



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**PROYECTO DE GRADO**

**Presentado a la**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO PARA LA LÍNEA DE CONDENSACIÓN  
SEGÚN MDC “MANTENIMIENTO DIRIGIDO A LA  
CONSECUENCIA” PARA NESTLÉ CAYAMBE”**

**POR:**

**DAVID MANANGON R**

**En el cumplimiento parcial a los requerimientos para el**

**TITULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**Quito, junio de 2007**

## **CERTIFICACIÓN**

Por medio de la presente certificamos que este Proyecto de Grado fue realizado en su totalidad por el señor David Manangón, como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Sangolquí, Junio de 2007

**EL DIRECTOR,**

---

**Ing. Carlos Naranjo**

**EL CODIRECTOR,**

---

**Ing. Juan Díaz**

# **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

“TITULO DEL PROYECTO “

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PARA LA LÍNEA DE CONDENSACIÓN SEGÚN MDC “MANTENIMIENTO  
DIRIGIDO A LA CONSECUENCIA” PARA NESTLÉ CAYAMBE”**

ELABORADO POR:

---

David Manangón Romero

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

COORDINADOR DE CARRERA

Sangolquí, junio 2007

## **DEDICATORIA**

A mis padres, un eterno agradecimiento, por haber sembrado en mí los sentimientos de trabajo, sacrificio y constancia.

A mi esposa e hija que con su comprensión, dedicación y esfuerzo, siempre estuvieron a mi lado.

A mis hermanos y hermanas por el constante apoyo.

A mi abuelita María Elisa, por su permanente preocupación en mí bienestar.

A la memoria de mis abuelitos David Elías, Alfredo y Mariana, a quienes nunca los olvidare y recordaré siempre.

**David Manangón R.**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis compañeros de trabajo y maestros, que me colaboraron y guiaron en la consecución y ejecución de este proyecto.

En especial a todo el personal de Fábrica Nestlé Cayambe que de una u otra forma colaboran en la ejecución del proyecto.

# INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>6</b>
<b>GENERALIDADES</b>	
1.1 DESCRIPCIÓN FÁBRICA NESTLÉ CAYAMBE	6
1.2 ESTRATEGIA DE EMPRESA	11
1.2.1 Estrategias de Negocios	11
1.2.2 Estrategias de Producción	12
1.2.3 Estrategias de Mantenimiento	12
1.3 ESTUDIO GENERAL DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	14
1.3.1 Establecimiento de prioridades de líneas y selección de la línea de condensación	20
1.3.2 Seguimiento de todo proceso de la línea de producción	23
1.3.3 Identificación de cuellos de botella en el proceso	24
1.3.4 Identificación y recodificación de todas las máquinas del proceso.	26
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>29</b>
<b>MANTENIMIENTO DIRIGIDO A LA CONSECUENCIA “MDC”</b>	
2.1. DESCRIPCIÓN DE MANTENIMIENTO DIRIGIDO A LA CONSECUENCIA “MDC”	29
2.1.1. Objetivo Principal	32
2.1.2. Objetivo Secundario	32
2.1.3. Fundamento básicos	33
2.1.4. Formato de procedimiento	35

2.1.4.1	Revisión anual de Negocios	36
2.1.4.2	Valoración de Riesgo y Consecuencia mayor	37
2.1.4.3	Equipos de análisis y desarrollo plan de acción	37
2.1.4.4	Implementación y mejora continua	38
2.2.	APLICACIONES A LA LÍNEA	39
2.2.1.	Limitaciones y regulaciones	42
2.2.2	Formato de aplicación	44
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>49</b>
<b>RECOPIACIÓN DE DATOS, GRUPOS DE DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS INDIVIDUAL</b>		
3.1	RECOPIACIÓN DE DATOS	49
3.1.1	Recopilación de información, existente en fábrica	49
3.1.2	Procesamiento de datos preliminares	50
3.2	CREACIÓN DE GRUPOS DE DIAGNÓSTICO	50
3.2.1	Creación de grupos de acuerdo con el tipo de maquinaria	50
3.2.2	Análisis de datos de cada maquinaria	53
3.2.3	Causa y efectos de daños	55
3.2.4	Duración de cambio	55
3.2.5	Repuestos más utilizados para cada máquina	58
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>59</b>
<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>		
4.1	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE COSTOS	59
4.1.1	Costo por año de dejar fallar	59
4.1.2	Costo por año de mantenimiento	61
4.1.3	Análisis y comparación de costos y selección tipo mantenimiento a seguir	62

4.2 RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS	63
4.2.1 Análisis de eficiencia de máquinas	63
4.2.2 Solución a problemas	65
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>70</b>
<b>BASE DE DATOS Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>	
5.1 Base de datos	70
5.1.1 Descripción y alcance de la base	71
5.1.1.1 Descripción	71
5.1.1.2 Alcance	72
5.1.2 Manual del usuario	73
5.1.2.1 Ingreso al programa	73
5.1.2.2 Menú entrada	75
5.1.2.3 Menú principal	76
5.1.2.4 Módulo de datos	76
5.1.2.5 Módulo de mantenimiento	84
5.1.2.6 Módulo de costos	91
5.2 Programa de mantenimiento	97
5.2.1 Coordinación con departamento de fabricación	99
5.2.2 Fechas	100
5.2.3 Responsables	101
5.2.4 Procedimiento	101
5.3 Cronograma de actividades	102
5.4 Correcciones	104
5.5 Mejoras	106

<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>107</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1 Conclusiones	107
6.2 Recomendaciones	109
<b>ANEXOS</b>	<b>111</b>
ANEXO 1 (Repuestos utilizados con mayor frecuencia)	112
ANEXO 1 (Método de análisis de falla)	127
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>161</b>

# **LISTADO DE TABLAS**

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

1.1 Evaluación áreas de fábrica	21
1.2 Evaluación de las líneas de producción	22
1.3 Codificación de equipos área de condensación	28

## **CAPÍTULO II**

### **MANTENIMIENTO DIRIGIDO A LA CONSECUENCIA “MDC**

2.1 Comparación entre TPM y MDC	31
---------------------------------	----

## **CAPÍTULO III**

### **RECOPIACIÓN DE DATOS, GRUPOS DE DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS INDIVIDUAL**

3.1 Duración de rectificación de fallas	56
---	----

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE COSTOS**

4.1 Frecuencias de ocurrencia de daños	60
4.2 Costo acciones para eliminar fallas	61

4.3 Costo de mantenimiento programado	62
---------------------------------------	----

## **CAPÍTULO V**

### **BASE DE DATOS Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

5.1 Distribución de tiempo por áreas	104
5.2 Distribución tiempo área Condensación	105

# LISTADO DE FIGURAS

## CAPÍTULO II

### MANTENIMIENTO DIRIGIDO A LA CONSECUENCIA “MDC

2.1. Costo total imputable al mantenimiento	34
2.2 Matriz Consecuencia	36

## CAPÍTULO V

### BASE DE DATOS Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

5.1 Ingreso por medio del Explorador de Windows	73
5.2 Ingreso por medio de “Acces”	74
5.3 Menú de entrada	75
5.4 Menú principal	76
5.5 Pantalla historial	77
5.6 Datos Técnicos	78
5.7 Historial de daños	78
5.8 Tabla general de repuestos	79
5.9 Tabla de asignación de repuestos	80
5.10 Tabla de personal técnico	80
5.11 Tabla de personal técnico	81
5.12 Menú de informes	82
5.13 Detalle de daños por equipo	82
5.14 Listado de equipos por sala	83
5.15 Planificación de Mantenimiento	85
5.16 Mantenimientos Periódicos	86
5.17 Generación de mantenimiento	87
5.18 Control actividades mantenimiento	88

5.19	Visualización actividades mantenimiento	89
5.20	Detalle mantenimiento planificado	90
5.21	Mantenimiento pendientes	91
5.22	Frecuencias de daños	92
5.23	Informe frecuencia de daños	93
5.24	Resumen de frecuencia de daños	93
5.25	Costos de actividades de mantenimiento	94
5.26	Costos de actividades por equipo	95
5.27	Costos de actividades por tipo de mantenimiento	96
5.28	Clasificación de Mantenimiento.	97

## **LISTADO DE ANEXOS**

<b>ANEXO 1</b>	<b>112</b>
<b>Repuestos utilizados con mayor frecuencia</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>127</b>
<b>Repuestos utilizados con mayor frecuencia</b>	<b>127</b>

## NOMENCLATURA UTILIZADA

TPM	Total Productive Maintenance
MDC	Manteniendo Dirigido a la Consecuencia
TMN	Manuales Técnicos Nestlé
GI	General Instruction
CC	Centro de Costo / Línea de fabricación
LL	Unidad de línea de producción
NC	Unidad de producción de la línea
Flow Sheet	Diagrama de flujo
Overhaul	Reparación Total
TD	Tiempo Desocupado
HBP	Horas Brutas de Producción
HNP	Horas Netas de Producción
HT	Horas Target
VN	Velocidad Nominal
E	Eficiencia
AMFE	Análisis Modal de Fallas y Efectos
LEP	Leche en Polvo
DIP	Productos Dietéticos Infantiles



## RESUMEN

Siendo el objetivo de todas las empresas a nivel mundial alcanzar operaciones altamente eficientes, que les permitan mantenerse en sitios privilegiados en el entorno de la globalización de los negocios, ha obligado a las mismas a desarrollar estrategias encaminadas a alcanzar dicho objetivo.

Nestlé, una de las mayores empresas en la elaboración de alimentos no puede quedarse fuera de este contexto y para alcanzar operaciones altamente eficientes es necesario que el Mantenimiento se alinee a esta forma de trabajo.

Por tal motivo, Nestlé ha desarrollado una herramienta para cubrir los requerimientos en este campo, la misma que se denomina MDC “Mantenimiento Dirigido a la Consecuencia”, la cual se basa en los riesgos y consecuencias de las fallas. El principal factor de éxito de esta estrategia es sin duda alguna, el personal.

Esta estrategia se basa en los conceptos del TPM, pero adecuada a las necesidades propias de Nestlé; cada una de las fábricas en donde se aplica debe adecuarlas a sus requerimientos y necesidades, no se debe generalizar, depende mucho del tipo de producción, preparación de personal técnico, etc.

El trabajo en grupo multidisciplinarios asegura un enfoque global de las consecuencias y análisis de costos de la fallas, la eliminación de la causa raíz de la falla es también responsabilidad del grupo, así como el planteamiento de planes de acción y estandarización de procedimientos para las diferentes acciones de mantenimiento.

Mediante la aplicación de esta estrategia se logra optimizar todos los recursos de mantenimiento como: Mano de obra, repuestos, tiempos de paros; alcanzado el objetivo final que es la reducción del costo total de producción.

La disminución de los Costos Totales de Producción, nos permite mantenernos en marcha este mundo tan competitivo, mediante el Mantenimiento Dirigido a la Consecuencia, podemos alcanzar altos estándares en el área Mantenimiento, siendo necesario que este implementado en el menor tiempo posible.

# INTRODUCCIÓN

## OBJETIVOS:

- Conocer detalladamente los orígenes, organización y alcance de la empresa NESTLÉ a nivel mundial en general y NESTLÉ Cayambe en particular
- Realizar un estudio a fondo sobre cada una de las líneas de producción y establecer prioridad de las líneas, partiendo de las estrategias de venta que tenga la empresa a corto y largo plazo.
- Tener un conocimiento más profundo acerca de la estrategia de mantenimiento MDC “Mantenimiento Dirigido a la Consecuencia”.
- Recopilar y ordenar la información que se encuentre disponible en los registros de la empresa, acerca del historial de máquina así como de los repuestos de cada una.
- Crear grupos de diagnóstico según el tipo de maquinaria, para realizar un análisis individual de las mismas.
- Realizar una análisis y comparación de los costos de pérdidas por dejar fallar, es decir tal y como esta el mantenimiento y costos de llevar un mantenimiento programado.
- Realizar recomendaciones y sugerencias para optimizar el funcionamiento y amentar la eficiencia de cada máquina

- Crear una base de datos (ACCES), la cual nos permita procesar de una mejor manera toda la información receptada anteriormente y facilitar la creación del programa de mantenimiento.
  
- Crear el programa de mantenimiento, estableciendo fechas, responsabilidades y procedimiento. Una vez puesto en funcionamiento, realizar un seguimiento y sobre la marcha realizar el mejoramiento y correctivos que se crean necesarios

## **ALCANCE:**

Con la implementación de este plan de mantenimiento, en fábrica NESTLÉ Cayambe, en la línea de condensación se está satisfaciendo una de los requerimientos de la todas las compañías NESTLÉ.

El desarrollo de este proyecto, está encaminado al mejoramiento en la producción en la línea de condensación de la fábrica NESTLÉ Cayambe.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 Descripción de fábrica Nestlé Cayambe

Nestlé a nivel mundial, es reconocido por ser una compañía dedicada a la Industria Alimenticia, por tal motivo se puede considerar como una compañía de gran consumo. El origen de la compañía se remonta al año 1866 iniciando con el objetivo primordial de su fundador Henri Nestlé que buscaba una alternativa saludable y barata de amamantar a los infantes de pecho.

A mediados de 1860 Nestlé, un farmacéutico especializado, empezó experimentando con las varias combinaciones de la leche de vaca, harina del trigo y azúcar en un esfuerzo por desarrollar una fuente alternativa de nutrición infantil para madres que eran incapaces de alimentar a sus hijos de pecho. Su meta era ayudar a combatir el problema de mortandad infantil debido a la desnutrición. Él llamó el nuevo producto Farine Lactée Henri Nestlé

A partir de este año en adelante Nestlé fue incorporando nuevos socios y productos a su empresa, como el chocolate, queso, condensados para comida, etc. Siempre buscando facilitar el cumplimiento del objetivo primordial de su fundador que era el proveer de alimentos al ser humano. Con el incremento de productos y socios, vino inmediatamente la expansión de sus empresas por todo Europa y llegando a mercados como el Asiático.

Los Nuevos productos aparecían firmemente: la leche malteada, una bebida en polvo llamada Milo, un suero de manteca en polvo para los infantes, y, en 1938, apareció Nescafé. Debido a la segunda guerra mundial la compañía enfrenta el primer conflicto verdaderamente global que acabó con la estructura de la Compañía tradicional para siempre. Para superar los problemas de la

distribución en Europa y Asia, se establecieron las fábricas en los países en vías de desarrollo, particularmente en América Latina.

El cierre de Segunda Guerra Mundial marcó el principio de la fase más dinámica de la historia de Nestlé. A lo largo de este periodo, el crecimiento de Nestlé era basado en su política de diversificar dentro del sector de comida para satisfacer las necesidades de consumidores. En 1947, Nestlé se unió con Alimentana S.A., el fabricante de aliños Maggi y sopas. La adquisición de Crosse & Blackwell, el fabricante británico de confituras y las comidas en conserva, seguido en 1950, que se realizó la compra de Findus las comidas heladas (1963), los jugos de fruta de Libby (1971) y las comidas heladas de Stouffer (1973).

Entretanto, Nescafé continuó su levantamiento de pasmo. De 1950 a 1959, las ventas de café instantáneo casi se triplicaron, y de 1960 a 1974, ellas se cuadruplicaron. Las ventas totales de la Compañía doblaron dos veces en los 15 años después del Segunda Guerra Mundial.

El crecimiento del rápido de Nestlé en el mundo en vías de desarrollo retrasó parcialmente el desarrollo en los mercados tradicionales de la Compañía, pero también llevó con él los riesgos asociados con las condiciones políticas y económicas inestables de estos países.

Nestlé abrió el siglo 20 uniéndose con la compañía anglo-suizo de Leche para ensanchar su rango de producto y aumentar su alcance geográfico. Nestlé es el líder indiscutible en la industria de comida, presente en los 5 continentes y en más de 70 países, aproximadamente administra alrededor de 500 fábricas por todo el mundo y ocupa alrededor de 200.000 colaboradores y ventas de más de CHF<sup>1</sup> 71 mil millones.

---

<sup>1</sup> Francos Suizos

La compañía Nestlé inició su comercialización en el Ecuador desde mediados de este siglo, en 1955 Nestlé decide intervenir directamente en el mercado ecuatoriano mediante una oficina de importaciones en Guayaquil. En 1970, debido a la compra de la mayoría de las acciones pasa a administrar INEDECA <sup>2</sup>, empresa productora de semielaborados de cacao para la exportación y de algunos productos del para el mercado local.

A partir de este año, Nestlé emprende la construcción de sus fábricas en Guayaquil y Cayambe; las mismas que se conservan hasta la actualidad. Cada una de ellas se dedicada a una actividad diferente, tratando de explotar de la mejor manera la materia prima que existente en esas localidades.

En particular la fábrica Nestlé Cayambe, se dedica actualmente a la transformación de leche fresca en leche pulverizada, se encuentra ubicada a 80 Km al norte de Quito, fue adquirida en 1972, en el año 1978 se termina con una importante ampliación que transforma la planta en una de las más modernas productoras de leche en polvo de la región, para ese entonces, existiendo en esa época otras líneas de producción simultáneas en la fábrica como: Quesería, Cerelac, Milo, mantequilla y manjar de leche.

Siendo el objetivo principal de Nestlé en Ecuador la elaboración y comercialización de productos de alta calidad, contribuyendo así al bienestar del consumidor y al progreso del país, dando trabajo a 1300 personas directamente y a más de 70000 en forma indirecta como proveedores, transportistas y comerciantes

---

<sup>1</sup> Industria Ecuatoriana de derivados de Cacao

Debido a la constante evolución de la fábrica y del mercado, se debieron eliminar y reubicar en algunos casos las líneas que existían en la fábrica. La línea de quesería se eliminó definitivamente, debido al alto riesgo de contaminación que presentaban para los demás procesos. Las líneas de Cerelac y Milo fueron trasladadas a la fábrica de Guayaquil y las líneas de mantequilla y manjar de leche fueron absorbidas por un terceros. Alineado con la nueva filosofía de sectorización que está implantando Nestlé, mediante la cual se trata de optimizar los recursos de la región, determinando el tipo de producción específico para cada fábrica, Nestlé Cayambe está especializada en la pulverización de leche.

Los pulverizados de leche que se producen en fábrica, pueden dividirse en dos grandes grupos: LEP<sup>3</sup> y DIP<sup>4</sup>; cada uno de estos tipo de productos comprende una amplia gama de variedades.

Actualmente en la fábrica se encuentra más de 110 personas trabajando en sus instalaciones de forma directa, los mismos que se encuentran distribuidos en 5 departamentos: Administración, Fabricación, Aseguramiento de la Calidad, Técnico y Servicio al Productor Lechero “SPL”; adicionalmente la fábrica proporciona trabajo a más de 500 familias entre ganaderos, transportistas, constructores y vendedores.

La compañía se ha interesado mucho en la provisión de leche, que es la materia prima necesaria para el proceso, por tal motivo se ha realizado un análisis detallado de la producción lechera del país y se han establecidos los sectores estratégicos para el asentamiento de estaciones de recepción de leche las mismas que se encargan de captar la producción lechera del lugar, fomentar una producción técnica y entregar a fábrica una materia prima apta

---

<sup>3</sup> Leche en polvo

<sup>4</sup> Productos infantiles dietéticos

Para el proceso de leche en polvo. Adicionalmente la fábrica realiza proyectos de fomento agropecuario en conjunto con ganaderos y transportista con el fin de alcanzar la mayor calidad y minimizar los riesgos de contaminación en la recepción y transporte de leche fresca.

Las expectativas de la fábrica a corto y largo plazo, son las de seguir en la misma línea de producción, por ello se trata de elevar la eficiencia de la capacidad instalada. Para lo cual es necesario superar los estándares actuales de eficiencia y disminución de paros no programadas, que se puede lograr mediante el Sistema de Mantenimiento “MDC”.

Los servicios generales que la fábrica requiere para su funcionamiento son los siguientes: Electricidad, vapor, aire comprimido, gas inerte, agua, refrigeración, generando dentro de sus instalaciones todos estos servicios a excepción de la energía eléctrica que es obtenida de la red pública, pero esta provista de un grupo de generadores eléctricos que funcionan a diesel.

En lo referente al Área de Mantenimiento, está totalmente controlada por el departamento Técnico, con total independencia de manejar a terceros para cumplir sus diferentes actividades específicas. Actualmente los trabajos de Mantenimiento se están aplicando bajo el concepto Mantenimiento Correctivo, que resulta insuficiente debido a la poca planificación y programación de las actividades de mantenimiento con las diferentes áreas de producción, como resultado existe mala distribución de los recursos. La fábrica cuenta con una buena base de datos sobre el historial de los equipos y repuestos, lo que es de suma utilidad para conocer las frecuencias y duración de las paradas.

## **1.2 Estrategias de la empresa**

Las estrategias aplicadas Nestlé, son el resultado de una larga investigación y acumulación de experiencia propias de la compañía, estos conocimientos son plasmados en una serie de instrucciones y procedimientos que al ser aplicados produce excelentes resultados, así como la estandarización en toda la compañía,

Para cada campo de aplicación existen muchas estrategias, de las cuales se debe valorar cual es la más adecuada para la fábrica tomando en consideración las legislaciones de cada país como la facilidad de una pronta implementación, sin poner en riesgo el funcionamiento a corto y largo plazo de la fábrica.

### **1.2.1 Estrategias de Negocios**

Actualmente se ha designado a esta fábrica a la producción de leche en polvo, debido a la gran evolución presentada en eficiencia en sus procesos, y favorable aceptación de los productos en el mercado.

Teniendo en consideración los volúmenes de ventas y la utilización de las líneas se ha priorizado las líneas, para que sobre estas se centren los esfuerzos de mantenimiento, calidad y distribución. Debido a la competitividad, la empresa se ve obligada a mejorar sus formas de producción elevando la efectividad de las líneas producción para lograr dicho objetivo se ha iniciado con el proceso de automatización logrando estabilizar las condiciones del proceso y elevar el rendimiento general de la planta.

## **1.2.2 Estrategias de Producción**

Dependiendo de los programas de producción y de las demandas del mercado, la fábrica puede llegar a saturar la utilización de sus líneas, reduciendo el tiempo disponible para mantenimiento, para mantener los equipos en óptimo estado es necesario aprovechar de mejor manera los tiempos asignados a limpiezas y cambios de formatos, para que sean en estos tiempos realizadas actividades de mantenimiento.

La saturación de las líneas, nos conduce directamente a la reducción de los costos de producción ya que un ciclo óptimo de producción, nos genera ahorros en energía y mano de obra, a la par con la reducción de los paros imprevistos de las líneas que contribuyen directamente con este objetivo. La implementación del MDC como una herramienta de mejora continua genera la reducción de los paros imprevistos, optimizando el rendimiento de las líneas.

La programación efectiva de las actividades de mantenimiento con producción, conlleva la confiabilidad que los equipos requieren para cumplir efectivamente con su función y en los parámetros esperados, debe existir una comunicación directa entre las áreas involucradas para la realización de actividades de mantenimiento en los tiempos esperados y con la cantidad de personal requerido, los reportes de paradas y desempeño de las líneas.

## **1.2.3 Estrategias de Mantenimiento**

El Mantenimiento es una de las partes esenciales para el correcto funcionamiento de la fábrica, se debe dar la importancia necesaria para alcanzar las metas deseadas en operación y en eficiencia. El mantenimiento es un factor significativo que contribuye al beneficio y a un mayor rendimiento del capital invertido.

El propósito de la Estrategia de Mantenimiento Nestlé es emplear el mantenimiento como una herramienta para el mantenimiento y mejora de la competitividad de la fábrica a largo y corto plazo.

Asegurando simultáneamente la seguridad y calidad de nuestros productos así como la protección de nuestra gente y medio ambiente, mediante la optimización del rendimiento de la planta, con el fin de minimizar el costo total de producción, siendo flexibles y adaptándose a los cambios de las prioridades empresariales.

Esta estrategia está basada en los siguientes principios, los cuales deben involucrar a todo el personal de la fábrica y no únicamente a personal de ingeniería:

- Compromiso
- Conformidad con la estrategia empresarial
- Comunicación y cooperación
- Análisis Sistemático
- Descentralización
- Mejora continua

La herramienta preferida y apoyada por NESTLE para la implantación de la Estrategia de Mantenimiento es el Mantenimiento Dirigido a la Consecuencia “MDC”.

Esta disposición se aplica a todos los servicios de la fabricación, embalaje e industriales así como a funciones auxiliares donde se necesita mantener los activos.

### 1.3 Estudio general de las líneas de producción

La fábrica, puede dividirse en tres grandes grupo que abarcan todas las áreas relacionadas con producción, siendo las siguientes:

- Producción
- Servicios Básicos
- Estaciones o centros de acopio

Realizando un análisis dentro del área de producción en particular, existen varias subdivisiones, las mismas que pueden ser un proceso independiente o un conjunto de procesos agrupados a los cuales se le denomina centros de cargo. A continuación detallamos los diferentes centros de cargo existentes en el área de producción:

Recepción de leche  
Pulverización / Condensación  
Hojalatería  
Llenaje  
Embalaje

A continuación, detallamos cada uno de los diferentes centros de cargo o procesos de producción en los que se ha dividido a la línea de leche en polvo:

#### **a) Estaciones:**

La leche proveniente de los diferentes ganaderos y productores del país, es receptada en las diferentes estaciones de recepción, la leche enfriada y almacenada en las estaciones, cumpliendo con las normas y especificaciones establecidas por Nestlé,

Cada estación cuenta con su propio sistema de refrigeración y almacenaje, y posterior a este proceso la leche es transportada por medio de

camiones aislados, en los cuales la temperatura de mantiene hasta llegar a fábrica

## **b) Recepción de leche**

Una vez que llega el tanquero a la fábrica, se procede a realizar una serie de análisis a la leche antes de aceptada, para asegurar que cuentan con las propiedades necesarias para ser procesada.

Se procede a extraer la leche por medio de una bomba centrífuga, de forma inmediata la leche sigue su flujo por un medidor másico en donde se registra la cantidad total entregada por el tanquero, para luego pasar por un proceso de pasteurización, posterior la leche procede a ser almacenada en cualquiera de los silos dependiendo de la producción que esté programada para el día.

Laboratorio lleva un control estricto de todos los datos obtenidos, ya que según el informe que presente se procede al almacenamiento de la materia prima en los diferentes silos, dependiendo de las características se las puede almacenar con otras que tengan las mismas propiedades. En el caso específico de un alto índice de acidez estas son agrupadas en un silo específico, ya que son designadas a un tipo específico de producción.

## **c) Pulverización / Condensación**

En este centro de cargo se encuentran agrupados tres procesos estandarización, condensación y pulverización. Los cuales detallamos a continuación

### **c.1) Estandarización:**

Dependiendo del producto que esté programado para su fabricación este requiere diferentes componentes, de acuerdo a la receta proporcionada por Nestlé, la materia prima almacenada en los silos es analizada nuevamente en vista que puede variar las condiciones iniciales a las que fue almacenada.

Conociendo los resultados de este nuevo análisis, se procede a calcular las cantidades de vitaminas o grasa que se debe aumentar, de acuerdo con la receta, estos nuevos componentes son mezclados independientemente en un tambor auxiliar y enviados a los silos por medio de bombas centrífugas, en los silos se realiza la mezcla final con la materia prima almacenada debido al movimiento proporcionado por los agitadores. Terminado este proceso, la materia prima se encuentra estandarizada con todas las normas y especificaciones de la región y puede pasar siguiente proceso, Condensación.

### **c.2) Condensación**

En esta fase del proceso se trata de eliminar en un alto porcentaje el agua que se encuentra en la leche mediante una serie de intercambiadores de flujo contrario de calor, los mismos que utilizan vapor para realizar el intercambio de calor con la leche y lograr la eliminación del vapor de agua existente en la leche, la extracción del agua de la leche debe realizarse mediante un proceso de calentamiento suave, asegurando que las proteínas de la mismas no sufra daños ni trastornos.

Considerando que el 88% del volumen de la leche es agua y 12% son las partículas sólidas, en este proceso no se puede eliminar totalmente el agua, se llega a eliminar hasta que alcance un porcentaje establecido de partículas sólidas, siempre dependiendo del producto a elaborar.

El flujo de la leche es el siguiente, la leche que proviene de la estandarización, es enviada al evaporador en donde se eleva la temperatura, para luego pasar por los precalentadores elevando aún más la temperatura de la leche, seguido pasa por el pasteurizador y uperizador en donde se realiza la esterilización del producto.

Finalmente pasa por los intercambiadores de calor denominados efectos siendo en total cuatro, para ser enviados a la siguiente fase del proceso que es pulverización primeramente deben pasar por el homogenizador en donde se produce un choque de las moléculas de grasas contra una válvula del homogenizador que produce que las bolas de grasa sean eliminadas.

Para este proceso también se realiza el aseguramiento de calidad del producto mediante la pasteurización y uperización, procesos que aseguran la eliminación de bacterias y gérmenes presentes aún en la leche. Al terminar esta fase la leche es mucho más densa de la común, a la cual se denomina leche precondensada y pasa por un precalentador el cual eleva la temperatura de la leche para disminuir la viscosidad de la leche y sea mucho más fácil enviarla a la torre de pulverización.

Dependiendo del programa de producción, es decir, las horas de utilización y el tipo de producto a fabricar, se deben realizar paradas de limpieza para el evaporador y los otros equipos pudiendo ser las mismas cortas o largas; debiendo contar con la aprobación de Aseguramiento de Calidad para reiniciar el proceso.

Actualmente toda esta sección se encuentra automatizada, lo que ha favorecido en el aumento de la eficiencia de la línea y facilidad en el control y obtención de datos sobre el proceso.

### **c.3) Pulverización:**

El área en donde se realiza este proceso es una área seca controlada, debido a que la humedad existe es casi nula, este proceso está conformado por una torre de pulverización, un sistema de conducción de leche en polvo basándose en vibraciones, sopladores neumáticas y un sistema de almacenaje en depósitos de para su posterior envasado y embalaje en los diferentes empaques.

El proceso se realiza de la manera siguiente la leche precondensada que ha pasado por el homogenizador, es dirigida inmediatamente hacia la bomba de pistones, llegando hasta la boca de la torre de pulverización, en donde se encuentra la boquilla de pulverización y la leche precondensada es atomizada y forzada a pasar por una corriente de aire seco, lo que provoca que se pulverice, logrando una pulverización dentro de la torre, el flujo total se separa un 30% de todo el volumen de la leche pasa directo, el 70% restante pasa a dos tolvas, una especie de silos en donde se almacena la leche que no pudo ser captada en la torre principal.

Por medio de sistemas rotativas ubicadas en la parte inferior de las tolvas, la leche en polvo es llevada a un tamiz en donde se encaminada hacia una tercer sistema rotativo, la misma que envía todo el producto a la parte inferior de la torre de pulverización, obteniendo el volumen total del producto. De donde inmediatamente es conducida a una inyección de aire caliente para un posterior enfriamiento y finalmente termina en un tamiz vibrador, para luego pasar al área de almacenaje mediante totes.

### **d) Hojalatería**

Debido a las características de los productos catalogados como PID, se hace necesario que se realice su llenado en tarros metálicos, los mismos son

fabricados en la fábrica, en el área de hojalatería. No siendo este una fase del proceso en sí, se debe tener mucha conciencia de su importancia, ya que si existe carencia de tarros no se puede realizar el llenado.

El proceso para la fabricación de tarros, consiste de los siguientes pasos, primero se procede a cortar las láminas metálicas mediante la cortadora, en el tamaño adecuado dependiendo del producto que se designe a realizar, paso seguido pasan a la formadora en donde se logra darles la forma cilíndrica, pasando por medio de bandas transportadoras magnéticas hacia la pestañadora en donde se realiza el borde inferior de la lata.

Seguido pasa a la sertidora en donde se coloca la tapa inferior y se la asegura doblando de la ceja hacia la tapa y por último pasa a la sección de almacenamiento en donde espera hasta que se la utilice, las latas en esta etapa ya están lista para que se proceda a llenar el producto en su interior.

## **e) Llenaje**

Dependiendo del producto que esté realizando, puede realizarse el llenado en fundas o en tarros, en esta sección se realiza el llenaje de los tipos de producto...

Los productos LEP son empacados en fundas de formatos 135, 250 o 500 gr. con una velocidad entre 25 a 38 fundas / minuto, mientras que los productos DIP son empacados en latas con diferentes formatos variando también la velocidad de la línea de acuerdo con el producto y el formato.

El producto almacenado en los diferentes totes es llevado por medio de montacargas manuales a las estaciones de totes en donde por medio de un movimiento vibratorio empiezan a caer la leche en polvo a la parte inferior de la tolva en donde se encuentra ubicado una máquina envasadora, que

dependiendo de el tipo de producto que se quiera realizar el llenado, esta realizará en trabajo

## **f) Embalaje**

El producto procedente del área de llenado es transportado por medio de bandas al área de embalaje, en donde existen dos líneas una para fundas y otra para latas. En la línea de fundas únicamente se realiza el embalaje en cartones con la cantidad especificada para cada formato.

Para la línea de latas las mismas son transportadas por medio de bandas, llegando a la gasificadora, en donde se realiza el proceso de vaciado, a continuación las latas dependiendo de su formato pasan por una sertidora en donde es sellado la tapa interior, seguido pasa a la etiquetadora en donde se procede a pegar la etiqueta, luego sigue a tapadora en donde automáticamente es tapada con una tapa plástica y por último pasa a la empacadora y se procede a llevar el producto a la bodega de producto terminado.

### **1.3.1 Establecimiento de prioridades y selección de la línea de condensación.**

Dentro de la fábrica se pueden distinguir tres grandes áreas, producción, servicios generales y estaciones todas estas están relacionadas de forma directa con el proceso.

Realizando una priorización en estas áreas de la fábrica desde diferentes puntos de vista y bajo un sistema de calificación, mediante tres categorías a las cuales se las asignado un valor numérico de 1, 3 y 5 de menor a mayor en importancia. Las calificaciones con el número 1 representa una baja incidencia en el proceso, o un difícil control, o que no se cuenta con los medios para

poder evaluar su estado; el número 3 representa una mediana incidencia en el proceso, o una mediana facilidad de control, o que los medios para poder evaluar el estado están medianamente disponibles y el número 5 una alta incidencia en el proceso, o una gran facilidad de control, o que los medios para poder evaluar el estado están altamente disponibles.

Tabla 1.1 Evaluación áreas de fábrica

<b>AREA</b>	Importancia Proceso	Facilidad Control	Medios Disponibles	<b>TOTAL</b>
Producción	5	3	5	13
Servicios Gnrls.	5	3	3	11
Estaciones	3	3	3	9

**Nota:** La forma de calificación es basándose en tres estándares, considerando la importancia en el proceso de producción, facilidad para el control y los medios disponibles para evaluar y controlar la implantación. Considerando una calificación alta = 5, media = 3 y baja =1

De los resultados de la tabla, podemos extraer que el orden de análisis de las diferentes áreas será el siguiente:

Área de Producción

Área de Servicios Generales

Área de Estaciones

A continuación, debemos realizar la priorización dentro del área de producción, bajo las mismas condiciones de calificación, tal como se detalla tabla No. 1.2

Tabla 1.2 Evaluación de las líneas de producción

<b>Áreas Producción</b>	<b>Utilización línea</b>	<b>Seguridad Aliment/ Persnl</b>	<b>Medio Ambiente</b>	<b>Importancia proceso product</b>	<b>Características equipo instal.</b>	<b>TOTAL</b>
Recepción	1	1	1	3	1	<b>7</b>
Pulv. / Cond.	5	5	3	5	5	<b>23</b>
Hojalatería	3	3	1	3	5	<b>15</b>
Llenaje	3	3	1	3	5	<b>15</b>
Embalaje	3	1	1	3	3	<b>11</b>

Del resultado de esta priorización se puede obtener el siguiente orden de análisis de los centros de cargo de la línea de producción

1. Pulverización – Condensación
2. Hojalatería
3. Llenaje
4. Embalaje
5. Recepción

Dentro del centro de cargo de Pulverización – condensación, existen tres procesos o líneas de producción, los cuales por su importancia necesitan también ser analizados en forma independiente, estos son:

- Reconstitución
- Condensación
- Pulverización

Siguiendo el flujo del proceso es necesario iniciar con el estudio de la línea de Condensación, a continuación se detalla un estudio a fondo de esta línea para poder iniciar con el análisis.

### **1.3.2 Seguimiento de todo el proceso de la línea de producción.**

Dentro del proceso de condensación, existen ciertos puntos críticos de control, en donde las variaciones que se presentan en el mismo pueden afectar directamente a la calidad del producto, de acuerdo con los controles de calidad que se realizan en la línea.

Estos puntos críticos en esta línea, es uperización, en donde se inyecta directamente vapor a la leche, elevando la temperatura del producto hasta-108°C, con la finalidad de eliminar los gérmenes, existe un lazo de control el cual cuando la temperatura baja de 104°C, se activa una válvula de seguridad enviando al producto al depósito anterior a la uperización, es decir se bloquea el paso del producto hasta que la temperatura nuevamente alcance la temperatura entre 108 °C.

Toda la línea en conjunto puede ser valorada en su eficiencia, este dato es proporcionado mediante una evaluación interna de los estándares y reglamentos internos Nestlé. Este valor nos puede servir como base para realizar mejoras sobre la línea y que se vean reflejados en las próximas evaluaciones de eficiencia, que se realicen sobre la línea.

Siendo la seguridad personal el principal parámetro en que basa el MDC, para la implantación de los programas de mantenimiento, se debe tener especial cuidado con las consecuencias que puede presentar una falla a la persona. En especial a esta área, ya se ha realizado un minucioso estudio de todas estas anormalidades y se han tomado acciones tendientes a que el impacto sea de un grado mínimo de incidencia en lo referente a Seguridad Personal.

Siendo la fábrica productora de alimentos, los desechos producidos en la gran mayoría son residuos orgánicos como agua, crema, desechos de leche, etc. No se debe descuidar también de la mala o irracional utilización de recursos como agua, siendo este recurso que se utiliza de una manera irracional o poco consciente, por ello se deben realizar acciones tendientes a disminuir el consumo discriminado del agua.

### **1.3.3 Identificación de cuellos de botella en el proceso.**

En esta área se pueden identificar los siguientes equipos como “cuellos de botella”: evaporador de 4 efectos y clarificadoras, cabe notar que bajo estas denominaciones se encuentran asociados varios elementos, pero para facilitar el análisis los agrupamos de esta manera.

Para la identificación de los “Cuellos de botella”, se realizó tomando en cuenta varios aspectos, los cuales detallo a continuación:

1. Criticidad en el proceso.
2. Disponibilidad de equipos con similares características.
3. Facilidad para obtener repuestos.
4. Capacidad de personal técnico propio para realizar actividades de mantenimiento y reparación.

La criticidad de los equipos dentro del proceso, se puede determinar de acuerdo con la función que cumplan dentro del mismo. Por ejemplo, no puede tener la misma importancia un equipo que es paso obligado de la materia prima, contra otro que no lo es.

En el área de Condensación, se determino que el equipo crítico es el Evaporador, puesto que el paso por las clarificadoras puede ser omitido en

casos extremos, de esta misma operación se puede realizarlo con el precalentador.

La facilidad para reemplazar el equipo que presente una falla con otro de reserva, puede considerarse como una alta disponibilidad y los riesgos de detener la producción por ese equipo van disminuyendo en un gran porcentaje. En este caso, el único equipo que tiene reserva es la clarificadora con lo que los riesgos de detener la producción por dicho equipo se ven disminuidos, lo que no ocurre con los restantes

Dependiendo de la complejidad de encontrar los repuestos para cierto equipo, puede resultar en un inconveniente el momento de realizar el mantenimiento del mismo. Por ello se debe identificar claramente los equipos que puedan tener este problema.

En el caso de los equipos de Condensación ninguno de los repuestos requiere más de dos semanas para contar con los mismos en fábrica, teniendo en cuenta este lapso de tiempo se puede planificar las actividades de mantenimiento de forma programada.

Considerado que el personal que realiza el trabajo de manteniendo en la fábrica, cuenta con muchos años dentro de la empresa y que la capacitación ha sido constante durante todos esos años, la capacidad del personal en solucionar problemas en los equipos es altamente eficiente en la mayoría de equipos, pero se puede generar situaciones muy especiales en las que se necesita el apoyo de personal de fuera.

En lo concerniente a los equipos en estudio se ha recibido apoyo en el evaporador, del análisis de todos estos aspectos podemos determinar que los equipos críticos en el área de condensación es estrictamente el Evaporador.

### **1.3.4 Identificación y remodificación de todas las máquinas del proceso.**

Todos los equipos instalados en la fábrica cuentan con dos identificaciones, denominados número de inventario y código de área, el primero indica el número de inventario general dentro de la fábrica, el cual puede ser alfa numérico con un máximo de 7 espacios, mediante este código se puede reconocer el equipo en cualquier área de la fábrica.

El número de inventario se lo ha asignado de acuerdo como se haya ido activando los equipos, teniendo en cuenta que para activarlos de acuerdo a las políticas internas de la empresa, este número de asignación es secuencial sin importar el área.

Ejemplo.

	Inventario
Bomba condensado pasteurizador	14025A3

Los códigos pueden contener letras, lo que representa que han sido mejorados o incorporados equipos adicionales para mejorar su funcionamiento o se los ha separado de unidades complejas para un mejor control.

El código de área del equipo, indica el centro de cargo o costos al que se deben asignar los todos los gastos del equipo, adicionalmente nos presenta la ubicación exacta equipo en la fábrica, mediante la siguiente estructura:

CC.LL.UU.NC

CC: Centro de Cargo

LL: Línea de Producción

UU: Unidad de línea de producción

NC: Unidad de producción de la línea

Los CC representa el nombre de la cuenta por medio de la cual se manejará el movimiento del equipo en mantenimiento, repuestos, arreglos, cambios. LL representa la línea de producción, UU representa la unidad de producción y NC un equipo en particular.

Ejemplo.

Bomba condensado pasteurizador 210.01.01.11

La bomba se encuentra en el CC denominado Condensación y Pulverización, LL Condensación y Pulverización, UU Condensación, NC número 11.

De igual manera el último parámetro NC, se los asigna en forma secuencial de acuerdo a su activación en el centro de cargo. Los equipos de reserva cuentan también con esta identificación.

Los equipos que se encuentran en el área de pulverización, se encuentran detallados en la tabla No. 1.3, en donde se especifica el número de inventario del código de área.

Tabla No. 1.3 Codificación de equipos área de condensación

<b>Código Area</b>	<b>Descripción</b>	<b>No. Inventario</b>
210.01.01.01	BB descarga 1er efecto	1446
210.01.01.02	BB descarga 2do efecto	1448
210.01.01.03	BB descarga 3er efecto A	16920
210.01.01.04	BB descarga 3er efecto B	1175B
210.01.01.05	BB descarga 4to efecto A	1175
210.01.01.06	BB descarga 4to efecto B	1467
210.01.01.07	BB descarga tanque pulmón 2	1607
210.01.01.08	BB leche precondensada	1232
210.01.01.09	BB descarga tina intermedia	16921
210.01.01.10	BB precalentador	1458
210.01.01.11	BB recolección conden pasteu	1465
210.01.01.12	BB Recolección cod 1 efecto	1251
210.01.01.13	BB Recolección cod evap	1599
210.01.01.14	BB dosificación de aceite	1463
210.01.01.16	Tanque de espera	1468
210.01.01.17	Filtro leche precondensada	1477
210.01.01.18	BB retorno agua industrial	1283
210.01.01.20	Evaporador Scheffers No.1	1471
210.01.01.21	BB descarga tanque pulmón 1	1493
210.01.02.01	Clarificadora de leche No. 1	1274
210.01.02.03	Clarificadora de leche No. 2	18006
210.01.01.25	Tanque pulmón No. 1	17922
210.01.01.26	Tanque pulmón No. 2	1466
210.01.01.27	Condensador	1471C
210.01.01.28	Pasteurizador	16681
210.01.01.29	Termocompresor	16682
210.01.01.30	Tanque intermedio	1468
210.01.01.31	Tanque precondensado No. 1	1474
210.01.01.32	Tanque precondensado No. 2	1473

## **CAPÍTULO 2**

### **MANTENIMIENTO DIRIGIDO A LA CONSECUENCIA “MDC”**

#### **2.1 Descripción de Mantenimiento Dirigido a la Consecuencia “MDC”**

Mantenimiento Dirigido a la Consecuencia es una estrategia de Mantenimiento basado en el riesgo - consecuencia de las fallas, siendo además, la herramienta preferida para implementar la Estrategia de Mantenimiento Nestlé. Esta fue desarrollada tomando las ventajas de filosofías de mantenimiento aceptadas mundialmente, tomando siempre en consideración el desarrollo y evolución de los negocios.

Asegurando que la estrategia sea válida siempre y cuando cumpla con los siguientes puntos:

- Enfoque flexible para análisis de las líneas para asegurar que las decisiones puedan ser realizadas con un mínimo trabajo administrativo.
- Una metodología estructurada, consistente con las actuales fábricas Nestlé.
- Relación sistemática del desarrollo de los negocios.
- Aceptación del concepto de “Paro por fallo” donde los costos de evitar la falla son elevados.

El MDC no es un programa que se implanta una vez y queda implantado. Requiere un continuo análisis de las actividades de mantenimiento, diseño de las líneas y fallas para que el mantenimiento sea optimizado.

En particular, como ocurra una nueva falla, esta puede ser analizada para identificar sistemáticamente el mayor riesgo y consecuencia, raíz de la causa. En esta forma, la eficiencia de la planta es continuamente mejorada.

Las actividades de mantenimiento deben ser continuamente revisadas para identificar si todas las tareas son realizadas de la mejor manera por las personas responsables. Esto sería si la primera evaluación de mantenimiento de los operadores es correcta. Tales revisiones pueden ser una parte integral del ciclo anual del MDC.

Los análisis del MDC deben ser actualizados cada año y cuando se presenten un cambio significativo en el desarrollo de los negocios, que pueda afectar las suposiciones hechas, En esta forma, las decisiones de mantenimiento deben estar sincronizados con los negocios. Estas nuevas suposiciones deben ser únicamente necesarias para aumentar la precisión de los cambios en el MDC.

Los eventos que pueden generar modificación en las condiciones básicas del Mantenimiento son:

- Cambio en los volúmenes de negocios actuales y proyectados.
- Cambio en costos de materiales.
- Importaciones, embalaje o otros empaques que puedan cambiar la utilización o costos en la estructura de línea
- Instalación de nuevos equipos
- Mayores fallas.

El MDC y TPM son filosofías de mantenimiento, que están guiados a obtener resultados básicos similares:

- Fomentar la integración de actividades de mantenimiento y producción
- Realizar un análisis sistemático de las fallas y riesgos

➤ Descentralizar las actividades de mantenimiento

El MDC es una adaptación del TPM aplicado a nuestro medio. Sin embargo, el MDC contiene similitudes y diferencias con el TPM, las mismas que son enumeradas en la tabla No. 2.1

Tabla No. 2.1 Comparación entre TPM y MDC

<b><i>MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)</i></b>	<b><i>MANTENIMIENTO DIRIGIDO A LA CONSECUENCIA (MDC)</i></b>
Procura: - Cero fallas - Cero defectos - Cero pérdidas de velocidad.	Procura reducir el costo total de producción – no las cero fallas. Acepta el concepto “Paro por falla” como una estrategia válida
No necesariamente toma en cuenta los negocios en su análisis.	Está basado en los negocios, estrategias y desarrollo
Puede ser doctrinante y fuerte en aplicaciones y análisis de fallas.	La carga administrativa únicamente es alta cuando se necesita analizar los resultados
Acepta pequeñas admisión de otras estrategias de mantenimiento validas.	Usa elementos de otras estrategias de mantenimiento y manejo de riesgo.

<p>Se necesita una detallada guía en la implementación, puede ser difícil para obtener la adaptación para una aplicación local. Además, requiere un extenso uso de consultas para ayudar a la implementación.</p>	<p>Debido al apoyo que se tiene por las fábricas Nestlé, puede resultar más fácil su implementación.</p>

### 2.1.1 Objetivo Principal

**“Distribuir de una mejor manera, los recursos de mantenimiento sobre los puntos críticos de cada línea de producción, además de mejorar los rendimientos de las máquinas, optimizar la utilización y la ocupación de la mano de obra y de las partes de repuestos para el mantenimiento”.**

### 2.1.2 Objetivos Secundarios

- Involucrar a todo el personal de la fábrica en la elaboración del Plan de acciones.
- Planificar las actividades de Mantenimiento cambiando de un mantenimiento correctivo a un planificado.
- Optimizar el control y designación del personal, para las diferentes actividades de Mantenimiento.
- Eliminar las fallas o minimizar su impacto, que se presentan en los diferentes equipos.

### 2.1.3 Fundamentos básicos

Para comprender de una manera clara la relación que existe entre el mantenimiento y los costos, presentamos la Fig. No.2.1 en donde se puede ver como varían los costos tanto de fallas como mantenimiento. Además, se puede observar la variación del costo total, que es el resultado de la fusión de las otras dos curvas.

La curva A (Costo mantenimiento), se presenta como una relación directa, es decir una línea recta que parte desde el inicio. Cuando se realiza un mayor mantenimiento, los costos suben mientras que si no se realiza, los costos disminuyen.

La curva B (Costo de fallas), se presenta como una parábola, lo misma que varía en forma indirecta, es decir para un mayor mantenimiento, los costos por fallas disminuyen considerablemente, mientras que si no se realiza mantenimiento, los costos de las fallas aumentan rápidamente.

La curva C Costo Total (A+B), representa la suma de las dos curvas anteriores, que es el resultado de una interacción de las dos, por lo que debemos tratar de establecerla lo más exacta posible, ya que esta nos permite definir el nivel óptimo de mantenimiento, para no realizar un excesivo mantenimiento, lo que produciría pérdidas, al estar exagerando en el mantenimiento. Ni descuidarnos en el mismo, lo que produciría un alto costo en las fallas.

Del análisis final que se realice sobre los costos de dejar fallar y los costos de mantenimiento, se podrá seleccionar la mejor opción que cumpla con los requerimientos del punto óptimo.

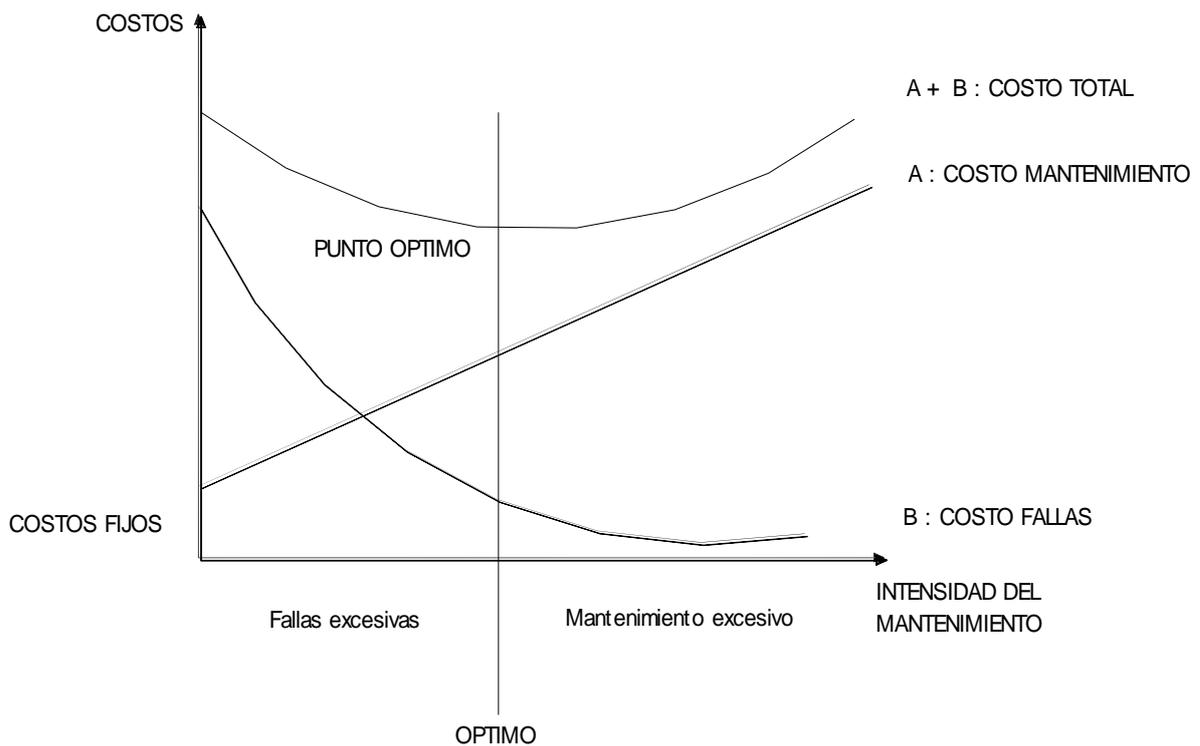


Figura 2.1. Costo total imputable al mantenimiento

El MDC, tiene cuatro pilares los cuales fundamenta su funcionamiento, los cuales detallamos a continuación:

1. Integración continúa de los negocios desarrollados. Debemos tener un visión general de los objetivos de la empresa a corto y largo plazo. Lo que se busca es que se dividan los objetivos globales de la empresa, en objetivos particulares de los grupos de trabajo. Por ejemplo un objetivo general es disminuir los paros técnicos al 2% en este año, el objetivo particular de un grupo de trabajo encargado de bombas centrífugas, será disminuir los paros no programados debidos a la fuga de leche en 5 %.

2. Análisis sistemático de fallas para poder tomar decisiones en las acciones las cuales eliminan fallas futuras o minimizan los riesgos de re-ocurrencia. De la información recolectada de las hojas de máquinas y de los historiales, se pueden sacar datos que nos permitan valorar el tipo de daño, y a la vez programar el tipo de mantenimiento que necesita cada máquina.
3. Análisis sistemático del diseño de las líneas, para monitorear la efectividad del mantenimiento e identificar las áreas de alta prioridad.
4. Descentralización de las rutinas de mantenimiento, para hacer un mejor uso de todo nuestro personal. Capacitar a los operadores para que sean capaces de solucionar pequeños problemas en la máquina, dejando más tiempo al personal de mantenimiento para realizar su trabajo. Formar grupos de alta colaboración designado responsabilidades marcadas.

#### **2.1.4 Formato de procedimiento**

La forma de proceder para realizar un Mantenimiento bajo el MDC, podemos resumir en 4 etapas:

1. Revisión anual del negocio
2. Evaluación de los riesgos y consecuencias
3. Análisis y desarrollo de planes de acción
4. Implementación y mejoramiento continuo.

Para realizar cada una de las fases descritas se debe llenar una serie de formularios, tanto para la evaluación de costos como para las acciones tendientes a eliminar las fallas, estos se encuentran detallados en las siguientes secciones.

### 2.1.4.1 Revisión anual de Negocios

Esta etapa empezará cuando las estrategias de ventas y mercado sean conocidas para un plan de largo plazo; o sí hay cambio en el mercado que afecten las suposiciones hechas para el MDC, asegurando que los objetivos del Sistema de Mantenimiento sean los mismos que de la compañía.

Se debe definir y ajustarán las prioridades en función de productos y líneas basados en cambios en el mejoramiento de las ventas e identificar los riesgos totales para las ventas que afectan las decisiones de mantenimiento. También se debe definirse los riesgos - consecuencias mayores para el negocio. Esto puede ser definido mediante la matriz de Riesgo – consecuencia, detallada en la Figura 2.2.

Consecuencias (Un solo fallo)	Riesgos				
	1. De 1 a 3 veces por año	2. De 1 a 3 veces por cada 3 meses	3. 1 ó 2 veces por cada mes	4. De 2 a 4 veces por cada mes	5. Más de 5 veces por cada mes
<b>1. Costo Total por fallo menor a \$ 5.000</b> No tiene efecto en la calidad No tiene efecto en el medio ambiente No tiene otros efectos en el negocio	1	2	3	4	5
<b>2. Costo Total por fallo menor a \$ 10.000</b> Sensible efecto en la calidad Riesgo mínimo de defectos que lleguen al mercado Muy poco efecto sobre el Medio Ambiente Muy poco efecto sobre el negocio	2	4	6	7	8
<b>3. Costo Total por fallo menor a \$15.000</b> Moderado efecto en la calidad Cierto riesgo de defecto que lleguen al mercado. Notable efecto en el medio Ambiente. Notable efecto sobre el negocio	3	6	7	8	9
<b>4. Costo Total por fallo menor a \$ 20.000</b> Moderado efecto en la calidad o Moderado riesgo de defecto que lleguen al mercado. Efecto menor en el medio Ambiente. Efecto menor sobre el negocio	4	7	8	9	10
<b>5. Costo Total por fallo mayor a \$ 20.000</b> Efecto significativo en la calidad o Alto riesgo de defecto que lleguen al mercado. Efecto significativo en el medio Ambiente. Efecto significativo sobre el negocio	5	8	9	10	10

Figura 2.2. Matriz Consecuencia

#### **2.1.4.2 Valoración de Riesgo – Consecuencia mayor**

Usando la información de la fase No. 1 como una guía, se elabora la matriz riesgo consecuencia en la Figura 2.2, en donde se encuentran relacionados las consecuencias con las frecuencias de los daños que presenta cada componente del equipo, dentro de las consecuencias se toman en cuenta calidad del producto, seguridad de personal y evidentemente costos, mientras que para la frecuencia se ha dividido al año en lapso de tiempo dentro de los cuales se puede enmarcar un daño.

La evaluación se realiza una por una cada línea, equipo y elemento en donde existe riesgo - consecuencia de fallo, dependiendo el impacto que tenga el fallo en el negocio se puede clasificar en Inaceptable, Significativa y Menor; de acuerdo con esta clasificación se ordena las fallas con prioridad a ser analizadas.

Para la interpretación, análisis en implantación de las acciones se conforman un grupo de análisis el cual está conformado por integrantes de todas las secciones de la fábrica técnico, fabricación, aseguramiento de calidad y administrativo.

#### **2.1.4.3 Equipos de análisis y desarrollo del plan de acción**

El grupo MDC analizan la historia de fallas de esta máquina para determinar el riesgo de la falla re - ocurrencia y la consecuencia de las fallas. Ellos analizan en cada máquina las fallas potenciales.

Identifican los riesgos – consecuencia mayores que son señalados en la fase No. 2 y las fallas prioritarias para mayor análisis. Para este análisis es

necesario llenar los formatos de Análisis de fallas e impacto en el negocio y análisis de costos de fallas, que se detalla en las secciones siguientes.

Identificadas y valoradas las diferentes fallas, se prosigue a plantear las acciones pertinentes para eliminar la causa raíz, toda esta información es procesada en los formatos causa raíz y plan de acción y análisis de costos de causa raíz.

Por último, eliminadas las causas raíces o disminuido su impacto en el negocio, el paso siguiente es establecer un programa de mantenimiento que abarque todos los aspectos de la máquina tanto mecánico, como eléctrico y monitoreo, esta información debe ser llevada mediante los formatos de plan de mantenimiento rutinario y análisis del plan de mantenimiento rutinario.

#### **2.1.4.4 Implementación y mejoramiento continuo.**

La empresa confirma con el equipo MDC, el propósito del plan de acción. También evalúan el impacto del plan dentro de la organización de la empresa y los recursos. Donde sea necesario realiza rectificaciones al presupuesto.

La mayor parte de la fase No.4 comprende la revisión de asignaciones de tareas de mantenimiento para producción y entrenamiento necesario para permitir realizar el trabajo a los operadores.

El mejoramiento continuo puede ser realizado de una mejor manera si se realiza:

- Un sistemático análisis de fallas llevando un control de cuando ocurren las fallas. Esto asegura una sistemática y progresiva reducción en la frecuencia de fallas.
- La implementación del MDC es sistemática y debe ser revisado anualmente.

La revisión de estas cuatro etapas, se debe realizar en forma anual comparando los resultados y suposiciones hechas en los diferentes años, para poder mejorar y elevar la eficiencia del Mantenimiento en años posteriores.

## **2.2 Aplicaciones a la línea**

Para poder implementar este sistema de mantenimiento, se hace necesario establecer lineamientos generales, adecuados a la situación actual de la fábrica, establecidos por la gerencia y que permitan una fácil y eficiente implantación. Se debe considerar que la línea piloto servirá como guía para la implantación de en toda la fábrica pudiendo existir variaciones de estas políticas para las demás líneas, los diferentes lineamientos se detallan a continuación:

Para lograr la implementación del MDC en forma rápida y eficiente, se requiere de ciertos recursos, los que detallamos a continuación:

- Personal.
- Capacitación y asesorías
- Recursos existentes.

Para realizar cualquier cambio se necesita siempre la colaboración del personal, que es el factor más importante en la empresa. Por tal motivo se debe contar con el apoyo, colaboración y disponibilidad del personal que se requiera. Todo cambio necesita de un cambio de actitud y de forma de trabajar diferente, mejorando los procedimientos que se venían realizando como estableciendo otros que son necesarios, cambiando la forma de pensar de todos los involucrados, en especial el MDC necesita que un involucramiento total de personal de mantenimiento, operadores y dirección.

En especial del personal que se designe como integrante del grupo de análisis MDC, debe cumplir con un perfil que se ajuste a las necesidades y

exigencias del programa, siendo estas: facilidad de comunicación, ordenado, programado, facilidad de trabajar en grupo, criterio amplio y formado para aceptar cambio y nuevas estrategias conocimiento a fondo de línea de producción y equipos que pertenecen a la línea. Junto con estas habilidades debe contar con las facilidades de cambio de turno o reemplazo del mismo durante el lapso de tiempo que duren las diferentes reuniones, en coordinación con el Jefe de cada departamento.

La capacitación y asesoría se hacen indispensables para el desarrollo global de los objetivos de MDC, ya que podemos presentar soluciones más eficientes a los problemas que se presentan. La capacitación no representa solo un gasto, representa un activo para la empresa. Siendo la capacitación el arma estratégica para este programa se debe realizar un cronograma de capacitación para la permanente para alcanzar el objetivo que es elevar y guardar el conocimiento, solo podemos lograrlo fomentado la transmisión del conocimiento en forma ordenada y respetando el organigrama de la empresa, es decir, la capacitación debe ser divulgada de jefe a operador y de operador a operador, toda esta información debe ser rivalidad y comprobada que se ha captado mediante una evaluación práctica y teórica en el puesto de trabajo, en el caso de lograr este objetivo repetirla hasta que se logre el total conocimiento, una alcanzado esta fase se puede dar un paso siguiente en la formación pero no antes confirmar que se ha logrado la capacitación, es necesario también tener esta información por escrito y en lugares accesibles al personal. Mediante este proceso se puede lograr también una estandarización en procesos y trabajos, eliminando acciones innecesarias que alargan el tiempo de arranque de la línea y procesos.

Este recurso debe ser solventado por personal de fábrica aprovechando conocimientos del personal preparado, de no tener esta posibilidad se buscará dentro del grupo y si, aún así, no es posible se buscará asesoría externa de empresas con amplia experiencia.

Para una pronta y exitosa ejecución de acciones, necesitamos tener a nuestro alcance todos los medios disponibles existentes en la fábrica y en especial en la bodega como puede ser repuesto, accesorios, maquinaria, etc.

La comunicación dentro de la implantación del MDC es vital importancia, puesto que el todo el personal debe estar enterado de éxitos y mejoras alcanzados mediante este sistema, por tal motivo se realizará una campaña de información en toda la fábrica.

Se debe realizar un informe, el cual tiene como objetivo presentar en forma detallada los avances sobre la implantación del MDC dentro de un período. Las sugerencias y mejoras hechas serán aceptadas de la mejor manera siempre y cuando se encuentren dentro de los objetivos globales del MDC.

Los indicadores de desempeño, son las diferentes relaciones entre los valores estándar y los efectivos producidos por el equipo. La medición del desempeño nos sirve para ver como se desempeña una operación comparada con criterios establecidos (estándar). Si se quiere mejorar el desempeño, primero se debe medir.

Las mediciones del desempeño tienen que ser cuidadosamente seleccionados con el fin de enfocar los esfuerzos a los factores críticos del éxito, se debe realizar la selección de indicadores de tal manera que, reflejen en una forma clara el comportamiento. Además, no debe resultar una carga administrativa adicional el seguimiento de los mismos.

Pueden usarse para seguir tendencias e identificar problemas actuales y potenciales, así como oportunidades de mejora. Dependiendo de la necesidad, pueden ser controlados de manera continua o periódica.

Los indicadores propuestos, para el control de la implantación son los siguientes:

## **Indicadores nivel de fábrica**

➤ **Costo de mantenimiento como porcentaje del costo de producción total.**

Relaciona el costo de mantenimiento, con la intensidad de fabricación, medido como el costo total de producción.

$$\% \text{ Mantenimiento} = \frac{\text{Costo total producción}}{\text{Costo mantenimiento}} \quad (2.1)$$

➤ **Consumo de Servicios Básicos (Energía eléctrica, agua, luz, aire, vapor).**

Comparación del comportamiento de un período a otro.

Estos indicadores, no resultan una carga administrativa debido a que se los ha venido controlando desde hace algún tiempo, estos serán suministrados por el Departamento Administrativo.

### **2.2.1 Limitaciones y regulaciones**

Como punto de partida para iniciar la implantación, se hace necesario establecer los parámetros generales dentro de los cuales se realizará el Mantenimiento en la fábrica, definir alcances y funciones de cada departamento. Dentro de las políticas generales de mantenimiento podemos definir los siguientes puntos:

- Administración del Mantenimiento.
- Descentralización del Mantenimiento.
- Tercerización del Mantenimiento.

### **Administración de Mantenimiento**

El Mantenimiento, en su totalidad estará administrado y controlado por el Departamento Técnico, como se lo ha venido realizando habitualmente.

Todas las actividades de Mantenimiento deben estar en conocimiento del departamento antes mencionado, con lo que tendría un mejor control de las actividades y se llevaría a cabo un mejor control del historial del equipo, además, se aseguraría realización a dichas actividades.

### **Descentralización de del mantenimiento**

Todas las actividades de mantenimiento son importantes para la conservación del equipo en condiciones óptimas, estas deben ser realizadas de una manera eficiente, además, cumpliendo con los cuidados necesarios tanto en la seguridad de funcionamiento del equipo, como la seguridad del personal encargado de realizar el Mantenimiento.

La descentralización del manteniendo, trata de crear en el operador un sentimiento de pertenencia del equipo, lo que provocaría un mayor interés en todas las actividades relacionadas a mantenimiento. Si al operador se lo capacita y se lo entrena para que realice actividades de Inspección, monitoreo y tareas periódicas, se obtendrán mejores resultados en la medición y eficiencia del desempeño del equipo y de la línea.

La formación de grupos de alta colaboración dentro de las áreas de producción puede establecer un alto rendimiento en eficiencia en auto gestión de mantenimiento, cumpliendo metas a corto plazo y realizando un

mantenimiento diario en el lugar de trabajo, para ello es necesario capacitar al operador y visualizar las variaciones de los resultados en forma totalmente visual.

Para que el operador esté capacitado para llegar a realizar dichas actividades debe haber aprobado la hoja de capacitación, de la actividad a realizar caso contrario debe estudiar y buscar su aprobación, logrando que el conocimiento se guarde y ejecuten los trabajos en la forma correcta.

### **Tercerización del mantenimiento**

Teniendo en cuenta que los nuevos equipos están equipados con tecnología avanzada y que la capacitación al personal se hace difícil, además la disponibilidad de tiempo y cantidad de personal propio en ocasiones resulta deficiente se opta por la contratación de terceras empresas como una política viable para satisfacer los requerimientos de la fábrica. Los trabajos realizados por terceros deben cumplir con todas normativas y procedimientos del Sistema de Mantenimiento, es un socio estratégico.

### **2.2.2 Formato de aplicación**

Realizando un estudio sobre las expectativas de la fábrica en lo relacionado a los negocios y decisiones de la región, se debe priorizar las líneas existentes en la fábrica y seleccionar la más importante, como ya se lo realizó en los puntos anteriores, además se debe tener un conocimiento claro de la línea en los siguientes puntos:

- Estructura y funcionamiento detallado de la línea.
  - Flow sheet
- Función de cada equipo instalado

- Eficiencia de la línea.
- Riesgos de la línea
- Problemas de la línea en seguridad del personal, del producto, al medio ambiente.
- Costos de las fallas.
- Condiciones de operación relevante, que son afectadas por el mantenimiento.
- Instrucciones del Operador.
- Indicadores de comportamiento.

Una vez selecciona la línea sobre la cual se realizará el análisis, se hace necesario dividir a la misma en equipos, tomando en cuenta la cantidad de los mismos y si es necesario dividir a la línea las partes necesarias para poder realizar el análisis en un tiempo adecuado.

El orden de análisis de los equipos dentro de la línea seleccionada, puede ser establecido por el flujo del proceso, pero si dentro de las líneas existen equipos críticos o equipos que presentan fallas con un impacto inaceptable se debe empezar analizando estos equipos. Debiendo definir:

- Equipos críticos.
- Cuello de botella.

Una vez establecido el orden de análisis, se debe iniciar a identificar todos los daños visibles, ocultos y potenciales que se presentan en cada equipo, valiéndose del Historial de la máquina y de la experiencia de todos.

Con los datos obtenidos se evaluó el impacto que produce cada fallo en el Negocio, comparando los Riesgos y las Consecuencia, este análisis debe realizarse por año. Catalogando cada fallo como:

- Inaceptable
- Significativo
- Menor

Identificado el fallo y determinado el impacto en el Negocio, procedemos a buscar la causa que produce el fallo, si es necesario debemos sub dividir al equipo hasta encontrar la causa del fallo. Defina las acciones que se deben realizar para la eliminación o minimización de la falla, formato. Estas pueden ser:

#### Modificaciones para eliminar la causa – raíz

- Cambio procedimiento de trabajo (Operación, lubricación, etc.)
- Cambio en planes de producción (Tiempos de limpieza, períodos de producción, etc.)
- Cambios operacionales (velocidad, materiales, etc.)

#### Plan de mantenimiento predictivo (reducir riesgo)

- Control del comportamiento de la línea y chequeo de operación.
- Inspecciones permanentes

#### Plan de mantenimiento programado

- Cambio periódico de partes afectadas
- Inspecciones permanentes que significan desarme del equipo
- Overhaul periódicos

#### Reducción de Consecuencias de fallos

- ¿Puede el operador realizar la reparación?
- Modifique el equipo para reducir el tiempo de falla

- Administración de repuestos
- Equipos Stand - by

Cambios importantes en el proceso

- Nueva línea o proceso
- Cambio importante en condiciones de operación

Establecidas las acciones para eliminar la causa – raíz y los planes de acción, debemos comparar el Impacto de la Falla con el costo / esfuerzo de la acción necesaria para evitarla, con el fin de establecer prioridades dentro de las acciones de cada equipo, de acuerdo con las siguientes prioridades:

- Primera Prioridad. Fallos con impacto Inaceptables
- Segunda Prioridad. Costo / Esfuerzo es insignificante comparado con el Impacto del Fallo
- Obviamente no justificativos. Costo para evitar el fallo es excesivo comparado con Impacto de Fallo
- Tercera Prioridad. Analizar y justificar si es necesario la realización de las acciones. De acuerdo con esta priorización realizará la implantación de acciones

Dependiendo de la complejidad de los trabajos, se puede asignar los mismos a operadores, mecánicos o tercero. En caso de asignar los mismos a los operadores, debe contar con el apoyo necesario de los diferentes departamentos.

Una vez realizado el cambio o implantando el mantenimiento mejora, se debe evaluar como está influenciando el mismo en los indicadores de desempeño, para conocer la eficiencia de las acciones tomadas y tomar decisiones para cambiar o mejorar las planes y acciones. Todos los cambios y

mejoras deben ser documentados y archivados en forma ordenada para tener un fácil acceso y en el momento que se requiera.

Nuestro trabajo no termina en únicamente con implantar y controlar las acciones y planes establecidos, necesitan constantemente y continuamente ser mejoradas en todas las áreas. En orden de prioridad, son determinadas por las raíces de las causas. Cuando es necesario y justifica este análisis es llevado al nivel de componentes. Los mejoramientos son definidos para evitar la re – ocurrencia de las fallas. Generalmente estas son modificadas por el plan mantenimiento preventivo o equipos en standby.

El esfuerzo de mejoramiento es comparado con los riesgos – consecuencias para determinar:

- Si el mejoramiento es justificado o no.
- Prioridades de implementación.

El equipo define la capacidad necesaria para dicho trabajo; Identifica quien debe realizarlo (departamento) y la capacidad profesional del personal designado.

El procedimiento descrito se debe realizar para cada equipo que se encuentra en la línea analizada, siguiendo el orden y llenando los formatos indicados, para luego justificar el tipo de mantenimiento que se escoja.

## **CAPÍTULO 3**

### **RECOPIACIÓN DE DATOS, GRUPOS DE DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS INDIVIDUAL.**

#### **3.1 Recopilación de datos**

Para poder realizar el análisis de cualquier equipo, se hace necesario conocer el historial del equipo, para poder establecer acciones correctivas o planes de mantenimiento tendientes a eliminar la falla o minimizar el impacto de la falla para el negocio.

El comportamiento de los equipos a través del tiempo es fundamental para mantenimiento, facilitando las decisiones a tomar el momento de presentarse una nueva avería, un punto crítico es la pérdida de este conocimiento debido a la urgencia; para mejorar elevar el desempeño de los equipos es necesario tener un buen registro de información, modificando los hábitos de trabajo de todo el personal involucrado con el equipo. Sin datos no es posible llegar a establecer las causas y soluciones a los daños.

El tiempo medio entre fallas y el tiempo medio entre reparaciones, es el indicador más útil para el estudio del comportamiento de los equipos. Estos indicadores son conocidos como indicadores cuantitativos.

##### **3.1.1 Recopilación de datos existente en la fábrica**

La información que se logro recopilar fue la que se encontró disponible en carpetas, en las cuales la consta ubicación del equipo, datos técnicos, hoja de historial de mantenimiento y un listado de los repuestos más comunes del equipo, los cuales serán útiles en la conformación de las bases de datos.

La información sobre eficiencia de fábrica es procesada y presentada por el departamento de Fabricación, De la información existente en las carpetas, se puede establecer que existe gran información hasta el año 1996, de ese año hasta 1999 la información no es tan amplia y a partir de 1999 hasta la fecha actual se lleva un mejor control de todas las actividades realizadas en los equipos. Partiendo de este precedente, se tomo la información de los años 1999 y 2000 como base para realizar el análisis de frecuencias de daños y reparación de los equipos.

### **3.1.2 Procesamiento de datos preliminares**

Los datos preliminares obtenidos de todos los equipos de esta área, fueron procesados de tal manera, que se pueda clasificar equipos, daños, paros o reparaciones y fecha.

Obtenido como resultado de este proceso una frecuencia de daños de cada equipo. Estos datos se consideran de una alta importancia en el posterior estudio de las causa, efectos y acciones tendientes a eliminar las fallas producidas, estos datos fueron obtenidos de la información existente en las carpetas de vidas de cada una de las máquinas, en algunos caso se pudo obtener la información sobre la duración de los paros mientras que en otros caso no se tubo el detalle de las acciones correctivas o de mantenimiento.

## **3.2 Creación de grupos de diagnóstico**

### **3.2.1 Creación de grupos de acuerdo con el tipo de máquina.**

Este es un grupo de trabajo, integrado por personal de los todos los Departamentos, cuya finalidad es analizar las fallas que se presentan en los equipos realizar planes de Acción tendientes a la eliminación total de la falla.

Basando su análisis en función de los Costos que implican las Acciones tomados.

La designación de los integrantes de este grupo es realizada por los jefes de cada departamento, comprometiéndose a dar las facilidades para que puedan asistir a las reuniones. En caso de que un miembro del grupo no presente el interés o no justifique la no asistencia a las reuniones, el facilitador en coordinación con el jefe departamental están en capacidad de nombrar un nuevo integrante.

El alcance técnico del grupo, puede ser evaluado en función de la criticidad del equipo y del funcionamiento de la fábrica. El grupo MDC, puede implantar independientemente planes de acción, cambios, mejoras, modificaciones a equipos que no sean catalogados como críticos, es decir, el impacto de falla del equipo no pone en peligro el funcionamiento total de la fábrica.

Adicionalmente cuando se requiera modificar acciones de mantenimiento o realizar mejoras en equipos críticos, debe contar con la aprobación de las áreas involucradas, previa presentación de un análisis técnico, económico y de factibilidad.

Realizar cambios, compra, mejoras, modificaciones que no sobrepase la cantidad de \$300, siempre cumpliendo con los reglamentos internos referentes a gastos. En caso de sobrepasar la cantidad establecida, coordinar con departamento Técnico para la respectiva aprobación y ejecución.

El grupo de análisis está enmarcado para poder realizar las siguientes actividades:

- Realizar planes de acción, que estén dentro del alcance técnico y económico del equipo MDC, en caso contrario, solicitar el apoyo al Departamento Técnico o asesoría externa (Guayaquil, Colombia, etc).
  
- Autoridad para ejecutar los planes de acción, sin comprometer la seguridad del personal, el funcionamiento del equipo, la calidad de producto y el funcionamiento de la Fábrica; dentro de su alcance técnico y económico. Y, además, contando siempre con la cooperación y colaboración del encargado del área.

A continuación se presenta la lista de los integrantes del Grupo de Análisis MDC, cada integrante cuenta con la ratificación y confianza del Jefe de departamento respectivo.

- \* Aseguramiento Calidad
- \* Departamento Administración
- \* Departamento Producción
- \* Departamento Técnico
- \* Mecánico
- \* Eléctrico
- \* Operadores

Una vez estructurado todo el Grupo de análisis, se hace necesario capacitar a todos los integrantes del mismo con la teoría del MDC, para lo cual se elaboró un cronograma de actividades bajo aprobación de Gerencia, todo personal de fábrica debe recibir los conceptos básicos y en especial para los integrantes del grupo.

De acuerdo con lo establecido en el capítulo No. 1 el área inicial de análisis del MDC, fue designada el área de Condensación por tal motivo se hace menester iniciar el desarrollo de las actividades con los siguientes integrantes del Grupo:

- \* Coordinador Calidad
- \* Administrador de Costos
- \* Jefe de turno
- \* Mecánico de línea
- \* Instrumentista de línea
- \* Operador de línea

### **3.2.2 Análisis de datos de cada maquinaria**

Una vez definido, los cuellos de botella en el Capítulo No. 1, debemos establecer el orden de análisis de los cuellos de botella. Considerando la alta incidencia y la extensión que presenta el evaporador iniciaremos el estudio en este equipo, incluido todos los equipos o maquinarias adicionales que permiten su funcionamiento.

El evaporador que está instalado actualmente es uno de película descendente de 4 efectos con termostato. Inicialmente se contaba con uno de dos efectos y debido a la demanda se lo incrementó a cuatro.

Los equipos que componen el evaporador son los siguientes, de acuerdo con el flujo del proceso, es el siguiente:

Tanque pulmón No. 1  
Bomba tanque pulmón No. 1  
Tanque pulmón No. 2  
Bomba tanque pulmón No. 2  
Condensador  
Bomba retorno piscinas agua industrial  
Efecto No. 1  
Bomba descarga efecto No.1

Bomba recolección condensado efecto No. 1  
Efecto No. 2  
Bomba descarga efecto No. 2  
Efecto No. 3-A  
Bomba descarga efecto No. 3-A  
Efecto No. 3-B  
Bomba descarga efecto No. 3-B  
Efecto No. 4-A  
Bomba descarga efecto No. 4-A  
Efecto No. 4-B  
Bomba descarga efecto No. 4-B  
Termocompresor  
Pasteurizador  
Bomba Pasteurizador  
Tanque de precondensado No. 1  
Tanque de precondensado No. 2  
Bomba de tanques precondensado

Terminado el detalle del evaporador es necesario detallar la condiciones del sistema actualmente de clarificación, existe dos clarificadoras, una que opera y otra que se encuentra en reserva, la primera es un equipo que cuenta con un sistema de autolimpiado que cada cierto tiempo este se activa y permite desalojar los desperdicios almacenados en su interior. Mientras que la segunda es más antigua, una vez que concluye la operación se procede a realizar una limpieza manual. Por este motivo este equipo como ya se indicó no es considerado como un cuello de botella. Restando por detallar al Precaalentador, el mismo que está constituido

Precaalentador  
Bomba del precaalentador  
Filtros de leche precondensada

De esta manera se detallan todos los equipos que están incluidos en la línea de condensación, con esta información se inició el proceso de ubicar cada una de las carpetas de estos equipos, e ingresando esta información en la base de datos creada en ACCES, en donde se detalla los datos técnicos generales y se ingresa el historial de daños para poder partir el análisis con una base referencial en lo concerniente a frecuencia de daños y daños comunes.

### **3.2.3 Causas y efectos de daños**

Para visualizar las consecuencias de las fallas de las diferentes máquinas, esta información debe ser completada para cada equipo de la línea seleccionada.

### **3.2.4 Duración de cambio**

Estos datos son presentados, después de una serie de toma de tiempos de los diferentes cambios o reparaciones realizadas en los diferentes equipos, los mismos que pueden estar sujetos de grandes variaciones dependiendo de las causas y facilidades de trabajos.

La tabla No. 3.1 detalla los tiempos utilizados para los diferentes cambios, estimado de varios cambios de las carpetas de historial de cada equipo, también depende mucho de la persona que realice las diferentes rectificación de las fallas y de la gravedad de las mismas, en el listado se ha tratado de tomar tiempos que abarquen todos estos factores.

Tabla 3.1 Duración de rectificación de fallas

<b>DURACIÓN RECTIFICACIÓN FALLAS</b>		
<b>EQUIPO</b>	<b>TRABAJOS</b>	<b>HORAS</b>
Bombas centrífugas	Cambio carbones (sello mecánico)	2.00
	Cambio cauchos (sello mecánico)	2.00
	Cambio eje	3.00
	Cambio espejo	2.00
	Cambio guardapolvos	1.00
	Cambio impulsor	2.00
	Cambio junta	2.00
	Cambio motor reserva	3.00
	Cambio retenedor aceite	3.00
	Cambio rodamientos motor	3.00
	Cambio rodamientos rotor	3.00
	Cambio sello mecánico	2.00
	Cambio tapa	1.00
	Limpieza total	3.00
	Lubricación rodamientos motor	0.25
	Monitoreo	0.25
	Revisión periódica eléctrica	0.25
	Revisión periódica mecánica	0.50
	Revisión total eléctrica	2.00
	Revisión total mecánica	2.00
Tanque de espera	Cambio filtro	0.50
	Cambio empaques	0.50

	Cambio caucho sanitario	0.50
	Revisión total mecánica	0.50
Filtro leche precondensada	Cambio caucho sanitario	0.75
	Revisión total mecánica	0.30
Evaporador	Cambio boquillas inyector	2.00
	Cambio boquillas termocompresor	2.00
	Cambio de empaques	2.00
	Cambio de juntas	1.00
	Cambio tubo interno	4.00
	Monitoreo	0.50
	Revisión periódica automatización	0.50
		1.00
Clarificadoras	Cambio aceite caja de engranes	0.25
	Cambio corona bronce	1.50
	Cambio eje principal	3.50
	Cambio empaques	2.00
	Cambio piñón principal	3.50
	Cambio resortes cojinetes guías	1.50
	Cambio rodamientos eje horizontal	2.50
	Cambio rodamientos eje vertical	2.00
	Cambio sellos tambor	1.00
	Cambio zapatas	2.00
	Control nivel y contaminación de aceite	0.10
		0.10
	Engrase anillo cierre tambor	0.25
	Inspección de engranaje y rueda helicoidal	0.25
	0.25	

	Inspección del tambor	0.25
	Limpieza orificios de salida	0.25
	Lubricación rodamientos motor	0.10
	Monitoreo	0.25
	Revisión sellos del tambor	0.50
	Revisión periódica eléctrica	2.00
	Revisión tiempos de arranque y velocidades n	
	Revisión total mecánica	

### **3.2.5 Repuestos más utilizados para cada maquinaria**

Para poder planificar de mejor manera los diferentes mantenimientos y realizar reservas de repuestos, es necesario conocer los utilizados con mayor frecuencia. El listado que se presenta en el Anexo No. 9 se realizó en base a los registros de bodega y los historiales, en los mismos no constan todos los repuestos del equipo están los utilizados con mayor frecuencia, de igual manera se a establecido la importancia de los repuesto de toda el área, en función al costo y cantidad instalada.

# **CAPÍTULO 4**

## **ANALISIS DE COSTOS.**

### **4.1 Análisis y comparación de costos**

Para poder realizar una comparación más clara entre los diferentes costos que se presenta, todos los datos obtenidos se los han trasladado a los diferentes formatos ya establecidos y valorados.

La información que se encuentra en estos formatos ha sido obtenida de las reuniones realizadas por el Grupo MDC, en las reuniones semanales de cuatro horas, todas las resoluciones son aprobadas por mayoría, estas decisiones están basada bajo el punto de vista económico y de facilidad de realizar las actividades de mantenimiento.

En las secciones siguientes se detallan paso por paso los parámetro bajo los cuales se han seleccionados los diferentes tipos de mantenimiento asignados a los equipos.

#### **4.1.1 Costo por año de dejar fallar**

Esta terminología de costos por dejar fallar, es propia del MDC, se refiere a los costos por dejar fallar los equipos evaluados tal y como se está realizando el mantenimiento actualmente sin realizar ninguna mejora ni mantenimiento adicional y son registrados en el formato C-1. Para comprender de mejor manera, a continuación se establece el procedimiento para un equipo.

Recopilar toda la información referente al equipo, desde el punto de vista operacional, higiénico y de seguridad, en lo referente a este punto se extrajo

toda la información anterior del equipo recurriendo a las hojas de máquinas existentes en fábrica, reporte de quejas de calidad y reporte de accidentes ocurridos en ese equipo.

Tabla 4.1 Frecuencias de ocurrencia de daños

Participantes: SP/AA/OC/JT/DS/DCh./JV/ Facilitador : DM			Descripción de equipos Bomba pulmón No. 1					
Categoría de fallas:		C=Calidad D = Daños P=Producción S = Seguridad	Frecuencia	Veces por año	Duración para prod [H]	Costo anual Mantenimiento [\$]	Costo Anual Total [\$]	Inacept Signf Menor
Cód.	Cat.	Falla						
01.02.01	D	Cambio Sello mecánico	Trimes	4	0,5	844,41	891,56	Menor
01.02.01	D	Cambio empaques	2/Trime	8	0,5	125,86	220,16	Menor
01.02.02	D	Cambio devanado	Anual	1	1	357,01	377,93	Menor
01.02.02	D	Desbalanceo	Anual	1	0,5	176,09	187,10	Menor
01.02.02	D	Rodamientos Motor	Trimes	4	0,5	957,36	1.001,42	Menor
01.02.02	D	Falla fase	Anual	1	0,5	169,70	180,72	Menor
01.02.02	D	Control eléctrico	Anual	1	0,5	499,82	510,84	Menor
01.02.02	D	Vulcanizado de sello mecánico	Trimes	4	0,5	877,24	921,30	Menor
						<b>4.007,48</b>	<b>4.291,02</b>	

Reunida esta información, y con la información recopilada en la fase anterior se procedió a realizar reuniones semanales con el Grupo MDC, en las cuales se establecieron las frecuencias de ocurrencias Tabla 4.1, se evaluó el impacto en el negocio de las fallas sin realizar acciones de mejoramiento

#### 4.1.2 Costo por año de mantenimiento

Estos costos, son el resultado de un estudio de las recomendaciones del fabricante y la experiencia del operador y personal de mantenimiento que establece las diferentes actividades de mantenimiento, para que el programa de mantenimiento pueda ejecutarse de buena manera es necesario anterior a este realizar algunas actividades tendientes a la eliminación de la causa raíz Tabla 4.2, estos costos más los costos del programa de mantenimiento Tabla 4.3,

Tabla 4.2 Costo acciones para eliminar fallas

<b>Participantes:</b>		SP/AA/OC/JT/DS/DCh./JV/				
<b>Facilitador :</b>		DM				
<b>Categoría de fallas:</b>		C=Calidad D = Daños P=Producción S		<b>Descripción de Acciones</b>	<b>Costo Rep/Herr</b> (\$)	<b>Costo Total</b> (\$)
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Falla</b>				
01.02.01	BB TANQUE PULMON No. 1					
01.02.01.01	BOMBA	FUGAS	Instalar controladores de presión a la entrada de cada ramal de alimentación	116,74	169,78	
			Mejorar el control de la bomba y nivel de tanque, lo que reduce el riesgo que funcione en vacío	26,00	43,68	
			Informar al personal encargado de realizar el mantenimiento en estos equipos con las disposiciones del fabricante sobre el ajuste de las partes. Proporcionar al personal las herramientas adecuadas para el trabajo	112,00	129,68	
		SISTEMA DE REFRIG.	Capacitación de operadores para realizar el cambio y sujeción		101,20	
			Adquisición de herramientas necesarias para operadores	61,44	65,86	

Tabla 4.3 Costo de mantenimiento programado

Participantes: SP/AA/OC/JT/DS/DCh/JV/				Códigos de las máquinas:	
Facilitador : DM				BB- Tanque Pulmón No. 1	
<i>Categorías</i>		C=Correctivo	P = Programado	Veces por año	Costo anual [\$]
<i>de fallas:</i>		I= Inspección	T = Total		
No.	Descripción	Cat.	Mantenimiento		
<i>01.02</i>	<i>BB T. PUL No. 1</i>				
<i>01.02.01</i>	<i>BOMBA</i>	P	Cambio sello mecánico	4	968,17
		P	Cambio de empaques de teubería y accesorios	12	204,44
		P	Cambio de acople manguera	24	23,87
		P	Cambio O'ring tapa	2	37,23
		P	Limpieza general	2	8,84
		P	Revisió total cambio de espejos y quidapolvos	1	48,56
		I	Inspección diaria	365	190,53
		I	Monitoreo de condiciones	52	114,92
<i>01.02.01</i>	<i>MOTOR</i>	P	Cambio rodamiento	4	118,70
		I	inspección datos motor	12	6,63
		I	Inspección eléctrica	2	2,21
		I	Inspección General	1	2,21
		I	Monitoreo de condiciones	52	28,73

#### 4.1.3 Análisis y comparación de costos y selección de mantenimiento a seguir.

De todos los equipos que se realizó la valoración de costos por año de dejar fallar y costo por año de mantenimiento, con esta información de puede tomar la edición que es más rentable para la compañía dejar fallar los equipo, lo que involucra un costo por las consecuencias o establecer un plan preventivo de mantenimiento. Por todo lo expuesto anteriormente, el tipo de mantenimiento a seguir en todos los casos para esta área es un Mantenimiento

Preventivo. En este tipo de mantenimiento inicialmente las frecuencias de cambios, frecuencias de inspección, frecuencias de monitoreo, frecuencias de lubricación son establecidas de acuerdo a los datos proporcionados por el fabricante, experiencia del operador, experiencia del personal de mantenimiento o datos estadísticos obtenidos de períodos anteriores de mantenimiento. Estas frecuencias posteriormente pueden ser modificadas dependiendo del comportamiento del equipo y sus componentes.

## **4.2 Recomendaciones y sugerencias**

Para la realización de un buen trabajo de mantenimiento, se hace necesario tener los medios adecuadas al alcance para la realización de cada una de las actividades encomendadas.

### **4.2.1 Análisis de eficiencia de máquina**

Para evaluar el funcionamiento de los procesos es necesario dividirlos por líneas de producción, considerando como línea a la operación de producción constituida por una o más máquinas, procesos o tareas, definida con fines de planificación, control y costo.

La utilización efectiva de las líneas de producción requiere que todo el tiempo disponible sea planificado y controlado. Todas las causas de pérdidas de tiempo que reducen el rendimiento, cantidad y calidad de una línea de producción deben ser identificadas y reducidas su impacto para el negocio o eliminadas. Este registro es llevado por el Departamento de Fabricación, mediante informes y hojas de control en donde se detalla y se establece: que tipo de daño o el tiempo que se demoró en dicho daño, también son los encargados de ingresar los datos obtenidos a una base de datos, la cual procesa los datos y se puede absorber para la elaboración de los diferentes indicadores.

Con este antecedente, se puede evaluar la eficiencia de las máquinas directamente con la eficiencia de la línea de producción, por tal motivo a continuación detallamos los fundamentos y consideraciones para este motivo.

**Tiempo Desocupado (TD):** Tiempo en que la línea puede físicamente producir pero ninguna actividad de producción o tiempo de paro ocurre.

**Horas brutas de producción (HBP):** Total de horas durante las cuales la línea está ocupada con cierta actividad o no puede producir físicamente.

$$\begin{aligned} \text{Horas Brutas producción(HBP)} = \text{Horas netas producción(HNP)} + \\ \text{Horas de paro(HP)} \end{aligned} \tag{4.1}$$

**Horas netas de producción (HNP):** Tiempo en que las líneas está ocupada y dispone de l personal para la producción.

$$\begin{aligned} \text{Horas Netas Producción(HNP)} = \text{Horas brutas producción(HBP)} - \\ \text{Horas de paro(HP)} \end{aligned} \tag{4.2}$$

**Horas de paro (HP):** Tiempo perdido por actividades o eventos cuando la línea de producción no produce. Dentro de este tipo de horas se pueden encontrar varias tipos como: preparación, arranque, limpieza, cambio de formato, paros operativos, mantenimiento y paros causados por el personal.

**Horas “target” de líneas (HT):** Horas mínimas teóricas requeridas para producir una cantidad determinada de un producto de calidad.

$$\text{Horas T arg et línea(HT)} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Velocidad No min al}}$$

**Velocidad nominal por hora (VN):** Mayor productividad alcanzable por hora en la operación cuello de botella, bajo condiciones óptimas.

**Pérdida rendimiento de línea (E):** Tiempo perdido durante las horas netas de producción cuando se detiene el cuello de botella o funciona por debajo de la velocidad nominal.

Establecidos estos parámetros y en concordancia a los datos recolectados, por de departamento de fabricación de la fábrica podemos establecer como eficiencia de 90 % de la línea de acuerdo con la última evaluación de línea de condensación.

#### **4.2.2 Solución a problemas**

Debido a que el MDC, es la búsqueda constante y continua de respuestas a problemas cotidianos que se presentan constantemente, tanto en la empresa como en la vida diaria, este necesita de mucha constancia y dedicación, requiere que se lo alimente continuamente con datos reales, que los cambios sean inmediatos, que los análisis se lo realice constantemente y tomando en cuenta varios puntos de vista.

Debemos darnos cuenta que el MDC no es tan solo un programa de mantenimiento, es una nueva cultura que debe implantarse poco a poco y durante un tiempo indeterminado. Entonces la relación directa con la actitud y la disciplina, las cuales son el fundamento sobre el cual basa todo su funcionamiento el MDC, nunca debemos dejar recaer el interés y ánimo sobre los puntos tratados. El incentivo en cualquier forma es una herramienta poderosa para poder alcanzar los objetivos planteados.

De igual manera el involucramiento y el sentido de pertenencia que debe nacer e incrementarse conforme se desarrollan en todo el personal de planta desde la gerencia hasta los operadores incluso los terceros que realizan trabajos eventuales en la planta. Logrando que todo el personal se sienta con derecho a discutir sobre decisiones importantes que pueden afectar el desarrollo y mejoramiento de procesos y funcionamiento general de la empresa. Enfatizar a cada persona de su apoyo al proceso, es efectivo y está encaminado a alcanzar las metas planteadas por la dirección y por ellos mismos. El trabajo en grupo de alta desempeño es una herramienta en la cual se basa el MDC para lograr alcanzar sus objetivos.

La capacitación que el personal debe tener para la realización de los distintos trabajos debe estar acorde con la tecnología de los equipos y los requerimientos de la empresa tanto en funcionamiento como en eficiencia. Siendo uno de los pilares fundamentales del MDC la descentralización del mantenimiento es necesario realizar una malla de capacitación para los operadores en la cual se incluya los requisitos para que el operador desempeñe las actividades encomendadas sin ningún inconveniente; el alcance de las actividades de mantenimiento del operador serán limitadas por la capacitación y habilidades que los mismos desarrollen.

Debido a la competitividad y globalización que se está presentando en los últimos tiempos, hace que las empresas traten de elevar su producción y disminuir los costos y la única forma de lograrlo es mediante la preparación de todos los miembros de la misma. Siendo transmitidos los conocimientos en forma estructural de acuerdo con el organigrama funcional de la fábrica, por ejemplo los operadores reciben los conocimientos del jefe de turno y estos a la vez del jefe de producción. Siendo la única forma de que los conocimientos lleguen a las personas que los requieren y que lleguen en forma verdadera como son. La planificación estratégica de estas mallas deben ser guiadas para cumplir con los objetivos planteados por la empresa a corto y largo plazo, la

inversión de recursos en capacitación debe ser controlada efectivamente y debe realizarse evaluaciones continuas para fomentar la preparación continua en todos los niveles y personal de planta.

No es más efectivo la cantidad de capacitación, sino la calidad y comprensión de los oyentes, por ejemplo para el año 2002 se tiene designado 5000 horas para capacitación, de las cuales 2500 son designadas a reforzar los conceptos de calidad, se verificó que efectivamente se habían empleado el 95% de las horas de capacitación, pero la calidad en fábrica fue del 92%, siendo lo planificado llegar al 98%, lo que nos conduce a la conclusión que la capacitación no fue aprovechada o guiada a los puntos estratégicos para lograr los objetivos planteados.

La capacitación debe ser estrictamente guiada, controlada y establecida al personal que haya cumplido con ciertos requisitos, por ejemplo, dentro de la programación de capacitación se encuentran establecidos los recursos para un curso de electricidad avanzada, esta solicitud deberá ser estudiada bajo los puntos de vista de que se quiere alcanzar con esta capacitación, si tienen relación directa con los objetivos de la empresa, en que tiempo se recuperará la inversión y finalmente a quien será dictado el curso; los aspirantes lógicamente deberían ser el personal que tenga aprobado electricidad básica y que, además, tengan una relación directa con el tema en su trabajo diario.

Como primer paso y objetivo principal del MDC, es el conocimiento general de principios y herramientas, en fábrica Cayambe se organizó un charla de lanzamiento de MDC, guiado a todo el personal de fábrica (150 personas), la asistencia a dicho charla fue masiva alcanzando un 95% de asistencia, creando un precedente para la colaboración en el desarrollo de los diferentes análisis y técnicas desarrolladas por el MDC, cumpliendo con el primer objetivo de MDC el conocimiento de sus principios y herramientas en forma general.

La capacitación especializada al grupo análisis, se lo realizó, durante 20 horas logrando desarrollar y establecer procedimientos de análisis y evaluación de las diferentes fallas, además, planteado eliminación de causa raíz y planificación de mantenimiento para los diferentes equipos analizados. También se planificó la capacitación externa con los diferentes proveedores y personal de apoyo de Colombia en diferentes temas como: Rodamientos, sellos mecánicos, principios de condensación, pulverización, etc. (registros de capacitación del personal)

Para la realización oportuna y efectiva de las acciones de mantenimiento delegadas al personal de mantenimiento, se requiere que el mismo este provisto de todos los equipos y herramientas necesarias para la realización de las diferentes tareas.

La empresa esta en la obligación de exigir calidad siempre y cuando se tengan las facilidades para llegar a esa calidad requerida en los trabajos. Siendo prescindibles las herramientas y equipos en las diferentes áreas que se requiera, es mucho más factible invertir en herramienta que repetir varias veces el mismo trabajo.

Para cumplir con este requisito se solicitó y coordinó la compra de equipos de monitoreo y especializadas para desempeñarse en forma eficiente en sus trabajos como: analizador de aceites, alineador de poleas, santiagos hidráulicos, equipos de montaje de rodamientos y renovación de herramientas, llegando alcanzar la cantidad de 10.000 USD aproximadamente, cada persona, es responsable por las herramientas entregadas fortaleciendo el cuidado y buen uso de sus herramientas de trabajo.

Para poder llevar un plan de manteniendo victorioso, es necesario que todas las fallas sean eliminadas o disminuidos su impacto en el negocio, debido a lo cual se hace necesario y muy importante iniciar eliminando las causas raíces de todos los equipos para un posterior programa de mantenimiento.

La estratificación de las acciones tendientes a eliminar las causas raíces está en función de los costos y de la factibilidad de las mismas, por todo lo anotado es de vital importancia que todas las acciones detalladas en el formato No. R-3, se cumplan inmediatamente. Para que una acción sea factible se debe analizar desde los varios puntos de vista del grupo de análisis, hincando por la seguridad alimentario, seguridad personal, costos y equipos. El grupo MDC están en la obligación de presentar y fomentar nuevos proyectos en las áreas que se crea necesarios tendientes a mejorar el funcionamiento de la fábrica.

Para llegar eliminar alguna falla que se presenta en forma crónica en algún equipo se hace necesario algunas técnicas de análisis, las cuales detallamos a continuación:

- Método físico
- Por qué – Por qué
- Método AMFE

Debido a que estas técnicas no son tema de la tesis no se la tratará, pero como información general se las describe al detalle en el Anexo No. 2, la mismas que son transcritas del libro “TPM” , del Ingeniero Humberto Alvarez director “Cero Averías”, empresa española dedicada a la implantación y difusión del TPM.

## **CAPÍTULO 5**

### **BASE DE DATOS Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.**

#### **5.1 Base de datos**

Para una mejor planificación y control de las actividades de mantenimiento, se hace necesario recurrir a la informática creando un programa que nos permita de una manera rápida y fácil encontrar y procesar la información de cada uno de los elementos involucrados en el programa de mantenimiento.

Este programa informático debe estar acorde con las necesidades y requerimientos de sus usuarios, la comunicación directa con el personal encargado de estas actividades en planta es la base fundamental para llegar a establecer un programa ágil y de fácil utilización, aprovechando siempre la información que se tenga registrada de cada equipo.

No es necesario únicamente contar con el programa de mantenimiento, a este se requiere alimentarlo y mejorarlo continuamente de acuerdo con las necesidades y modificaciones que se presenten antes, durante y posterior implementación de l programa de mantenimiento, reforzando y afianzando de esta manera los fundamentos del MDC.

Durante la consecución de este programa informático, se realizaron una serie de modificaciones e investigaciones tendientes a que el manejo, administración y presentación de datos se los realice de la mejor forma, llegando a establecer una fuente de consulta, administración, control y verificación de las diferentes actividades a realizarse durante los lapsos de tiempo programados.

## **5.1.1 Descripción y alcance de la base**

### **5.1.1.1 Descripción**

La base de datos fue realizada en “ACCESS”, pero convertida a la versión de Office 2000, ocupa una memoria de 5.46 MB actualmente esta puede incrementarse según se vayan incorporando datos y llenado los campos de las diferentes tablas.

Esta base está totalmente desarrolla en ambiente de “windows” haciéndolo muy amigable; en todos sus términos y campos se utilizó terminología que es común dentro del manejo de mantenimiento en planta, en la mayoría de casos de trató de dar la opción de selección múltiple disminuyendo el riesgo de mala interpretación y selección de datos irreales o absurdos. Siempre se trató de utilizar herramientas conocidas y de fácil manejo para cualquier usuario.

La programación se la realizó en base a módulos, los cuales fueron creados de acuerdo con la filosofía y necesidades del mantenimiento, estos módulos de programación son:

1. Módulo de datos
2. Módulo de cálculos
3. Módulo de mantenimiento

Dentro de cada uno de estos, existen varias opciones las cuales son tendientes a captar la mayor información posible. Los diferentes módulos y sus diferentes opciones serán detallados posteriormente.

### 5.1.1.2 Alcance

Mediante esta base podemos llegar a procesar y presentar, los siguientes puntos en los diferentes módulos de programación:

#### Módulo de Recopilación de Información

- Identificación y ubicación de equipos.
- Historial de daños
- Tabla de repuestos
- Personal técnico
- Tipo de máquinas
- Tabla repuestos
- Salas
- Informes

#### Módulo de Cálculo

- Cálculo de frecuencias
- Informe de frecuencia
- Costos mantenimiento

#### Módulo de Mantenimiento

- Planificación de actividades de mantenimiento
- Control de actividades de mantenimiento
- Planificación actividades de mantenimiento
- Mantenimiento atrasados

Este programa permite planificar actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y programada, indicando la fecha programada y fechas efectivas de igual modo con los tiempos y costos designados para dichas actividades, adicionalmente presenta la opción del control de frecuencias de daños, detallada por equipos y fechas.

## 5.1.2 Manual del usuario

En esta sección se detalla en forma completa las diferentes opciones que se presentan las pantallas de los diferentes módulos de programación, a la vez que indica la forma como debe ingresar los datos en los diferentes campos.

### 5.1.2.1 Ingreso al programa

Para poder ingresar al programa, se puede acceder mediante el explorador de “windows” seleccionando “BASFIN” como se indica en la Figura 5.1, la otra forma es abriendo el utilitario “ACCES”, posicionándose en archivo abrir y seleccionar “BASFIN” y hacer doble clic.

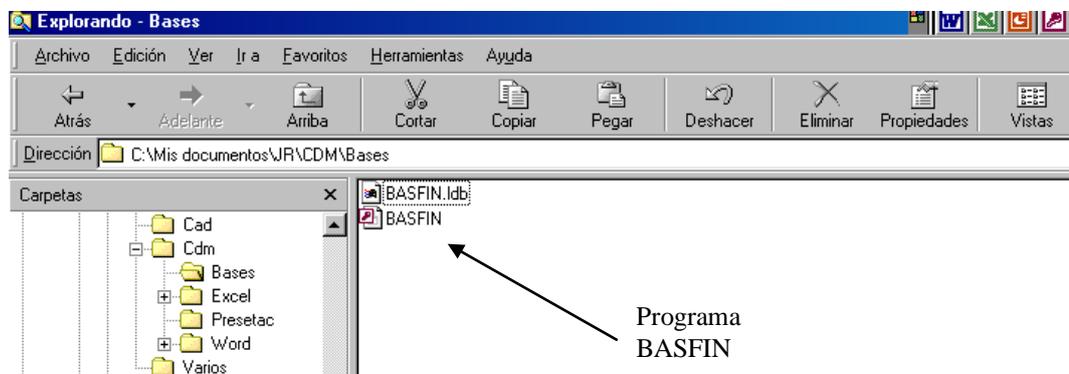


Figura 5.1 Ingreso por medio del Explorador de Windows

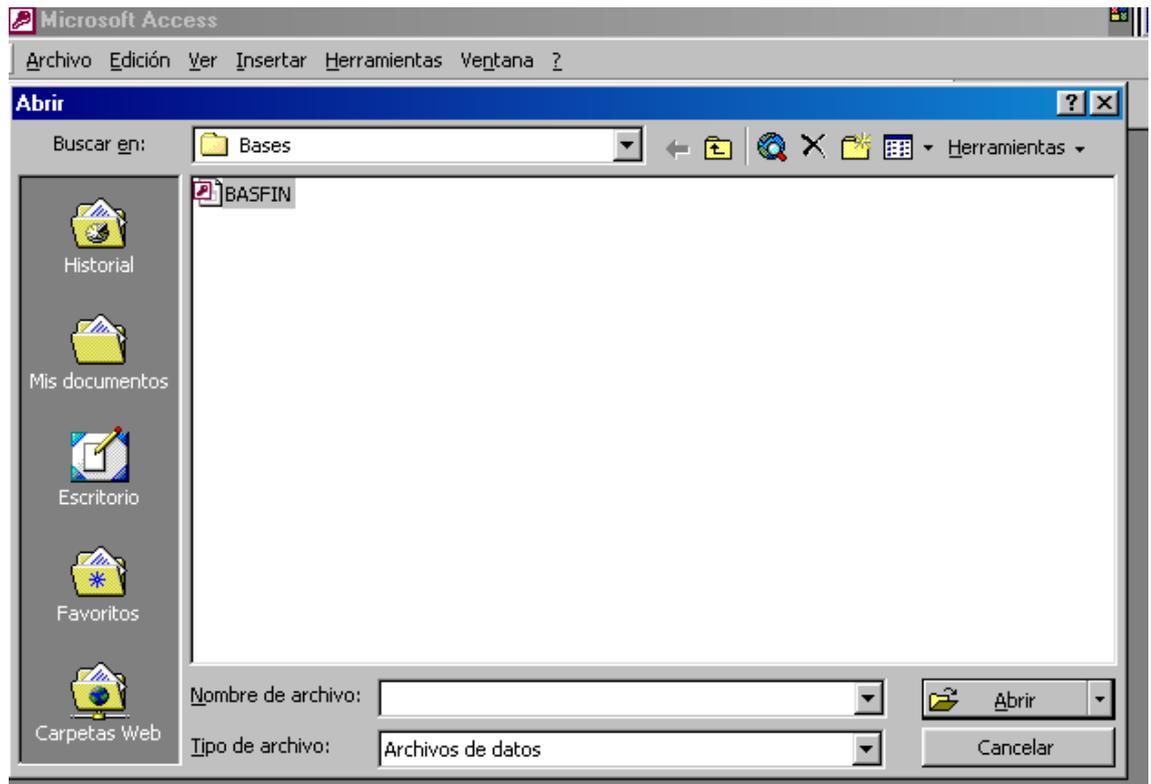


Figura 5.2 Ingreso por medio de “Acces”

Una vez ingresado a “BASFIN”, el programa le solicitará una clave de acceso, la misma que será de conocimiento únicamente de personal seleccionado y aprobada para acceder al programa.

### 5.1.2.2 Menú de entrada

Una vez que se ejecuta el programa, aparece la pantalla de menú principal, en donde se presentan las opciones de seguir al menú principal o salirse del programa, debe tenerse en cuenta que si se sale del programa deberá volver a ingresar la clave de seguridad, el menú de entrada se visualiza en la Figura 5.3. Mediante este menú ingresar al menú principal, el cual se detalla en el siguiente punto.



Figura 5.3 Menú de entrada

### 5.1.2.3 Menú de principal

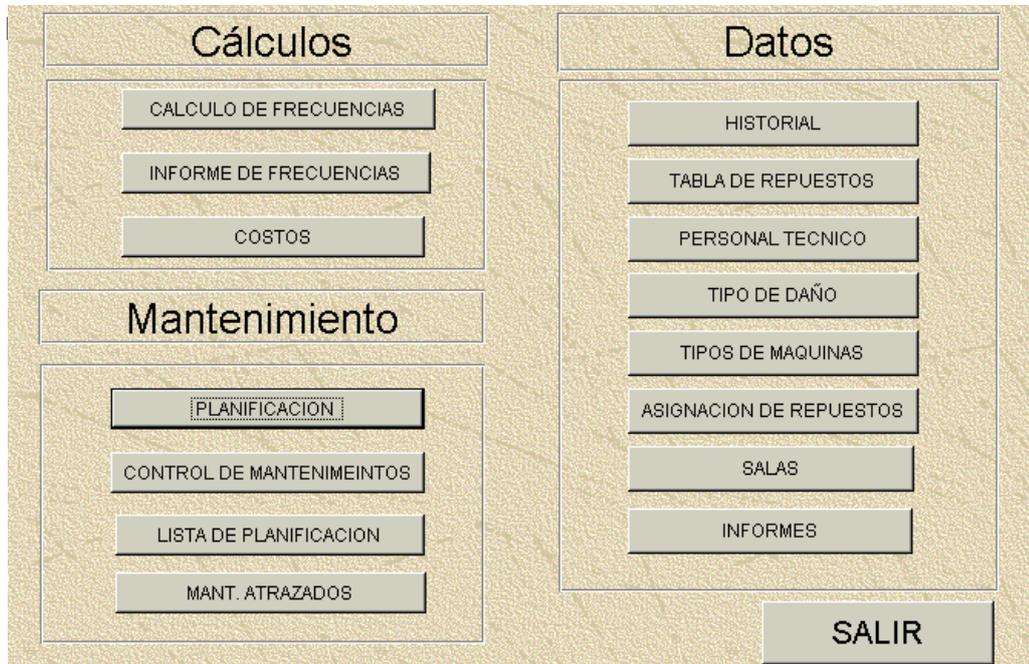


Figura 5.4 Menú principal

Mediante este menú figura 5.4 se puede ingresar a cualquiera de los módulos de programación detallados anteriormente, iniciamos con el módulo de dato.

### 5.1.2.4 Módulo de datos

#### 1. Historial

Mediante esta pantalla figura 5.5, podemos acceder a la siguiente información:

Datos Generales del equipo

Datos Técnicos

Historial de daños

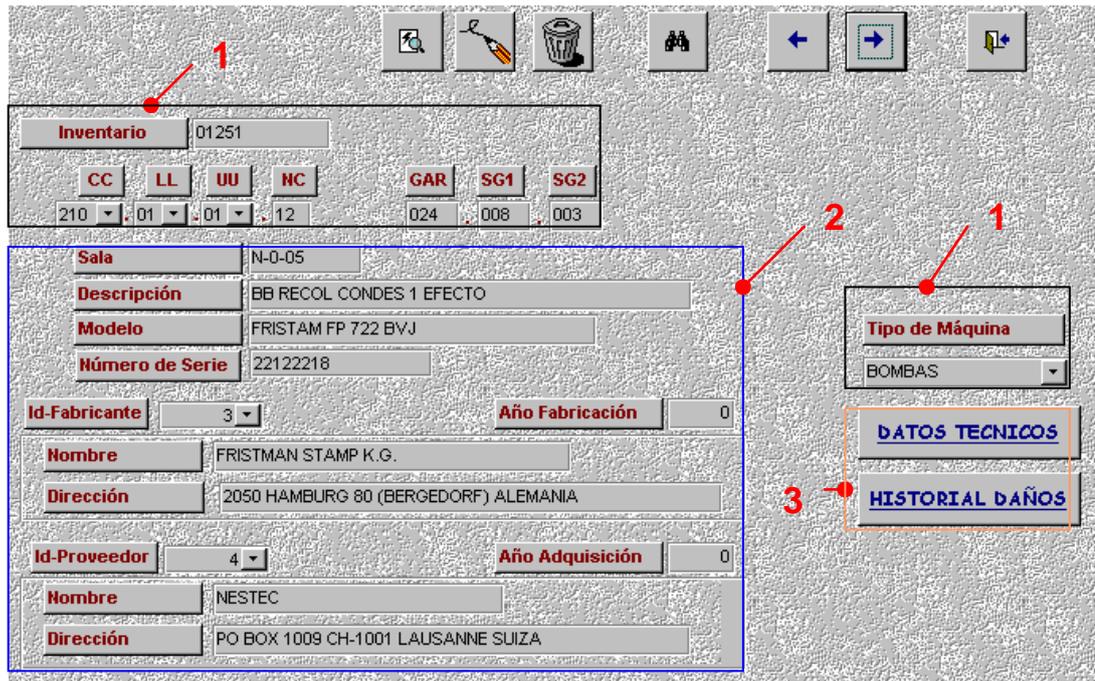


Figura 5.5 Pantalla historial

En esta pantalla se pueden distinguir los siguientes campos y botones:

1. Área que utilizamos para identificar el equipo, mediante en número de inventario designado en planta, la ubicación describiendo el centro de cargo y línea y por último el tipo de máquina.
2. Descripción general del equipo, en donde indica la descripción, modelo, número de serie, fabricante y proveedor.
3. Por medio de estos botones, tenemos acceso a información mucho más específico del equipo, como datos técnicos e historial de fallas, como se indica en la figura 5.6 y 5.7

<b>Inventario</b>	01251	<b>Temperatura (°C)</b>	50
<b>Tipo Bomba</b>	CENTRIFUGA	<b>Material de Limper</b>	Acero inoxidable
<b>Caudal (M3/H)</b>	0	<b>Medio</b>	che condensai
<b>Presión de Descarga (mCA)</b>	20		

<b>MOTOR</b>			
<b>Potencia (KW)</b>	2.2	<b>Frecuencia (Hz)</b>	
<b>Cos fi</b>		<b>Amperaje (A)</b>	
<b>Revoluciones (RPM)</b>	3400	<b>Voltaje (V)</b>	
<b>No Fases</b>		<b>Tipo aislamiento</b>	
		<b>Protección</b>	
		<b>Arranque</b>	
		<b>Rodamiento Frontal</b>	
		<b>Rodamiento posterior</b>	

Figura 5.6 Datos Técnicos

<b>Datos Generales del Daño</b>		<b>Ingreso de Repuestos</b>	
<b>Inventario</b>	01251	<b>ID-Máquinas</b>	1
<b>Fecha</b>	15/01/99	<b>Codigo Fama</b>	024.008.006.001
<b>Daño</b>	1 Cambio sello mecánico	<b>Repuesto</b>	Sello mecánico 729A
<b>Nota</b>		<b>Cantidad</b>	1.00
		<b>Precio</b>	185.30
		Registro:	1 de 1

<b>Lista de Repuestos</b>			
Codigo Fama	Repuesto	Cantidad	Precio
024.008.006.001	Sello mecánico 729A	1	185.3

Figura 5.7 Historial de daños

## 2. Tabla de repuestos

Mediante esta tabla, se ingresa todos los repuestos indistintamente del equipo, como se indica en la figura 5.8



Código	Repuesto	Precio
005.030.022.100	Chaveta No. 13183-0001	12.50
005.030.022.101	Chaveta No.13182-0001	2.50
005.030.022.102	Chaveta con tornillo T200/347 No.19600-0001	
005.030.022.103	Chaveta No. 13187-0001	
005.030.022.110	Acople cónico 1665x40	
005.030.022.112	Acople cónico 1615/40 No. 13574-0001	
005.030.022.115	Acople de engranaje 200/347 WA4 035/3 No.12527-0001	
005.030.022.116	Bocin de acople 200/347 WA4 031/3 No.12526-0001	
005.030.022.117	Tornillo No. 12524-0001	
005.030.022.120	Engranaje B-10320 No. 10012-0001	
005.030.022.121	Rueda dentada LA7504/2 No. 12489-0001	
005.030.022.122	Engranaje No 12491-0001	
005.030.022.124	Eje de engranaje No. 10011-0001	
005.030.022.130	Eje WA 2045/2 No. 19524-0001	
005.030.022.131	Rotor LA6547/4 No.19577-0001	
005.030.022.133	Brazo oscilante No. 12495-0001	
005.030.022.135	Anillo acero inoxidable B-10321	
005.030.022.136	Anillo de ajuste LA-6525/14 No.12471-0001	

Figura 5.8 Tabla general de repuestos

## 3. Asignación de repuestos

Esta tabla nos permite discriminar los repuestos para cada equipo, logrando manejar una cantidad menor de datos en cada selección de los equipos, contribuyendo de una mejor manera en la planificación y elaboración de planes de mantenimiento y control de repuestos de bodega, para mostrar esta tabla, se adjunta la figura 5.9.

Figura 5.9 Tabla de asignación de repuestos

#### 4. Personal Técnico

En esta pantalla, se puede ingresar a todo el personal que se dispone para las actividades de mantenimiento, incluyendo su especialización y costo por hora. Estos datos podemos recuperarlos cuando se inicie la distribución de personal, figura 5.10.

Personal Técnico			
Código	Nombre	Especialidad	Costo HH
1	Agustin Almeida	Mecanico Espec.	2.5
2	Miguel Suarez	Soldador	2.2
3	Juan Jativa	Tornero	3
4	Alfonso Gramal	Mecanico Espec.	2.5
5	Ivan Farinango	Mecanico	2
6	Pedro Villegas	Instrumentista	1.8
7	Oscar castro	Instrumentista	1.8
8	Luis Quishpe	Electrico	2.2
9	Serafin Pilco	Operador	1.5
10	Jaime Barrera	Operador	1.5
11	Mauricio Lema	Operador	1.5

Figura 5.10 Tabla de personal técnico

## 5. Salas

En esta sección, se encuentra detallados todas las salas existen en la fábrica, en las cuales están ubicadas los diferentes equipos. Es muy importante que tanto los equipos como las salas están sujetos a constantes cambios, figura 5.11.



The image shows a screenshot of a software interface with a title bar that says "Salas" in red. Below the title bar is a table with two columns: "Cod. Sala" and "Sala". The table contains the following data:

Cod. Sala	Sala
N-0-01	RECEPCION DE LECHE
N-0-02	LIMPIEZA QUIMICA
N-0-05	CONDENSACIÓN
P1-01	EGRON NIVEL 1
P2-02	EGRON NIVEL 2
P3-01	EGRON NIVEL 3
P4-01	EGRON NIVEL 4
P5-01	EGRON NIVEL 5
Q0-01	LLENAJE LECHE EN POL
Q0-02	EMBALAJE

Figura 5.11 Tabla de personal técnico

## 6. Daños por fechas

Esta sección nos presenta un informe de la frecuencia de daños de los diferentes equipos en el lapso de tiempo asignado, que se ingresan en los campos determinados como se indica en la figura 5.12

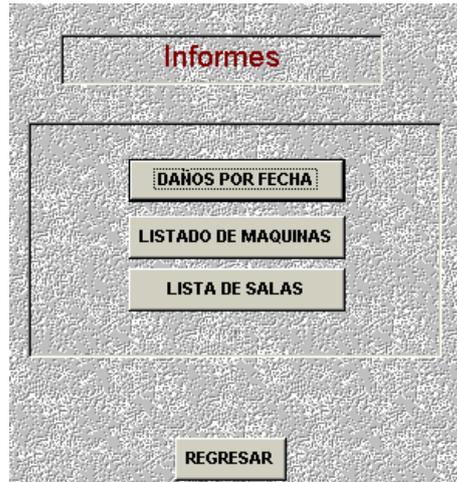


Figura 5.12 Menú de informes

En donde se detalla, el número de inventario del equipo, descripción, cada uno de los daños registrado y la cantidad de daños presentados en el lapso el lapso de tiempo indicado. El listado presenta todos los equipos que por lo menos se haya registrado un daño en tiempo indicado, figura 5.13

## Frecuencia de Daños

Inventario	tipo daño	descripcion	cantidad
01230	SILO DE LECHE No, 8		
	11	Cambio sello mecánico agitador	1
<b>Resumir por 'Inventario' = 01230 (1 registro de detalle)</b>			
<b>Suma</b>			<b>1</b>
01251	BB RECOL CONDES 1 EFECTO		
	1	Cambio sello mecánico	1
	2	Cambio cauchos (sello mecánico)	1
	3	Cambio carbonos (sello mecánico)	1
<b>Resumir por 'Inventario' = 01251 (3 registros de detalle)</b>			
<b>Suma</b>			<b>3</b>

Figura 5.13 Detalle de daños por equipo

## 7. Listado de máquinas

Este informe, nos permite tener acceso a la ubicación de los diferentes equipos en las áreas de la fábrica, adicionalmente se ha incorporado el número de serie de serie con la finalidad facilitar el control de inventario. El informe se genera con todas las áreas existentes, la presentación final se indica en la tabla 5.14.

En esta pantalla podemos acceder a información específica de las diferentes áreas la misma que se indica en la parte superior izquierda, lo que nos ayuda a realizar un inventario de forma más ágil en el momento deseado, ya que debido a la cantidad de activos existentes en fábrica puede retrasar estos tipos de control.

<b>Sala</b>	<b>N-0-05</b>				
		<b>Inventario</b>	<b>Descripción</b>	<b>Número de Serie</b>	<b>tipo maquina</b>
		01033	BB LECHE No 4	12122264	1 BOMBAS
		01175	BB DESCARGA 4 EFEC	22122216	1 BOMBAS
		01232	BB LECHE PRECONDE	12122277	1 BOMBAS
		01251	BB RECOL CONDES 1 E	22122218	1 BOMBAS
		01261	CLARIFICADORA DE LE	2920900	4 CLARIFICADORAS
		01274	CLARIFICADORA DE LE	2956285	4 CLARIFICADORAS
		01286	BB RETORNO AGUA IN	513621	1 BOMBAS
		01368	BB AGUA CALIENTE No	54997/07	1 BOMBAS
		01427	BB MOVIL No 1	18822042	1 BOMBAS
		01438	BB LECHE No 5	12122221	1 BOMBAS
		01445	BB PARA CREMA FRIA	DO 66712 SS	1 BOMBAS
		01446	BB DESCARGA 1 EFEC	22129706	1 BOMBAS
		01448	BB DESCARGA 2 EFEC	22129705	1 BOMBAS
		01450	BB LECHE PROD FRES	22122385	1 BOMBAS

Figura 5.14 Listado de equipos por sala

### **5.1.2.5 Módulo de Mantenimiento**

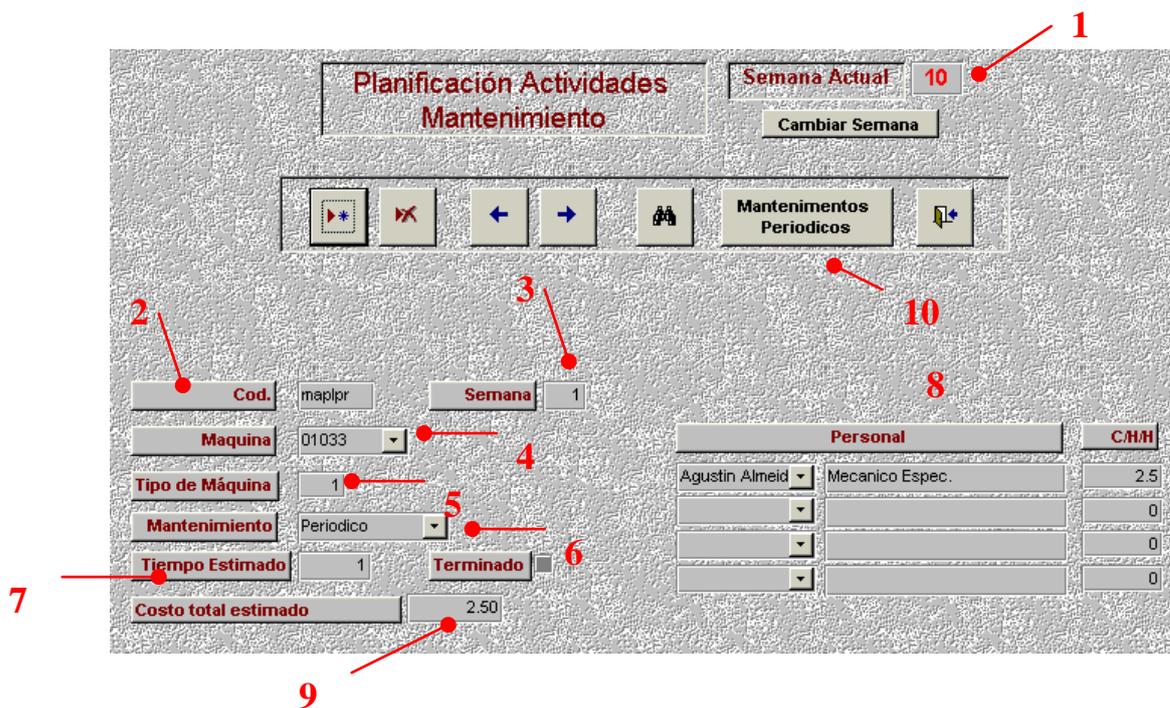
Mediante este módulo, podemos realizar la planificación de actividades de mantenimiento, así como la designación de fechas y personal responsable para dichas actividades. Dentro de este módulo, encontramos las siguientes opciones:

#### **1. Planificación de actividades de mantenimiento**

En esta sección se puede realizar la programación de las actividades, semanal, en la figura 5.15 se indica los diferentes campos que se presentan en esta pantalla, en la parte superior se puede observar la semana actual, marcado con 1, en base a la cual se está realizando la designación de las diferentes actividades, para seleccionar otra semana de pulsa el botón “Cambiar Semana” con lo cual podemos trasladarnos cualquier semana del año, .el dato ingresado de la semana nos permite en base a la misma poder calcular los próximos mantenimiento periódicos. En la posición 2, se indica la orden de trabajo asignado para dicha actividad, se ha iniciado con la orden No. 200201

En la posición 3, se indica la semana en la cual se realizará el mantenimiento programado, esta fecha puede coincidir o no con la indicada en la parte superior debido a que las dos son independientes, en la posición 4 y 5 se muestra en número de inventario y el tipo de máquina.

Pasando la selección de mantenimiento indicado en la posición 6, pudiendo ser este parcial o total en esta sección del programa únicamente se designan los mantenimientos para que los equipos alcancen nuevamente su diseño inicial y luego en pasos siguientes designar actividades periódicas posición 10, la misma que se detalla en el siguiente punto.



5.15 Planificación de Mantenimiento

Las posiciones 7 y 8, indica el tiempo estimado y la persona que realizará la actividad mientras que en la posición 9 se indica el costo horas hombre de la actividad, pudiendo ser la actividad ser realizada por una o varias personas.

### a.) Mantenimientos periódicos

Como ya se indicó en la sección anterior, se pueden generar mantenimientos periódicos como lubricación, cambio de repuestos y monitoreo, seleccionando la posición 10 de la sección anterior se accede a la pantalla de mantenimientos periódicos como se indica en la figura 5.16

Mediante esta selección, podemos llegar a establecer los diferentes mantenimientos periódicos, los cuales se diferenciar de los establecidos en la sección anterior por la adición de una frecuencia de cambio mientras que los anteriores son realizados una sola vez en un período establecido. Para

establecer las frecuencias de cambio debemos recurrir al análisis realizado en las secciones anteriores del Programa de Mantenimiento Rutinario, con esta información procedemos a ingresar los datos en el programa.

En la posición 1 está ubicado los botones de desplazamiento, creación de nuevos y generar mantenimiento, sobre este hablaremos en la sección siguiente, en la posición 2 se indican datos informativos del equipo como número de la orden de trabajo, número de inventario y tipo de máquina, en la posición 3 constan los datos del personal y el costo horas hombre encargado de realizar la actividad de mantenimiento descrito en la posición 4, la posición 5 muestra la semana en la inicia la actividad indicada, mientras que la posición 6 está establecida la semana actual de trabajo que se seleccionó anteriormente y finalmente en la posición 7 se presenta el tiempo estimado el costo horas hombre del mantenimiento y la casilla para indicar la terminación del trabajo, para un control poder llevar un control.

The screenshot shows a software interface titled "MANTENIMIENTO PERIODICO". It contains several sections with data entry fields and buttons. Red callouts with numbers 1 through 7 point to specific elements:

- 1:** A row of navigation buttons: a right arrow with an asterisk, a left arrow with an asterisk, a left arrow, and a right arrow. To their right are buttons for "Generar Mantenimientos" and "Salir".
- 2:** A row of fields: "Cod." with value "MPE-503", "Semana" with value "16", "Maquina" with value "01033", and "Tipo de Máquina" with value "1".
- 3:** A section labeled "Personal" containing a table with columns for name, role, and cost. The first row shows "Agustin Almeida", "Mecanico Espec.", and "2.5".
- 4:** A field labeled "Mantenimiento de:" with value "5" and "Cambio rodamiento".
- 5:** The "Semana" field with value "16".
- 6:** A box labeled "Semanan Actual" with value "10".
- 7:** A row of summary fields: "Tiempo Estimado" with value "1", a "Terminado" checkbox, and "Costo total estimado" with value "2.5".

Figura 5.16 Mantenimientos Periódicos

## b.) Generación de Mantenimientos periódicos

Una vez establecida la actividad a realizarse es necesario generar la frecuencia de cambio y establecer el inicio y final de las actividades de mantenimiento, lo que podemos lograr mediante la aplicación del botón generar mantenimiento el cual se despliega la pantalla de la figura 5.17. El lapso o periodicidad del cambio, la semana inicial y final de los trabajos de mantenimiento.

The screenshot shows a Microsoft Access form titled "GENERACION DE MANTENIMIENTOS". At the top, there is a field labeled "SEMANA ACTUAL" with the value 30. Below this, the form contains several input fields: "PRIMERA SEMANA" with the value 2, "PERIODICIDAD" with the value 4 and a label "(SEMANAS)", "SEMANA INICIAL" with the value 6, and "SEMANA FINAL" with the value 52. At the bottom of the form are two buttons: "ACEPTAR" and "SALIR". A dialog box is overlaid on the left side of the form, with the title "Microsoft Access" and the text "El procedimiento termino exitosamente". The dialog box has an "Aceptar" button.

Figura 5.17 Generación de mantenimiento

Estas actividades se generan automáticamente por el lapso indicado, pudiendo ser mensual semestral o anual, de acuerdo a la tiempo medio entre fallas establecidos. Estas actividades pueden visualizarse como ya se mostrará más adelante

## 2. Control de Mantenimiento

Establecido los diferentes mantenimiento, es necesario llevar un control sobre las actividades realizadas, los tiempos reales de ocupación del personal y la cantidad de repuestos utilizados. Se puede acceder a este control mediante el botón control mantenimiento del menú principal Figura 5.18.

Cod. Mant.	Repuesto	Cantidad	Precio
MPR-02	Sello mecánico 727A	1	5.2
MPR-02	Carbones (sello mecánico 727a) T.21	1	1
MPR-02	Rotor con eje 5.5 KW	2	5.6

Cod.	Semana	Maquina	Mantenimiento	Personal	Tiempo Estimado	Terminado	Cost/Estim.
MPR-02	2	01448	Total	Ivan Farinango	8	<input checked="" type="checkbox"/>	33.6

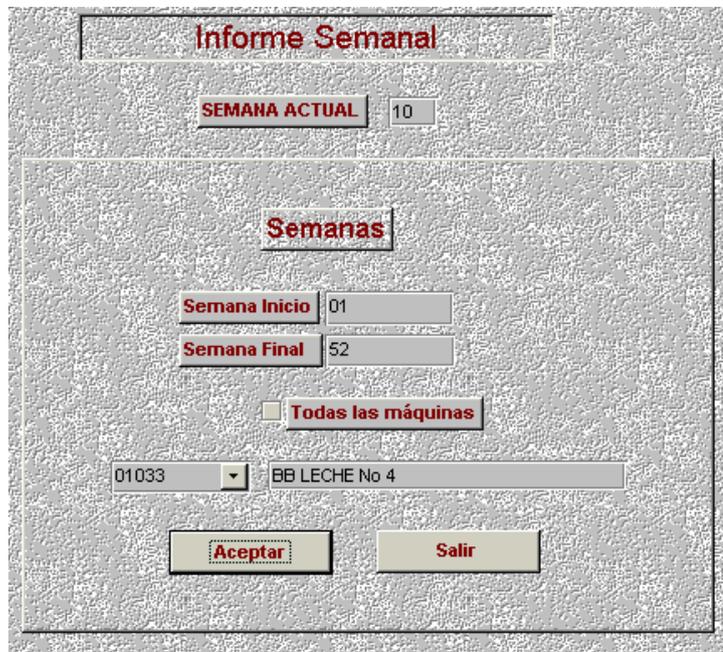
Figura 5.18 Control actividades mantenimiento

En esta pantalla podemos encontrar cuatro posiciones bien diferenciadas, la posición 1 indica la orden de trabajo y la fecha, en la posición 2 está descrita la semana y horas reales en la cual se realizó el mantenimiento, mientras que la posición 3 está detallados la descripción, cantidad y precio de los repuestos utilizados en la actividad de mantenimiento planificada, en la sección 4 encontramos datos como la semana en la que se planificó, número de inventario, tipo de inventario, tiempo estimado y personal designado para dicha

actividad de mantenimiento y por último en la posición 5 se indican los costos de repuestos y horas hombre real por la actividad de mantenimiento realizada.

### 3. Listado de planificación de actividades.

Una vez ingresados todos los datos detallados en las anteriores pantallas, se hace necesaria la visualización en las secciones anteriores, si se hace “clic” en el botón “Lista de planificación”, se muestra la pantalla graficada en la figura 5.19.



The screenshot shows a software interface for a weekly maintenance report. At the top, it says 'Informe Semanal'. Below that, there's a field for 'SEMANA ACTUAL' with the value '10'. A section titled 'Semanas' contains two input fields: 'Semana Inicio' with '01' and 'Semana Final' with '52'. There is a checkbox for 'Todas las máquinas' which is not checked. Below this, there's a dropdown menu with '01033' selected and a text field with 'BB LECHE No 4'. At the bottom, there are 'Aceptar' and 'Salir' buttons.

Figura 5.19 Visualización actividades mantenimiento

En esta pantalla, se puede observar la semana actual de trabajo que es la que ingresamos en las pantallas anteriores, esta nos sirve de referencia para la planificación y presentación de las diferentes actividades de posteriores y anteriores de mantenimiento, se puede seleccionar todos los equipos o uno solo ingresando su número de inventario en el campo indicado.

También se puede designar el lapso de tiempo sobre el cual queremos ver la planificación realizada, este lapso está representada por semanas, en el caso de la figura 5.19 el tiempo es desde la semana 1 a la semana 52, a las pudiendo visualizar un equipo en particular o todos de corrido.

Si aceptamos como verdadera toda la información ingresada y aceptamos, se presenta la figura 5.20 en la cual describe el equipo a realizar el mantenimiento, el número de inventario, el tipo de mantenimiento, el detalle de las acciones a realizar, el tiempo estimado, si su ejecución fue terminada, el responsable y su especialidad.

LISTA DE MANTENIMIENTOS PLANIFICADOS									REGRESAR
SEMANA	MAQUINA	MAINT.	DESCRIPCION	T.ESTIM.	REAL.	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD		
1	01446	BB DESCARGA 1	Periodico	Cambio sello mecánico	3	<input type="checkbox"/>	Ivan Farinango	Mecanico	
5	1175A	BB DE LECHE	Periodico	Cambio bobina solenoide	2,5	<input type="checkbox"/>	Agustin Almeida	Mecanico Espec.	
9	01446	BB DESCARGA 1	Periodico	Cambio sello mecánico	3	<input type="checkbox"/>	Ivan Farinango	Mecanico	
10	1175A	BB DE LECHE	Periodico	Cambio bobina solenoide	2,5	<input type="checkbox"/>	Agustin Almeida	Mecanico Espec.	
15	1175A	BB DE LECHE	Periodico	Cambio bobina solenoide	2,5	<input type="checkbox"/>	Agustin Almeida	Mecanico Espec.	
15	1175A	BB DE LECHE	Periodico	Cambio bobina solenoide	2,5	<input type="checkbox"/>	Agustin Almeida	Mecanico Espec.	
17	01446	BB DESCARGA 1	Periodico	Cambio sello mecánico	3	<input type="checkbox"/>	Ivan Farinango	Mecanico	
20	01230	SILO DE LECHE Nc	Periodico	Limpieza general	3	<input type="checkbox"/>	Ivan Farinango	Mecanico	
21	1175A	BB DE LECHE	Periodico	Cambio bobina solenoide	2,5	<input type="checkbox"/>	Agustin Almeida	Mecanico Espec.	

gistro: 1 de 31

Figura 5.20 Detalle mantenimiento planificado

#### 4. Mantenimientos no Realizados

Para llevar un control de las actividades de mantenimiento planificadas y de las pendientes, esta sección nos permite llevar un listado de los trabajos que aún no se realizan, como se indica en la Figura 5.21

Esta información es toda como base la semana actual, indicando todos los pendientes hasta la semana actual, para observar las actividades pendientes de otra semana es necesario cambiar la semana actual en las pantallas anteriores, los parámetros indicados en esta pantalla son la orden de trabajo, la semana, el equipo, la descripción de las actividades, el responsable y la especialidad.

<b>MANTENIMIENTOS NO REALIZADOS</b>						
<b>SEMANA ACTUAL</b> 15						<b>SALIR</b>
<b>CODMANT</b>	<b>SEMANA</b>	<b>MAQUINA</b>	<b>MANT</b>	<b>DETALLE MANT</b>	<b>RESPONSABLE</b>	
9000001	5	BB DE LECHE	3	Cambio bobina solenoic	Agustin Almeida	Mecanico Espec.
9000002	10	BB DE LECHE	3	Cambio bobina solenoic	Agustin Almeida	Mecanico Espec.
9000003	15	BB DE LECHE	3	Cambio bobina solenoic	Agustin Almeida	Mecanico Espec.
9000013	15	BB DE LECHE	3	Cambio bobina solenoic	Agustin Almeida	Mecanico Espec.
9000020	1	BB DESCARGA 1 EFECTO	3	Cambio sello mecánico	Ivan Farinango	Mecanico
9000021	9	BB DESCARGA 1 EFECTO	3	Cambio sello mecánico	Ivan Farinango	Mecanico

Registro: 1 de 6

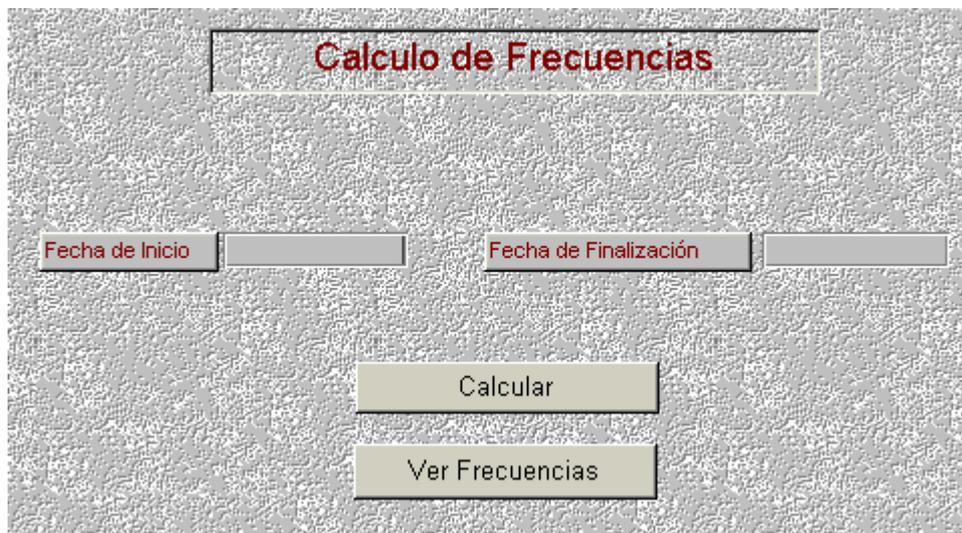
Figura 5.21 Mantenimiento pendientes

### 5.1.2.6 Módulo de Costos

Para facilitar el control y la toma de decisiones se ha incorporado dentro del programa el módulo de costos, el cual consta de una serie de informes que detallamos a continuación:

## 1. Cálculo de frecuencias

Mediante esta pantalla podemos observar los daños ocurridos en un equipo durante un lapso de tiempo, como se indica en la figura 5.22, para lo cual es necesario ingresar las fechas que inicial y final del lapso de tiempo. Los datos que se presentan en esta sección son absorbidos del menú de historial de la sección daños del equipo.



The image shows a software interface for calculating frequencies. At the top, there is a title bar with the text "Calculo de Frecuencias". Below this, there are two input fields: "Fecha de Inicio" (Start Date) and "Fecha de Finalización" (End Date). Underneath these fields are two buttons: "Calcular" (Calculate) and "Ver Frecuencias" (View Frequencies).

Figura 5.22 Frecuencias de daños

Ingresadas las fechas, los datos pueden visualizarse selección primero el botón calcular seguido se presentará un anuncio en el que indica que la operación se realizó de buen manera y paso seguido se selecciona el botón "Ver Frecuencia", desplegando la información de las frecuencias de los equipos en la selección de fechas realizadas anteriormente, tal como se muestra en la figura 5.23

Informe de frecuencias en un rango de fecha

Fecha Inicial: 01/01/2000      Fecha final: 31/12/2001

Inventario	Descripción	Tipo de Daño	Frecuencia
01033	BB LECHE No 4	Limpieza general	1
01240	BB LECHE No 3	Cambio cauchos (sello mecánico)	1
01240	BB LECHE No 3	Cambio carbones (sello mecánico)	1
01240	BB LECHE No 3	Cambio rodamientos motor	1
01240	BB LECHE No 3	Asiento espejo	1
01448	maquina que falta 1	Cambio espejo	1

Figura 5.23 Informe frecuencia de daños

## Frecuencia de Daños

Inventario	tipo daño	descripcion	cantidad
01033	16	Limpieza general	1
Resumir por 'Inventario' = 01033 (1 registro de detalle)			
Suma			1
Inventario	tipo daño	descripcion	cantidad
01240	2	Cambio cauchos (sello mecánico)	1
	3	Cambio carbones (sello mecánico)	1
	4	Cambio rodamientos motor	1
	8	Asiento espejo	1
Resumir por 'Inventario' = 01240 (4 registros de detalle)			
Suma			4

Figura 5.24 Resumen de frecuencia de daños

Para poder imprimir esta información es necesario, regresar a la pantalla anterior y seleccionar el botón “Informe de Frecuencias”, inmediatamente se despliega todas las máquinas con su frecuencia total en el lapso de tiempo indicado en la sección anterior, tal como se muestra el figura 5.24

Siguiendo con el desarrollo del módulo de “Cálculos”, esta el botón de costos, mediante el cual podemos realizar un control estricto de cuanto nos cuesta cada una de las acciones programadas tanto en horas hombre como el costo de repuestos. Seleccionando el botón Costos se presenta una pantalla mediante la cual podemos seleccionar un lapso de tiempo en el cual queremos conocer los costos de las actividades de mantenimiento ingresando en los campos respectivos, una vez ingresado estos datos se despliegan los códigos de los mantenimientos, el tipo de mantenimiento que se ha desarrollado y terminado, la fecha en la que programó, el número de inventario, el costo total de la mano de obra y el costo total de los repuestos utilizados, detallados de cada mantenimiento y el los costos acumulados, así como el costo total de mantenimiento como se muestra en la figura 5.25

**Cálculo Costo por fecha**

Desde: 01/01/2000 Hasta: 01/01/2003 Presentar

**Resumen Total de Costos**

Código Mante	nto	Tiempo	Fecha	Inventa	Mano de Obra	Total Rep.
▶ MPR-02	2	6	2/02/2002	01448	25.20	17.4
MPR-03	2	6	7/01/2002	16920	25.80	0
MPR-04	2	6	5/02/2002	01175B	25.20	0
*	0	0			0.00	0

Registro: 1 de 3

<b>Total Mano de Obra</b>	76.20	<b>Imprimir</b>
<b>Total Mano Repuestos</b>	17.40	<b>Resumen de Costos por Máquina</b>
<b>Costo Total</b>	93.60	<b>Resumen de Costos por Mantenimiento</b>
		<b>Salir</b>

Figura 5.25 Costos de actividades de mantenimiento

Mediante esta pantalla podemos visualizar el costo por equipo seleccionando el botón “Resumen de costos por máquina”, en donde seleccionamos el equipo en el campo inventario y se despliega el resumen de los costos de mantenimiento parcial total y periódico, así como la opción de imprimir estos este resumen. Tal como se detalla en la figura 5.26

**Inventario** maquina que falta 1

**Subformulario Consulta Resumen Costos maq**

Código Manteni.	Mantenimiento	po (horas)	Fecha	Mano de Obra	Total Rep.
MPR-02	2	6	2/02/2002	25.2	17.4
*	0	0		0	0

Registro: 1 de 1

<b>Total Mano de Obra</b>	25.20	<b>Imprimir</b>
<b>Total Repuestos</b>	17.40	
<b>Total Costos</b>	42.60	

**Salir**

Figura 5.26 Costos de actividades por equipo

El botón “Resumen de costos de mantenimiento”, nos permite conocer los costos de los diferentes tipos de mantenimiento. Total, parcial y periódico, dividido según esta clasificación, de igual manera este resumen se puede imprimir, tal como se indica en la figura 5.27

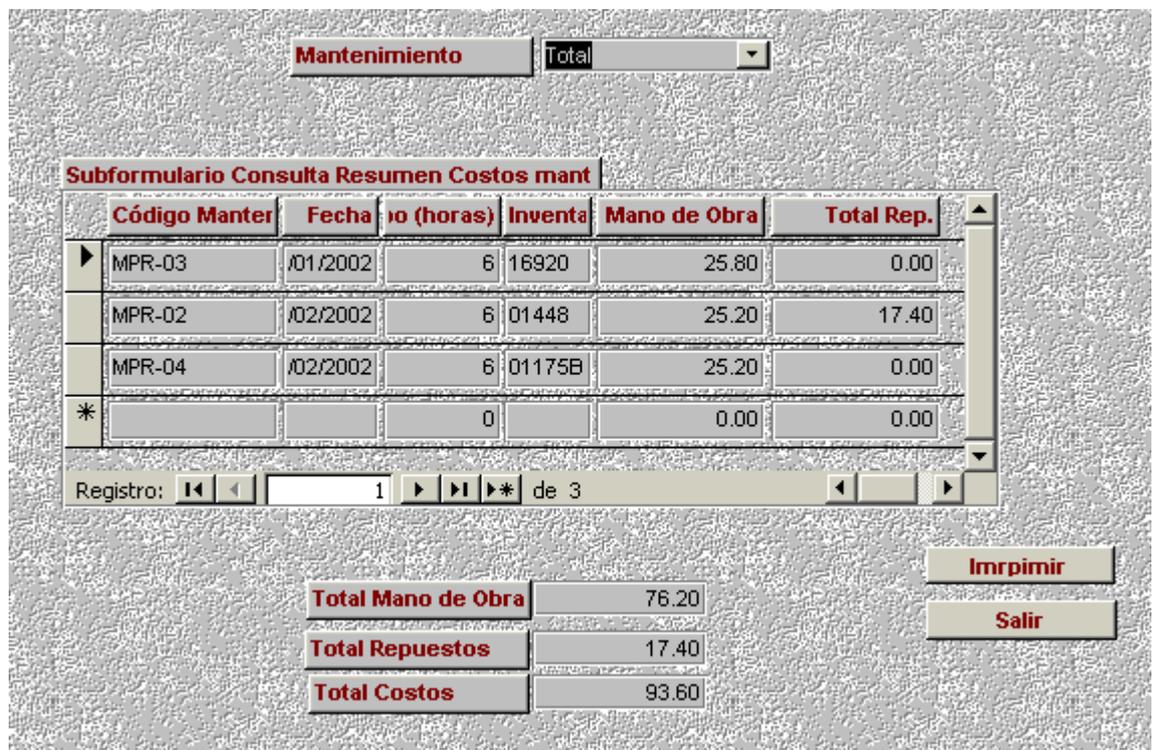


Figura 5.27 Costos de actividades por tipo de mantenimiento

El programa desarrollado, necesita de un constante control de los las actividades realizadas, para cumplir con los tiempos y costos establecidos en el mismo. Para que el programa gane confiabilidad su alimentación de datos, modificaciones y mejoras a los equipos deben registrarse correctamente, la única forma de realizar una gestión de mantenimiento eficiente es mediante la recopilación y procesamiento de datos en forma ordena, clara y precisa de las actividades de mantenimiento realizadas en los mismos.

## 5.2 Programa de Mantenimiento

Para obtener una comprensión más clara de la programación de las actividades de mantenimiento, es necesario describir como se clasifica el mantenimiento, tomando en cuenta la clasificación realizada por Nestlé, la cual podemos visualizar en la figura 5.28

### TIPOS DE MANTENIMIENTO

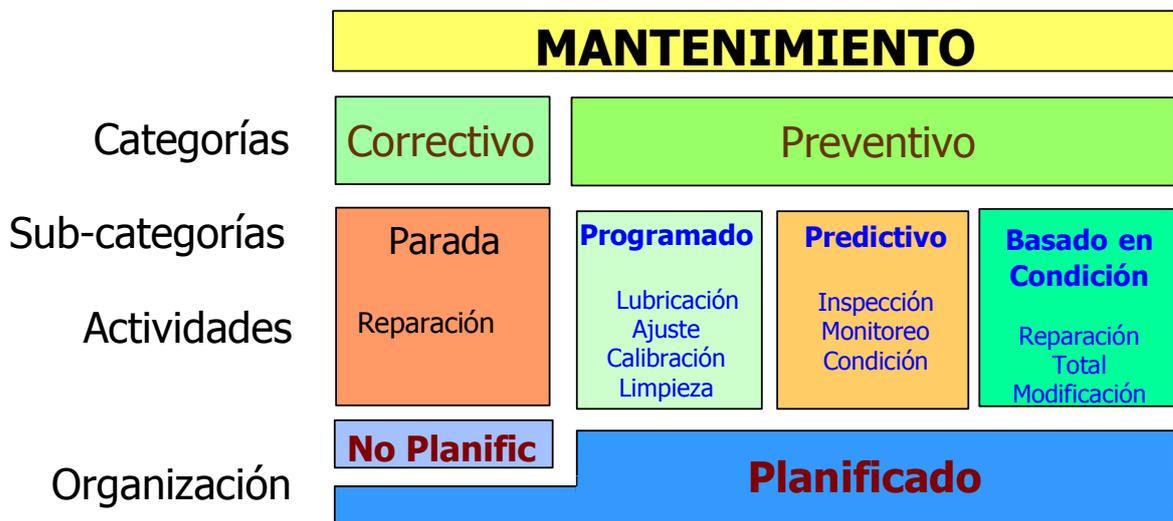


Figura 5.28 Clasificación de Mantenimiento.

Mantenimiento preventivo, es el mantenimiento llevado a cabo para impedir un fallo en un equipo en operación, o para impedir que ésta opere fuera de los parámetros de operación establecidos

El mantenimiento preventivo, de acuerdo con esta clasificación puede dividirse en Mantenimiento Programado, Predictivo y Basado en la condición, cada uno de estos tienen su propia definición, es importante que se establezca claramente la diferencia entre cada uno de ellos, para poder obtener un indicador de establecer una relación de que tipo de mantenimiento se esta realizando con mayor frecuencia en planta y poder tomar lo correctivos adecuados.

Mantenimiento programado, es llevado a cabo en intervalos fijos, independientemente de la condición del activo. Los intervalos usualmente están basados en el tiempo. Principalmente constituye limpieza y servicios, pero puede incluir todo el Mantenimiento, generalmente esta información en entregada por parte del fabricante en los manuales de los equipos.

Mantenimiento predictivo, es el control planificado y sistemático del comportamiento del activo, para controlar su condición y predecir los fallos a tiempo, de modo de permitir una acción, antes de que ocurra un fallo. Para la realización de este tipo de mantenimiento es necesario contar con instrumentos de medición, los cuales resulta una inversión inicial alta, pero los beneficios son inmediatos, dentro de esta clase puede estar análisis de vibraciones, termografías, análisis de aceites y pruebas no destructivas.

Mantenimiento basado en la condición, reparaciones planificadas, modificadas y otras intervenciones, en respuesta a la condición mostrada por síntomas de problemas operacionales, antes de que ocurra un fallo, las actividades para este tipo de mantenimiento pueden generarse de una notificación del operador o mecánico en sus rutas de inspección.

### **5.2.1 Coordinación con departamento de Producción.**

La forma de operación de la fábrica, depende de muchos factores; como puede ser: la falta de leche, requisitos del negocio, mantenimientos planificados, etc. En forma estándar y si todo los factores están controlados el ciclo de operación de los equipos, siguen un programa operación establecido, con tiempos de producción, limpieza y arranque.

Este tiempo de parada programada, es utilizada para realizar actividades de mantenimiento en las cuales necesariamente se requiera desarmar el equipo o realizar modificaciones que no se las puede hacer cuando están en operación.

El programa de producción, es entregado regularmente cada semana al personal de mantenimiento, el mismo que se trata de cumplirse a cabalidad respetando tiempos y horas establecidos, en ocasiones debido a exigencia del mercado estos downtime se reduce, desestabilizando toda la programación en los diferentes departamentos.

Otro aspecto que debe considerarse es la disponibilidad de la materia prima para el proceso, en este caso la principal materia prima es la leche la que puede escasear en ciertos meses del año, provocando un retraso en la producción y el incremento de los downtime programados, estos lapsos deben ser aprovechados para la realización de actividades de mantenimiento.

El compromiso entre el personal de producción y mantenimiento, es de dar a conocer el programa de producción semanal de acuerdo al cual se pueden designar las diferentes actividades de mantenimiento, tratando en lo posible de cumplir en su totalidad.

La programación de las actividades de Mantenimiento se la realizará para todo el año estimando fechas y responsables para su realización. En caso de poder realizar en la fecha establecida esta actividad quedará pendiente para

realizarla la próxima parada, las actividades de mantenimiento que no interfieren con la continuidad de la producción pueden realizarse en forma independiente de las paradas.

### **5.2.2 Fechas**

Como ya se indicó en el punto anterior, la distribución de las fechas, se realizarán tentativamente pero siempre se realizará en las actividades de mantenimiento aunque no se cumpla la fecha establecida. La programación de las fechas depende también de la disponibilidad y cantidad de personal.

Las fechas designadas para el mantenimiento preventivo, son establecidas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, sumada la experiencia del operador y los datos estadísticos obtenidos del historial del equipo. Dentro de este tipo de mantenimiento se encuentran las fechas de manteniendo programado las cuales son establecidas con una frecuencia invariable y las fechas de las actividades de monitoreo, dependiendo de la criticidad de los equipos estas frecuencias son reguladas.

El mantenimiento correctivo, puede ser programada como una opción desde el punto de vista de costos, puesto que puede presentarse el caso de que los costos por dejar fallar son mucho menores que los costos por mantenimiento en tal caso, puede establecerse el mantenimiento correctivo. Para el área de estudio este no es el caso, no debe descartar la opción que se presente una falla imprevista.

Durante la programación de las fechas se puede seleccionar grupos de equipos o líneas para realizar los diferentes tipos de mantenimientos en fechas específicas del año. Para este caso la forma de selección de los equipos se ha realizado en forma independiente, sin Tomar en cuenta toda la línea puesto

que resulta más complicado designar un lapso de tiempo para varias máquinas ya que pueden presentar varios inconvenientes.

### **5.2.3 Responsables**

La designación de las diferentes actividades de mantenimiento, deben realizarse tomando en cuenta la capacidad, la preparación y la experiencia del personal en los trabajos de mantenimiento encomendados. De igual manera la responsabilidad de los mismos para poder responder por los trabajos encomendados.

Los trabajos asignados a cada persona, deben estar en concordancia a su especialidad y preparación, dentro del Departamento Técnico de fábrica Nestlé Cayambe, se han establecido una serie de especialidades de acuerdo con las necesidades de los diferentes trabajos.

Para el personal de mantenimiento, se debe establecer las actividades específicas para cada especialidad alcanzando una mayor calidad en los trabajos en menor tiempo y con mejor utilización de recursos. El perfil del personal de mantenimiento debe estar establecido, para el caso de Nestlé Cayambe, esta disposición ya se encuentra establecida y detallada, en la descripción de funciones en Recursos Humanos de Fábrica.

### **5.2.4 Procedimiento**

Los procedimientos, indican las seguridades del personal, el procedimiento de cambio y las herramientas; para los diferentes equipos que se encuentran instalados en esta área, la reunión de estos procedimientos, se los ha denominado hojas de máquinas.

Todas estas recomendaciones han sido extraídas de los manuales de los fabricantes y de recomendaciones hechas por el personal de mantenimiento de planta. En algunos equipos, se toma en consideración el funcionamiento de un grupo de equipos, como el caso del evaporador.

Estas hojas de deben ser conocidas por el operador y el personal de mantenimiento, guardando y elevando el conocimiento de todo el personal, las hojas de vida son las únicas herramientas que facultan al operador a tomar una decisión sobre el funcionamiento y parada de emergencia de los mismos.

### **5.3 Cronograma de actividades**

Para realizar una primera aproximación de la distribución de las actividades durante todo el año y considerando que el área de Condensación no es la única que entrará en dicho programa, se han designado ciertas fechas para realizar dichas actividades en las diferentes áreas.

Como ya se indicó en los capítulos anteriores, las áreas en las que se ha dividido la fábrica son las siguientes:

- Producción
- Servicios Básicos
- Estaciones o centros de acopio

Y cada una de estas a la vez sub - dividiéndose en líneas de producción o centros de cargo, los cuales enumeramos a continuación

#### **1. Producción:**

- Recepción de leche

- Pulverización / Condensación
- Hojalatería
- Llenaje
- Embalaje

## 2. Servicios Generales:

- Vapor
- Refrigeración
- Aire Comprimido
- Agua
- Electricidad
- Gas Inerte

## 3. Estaciones o centros de acopio

Todos estos Centros de cargos detallados, deben incorporarse al Programa de Mantenimiento Anual, aunque inicialmente arranquemos con la línea de Condensación se debe desde la Planificación designar la fecha en la cual las diferentes áreas, deben entrar a una revisión y/o reparación parcial o total dependiendo del estado en que se encuentren.

Por tal motivo, se realizó la distribución como se indica en la tabla No. 5.1, tomando en cuenta que para las dos primeras áreas Producción y Servicios Generales, el mantenimiento lo realizará personal de la fábrica y la tercera área Estaciones o centros de Acopio será realizado por terceros.

Tabla No. 5.1 Distribución de tiempo pos áreas

AREA	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
PRODUCCIÓN												
SERVICIOS GENERALES												
ESTACIONES												

Basándose en este plan anual de Mantenimiento, podemos ir desglosando línea por línea y finalmente llegar a detallar equipo por equipo, para el área de Condensación específicamente se ha designado el inicio de actividades a partir de la primera semana de Enero.

Dentro de este lapso de tiempo debemos distribuir la revisión de todos los equipos detallados en las secciones anteriores que forman parte de la misma, una aproximación para realizar dicha la podemos observar en la tabla No. 5.2. Para la programación de la revisión de los diferentes equipos, se ha escogido a la semana como la mínima unidad ya que arriesgarse a designar por días puede resultar muy ineficiente tanto en el control como en la ejecución.

Esta distribución, la utilizamos para realizar una reparación parcial de los equipos y una vez reparados, seguimos con las diferentes actividades de mantenimiento preventivo como predictivo.

#### 5.4 Correcciones

Las correcciones de las actividades establecidas de mantenimiento, puede realizarse sobre la marcha puede presentarse el caso que no se pueda cumplir el programa de mantenimiento, sea modificado y que las horas presupuestadas para trabajos de Mantenimiento, no se estén cumpliendo.

Si este es el caso se deberá realizar las correcciones necesarias en el Plan de mantenimiento para que se logre la mayor aproximación a lo estimado. Por el momento no podemos dar soluciones a los problemas que aún no se generan una vez iniciado el problema, estos surgirán y las correcciones se tendrán que dar lugar sobre la marcha del programa.

El factor al cual toda las áreas de fábrica está sujeta de modificación de sus programas, es la provisión de la materia prima, ya que sin la presencia de la misma toda el proceso se detendrá, por tal motivo se debe iniciar a llevar un estadístico de los meses de baja producción debida a esta causa, para volver a reprogramar todo el plan Anual haciendo coincidir con estas fechas las reparaciones o modificaciones de los equipos.

Tabla No. 5.2 Distribución tiempo área Condensación

UBICACIÓN	DESCRIPCION	INVENTARIO	AÑO 2002							
			SEMANA							
			1	2	3	4	5	6	7	
210.01.01.01	BB descarga 1er efecto	1446								
210.01.01.02	BB descarga 2do efecto	1448								
210.01.01.03	BB descarga 3er efecto A	16920								
210.01.01.04	BB descarga 3er efecto B	1175B								
210.01.01.05	BB descarga 4to efecto A	1175								
210.01.01.06	BB descarga 4to efecto B	1467								
210.01.01.07	BB descarga tanque pulmón 2	1607								
210.01.01.08	BB leche precondensada	1232								
210.01.01.09	BB descarga tina intermedia	16921								
210.01.01.10	BB precalentador	1458								
210.01.01.11	BB recolección conden pasteu	1465								
210.01.01.12	BB Recolección cod 1 efecto	1251								
210.01.01.13	BB Recolección cod evap	1599								
210.01.01.14	BB dosificación de aceite	1463								
210.01.01.16	Tanque de espera	1468								
210.01.01.17	Filtro leche precondensada	1477								
210.01.01.18	BB retorno agua industrial	1283								
210.01.01.20	Evaporador Scheffers No.1	1471								
210.01.01.21	BB descarga tanque pulmón 1	1493								
210.01.02.01	Clarificadora de leche No. 1	1274								
210.01.02.03	Clarificadora de leche No. 2	18006								
210.01.01.25	Tanque pulmón No. 1	17922								
210.01.01.26	Tanque pulmón No. 2	1466								
210.01.01.27	Condensador	1471C								
210.01.01.28	Pasteurizador	16681								
210.01.01.29	Termocompresor	16682								
210.01.01.30	Tanque intermedio	1468								
210.01.01.31	Tanque precondensado No. 1	1474								
210.01.01.32	Tanque precondensado No. 2	1473								

## **5.5 Mejoras**

Recogiendo todas las experiencias del Plan de Mantenimiento anual anterior, se puede llegar a establecer las modificaciones que puedan dar como resultado la optimización de recursos y por ende la disminución del costo total de producción.

Las modificaciones que se realicen deben ser establecidas después de un minucioso estudio evaluando la verdadera situación del equipo, ya que se cuenta con una serie de datos del verdadero funcionamiento del mismo, mediante este análisis se busca hallar la verdadera frecuencia de cambio, como de monitoreo, de igual manera se puede llegar a establecer la calidad de los repuestos y las condiciones bajo las cuales brindan una verdadera fiabilidad, de este factor dependerá directamente la fiabilidad de los equipos. De manera conjunta se puede evaluar a los proveedores, ya que estos son que nos proporcionarán los repuestos en los tiempos adecuados y con la calidad deseada y establecida.

Para concluir las mejoras o modificaciones debe ser un proceso continuo y permanente en el cual participación directa y abierta de todos los involucrados con mantenimiento es importante.

# CAPÍTULO 6

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

1. Mediante la aplicación de los principios y fundamentos del Mantenimiento Dirigido a la Consecuencia “MDC”, se ha logrado desarrollar el programa de Mantenimiento para la línea de Condensación para Nestlé S.A. bajo estos principios y recomendaciones se procederá en un corto lapso de tiempo ha implantar está nueva herramienta de mantenimiento a todas las áreas de la fábrica, incluyendo a sus estaciones.
2. La descentralización del mantenimiento a los operadores es la base para que MDC pueda funcionar de una manera eficiente, se debe involucrarlos directamente con actividades de mantenimiento rutinarios o básicas.
3. Las acciones tendientes a eliminar las fallas o disminuir su impacto deben ser realizadas en el menor tiempo posible mostrando las mejoras en forma inmediata.
4. Los costos iniciales de mantenimiento pueden ser altos, debido a que se puede ser necesario realizar trabajos totales en las máquinas, llegando a recuperar su diseño inicial, posteriormente disminuirá el costo total de producción, pero no se eliminará el costo de mantenimiento.
5. Las paradas de la línea debe ser evaluada a diario con operadores y personal técnico sin ocultarse ni pasar por alto, debe llevarse estadísticas de daños, causa raíz y planes de acción.

6. Para realizar actividades de Monitoreo de los equipos, es necesario contar con un equipo y personal especializado para el control e interpretación de los datos obtenidos.
  
7. El MDC Mantenimiento Dirigido a la Consecuencia, no es únicamente un programa de Mantenimiento, es una cultura de mantenimiento por ello necesita mucha constancia, dedicación. Es un proceso a largo tiempo pero que debe periódicamente presentar sus avances.

## **6.2 Recomendaciones**

1. Para alcanzar los objetivos del MDC se recomienda trabajar muy fuerte en la capacitación, estimulando la formación en el puesto de trabajo, fortaleciendo el diálogo entre mandos medios, jefes y operadores para que el conocimiento sea total y transmitido de una forma segura y consiente de la importancia que este representa para la empresa.
2. Plantear objetivos particulares para alcanzar objetivos generales, a fin de involucrar al personal en su sitio de trabajo.
3. Debido al nivel tecnológico y de automatización que cuenta actualmente la empresa, esto conlleva la renovación conceptos, formas de trabajos y preparación del personal, por tal motivo se debe profesionalizar al personal técnico.
4. La revisión e identificación de equipos ubicados en las diferentes áreas debe desarrollarse en forma trimestral, debido a los constantes cambios que se presentan en la planta y en líneas de producción se realiza reubicaciones que no son registradas por el personal encargado de la planificación, lo que provoca errores en la distribución y cumplimiento de los planes.
5. Se debe controlar a diario la gestión de mantenimiento, mediante tableros de gestión, ubicados en las diferentes líneas, en donde se encuentre detallados las metas alcanzadas día a día en gestión del mantenimiento.

6. La revisión anual de los objetivos de planta; son la base fundamental para realizar modificaciones al plan de mantenimiento anual así como de las políticas de mantenimiento, indicadores y análisis de líneas.

# **ANEXOS**

## ANEXO No. 1

### Repuesto utilizados con mayor frecuencia

<b>EQUIPO :</b> BB DESCARGA 1er. EFECTO		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.01		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b> BB DESCARGA 2do. EFECTO		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.02		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b> BB DESCARGA EFECTO 3A		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.03		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b> BB DESCARGA EFECTO 3B		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.03		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b> BB DESCARGA EFECTO 4A		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.05		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b> BB DESCARGA EFECTO 4B		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.06		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
BB DESCARGA TANQUE PULMON No. 2		210.01.01.07		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
BB DESCARGA LECHE PRE-CONDENSADA		210.01.01.08		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
BB DESCARGA TINA INTERMEDIA		210.01.01.09		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
BB DESCARGA PRE-CALENTADOR		210.01.01.10		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
BB RECOLECCIÓN CONDENSADO PASTERIZADOR		210.01.01.11		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
BB RECOLECCIÓN CONDENSADO 1er EFECTO		210.01.01.12		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
BB CONDENSADO CONDENSADOR		210.01.01.13		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
TANQUE DE ESPERA		210.01.01.16		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
040 005 012 605	Filtro ULTRAFILTER P-BE 05/30	2.00	250.00	500.00
040 005 012 610	Filtro Completo ULTRAFILTER P-BE 0032	2.00	350.00	700.00
040 005 012 750	Vidrio Visor PASILAC 4.562x0.25in	1.00	26.15	26.15
040 005 012 800	Empaque Visor PASILAC 403317	1.00	4.75	4.75
040 005 012 810	Empaque Sanitario Manhole PASILAC 723221	1.00	8.26	8.26

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
FILTROS DE LECHE PRE-CONDENSADA		210.01.01.17		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
005 030 024 822	Empaque 2x65x93 Caucho Sanitario	2.00	14.50	29.00

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
EVAPORADOR SCHEFFERS No. 1		210.01.01.20		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
029 010 005 110	Boquilla SCHEFFERS 711-20/370	2.00	135.00	270.00
029 010 005 111	Boquilla SCHEFFERS 711-21/371	3.00	140.00	420.00
029 010 005 112	Boquilla SS	3.00	178.00	534.00
029 010 005 113	Distribuidor SS	2.00	400.00	800.00
029 010 005 114	Boquilla SCHEFFERS 711-19/369	1.00	140.00	140.00
029 010 005 117	Inyector 35x120mm PTFE	1.00	200.00	200.00
029 010 005 118	Boquilla SCHEFFERS 100-03/021	1.00	150.00	150.00
029 010 005 155	Empaque Media Luna 3.25in Nitrilo	2.00	12.00	24.00
029 010 005 170	Valvula Retencion GESTRA 1.5in DN40	2.00	250.00	500.00
029 010 005 808	Empaque Sanitario 110x130x5mm Nitrilo	3.00	5.00	15.00
029 010 005 809	Empaque SCHEFFERS 5801370/73	3.00	7.00	21.00
029 010 005 810	Empaque 2x200x300mm Nitrilo	3.00	5.00	15.00
029 010 005 811	Empaque 2x394x505mm Nitrilo	3.00	5.00	15.00
029 010 005 812	Empaque Plano 10x16mm Nitrilo	3.00	4.35	13.05
029 010 005 813	Empaque 2x310x355mm Nitrilo	3.00	5.20	15.60
029 010 005 814	Empaque 2x300x405mm Nitrilo	3.00	4.70	14.10
029 010 005 815	Empaque 2x344x455mm Nitrilo	3.00	2.50	7.50
029 010 005 816	Empaque 2x495x600mm Nitrilo	3.00	1.35	4.05
029 010 005 817	Empaque U SCHEFFERS 101-22/339	3.00	30.00	90.00
029 010 005 818	Empaque V 6x93x112mm Nitrilo	3.00	3.15	9.45
029 010 005 820	Empaque L SCHEFFERS 021-00/342	3.00	10.00	30.00
029 010 005 821	Empaque L SCHEFFERS 701-04/340	3.00	11.00	33.00
029 010 005 822	Empaque L SCHEFFERS 101-55/331	3.00	15.00	45.00
029 010 005 825	Empaque L SCHEFFERS 202-53/337	3.00	32.06	96.18
029 010 005 827	Empaque L SCHEFFERS 131-55/332	3.00	25.00	75.00
029 010 005 830	Juego Empaque SCHEFFERS 711-10/356	1.00	150.00	150.00
029 010 005 832	Empaque SCHEFFERS 620 711-04355 2	1.00	5.68	5.68
029 010 005 834	Empaque 100x120x2.1mm Nitrilo	2.00	20.00	40.00
029 010 005 848	Anillo Reduc Fluj SCHEFFERS 19 10030/751	1.00	5.60	5.60

<b>EQUIPO :</b>		<b>CC.LL.NN.UU</b>		
BB DESCARGA TANQUE PULMON No. 1		210.01.01.21		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	1.00	106.50	106.50
024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	1.00	27.86	27.86
024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	1.00	42.58	42.58
024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	1.00	28.45	28.45
024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	1.00	12.45	12.45
024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	1.00	12.45	12.45
024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	1.00	478.50	478.50
024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	1.00	432.20	432.20
024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	1.00	204.51	204.51
024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	1.00	12.45	12.45
006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	1.00	3.01	3.01
006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	1.00	3.50	3.50

EQUIPO :		CC.LL.NN.UU		
CLARIFICADORA ALFA LAVAL		210.01.02.01		
CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD INSTALADA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
029 001 010 090	Manguito Desgaste ALFA LAVAL 4-11530	1.00	106.57	106.57
029 001 010 091	Manguito ALFA LAVAL 6-11742	1.00	157.61	157.61
029 001 010 211	Tuerca ALFA LAVAL 11808 SS	1.00	567.74	567.74
029 001 010 214	Anillo Acople Guia ALFA LAVAL 11527	1.00	174.59	174.59
029 001 010 220	Impulsor ALFA LAVAL 11807	1.00	623.24	623.24
029 001 010 235	Bocin ALFA LAVAL 2859272 SS	2.00	78.90	157.80
029 001 010 249	Protector ALFA LAVAL 43094 Vidrio	1.00	21.57	21.57
029 001 010 252	Tacometro ALFA LAVAL 6-537470 02	1.00	186.65	186.65
029 001 010 257	Impulsor ALFA LAVAL 11814	1.00	832.70	832.70
029 001 010 265	Copa ALFA LAVAL 6-11678	1.00	72.77	72.77
029 001 010 270	Zapata ALFA LAVAL 8956	3.00	38.76	116.28
029 001 010 277	Pasador ALFA LAVAL 6-63796	1.00	0.66	0.66
029 001 010 278	Eje ALFA LAVAL 6-43080	1.00	71.37	71.37
029 001 010 279	Pinon con Pasador ALFA LAVAL 11553	1.00	121.28	121.28
029 001 010 280	Mirilla Aceite ALFA LAVAL 11493	1.00	18.59	18.59
029 001 010 282	Eje Tacometro ALFA LAVAL 43084	1.00	176.07	176.07
029 001 010 293	Anillo Acople ALFA LAVAL 11540	2.00	146.69	293.38
029 001 010 295	Tuerca Ranurada ALFA LAVAL 38682	2.00	4.50	9.00
029 001 010 296	Tuerca Ranurada ALFA LAVAL 11522	2.00	99.36	198.72
029 001 010 297	Tuerca ALFA LAVAL 11523	2.00	99.36	198.72
029 001 010 300	Perno Tapon ALFA LAVAL 11494	1.00	81.68	81.68
029 001 010 302	Tapon ALFA LAVAL 11525	1.00	24.11	24.11
029 001 010 307	Anillo Tope ALFA LAVAL 9883	1.00	149.03	149.03
029 001 010 309	Anillo Ajuste ALFA LAVAL 11675	1.00	27.90	27.90
029 001 010 310	Anillo Espaciador ALFA LAVAL 11425	1.00	23.02	23.02
029 001 010 311	Anillo Acople ALFA LAVAL 785476	1.00	0.01	0.01
029 001 010 322	Boquilla ALFA LAVAL 11841 6mm	1.00	193.68	193.68
029 001 010 334	Bocin ALFA LAVAL 3-43583 Bronce	4.00	24.17	96.68
029 001 010 336	Bocin Conexion ALFA LAVAL 190629	1.00	13.17	13.17
029 001 010 441	Casquillo ALFA LAVAL 11559	1.00	151.39	151.39
029 001 010 443	Casquillo ALFA LAVAL 43090	1.00	190.86	190.86
029 001 010 600	Resorte Tope ALFA LAVAL 2848680	6.00	3.40	20.40
029 001 010 601	Resorte ALFA LAVAL 6-31366	6.00	1.62	9.72
029 001 010 603	Resorte Zapata ALFA LAVAL 11497	3.00	11.61	34.83
029 001 010 607	Amortiguador ALFA LAVAL 6-10593	1.00	28.71	28.71
029 001 010 608	Roldana Proteccion ALFA LAVAL 10795	1.00	204.39	204.39
029 001 010 612	Porta Rodamiento ALFA LAVAL 2914789	1.00	333.00	333.00
029 001 010 614	Empaque Collar ALFA LAVAL 6-11595	2.00	1.40	2.80
029 001 010 615	Soporte Collar ALFA LAVAL 785976-1	2.00	1031.40	2062.80
029 001 010 658	O ring ALFA LAVAL 64104	1.00	49.21	49.21
029 001 010 803	Empaque ALFA LAVAL 11426-00 Caucho	4.00	1.20	4.80
029 001 010 828	Anillo ALFA LAVAL 190601 Caucho	2.00	0.67	1.34
029 001 010 831	Acople Matrimo ALFA LAVAL 36121 Caucho	1.00	61.50	61.50
029 001 010 836	Empaque ALFA LAVAL11528 0.35x144x195mm	1.00	1.66	1.66
029 001 010 842	Empaque ALFA LAVAL 10959 Caucho	1.00	17.28	17.28
029 001 010 843	Empaque U ALFA LAVAL 11591 Caucho	1.00	28.89	28.89
029 001 010 844	Empaque ALFA LAVAL 35002	1.00	0.99	0.99
029 001 010 901	Rodamiento ALFA LAVAL 6-11455	2.00	6.07	12.14
029 001 010 902	Rodamiento ALFA LAVAL 1720810	2.00	16.00	32.00

<b>EQUIPO :</b> CLARIFICADORA WESTFALIA		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.02.21		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
029 001 110 001	Junta WESTFALIA 0004-5252-770	2.00	6.37	12.74
029 001 110 002	Junta WESTFALIA 1056-1277-000	2.00	5.68	11.36
029 001 110 003	Junta Cordon WESTFALIA 0004-2361-758	2.00	6.00	12.00
029 001 110 004	Junta Anular WESTFALIA 0007-1731-840	2.00	6.50	13.00
029 001 110 005	Junta Anular WESTFALIA 0007-2212-750	2.00	4.50	9.00
029 001 110 006	Junta WESTFALIA 0004-5212-700	2.00	3.69	7.38
029 001 110 010	Resorte Compres WESTFALIA 0006-4231-160	2.00	26.01	52.02
029 001 110 011	Junta Anular WESTFALIA 0007-2328-750	1.00	8.90	8.90
029 001 110 012	Juego Resortes WESTFALIA 0006-4306-060	2.00	55.10	110.20
029 001 110 013	Junta WESTFALIA 0004-5017-770	2.00	8.71	17.42
029 001 110 014	Junta WESTFALIA 0004-5016-770	2.00	8.71	17.42
029 001 110 015	Junta WESTFALIA 0007-2320-750	2.00	5.20	10.40
029 001 110 016	Junta WESTFALIA 0007-2003-750	6.00	4.53	27.18
029 001 110 017	Anillo Filtro WESTFALIA 0004-1963-830	2.00	7.04	14.08
029 001 110 037	Junta WESTFALIA 0004-1674-190	2.00	18.00	36.00
029 001 110 038	Junta WESTFALIA 0004-1691-730	2.00	95.33	190.66
029 001 110 039	Junta Anular WESTFALIA 0007-2883-750	1.00	6.31	6.31
029 001 110 040	Junta Anular WESTFALIA 0007-2987-750	6.00	2.56	15.36
029 001 110 041	Junta Anular WESTFALIA 0007-1733-760	2.00	54.52	109.04
029 001 110 042	Junta Anular WESTFALIA 0007-2415-760	2.00	64.11	128.22
029 001 110 043	Junta Anular WESTFALIA 0007-1734-760	2.00	83.40	166.80
029 001 110 044	Junta WESTFALIA 0007-2551-750	1.00	6.69	6.69
029 001 110 045	Junta Anular WESTFALIA 0007-2508-750	2.00	0.40	0.80
029 001 110 046	Junta WESTFALIA 0004-5292-780	1.00	0.01	0.01
029 001 110 047	Junta WESTFALIA 0004-5048-780	1.00	10.51	10.51
029 001 110 062	Junta WESTFALIA 0004-5434-770	2.00	73.98	147.96
029 001 110 066	Anillo Presion WESTFALIA 0008-4507-170	2.00	624.24	1248.48
029 001 110 067	Junta WESTFALIA 0004-1838-700	2.00	1.70	3.40
029 001 110 068	Juego Piez Movil WESTFALIA 0010-4210-020	2.00	265.25	530.50
029 001 110 069	Junta Anular WESTFALIA 0007-2927-750	1.00	3.53	3.53
029 001 110 070	Junta Anular WESTFALIA 0007-2649-750	1.00	14.19	14.19
029 001 110 071	Junta Anular WESTFALIA 0007-2425-760	1.00	144.41	144.41
029 001 110 072	Junta Anular WESTFALIA 0007-1949-750	1.00	2.87	2.87
029 001 110 073	Junta Anular WESTFALIA 0007-2617-750	1.00	3.61	3.61
029 001 110 074	Junta Anular WESTFALIA 0007-2642-750	1.00	5.75	5.75
029 001 110 075	Junta Anular WESTFALIA 0007-2944-750	1.00	6.65	6.65
029 001 110 077	Sensor WESTFALIA 005-0868-000	1.00	91.00	91.00
029 001 110 080	Resorte WESTFALIA 0006-4250-160	1.00	17.94	17.94
029 001 110 081	Resorte WESTFALIA 0026-1289-110	1.00	43.53	43.53
029 001 110 090	Junta WESTFALIA 0007-1732-760	2.00	102.71	205.42
029 001 110 092	Junta WESTFALIA 0007-2642-750	2.00	5.75	11.50

<b>EQUIPO :</b> TANQUE PULMON No. 1		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.25		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
040 005 012 750	Vidrio Visor PASILAC 4.562x0.25in	1.00	26.15	26.15
040 005 012 800	Empaque Visor PASILAC 403317	1.00	4.75	4.75
040 005 012 810	Empaque Sanitario Manhole PASILAC 723221	1.00	8.26	8.26

<b>EQUIPO :</b> TANQUE PULMON No. 2		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.26		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
040 005 012 750	Vidrio Visor PASILAC 4.562x0.25in	1.00	26.15	26.15
040 005 012 800	Empaque Visor PASILAC 403317	1.00	4.75	4.75
040 005 012 810	Empaque Sanitario Manhole PASILAC 723221	1.00	8.26	8.26

<b>EQUIPO :</b> CONDENSADOR		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.27		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
029 010 005 835	Empaque Condensador 30x30mm Nitrilo	3.00	5.20	15.60

<b>EQUIPO :</b> TERMOCOMPRESOR		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.29		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
029 010 005 130	Cono 1.5in - 1in SS	1.00	80.00	80.00
029 010 005 132	Cono 2in - 1in SS	1.00	120.00	120.00
029 010 005 133	Cono 3in - 2in SS	1.00	110.00	110.00

<b>EQUIPO :</b> TANQUE INTERMEDIO		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.30		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
040 005 012 750	Vidrio Visor PASILAC 4.562x0.25in	1.00	26.15	26.15
040 005 012 800	Empaque Visor PASILAC 403317	1.00	4.75	4.75
040 005 012 810	Empaque Sanitario Manhole PASILAC 723221	1.00	8.26	8.26

<b>EQUIPO :</b> TANQUE PRE-CONDENSADO No. 1		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.31		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
040 005 012 750	Vidrio Visor PASILAC 4.562x0.25in	1.00	26.15	26.15
040 005 012 800	Empaque Visor PASILAC 403317	1.00	4.75	4.75
040 005 012 810	Empaque Sanitario Manhole PASILAC 723221	1.00	8.26	8.26

<b>EQUIPO :</b> TANQUE PRE-CONDENSADO No. 2		<b>CC.LL.NN.UU</b> 210.01.01.32		
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD INSTALADA</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
040 005 012 750	Vidrio Visor PASILAC 4.562x0.25in	1.00	26.15	26.15
040 005 012 800	Empaque Visor PASILAC 403317	1.00	4.75	4.75
040 005 012 810	Empaque Sanitario Manhole PASILAC 723221	1.00	8.26	8.26

Para establecer una categoría a los repuestos, se ha realizado una tabulación de los datos considerando: costo unitario, cantidad instaladas para posterior realizar la frecuencia acumulada, con este valor se puede definir los intervalos considerados, para las diferentes categorías de repuestos:

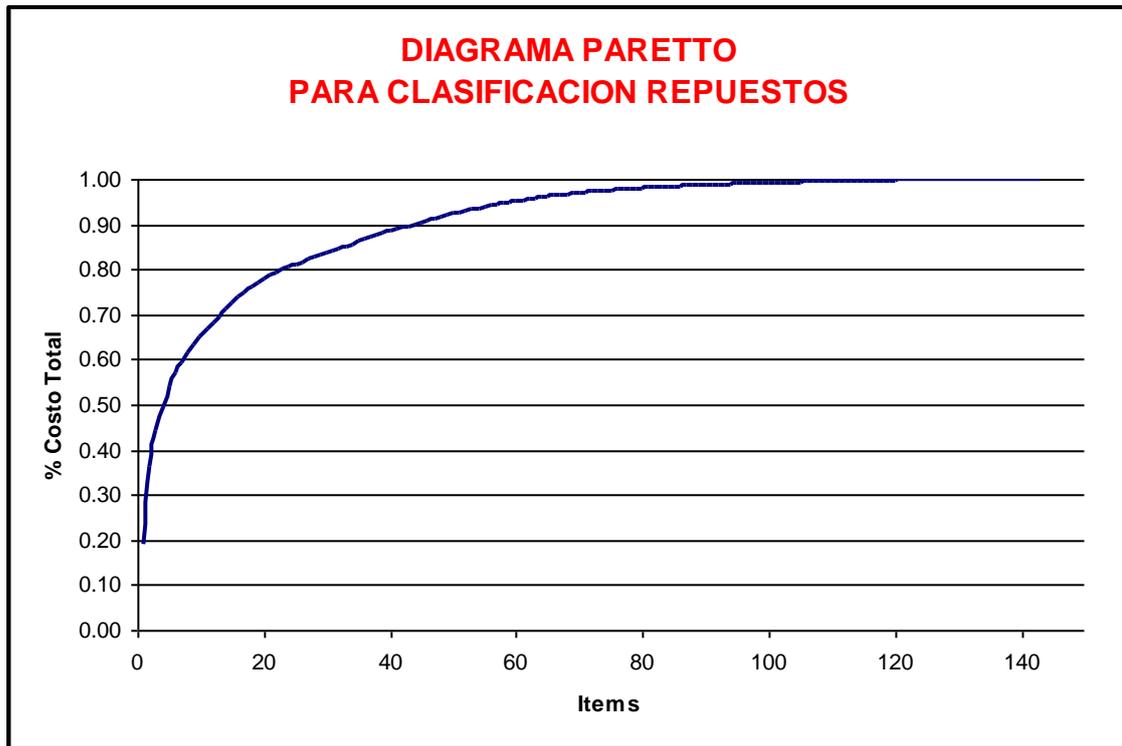
Repuestos tipo A: hasta 0.80

Repuestos tipo B: entre 0.80 – 0.95

Repuestos tipo C: entre 0.95 – 1.00

De igual manera con la tabulación de los datos, se realizó el respectivo Diagrama de Pareto , para la realización del mismo se considero toda la línea de Condensación no los equipos por separado, ya que los mismos repuestos son utilizados en diferentes equipos.

## DIAGRAMA PARETTO PARA CLASIFICACION REPUESTOS



Clasificación Repuestos tipo A hasta 0.80 (frecuencia acumulada)

No.	CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD INSTALADA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	% COSTO TOTAL	ACUMULADO
1	024 008 001 012	Sello Mecanico Fristam 9.404B 0821320113	15.00	478.50	7177.50	0.190	0.1898523
2	024 008 001 013	Sello Mecanico Fristam 9.404 0821320056	15.00	432.20	6483.00	0.171	0.3613343
3	024 008 001 021	Impulsor Fristam D99x18mm 0404632001	15.00	204.51	3067.65	0.081	0.4424768
4	029 001 010 615	Soporte Collar ALFA LAVAL 785976-1	2.00	1031.40	2062.80	0.055	0.4970400
5	024 008 001 001	Sello Mecanico Doble Fristam 727a 2L	15.00	106.50	1597.50	0.042	0.5392955
6	029 001 110 066	Anillo Presion WESTFALIA 0008-4507-170	2.00	624.24	1248.48	0.033	0.5723191
7	029 001 010 257	Impulsor ALFA LAVAL 11814	1.00	832.70	832.70	0.022	0.5943449
8	029 010 005 113	Distribuidor SS	2.00	400.00	800.00	0.021	0.6155057
9	040 005 012 610	Filtro Completo ULTRAFILTER P-BE 0032	2.00	350.00	700.00	0.019	0.6340214
10	024 008 001 003	O ring Sello Fristam 727a 0885510002	15.00	42.58	638.70	0.017	0.6509157
11	029 001 010 220	Impulsor ALFA LAVAL 11807	1.00	623.24	623.24	0.016	0.6674010
12	029 001 010 211	Tuerca ALFA LAVAL 11808 SS	1.00	567.74	567.74	0.015	0.6824183
13	029 010 005 112	Boquilla SS	3.00	178.00	534.00	0.014	0.6965432
14	029 001 110 068	Juego Piez Movil WESTFALIA 0010-4210-020	2.00	265.25	530.50	0.014	0.7105755
15	040 005 012 605	Filtro ULTRAFILTER P-BE 05/30	2.00	250.00	500.00	0.013	0.7238010
16	029 010 005 170	Valvula Retencion GESTRA 1.5in DN40	2.00	250.00	500.00	0.013	0.7370265
17	024 008 001 004	O ring Sello Fristam 727a 0885510001	15.00	28.45	426.75	0.011	0.7483145
18	029 010 005 111	Boquilla SCHEFFERS 711-21/371	3.00	140.00	420.00	0.011	0.7594239
19	024 008 001 002	Espejo Sello Fristam 727a 0810510001	15.00	27.86	417.90	0.011	0.7704778
20	029 001 010 612	Porta Rodamiento ALFA LAVAL 2914789	1.00	333.00	333.00	0.009	0.7792860
21	029 001 010 293	Anillo Acople ALFA LAVAL 11540	2.00	146.69	293.38	0.008	0.7870462
22	029 010 005 110	Boquilla SCHEFFERS 711-20/370	2.00	135.00	270.00	0.007	0.7941880
23	029 001 110 090	Junta WESTFALIA 0007-1732-760	2.00	102.71	205.42	0.005	0.7996215
24	029 001 010 608	Roldana Proteccion ALFA LAVAL 10795	1.00	204.39	204.39	0.005	0.8050279

## Clasificación Repuestos tipo B 0.80 – 0.95 (frecuencia acumulada)

No.	CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD INSTALADA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	% COSTO TOTAL	ACUMULADO
25	029 010 005 117	Inyector 35x120mm PTFE	1.00	200.00	200.00	0.005	0.8103181
26	029 001 010 296	Tuerca Ranurada ALFA LAVAL 11522	2.00	99.36	198.72	0.005	0.8155744
27	029 001 010 297	Tuerca ALFA LAVAL 11523	2.00	99.36	198.72	0.005	0.8208308
28	029 001 010 322	Boquilla ALFA LAVAL 11841 6mm	1.00	193.68	193.68	0.005	0.8259538
29	029 001 010 443	Casquillo ALFA LAVAL 43090	1.00	190.86	190.86	0.005	0.8310022
30	029 001 110 038	Junta WESTFALIA 0004-1691-730	2.00	95.33	190.66	0.005	0.8360454
31	024 008 001 005	Oring Fristam D2x40x44mm	15.00	12.45	186.75	0.005	0.8409851
32	024 008 001 006	Anillo Metalico Fristam T.21.31.4	15.00	12.45	186.75	0.005	0.8459249
33	024 008 001 007	Anillo Fristam T.21.30.1 D18x22x0.5mm	15.00	12.45	186.75	0.005	0.8508646
34	024 008 001 011	O ring Tapa Bomba Fristam D1.6mm	15.00	12.45	186.75	0.005	0.8558043
35	024 008 001 031	Rotor Eje Fristam 1.1kW	15.00	12.45	186.75	0.005	0.8607441
36	029 001 010 252	Tacometro ALFA LAVAL 6-537470 02	1.00	186.65	186.65	0.005	0.8656811
37	029 001 010 282	Eje Tacometro ALFA LAVAL 43084	1.00	176.07	176.07	0.005	0.8703384
38	029 001 010 214	Anillo Acople Guia ALFA LAVAL 11527	1.00	174.59	174.59	0.005	0.8749565
39	029 001 110 043	Junta Anular WESTFALIA 0007-1734-760	2.00	83.40	166.80	0.004	0.8793685
40	029 001 010 235	Bocin ALFA LAVAL 2859272 SS	2.00	78.90	157.80	0.004	0.8835425
41	029 001 010 091	Manguito ALFA LAVAL 6-11742	1.00	157.61	157.61	0.004	0.8877114
42	040 005 012 750	Vidrio Visor PASILAC 4.562x0.25in	6.00	26.15	156.90	0.004	0.8918616
43	029 001 010 441	Casquillo ALFA LAVAL 11559	1.00	151.39	151.39	0.004	0.8958660
44	029 010 005 118	Boquilla SCHEFFERS 100-03/021	1.00	150.00	150.00	0.004	0.8998336
45	029 010 005 830	Juego Empaque SCHEFFERS 711-10/356	1.00	150.00	150.00	0.004	0.9038013
46	029 001 010 307	Anillo Tope ALFA LAVAL 9883	1.00	149.03	149.03	0.004	0.9077433
47	029 001 110 062	Junta WESTFALIA 0004-5434-770	2.00	73.98	147.96	0.004	0.9116570
48	029 001 110 071	Junta Anular WESTFALIA 0007-2425-760	1.00	144.41	144.41	0.004	0.9154768
49	029 010 005 114	Boquilla SCHEFFERS 711-19/369	1.00	140.00	140.00	0.004	0.9191799
50	029 001 110 042	Junta Anular WESTFALIA 0007-2415-760	2.00	64.11	128.22	0.003	0.9225715
51	029 001 010 279	Pinon con Pasador ALFA LAVAL 11553	1.00	121.28	121.28	0.003	0.9257795
52	029 010 005 132	Cono 2in - 1in SS	1.00	120.00	120.00	0.003	0.9289536
53	029 001 010 270	Zapata ALFA LAVAL 8956	3.00	38.76	116.28	0.003	0.9320293
54	029 001 110 012	Juego Resortes WESTFALIA 0006-4306-060	2.00	55.10	110.20	0.003	0.9349442
55	029 010 005 133	Cono 3in - 2in SS	1.00	110.00	110.00	0.003	0.9378538
56	029 001 110 041	Junta Anular WESTFALIA 0007-1733-760	2.00	54.52	109.04	0.003	0.9407381
57	029 001 010 090	Manguito Desgaste ALFA LAVAL 4-11530	1.00	106.57	106.57	0.003	0.9435569
58	029 001 010 334	Bocin ALFA LAVAL 3-43583 Bronce	4.00	24.17	96.68	0.003	0.9461142
59	029 010 005 825	Empaque L SCHEFFERS 202-53/337	3.00	32.06	96.18	0.003	0.9486583
60	029 001 110 077	Sensor WESTFALIA 005-0868-000	1.00	91.00	91.00	0.002	0.9510653

## Clasificación Repuestos tipo C 0.95 – 1.00 (frecuencia acumulada)

No.	CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD INSTALADA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	% COSTO TOTAL	ACUMULADO
61	029 010 005 817	Empaque U SCHEFFERS 101-22/339	3.00	30.00	90.00	0.002	0.9534459
62	029 001 010 300	Perno Tapon ALFA LAVAL 11494	1.00	81.68	81.68	0.002	0.9556064
63	029 010 005 130	Cono 1.5in - 1in SS	1.00	80.00	80.00	0.002	0.9577225
64	029 010 005 827	Empaque L SCHEFFERS 131-55/332	3.00	25.00	75.00	0.002	0.9597064
65	029 001 010 265	Copa ALFA LAVAL 6-11678	1.00	72.77	72.77	0.002	0.9616312
66	029 001 010 278	Eje ALFA LAVAL 6-43080	1.00	71.37	71.37	0.002	0.9635190
67	029 001 010 831	Acople Matrimeo ALFA LAVAL 36121 Caucho	1.00	61.50	61.50	0.002	0.9651457
68	006 001 010 422	Cojinete Bola 6205-2RS1 C3	15.00	3.50	52.50	0.001	0.9665344
69	029 001 110 010	Resorte Compres WESTFALIA 0006-4231-160	2.00	26.01	52.02	0.001	0.9679104
70	040 005 012 810	Empaque Sanitario Manhole PASILAC 723221	6.00	8.26	49.56	0.001	0.9692213
71	029 001 010 658	O ring ALFA LAVAL 64104	1.00	49.21	49.21	0.001	0.9705230
72	006 001 010 418	Cojinete Bola 6204-2RS1 C3	15.00	3.01	45.15	0.001	0.9717172
73	029 010 005 822	Empaque L SCHEFFERS 101-55/331	3.00	15.00	45.00	0.001	0.9729075
74	029 001 110 081	Resorte WESTFALIA 0026-1289-110	1.00	43.53	43.53	0.001	0.9740589
75	029 010 005 834	Empaque 100x120x2.1mm Nitrilo	2.00	20.00	40.00	0.001	0.9751170

76	029 001 110 037	Junta WESTFALIA 0004-1674-190	2.00	18.00	36.00	0.001	0.9760692	
77	029 001 010 603	Resorte Zapata ALFA LAVAL 11497	3.00	11.61	34.83	0.001	0.9769905	
78	029 010 005 821	Empaque L SCHEFFERS 701-04/340	3.00	11.00	33.00	0.001	0.9778634	
79	029 001 010 902	Rodamiento ALFA LAVAL 1720810	2.00	16.00	32.00	0.001	0.9787098	
80	029 010 005 820	Empaque L SCHEFFERS 021-00/342	3.00	10.00	30.00	0.001	0.9795034	
81	005 030 024 822	Empaque 2x65x93 Caucho Sanitario	2.00	14.50	29.00	0.001	0.9802704	
82	029 001 010 843	Empaque U ALFA LAVAL 11591 Caucho	1.00	28.89	28.89	0.001	0.9810346	
83	029 001 010 607	Amortiguador ALFA LAVAL 6-10593	1.00	28.71	28.71	0.001	0.9817940	
84	040 005 012 800	Empaque Visor PASILAC 403317	6.00	4.75	28.50	0.001	0.9825479	
85	029 001 010 309	Anillo Ajuste ALFA LAVAL 11675	1.00	27.90	27.90	0.001	0.9832859	
86	029 001 110 016	Junta WESTFALIA 0007-2003-750	6.00	4.53	27.18	0.001	0.9840048	
87	029 001 010 302	Tapon ALFA LAVAL 11525	1.00	24.11	24.11	0.001	0.9846425	
88	029 010 005 155	Empaque Media Luna 3.25in Nitrilo	2.00	12.00	24.00	0.001	0.9852774	
89	029 001 010 310	Anillo Espaciador ALFA LAVAL 11425	1.00	23.02	23.02	0.001	0.9858863	
90	029 001 010 249	Protector ALFA LAVAL 43094 Vidrio	1.00	21.57	21.57	0.001	0.9864568	
91	029 010 005 809	Empaque SCHEFFERS 5801370/73	3.00	7.00	21.00	0.001	0.9870123	
92	029 001 010 600	Resorte Tope ALFA LAVAL 2848680	6.00	3.40	20.40	0.001	0.9875519	
93	029 001 010 280	Mirilla Aceite ALFA LAVAL 11493	1.00	18.59	18.59	0.000	0.9880436	
94	029 001 110 080	Resorte WESTFALIA 0006-4250-160	1.00	17.94	17.94	0.000	0.9885181	
95	029 001 110 013	Junta WESTFALIA 0004-5017-770	2.00	8.71	17.42	0.000	0.9889789	
96	029 001 110 014	Junta WESTFALIA 0004-5016-770	2.00	8.71	17.42	0.000	0.9894397	
97	029 001 010 842	Empaque ALFA LAVAL 10959 Caucho	1.00	17.28	17.28	0.000	0.9898968	
98	029 010 005 813	Empaque 2x310x355mm Nitrilo	3.00	5.20	15.60	0.000	0.9903094	
99	029 010 005 835	Empaque Condensador 30x30mm Nitrilo	3.00	5.20	15.60	0.000	0.9907220	
100	029 001 110 040	Junta Anular WESTFALIA 0007-2987-750	6.00	2.56	15.36	0.000	0.9911283	
101	029 010 005 808	Empaque Sanitario 110x130x5mm Nitrilo	3.00	5.00	15.00	0.000	0.9915251	
102	029 010 005 810	Empaque 2x200x300mm Nitrilo	3.00	5.00	15.00	0.000	0.9919219	
103	029 010 005 811	Empaque 2x394x505mm Nitrilo	3.00	5.00	15.00	0.000	0.9923186	
104	029 001 110 070	Junta Anular WESTFALIA 0007-2649-750	1.00	14.19	14.19	0.000	0.9926940	
105	029 010 005 814	Empaque 2x300x405mm Nitrilo	3.00	4.70	14.10	0.000	0.9930669	
106	029 001 110 017	Anillo Filtro WESTFALIA 0004-1963-830	2.00	7.04	14.08	0.000	0.9934394	
107	029 001 010 336	Bocin Conexion ALFA LAVAL 190629	1.00	13.17	13.17	0.000	0.9937877	
108	029 010 005 812	Empaque Plano 10x16mm Nitrilo	3.00	4.35	13.05	0.000	0.9941329	
109	029 001 110 004	Junta Anular WESTFALIA 0007-1731-840	2.00	6.50	13.00	0.000	0.9944768	
110	029 001 110 001	Junta WESTFALIA 0004-5252-770	2.00	6.37	12.74	0.000	0.9948137	
111	029 001 010 901	Rodamiento ALFA LAVAL 6-11455	2.00	6.07	12.14	0.000	0.9951349	
112	029 001 110 003	Junta Cordon WESTFALIA 0004-2361-758	2.00	6.00	12.00	0.000	0.9954523	
113	029 001 110 092	Junta WESTFALIA 0007-2642-750	2.00	5.75	11.50	0.000	0.9957565	
114	029 001 110 002	Junta WESTFALIA 1056-1277-000	2.00	5.68	11.36	0.000	0.9960569	
115	029 001 110 047	Junta WESTFALIA 0004-5048-780	1.00	10.51	10.51	0.000	0.9963349	
116	029 001 110 015	Junta WESTFALIA 0007-2320-750	2.00	5.20	10.40	0.000	0.9966100	
117	029 001 010 601	Resorte ALFA LAVAL 6-31366	6.00	1.62	9.72	0.000	0.9968671	
118	029 010 005 818	Empaque V 6x93x112mm Nitrilo	3.00	3.15	9.45	0.000	0.9971171	
119	029 001 010 295	Tuerca Ranurada ALFA LAVAL 38682	2.00	4.50	9.00	0.000	0.9973552	
120	029 001 110 005	Junta Anular WESTFALIA 0007-2212-750	2.00	4.50	9.00	0.000	0.9975932	
121	029 001 110 011	Junta Anular WESTFALIA 0007-2328-750	1.00	8.90	8.90	0.000	0.9978286	
122	029 010 005 815	Empaque 2x344x455mm Nitrilo	3.00	2.50	7.50	0.000	0.9980270	
123	029 001 110 006	Junta WESTFALIA 0004-5212-700	2.00	3.69	7.38	0.000	0.9982222	
124	029 001 110 044	Junta WESTFALIA 0007-2551-750	1.00	6.69	6.69	0.000	0.9983992	
125	029 001 110 075	Junta Anular WESTFALIA 0007-2944-750	1.00	6.65	6.65	0.000	0.9985751	
126	029 001 110 039	Junta Anular WESTFALIA 0007-2883-750	1.00	6.31	6.31	0.000	0.9987420	
127	029 001 110 074	Junta Anular WESTFALIA 0007-2642-750	1.00	5.75	5.75	0.000	0.9988941	
128	029 010 005 832	Empaque SCHEFFERS 620 711-04355 2	1.00	5.68	5.68	0.000	0.9990443	
129	029 010 005 848	Anillo Reduc Fluj SCHEFFERS 19 10030/751	1.00	5.60	5.60	0.000	0.9991925	
130	029 001 010 803	Empaque ALFA LAVAL 11426-00 Caucho	4.00	1.20	4.80	0.000	0.9993194	
131	029 010 005 816	Empaque 2x495x600mm Nitrilo	3.00	1.35	4.05	0.000	0.9994265	
132	029 001 110 073	Junta Anular WESTFALIA 0007-2617-750	1.00	3.61	3.61	0.000	0.9995220	
133	029 001 110 069	Junta Anular WESTFALIA 0007-2927-750	1.00	3.53	3.53	0.000	0.9996154	
134	029 001 110 067	Junta WESTFALIA 0004-1838-700	2.00	1.70	3.40	0.000	0.9997053	
135	029 001 110 072	Junta Anular WESTFALIA 0007-1949-750	1.00	2.87	2.87	0.000	0.9997812	
136	029 001 010 614	Empaque Collar ALFA LAVAL 6-11595	2.00	1.40	2.80	0.000	0.9998553	
137	029 001 010 836	Empaque ALFA LAVAL11528 0.35x144x195mm	1.00	1.66	1.66	0.000	0.9998992	
138	029 001 010 828	Anillo ALFA LAVAL 190601 Caucho	2.00	0.67	1.34	0.000	0.9999347	
139	029 001 010 844	Empaque ALFA LAVAL 35002	1.00	0.99	0.99	0.000	0.9999609	
140	029 001 110 045	Junta Anular WESTFALIA 0007-2508-750	2.00	0.40	0.80	0.000	0.9999820	
141	029 001 010 277	Pasador ALFA LAVAL 6-63796	1.00	0.66	0.66	0.000	0.9999995	
142	029 001 010 311	Anillo Acople ALFA LAVAL 785476	1.00	0.01	0.01	0.000	0.9999997	
143	029 001 110 046	Junta WESTFALIA 0004-5292-780	1.00	0.01	0.01	0.000	1.0000000	
					<b>SUMATORIA</b>	<b>37805.71</b>		

## **ANEXO No. 2**

### **Métodos de análisis de fallas**

(Copia textual de libro “TPM”  
Ing. Humberto Álvarez)

La metodología de mantenimiento para el análisis y eliminación de averías se orienta a los siguientes puntos:

*Comprender y conocer el equipo profundamente.*

En los últimos años se ha venido insistiendo que las empresas que pretendan mantenerse competitivas en los mercados del futuro, deberán preocuparse por mejorar el conocimiento de todo el personal y garantizar que existe un proceso de adquisición y transferencia efectiva de experiencias o conocimiento entre todos los trabajadores. Este es el punto de partida del Mantenimiento Productivo Total (TPM), ya que busca crear una organización empresarial en continuo aprendizaje y de mejora del conocimiento del personal técnico y operativo.

El TPM fue creado por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) para crear capacidades estratégicas competitivas en las empresas, fundamentadas en el recurso conocimiento de los trabajadores y la aplicación de un modelo de gestión integral del equipamiento. El TPM busca que el operario conozca lo mejor posible los equipos donde interviene diariamente, su estructura interna, funciones, restricciones, precisión y medios de seguridad, para de esta forma, pueda participar activamente en el cuidado y conservación del equipo. Sin este conocimiento no será posible llegar a identificar los factores causales profundos. Por este motivo, las metodologías TPM se apoyan en el

aprendizaje continuo a partir de la experiencia y contacto diario con los equipos.

### *Reflexión sobre los fenómenos.*

Los fenómenos son considerados cuidadosamente y en forma lógica. Se emplea un tiempo para realizar la reflexión sobre los fenómenos identificados y en lo posible, se verifica la hipótesis directamente sobre cada uno de los componentes de la máquina que se estudia. Se pretende evitar que el grupo humano tome decisiones con la única información tomada a partir de una tormenta de ideas. Este tipo de metodología permite adquirir conocimiento, no solo para la eliminación de los factores causales, sino que permite preparar al equipo para realizar aportes innovadores de cambio de diseño y modificaciones que permitan mejorar el rendimiento de la máquina.

### *Priorizar la información con cuidado y método*

El experto japonés Shirose manifiesta que la priorización es necesaria para estudiar en forma ordenada una situación. Sin embargo, debido a una priorización realizada con poco conocimiento del equipo e información, se pueden descartar factores vitales para eliminar las pérdidas crónicas. En el procedimiento sugerido por el TPM se debe conocer profundamente el equipo para lograr establecer esta prioridad en los factores causales, de lo contrario, se deberá evitar la priorización y será necesario actuar en la mayoría de los factores causales posibles.

## **Técnicas TPM empleadas para el estudio de averías**

El TPM aporta varias metodologías poderosas para cumplir con los requisitos expuestos previamente. Las técnicas de mayor utilización y que estudiaremos a continuación son las siguientes:

- Análisis PM (Physical Method). Esta técnica se concentra en el análisis de los principios físicos del problema en estudio.
- Análisis Porqué-Porqué. Esta técnica emplea un proceso deductivo que incluye verificación del equipo en estudio. Se presenta como una alternativa al diagrama de Causa Efecto
- Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE)

### **Análisis 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 (**P** de la palabra inglesa *Phisically*) en relación con los cuatro inputs de la producción equipos: materiales, individuos y métodos). El nombre del método PM no tiene relación alguna con mantenimiento preventivo o predictivo.

Esta técnica permite analizar las averías crónicas físicamente de acuerdo con los principios y leyes naturales que los gobiernan. Este análisis clarifica los mecanismos de su presencia y las condiciones que deben ser controladas para prevenir esta situación. 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

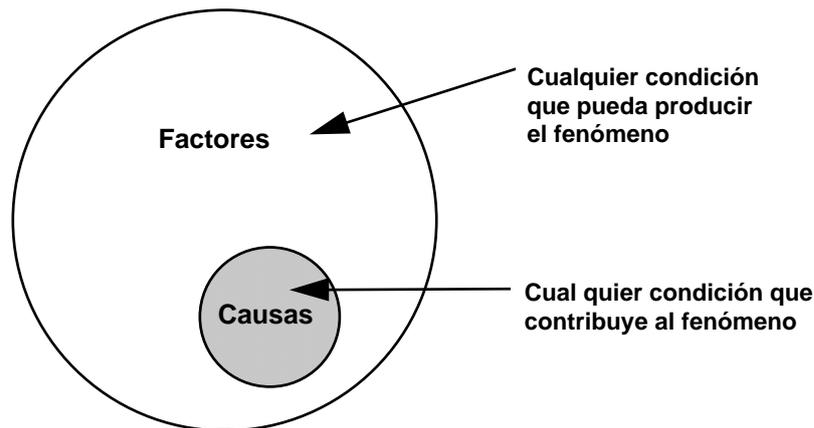
causales y de esta manera eliminar estas pérdidas. Esta técnica considera todos los posibles factores en lugar de tratar de decidir cual es el que tiene mayor influencia.

### *Análisis de factores*

Para el análisis de problemas a través del método PM es necesario comprender la diferencia entre factores y causas.

- Factor: Cualquier condición que potencialmente puede contribuir a un fenómeno.
- Causa: Cualquier factor que contribuye directamente al fenómeno.
- Factor causal: Es aquel factor que contribuye al fenómeno, pero que puede o no producirlo directamente.

Gráficamente se puede representar esta diferencia, Figura 5.1. Los diagramas de Causa Efecto y Pareto nos conducen a la búsqueda de factores, obteniendo una lista de cuales son los que producen en mayor proporción el efecto y así definir los objetivo de mejora. El método PM no prioriza unos pocos factores de alto impacto. Por qué?, debido a que es raro que una avería recurrente sea atribuible a uno a dos o a pocas causas. En lugar de priorizar, el método PM considera todos los factores que podrían influir en el problema crónico. Entonces dentro de cada factor se busca si es anormal o no, obteniendo una lista de acciones de mejora. Esta técnica es muy útil cuando ya se han logrado mejoras empleando técnicas de calidad, pero que no son poderosas para eliminar los más mínimos detalles residuales, especialmente, en problemas complejos.



Tomado de Kumio Shirose, 1995

### Figura 5.1. Factores y causas de un problema

Los conceptos centrales del análisis PM son:

- No se emplea un enfoque de priorización de los factores y causas.
- Se busca lógicamente los factores causales existentes detrás del problema
- Se investigan todos los factores
- Se corrigen todas las anomalías (concepto de podar el césped)
- Se intenta corregir las anomalías en conjunto
- Se establecen o revisan los estándares para prevenir la recurrencia de las anomalías

### 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*

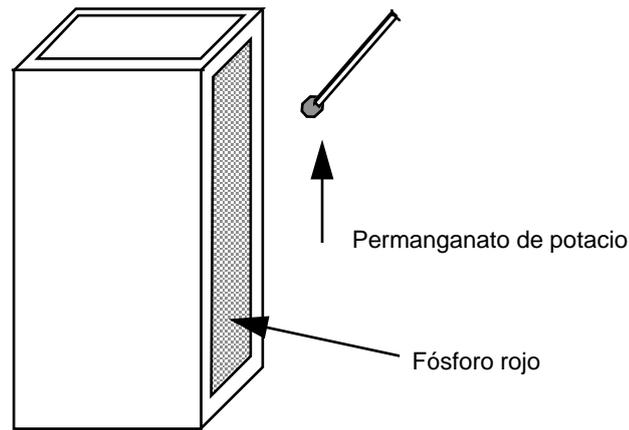
*del equipo, en lugar de pretender abordar las causas de esta desviación desde el primer momento. El objetivo fundamental de esta metodología es llegar a comprender lo mejor posible la forma como se presentó la falla y la forma como intervinieron las diferentes piezas y conjuntos del equipo para la generación del problema*

*El análisis físico explica el **COMO** se presentó el fenómeno en lugar del **PORQUE** se produjo.*

El análisis físico es un puente entre el fenómeno y sus causas potenciales. La práctica habitual de análisis en las empresas consiste en iniciar el estudio a partir de la identificación de las causas, saltando las dos fases anteriores.

*Fenómeno - Análisis físico - Causas*

**Ejemplo 1.** Por qué no prende la cerilla? (Figura 5.2) (Tomado de K. Shirose)



Tomado de Kumio Shirose, 1995

### Figura 5.2. Análisis físico. Caso caja de cerillas

Si se pretende realizar un análisis físico de este fenómeno se pueden encontrar los siguientes factores:

- La cerilla puede estar húmeda
- La cerilla está gastada
- La fuerza de encendido es insuficiente
- La fuerza de encendido se aplica en un ángulo incorrecto

Existen varias razones de por qué no prende la cerilla. Ninguna de ellas puede explicar los principios existentes de la desviación de la norma. Se ha explicado que cuando se pretende eliminar las causas crónicas no es suficiente buscar los factores causales. Antes de realizar el análisis físico se debe entender los principios de como prende una cerilla. Esta prende cuando existe suficiente calor por fricción entre el fósforo rojo de la caja de cerillas y el permanganato de potasio de la cabeza de la cerilla. Un correcto análisis físico de este problema podría describir el fenómeno de la siguiente forma:

**Análisis físico:** La cerilla no prende debido a que el calor por fricción es insuficiente

**Problema 2:** El taja-lápiz no permite obtener una punta adecuada.

Del análisis de este proceso se encontraron las siguientes observaciones:

- La cuchilla del taja-lápiz está apretada pero se encuentra gastada.
- El tamaño del orificio es superior al diámetro del lápiz
- La punta del lápiz tiene suciedad y desliza dentro del taja-lápiz
- La presión que se hace durante el giro del lápiz ha sido inferior

En este ejemplo, las conclusiones obtenidas no corresponden a un análisis físico. Son únicamente factores causales. Un adecuado análisis físico de este fenómeno podría ser el siguiente:

**Análisis físico.**

Debido a la insuficiente presión entre el lápiz y la cuchilla no es posible que esta corte adecuadamente.

*Algunas recomendaciones para la definición del análisis físico.*

Es necesario tener en cuenta que solo existe un solo análisis físico para cualquier fenómeno. Cuando esta situación se presenta es posible que el equipo de estudio no ha logrado definir correctamente el fenómeno. Esto puede traer dificultades, ya que un fenómeno ampliamente definido, puede traer como consecuencia la búsqueda de numerosos factores

causales y no se podrán apreciar las causas importantes. Para la realización del análisis físico se pueden seguir los siguientes pasos:

- 1) Identificar los principios operacionales. Como funciona el sistema en estudio. Es frecuente entre el personal operador encontrar buenas explicaciones físicas relacionadas con los equipos productivos, sean tornos, máquinas de corte, etc., pero también es frecuente que este personal no comprenda la forma como opera la instrumentación y los equipos de medida de esta clase de máquinas, lo cual imposibilita el análisis físico profundo.
- 2) Identificar los estándares de operación. Estos estándares tienen que ver con el funcionamiento libre de averías. Por ejemplo, las marcas visuales de montaje y conexión de bombas para evitar el giro inverso. Estas normas hacen referencia tanto a los principios operativos de los mecanismos, como estos mecanismos deben funcionar normalmente para que el fenómeno no ocurra.
- 3) Identificar los elementos que interactúan. Es necesario identificar los elementos que interactúan y que cambios ocurren en ellos. Por ejemplo, consideremos la relación entre la posición de un buril y la pieza que corta y como los cambios producen un resultado deficiente. Realizar un esquema de como estos elementos se mueven en relación uno de otro podrá clarificar los mecanismos existentes detrás de este fenómeno.
- 4) Cuantificar los cambios físicos. Se debe considerar ante la presencia de un fenómeno los cambios físicos conducen a cambios en algunas medidas físicas. Por ejemplo la fricción o un exceso de corriente en un motor producirá un incremento de temperatura.

### **Ejemplo 3.** No funciona la linterna del taller

El principio físico de este equipo consiste en el flujo de corriente en una resistencia (filamento) el cual produce el efecto incandescente cuando la

temperatura alcanza los 1000 grados centígrados. Las condiciones operacionales que se deben cumplir son:

- La carga de la batería de la linterna debe ser lo suficientemente alta.
- Debe existir un perfecto contacto entre la batería y el filamento
- El filamento del bombillo no debe estar quemado

Del análisis físico se concluyó que:

El circuito se encuentra abierto o la corriente no es lo suficientemente alta para calentar el filamento.

Algunos errores frecuentes en el análisis físico son:

- Se describe el fenómeno que se observa
- Se realiza más de un análisis físico distinto
- Se listan únicamente unos pocos factores causales
- Se olvidan algunas condiciones importantes para realizar el análisis físico

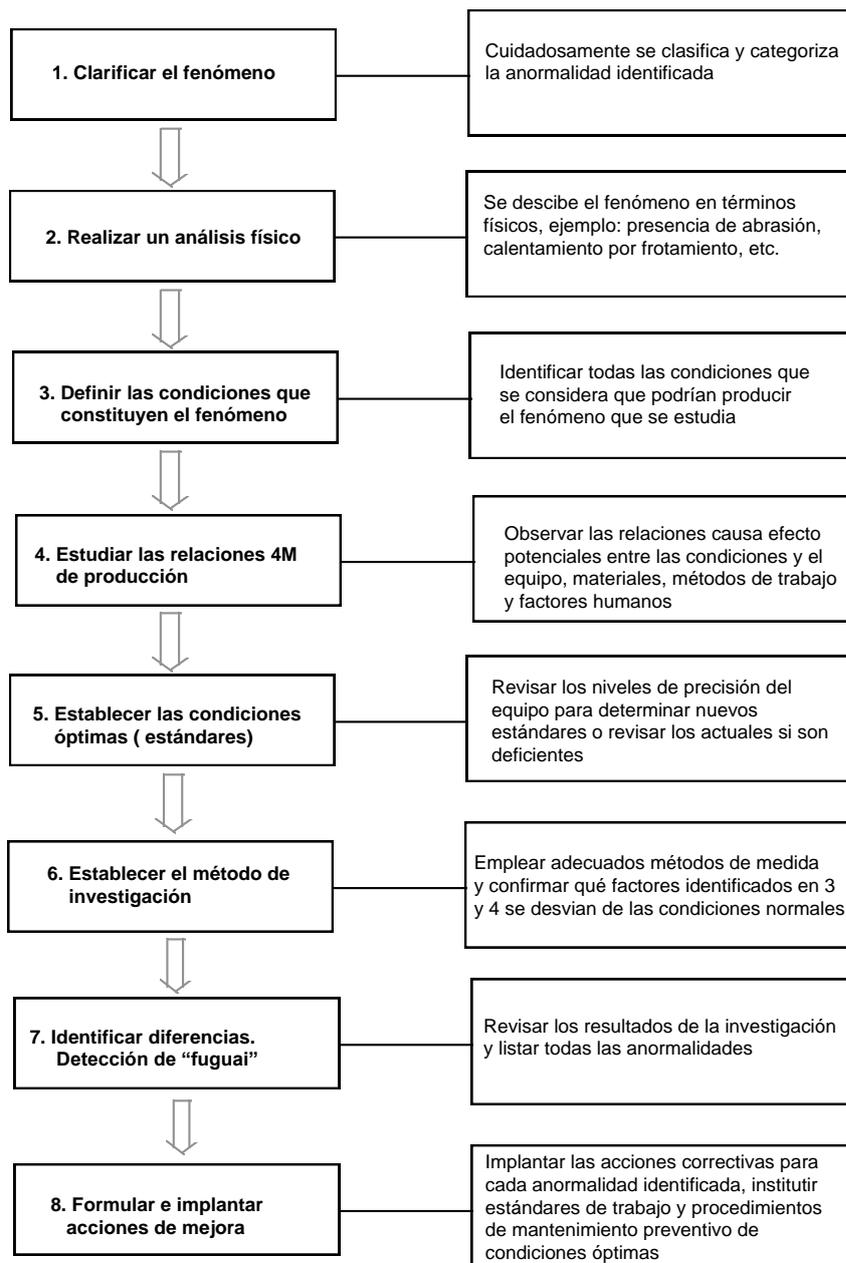
### **Proceso del análisis PM**

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 5.3.

*Paso 1. Clarificar el fenómeno.*

En primer lugar se debe comprender en forma detallada y precisa el fenómeno o tema de estudio en el equipo. Se debe estudiar el proceso de aparición del mismo, las condiciones y localización, como también la diferencia que se presenta entre equipos similares. Este análisis se debe realizar directamente en el sitio del problema empleando la observación y reflexión. Para este paso los japoneses emplean el principio:



**Figura 5.3. Pasos en el análisis PM**

*Gemba-genbutsu* u observación a primera mano. Cuando se presenta un problema se recomienda ir al sitio donde se presentó el fenómeno y se realiza un examen con atención y con detalle. Se escriben en una libreta o formato los hechos identificados para futuros análisis. Los técnicos de mantenimiento de empresas japonesas aplican el siguiente principio “Invierte un poco de tiempo en la reflexión y lo ganarás varias veces debido a que mejorarás la calidad de tu trabajo”. Este principio pretende evitar reparar errores cometidos durante las intervenciones de mantenimiento. Los técnicos nipones ven la avería como una oportunidad para adquirir un mayor conocimiento del equipo y no como una nueva dificultad a vencer.

Existen algunas preguntas que ayudan a observar el fenómeno:

- Durante cuál operación específica se presentó el fenómeno?
- Siempre se presenta el fenómeno bajo las mismas circunstancias?
- Se presenta a intervalos regulares o irregulares?
- Anteriormente estaba mejor o está en proceso permanente de deterioro?
- Este fenómeno ocurre en máquinas similares o distintas?
- Ocurre únicamente en ciertos turnos?
- Se presenta con determinado producto en especial?

Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones para definir el fenómeno:

- Elimine las ideas preconcebidas. Especifique claramente los puntos a observar con el objeto de evitar errores basados en suposiciones y un pensamiento rígido.

- Observe cuidadosamente y analice el fenómeno en el sitio, en lo posible, divida mentalmente el equipo que observa en pequeñas unidades o subsistemas. Esto facilitará la observación del fenómeno.
- Clasifique adecuadamente el fenómeno que ha observado. Emplee las 5W-1H (5 palabras inglesas que comienzan por W una por H o su equivalente: quién, que, donde, cuando, cual y como)
- Identificar las diferencias entre elementos o sistemas normales y anormales.

*Paso 2. Realizar el análisis físico.*

Previamente se ha explicado la forma de realizar el análisis físico. A continuación recapitulamos lo visto dentro del contexto del método de análisis PM.

- Identificar los principios operativos. Revise los diagramas de la máquina y manuales para comprender los principios básicos operacionales del equipo.
- Identificar los estándares operativos. Se aconseja aprender las funciones y mecanismos que gobiernan al equipo en condiciones normales. Emplee diagramas simples de la maquinaria.
- Identificar los elementos que interactúan. Los elementos frecuentes encontrados en el análisis físico son los equipos y las materias primas. Cualquier deterioro de esta relación conduce a problemas de calidad de producto.
- Evaluar la magnitud de los cambios físicos. Una vez se han identificado los elementos que interactúan y diagramados, es necesario cuantificar la magnitud de los cambios físicos ocurridos en esta relación. Se deben emplear unidades físicas o constantes.

*Paso 3. Identificar las condiciones que producen el fenómeno.*

Se identifican todas las posibles condiciones que dan lugar a la presencia del problema. Estas condiciones incluyen todos los factores causales. Como marco de referencia para la búsqueda de estas condiciones se pueden emplear las cuatro categorías conocidas como 4M:

- máquinas: precisión y confiabilidad
- métodos: verificar la relación entre el fenómeno físico y los estándares empleados
- materiales: Verificar si la calidad del material tiene relación con el fenómeno
- mano de obra: verificar si el personal cumple los estándares establecidos.

#### *Paso 4. Estudiar las relaciones existentes entre los factores causales y las 4M de producción*

Este es posiblemente el paso más importante de esta metodología. Se pretende listar e investigar cualquier tipo de correlación existente entre las condiciones identificadas en el paso anterior y los inputs de la producción o 4M. Significa identificar las relaciones causa efecto existentes entre las condiciones que dan lugar al problema y elementos específicos de maquinaria, métodos, materiales y personal. En este caso las condiciones constitutivas se asumen como *efectos* y las 4M se revisan como las posibles *causas*.

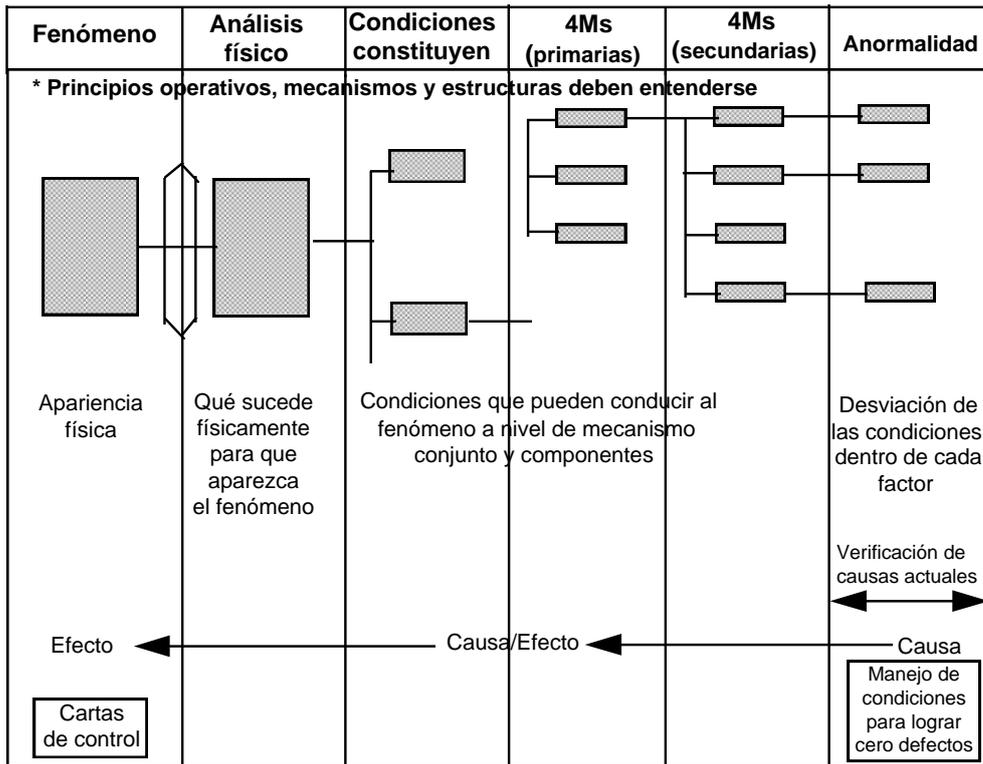
#### *Correlaciones primarias y secundarias de las 4M*

El diagrama de árbol de la figura 5.4 muestra los tres niveles de factores empleados por el análisis PM. A partir del análisis físico se ramifican las condiciones constituyentes del fenómeno. En el segundo nivel del diagrama presenta las correlaciones existentes con las 4M para cada

condición; y estas se subdividen en un segundo nivel, siendo estas denominadas correlaciones secundarias.

Además, en lo posible los elementos 4M deben ser mensurables y expresados en términos verificables. Se deben evitar expresiones generales como la siguiente: “pieza montada deficientemente”; este tipo de comentarios no permiten relacionarlo con un estándar. Una mejor designación sería: “el alineamiento de la pieza está fuera de la marca trazada como referencia”.

En esta fase se debe evitar priorizar las posibles causas primarias y secundarias. Se deben analizar la totalidad de causas debido a la complejidad existen entre los diversos factores causales. El análisis debe ser progresivo desde el mecanismo que tiene contacto directo con los materiales (una pieza que se mecaniza por ejemplo), hasta los más externos como el soporte del equipo o los sistemas de transmisión de datos a los sistemas de control.



**Figura 5.4. Diagrama de árbol (causa efecto) en el análisis PM**

Para la obtención de las correlaciones secundarias se debe tomar cada correlación primaria y se debe reducir a sus elementos constitutivos o a nivel de componente. Se debe preguntar si cada correlación secundaria identificada realmente contribuye o corresponde a la correlación primaria.

**Formato de trabajo.** Buena parte de la utilidad del análisis PM y su éxito se debe al empleo de un adecuado método de trabajo. La figura 5.5 presenta el formato sugerido.

<b>FORMATO PARA EL ANALISIS PM</b>						
Proceso: _____	Fecha: _____					
Estado actual: _____	Preparó: _____					
Fenómeno: _____	Jefe sección _____					
Característica de calidad: _____	Supervisor: _____					
	Notas: _____					
Análisis físico	Condiciones constitutivas		Correlaciones 4M primarias		Correlaciones 4M secundarias	
	Puntos a ser ilustrados	Valores estándar	Puntos a ser ilustrados	Valores estándar	Puntos a ser ilustrados	Valores estándar

**Figura 5.5 Formato para el análisis PM**

*Paso 5 . Establecer las condiciones óptimas (valores estándar)*

En los pasos 1 a 4 se ha definido el fenómeno, se ha analizado en términos físicos y se han listado todos los factores involucrados. Ahora en este paso se van a buscar todas las anomalías dentro de estos

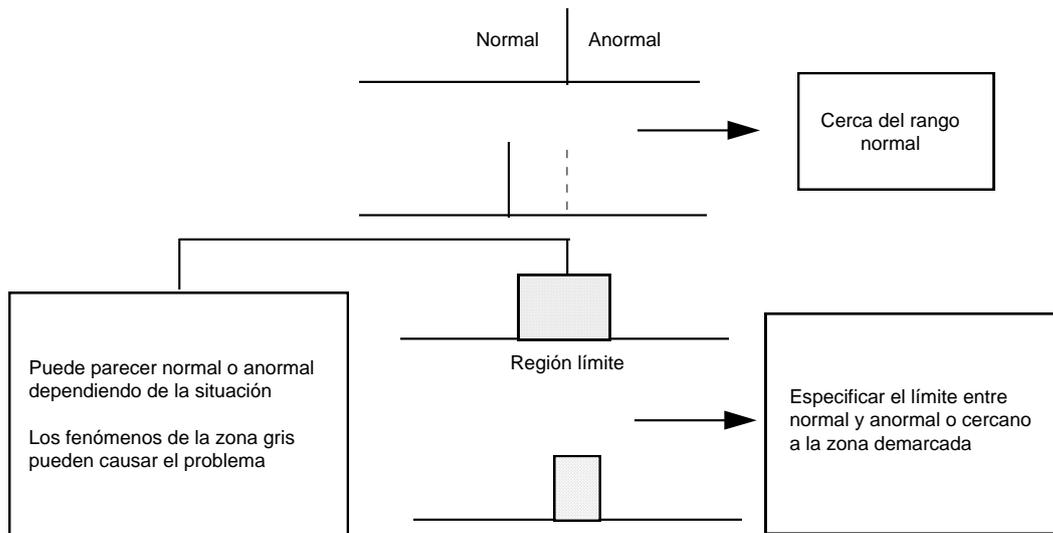
factores con el objeto de establecer los valores estándar. Para esto será necesario preguntarnos: cuáles serían las condiciones, si están presentes, evitarían la producción del problema? Esta investigación no podrá estructurarse en base a juicios subjetivos. El equipo de estudio debe establecer un método confiable para determinar si cada causa potencial se encuentra en una situación normal o anormal. Para realizar esta actividad se deben recoger las normas o estándares y criterios establecidos para controlar el proceso donde se realiza el estudio.

Si no existe será necesario prepararlo incluyendo los principios operativos, mecanismos que se dan para que exista una deficiente operación, estructura del equipo y aspectos de la calidad del producto. Con los estándares disponibles el equipo de estudio debe establecer las fronteras entre lo que es normal y anormal. Este punto puede llegar a ser complejo debido a la dificultad de establecer la línea divisoria (Figura 5.6). Se deben establecer las condiciones ideales para cada factor causal a través de análisis o experimentación. Durante el establecimiento de los estándares o su revisión se podrán identificar los “fugui” o pérdidas en las 4M.

#### *Etapa 6. Establecer el método de investigación*

En este paso el equipo debe determinar la forma más eficiente para medir la diferencia existente entre las condiciones de los factores causales en relación con sus valores ideales establecidos en el paso 5. Se debe preparar un plan de trabajo que facilite definir las forma de lograr las mejores condiciones de medición y de forma simple.

En este paso se define el método y el plan de medición, por ejemplo, si emplearemos un analizador de vibraciones, una llave de torque para el apriete, amplificador para medir las corrientes parásitas existentes en el equipo, análisis metalográficos, galgas, reglas de alineación, etc.



**Figura 5.6 Fronteras entre normal y anormal**

*Paso 7. Identificar diferencias. Detección de “fugui”.*

Una vez evaluados todos los factores causales y habiendo investigado sus condiciones empleando los métodos de medida, se relacionan todos los factores que se desvían del óptimo y todo tipo de deficiencias.

Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se deben analizar todos los posible factores
- Para decidir si es anormal se debe juzgar en relación con los estándares establecidos
- Es necesario pensar en términos de condiciones óptimas y no es condiciones justamente necesarias
- Clasificar como anormal cualquier punto que esté justo en la frontera entre lo normal y anormal.
- Se debe estar seguro de que se comprenden los factores existentes detrás de cada condición clasificada como anormal

- No piense en normal como las condiciones como se ha venido trabajando el equipo. Piense en las condiciones que **debe poseer** el equipo, en lugar de las que **ha tenido**.
- Pregunte siempre “ por qué esto pasó?” “qué factores produjeron esta situación?” este pensamiento ayudará a preparar las acciones preventivas.

### *Paso 8. Formular e implantar acciones de mejora*

Para finalizar el proceso de análisis PM es necesario proponer acciones correctivas y de preventivas para cada anomalía identificada. Para esto

se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La restauración de las piezas se debe realizar a través de mejora o modificaciones de diseño y reemplazo de componentes.
- Después de la restauración del equipo se debe implantar medidas preventivas y de mejora en tecnología
- Se debe planificar la forma como se va a medir y manejar la información sobre el avance y resultados de las mejoras alcanzadas
- Confirmar la precisión de los resultados. Observar si todos los factores causales con desviaciones del estándar se han intervenido
- Recuerde que primero se debe restaurar el equipo antes de mejorarlo tecnológicamente.
- Finalmente, estandarice las mejoras alcanzadas

### **Método Porqué-Qué**

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 cuáles 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.

### **Paso a seguir**

Esta técnica emplea el formato mostrado en la Figura 5.7. Este formato incluye información general como: fenómeno que se estudia, equipo, sitio donde se presentó el fenómeno, fecha del análisis, personas que intervienen en el estudio.

El formato posee cinco columnas para realizar rondas de análisis y una columna final para escribir las acciones de mejora que se proponen y un número de filas para cubrir las diferentes causas que se estudiarán.

### *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		Integrantes		5º RONDA		IDEAS DE MEJORA	
		Definición del fenómeno		Definición del fenómeno					
Equipo:	Sitio del fenómeno	2º RONDA	3º RONDA	4º RONDA	5º RONDA				
		1º RONDA	2º RONDA	3º RONDA	4º RONDA	5º RONDA			
		PORQUE	?	?	?	?	?	?	?
<b>A</b>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		PORQUE	?	?	?	?	?	?	?
<b>B</b>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		PORQUE	?	?	?	?	?	?	?
<b>C</b>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		PORQUE	?	?	?	?	?	?	?
<b>D</b>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		PORQUE	?	?	?	?	?	?	?
<b>E</b>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		PORQUE	?	?	?	?	?	?	?
<b>F</b>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		PORQUE	?	?	?	?	?	?	?
<b>G</b>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		PORQUE	?	?	?	?	?	?	?
<b>H</b>			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
		PORQUE	?	?	?	?	?	?	?

*Paso 1. Primera pregunta*

Se escribe en la parte superior de la casilla de la columna 1 y fila A la primera pregunta ¿“por qué se produce el fenómeno..... que estamos estudiando?”.

### *Paso 2. Primera respuesta*

La respuesta a la anterior pregunta se escribe en la parte inferior de la fila A y columna 1. Pueden existir varias posibles respuestas pero el estudio se inicia con la que se considere como más viable. Se espera que el estudio cubra la totalidad de causas potenciales identificadas.

### *Paso 3. Inspección.*

Esta respuesta o hipótesis es necesario validarla, se acepta o rechaza solamente hasta que se verifique a través de la inspección del equipo en planta. Como resultado de esta inspección se pueden presentar dos alternativas de decisión:

- Debido al buen resultado de la inspección el análisis finaliza para la respuesta dada, esto es, la afirmación que se ha dado no es la causa del fenómeno. El formato posee dos pequeños círculos uno lleno y uno vacío. En caso que la inspección indique que la causa seleccionada no es la sugerida, se marcará con un símbolo de verificación ( $\checkmark$ ) sobre el círculo vacío y se procede a buscar una nueva causa, la cual se escribirá en la comuna 1 y fila 2. Para no escribir nuevamente la misma pregunta de la fila 1 y columna 1, se procede a trazar una flecha vertical, la cual indica que se repite nuevamente la misma pregunta.
- En caso que la inspección arroje un resultado negativo, esto es, que la causa que se ha seleccionado si contribuye al fenómeno en estudio, se marcará con un símbolo ( $\checkmark$ ) sobre el círculo intenso. Estos significa que el análisis debe continuar. En este caso, la respuesta dada en la primera columna se debe transformar en pregunta y se escribe en la siguiente columna o siguiente ronda en la misma fila. En esta segunda ronda se buscan las causas para la nueva pregunta que se plantea.

Este proceso se continua hasta el momento en que se identifican acciones correctivas para la causa. Las acciones correctivas se registran en la columna final de "ideas de mejora". 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.

### **Análisis Modal de Fallas y Efecto (AMFE)**

Esta es una técnica de ingeniería conocida como el análisis FMEA o (Failure Mode and Effect Analysis) usada para definir, identificar y eliminar fallas conocidas o potenciales, problemas, errores, desde el diseño, proceso y operación de un sistema, antes que este pueda afectar al cliente (Omdahl 1988; ASQC 1983). El análisis de la evaluación puede tomar dos caminos: primero, empleando datos históricos y segundo, empleando modelos estadísticos, matemáticos, simulación ingeniería concurrente e ingeniería de confiabilidad que puede ser empleada para identificar y definir las fallas (Stamatis 1989). No significa que un modelo sea superior a otro. Ambos pueden ser eficientes, precisos y correctos si se realizan adecuadamente. Para efectos de este libro no se estudiará el segundo camino, ya que se pretende ofrecer una serie de metodologías que sean útiles para todas las personas de una empresa; mientras que las técnicas especializadas poseen algunos fundamentos matemáticos tediosos y su empleo queda restringido a aquellas personas que poseen buenas bases de estadística avanzada.

El AMFE es una de las más importantes técnicas para prevenir situaciones anormales, ya sea en el diseño, operación o servicio. Esta técnica parte del supuesto que se va a realizar un trabajo preventivo para evitar la avería, mientras que las técnicas estudiadas hasta el momento,

se orientan a evaluar la situación anormal ya ocurrida. Este es el factor diferencial del proceso AMFE. Esta técnica nació en el dominio de la ingeniería de confiabilidad y se ha aplicado especialmente para la evaluación de diseños de productos nuevos.

El AMFE se ha introducido en las actividades de mantenimiento industrial gracias al desarrollo del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o RCM -Reliability Center Maintenance- que lo utiliza como una de sus herramientas básicas. En un principio se aplicó en el mantenimiento en el sector de aviación (Plan de mantenimiento en el Jumbo 747) y debido a su éxito, se difundió en el mantenimiento de plantas térmicas y centrales eléctricas. Hoy en día, el AMFE se utiliza en numerosos sectores industriales y se ha asumido como una herramienta clave en varios de los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Los propósitos del AMFE son:

- Identificar los modos de fallas potenciales y conocidas
- Identificar las causas y efectos de cada modo de falla
- Priorizar los modos de falla identificados de acuerdo al número de prioridad de riesgo (NPR) o - frecuencia de ocurrencia, gravedad y grado de facilidad para su detección.

El fundamento de la metodología es la identificación y prevención de las averías que conocemos (se han presentado en el pasado) o potenciales (no se han presentado hasta la fecha) que se pueden producir en un equipo. Para lograrlo es necesario partir de la siguiente hipótesis:

*Dentro de un grupo de problemas, es posible*

## *realizar una priorización de ellos*

Existen tres criterios que permiten definir la prioridad de las averías:

- Ocurrencia (O)
- Severidad (S)
- Detección (D)

La ocurrencia es la frecuencia de la avería. La severidad es el grado de efecto o impacto de la avería. Detección es la grado de facilidad para su identificación.

Existen diferentes formas de evaluar estos componentes. La forma más usual es el empleo de escalas numéricas llamadas *criterios de riesgo*. Los criterios pueden ser cuantitativos y/o cualitativos. Sin embargo, los más específicos y utilizados son los cuantitativos. El valor más común en las empresas es la escala de 1 a 10. Esta escala es fácil de interpretar y precisa para evaluar los criterios. El valor inferior de la escala se asigna a la menor probabilidad de ocurrencia, menos grave o severo y más fácil de identificar la avería cuando esta se presente. En igual forma un valor de 10 de asignará a las averías de mayor frecuencia de aparición, muy grave donde de por medio está la vida de una persona y existe una gran dificultad para su identificación.

La prioridad del problema o avería para nuestro caso, se obtiene a través del índice conocido como Número Prioritario de Riesgo (NPR). Este número es el producto de los valores de ocurrencia, severidad y detección. El valor NPR no tiene ningún sentido (Ford 1992) Simplemente sirve para clasificar en un orden cada unos de los modos de falla que existen en un sistema. Una vez el NPR se ha determinado, se inicia la evaluación sobre la base de definición de riesgo. Usualmente este riesgo

es definido por el equipo que realiza el estudio, teniendo como referencia criterios como: menor, moderado, alto y crítico. En el mundo del automóvil (Ford 1992) se ha interpretado de la siguiente forma el criterio de riesgo:

- Debajo de un riesgo menor, no se toma acción alguna
- Debajo de un riesgo moderado, alguna acción se debe tomar
- Debajo de un alto riesgo, acciones específicas se deben tomar. Se realiza una evaluación selectiva para implantar mejoras específicas.
- Debajo de un riesgo crítico, se deben realizar cambios significativos del sistema. Modificaciones en el diseño y mejora de la confiabilidad de cada uno de los componentes.

### **Proceso de construcción de la tabla AMFE**

La aplicación del AMFE se inicia con la definición de los objetivos de mejora de la planta y equipos. Del plan de acción formulado por los directivos de la planta teniendo en cuenta criterios como: impacto económico, costo, equipo cuello de botella, calidad de producto, seguridad, medio ambiente, etc., se seleccionan los equipos a los que se les realizará un estudio AMFE para mejorar su confiabilidad.

Para los equipos definidos se prepara su diagrama funcional. Estos diagramas se revisan con el objeto de nivelar el conocimiento de los integrantes del equipo. Todos los participantes deben entender cada sistema, el proceso y/o el servicio prestado. Este esquema permite recordar a los especialistas las relaciones existentes entre sistemas, subsistemas, componentes, procesos, ensambles y el servicio final.

Después que el equipo ha entendido el problema, se inicia la elaboración del formato establecido para el estudio. A continuación se explica cada uno de los componentes del formato sugerido para el estudio de averías. (Figura 5.8)

- **Nombre del sistema (1).** Identifica el nombre del sistema que se estudia. Puede ser un conjunto de elementos, un sistema de una máquina, por ejemplo, sistema de lubricación de un ventilador de tiro forzado, o un subconjunto de un equipo.
- **Nombre del componente (2).** Identifica el elemento del sistema que se estudia. Por ejemplo, la bomba del sistema de lubricación del ventilador.
- **Persona responsable (2A).** Algunas veces se indica el nombre de la persona que opera el sistema como especialista. Si es un contratista externo se puede emplear este punto para indicarlo.
- **Otras personas relacionadas (3).** Personas de la empresa que pueden afectar la función.
- **Proveedor involucrado (4).** Nombre de proveedor de repuestos especiales, otras plantas anexas, suministros exteriores, etc.
- **Producto que se procesa (5).** Nombre del producto que se procesa o servicio prestado por el equipo.
- **Fecha de actualización (6).** Se indica la fecha en que el sistema se actualizó o se le realizó una importante intervención de modificación.
- **Preparado por (7).** Se indica el nombre de los integrantes del equipo de estudio o su líder. Es frecuente en algunas empresas incluir su número de teléfono, fax o E-mail.
- **Fecha del AMFE (8).** Fecha en que se inició el estudio AMFE.

- **Fecha de revisión (9).** Fecha de la última revisión.
  
- **Función (10).** Se describe el propósito del sistema. Se incluyen las funciones primarias, secundarias y elementales, de seguridad, etc. del *elemento* que se estudia. Por ejemplo, en el caso de la bomba del sistema de lubricación se pueden describir varias funciones que cumple este elemento: mantener en movimiento el fluido a través del sistema, mantener la presión para alcanzar todos los elementos del sistema, etc.
  
- **Modo potencial de falla (11).** Se registran las diferentes posibilidades que tiene el componente del sistema para fallar. Para cada descripción de una función, se deben investigar las posibles fallas que pueden ocurrir. Para nuestro ejemplo, se puede presentar pérdida de flujo por escape, por problemas del fluido, vibración, etc.
  
- **Características críticas (13).** En esta columna se indican algunos símbolos o claves para hacer referencia a controles esenciales existentes que se realizan. Por ejemplo, inspección de preventivo cada mes, inspección diaria o purga de la unidad semanal.
  
- **Severidad (14).** Es el indicador que muestra el grado de gravedad de la falla y el efecto que puede producir al sistema y al equipo. Si el efecto es crítico entonces la severidad es alta. De otra manera, si el efecto no es crítico, la severidad es baja. Para nuestro caso de estudio, la falla por escape en la bomba se puede calificar con 6 sobre una escala de 10. Este valor se ha asignado debido a que el sistema se ve afectado, pero el grado de escape no impide que la bomba pierda radicalmente su función básica; si esto es así, el valor de severidad puede ser de 8 o 9. Estos valores los debe establecer el equipo con criterio y de la experiencia recogida de situaciones pasadas.

- **Causas potenciales de la falla (15).** Para cada falla se registran las posibles causas potenciales. En nuestro caso de estudio, la fuga de la bomba puede deberse al mal estado de los sellos.
  
- **Ocurrencia (16).** Es un valor que estima la probabilidad que cada falla identificada se presente en el tiempo. Si la probabilidad es muy baja (poco probable que se presente en un período de tiempo) se asignará un valor de 2 o 1. Si la probabilidad es muy alta (se puede presentar repetidamente en corto tiempo) se le asignará un valor entre 7 a 10. En nuestro ejemplo, la fuga se puede presentar con cierta frecuencia en un sistema de bombeo de aceite, por lo tanto, el valor que asignamos es de 7.
  
- **Método de detección (17).** Indica la inspección, prueba o análisis de averías que se realiza para poder identificar la falla. La avería de la bomba (fugas) podrá detectarse por medio visual. En otros casos se deberá identificar la falla con métodos de prueba o de análisis como la pruebas de vibraciones.
  
- **Detección (18).** Es la calificación correspondiente a la facilidad o dificultad de identificación de la falla. Si es muy complicada de identificar la falla, por ejemplo, un error de programación del software en una máquina CNC o una microgrieta en el circuito flexible de tablero de comando de contacto suave, se le asignará un valor de 9 o 10. Para nuestro caso de la fuga de la bomba, este es visual y no existe dificultad mayor para su identificación, se podrá asignar un valor de 2 o 3, dependiendo de la ubicación y la facilidad de inspección.
  
- **Número de Prioridad de Riesgo NPR (19).** Este número es el producto de los valores asignados a la severidad, ocurrencia y detección. Para el caso de la fuga en la bomba de lubricación se tendrá un NPR de  $6 \times 7 \times 2 = 84$ . Este valor por sí solo no indica nada. Este

se tiene que valorar en relación con las restantes averías con el objeto de clasificarlas en categorías. El NPR define la prioridad de la avería.

- **Acción correctiva sugerida (20).** El AMFE debe poseer acciones correctivas para “mejorar” los valores de NPR, severidad o ocurrencia. Las actividades más comunes para la mejora del NPR implican mejorar de la confiabilidad, mejorar el mantenimiento de las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación, aprietes y ajustes), incorporar instrumentos de detección de fallas, duplicar algunos elementos, modificar frecuencias de mantenimiento, establecer nuevas tecnologías de inspección, etc.
  
- **Area responsable de la acción correctiva (21).** Se indica la persona o el área responsable para la puesta en marcha de los planes previstos de mejora del equipamiento.
  
- **Acción tomada (22).** Esta columna incluye las acciones correctivas tomadas por el responsable y si se ejecutan de acuerdo al programa.
  
- **NPR revisado (23).** Se calcula nuevamente el valor de NPR para evaluar el impacto de las acciones correctivas tomadas. Con los valores obtenidos, se pueden clasificar nuevamente cada una de las fallas. Algunas no consideradas previamente pueden llegar a ser prioritarias en esta segunda evaluación.
  
- **Firmas de aprobación (24).** Los directivos técnicos responsables del AMFE firman el documento como aprobación de su contenido y compromiso para apoyar las acciones emprendidas.

Como resultado final el AMFE presenta las averías clasificadas en base al número NPR. A partir de este momento, se debe iniciar el estudio de cada una de las fallas con el objeto de disminuir el valor NPR empleando

técnicas como Porqué-Porqué, método PM o diagramas de Afinidad y Relaciones.

Se concluye que la técnica AMFE, desde el punto de vista de la estrategia de análisis y solución de averías, es muy útil para establecer el punto de partida o el problema a ser estudiado con otro tipo de técnicas. Como resultado final se podrá alcanzar una mejora significativa en la confiabilidad del equipo, ya que muestra los puntos más relevantes a mejorar. Similar razonamiento es el seguido en la tecnología RCM o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, pero las averías críticas identificadas son sometidas a diferentes estrategias de mantenimiento para evitar su presencia.

## ANALISIS MODAL DE FALLAS Y EFECTOS

- (1) Nombre del elemento \_\_\_\_\_ (8) Fecha del AMFE \_\_\_\_\_
- (2) Nombre del componente \_\_\_\_\_ (9) Fecha revisión \_\_\_\_\_
- (2A) Persona responsable \_\_\_\_\_
- (3) Otras personas relacionadas \_\_\_\_\_
- (4) Proveedor involucrado \_\_\_\_\_
- (5) Producto que se procesa \_\_\_\_\_
- (6) Fecha de actualización \_\_\_\_\_
- (7) Preparado por \_\_\_\_\_
- Página \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Función	Modo potencial de falla	Modo potencial de falla	Severidad	Causas potenciales de la falla	Ocurcencia	Método de detección	NPR	Acción correctiva sugerida	Área responsable de la acción correctiva	Resultados de la acción					
										Acción tomada	Severidad	Ocurcencia	Detección		
(10)	(11)	(12)	(13) ▲	(15)	(16)	(17)	(18)	(20)	(21)	(22)	(23)				
DIALOGO Y TRABAJO EN EQUIPO															

(24) Firmas de aprobado \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## BIBLIOGRAFÍA

- NESTLE; Estrategia de Mantenimiento Nestlé, 1998, Vevey-Suiza
- NESTLE; Consequence Driven Maintenance-Implementation Guidelines, 1998, Vevey -Suiza
- NESTLE; Managing Manufacturing Performance, 1990, Vevey-Suiza
- NESTLE; Control of Maintenance Expenses in Factories, 2000, Vevey-Suiza
- NESTLE; Taller Regional Consequence Driven Maintenance, 1998, Bugalagrande –Colombia
- GUTIERREZ, Humberto; Calidad Total y Productividad, 1997, McGraw-Hill, México DF-México.
- <http://www.ceroaveria.com>, Mantenimiento Autónomo, Español, 2003
- [http://www.ceroaveria.com/ CERO\\_OLD/arti10tpm](http://www.ceroaveria.com/CERO_OLD/arti10tpm), TPM, Español, 2003
- <http://sme.uni.edu.pe/trabajos.html>, TPM, Español
- [http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldoes/ger1/TPMIndustrial .htm#TRES](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldoes/ger1/TPMIndustrial.htm#TRES), Como aplicar el TPM a industrias de proceso continuo para obtener mejoras en la reducción del porcentaje dfe paradas , mejora en la calidad de producto y disminución de los gastos innecesarios de Mantenimiento por falta de información, Español, 2003
- [http://www.tpmonline.com/article\\_on\\_total\\_productive\\_maintenance/tpm/tpmr oberts.htm](http://www.tpmonline.com/article_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmr oberts.htm), TPM Mantenimiento Productivo Total, su definición e historia, Español.

