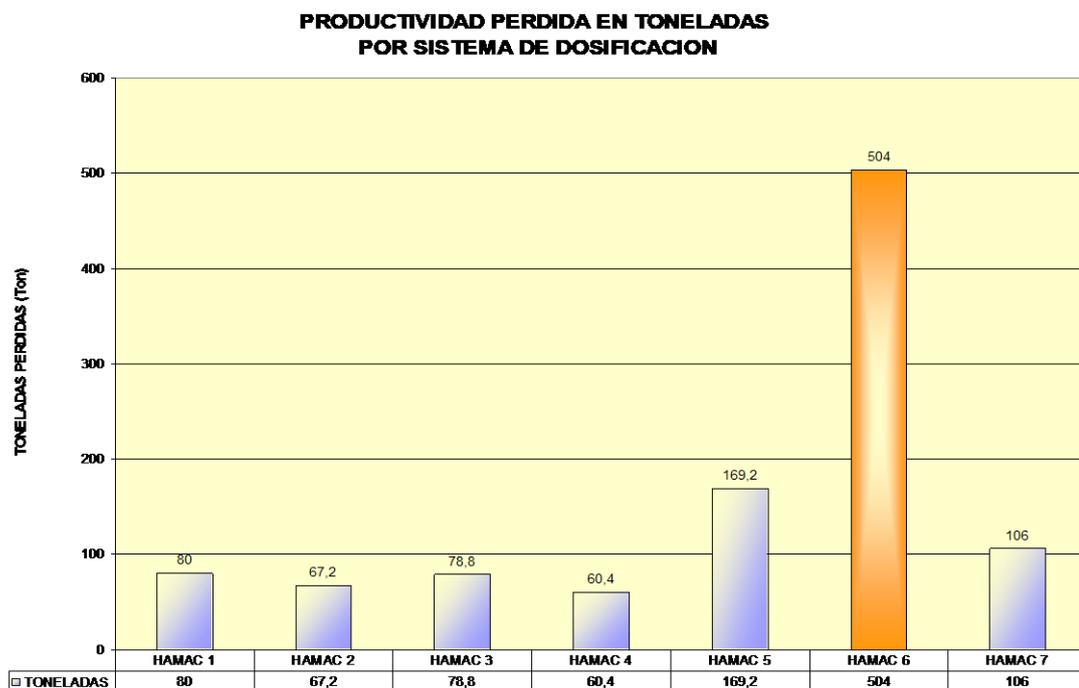
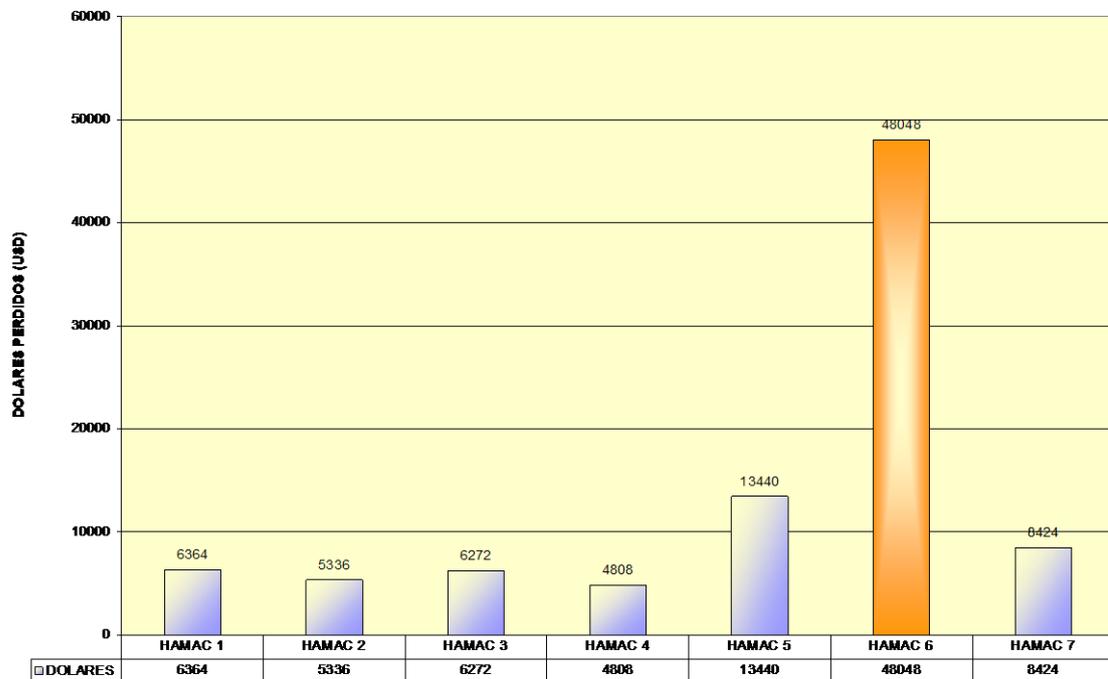


Figura 4.7 b. Productividad Perdida en Toneladas.

**PRODUCTIVIDAD PERDIDA EN DOLARES  
POR SISTEMA DE DOSIFICACION**



**Figura 4.7 c. Productividad Perdida en Dólares.**

**Tabla 7**

**RESUMEN DE PERDIDAS POR FALLAS  
EN ENVASADORAS HAMAC**

MAQUINA	TIEMPO PERDIDO (hrs)	PRODUCCIÓN PERDIDA (en Ton)	DINERO PERDIDO (USD)
HAMAC 1	111.2	80	6364
HAMAC 2	93.2	67.2	5336
HAMAC 3	109.6	78.8	6272
HAMAC 4	84	60.4	4808
HAMAC 5	234.8	169.2	13.440
HAMAC 6	840	504	40.068
HAMAC 7	147.2	106	8424
<b>TOTAL</b>	<b>1620</b>	<b>1065.6</b>	<b>84.712</b>

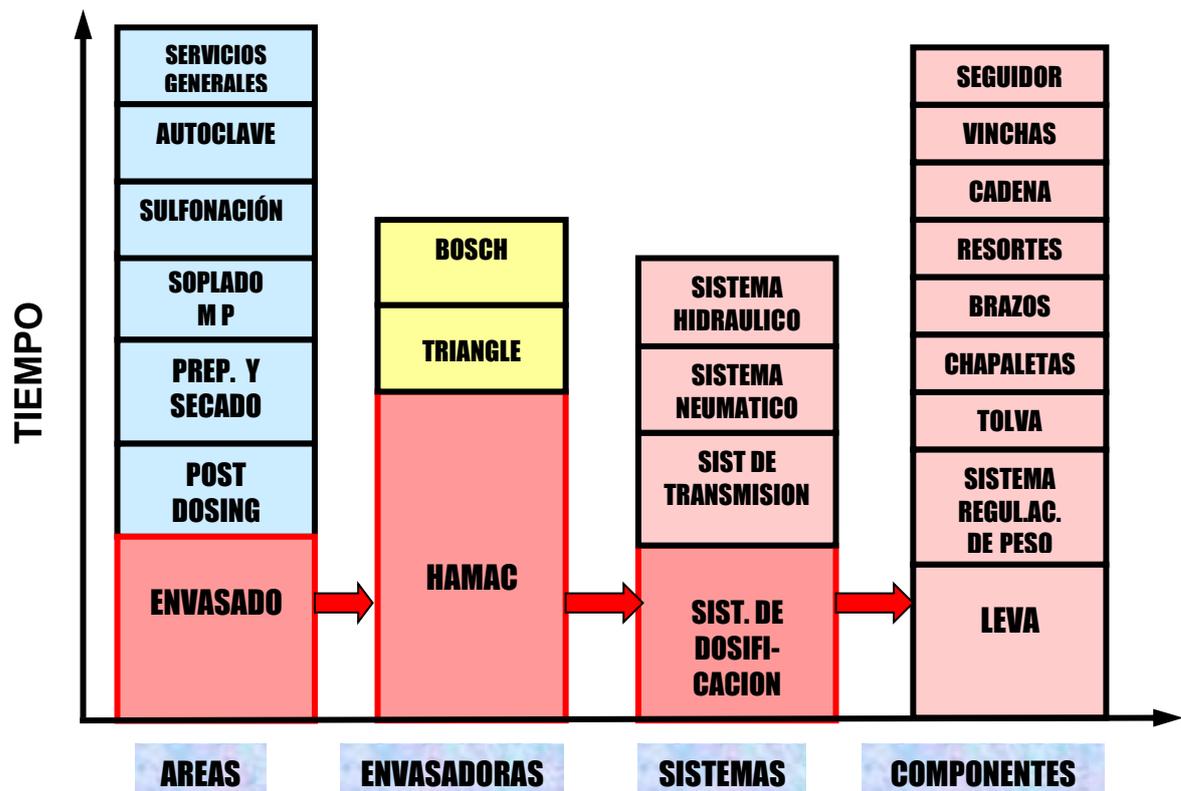
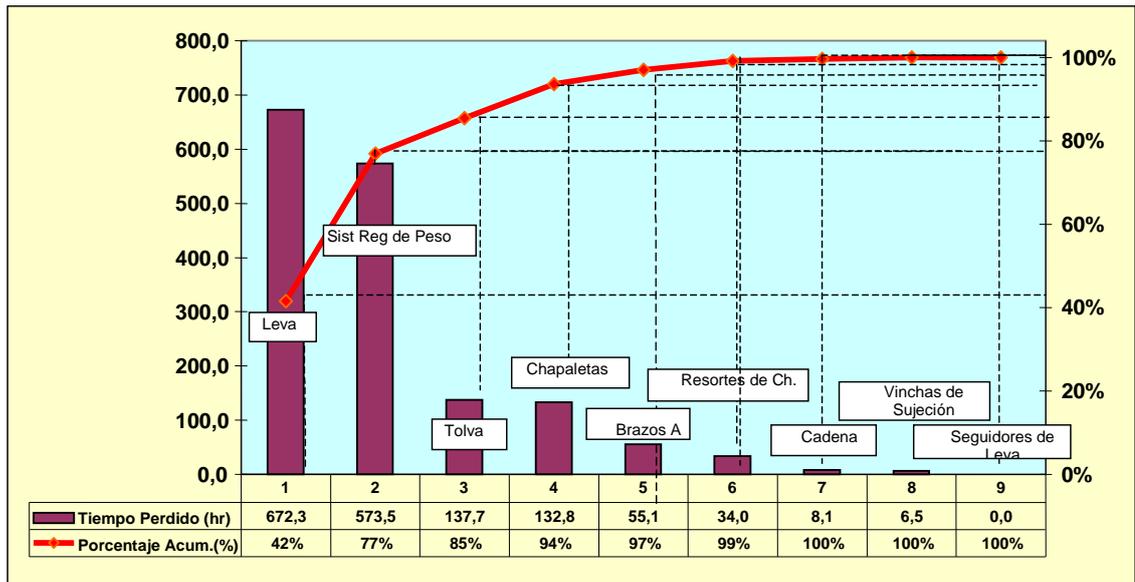


Figura 4.8. Arbol de Pérdidas

Tabla 8

## PARETO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

ACCESORIOS DEL SISTEMA DE DOSIFICACION	Tiempo Perdido (hr)	Fracción Porcentual (%)	Porcentaje Acum.(%)
LEVA	672,3	42%	42%
SISTEMA REGULADOR DE PESO	573,5	35%	77%
TOLVA	137,7	9%	85%
CHAPALETAS	132,8	8%	94%
BRAZOS ARTICULADOS	55,1	3%	97%
RESORTES DE CHAPALETAS	34,0	2%	99%
CADENA	8,1	1%	100%
VINCHAS DE SUJECION	6,5	0%	100%
SEGUIDORES DE LEVA	0,0	0%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>1620</b>		



**Figura 4.9. Pareto del Sistema de Dosificación.**

#### **A) Registro del Tema.**

Luego de haber identificado y focalizado el problema mediante el Pareto se inicia el proceso de mejora con el Registro respectivo del Tema, donde se especifica el tipo de pérdida por falla del equipo y se determina el objetivo, la meta, los responsables de la ejecución, el Lay Out del Área de Envase; y, la correspondiente justificación hacia el Comité MPT de Planta. Ver Tabla 9 y Figura 4.10.

#### **B) Descripción del Problema.**

Utilizando la Hoja de Análisis 5 W y 1H (ver Tabla 10), se identificó el qué, cuándo, dónde, quién, cuál y el cómo ocurrió la falla del equipo, donde inicialmente se determina cuáles son los parámetros técnicos para posteriormente determinar las posibles causas del problema.

### **C) Análisis del Problema.**

Una vez identificados los parámetros técnicos, se procede a la búsqueda de las causas que originaron el problema, mediante la aplicación de la Hoja del Análisis Porqué – Porqué (ver Tabla 11), en donde se encuentra la causa raíz y se determina el Plan de Contramedidas como se lo detalla en la Tabla 12 y que en el caso que nos ocupa son las siguientes:

1. Elaborar un sistema de lubricación incluyendo rutas, frecuencias, tipos de lubricantes, responsables, etc.
2. Diseñar y fabricar siete levas con características de resistencia al desgaste, fatiga y fricción de acuerdo a los parámetros técnicos.
3. Diseñar e implementar un plan de entrenamiento y capacitación sobre el sistema de regulación de peso, dirigido al personal operativo de producción y mantenimiento.
4. Implementar un sistema de máximos y mínimos de los componentes de las máquinas envasadoras HAMAC, en la bodega de repuestos.
5. Elaborar un plan de mantenimiento, junto con los integrante del Pilar de Mantenimiento Planeado.
6. Implementar etapas sistemáticas de control de calidad del producto antes, durante y después del proceso de producción.



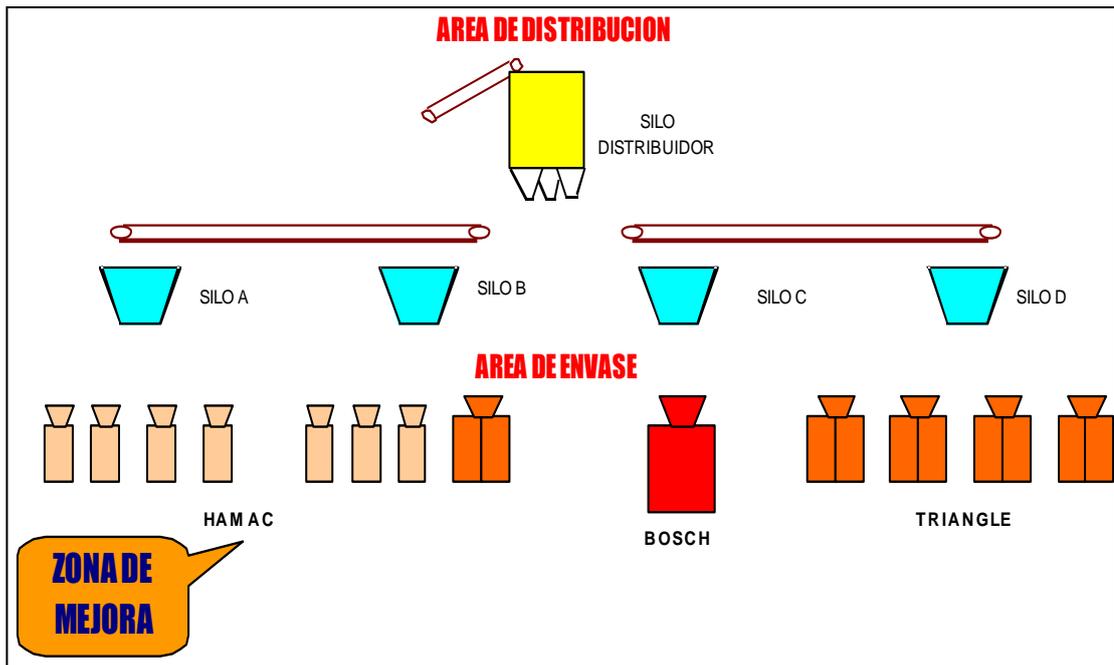


Figura 4.10. Lay Out del Area de Envase

Tabla 11  
ANÁLISIS 5W 1H

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL			
HOJA DE ANALISIS DE LOS 5 PORQUES (5W) Y 1 COMO (1H)			
	GERENTE	LIDER	NOMBRE
	C. Coloma	V. Abad	Los Polveros
LINEA:	HAMAC	PROBLEMA:	Variación de peso y sellado defectuoso.
M/C No.	6		
FECHA DE APARICION:	25/08/03	TIEMPO PERDIDO:	CLASE <input type="checkbox"/> ESPORADICO (PUNTUAL)
FECHA DE RESTAURACIÓN:	15/11/03	68 Horas	<input checked="" type="checkbox"/> CRONICO (REPETITIVA)
QUE (WHAT) EN QUE COSA?	En las fundas de 200 gr.		
CUANDO (WHEN) CUANDO OCURRIO?	En el envasado de Detergente Toronja		
DONDE (WHERE) LINEA/MAQUINA/LOCAL?	En el sello horizontal		
QUIÉN (WHO) DEPENDIENTE O INDEPENDIENTE DE HABILIDAD?	No depende de la habilidad del operador		
CUAL (WHICH) EXISTE TENDENCIA ALEATORIA O HAY PATRON?	Existe patrón		
COMO (HOW) CON RESPECTO AL OPTIMO?	Variación de peso en 5 gr. y mal sellado de fundas.		
CUANTOS (HOW MANY) QUE CANTIDAD EN EL TIEMPO, PRODUCCION?	En aproximadamente el 20% de la producción.		
RESUMEN DEL FENOMENO	Durante el envasado de Detergente Toronja en las fundas de 200 gr. existe variación de peso en 5 gr. y mal sellado horizontal de las fundas en aprox. el 20% de la producción, siguiendo un patrón, no dependiendo de la habilidad del operador.		

## Tabla 12

### ANÁLISIS PORQUÉ - PORQUÉ

#### MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

#### ANÁLISIS "PORQUE - PORQUE"

PLANTA: DETERGENTES		LINEA: HAMAC		GRUPO: LOS POLVEROS		LIDER: VICTOR ABAD		FECHA: 15/09/2003		
OBJETIVOS:										
* DISMINUIR LA COMPLEJIDAD DEL MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DOSIFICADOR.										
* AUMENTAR LA CONFIBILIDAD EN EL SELLADO HORIZONTAL DE LA FUNDA DE DETERGENTE; Y,										
* DISMINUIR PERDIDAS DE TIEMPO POR DAÑOS EN EL SISTEMA DOSIFICADOR.										
1a. RONDA		2a. RONDA		3a. RONDA		4a. RONDA		5a. RONDA		IDEAS DE MEJORA:
<b>PORQUE</b> EXISTE VARIACION DE PESO Y SELLADO ?		<b>PORQUE</b> LA TAPA NO ABRE TOTALMENTE ?		<b>PORQUE</b> LOS PINES DE ARTICULACIONES ESTAN FLEXADOS ?		<b>PORQUE</b> EXISTE UNA FUERZA ADICIONAL DE LA TAPA SOBRE EL PIN ?		<b>PORQUE</b> FALTA LIMPIEZA Y LUBRICACION ?		ELABORAR UN SISTEMA DE LUBRICACION INCLUYENDO RUTAS, FRECUENCIAS, TIPOS DE LUCRICANTES, RESPONSABLES.
<b>PORQUE</b> LA TAPA NO ABRE TOTALMENTE <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> LOS PINES DE ARTICULACIONES ESTAN FLEXADOS <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> EXISTE UNA FUERZA ADICIONAL DE LA TAPA SOBRE EL PIN <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> FALTA LIMPIEZA Y LUBRICACION <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> NO EXISTEN RUTAS DE LUBRICACION <input checked="" type="radio"/>		
<b>PORQUE</b> ?		<b>PORQUE</b> ?		<b>PORQUE</b> LOS PINES DE ARTICULACIONES ESTAN FLEXADOS ?		<b>PORQUE</b> LA LEVA POSEE UN DESGASTE ?		<b>PORQUE</b> ?		DISEÑAR Y FABRICAR UNA LEVA MAS RESISTENTE AL DESGASTE.
<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> LA LEVA POSEE UN DESGASTE <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> CUMPLIO SU TIEMPO DE VIDA UTIL <input checked="" type="radio"/>		<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		
<b>PORQUE</b> ?		<b>PORQUE</b> ?		<b>PORQUE</b> LOS PINES DE ARTICULACIONES ESTAN FLEXADOS ?		<b>PORQUE</b> FALTA ESTANDARIZAR LOS RESORTES ?		<b>PORQUE</b> ?		IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MAXIMOS Y MINIMOS EN LA BODEGA DE REPUESTOS.
<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> FALTA ESTANDARIZAR LOS RESORTES <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> FALTA STOCK EN LA BODEGA DE REPUESTOS <input checked="" type="radio"/>		<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		
<b>PORQUE</b> LA TAPA NO ABRE TOTALMENTE ?		<b>PORQUE</b> EL DETERGENTE SE DESBORDA DEL VASO ?		<b>PORQUE</b> EL DETERGENTE SE DESBORDA DEL VASO ?		<b>PORQUE</b> LA DENSIDAD DEL POLVO ES MUY BAJA ?		<b>PORQUE</b> LA DENSIDAD DEL POLVO ES MUY BAJA ?		IMPLEMENTAR DIVERSAS ETAPAS DE CONTROL A LO LARGO DE TODO EL PROCESO DE PRODUCCION.
<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> EL DETERGENTE SE DESBORDA DEL VASO <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> LA DENSIDAD DEL POLVO ES MUY BAJA <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> FALTAN ETAPAS DE CONTROL EN EL AREA DE PROCESOS. <input checked="" type="radio"/>		<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		
<b>PORQUE</b> ?		<b>PORQUE</b> ?		<b>PORQUE</b> EL DETERGENTE SE DESBORDA DEL VASO ?		<b>PORQUE</b> EXISTE MALA REGULACION ?		<b>PORQUE</b> FALTA CONOCIMIENTO DE LOS NUEVOS OPERADORES ?		ELABORAR JUNTO A RR HH UN PLAN DE CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO.
<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> EXISTE MALA REGULACION <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> FALTA CONOCIMIENTO DE LOS NUEVOS OPERADORES <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> NO EXISTE UN PLAN DE ENTRENAMIENTO <input checked="" type="radio"/>		
<b>PORQUE</b> ?		<b>PORQUE</b> ?		<b>PORQUE</b> EL DETERGENTE SE DESBORDA DEL VASO ?		<b>PORQUE</b> LOS RASPADORES DE POLVO ESTAN DESGASTADOS ?		<b>PORQUE</b> NO EXISTE UNA FRECUENCIA DE CAMBIO ?		ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO JUNTO CON LOS INTEGRANTES DEL PILAR MTO. PLANEADO.
<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> LOS RASPADORES DE POLVO ESTAN DESGASTADOS <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> NO EXISTE UNA FRECUENCIA DE CAMBIO <input type="radio"/>		<b>PORQUE</b> NO EXISTE UN PLAN DE MANTENIMIENTO <input checked="" type="radio"/>		

 ANALISIS FINALIZA

 ANALISIS CONTINUA

 MARCAR CON ✓

OFICINA DE TPM

## **D) Elaboración del Plan de Contramedidas.**

Como resultante de todos los procesos de análisis realizados en las fases anteriores, se llegó a determinar de forma definitiva cuáles son los problemas a resolver y cuál debe ser el Plan de Contramedidas que contrarresten a las pérdidas ocasionadas por daños y fallas del sistemas de dosificación de las máquinas envasadoras.

En este Plan se determina en primer lugar cuál línea del proceso se va acometer con acciones de mantenimiento, también el grupo de trabajo responsable de la ejecución, la fecha de inicio y la fecha de finalización de la reparación, considerando además las actividades a realizar, los responsables, los obstáculos a resolver y los recursos que se requieren, ver la **Tabla 13**.

## **E) Implantación de las Contramedidas.**

Una vez determinado el Plan de Contramedidas se pasa a la fase de ejecución de las medidas correctivas programadas, que se refleja en un Informe de Ejecución de las Contramedidas informa cuáles fueron las acciones de mejora realizadas en cada uno de los puntos críticos determinados, cuáles son los resultados cuantitativos y cualitativos alcanzados, el tiempo de duración; y, el costo real de las mejoras ejecutadas (ver **Tabla 14 y 15**).

Tabla 13

## PLAN DE ACCION ESPECIFICO

<b>MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL: PLAN DE ACCIÓN ESPECÍFICO</b>										
<b>PLANTA: DETERGENTES</b>		<b>LINEA: ENVASE HAMAC</b>								
<b>GRUPO: LOS POLVEROS</b>		<b>TEMA: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS ENVASADORAS HAMAC</b>		<table border="1"> <tr> <td><b>DÍA</b></td> <td><b>MES</b></td> <td><b>AÑO</b></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>09</td> <td>03</td> </tr> </table>	<b>DÍA</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>	16	09	03
<b>DÍA</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>								
16	09	03								
<b>No.</b>	<b>QUE</b> <b>(Actividad)</b>	<b>QUIEN</b> <b>(Responsable)</b>	<b>COMO</b> <b>(OBSTÁCULOS Y RECURSOS)</b>	<b>CUANDO</b> <b>(FECHA)</b>						
01	ELABORAR UN SISTEMA DE LUBRICACION INCLUYENDO RUTAS, FRECUENCIAS, TIPOS DE LUBRICANTES, RESPONSABLES, ETC.	LUIS ROMERO	INVOLUCRANDO AL OPERADOR Y MECÁNICO DE TURNO.	15/11/03						
02	DISEÑAR Y FABRICAR SIETE LEVAS CON CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA AL DESGASTE, FATIGA Y FRICCIÓN DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS TÉCNICOS	MIGUEL MOLINA	ENTREGANDO LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS A UN CONTRATISTA CALIFICADO POR LA EMPRESA.	01/11/03						
03	IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LOS COMPONENTES DE LAS MÁQUINAS ENVASADORAS HAMAC, EN LA BODEGA DE REPUESTOS.	NELSON CHALA	SOLICITANDO INFORMACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN EN PLANTAS DE LA REGIÓN.	22/11/03						
04	IMPLEMENTAR ETAPAS SISTEMÁTICAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.	XAVIER CEDEÑO	INVOLUCRANDO AL PERSONAL DE LABORATORIO Y OPERADORES DE LA LINEA DE ENVASE.	16/10/03						
05	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO SOBRE EL SISTEMA DE REGULACIÓN DE PESO, DIRIGIDO AL PERSONAL OPERATIVO DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO.	HUGO ORTÍZ	REVISANDO LOS REGISTROS DE LOS ENTRENAMIENTOS ANTERIORES.	30/09/03						
06	ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO, JUNTO CON LOS INTEGRANTES DEL PILAR DE MANTENIMIENTO PLANEADO.	FRANCISCO CAMPOVERDE	REUNIÉNDOSE EL STAFF DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN.	09/10/03						

Tabla 14

## INFORME DE EJECUCIÓN DE LAS CONTRAMEDIDAS

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL: EJECUCIÓN DE LAS CONTRAMEDIDAS				
PLANTA: DETERGENTES		LINEA: ENVASE HAMAC		
GRUPO: LOS POLVEROS		TEMA: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS ENVASADORAS HAMAC		
No.	ACTIVIDADES:	ACCIONES REALIZADAS	RESULTADO CONSEGUIDOS:	FECHA DE TERMINACIÓN
01	ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACION INCLUYENDO RUTAS, FRECUENCIAS, TIPOS DE LUBRICANTES, RESPONSABLES, ETC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRITICOS DE LUBRICACIÓN.</li> <li>▪ LUBRICACIÓN DE PARTES.</li> <li>▪ IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN POR LUBRICANTES</li> <li>▪ ELIMINACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN POR LUBRICANTES</li> <li>▪ CONFECCIÓN DE ESTANDARES DE LUBRICACIÓN.</li> <li>▪ REDUCCIÓN DE TIPOS DE LUBRICANTES.</li> <li>▪ INSPECCIÓN / REPOSICIÓN DE NIVELES</li> <li>▪ REPARACIONES COMPLEJAS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SE ALCANZO EN UN 90% LA PROTECCIÓN DE LAS PARTES Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE LAS ENVASADORAS.</li> <li>▪ SE REDUJO EL PORCENTAJE DE PARADAS.</li> <li>▪ SE NORMALIZÓ LA OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS Y SUS SISTEMAS AUXILIARES.</li> <li>▪ REDUCE EL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS.</li> </ul>	15/11/03
02	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE SIETE LEVAS CON CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA AL DESGASTE, FATIGA Y FRICCIÓN DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS TÉCNICOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ DESMONTAJE LAS SIETE LEVA.S.</li> <li>▪ DISEÑO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS LEVAS PARA SU CONSTRUCCIÓN.</li> <li>▪ MAQUINADO DE LAS LEVAS EN ACERO ASAB 706 Y POSTERIOR TEMPLADO.</li> <li>▪ MONTAJE Y PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SE PRECAUTELO ATASCAMIENTO DE LAS LEVAS EN LA OPERACIÓN.</li> <li>▪ SE EVITÓ EL DAÑO DE RODILLOS SEGUIDORES DE LEVA.</li> <li>▪ SE EVITO EL CONTINUO DESGASTE DE LAS LEVAS.</li> </ul>	01/11/03  (SIGUE)

## MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL: EJECUCIÓN DE LAS CONTRAMEDIDAS

PLANTA: DETERGENTES

LINEA: ENVASE HAMAC

GRUPO: LOS POLVEROS

TEMA: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS ENVASADORAS HAMAC

No.	ACTIVIDADES:	ACCIONES REALIZADAS	RESULTADO CONSEGUIDOS:	FECHA DE TERMINACIÓN
02	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE SIETE LEVAS CON CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA AL DESGASTE, FATIGA Y FRICCIÓN DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS TÉCNICOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SEGUIMIENTO DE LAS CALIBRACIONES DE LOS DOSIFICADORES ANTES, DURANTE Y DESPUES DE LA OPERACIÓN DE LAS ENVASADORAS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ NORMALIZÓ LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA, REDUCIENDO LOS DAÑOS AL PRODUCTO TERMINADO.</li> <li>▪ SE REDUJO LOS TIEMPOS DE REPARACIÓN DEL EQUIPO.</li> <li>▪ SE MEJORÓ LA SEGURIDAD DEL OPERADOR Y LA INTEGRIDAD DE LA MÁQUINA.</li> <li>▪ SE ELIMINÓ EL CHOQUE DE LAS CHAPALETAS CON LA TOLVA DOSIFICADORA.</li> </ul>	
03	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LOS COMPONENTES DE LAS MÁQUINAS ENVASADORAS HAMAC, EN LA BODEGA DE REPUESTOS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ LEVANTAMIENTO DE LAS EXISTENCIAS DE PARTES , REPUESTOS Y ACCESORIOS DE LAS ENVASADORAS EN BODEGA.</li> <li>▪ ESTUDIO DE LA FRECUENCIA DE CONSUMO DE PARTES Y REPUESTOS DEL EQUIPO DE ENVASE.</li> <li>▪ DETERMINACIÓN DEL STOCK ESTRATEGICO DE PARTES Y REPUESTOS EN EXISTENCIA.</li> <li>▪ PEDIDO Y ADQUISICIÓN DE PARTES Y REPUESTOS AL PROVEEDOR.</li> <li>▪ MANTENER EL STOCK ESTRATEGICO.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MANTENER EL STOCK DE REPUESTOS LISTO PARA CUALQUIER CONTINGENCIA.</li> <li>▪ REGULAR Y NORMALIZAR EL CONSUMO DE LOS MISMOS.</li> <li>▪ REDUCE EL TIEMPO DE REPARACIÓN.</li> </ul>	(SIGUE)



## MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL: EJECUCIÓN DE LAS CONTRAMEDIDAS

PLANTA: DETERGENTES

LINEA: ENVASE HAMAC

GRUPO: LOS POLVEROS

TEMA: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS ENVASADORAS HAMAC

No.	ACTIVIDADES:	ACCIONES REALIZADAS	RESULTADO CONSEGUIDOS:	FECHA DE TERMINACIÓN
06	ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO, JUNTO CON LOS INTEGRANTES DEL PILAR DE MANTENIMIENTO PLANEADO.	<p>SE ELABORO EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CON SUS COMPONENTES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SISTEMA DE ORDENES DE TRABAJO.</li> <li>▪ HISTORIAL DE MANTENIMIENTO.</li> <li>▪ PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.</li> <li>▪ PARADAS PROGRAMADAS</li> <li>▪ ESTÁNDARES Y ESPECIFICACIONES DE LOS TRABAJOS PREVENTIVOS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CONTROL DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.</li> <li>▪ DETERMINACIÓN DE LAS TAREAS PRIORITARIAS.</li> <li>▪ DISPONIBILIDAD DE LA MANO DE OBRA.</li> <li>▪ DISPONIBILIDAD DE MATERIALES Y REPUESTOS.</li> <li>▪ DISMINUCIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.</li> </ul>	09/10/03

**Tabla 15**  
**ORDEN DE TRABAJO DE LAS CONTRAMEDIDAS**

**ORDEN DE TRABAJO**

<b>NUMERO DE ORDEN DE TRABAJO:</b> 001		<b>PRIORIDAD:</b> 	
<b>TITULO DE LA ORDEN DE TRABAJO:</b> <b>Elaboración de un sistema de lubricación.</b>		<b>TIPO DE MANTENIMIENTO:</b>	<b>FECHA Y HORA DE INICIACIÓN DE LA EJECUCIÓN:</b> 26 / 08 / 03
<b>ACTIVO:</b> Envasadoras HAMAC N° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	<b>SOLICITANTE:</b> Antonio Matute	<b>SUPERVISOR:</b> Frank López	<b>FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN:</b> 15 / 11 / 03
<b>FECHA DE LA SOLICITUD DE LA ORDEN DE TRABAJO:</b> 25 / 08 / 03			

**DETALLE DE LAS TAREAS A REALIZAR**

<b>Id</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PUNTOS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>RECURSOS UTILIZADOS</b>	<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>	<b>PERSONAL ASIGNADO</b>
01	Identificación de los Puntos Críticos de Lubricación	*Reductor de Velocidad, *Cadena del Sistema de Bosificación *Rodamiento del eje del motor	*Inspecciones diarias *Catálogos del equipo *Manuales de Operación	2 días	Octavio Páez
02	Lubricación de partes	*Rodamiento del lado opuesto de la transmisión *Caja de la resca sin fin	*Rutas de lubricación *Lubricantes estandarizados *Equipos de lubricación	Diario	José Paláez
03	Identificación de fuentes de contaminación por lubricantes	*Chumaceras de rodillo motriz *Empaque del cárter	*Inspecciones diarias	2 días	Isidro García
04	Eliminación de fuentes de contaminación por lubricantes	*Chumaceras de rodillo motriz *Empaque del cárter	*Nuevos planos de las instalaciones *Intervención de Mantenimiento	5 días	Joaquín Delgado
05	Confección de estándares de lubricación	*Todo el equipo	*Catálogos *Métodos de lubricación *Tipos de lubricantes *Equipos de lubricación *Cantidades *Cronómetros	7 días	Rubén Ochoa
06	Reducción de tipos de lubricantes	*Sistemas de Transmisión *Sistemas Hidráulicos *Sistemas Neumáticos	*Estandarización de equipos *Proveedores calificados	7 días	José Alvarado
07	Inspección / Reposición de niveles	*Cadena del Sistema de Bosificación *Cárter *Reductor de Velocidad	*Rutas de lubricación estandarizados *Equipos de lubricación *Lubricantes	Diario	Roberto Páez <b>(SIGUE)</b>

## ORDEN DE TRABAJO

<b>NUMERO DE ORDEN DE TRABAJO:</b> 002	<b>PRIORIDAD:</b>	<b>INMEDIATA</b>	<b>BAJA</b>
<b>TITULO DE LA ORDEN DE TRABAJO:</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO:</b>	<b>PREVENTIVO</b>	<b>CORRECTIVO</b>
<b>Diseño y fabricación de siete levas.</b>	<b>CLASE DE MANTENIMIENTO:</b>	<b>MECÁNICO</b>	<b>INSTRUMENTACIÓN</b>
<b>ACTIVO:</b> Envasadoras HAMILAC N° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	<b>SOLICITANTE:</b> Antonio Matute	<b>FECHA Y HORA DE INICIACIÓN DE LA EJECUCIÓN:</b> 26 / 08 / 03	<b>FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN:</b> 01 / 11 / 03
<b>SUPERVISOR:</b> Frank López			

### DETALLE DE LAS TAREAS A REALIZAR

No	ACTIVIDAD	PUNTOS DE MANTENIMIENTO	RECURSOS UTILIZADOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN	PERSONAL ASIGNADO
01	Desmontaje de las siete levas.	Sistema de Dosisificación	*Llaves Allen *Llaves de boca y corona	2 horas	Octavio Páez
02	Diseño de las características técnicas de las levas para su construcción	Oficina de Mantenimiento	* Catálogos del equipo * Mano de Obra Externa * Tabla de Propiedades de Materiales	5 días	José Peñáz
03	Maquinado de las levas en Acero (Aanb 706) y posterior templeado	Taller Mecánico	* Máquinas-Herramientas * Cortador al hilo	4 días	Isidro Barcia
04	Montaje y prueba de funcionamiento de la leva	Sistema de Dosisificación	*Llaves Allen *Llaves de boca y corona	2 días	Joaquín Delgado
05	Seguimiento de las calibraciones de los dosificadores: antes, durante y después de la operación de las envasadoras	Sistema Regulador de Peso	*Balanzas Digitales * Mano de Obra Interna	1 día	Rubén Ochoa <b>(SIGUE)</b>

## ORDEN DE TRABAJO

<b>NUMERO DE ORDEN DE TRABAJO:</b> 003		<b>PRIORIDAD:</b>		<input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/> CORRECTIVO <input checked="" type="checkbox"/> INSTRUMENTACIÓN	
<b>TITULO DE LA ORDEN DE TRABAJO:</b>		<b>TIPO DE MANTENIMIENTO:</b>		<input type="checkbox"/> INMEDIATA <input checked="" type="checkbox"/> PREVENTIVO <input type="checkbox"/> MECÁNICO	
<b>Implementación del Sistema de Máximos y Mínimos.</b>		<b>CLASE DE MANTENIMIENTO:</b>		<input type="checkbox"/> MEDIA <input checked="" type="checkbox"/> MEJORAMIENTO <input type="checkbox"/> ELECTRICO	
<b>ACTIVO:</b> Envasadoras HAMAC N° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	<b>SOLICITANTE:</b> Antonio Márquez	<b>FECHA DE LA SOLICITUD DE LA ORDEN DE TRABAJO:</b> 25 / 08 / 03	<b>FECHA Y HORA DE INICIACIÓN DE LA EJECUCIÓN:</b> 26 / 08 / 03	<b>FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN:</b> 22 / 11 / 03	
	<b>SUPERVISOR:</b> Frank López				

### DETALLE DE LAS TAREAS A REALIZAR

Id	ACTIVIDAD	PUNTOS DE MANTENIMIENTO	RECURSOS UTILIZADOS	TIEMPO DE EJECUCIÓN	PERSONAL ASIGNADO
01	Levantamiento de las existencias de partes, repuestos y accesorios de las envasadoras en la Bodega de Repuestos	Bodega de Repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Personal de Bodega</li> <li>*Archivos de Repuestos</li> </ul>	2 días	Octavio Páez
02	Control de la frecuencia de consumo de partes y repuestos del equipo de envasa	Área de envasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Histórico del equipo</li> <li>*Software de Bodega</li> </ul>	2 días	Juan Peñáz
03	Recombinación del stock estratégico de partes y repuestos en existencia	Bodega de Repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Software de Bodega</li> <li>*Archivo de repuestos</li> <li>*Experiencia de Personal Técnico</li> </ul>	4 días	Isidoro García
04	Pedidos y adquisición de partes y repuestos al proveedor	Área de envasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Órdenes de compra</li> <li>*Requisición de Materiales</li> <li>*Proveedores Calificados</li> </ul>	16 días	Inesquis Belgado
05	Mantener el stock estratégico	Bodega de Repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Software de Bodega</li> <li>*Archivo de repuestos</li> </ul>	Mensual	Robén Ochoa

## **F) MONITOREO DE RESULTADOS.**

Con el objetivo de verificar los resultados de la Implantación de las Contramedidas, se realizó el monitoreo de resultados para corregir deficiencias de la implantación y/o aplicación de medidas de innovación que repercutan en beneficio de la buena operación del equipo, en el caso que nos ocupa se realizó esta verificación mediante el instrumento Hoja de Verificación de los Resultados de Mejora Implementada, donde se hace una valoración objetiva de diez ítems a calificar bajo un puntaje total de 100 puntos, que determinan un diagnóstico de cumplimiento en rangos de: Malo, Regular, Bueno, Muy Bueno y Sobresaliente, como se lo puede observar en la **Tabla 16**.

## **G) ESTANDARIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN.**

Con el fin de establecer de forma clara como las actividades se realizaron en el caso que acabamos de procesar, y para garantizar que estas actividades no tengan un desempeño inferior a lo establecido en la ejecución del caso; fue importante reunir a las personas involucradas en el proceso de mejora, para discutir los procedimientos ejecutados hasta encontrar aquello que sea lo mejor para la realización de las futuras tareas de mantenimiento preventivo.

## **H) IMPLANTACIÓN DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO.**

Con la finalidad que en la planta de detergentes, y específicamente en el área de envasado se vaya cimentando la nueva cultura del Mantenimiento Preventivo Total, se determino un Plan de Mantenimiento Preventivo para monitorear y asegurar los resultados después de la mejora, ver Tabla 17.

Tabla 16  
HOJA DE VERIFICACION DE RESULTADOS DE MEJORA IMPLEMENTADA

PLANTA:	Detergentes	LINEA:	Envasadora: HAMAC No. 6	
FECHA:	25/11/03	GRUPO:	Los Polveros	
RESPONSABLE:	Juan Echeverría	TEMA:	Optimización del Sistema de Dosificación de las Máquinas Envasadoras HAMAC	
ITEM DE ACTIVIDADES	PUNTOS IMPORTANTES DEL DIAGNOSTICO		PUNTAJE ESTANDAR	RESULTADOS
01	Los operadores cumplen con la lubricación de todos los puntos del equipo de envasadoras.?		10	9
02	Se inspecciona y se registra periódicamente el grado de desgaste de las levas.		10	9
03	Bodega mantiene el stock estratégico de partes y repuestos de las envasadoras.?		10	8
04	Se cumple con los controles de calidad antes, durante y después del proceso de producción.?		10	9
05	Es correcta la operación del envase y sellado de las fundas.		10	10
06	Cumplen con el Plan de Mantenimiento Preventivo de la envasadora.?		10	9
07	Analizan y registran las fallas de la envasadora?		10	10
08	Se actualiza los indicadores de mantenimiento de la envasadora.?		10	8
09	Las metas de reducción de averías están establecidas adecuadamente.?		10	10
10	Mantenimiento está cumpliendo con la resolución de las Tarjetas Rojas.?		10	9
<b>TOTAL</b>			100	91
<b>0-20 Malo</b>	<b>20-40 Regular</b>	<b>40-60 Bueno</b>	<b>60-80 Muy Bueno</b>	<b>80-100 Sobresaliente</b>

**Tabla 17**  
**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>						
<b>PLANTA DE DETERGENTES</b>						
<b>SECCION ENVASADO</b>						
<b>ENVASADORA HAMAC N° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7</b>						
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESPONSABLE</b>		<b>DIARIO</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>ANUAL</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
	<b>Int.</b>	<b>Ext.</b>				
Inspeccionar						
Inspeccionar el grado de desgaste de las barras de unión de las mordazas de los selladores	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar que la cuchilla en la mordaza horizontal se encuentre limpia	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar que la cuchilla se encuentre bien sujeta al sellador	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar del funcionamiento de extractores de aire y el dispositivo de desalajo de empaque	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar el desgaste de los ejes de deslizamiento vertical y horizontal	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar el estado de la tira de teflón en el tubo formador del traslape del PV	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar que la bobina de plástico se encuentre bien montada	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar el funcionamiento de las protecciones y micros de seguridad	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar el grado de desgaste de platillos del plato	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar el grado de deficiencia del polietileno	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar el grado de desgaste de piñones o cadenas	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar el grado de desgaste de la carrera mecánica	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar el grado de desgaste de vasos volumétricos	x		x			Inspeccionar
Inspeccionar el grado de desgaste de la leva			x			Inspeccionar
Inspeccionar el estado de la correa de transmisión principal por si presenta desgaste o fisuras	x			x		Inspeccionar
Inspeccionar el nivel de aceite y si es necesario llenar hasta la parte superior del depósito hidráulico	x			x		Inspeccionar
Inspeccionar el funcionamiento de la resistencia eléctrica para el sistema de sellado vertical	x			x		Inspeccionar
Inspeccionar la deformación de todos los resortes visibles en el mecanismo de la barra de unión	x			x		Inspeccionar
Calibrar la máquina	x		x			Inspeccionar
Lubricar						
Lubricar ligeramente los ejes de deslizamiento con un paño con aceite de baja viscosidad	x		x			Inspeccionar
Limpieza de la lente del cabezal de exploración	x		x			Inspeccionar
Cambio de aceite del accionamiento hidráulico	x			x		Inspeccionar
Cambio de aceite del reductor	x			x		Inspeccionar
Análisis una muestra de aceite lubricante del sistema hidráulico y del reductor de la transmisión	x			x		Inspeccionar
Revisar el accionamiento de la bomba del sistema hidráulico	x			x		Inspeccionar
Revisar el desgaste de la carrera mecánica del sistema de sellado	x			x		Inspeccionar
Revisar el sistema eléctrico						
Revisar el sistema eléctrico del equipo electrónico de control del sistema de calentamiento de las resistencias de los selladores	x			x		Inspeccionar
Revisar el estado del aislamiento y bornes del motor eléctrico	x			x		Inspeccionar
Lista de seguridad						
Verificar que estén libres de obstáculos las rutas de acceso al equipo	x			x		Inspeccionar
Chequear que se encuentren en lugares visibles las señales de precaución y de seguridad a la entrada y a los alrededores de la sección	x			x		Inspeccionar
Chequear que este indicado el contenido y la dirección del flujo en las líneas de admisión y descarga del equipo	x			x		Inspeccionar
Verificar que estén actualizadas las tarjetas de identificación de los instrumentos	x			x		Inspeccionar
Verificar el estado del aislamiento en las venas de calentamiento de las líneas de proceso	x			x		Inspeccionar

Después de desarrollar el caso prototipo de Optimización del Sistema de Dosificación de las Máquinas Envasadoras HAMAC, bajo la metodología del Mantenimiento Planificado en sus dos primeros pasos, con los resultados arriba descritos, queda para el cumplimiento de los cuatro pasos restantes para la siguiente fase de implementación; y, se describe a continuación:

#### **4.3.3 Estructuración del control de informaciones y datos**

- A) Crear un sistema de gestión de las informaciones**
- B) Gestión de datos de las averías / fallos**
- C) Controles de histórico / planificación de los mantenimientos preventivo y predictivo**
- D) Gestión de las preparaciones de los equipos**
- E) Estructuración del sistema de presupuestos**
- F) Control de las piezas de repuesto, datos técnicos y unidades de reserva**
- G) Revisión de normas de inspección de mantenimiento**

#### **4.3.4 Estructuración del Mantenimiento Periódico (MPT)**

- A) Preparación (piezas de repuesto, instrumentos, lubricantes, unidades reserva)**



- B) Flujo del sistema de mantenimiento periódico**
- C) Selección de equipos y componentes prioritarios**
- D) Preparación de estándares (materiales, trabajos, inspección)**
- E) Mejoramiento en la eficiencia de inspección y diagnósticos**
- F) Eficiencia del mantenimiento con parada general y control de subcontratados**
- G) Mantenimiento correctivo (por mejoramientos)**

#### **4.3.5 Estructuración del Mantenimiento Predictivo (CBM) (Basado en las condiciones)**

**A) Desarrollo de las tecnologías de diagnóstico (7 pasos):**

- 1. Pesquisa de las necesidades (costos)**
- 2. Selección de componentes / equipos prioritarios, áreas de implantación y responsables**
- 3. Colección de informaciones externas a la empresa para consecución de tecnologías**
- 4. Estructura para ejecución y flujo del sistema de mantenimiento predictivo**
- 5. Entrenamiento de los responsables**

## 6. Pruebas

## 7. Desarrollo gradual del sistema en la empresa

- B) Flujo de sistema de mantenimiento predictivo
- C) Selección y ampliación de los equipos y partes que son objetos del mantenimiento predictivo
- D) Desarrollo de los equipos y tecnologías de diagnóstico

### 4.3.6 Evaluar el Sistema de Mantenimiento Planificado

- A) Diagnóstico de Implantación
- B) Evaluar el aumento de confiabilidad (Nº averías, pequeñas paradas, MTBF)
- C) Evaluar el mejoramiento de la mantenibilidad (índice de mantenimiento periódico / predictivo, MTTR)
- D) Mejoramiento en la distribución de recursos para el mantenimiento, reducción de costos.
- E) Seguridad
- F) Mantenimiento Autónomo
- G) Operacionalidad

# CAPITULO 5

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 5.1 ANÁLISIS CUALITATIVO DE RESULTADOS.

En este caso prototipo que nos ocupa y que fue implementado bajo la metodología del Mantenimiento Planificado, se puede identificar los siguientes resultados cualitativos conseguidos:

- Con la aplicación del Nuevo Sistema de Lubricación un 90% de protección de los componentes y partes del sistema de transmisión de las envasadoras, se redujo significativamente el porcentaje de paradas, se normalizó la operación de los equipos y auxiliares del sistema de envase; y, se redujo el tiempo medio entre fallas.
- Con la fabricación e instalación de las siete nuevas levas, se eliminó el atascamiento de la levas en la operación, evitando las alteraciones en los pesos, daños en los rodillos y funcionamiento anormal de las chapaletas y en consecuencia las fallas en la dosificación; se normalizo los tiempos de producción y se redujo los daños al producto final y se mejoro ostensiblemente la seguridad industrial del equipo y del operador.

- Con la implementación del Sistema de Máximos y Mínimos de los componentes de las máquinas envasadoras HAMAC, se logró mantener el Stock estratégico de partes y repuestos de mayor rotación, de manera de estar preparados para cualquier contingencia, reduciendo los tiempos de reparación; además se logró normalizar y regular el consumo de los mismos.
- Con la implementación del Sistema de Control de Calidad se logró institucionalizar una cultura de calidad en el proceso mediante el control permanente de los parámetros operacionales; de las propiedades físico químicas de las materias primas, materias semielaboradas y producto final, que aseguró: la estandarización de la inspección, limpieza y lubricación, y lo que es mas importante el aseguramiento de la calidad y volumen del producto final.
- Finalmente con la implementación del Plan de Capacitación y Entrenamiento sobre el Sistema de Regulación de Peso, en el personal operativo de producción y mantenimiento potencio de sus habilidades y conocimientos sobre los procedimientos de operación y mantenimiento; los estándares de regulación de peso y densidad; los procedimientos de contingencia en caso de perdida de los parámetros del proceso de sellado; cuya resultado es una eficiente y eficaz operación del sistema de envasadoras, la disminución considerable de reprocesos, control sistemático de la regulación de pesos; y , lo que es muy importante la

institucionalización del **trabajo en equipo** del área de producción y mantenimiento.

## **5.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RESULTADOS.**

En lo que se refiere al análisis cuantitativo de resultados se puede decir que uno de los ítems fundamentales del MPT es el costeo y seguimiento de las actividades del mantenimiento antes, durante y después de las acciones planificadas.

Con el seguimiento cuantitativo en este caso prototipo se puede decir que los resultados son completamente positivos, porque si hacemos la comparación de los niveles de pérdidas en horas, toneladas y en dinero antes de la mejora y después de la mejora, los resultados son significativos en razón de que antes de la mejora del Sistema de Dosificación de Envase de Detergente, el tiempo perdido en horas era el de 1.620 horas, las toneladas perdidas de detergente era de 1.066 toneladas y la pérdida de dinero era de \$ 92.692,00 dólares americanos, luego de la mejora se redujo el tiempo perdido a 248 horas, las toneladas de detergentes perdidas a 172 toneladas y el dinero perdido a \$ 14.164 dólares, como se lo indica en las **Tablas, 17 y 18.**

### **Tabla 18**

### ANTES Y DESPUÉS DE LA MEJORA

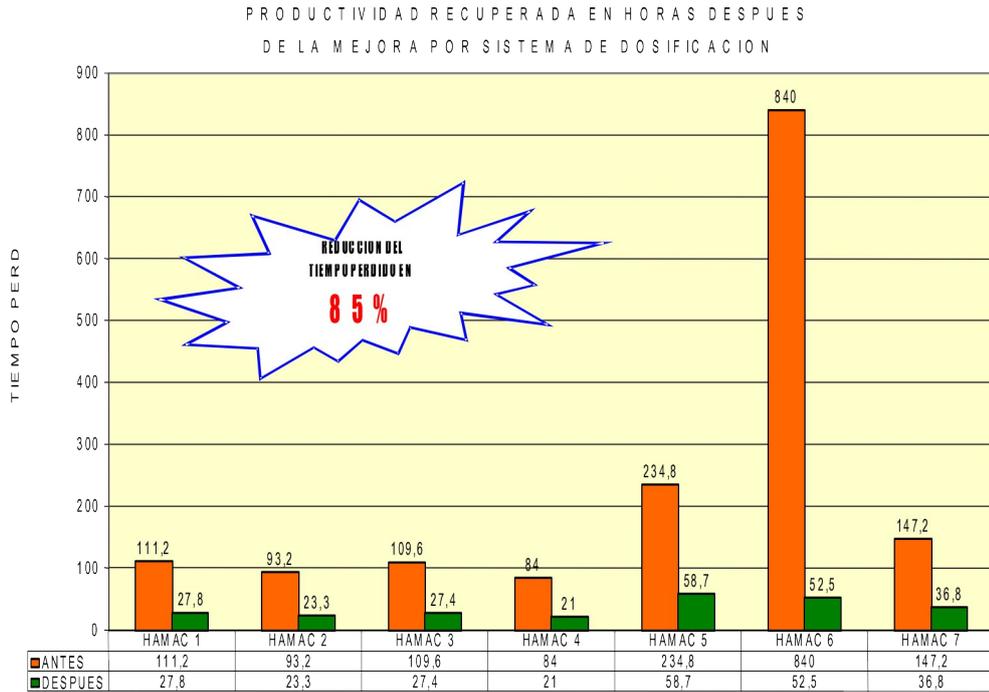
MAQUINA	ANTES			DESPUES		
	TIEMPO PERDIDO (hr)	PRODUCTO PERDIDO (Ton)	DINERO PERDIDO (USD)	TIEMPO PERDIDO (hr)	PRODUCTO PERDIDO (Ton)	DINERO PERDIDO (USD)
HAMAC 1	111,2	80	6364	27,8	20	1591
HAMAC 2	93,2	67,2	5336	23,3	16,8	1334
HAMAC 3	109,6	78,8	6272	27,4	19,7	1568
HAMAC 4	84	60,4	4808	21	15,1	1202
HAMAC 5	234,8	169,2	13440	53,7	42,3	3360
HAMAC 6	840	504	48048	52,5	31,5	3003
HAMAC 7	147,2	106	8424	36,8	26,5	2106
TOTAL	1620	1065,6	92692	247,5	171,9	14164

**Tabla 19**  
**DETALLE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA**

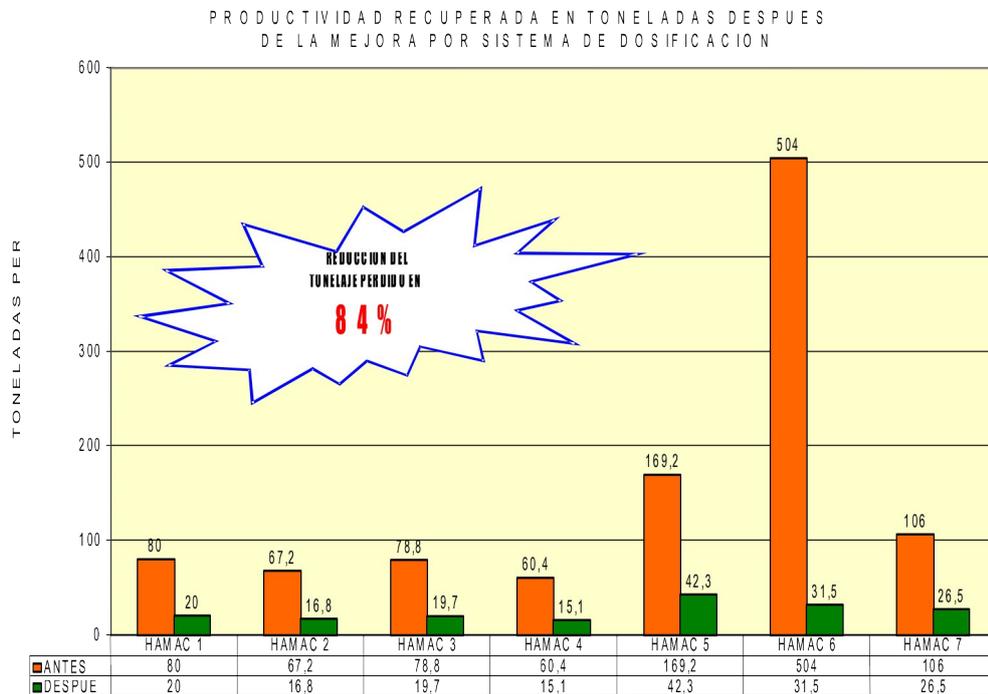
	TIEMPO PERDIDO (hr)	PRODUCTO PERDIDO (Ton)	DINERO PERDIDO (USD)
ANTES	1620	1066	92692
DESPUES	248	172	14164
RECUPERACION	1373	894	78528
	85 %	84 %	85 %
REAL (*)	3360	2211	192250

\* Durante los 3 meses que dura la implementación de la mejora.

COSTO DE LA FALLA	4900
COSTO DE LA INVERSION	8280
COSTO TOTAL DE LA MEJORA	13180
RECUPERACION DE LA INVERSION	2 SEMANAS

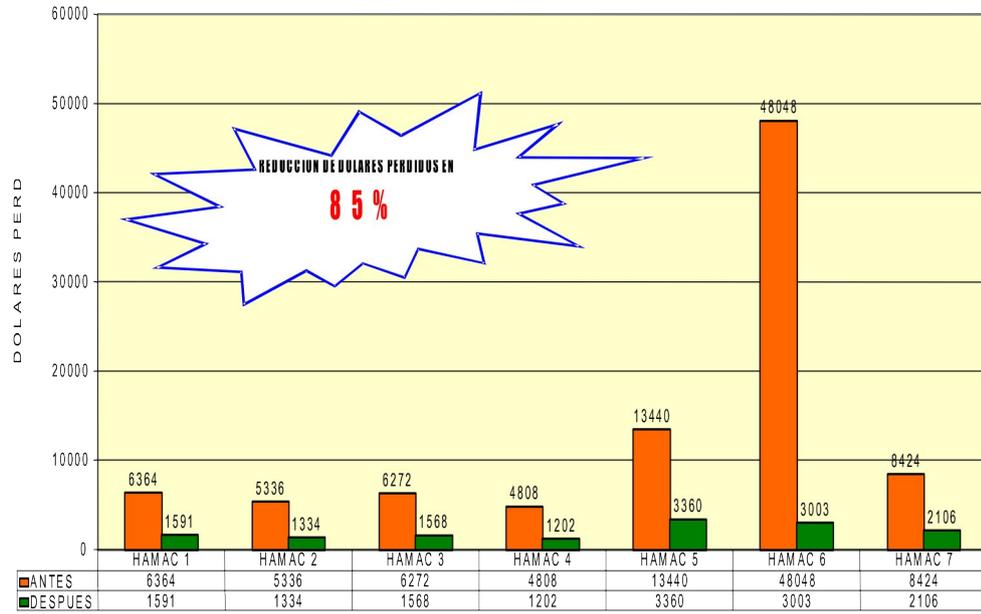


**Figura 5.1 a. Recuperación en Horas.**



**Figura 5.1 b. Recuperación en Toneladas.**

PRODUCTIVIDAD RECUPERADA EN DOLARES DESPUES DE LA MEJORA  
POR SISTEMA DE DOSIFICACION



**Figura 5.1 c. Recuperación en Dólares**

# CAPITULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Al concluir esta tesis se puede sintetizar lo siguiente:

1. En la mencionada planta productora de detergentes se ha iniciado la implementación del Mantenimiento Productivo Total, que permite asegurar el normal funcionamiento de los sistemas, máquinas, equipos y auxiliares de planta, maximizando su eficiencia dentro del proceso para el cual han sido diseñados, aumentando el tiempo de su vida útil.
2. La implantación del programa se lo dividió en tres fases ágiles: La fase funcional, dirigida a los sistemas, máquinas y equipos de planta, la fase de Recursos Humanos enfocada al entrenamiento y capacitación del personal de la industria de detergentes; y, la fase Técnica, que es la Gestión del Mantenimiento Productivo Total propiamente dicho.
3. La fase funcional de implantación del programa de Mantenimiento Productivo Total es la más importante porque permitió conocer los sistemas, máquinas, equipos y auxiliares de planta involucrados en el

proceso productivo, y de esta forma se logró definir e identificar los sistemas críticos y a su vez planificar el mantenimiento dando prioridad a los mismos.

4. En la fase relacionada al Recurso Humano, se desarrolló un plan de entrenamiento y capacitación intensiva a los grupos ocupacionales de mantenimiento, producción, comercialización y administrativo de planta, logrando optimizar al recurso humano mediante el desarrollo de sus habilidades y de trabajo conjunto de los grupos ocupacionales.
5. En la fase Técnica, se dio un importante paso al implantar las órdenes de trabajo, reflejándose por los buenos resultados obtenidos en el caso prototipo desarrollado: Optimización del Sistema de Dosificación de las Máquinas Envasadoras HAMAC, aplicando un mantenimiento dirigido, planificado y controlado involucrando al personal de producción y mantenimiento, aumentando la eficiencia y eficacia de las acciones. De estas órdenes de trabajo de mantenimiento se derivó el Historial de Mantenimiento que es un paso base para iniciar la Etapa 3 del Mantenimiento Planificado.
6. Mediante la implantación del Master Plan, se logró obtener un mantenimiento organizado y planificado, puesto que aquí se identifican las necesidades de recursos, optimizando los esfuerzos de mantenimiento.

7. Con la implantación de los estándares y especificaciones de trabajos preventivos para el caso piloto: Optimización del Sistema de Dosificación de las Máquinas Envasadoras HAMAC, se logró implantar un sistema de mantenimiento preventivo planificado. Con éstos elementos, las paradas emergentes y los trabajos de mantenimiento correctivo se han minimizado de manera considerable, siendo ésto sustentable por medio de los indicadores claves de mantenimiento.
8. Con el desarrollo del programa de mantenimiento se incrementó la confiabilidad de los sistemas, máquinas y equipos en un 85%, y por ende se incrementó la productividad y la seguridad de funcionamiento de los mismos.
9. Se logró estandarizar las actividades de mantenimiento en el área de envase, es decir, especificar el tiempo que se requiere para realizar dichas actividades, los recursos que se necesitan y frecuencia para realizarlas, situación que permitió tener un mantenimiento planificado, organizado, dirigido y controlado, pretendiendo en los próximos periodos extenderlos hacia las otras áreas del proceso de producción.

10.El tiempo que tomó realizar el presente trabajo fue de tres meses, considerando que ya se había implantado éste mismo programa en otras plantas de detergentes del grupo.

## RECOMENDACIONES.

Recomendaciones para una buena implantación del TPM en la industria.

Una de las claves para la puesta en marcha del TPM en forma exitosa es que la dirección comunique el motivo del cambio estratégico que se inicia en los centros productivos con tanta claridad y en una forma que logre el interés en un principio y un compromiso total en todos los niveles para llevar a cabo esta estrategia. Se debe crear el suficiente entusiasmo para lograr que la puesta en práctica del TPM sea una verdadera cruzada contra todo lo que sea despilfarro en la organización. Sin embargo, no existe o es imposible contar con un menú de trayectorias para implantar con éxito la estrategia TPM en compañías occidentales. Los pasos sugeridos por el JIPM deben ser tomados como pautas concretas para abordar el trabajo. **La implantación del TPM en empresas con carácter latino es la menos estudiada**; la mejor evidencia de lo que se debe hacer o no se debe hacer proviene de las experiencias reportadas y de las lecciones aprendidas por los directivos y de las compañías. A continuación no pretendo presentar una lista de verificación, sino resumir algunos de los puntos que se deben tener en cuenta en la reflexión para el inicio de una estrategia como TPM.

1. Diseñar una organización con los componentes, capacidades y recursos para llevar a cabo la estrategia. El equipo directivo de un centro productivo forma el comité TPM. Cada directivo o pequeños grupos de directivos

constituyen el equipo líder de cada pilar TPM. El objetivo consiste en involucrar a todos los directivos en la dirección de las acciones TPM. La coordinación de estos equipos la realiza la dirección superior del centro productivo. El segundo elemento organizativo es la coordinación. No es aconsejable asignar el proyecto a una sola persona de la empresa, especialmente con la interpretación de “responsable”. Esta figura de un diseño organizativo deficiente puede conducir a dificultades en la realización de la estrategia TPM. Una tercera figura organizativa son los equipos de trabajo en el ámbito operativo. Estos equipos son los responsables de ejecutar numerosas acciones TPM.

2. Asignar presupuestos para el desarrollo de la estrategia TPM. Implantar TPM implica realizar acciones que requieren inversiones. Es posible que la más significativa tiene que ver con la recuperación del deterioro acumulado de los equipos de las instalaciones industriales. Si se pretende mejorar el nivel de productividad de una planta, es necesario mejorar la gestión de los equipos, mejorar el mantenimiento preventivo y esto exige inversiones que se recuperarán posteriormente con los mejores niveles de productividad y utilización de los equipos. Otro factor es la formación técnica de los niveles operativos y la mejora de la capacidad de gestión de los mandos medios y encargados.
3. Establecer políticas y procedimientos que respalden la implantación del TPM. Las acciones TPM requieren de un sistema de gestión que estimule

la mejora continua y la responsabilidad de los integrantes de la organización por los procesos productivos. Es necesario establecer las “reglas del juego” como objetivos específicos, índices de gestión, sistemas de control de las rutinas y todo aquello que ayude a mejorar el management de las operaciones industriales.

4. El modelo de control es fundamental. Es necesario implicar a toda la organización en las acciones de “autocontrol”; un buen diseño de sistemas de control de una estrategia TPM debe contemplar la utilización de mecanismos de gestión visual, auditorias de progreso por etapa en cada uno de los pilares y la aplicación permanente del Ciclo Deming como principio de las acciones de mejora permanente.
5. Desarrollar sistemas de comunicación eficaces que permitan que el personal de la compañía pueda realizar su trabajo “alineado” a los objetivos de la empresa. El TPM se apoya en modelos de comunicación informales como encuentros, jornadas internas, comunicación visual entre otros, como medios para mantener el entusiasmo de los trabajadores con los objetivos establecidos. Un buen ejemplo son las reuniones de trabajadores en los empalmes de turnos en una fábrica para comentar logros, plan de trabajo de acciones TPM y problemas rutinarios. El sistema de dirección conocido como DPP será de gran ayuda para lograr una base excelente de comunicación funcional e interfuncional.

6. Cerrar el ciclo de gestión con la evaluación del desempeño, reconocimiento y programas de motivación. Es necesario reconocer los logros, siguiendo los mecanismos actuales o nuevos diseñados específicamente para el TPM. Una buena ejecución de las acciones TPM debe tener un reconocimiento por parte de la dirección y de todos los integrantes de la empresa. Es necesario contar con un plan específico para este punto.
7. Crear un ambiente de trabajo participativo y de capacidad para resolver problemas en forma autónoma. Una cultura de “creer en la capacidad del trabajador” ayudará a introducir acciones autónomas presentes en el TPM como en el MA. Esto exige que la dirección promueva la formación permanente del trabajador y la asignación gradual de responsabilidades mayores. El directivo debe mejorar su capacidad de asumir riesgo controlado, ya que la urgencia de controlar todas las acciones, ya sea por desconfianza o estilo de gestión, imposibilita el desarrollo de nuevas capacidades latentes en el trabajador. Otro aspecto a tener en cuenta en los factores culturales es la necesidad de ir eliminando progresivamente la interpretación existente en la empresa de la división del trabajo entre mantenimiento y producción. El viejo principio “yo opero y tu reparas” es necesario erradicarlo de una empresa industrial. Esta es una responsabilidad de los líderes de las diferentes áreas funcionales.
8. Ejercer liderazgo para impulsar la puesta en práctica. La continua comunicación personal de los líderes con los integrantes de los equipos, la

energía permanente de valorar avances, las señales coherentes que se envían a los niveles operativos son fundamentales para mantener el entusiasmo en las personas. Es necesario comprender la existencia de la estrategia dual un directivo: *debe dirigir*, esto es, lograr los objetivos de la empresa y también, *debe liderar* o transformar la empresa simultáneamente. Existen numerosos directivos que logran resultados cada año, sin embargo, no logran renovar la capacidad competitiva de la empresa. Para el éxito del TPM se requiere una alta dosis de aplicación de esta estrategia dual de líder y directivo.

Si algún profesional que desee investigar acerca de la temática o alguna empresa que requiera implementar el Mantenimiento Preventivo Total, se sugiere inicialmente lo siguiente:

1. El Mantenimiento Productivo Total puede implantarse como una Política en cualquier industria o empresa, bajo la experiencia de implementación en una planta de producción de detergentes, debido a las mejoras observadas en los niveles cuantitativos y cualitativos de productividad y costos de mantenimiento.
2. La alta Gerencia de la empresa debe comprometerse de forma directa con la Metodología MPT y establecer canales eficientes de comunicación con todos los grupos ocupacionales de la empresa; y,

3. Para poder tener éxito en la implementación del Mantenimiento Productivo Total, es de suma importancia la participación de todo el personal involucrado en el proceso productivo: ejecutivo, gerencial, operacional y autónomo.

## **APÉNDICES**

## **APÉNDICE A**

### **CARACTERISTICAS DEL PRINCIPIO DE PARETO**

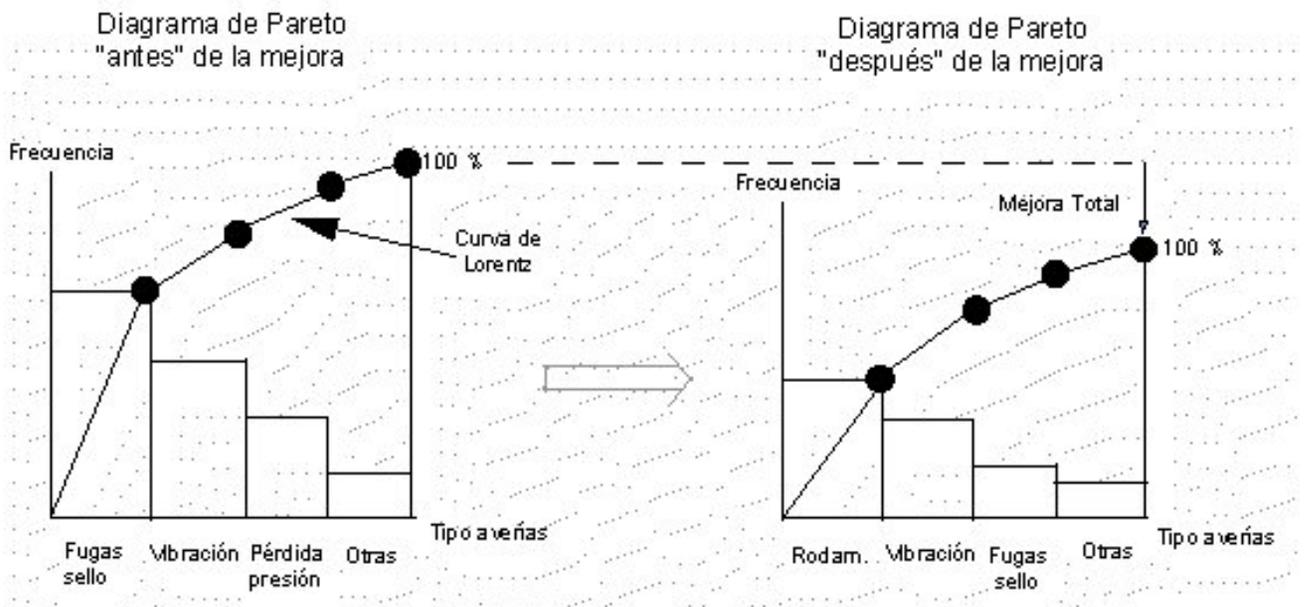
## Principio de Pareto

Frecuentemente el personal técnico de mantenimiento y producción debe enfrentarse a problemas que tienen varias causas o son la suma de varios problemas. El Diagrama de Pareto permite seleccionar por orden de importancia y magnitud, la causa o problemas que se deben investigar hasta llegar a conclusiones que permitan eliminarlos de raíz.

La mayoría de los problemas son producidos por un número pequeño de causas, y estas son las que interesan descubrir y eliminar para lograr un gran efecto de mejora. A estas pocas causas que son las responsables de la mayor parte del problema se les conoce como **causas vitales**. Las causas que no aportan en magnitud o en valor al problema, se les conoce como las **causas triviales**.

Las causas triviales aunque no aporten un valor a la mejora, no significa que se deban dejar de lado o descuidarlas. Se trata de ir eliminando en forma progresiva las causas vitales. Una vez eliminadas estas, es posible que las causas triviales se lleguen a transformar en vitales.

El Diagrama de Pareto es un instrumento que permite graficar por orden de importancia, el grado de contribución de las causas que estamos analizando o el conjunto de problemas que queremos estudiar. Se trata de clasificar los problemas y/o causas en vitales y triviales. Ver figura siguiente.



### Diagrama de Pareto comparativo antes y después de la mejora

Para construir el diagrama de Pareto se pueden seguir los siguientes pasos:

#### **Paso 1**

En el primer paso se decide la clase de problema que será investigado. Se define el cubrimiento del análisis, si se realiza a una máquina completa, una línea o un sistema de cierto equipo. Se decide que datos serán necesarios y la forma de como clasificarlos. Este punto es fundamental, ya que se pretende preparar la información para facilitar su estratificación posterior.

#### **Paso 2**

Preparar una hoja de recogida de datos. Si la empresa posee un programa informático para la gestión de los datos, se preparará un plan para realizar las

búsquedas y la clasificación de la información que se desea. Es en este punto cuando se puede realizar la estratificación de la información sugerida anteriormente.

### **Paso 3**

Clasificar en orden de magnitud la información obtenida. Se recomienda indicar con letras (A,B,C,...) los temas que se han ordenado.

### **Paso 4**

Dibujar dos ejes verticales (izquierdo y derecho) y otro horizontal.

(1) Eje vertical.

- En el eje vertical a la izquierda se marca una escala desde 0 hasta el total acumulado.
- En el eje vertical de la derecha se marca una escala desde 0 hasta 100%

(2) Eje horizontal.

Se divide este eje en un número de intervalos de acuerdo al número de clasificaciones que se pretende realizar. Es allí donde se escribirá el tipo de avería que se ha presentado en el equipo que se estudia.

### **Paso 5**

Construir el diagrama de barras.

### **Paso 6**

Marcar con un punto los porcentajes acumulados y unir comenzando desde cero cada uno de estos puntos con líneas rectas obteniendo como resultado la curva acumulada. A esta curva se le conoce como la curva de Lorentz.

### **Paso 7**

Escribir notas de información del diagrama como título, unidades, nombre de la persona que elaboró el diagrama, período comprendido y número total del datos.

Un diagrama de Pareto es el primer paso para eliminar las averías importantes del equipo. En todo estudio los siguientes aspectos se deben tener en cuenta:

- Toda persona involucrada deberá colaborar activamente
- Concentrarse en la variable que mayor impacto produzca en la mejora.
- Establecer una meta para la mejora

Con la cooperación de todos se podrán obtener excelentes resultados. Uno de los objetivos del Diagrama de Pareto es el de mostrar a todas las personas las áreas prioritarias en que se deben concentrar todas las actividades y el esfuerzo del equipo.

El Diagrama de Pareto presenta claramente la magnitud relativa de los problemas y suministra a los técnicos una base de conocimiento común sobre la cual trabajar.

Una sola mirada vasta para detectar cuales son las barras del diagrama que

componen el mayor porcentaje de los problemas. La experiencia demuestra que es más fácil reducir a la mitad una barra alta que reducir una barra de reducida altura a cero.

## **APÉNDICE B**

### **CARACTERÍSTICAS DEL DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO**

## Diagrama de Causa y Efecto

Cuando se ha identificado el problema a estudiar, es necesario buscar las causas que producen la situación anormal. Cualquier problema por complejo que sea, es producido por factores que pueden contribuir en una mayor o menor proporción. Estos factores pueden estar relacionados entre sí y con el efecto que se estudia.

El Diagrama de Causa y Efecto es un instrumento eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan el problema. Su ventaja consiste en el poder visualizar las diferentes cadenas Causa y Efecto, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas.

Cuando se estudian problemas de fallos en equipos, estas pueden ser atribuidos a múltiples factores. Cada uno de ellos puede contribuir positiva o negativamente al resultado. Sin embargo, algún de estos factores pueden contribuir en mayor proporción, siendo necesario recoger la mayor cantidad de causas para comprobar el grado de aporte de cada uno e identificar los que afectan en mayor proporción. Para resolver esta clase de problemas, es necesario disponer de un mecanismo que permita observar la totalidad de relaciones causa-efecto.

Un Diagrama de Causa y Efecto facilita recoger las numerosas opiniones expresadas por el equipo sobre las posibles causas que generan el problema. Se trata de una técnica que estimula la participación e incrementa el conocimiento de los participantes sobre el proceso que se estudia.

### Construcción del diagrama de Causa y Efecto.

Esta técnica fue desarrollada por el Doctor Kaoru Ishikawa en 1953 cuando se encontraba trabajando con un grupo de ingenieros de la firma Kawasaki Steel Works. El resumen del trabajo lo presentó en un primer diagrama, al que le dio el nombre de Diagrama de Causa y Efecto. Su aplicación se incrementó y llegó a ser muy popular a través de la revista Gemba To QC (Control de Calidad para Supervisores) publicada por la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses (JUSE). Debido a su forma se le conoce como el diagrama de Espina de Pescado. El reconocido experto en calidad Dr. J.M. Juran publicó en su conocido Manual de Control de Calidad esta técnica, dándole el nombre de Diagrama de Ishikawa.

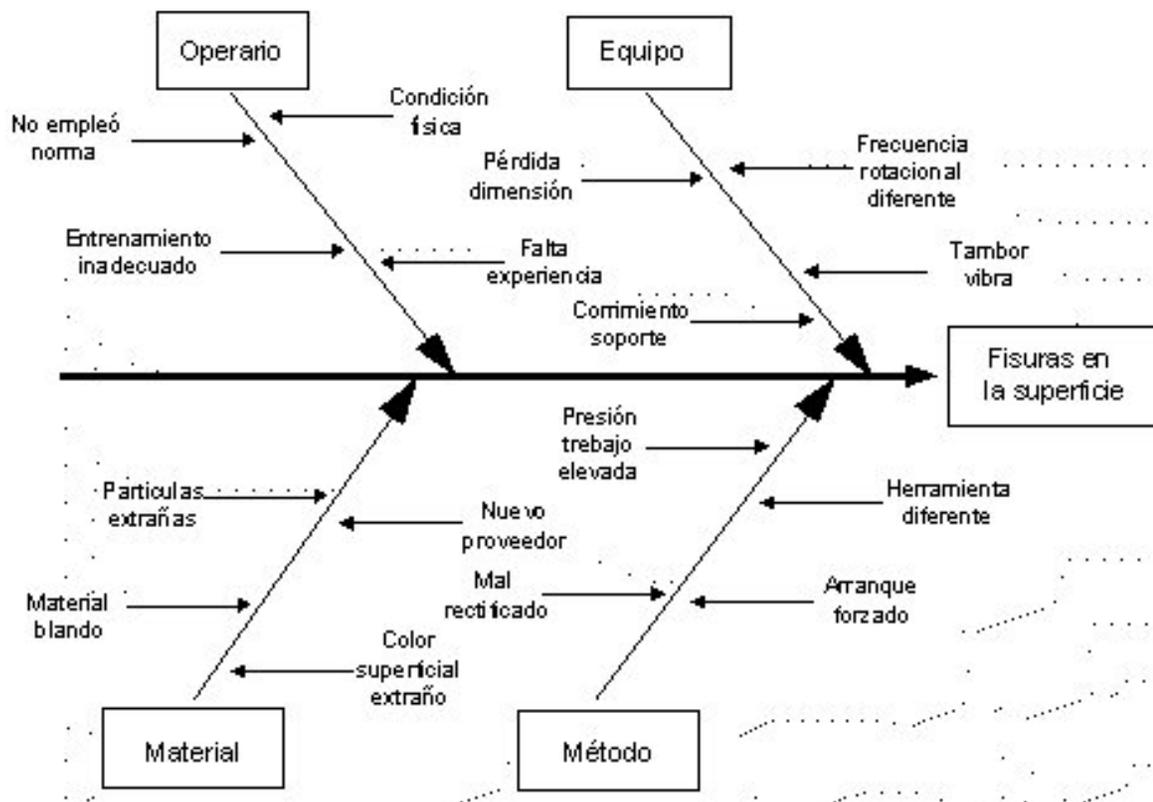
El Diagrama de Causa y Efecto es un gráfico con la siguiente información:

- El problema que se pretende diagnosticar.
- Las causas que posiblemente producen la situación que se estudia.
- Un eje horizontal conocido como espina central o línea principal.
- El tema central que se estudia se ubica en uno de los extremos del eje horizontal. Este tema se sugiere encerrarse con un rectángulo. Es frecuente que este rectángulo se dibuje en el extremo derecho de la espina central.
- Líneas o flechas inclinadas que llegan al eje principal. Estas representan los grupos de causas primarias en que se clasifican las posibles causas del problema en estudio.

- A las flechas inclinadas o de causas primarias llegan otras de menor tamaño que representan las causas que afectan a cada una de las causas primarias. Estas se conocen como causas secundarias.
- El Diagrama de Causa y Efecto debe llevar información complementaria que lo identifique. La información que se registra con mayor frecuencia es la siguiente: título, fecha de realización, área de la empresa, integrantes del equipo de estudio, etc.

### **Estructura de un diagrama de Causa y Efecto**

Buena parte del éxito en la solución de un problema está en la correcta elaboración del Diagrama de Causa y Efecto. Cuando un equipo trabaja en el diagnóstico de un problema y se encuentra en la fase de búsqueda de las causas, seguramente ya cuenta con un Diagrama de Pareto. Este diagrama ha sido construido por el equipo para identificar las diferentes características prioritarias que se van a considerar en el estudio de causa-efecto. Este es el punto de partida en la construcción del diagrama de Causa y Efecto.



Para una correcta construcción del Diagrama de Causa y Efecto se recomienda seguir un proceso ordenado, con la participación del mayor número de personas involucradas en el tema de estudio.

El Doctor Kaoru Ishikawa sugiere la siguiente clasificación para las causas primarias. Esta clasificación es la más ampliamente difundida y se emplea preferiblemente para analizar problemas de procesos y averías de equipos; pero pueden existir otras alternativas para clasificar las causas principales, dependiendo de las características del problema que se estudia.

### **Causas debidas a la materia prima**

Se tienen en cuenta las causas que generan el problema desde el punto de vista de las materias primas empleadas para la elaboración de un producto. Por ejemplo: causas debidas a la variación del contenido mineral, pH, tipo de materia prima, proveedor, empaque, transporte; etc. Estos factores causales pueden hacer que se presente con mayor severidad una falla en un equipo.

### **Causas debidas a los equipos**

En esta clase de causas se agrupan aquellas relacionadas con el proceso de transformación de las materias primas como las máquinas y herramientas empleadas, efecto de las acciones de mantenimiento, obsolescencia de los equipos, cantidad de herramientas, distribución física de estos, problemas de operación, eficiencia, etc.

### **Causas debidas al método**

Se registran en esta espina las causas relacionadas con la forma de operar el equipo y el método de trabajo. Son numerosas las averías producidas por deficiente operación y falta de respeto de los estándares de capacidades máximas.

### **Causas debidas al factor humano**

En este grupo se incluyen los factores que pueden generar el problema desde el punto de vista del factor humano. Por ejemplo, falta de experiencia del personal,

salario, grado de entrenamiento, creatividad, motivación, pericia, habilidad, estado de ánimo, etc.

Debido a que no en todos los problemas se pueden aplicar las anteriores clases, se sugiere buscar otras alternativas para identificar los grupos de causas principales. De la experiencia se ha visto frecuentemente la necesidad de adicionar las siguientes causas primarias:

### **Causas debidas al entorno.**

Se incluyen en este grupo aquellas causas que pueden venir de factores externos como contaminación, temperatura del medio ambiente, altura de la ciudad, humedad, ambiente laboral, etc.

### **Causas debidas a las mediciones y metrología.**

Frecuentemente en los procesos industriales los problemas de los sistemas de medición pueden ocasionar pérdidas importantes en la eficiencia de una planta. Es recomendable crear un nuevo grupo de causas primarias para poder recoger las causas relacionadas con este campo de la técnica. Por ejemplo: descalibraciones en equipos, fallas en instrumentos de medida, errores en lecturas, deficiencias en los sistemas de comunicación de los sensores, fallas en los circuitos amplificadores, etc.

El animador de la reunión es el encargado de registrar las ideas aportadas por los participantes. Es importante que el equipo defina la espina primaria en que se debe registrar la idea aportada. Si se presenta discusión, es necesario llegar a un acuerdo

sobre donde registrar la idea. En situaciones en las que es difícil llegar a un acuerdo y para mejorar la comprensión del problema, se pueden registrar una misma idea en dos espinas principales. Sin embargo, se debe dejar esta posibilidad solamente para casos extremos.

### *Interpretación del Diagrama de Causa y Efecto.*

En este paso se debe leer y obtener las conclusiones de la información recogida. Para una correcta utilización es necesario asignar el grado de importancia a cada factor y marcar los factores de particular importancia que tienen un gran efecto sobre el problema. Este paso es fundamental dentro de la metodología de la calidad, ya que se trata de un verdadero diagnóstico del problema o tema en estudio. Para identificar las causas más importantes se pueden emplear los siguientes métodos:

### *Cuidados a tener con el diagnóstico a través del diagrama de Causa y Efecto*

Para el estudio de los problemas de averías de equipos, el análisis de factores o de calidad sin haber realizado un estudio profundo del equipo, sus mecanismos, estructura y funciones, puede conducir a soluciones superficiales. Frecuentemente la construcción del Diagrama Causa y Efecto se realiza a través de la tormenta de ideas, sin tener la posibilidad de validar y verificar a través de la inspección, si un determinado factor aportado por una persona del grupo de estudio contribuye o está presente en el problema que se estudia. De esta forma, los diagramas se hacen

complejos, con numerosos factores y la priorización e identificación de estos factores es difícil debido a las relaciones complejas que existen entre estos factores.

Una práctica deficiente y frecuente en los estudios de averías empleando el diagrama Causa y Efecto consiste en que ciertos integrantes del equipo de estudio, forzan conclusiones relacionadas con el factor humano como las causas más importantes de la avería. Una vez construido el diagrama el equipo llega a conclusiones como “los factores causales de la pérdida está en un alto porcentaje relacionados con la falta de formación de personal, experiencia, desmotivación, presión de los superiores, etc.”. No se quiere decir que estos temas no sean vitales; pero ante problemas técnicos de equipamiento, debido a la falta de información y al no poder priorizar los factores con datos, se especula y finalmente se evade el problema central, que en conclusión es un problema técnico.

Otra situación anormal y que hay que evitar en el uso del diagrama durante el análisis de las causas, consiste en la omisión de factores causales, debido a que no se realiza una observación directa de la forma como se relacionan las variables. La falta de evaluación del problema *in situ* no permite reducir los problemas en forma dramática; simplemente se eliminan parcialmente algunos de los factores causales.

Consideramos que esta metodología es lo suficientemente útil y brinda beneficios importantes, especialmente para mejorar el conocimiento del personal, ya que facilita un medio para el diálogo sobre los problemas de la planta. El empleo del diagrama ayuda a preparar a los equipos para abordar metodologías complementarias, que

requieren un mayor grado de disciplina y experiencia de trabajo en equipo. El enfoque de calidad se puede emplear como un primer paso en la mejora de problemas esporádicos, que también hay que eliminarlos; una vez alcanzadas estas mejoras y como parte del proceso de mejora continua, se podrá continuar el trabajo de eliminación de factores causales empleando la metodología sugerida por el TPM.

## **APÉNDICE C**

### **CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO PM**

## **Método PM**

El análisis PM es una forma diferente de pensar sobre los problemas y del contexto donde estos se presentan. Consiste en el análisis de los fenómenos (**P** de la palabra inglesa *Phenomena*) anormales tales como fallas del equipamiento en base a sus principios físicos y poder identificar los mecanismos (**M** de la palabra inglesa *Mechanisms*) de estos principios físicos.

El principio básico del análisis PM es entender en términos precisos físicos que es lo que ocurre cuando la máquina, o sistema se avería o produce defectos de calidad y la forma como ocurren. Esta es la única forma de identificar la totalidad de factores causales y de esta manera eliminar estas pérdidas. Esta técnica considera todos los posibles factores en lugar de tratar de decidir cual es el que tiene mayor influencia.

## **Fundamentos del análisis físico**

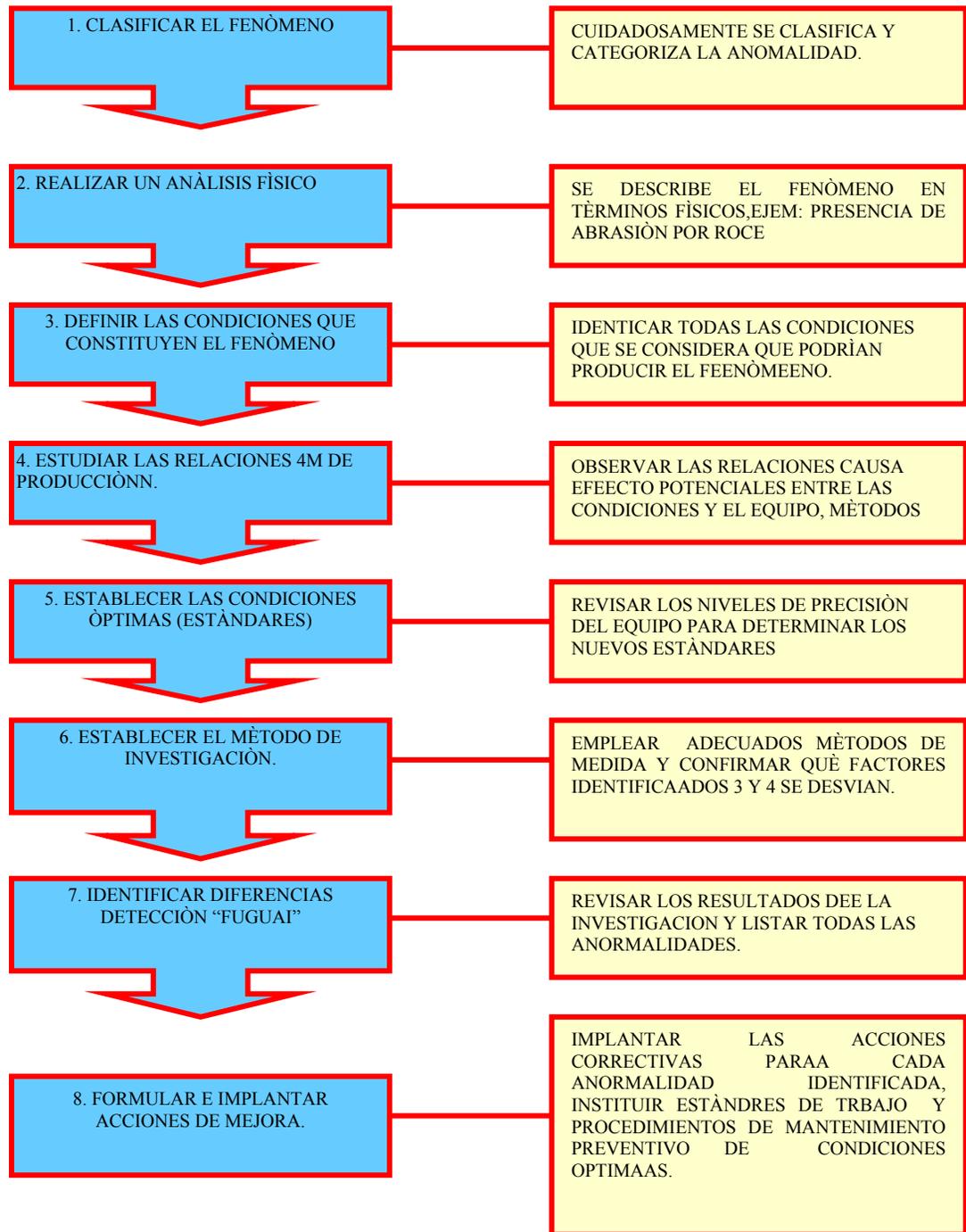
La investigación lógica de como ocurre el fenómeno en términos de principios físicos y cantidades, se ha visto que es el fundamento de la metodología de análisis PM. Desde el punto de vista de los equipos un *análisis físico* significa emplear los principios operativos del equipo para clarificar la forma como los componentes interactúan y producen el problema o la avería crónica. *Se pretende estudiar y conocer en primer término, la forma como se presenta la desviación de la situación natural del equipo, en lugar de pretender abordar las causas de esta desviación desde el primer momento.* El objetivo fundamental de esta metodología es llegar a comprender lo mejor posible la forma como se presentó el fallo y la forma como

intervinieron las diferentes piezas y conjuntos del equipo para la generación del problema

### **Proceso del análisis PM**

Se ha explicado que el enfoque del análisis PM consiste en estratificar los fenómenos anormales adecuadamente, entender los principios operativos y analizar los mecanismos del fenómeno desde el punto de vista físico. El siguiente paso consiste en investigar todos los factores y el grado en que ellos contribuyen al problema. Todo esto es necesario para poder eliminar estos factores a través de planes de acción y sistemas de control.

Los pasos a seguir para la aplicación del análisis PM se muestran en la Figura:



## **APÉNDICE D**

### **CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO PORQUÈ-PORQUÈ**

## **Método Porqué-Porqué**

Esta técnica es conocida como: “Know-why”, “conocer-porqué”, técnica porqué, porqué, porqué o quinto porqué. Esta técnica se emplea para realizar estudios de las causas profundas que producen averías en el equipo. El principio fundamental de esta técnica es la evaluación sistemática de las posibles causas de la avería empleando como medio la inspección detallada del equipo, teniendo presente el análisis físico del fenómeno.

En las áreas de mantenimiento se ha utilizado para la búsqueda de factores causales. Es un método alternativo del conocido Diagrama de Causa Efecto o de Ishikawa. Esta técnica de calidad como se analizó previamente presenta el inconveniente de recoger un gran número de factores, pero no prioriza entre ellos cuales son los que verdaderamente contribuyen a la presencia de la avería. La técnica porqué - porqué evita en los análisis de averías de equipos que el grupo de estudio se desvíe e identifique causas cualitativas y complejas de verificar como causas potenciales del problema de la falla de las máquinas.

Para evitar caer durante el análisis de averías en temas con los siguientes: “es un problema de políticas de la compañía”, “debido a la falta de personal...”, “falta de capacitación del personal”, “no hay repuestos”, el método Porqué-Porqué busca a través de la inspección y el análisis físico identificar todos los posibles factores causales para lograr reconstruir el deterioro acumulado del equipo. Esta técnica es

una buena compañera del método PM si se emplea previamente. En casos con alto grado de deterioro se recomienda este procedimiento.

### **Causa de la causa**

Esta técnica estudia mediante preguntas sucesivas las causas de una avería mediante un proceso deductivo o socrático. Cada respuesta que se aporte el grupo de estudio debe confirmar o rechazar la respuesta. Si se acepta una cierta afirmación, nuevamente se pregunta cuál es la causa de la “causa”.

### **Procedimiento para el estudio**

Una vez identificado el fenómeno en estudio (avería), se realiza un análisis físico del fenómeno en igual forma como se efectuó en el método PM. De este análisis se identifican posibles factores causales, los cuales se someterán a inspección para verificar la validez de la siguiente manera:

TABLA POR QUÉ - PORQUÉ		Fecha de análisis	
Equipo:		Silo del fenómeno	Definición del fenómeno
	1ª RONDA	2ª RONDA	3ª RONDA
<b>A</b>	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?
	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
<b>B</b>	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?
	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
<b>C</b>	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?
	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
<b>D</b>	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?
	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?
	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?
	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?	¿ PORQUÉ ?
	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>

Este proceso se continua hasta el momento en que se identifican acciones correctivas para la causa. Las acciones correctivas se registran en un plan de mejora o plan Kaizen. Se espera que el diagnóstico no requiera de más de cinco rondas. Una vez finalizado este proceso se pueden seleccionar otras causas en las diferentes rondas y se repite el procedimiento. De esta forma se analizan la totalidad de posibles factores causales, obteniendo un plan general de mejora para el equipo.

## **APÉNDICE E**

### **CARACTERÍSTICAS DEL CICLO PHVA o CICLO DEMING**

Ciclo Deming o Ciclo PHVA (Planificar - Hacer - Verificar - Actuar)

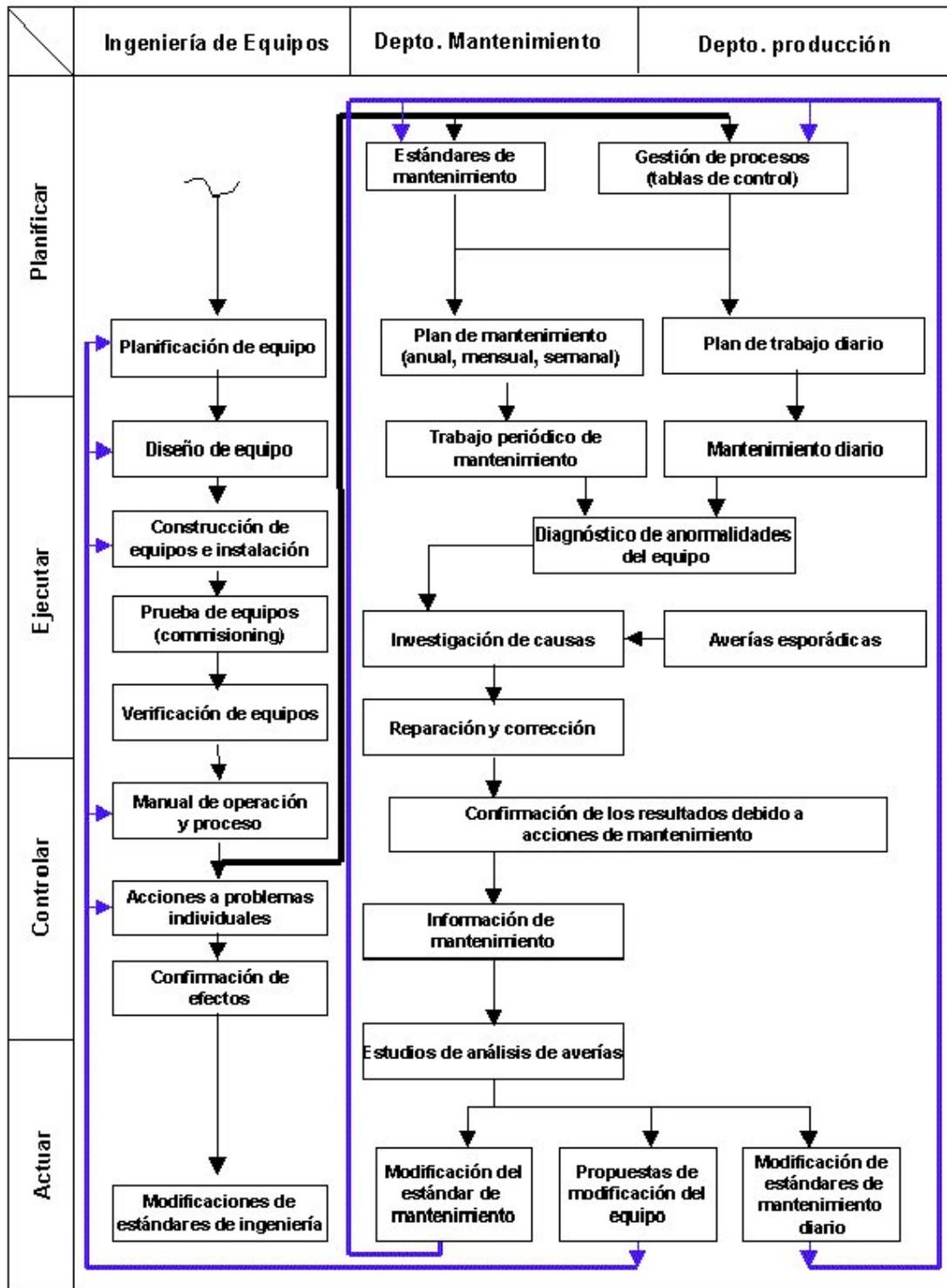
La piedra angular de la DPP es el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). Este ciclo refleja un mecanismo de evolución para la mejora continua. La planificación es simplemente la determinación de la secuencia de actividades necesarias para alcanzar los resultados deseados. Hacer es el acto de implantación del plan. Las actividades de planificación y ejecución nos son muy familiares. Cuando al implantar el plan no alcanzamos los resultados, algunas veces regresamos a nuestra “mesa de diseño” y tomamos una nueva hoja en blanco, descartando el plan que presenta fallos. Este es el proceso común en un ciclo que no es el PHVA.

Bajo el ciclo Deming no tomamos una nueva hoja en blanco; en lugar de esto verificamos los resultados de lo que hemos ejecutado para determinar la diferencia con el resultado esperado. Cuando actuamos (en base al análisis) determinamos los cambios necesarios para mejorar el resultado. Repetimos el proceso, capitalizamos el nuevo conocimiento ganado para los planes futuros.

El ciclo PHVA es un proceso iterativo que busca la mejora a través de cada ciclo. La filosofía básica del ciclo PHVA es hacer pequeños incrementos, en lugar de hacer grandes rupturas a la vez. Algunas organizaciones emplean el término “competición salto de rana” para ilustrar el concepto de saltos cuánticos de la mejora. El enfoque seguro y progresivo de aprender de la experiencia y construir con éxito en base a la experiencia pasadas lleva a numerosas ganancias que se acumulan en el tiempo pueden ser superiores las mejoras.

En la figura que sigue se muestra la forma de organizar acciones de mantenimiento aplicando el Ciclo Deming.

## CICLO DEMING EN LA DIRECCION DE MANTENIMIENTO



Ciclo Deming en la dirección del mantenimiento

## **APÉNDICE F**

### **CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRATIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

## **Estratificación de la información**

Esta es quizás la técnica más importante en el análisis de un problema y en especial cuando se trata de problemas crónicos. La estratificación consiste en buscar “más información a la información”, es como el detective que necesita buscar los indicios o pruebas (a partir de datos). Hay que escudriñar los datos para lograr solucionar el problema en forma definitiva.

Es un método de análisis de los datos que permite clasificarlos teniendo en cuenta algunos factores que pueden afectarlos. Por lo general los factores que permite clasificar la información son de tipo cualitativo como: tipo de producto, materias primas, operario, cliente, proveedor, procedencia, etc. La estratificación permite encontrar causas no tenidas en cuenta u ocultas en el proceso o en el estudio de un problema.

El proceso seguido en la estratificación se apoya en la construcción de varios diagramas de Pareto siguiendo diferentes criterios de clasificación; por ejemplo, clasificar las averías por tipo de turno, producto, materias primas, puede conducir a conclusiones que no se esperaban; es posible que un cierto día de la semana sea el más propicio para la presencia de averías. Existen ciertas averías que se presentan con mayor frecuencia en una determinada referencia de producto. El automatismo de empaque falla con más frecuencia con cierto proveedor de cajas de cartón, etc.

La estratificación ayuda a identificar el problema de una planta o equipo, ya que facilita la concentración en aquellas causas que son las de mayor impacto. Por este

motivo, se recomienda emplear el principio de Pareto para identificar los factores que contribuyen a incrementar la frecuencia de la avería o su duración.

La siguiente lista presenta los criterios más frecuentes empleados para la realización de la estratificación de la información de averías. Esta lista no pretende ser exhaustiva.

- Tipo de máquina. Si la empresa posee diferentes marcas de equipos, es seguro que se puede realizar una clasificación tipo Pareto sobre la marca que más averías presenta.
- Sitio donde se encuentra la máquina. En ciertos lugares de la planta afectan el funcionamiento de los equipos, por ejemplo, calor, contaminación, humedad, polvo, etc.
- Tipo de materias primas. Si el equipo procesa diferentes tipos de materias primas, cierta clase de ellas producen más problemas a los elementos internos que otras.
- Día de la semana. Determinados días son más propensos a presentar averías por diversos motivos. El inicio de la operación, el primer día de la semana, fin de semana o la proximidad a eventos especiales.
- Hora del día. Es frecuente que los equipos experimenten dificultades adicionales en ciertas horas del día. Ciertos controles no trabajan adecuadamente durante la noche en zonas donde la temperatura ambiente desciende apreciablemente.

- Operario. Algunas estadísticas tomadas de empresas que fabrican productos de consumo indican que aproximadamente el 65 % de las órdenes de trabajo que llegan a mantenimiento se deben a mala operación del equipo. Podríamos identificar con una estratificación cuál es el operario que más problemas tiene para operar correctamente el equipo y ayudarlo a mejorar su método de trabajo.
- Tipo de producto o referencia de este. Por ejemplo en un cierto proceso de envasado de producto en botellas se presentan un número mayor de averías con cierto tamaño o presentación del producto. La estratificación nos ayudará a identificar el tipo de producto más crítico, para posteriormente buscar sus causas.
- Zonas del equipo. En determinadas zonas del equipo se pueden encontrar concentrados los problemas. Por ejemplo, la ubicación de escapes en un reactor de un cierto producto químico. Al estratificar la ubicación se encontrará que existe una clase de escape que se presenta con mayor frecuencia.

## **APÉNDICE G**

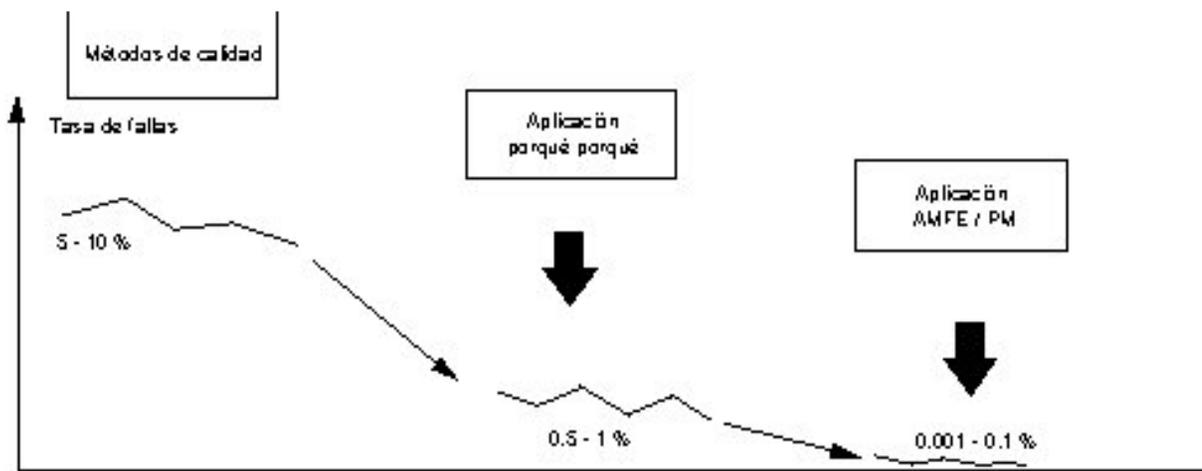
### **CARACTERÍSTICAS DE LA GESTIÓN DIARIA DEL MANTENIMIENTO**

## Daily Management Maintenance

El proceso DMM o de gestión diaria de mantenimiento, cumple las funciones similares al proceso Daily Management creado dentro del entorno del Total Quality Management japonés (TQM). Este es un proceso de mejora a partir de rutinas diarias de identificación de problemas cotidianos y que se deben eliminar como parte del trabajo diario. Sin este proceso será prácticamente mejorar las operaciones normales de una planta industrial.

### Estructura de la mejora continua en mantenimiento.

La figura que sigue pretende realizar una comparación entre las actividades del TQC para la mejora continua y las prevista en el TPM.



Las mejoras de la dirección tienen que ver con las acciones de carácter estratégico que la dirección de la empresa asume y sobre las que se formulan políticas y

objetivos de mejora a medio plazo. Las acciones de mejora diaria se realizan a nivel operativo y su horizonte de realización es el corto plazo, que en este caso es la actuación diaria. Las mejoras funcionales son las que realizan cada una de los departamentos con un horizonte de planificación semestral o anual. En este tipo de acciones se encuentran los trabajos de MA y MP. Las mejoras interfuncionales están relacionadas con mejoras que se deben realizar con la cooperación de los diferentes departamentos. Nuevamente el MA, el MP y las ME realizan actividades de este tipo. Las mejoras diarias que se denominan Daily Management Maintenance, están relacionadas con las mejoras a corto plazo, pero están alineadas al logro de los objetivos de la dirección o mejoras estratégicas.

#### Características del DMM.

- Se orienta a eliminar averías de muy corta duración y repetitivas. Algunas empresas japonesas han definido esta duración como máximo 30 minutos. Otras corporaciones consideran han asumido como 10 minutos el tiempo máximo para considerarlas de corta duración.
- Emplean la metodología Kaizen y técnicas de mantenimiento para su análisis.

#### Proceso

El proceso que sugerimos para la práctica del DMM incluye los siguientes pasos:

### **Paso 1. Preparar la información histórica sobre paradas repetitivas.**

- Identificar las averías y fallos repetitivos, clasificados por tipo de equipo o sistema.
- Identificar los fenómenos y causas de los fallos objeto de estudio.
- Recoger otra información: tiempo de duración y coste de reparación, MTBF y otra.
- Identificar acciones correctivas utilizadas en el pasado



### **Paso 2. Identificar las causas y factores.**

- Realizar análisis "Porque & Porque" y Análisis de Causa Primaria.
- Implantar acciones de emergencia y estudiar acciones definitivas o permanentes.
- Preparar controles visuales para las mejoras. Empleo del Diagrama de Datos.



### **Paso 3. Identificar fallos en equipos similares**

- Evaluar la posible repetición del fallo en equipos similares.
- Desarrollo de sistemas de inspección para esta clase de fallos.
- Incluir estas acciones como parte del mantenimiento planificado.
- Actualización de registros visuales de información para todos los equipos.



### **Paso 4. Prevenir repetición en equipos similares**

- Documentar adecuadamente las acciones correctivas y preventivas para cada fallo
- Preparar el plan de mantenimiento preventivo.
- Evaluación de los resultados obtenidos.



### **Paso 5. Estandarizar resultados**

- Mejorar estándares.
- Modificación de planes de mantenimiento preventivo.
- Preparación de Lecciones de un Punto.
- Documentar las mejoras para futuros estudios de fiabilidad de equipos.

## **APÉNDICE H**

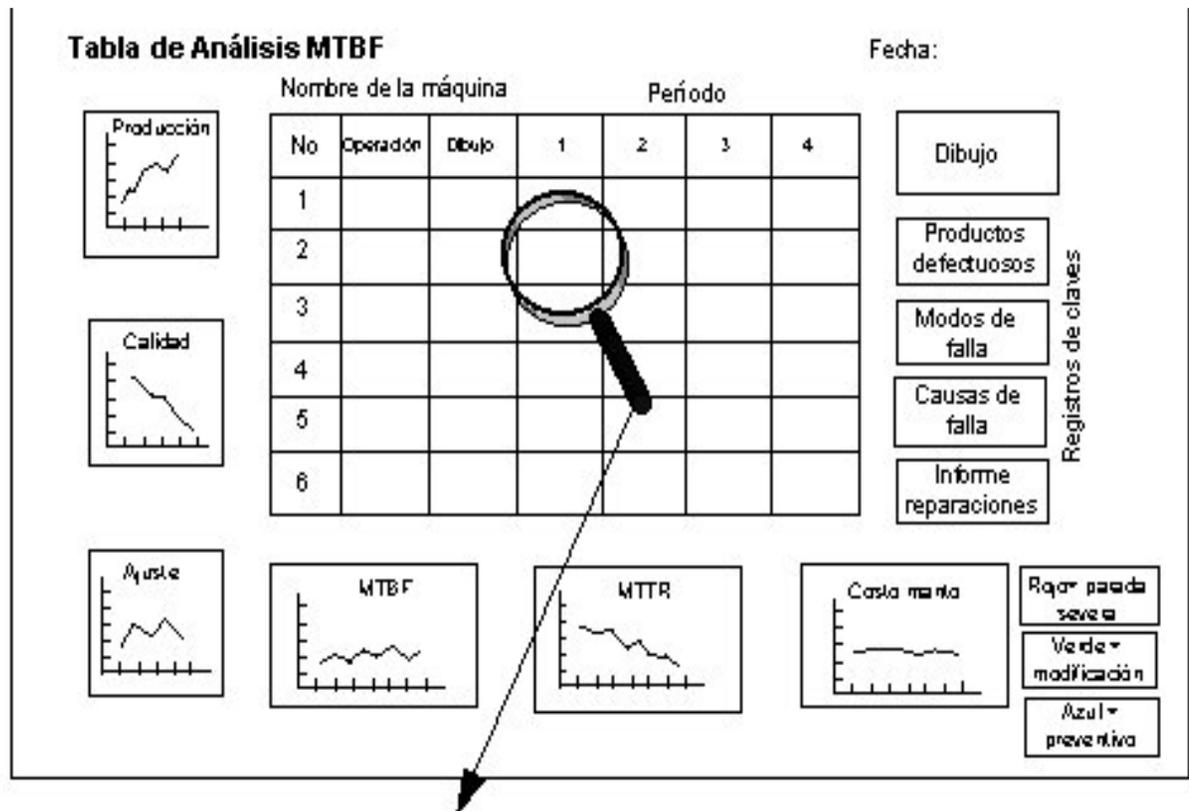
### **EMPLEO DEL TABLERO MTBF EN LA PRÁCTICA DEL TPM**

## Empleo del tablero MTBF en la práctica del TPM

Uno de los indicadores más útiles en para el estudio del comportamiento de los equipos es el Tiempo Medio Entre Fallos (Mean Time Between Failures) ya que facilita evaluar la eficiencia del mantenimiento preventivo. Este indicador permite realizar estudios para la mejora de la fiabilidad y mantenibilidad.

Para preparar estos indicadores es necesario adecuados reportes de mantenimiento, informes sobre intervenciones, partes utilizadas, tiempos empleados, etc. Sin esta información el diagnóstico se hace más complejo y no garantiza poder identificar las causas profundas del problema.

Es frecuente en empresas japonesas emplear la Tabla de Análisis MTBF como punto de partida para la identificación de la situación actual del estado del equipamiento de una planta. Estas tablas son sistemas visuales de control donde se registran las actividades de mantenimiento planificado, paradas no programadas, lubricación, limpieza y actividades relacionadas con el cuidado del equipo. Dependiendo de la facilidad existente en planta, estas tableros se pueden ubicar en lugares visibles de la planta para que sean observados por todos los trabajadores. Veamos un ejemplo de un Tablero MTBF:



	5/21	$\frac{50}{100+50}$	W H	5/18	$\frac{0}{125}$	W H	
Mes/día							Clave de tipo de defectos
	P.Perez		(1) (k)	S. Valero		(1) (b)	
Persona encargada	Luis Roca			J. Silva			Clave de causa de falla del equipo
	192,000			160,000			
	4/17	$\frac{0}{175+175}$	B M	5/13	$\frac{0}{50}$	W S	
Tiempo parada programada							Clave de síntoma
Tiempo reparación	P.Lopez		(1)	M.Clemente		(5) (a)	
	Julio Florez			J. Gómez			Clave del tipo de reparación
Volumen de producción	7,500			136,000			

Este tablero se emplea en TPM para realizar una gestión orientada a los equipos y en especial para:

- Seleccionar las áreas de mejora y reducción de las exigencias de mantenimiento
- Estimar del período de vida útil de las partes y repuestos empleados.
- Seleccionar puntos de interés para inspección, determinación y modificación de estándares de inspección.
- Seleccionar posibles trabajos de mantenimiento a ser realizados por personal exterior a la empresa.
- Mejorar métodos para la puesta a punto de equipos.
- Mostrar que las acciones correctivas tomadas han surtido efecto.
- Motivar al personal relacionado con el área de trabajo.

### **Características de la Tabla de Análisis MTBF**

En esta clase de tablas MTBF se calcula en una forma rápida y aproximada de la siguiente forma:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Período Operacional}}{\text{Frecuencia de Fallas}}$$

$$\text{MTBF} = \frac{12 \text{ meses}}{3 \text{ meses}}$$

$$\text{MTBF} = 3 \text{ meses}$$

Esta forma de cálculo no es exacta ya que desconoce la variabilidad o dispersión de los datos individuales. Sin embargo, debido a la facilidad de esta forma de cálculo algunas empresas han estado dispuestas a asumir el error matemático. Para efectos de la construcción de la Tabla de Análisis MTBF esta forma de cálculo se puede considerar como una referencia del valor real. El método de cálculo que evita estos errores emplea los modelos estadísticos de la distribución de Weibull y requiere de un tratamiento estadístico que para el caso de los operadores de planta conduce a un grado de dificultad en su utilización debido a la necesidad de un conocimiento básico en estadística.

Es importante que el área de Ingeniería de Mantenimiento calcule correctamente estos valores, especialmente cuando se pretende realizar una planificación de mantenimiento preventivo con el resultado del MTBF; para esto, puede aplicar programas informáticos especiales o a través de métodos gráficos que existen en los tradicionales textos de estadística industrial.

Las características de la Tabla de Análisis de MTBF son:

- Los datos deben ser muy fáciles de interpretar a simple vista y deben estar organizados en una página. En las empresas se dificulta la investigación de los datos históricos. La posibilidad de contar con toda la información en una sola hoja permite observar completamente el comportamiento de la línea de producción y/o equipos.

- Los datos deben ser tomados como series de tiempo continuas para facilitar el análisis del comportamiento particular de un cierto componente o elemento, tipo de acciones correctivas que se han tomado y su efecto, como también la frecuencia de las sucesivas paradas o averías importantes de la línea.
- Los registros de mantenimiento y el análisis del logro de las metas deben realizarse simultáneamente. Los datos de mantenimiento se caracterizan por la información sobre la extensión de los intervalos de paradas para cualquier componente en particular. Cuando una avería ocurre es recomendable que las acciones correctivas se fundamenten en la base del análisis de las experiencias similares pasadas. Un reporte mensual de averías no podría cumplir igual propósito, ya que no incluye la información de averías pasadas superiores al mes que cubre el reporte. Por lo tanto, es necesario que la función de mantenimiento conserve reportes que cumplan la doble función: *registro y análisis*.
- Con un adecuado diseño se podrá registrar más información en un tablero. En una planta se genera numerosa información, pero esta es descartada una vez se ha recogido. Si se pretende realmente trabajar con técnica, es necesario contar con la información histórica y que esta esté a la mano. Si se incluyen datos de calidad, costes, seguridad en este tablero, tendremos un excelente registro de ingeniería de

producción y se podrá emplear para futuros diseños y construcciones de instalaciones.

- Debe facilitar la concentración de las acciones TPM. Los reportes de mantenimiento usualmente no indican donde se debe concentrar el esfuerzo de mejoras enfocadas y progresivo. Si los diagramas, símbolos y otras marcas de color se emplean sobre el tablero de análisis MTBF se pueden destacar los problemas críticos o donde pueden ocurrir con mayor frecuencia las averías.
- Se pueden comprender mejor los efectos de las acciones correctivas. Las medidas tomadas ante la presencia de averías en los equipos no es fácilmente observable inmediatamente. Es necesario esperar varias semanas y meses para observar el efecto de la intervención. Los reportes de mantenimiento frecuentemente indican lo que se realizó. Sin embargo un tablero de análisis MTBF puede indicar las circunstancias que se presentaron alrededor de una cierta medida específica tomada y su efecto global. Una tabla de esta característica puede ser una herramienta muy útil para comprender el comportamiento general del equipo.

## **APÉNDICE I**

### **FORMULARIOS Y FLUJOGRAMAS**





## REPORTE DE TIEMPOS DE PARADAS HAMAC

Maquina: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_  
 Hora: \_\_\_\_\_

Area: \_\_\_\_\_  
 Turno: \_\_\_\_\_

Tiempo Total	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Total
01	Cierre de Línea/Vacaciones														
02	Feriados														
03	Fin de semana no trabajados														
04	Falta orden de producción														
05	Pruebas														
06	Reuniones														
07	Mantenimientos planeados														
08	Replanificación														
09	Falta planeada conocida														
10	Tanteo														
11	Limpieza/Línea/Sanización														
	<b>PARADAS PLANEADAS</b>														
12	Tiempo de Carga														
13	Cambio de Borna, velo, práctico														
14	Cambio de rollos														
15	Lubricación/Inspección														
16	Limpieza Selladores														
17	Cambio de tamaño/formato														
18	Trasquilado														
19	Falta de línea de producción-18 III														
20	Cambio de producto/marca														
21	Ajustes y calibraciones														
	<b>PERDIDA POR PARADAS</b>														
22	Tiempo Operacional														
23	Comida														
24	Falta de empaque														
25	Falta de polvo:														
26	* Deslizamiento en la tubería														
27	* Falta de equipos de Perfumación														
28	* Falta de polvo por daño en secado														
29	* Cambio de producto														
30	* Polvo producido para otra línea														
31	* Consecuencia de daños en procesos														
32	* Otros (Especificar la causa)														
33	Falta de personal														
34	Falta de servicios externos														
35	Falta de línea de producción-18 III														
	<b>PERDIDA POR RENDIMIENTO</b>														
36	<b>TIEMPO NETO OPERACIONAL</b>														
37	Polvo Irregular:														
38	Densidad Baja														
39	Polvo con grumos														
40	Empaque irregular														
41	Producto defectuoso:														
42	* Mal sellado vertical														
43	* Mal sellado horizontal														
44	* Sellado quemado														
45	* Falta de código														
46	* Código ilegible														
47	* Perforaciones														
48	* Desgarre por cuchillas														
49	* Descentrado por impresión														
50	Reciclaje														
	<b>PERDIDA POR DEFECTOS</b>														
51	<b>TIEMPO DE VALOR OPERATIVO</b>														
															<b>TOTAL</b>

CANTIDAD PROGRAMADA  Tns.  
 CANTIDAD PRODUCIDA  Fund.  
 PRODUCCION BUENA CALIDAD  Fund.  
 PRODUCCION EN MAL ESTADO  Fund.

SKU: \_\_\_\_\_  

Total de Personal	1 er Turno	2 do Turno

 VELOCIDAD

E.O. =

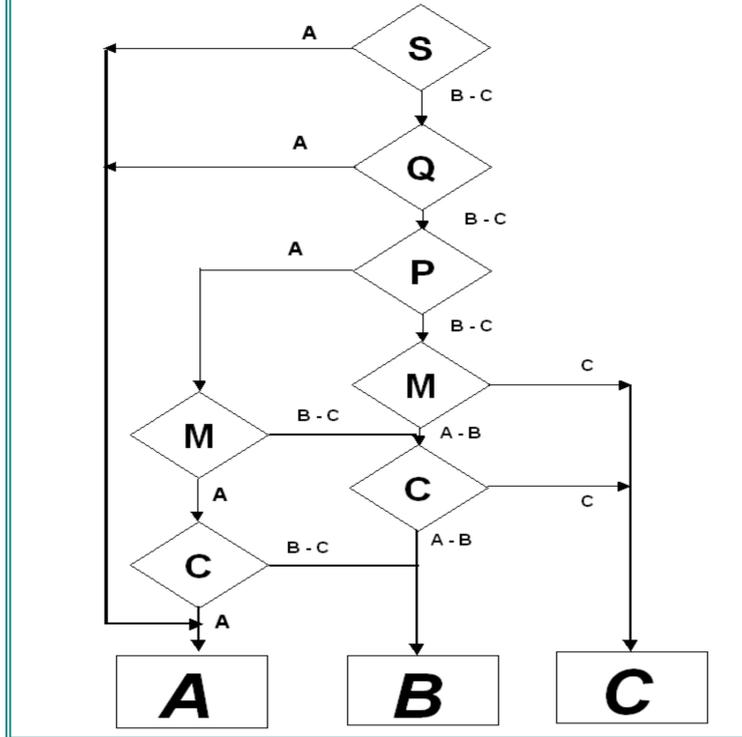
Observaciones:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Nombre y Firma del Operador 1 er Turno \_\_\_\_\_

Coordinador de Manufactura \_\_\_\_\_

Nombre y Firma del Operador 2 er Turno \_\_\_\_\_

# Matriz de Criticidad



## CRITERIO DE EVALUACIÓN DE GRADO DE CRITICIDAD DEL EQUIPO

CLASIFICACIÓN	ITEM DE APLICACIÓN	NORMA DE EVALUACIÓN		
		A	B	C
<b>S</b>	<b>SHE</b>	Dependiendo de la falla se ocasiona un riesgo que puede ocasionar una lesión grave o muerte y pérdida superior a \$10000	Dependiendo de la falla se ocasiona un riesgo que puede ocasionar una lesión seria y pérdida entre \$1000 a \$9999	Dependiendo de la falla se ocasiona un riesgo que puede ocasionar una lesión leve y pérdida menor a \$999
<b>Q</b>	<b>Calidad del producto</b>	Afecta el total de la producción	Afecta una materia prima determinada	No afecta
<b>P</b>	<b>Producción</b>	Defecto que origina una parada general de PLANTA	Defecto que origina una parada parcial de LINEA	Defecto que origina una parada parcial de EQUIPO
<b>M</b>	<b>Mantenimiento</b>	Equipo único y su tiempo de reparación es por encima de 4 horas	Equipo en stand by y su tiempo de reparación es entre ½ y 4 horas	Tiempo de reparación por debajo de ½ hora
<b>C</b>	<b>Costos</b>	Costo superior a los \$3000	Costo de reposición entre \$500 y \$3000	Costo de reparación por debajo de \$500

# ANALISIS DE FALLAS

#

Linea	Activo		Operario	# de Orden Apt Pro	Encargado de la Reparación
-------	--------	--	----------	-----------------------	----------------------------

**OPERARIO: QUE OCURRIO ? (Qué fue observado en el momento que la máquina paró o comenzó a fallar)**

**CLASIFICACION DE LA FALLA**

ACCIDENTAL     
  RE INCIDENCIA

**TIPO DE FALLA**

ELECTRICA     
  MECANICA     
  INSTRUMENTACION

Fecha/hora de la ocurrencia	día mes año hora <input style="width: 100%;" type="text"/>	TIEMPO DE ARREGLO	<input style="width: 100%;" type="text"/>	CUANTAS VECES HA FALLADO	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Fecha/Hora de la reparación	día mes año hora <input style="width: 100%;" type="text"/>	TIEMPO DE PARADA DE LA LINEA	<input style="width: 100%;" type="text"/>	PRODUCTO QUE SE ESTABA ELABORANDO AL MOMENTO DE LA FALLA	

ROTURA     
  DESGASTE     
  VIBRACION     
  PRESION     
  \_\_\_\_\_  
 ATASCAMIENTO     
  QUEMADO     
  DEALINEACION     
  CALENTAMIENTO

**TECNICO: QUE ACCION SE TOMO ? ( Que acción se tomo para colocar la máquina en funcionamiento nuevamente OBSERVACIONES: Colocar el máximo de información posible para el Análisis)**

**C (CHEQUEAR)**

**FOTO PLANO O DIAGRAMA**

**Qué (What) En qué cosa?** \_\_\_\_\_  
**Cuándo(When) Cuándo ocurrió?** \_\_\_\_\_  
**Dónde (Where) (Linea/Máquina/Local)?** \_\_\_\_\_  
**Quién (Who) Dependo o no del operario?** \_\_\_\_\_  
**Cuál (Which) Existe tendencia o es aleatoria?** \_\_\_\_\_  
**Cómo ( How ) Cómo difiere del óptimo?** \_\_\_\_\_

# ANALISIS DE FALLAS

#

RESUMEN DEL FENOMENO	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
----------------------	-------------------------

	POR QUE	IDEAS DE MEJORA				
A	↗	↗	↗	↗	↗	
B	↗	↗	↗	↗	↗	
C	↗	↗	↗	↗	↗	
D	↗	↗	↗	↗	↗	

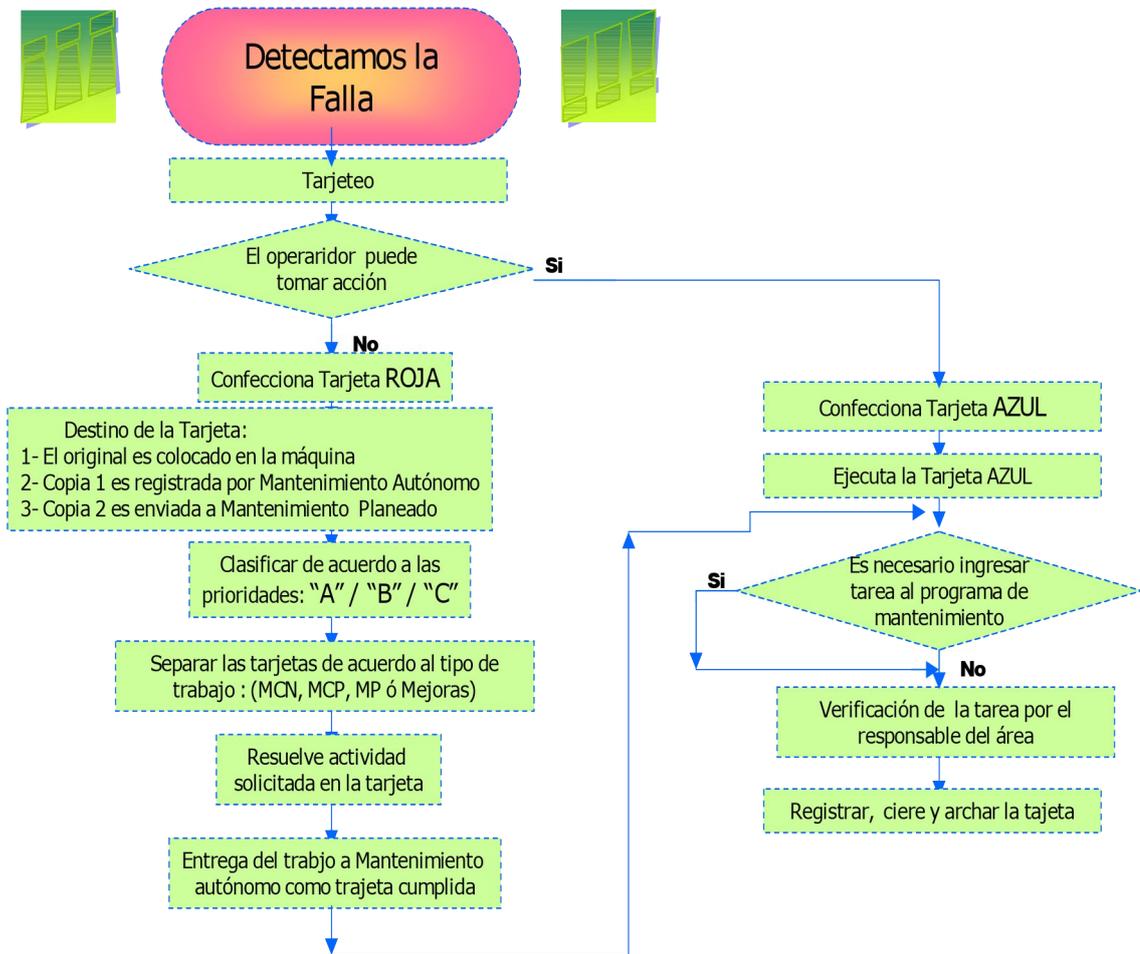
P (Plan)	PLAN TRABAJO	No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHA TERMINACION	CUMPLIMIENTO
		1				
		2				
		3				
		4				

FOTO PLANO O DIAGRAMA SOLUCION DEL PROBLEMA (DESPUES)	REPLICA HORIZONTAL ?      SI (    )    DONDE ?      NO (    )						
	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; border-right: 1px solid black; padding: 5px;">                     VALOR DE LA FALLA                      \$ _____                 </td> <td style="width: 5%; text-align: center; border-right: 1px solid black; padding: 5px;">E N E F I C I O S</td> <td style="padding: 5px;"> <b>TANGIBLES</b>                      _____                 </td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">                     VALOR DE LA INVERSION                      \$ _____                 </td> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"> <b>INTANGIBLES</b>                      _____                 </td> </tr> </table>	VALOR DE LA FALLA \$ _____	E N E F I C I O S	<b>TANGIBLES</b> _____	VALOR DE LA INVERSION \$ _____		<b>INTANGIBLES</b> _____
	VALOR DE LA FALLA \$ _____	E N E F I C I O S	<b>TANGIBLES</b> _____				
VALOR DE LA INVERSION \$ _____		<b>INTANGIBLES</b> _____					
GRUPO QUE PARTICIPO EN EL ANALISIS  _____ _____							

FIRMA GERENTE DE MANTENIMIENTO	FIRMA DIRECTOR DE PRODUCCION	FIRMA INGENIERO DE MANTENIMIENTO
Puntos a considerar con relacion al analisis de fallas		
1- Estudiar sobre la estructura , funcionamiento y uso correcto de las piezas	<input checked="" type="checkbox"/> Información a diligenciar por el Operario	
2- Estudiar el perfil ideal y listar los items a inspeccionar	<input type="checkbox"/> Fotografias, Planos, Graficos	
3- Ejecutar inmediatamente la investigacion de la pieza en cuestion, basandose en los items de inspeccion	<input type="checkbox"/> Informacion Diligenciada por el grupo	
4-La busca de las causas deben profundzarse hasta el nivel de las fallas en el comportamiento humano		



# FLUJOGRAMA DE TARJETAS ROJAS





## **BIBLIOGRAFIA**

1. IM&C - Total Performance Management - 2003
2. MASA AKI IMAI – Kaizen – CECOSA – 1999
3. MASA AKI IMAI – Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo – McGraw Hill – 1997
4. OUCHI WILLIAM – Teoría Z – Hyspamerica – 1982
5. BAND WILLIAM A. – Creación del Valor –Díaz de Santos – 1994
6. MACDONALD JOHN Y PIGGOTT JOHN – Calidad Global – Panorama – 1993
7. ABEGGLEN JAMES Y STALK GEORGE – Kaisha. La corporación japonesa — Plaza & Janes – 1990
8. REICH ROBERT – El trabajo de las naciones – Vergara – 1993
9. THUROW LESTER – La guerra del siglo XXI – Vergara – 1992
- 10.ROBBINS STEPHEN – Comportamiento Organizacional – Prentice Hall – 1993
- 11.DAVIS KEITH Y NEWSTROM JOHN W.– Comportamiento Humano en el Trabajo – McGraw Hill – 1999
- 12.GORDON JUDITH R.– Comportamiento Organizacional – Prentice Hall – 1997
- 13.CHASE Y AQUILANO – Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones – McGraw Hill / Irwin – 1992