



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO
TOTAL (TPM) ADMINISTRADO POR EL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE
LOS RECURSOS DE MANUFACTURA II (MRPII, MANUFACTURING
RESOURCE PLANNING II) EN UNA INDUSTRIA DE ELABORACIÓN DE
PRODUCTOS DE LIMPIEZA**

Pablo César Méndez Cajas

Asesorado por el Ing. William Abel Antonio Aguilar Vásquez

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO
TOTAL (TPM) ADMINISTRADO POR EL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE
LOS RECURSOS DE MANUFACTURA II (MRPII, MANUFACTURING
RESOURCE PLANNING II) EN UNA INDUSTRIA DE ELABORACIÓN DE
PRODUCTOS DE LIMPIEZA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

PABLO CÉSAR MÉNDEZ CAJAS

ASESORADO POR EL ING. WILLIAM ABEL ANTONIO AGUILAR VÁSQUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los aspectos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) ADMINISTRADO POR EL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE MANUFACTURA II (MRPII, MANUFACTURING RESOURCE PLANNING II) EN UNA INDUSTRIA DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha junio de 2005.



Pablo César Méndez Cajas

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por el regalo de la vida.

MIS PADRES

Federico Elías Méndez Xicará

María Ofelia Cajas Sac

Gracias por todo su apoyo, paciencia e inmenso amor.

MI ESPOSA

Edna Carolina Mendoza Gordillo

Gracias por compartir tu vida conmigo y brindarme apoyo, amor y comprensión.

MI HIJA

Sofía Carolina Méndez Mendoza

Por ser el motivo y mi razón de ser, confío en que seguirás mi ejemplo a lo largo de tu vida.

MI HERMANA

Y SOBRINO

Claudia Eunice y Carlos Federico Méndez

Por brindarme su cariño, fortaleza y armonía familiar.

MIS AMIGOS

Marlon Beteta, Suriel Aballí, Jorge Ruiz, Ernesto Flores, Dorcas Morales, Thelma Tajiboy, Federico Castañeda.

Por compartir buenos momentos y brindarme su amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1	Presentación de la empresa	2
1.2	Datos generales de la empresa	5
1.3	Definición de Mantenimiento	5
1.3.1	Importancia del mantenimiento	6
1.3.2	Clasificación del mantenimiento	7
1.3.3	Descripción del Mantenimiento Productivo Total (TPM)	10
1.3.3.1	Evolución histórica del Mantenimiento Productivo Total (TPM)	12
1.3.3.2	Definición de Mantenimiento Productivo Total (TPM)	14
1.3.3.3	Características y objetivos del mantenimiento Productivo Total (TPM)	15
1.3.3.4	Metas principales del Mantenimiento Productivo Total (TPM)	17
1.4	Definición del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>)	18
1.5	Concepto del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>)	20

1.5.1	Diferencias del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (<i>MRPII, Manufacturing Resource Planning II</i>) y su predecesor	21
1.5.2	Características del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (<i>MRPII, Manufacturing Resource Planning II</i>)	23
1.5.3	Funcionalidad del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (<i>MRPII, Manufacturing Resource Planning II</i>)	25
1.5.4	Esquema general del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (<i>MRPII, Manufacturing Resource Planning II</i>)	28
1.6	Definición de manejo Mantenimiento Productivo Total (TPM) por el sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (<i>MRPII, Manufacturing Resource Planning II</i>)	32

2. DIAGNÓSTICO ACTUAL EN LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO

2.1	Proceso de fabricación.	35
2.1.2	Diagrama de procesos del método actual de producción	38
2.1.3	Maquinaria y equipo implementado	45
2.1.4	Funcionamiento general	50
2.1.5	Aspectos técnicos actuales en el funcionamiento de los procesos	52
2.2	Método actual en la planificación del mantenimiento	54
2.2.1	Tipo de mantenimiento aplicado	55
2.2.2	Forma de medición de fallas	57
2.2.3	Análisis de las seis grandes pérdidas en la operación	59

2.3 Limitaciones de los enfoques tradicionales de mantenimiento planificado	62
2.3.2 Forma actual en el manejo de la información e interpretación de resultados de mantenimiento	63
2.3.2 Deficiencias del sistema actual	66
2.4 Diagnostico preliminar del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la fabricación de productos de limpieza	67
2.4.1 Detección de necesidades de capacitación	69
2.4.2 Factores que provocan anormalidades	70
2.4.3 Costos actuales de mantenimiento	72

3. PROPUESTA DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE MANUFACTURA II (MRPII, *MANUFACTURING RESOURCE PLANNING II*) PARA EL MANEJO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

3.1 Descripción del sistema de Planificación de los Recursos de manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>)	75
3.1.1 Beneficios del sistema	75
3.1.2 Factores a considerar en la aplicación del sistema MRPII	77
3.2 Diagrama de proceso del sistema propuesto	79
3.3 Comparación del sistema actual con el sistema propuesto	80
3.4 Propuesta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>) en el proceso de fabricación de productos de limpieza	81
3.4.1 Consideraciones del Mantenimiento Productivo Total (TPM) propuesto	82

3.4.1.1	Premisas de base en la implementación	83
3.4.1.2	Gestión del conocimiento necesario	85
3.4.1.3	Procesos fundamentales (pilares) en la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM)	89
3.4.2	Entradas en el sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>)	94
3.4.2.1	Definición del programa maestro de mantenimiento	94
3.4.2.2	Elaboración de la lista de materiales	97
3.4.2.3	Control de inventario de repuestos por medio del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>)	98
3.4.2.4	Calculo de la efectividad global del equipo (EGE)	100
3.5	Beneficios alcanzables con la aplicación del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>) y procedimientos del TPM	102
3.5.1	Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas	102
3.5.2	Generación del sistema de mantenimiento autónomo para ser ejecutado por los operadores de los equipos	104
3.5.3	Coordinación en la programación de producción e inventarios	105

3.5.4	Disminución de los costos de planificación, desarrollo y ejecución del mantenimiento	107
3.5.5	Incremento de la rapidez de entrega	109
3.5.6	Aumento de precisión en las órdenes de trabajo según las cantidades de insumos y mano de obra empleadas en la ejecución de las operaciones propias del mantenimiento	111
3.6	Planteamiento de un sistema de prevención del mantenimiento desde su diseño	113

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MRPII EN LA APLICACIÓN DEL TPM

4.1	Elección de la empresa proveedora de software	117
4.1.1	Elementos propios del software	118
4.1.2	Elementos propios del hardware	
4.1.3	Personal en la implementación del sistema de planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>)	119
4.2	Medición del rendimiento del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>)	122
4.2.1	Análisis general de planeación	123
4.2.2	Configuración del sistema e integración del Mantenimiento Productivo Total (TPM)	125
4.2.3	Control de requisiciones calculadas por fórmula	127
4.3	Consultas generales en el sistema	129
4.3.2	Definición de departamentos y costos asociados al Mantenimiento	130

4.3.3	Informes de mantenimiento total y parcial	132
4.3.4	Pruebas parciales de integración	132

5. COMPROBACIÓN, MEDICIÓN DE RESULTADOS Y MEJORA CONTINUA DEL SISTEMA PROPUESTO

5.1	Comprobación final del Mantenimiento Productivo Total (TPM) administrado por el sistema de planificación de los recursos de Manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>)	135
5.1.1	Rutinas generales de mantenimiento	135
5.1.2	Estrategia de Mejora con Métodos de Mantenimiento	137
5.1.3	Aportes del Mantenimiento Productivo Total (TPM) a la mejora de mantenimiento planificado	139
5.2	Beneficios obtenidos de la aplicación del MRP	141
5.2.1	Automatización de tareas relacionadas con el Mantenimiento Productivo Total (TPM)	143
5.2.2	Reducción de tiempos, riesgos y costos en la configuración del sistema	145
5.3	Mejora continua del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, <i>Manufacturing Resource Planning II</i>) y Mantenimiento Productivo Total (TPM)	147
5.3.1	Diagnóstico en equipos avanzados o complejos	148
5.3.2	Integración mejorada	149
5.3.3	Garantía de rendimiento	152
5.4	Capacitación e inducción del personal operativo	153
5.4.1	Preparación académica del personal	153
5.4.2	Sostenibilidad del proyecto y la empresa	155

CONCLUSIONES	157
RECOMENDACIONES	161
BIBLIOGRAFÍA	163
APÉNDICE	165
ANEXOS	175

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Curva de falla	2
2. Cronología secuencial entre módulos	20
3. Funcionalidad del sistema MRP II	27
4. Diagrama de Bloques del sistema MRP	28
5. Estructura del listado de materiales	30
6. Diagrama de procesos del método actual de producción	39
7. Diagrama de operaciones del proceso de fabricación de desinfectantes	41
8. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de desinfectantes	43
9. Esquema de medición señales estándar.	53
10. Control del mantenimiento área <i>Ultra Cleaner</i>	64
11. Resumen de los costos directos de mantenimiento	72
12. Resumen de los costos indirectos de mantenimiento	73
13. Diagrama de proceso del sistema propuesto	79
14. Información usada y generada en la gestión del conocimiento	88
15. Relación entre pilares del TPM	93
16. Módulo de control de inventario de repuestos	99
17. Formula para calcular la efectividad global del equipo (EGE)	100
18. Modelo MRPII de MOSI S.A.	117
19. Control de requerimientos TPM	128
20. Indicadores de la gestión del TPM	167
21. Indicadores de eficacia de la planta en la elaboración	

de productos de limpieza	168
22. Indicadores de los costos del mantenimiento	169
23. Muestra de resultados del TPM y su evaluación	170
24. Gestión de captura fiable de información del sistema MRP II	171
25. Presentación de resultado del TPM a través del sistema MRP II	172
26. Especificaciones generales del sistema	175
27. Pantallas del sistema MRP II en la gestión del TPM	176
28. Estructura del sistema MRP II propuesto	177
29. Gestión de <i>stocks</i> de repuestos basada en el sistema de punto de pedido	178
30. Secuencias de trabajo TPM por el sistema MRP II	179
31. Alcance del sistema MRP II	180
32. Integración de sistemas de la gestión empresarial	181

TABLAS

I.	Productos de limpieza por variedades y presentaciones	4
II.	Técnicas del MRP	19
III.	Diferencia entre MRP y MRP II	22
IV.	Distribución de tanques de preparación	36
V.	Especificaciones técnicas tanque UC01	45
VI.	Especificaciones técnicas tanque UC02	45
VII.	Especificaciones técnicas tanque UC03	46
VIII.	Especificaciones técnicas tanque UC04	46
IX.	Especificaciones técnicas tanque UC05	47
X.	Especificaciones técnicas tanque UC06	47
XI.	Especificaciones técnicas tanque UC07	47
XII.	Especificaciones técnicas tanque UC08	48
XIII.	Especificaciones técnicas tanque UC09	48
XIV.	Capacidades teóricas del envasado de desinfectantes según su presentación.	50
XV.	Planificación del mantenimiento área <i>Ultra Cleaner</i>	65
XVI.	Beneficios primarios del TPM	68
XVII.	Beneficios del sistema propuesto y el sistema actual	80
XVIII.	Cálculo de la efectividad global del equipo (EGE)	101
XIX.	Cálculo de la Productividad total Efectiva del Equipo TEEP	103
XX.	Costos actuales en la ejecución del mantenimiento	109

GLOSARIO

Analizadores de Fourier

Equipo especializado para la medición de fallas provocadas por los movimientos vibratorios de la maquinaria.

BOM

Es la abreviatura de la palabra inglesa *Bill of Materials*, cuyo significado es la compra de materiales, que en mantenimiento se refiere a las solicitudes de repuestos.

BUCLE

En informática es el agrupamiento de datos que permiten la mejora continua en cuanto al control de la información.

e-CMF

Es el nombre propio de la empresa MOSI desarrolladora del sistema. La abreviatura significa Compras, Manufactura y finanzas electrónicas.

Eficiencia

Es el cociente de lo logrado en función de lo disponible. En este trabajo de graduación se refiere particularmente a hacer las operaciones en el menor tiempo, utilizando adecuadamente los recursos y reduciendo costos.

Eficacia

Se refiere a tener un inventario adecuado, por lo que nunca debe existir un agotamiento de existencias.

EGE	Es la efectividad global del equipo, la cual muestra el índice estadístico de desempeño del equipo.
ELF	Es la abreviatura de la palabra inglesa <i>Electronic Liquid Fillers</i> , que es una maquina llenadora de líquidos.
Fliptop	Se le llama así al diseño de tapa abre fácil, utilizadas por envases plásticos, para llenado de desinfectantes.
Lead time	Es el rango de tiempo permitido para el abastecimiento de materiales.
MPS	Es la abreviatura de la palabra inglesa <i>Master Production Schedule</i> , que es el plan maestro de producción, bajo el cual se rige toda la planificación del mantenimiento.
Mosi	Es la empresa guatemalteca que desarrolla el sistema MRP II, bajo el nombre e-CMF,
Planeación	Consiste en técnicas para determinar en forma sistemática la provisión y demanda que una organización tendrá.
Procedimiento	Manera específica de efectuar una actividad.

Right First Time	Es una de las políticas que incluye la filosofía TPM, cuyo significado es tomar las acciones correctas a la primera vez.
Stocks	Almacenamiento, existencias o reservas.
Termovisión	Es detección de condiciones a través del calor desplegado en todos los equipos a través del tiempo
TEEP	Es la abreviatura de la palabra inglesa <i>Total effective equipment productivity</i> , la cual muestra la productividad total efectiva del equipo.
Termocopla	Es un dispositivo del tipo sensor que mide la temperatura de los equipos, generalmente automatizados

RESUMEN

Ante las tendencias de creciente apertura comercial y liberación económica, las empresas de Centroamérica necesitan aprender a competir con éxito en un ambiente cada vez más complejo y demandante.

Esto conduce a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como práctica del mantenimiento. Es la filosofía del TPM lo que ha llevado a la necesidad de manejar desde el mantenimiento una gran cantidad de información mediante sistemas computacionales mejorados como lo es el MRP II.

El TPM, se define como Mantenimiento Productivo Total, el cual es implementado por todos los empleados, basado en que la mejora del equipo debe involucrar a todos en la organización, desde los operadores hasta la alta dirección, es una técnica que persigue dar un nuevo enfoque en el aseguramiento de la calidad para cualquier empresa independiente del sector al que pertenezca.

Considerando la importancia alcanzada por los avances tecnológicos, y el poco tiempo que se tiene disponible para realizar las tareas de mantenimiento, se consideró indispensable la inclusión de un sistema computarizado el cual provea las herramientas e integración de los departamentos de la organización que tengan relación directa al mantenimiento bajo los conceptos del TPM, para tener una amplia visión de los requerimientos de la industria, así como la disponibilidad o capacidad de la misma.

Esta forma computarizada de administrar el TPM tiene como objetivo principal optimizar todas las operaciones implicadas en la gestión del automantenimiento por parte del personal encargado, así como el manejo del inventario y control de repuestos obteniendo un abastecimiento continuo, oportuno y sin actividades improductivas que no proporcionan valor agregado.

Se describe el diseño propuesto, la forma de utilizarlo, los controles recomendados para que el sistema funcione, óptimamente, las actividades de seguimiento del sistema y las posibles mejoras que se le pueden realizar al mismo todo esto enmarcado bajo la filosofía del TPM.

OBJETIVOS

General

Apoyar el proceso en la administración del mantenimiento de la empresa al proveer un efectivo sistema de cómputo en la administración de los trabajos relacionados con el mismo, así como brindar continuidad al avance de las órdenes de producción y la óptima utilización de los recursos.

Específicos

1. Identificar las rutas de trabajo que asisten a todo el equipo involucrado en el proceso de mantenimiento con la finalidad de generar registros e informes soportados por el sistema.
2. Aplicar técnicas para la administración de planes y programas de conservación de equipos e instalaciones con el objeto de evitar paros no planeados en la producción.
3. Mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos logrando el oportuno abastecimiento de los insumos para el mantenimiento.
4. Disminuir costos con la generación automática de las requisiciones en base a la necesidad del mantenimiento disminuyendo los niveles de inventario y el porcentaje de errores en la realización del mismo.
5. Diseñar los programas de mantenimiento para un equipo específico en un periodo de tiempo determinado, y ejecutar los planes de

mantenimiento mediante el trabajo en equipo y siguiendo los procedimientos recomendados por el fabricante.

6. Tener un flujo eficiente de la información y las transacciones integradas a través de las diferentes áreas de la empresa y unidades de negocio con la finalidad de obtener beneficios aún mayores, respecto a la facilidad en el acceso a la información.
7. Proponer la inclusión de todas las personas y equipos que diseñan, usan y mantienen la maquinaria empleada en el sistema de producción.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la economía es competitiva, por lo cual es indispensable que los administradores de las empresas desarrollen estrategias que les ayuden a satisfacer las necesidades de sus clientes quienes son cada vez más exigentes. En la actualidad, la industria de elaboración de productos de limpieza en su afán de tomar parte de un sistema global que contribuya a su modernización busca implementar sistemas para que manejen todas las áreas del negocio de tal forma que estén integrados, anticipándose a los requerimientos de cada una de ellas.

Muchas de las empresas han buscado nuevas herramientas tecnológicas para poder mejorar sus procesos operativos internos y, así, ahorrar costos, lo que tiene como consecuencia un mejor posicionamiento y conservación de su mercado. Por lo que surge la necesidad de implementar las últimas técnicas en gestión del mantenimiento relacionado con la producción lo que constituye un cambio adecuado para alcanzar una mejora. Es ahí donde el sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II - MRP II, *Manufacturing Resource Planning II* - se presenta como un conjunto de técnicas que ayudan a una mejor gestión en la manufactura y el mantenimiento.

Esto obliga a la empresa moderna a buscar herramientas que optimicen el uso de sus recursos, para obtener mejores resultados en calidad y costos de sus productos mediante un sistema de mantenimiento. El resultado final que se persigue con la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) es lograr un conjunto de equipos e instalaciones más productivas, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

Este trabajo describe la forma en que los colaboradores de producción deben mantener los equipos mediante la ejecución diaria de chequeos, lubricación, reemplazo, reparaciones y otras tareas incluidas en la detección temprana de anomalías con soporte de un sistema de Información y software necesario para su análisis y aprovechamiento mediante el sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II - MRP II, *Manufacturing Resource Planning II* - aplicado al mantenimiento, en donde se tendrá programado el preciso momento en que debe ser intervenida la máquina de acuerdo al uso y aplicaciones de la misma, disponiendo de los materiales necesarios.

1. ANTECEDENTES GENERALES

La venta directa constituye un canal de distribución dinámica, variable y de crecimiento rápido, con una amplia venta de productos y servicios directamente a los consumidores. La venta directa se puede describir mejor como la comercialización de productos y servicios directamente al consumidor, generalmente en sus hogares o puestos de trabajo y otros lugares fuera de locales minoristas permanentes, normalmente mediante la explicación o demostración personal de una vendedora directa e independiente.

La fuerza de la venta directa radica en su tradición de independencia, servicio a los consumidores y dedicación al desarrollo empresarial en el sistema de libre mercado. Provee oportunidades de negocios accesibles a los individuos que buscan fuentes alternas de ingreso y cuya entrada no está restringida generalmente por género, edad, educación ni experiencia previa. Debe notarse que en todo el mundo, la gran mayoría de los vendedores independientes son mujeres y la mayoría trabajan en sus negocios de venta directa a tiempo parcial. Un muy pequeño porcentaje de vendedores directos es de empleados de las compañías proveedoras de los productos que ellos venden mediante un catalogo.

Los vendedores directos independientes son aquellos individuos que participan en representación de sí mismos o en representación de una compañía de venta directa, en la venta de productos y servicios mediante contactos personales de venta, en algunas jurisdicciones se refieren a ellas comúnmente como ejecutivos de ventas independientes. Esencialmente, esto significa que dichos vendedores independientes no son empleados de la compañía que provee los productos que distribuyen, sino personas de negocios

independientes que operan su negocio propio. Dichos vendedores directos independientes tienen una oportunidad de obtener ganancias de sus negocios y también aceptan la responsabilidad por los riesgos asociados con la operación de un negocio.

Generalmente, dichos productos se venden en el contexto de las presentaciones de grupo (Plan de Reuniones) o de persona a persona (de uno a uno). En el método de Plan de Reuniones, los vendedores directos demuestran los productos a un grupo de asistentes, invitados por un(a) anfitrión(a) en cuyo hogar u otro lugar se lleva a cabo la demostración. En contraste, otros vendedores directos a menudo explican y demuestran los productos que ofrecen a consumidores en la comodidad del hogar del consumidor, cuando le sea conveniente a este último.

1.1. Presentación de la empresa

Fue fundada en el año de 1980 dedicándose a la compra, importación, elaboración, fabricación, manufacturación, venta, transformación, comercialización y distribución de cosméticos, suplementos vitamínicos y productos de limpieza, siendo esta área en la que predomina con respecto a la competencia

La empresa en la actualidad tiene una amplia variedad de productos de limpieza de distinta aplicación y uso, comercializados a través de catalogo lo que permite tener una mejor penetración del mercado al cual esta enfocado, debido a que las ventas por catálogo en Guatemala ha presentado un aumento considerado en el número de empresas dedicadas a las diferentes ramas y cada una con consumidores potenciales, incrementando significativamente sus utilidades, por la facilidad con que cuentan los clientes al tener la comodidad de

la atención personalizada y el crédito que dichas empresas ofrecen al realizar la compra.

El sistema de ventas que maneja la empresa proporciona importantes ventajas a las personas que desean una oportunidad de obtener ingresos y desarrollar un negocio propio. Ofrece una alternativa para quienes desean una oportunidad de ganancias de ingreso flexibles para complementar el ingreso de su hogar, o cuyas responsabilidades o circunstancias no les permiten un empleo normal a tiempo parcial o completo. En muchos casos, las oportunidades de venta se desarrollan en una carrera satisfactoria denominada “Carrera con ZELSA” para quienes logran éxito y deciden proseguir con su negocio de venta directa independiente a tiempo completo.

El costo exigido para comenzar como ejecutiva de venta normalmente es muy bajo. Usualmente, un paquete de ventas de precio modesto es lo único que se requiere para alguien que está comenzando, y se requiere muy poco o nada de inventario u otros compromisos en efectivo para comenzar. Esto implica un gran contraste a las franquicias y otras oportunidades de inversiones de negocios que pueden requerir gastos sustanciales y exponer al inversor a un gran riesgo de pérdida. Los consumidores se benefician de la forma de venta que proporciona la empresa por la comodidad y el servicio que provee, incluso la demostración y explicación personal de productos, la entrega a domicilio y las generosas garantías de satisfacción. Brindando una mejora constante a la infraestructura de distribución minorista de la economía y proveyendo a sus clientes de una práctica fuente de productos de calidad.

Un componente importante para la empresa es la comercialización multinivel, también conocida como comercialización por redes, comercialización por estructuras, o venta directa multinivel y que durante muchos años, ha

comprobado ser un método muy exitoso y efectivo de compensar a vendedores directos por la comercialización y distribución de productos y servicios directamente a sus consumidores. El diseño de la planta permite procesar alternativamente productos de limpieza de distintas características de tamaño y forma, para tener idea de estas, se presentan en la tabla I la lista de algunos productos.

Tabla I. Productos de limpieza por variedades y presentaciones

	Producto	Presentación
	Desinfectante	Galón
	Jabón	Galón
	Shampoo	Galón
	Cera	Galón
	Producto	Presentación
	Desinfectante	0.50 de galón
	Jabón	0.50 de galón
	Shampoo	0.50 de galón
	Cera	0.50 de galón
	Producto	Presentación
	Desinfectante	0.20 de galón
	Jabón	0.20 de galón
	Shampoo	0.20 de galón
	Cera	0.20 de galón

Fuente: **Laboratorios ZELSA, S.A. Derechos reservados**

1.2 Datos generales de la empresa

Ubicada en los alrededores de la periferia capitalina en el municipio de San Cristóbal Mixco, encaja dentro de la clasificación de mediana empresa. En la actualidad se encuentra registrada en el Registro Mercantil como sociedad anónima. Laboratorios ZELSA S.A.

Laboratorios ZELSA es una compañía de cosméticos y productos de limpieza que comercializa productos de alta calidad a través de sus ejecutivas, fuera del entorno de venta tradicional. De esta manera, el cliente siempre es asesorado por las personas que conoce y en las que confía. Siendo una empresa de alta solidez y trayectoria en calidad de productos su demanda es alta ya que sus productos son consumidos en gran volumen tanto en el interior de la república como en la ciudad capital y países centroamericanos como el Salvador, Honduras y Nicaragua.

Pertenecer a la familia Zelsa supone una gran oportunidad para crecer, de desarrollo profesional y personal en un ambiente alegre, joven y emprendedor. Es una compañía caracterizada por su espíritu visionario cuya motivación radica en la credibilidad en sus productos y en su equipo de trabajo.

1.3. Definición de mantenimiento

Son todas aquellas acciones necesarias para que un *ítem* sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada. Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en un sistema, maquinaria, o equipo. El objetivo buscado por el mantenimiento es contar con instalaciones en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una

disponibilidad total del sistema, lo cual esta basado en la carencia de errores y fallas.

En la actualidad el mantenimiento ha ido adquiriendo una importancia creciente; los adelantos tecnológicos han impuesto un mayor grado de mecanización y automatización, lo que exige un incremento constante de la calidad, por otro lado, la fuerte competencia comercial obliga a alcanzar un alto nivel de confiabilidad en la administración del mantenimiento, a fin de que este pueda responder adecuadamente a los requerimientos del mercado.

El mantenimiento pasa a ser así una especie de sistema de producción o servicio alterno, cuya gestión corre paralela a este; consecuentemente, ambos sistemas deben ser objetos de similar atención, la esencia empírica demuestra, no obstante, que la mayor atención se centra en la actividad productiva o de servicio propiamente dicha.

1.3.1 Importancia del mantenimiento

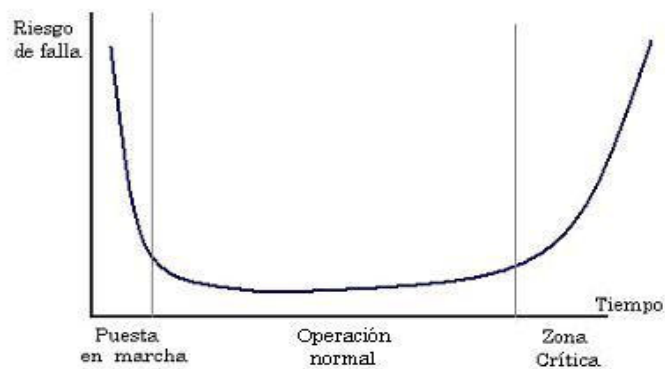
La importancia del mantenimiento se refleja en proveer todos los medios necesarios para la conservación de los elementos físicos de una empresa, para que operen con la máxima eficiencia, seguridad y economía. En el mantenimiento existen dos objetivos fundamentales, el que se considera más importante es el de conservar el servicio que prestan maquinaria, equipos o instalaciones y en segundo plano la conservación y cuidado de los elementos mismos.

El momento ideal para llevar a cabo puede ser determinado desde muchos puntos de vista, a los cuales les va a corresponder un determinado tipo de mantenimiento; teóricamente existe la llamada "curva de falla" (ver Figura 1), la cual indica la probabilidad de la ocurrencia de fallas y averías para

determinadas etapas de operación de la planta en función del factor tiempo. Así tenemos:

- Riesgo elevado en la etapa de implementación de la planta y puesta en marcha de los equipos
- Riesgo bajo en la etapa de operación de la planta (siempre que los equipos reciban los cuidados y reparaciones adecuadas)
- Riesgo elevado en la etapa de operación de la planta luego que ha cumplido el ciclo de vida de los equipos (los cuales si reciben un óptimo mantenimiento podrían operar sin la presencia de fallas).

Figura 1. Curva de falla



Fuente: **Manual del ingeniero industrial** tomo II, página 111 capítulo 17.

1.3.2 Clasificación del mantenimiento

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así tenemos:

Mantenimiento correctivo: este mantenimiento también es denominado "mantenimiento reactivo", tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

Mantenimiento preventivo: este mantenimiento también es denominado "mantenimiento planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta

- Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios "a la mano"
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa
- Esta destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

Mantenimiento Predictivo: consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de *Fourier* (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- *Termovisión* (detección de condiciones a través del calor desplegado)

- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

Mantenimiento productivo o proactivo: este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar concientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

1.3.3 Descripción del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

En general se puede decir que los buenos hábitos de mantenimiento conducen a identificar los problemas con rapidez y prevenirlos. Se facilita el desplazamiento de piezas y materiales, y se reduce el peligro de lesiones en los trabajadores. Puede ahorrarse tiempo si se organizan las herramientas de modo que las más usadas estén siempre a mano. Si las herramientas están bien organizadas, es fácil descubrir la falta de alguna. Así mismo, un área de trabajo organizada minimiza el riesgo de lesiones de los trabajadores. Estos principios de mantenimiento pueden resumirse como:

- Un lugar para cada objeto
- Cada objeto en su lugar
- Cada objeto bien visible y
- Cada uno debe involucrarse en el aseo, la inspección de daños y la anticipación de problemas.

La clave del mantenimiento es que debe ser responsabilidad de los trabajadores de la planta y sus supervisores inmediatos, quienes deben tener gran influencia sobre dicho mantenimiento. De estos conceptos fundamentales se desprende la idea de mantenimiento productivo total.

El TPM es un sistema de trabajo que maximiza la efectividad de los sistemas de producción, desarrollando las habilidades de toda la organización, para evitar todo tipo de pérdidas, involucrando a todos, desde la alta dirección hasta los colaboradores en un mismo proyecto, orientado hacia las “cero pérdidas”. Traslada la responsabilidad primaria de mantener el equipo, a los trabajadores que operan el equipo. Cuando los operadores están bien entrenados, se espera que éstos:

- Comprendan cómo funcionan las máquinas y estén conscientes de las señales que indican la inminencia de una falla
- Ejecuten todo el mantenimiento preventivo rutinario
- Limpiesen las máquinas con regularidad
- Inspeccionen las máquinas diariamente. Esto permite que los operadores identifiquen los problemas con rapidez y hagan los ajustes necesarios. Este tipo de mantenimiento también se conoce como mantenimiento predictivo.

El objetivo final del TPM es lograr llevar a la organización al cero defecto, cero desperdicio y en consecuencia a un bajo costo.

1.3.3.1 Evolución histórica del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

En realidad el TPM es una evolución de la Manufactura de Calidad Total, derivada de los conceptos de calidad con que el Dr. *W. Edwards Deming* influyó tan positivamente en la industria japonesa. El Dr. *Deming* inició sus trabajos en Japón a poco de terminar la segunda guerra mundial. Como experto en estadística, *Deming* comenzó por mostrar a los japoneses cómo podían controlar la calidad de sus productos durante la manufactura mediante análisis estadísticos. Al combinarse los procesos estadísticos y sus resultados directos en la calidad con la ética de trabajo propia del pueblo japonés, se creó toda una cultura de la calidad, una nueva forma de vivir. De ahí surgió TQM, "*Total Quality Management*" un nuevo estilo de manejar la industria.

En los años recientes se le ha denominado más comúnmente como "*Total Quality Manufacturing*" o sea Manufactura de Calidad Total. Cuando la problemática del mantenimiento fue analizada como una parte del programa de TQM, algunos de sus conceptos generales no parecían encajar en el proceso. Para entonces, ya algunos procedimientos de Mantenimiento Preventivo (PM): ahora ya prácticamente obsoleto, se estaban aplicando en un gran número de plantas.

Usando las técnicas de mantenimiento preventivo, se desarrollaron horarios especiales para mantener el equipo en operación. Sin embargo, esta forma de mantenimiento resultó costosa y a menudo se daba a los equipos un mantenimiento excesivo en el intento de mejorar la producción. Se aplicaba la idea errónea de que "si un poco de aceite es bueno, más aceite debe ser

mejor". Se obedecía más al calendario de mantenimiento preventivo que a las necesidades reales del equipo y no existía o era mínimo el involucramiento de los operadores de producción. Con frecuencia el entrenamiento de quienes lo hacían se limitaba a la información (a veces incompleta y otras equivocadas), contenida en los manuales.

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

El origen del término "Mantenimiento Productivo Total" (TPM) se ha discutido en diversos escenarios. Mientras algunos afirman que fue iniciado por los manufactureros americanos hace más de cuarenta años, otros lo asocian al plan que se usaba en la planta "*Nippodenso*", una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de los años sesentas. *Seiichi Nakajima* un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta, (JIPM, *Japan Institute for Plant Maintenance*), recibe el crédito de haber definido los conceptos del TPM en el año 1971 y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.

1.3.3.2 Definición de Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento productivo total es el sistema Japonés de mantenimiento industrial; la letra “M” representa acciones de *management* y mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa. La letra “P” está vinculada a la palabra "productivo" o "productividad" de equipos pero hemos considerado que se puede asociar a un término con una visión más amplia como "perfeccionamiento". La letra “T” de la palabra "total" se interpreta como *"Todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa"*

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

Una definición adecuada para el mantenimiento productivo total es: *"sistema intensivo de personas a bajo costo para maximizar la efectividad del equipo al comprometer a toda la compañía en un programa de mantenimiento preventivo"*.

Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa "El

buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos".

1.3.3.3 Características y objetivos del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

La dirección debe establecer objetivos claros y precisos que sirvan de guía a cada persona y asegurar de tal forma el liderazgo para todas las actividades *kaizen* dirigidas hacia el logro de los objetivos. La alta gerencia debe idear una estrategia a largo plazo, detallada en estrategias de mediano plazo y estrategias anuales. La alta gerencia debe contar con un plan para desplegar la estrategia, pasarla hacia abajo por los niveles subsecuentes de gerencia hasta que llega a la zona de producción. Como la estrategia cae en cascada hacia las categorías inferiores, el plan debe incluir planes de acción y actividades cada vez más específicas.

Dentro de las características del TPM más significativas son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo
- Participación amplia de todas las personas de la organización
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos
- Orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

El modelo original TPM propuesto por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas, las cuales se deben implantar en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene. El TPM se orienta a la mejora de dos tipos de actividades directivas:

- a) dirección de operaciones de mantenimiento y
- b) dirección de tecnologías de mantenimiento.

El TPM es sinérgico con otras estrategias de mejora de las operaciones como el sistema de producción Justo a Tiempo, *Mass Customization*, *Total Quality Management*, Gestión del Conocimiento Industrial, modelos de certificación de sistemas de calidad, etc. Los objetivos que una organización busca al implantar el TPM pueden tener diferentes dimensiones:

Objetivos estratégicos: el proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costes operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

Objetivos operativos: el TPM tiene como Propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

Objetivos organizativos: el TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el Propósito de hacer del sitio de

trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

1.3.3.4 Metas principales del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

La principal meta del TPM es la maximización de la eficiencia global del equipo en los sistemas de producción, eliminando las averías, los defectos y los accidentes con la participación de todos los miembros de la empresa. El personal y la maquinaria deben funcionar de manera estable bajo condiciones de cero averías y cero defectos, dando lugar a un proceso en flujo continuo regularizado de la siguiente forma:

- Desarrollar un óptimo sistema hombre-maquina, en el cual, el colaborador sea responsable del buen funcionamiento de la maquina a través de actividades de mantenimiento diario (limpieza, lubricación, ajustes y cambios)
- Mejorar la calidad general del ambiente del trabajo, con lo que se persigue cambiar las actitudes y comportamiento de las personas, con esto el personal aprende a descubrir anormalidades, hacer reparaciones y mejoras basadas en hechos definidos, confirmar los resultados positivos, adquirir la conciencia de calidad, mejorar el cuidado de los equipos, la limpieza se convierte en inspección, hay un sentido de pertenencia y de trabajo en equipo, se genera un sentido de orgullo y lealtad por la empresa, mayor motivación y mayor seguridad laboral. La filosofía del MRPII ayuda a aplicar lo anterior
- Prevención; una de las características mas importantes del TPM es el establecimiento agresivo de objetivos y metas, tales como cero averías, cero defectos y cero accidentes laborales. Por esto el TPM pone sobre

todo énfasis en la prevención, es demasiado tarde si se espera hasta que ocurra un problema para luego arreglarlo.

Por lo tanto, puede decirse que el TPM promueve la producción libre de defectos, la producción "justo a tiempo" y la automatización controlada de las operaciones, todo esto interactuando de forma conjunta con el sistema MRP II para la programación de las órdenes de mantenimiento.

1.4 Definición del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRP II, *Manufacturing Resource Planning II*)

Los sistemas de Planificación de los Recursos de Manufactura II (*MRP II, Manufacturing Resource Planning II*), administran el proceso de producción en empresas cuya actividad se desarrolla en un entorno de fabricación. La producción en este entorno supone un proceso complejo, con múltiples etapas intermedias, en las que tienen lugar procesos industriales que transforman los materiales empleados, se realizan montajes de componentes para obtener unidades de nivel superior que a su vez pueden ser componentes de otras, hasta la terminación del producto final, listo para ser entregado a los clientes externos. La complejidad de este proceso es variable, dependiendo del tipo de productos que se fabriquen. Los sistemas básicos para planificar y controlar estos procesos constan todos ellos de las mismas etapas, si bien su implantación en una situación concreta depende de las particularidades de la misma.

Pero todos ellos abordan el problema de la ordenación del flujo de todo tipo de materiales en la empresa para obtener los objetivos de producción eficientemente: ajustar los inventarios, la capacidad, la mano de obra, los costes de producción, los plazos de fabricación, las cargas de trabajo en las

distintas secciones a las necesidades de la producción y el mantenimiento del equipo en planta. Sin excesos innecesarios que encubren gran parte de los problemas de producción existentes, ni rigideces que impidan la adecuación a los cambios continuos en el entorno en que actúa la empresa

Las técnicas MRP (*Manufacturing Resource Planning*, Planificación de los Recursos de Manufactura) son una solución relativamente nueva a un problema clásico en producción: el de controlar y coordinar los materiales para que se hallen a punto cuando son precisos y al propio tiempo sin necesidad de tener un excesivo inventario.

Tabla II. Técnicas del MRP

Función	Técnicas Clásicas	Técnicas <i>M.R.P</i>
- Tipo de demanda	Independiente (aleatoria).	Dependencia (predeterminada).
- Determinación de la demanda.	Previsión estadística en base a la demanda histórica.	Explosión de las necesidades en base al Plan Maestro de Producción.
- Tipo de artículos	Finales y piezas de repuesto.	Partes y componentes.
- Base de los pedidos	Reposición	Necesidades
- <i>Stocks</i> de seguridad	Necesario para paliar la aleatoriedad de la demanda.	Tiende a desaparecer salvo en los productos finales.
- Objetivos directos	Satisfacción del cliente.	Satisfacción de las necesidades de producción.

Fuente: Investigación de campo

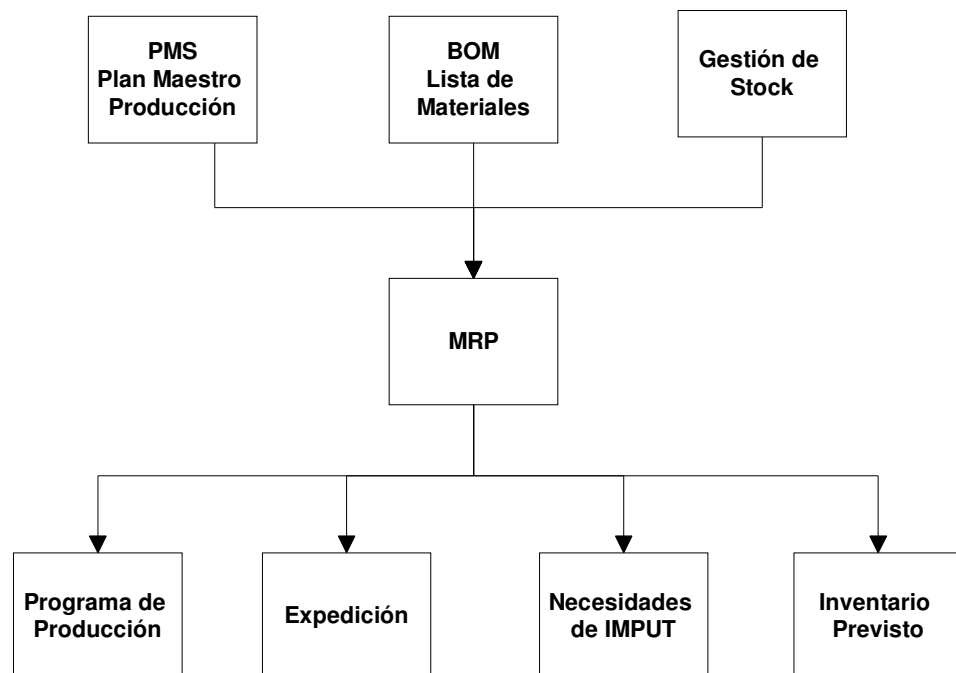
Es interesante resaltar que mediante esta técnica se consigue coordinar conjuntamente las actividades de producción y mantenimiento, lo cuál está de

acuerdo con la concepción sistémica de la misma y es la mejor forma de conseguir beneficios sustanciales en la aplicación del *MRP II*.

1.5 Concepto del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*)

El sistema *MRP II*, planificador de los recursos de manufactura, es un sistema que proporciona la planificación y organización eficaz de todos los recursos de la producción., a partir del plan maestro detallado de producción (MPS) no limitándose a las necesidades específicas de los materiales (importados y no importados) sino también de cualquier componente o recurso, ajustándose a la lista de materiales que requiera los módulos que lo integran.

Figura 2. Cronología secuencial entre módulos



Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A.

El *MRP II* implica la planificación de todos los elementos que se necesitan para llevar a cabo el plan maestro de producción, no sólo de los materiales a fabricar y vender, sino de las capacidades de fábrica en mano de obra y maquinaria. Este sistema de respuesta a las preguntas, cuánto y cuándo se va a producir, y a cuáles son los recursos disponibles para ello.

El ámbito en el que se desarrollan los sistemas *MRP II* han sido orientados principalmente hacia la identificación de los problemas de capacidad del plan de producción (disponibilidad de recursos frente al consumo planificado), facilitando la evaluación y ejecución de las modificaciones oportunas en el planificador. Para ello y, a través del plan maestro de producción y las simulaciones del comportamiento del sistema productivo de la empresa, se tendrá el control para detectar y corregir las incidencias generadas de una manera ágil y rápida.

1.5.1 Diferencias del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*) y su predecesor

De importancia es el señalar que los sistemas *MRP* no constituyen un cuerpo de conocimientos cerrado, sino que han estado evolucionando en forma continua. Inicialmente se usaba el *MRP* para programar inventarios y producción (sistemas *MRP I*) luego se fue incluyendo la planificación de capacidad de recursos (sistemas *MRP II*) , y por último una vez desarrollado los otros sistemas, se amplía el sistema a la planificación y control de otros departamentos de la empresa (sistemas *ERP*). En múltiples aplicaciones se considera como sistema *MRP II* a todos los avances posteriores al sistema *MRP I*, es decir, planeamiento de capacidad de recursos, e integración de todas las áreas funcionales de la empresa.

Tabla III. Diferencia entre MRP I y MRP II

<i>MRP I</i>	<i>MRP II</i>
Planifica las necesidades de aprovisionarse de materia prima (programar inventarios y producción)	Planifica la capacidad de recursos de la empresa y control de otros departamentos de la empresa.
Basado en el plan maestro de producción, como principal elemento.	Basado en el plan maestro de producción apoyado con la demanda y estudios de mercado
Sólo abarca la producción.	Abarca mas departamentos, no sólo producción si no también el de compras, calidad, financiero y mantenimiento
Surge de la práctica y la experiencia de la empresa (no es un método sofisticado)	Surge del estudio del comportamiento de las empresas (método sofisticado)
Sistema abierto	Sistema de <i>bucle</i> cerrado (permite la mejora continua en cuanto a la calidad de los productos).

Fuente: **Investigación de campo**

Otros beneficios del sistema MRP II

- Mejor adaptación a la demanda del mercado
- Mayor productividad

- Empleo de la filosofía *Right First Time* es decir, tomar las acciones correctas a la primera vez
- Mejora la capacidad organizativa con el fin de aumentar la competitividad.

1.5.2 Características del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*)

El sistema *MRP II* ofrece una arquitectura de procesos de planificación, simulación, ejecución y control cuyo principal cometido es que consigan las metas de la producción de la manera más eficiente, ajustando las capacidades, la mano de obra, los inventarios, los costes y los plazos de producción.

El *MRP II* aporta un conjunto de soluciones que proporciona un completo sistema para la planificación de las necesidades de recursos productivos, que cubre tanto el flujo de materiales, como la gestión de cualquier recurso, que participe en el proceso productivo.

- Gestión avanzada de las listas de los materiales
- Facilidad de adaptación a los cambios de los pedidos
- Gestión optimizada de rutas y centros de trabajo, con calendarios propios o por grupo
- Gran capacidad de planificación y simulación de los procesos productivos
- Cálculo automático de las necesidades de producto material
- Ejecución automática de pedidos.

Dentro de las características que ofrece a la empresa el sistema *MRP II*, se encuentran las siguientes:

- Disminución de los costes de *stocks*
- Mejoras en el nivel del servicio al cliente
- Reducción de horas extras y contrataciones temporales
- Reducción de los plazos de contratación
- Incremento de la productividad
- Reducción de los costes de fabricación y mantenimiento al equipo en planta
- Mejor adaptación a la demanda del mercado.

Sin embargo, hay otros aspectos que suelen asociarse al MRP II. Uno de ellos es el establecimiento de unos procedimientos para garantizar el éxito del sistema, procedimientos que incluyen fases anteriores al cálculo de necesidades: las de preparación y elaboración del Plan Maestro Detallado de Producción. En dichas fases se efectúan los controles globales de factibilidad del Plan Maestro. El Plan Maestro, por su parte se conecta a los aspectos financieros inferidos, como una forma de extender la guía del MRP no sólo la producción, sino a toda la empresa (es de carácter global).

Otro aspecto incluido en el MRP II es la posibilidad de simulación, para apreciar el comportamiento del sistema productivo (o de la empresa) en diferentes hipótesis sobre su constitución o sobre las solicitudes externas. Debemos convenir que cualquier sistema MRP realiza una simulación respecto a acontecimientos futuros; es la extensión de estas posibilidades lo que se solicita para el MRP II.

Finalmente, como última característica que se asocia generalmente con MRP II es el control en bucle cerrado, lo que claramente lo hace trascender de relativamente un simple sistema de planificación. Se pretende en ésta forma

que se alimente el sistema *MRP II* con los datos relativos a los acontecimientos que se vayan sucediendo en el sistema productivo, lo que permitirá al primero realizar las sucesivas re-planificaciones con un mejor ajuste a la realidad.

1.5.3 Funcionalidad del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRP II, *Manufacturing Resource Planning II*)

El sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRP II, *Manufacturing Resource Planning II*) es un sistema de software diseñado a las empresas para calcular los requerimientos de materiales necesarios para un horizonte de tiempo determinado. Usa como insumo el programa maestro de producción y cédulas de materiales de salida para explotar los requerimientos de materiales que se necesitan, de acuerdo con el mismo. El *MRP II* une los requerimientos de componentes con los inventarios disponibles y con las órdenes abiertas colocadas con los proveedores así mismo unifica los criterios de demanda y mercado.

El sistema da como resultado las compras adicionales necesarias para cumplir con las necesidades de componentes y planea las órdenes de producción que se requieren para cumplir con los programas de producción. El sistema *MRP II* deriva su fuerza de la importante distinción entre inventarios de demanda independiente y dependiente. Los inventarios de demanda independiente son aquellos que están sujetos a las condiciones de mercado y por lo tanto, son independientes de las operaciones como por ejemplo, producto terminado, los cuales se utilizan para satisfacer la demanda del cliente final. Los inventarios de demanda dependiente, por otro lado, no están sujetos a las condiciones de mercado.

Dependen de la demanda de partes y componentes de nivel más alto dentro del programa maestro de producción, como por ejemplo las materias primas y los diversos componentes. El sistema MRP II es dirigido por el programa maestro el cual especifica los productos terminados. Todas las demandas futuras de los componentes y materias primas dependen del programa maestro ya que en él se encuentran cargadas y son derivadas por el sistema MRP.

Cuando se están planeando los inventarios de componentes y materias primas, toda la historia pasada de la demanda no es relevante a no ser que el futuro sea exactamente igual al pasado. Dado que las condiciones usualmente cambian en las empresas el programa maestro es, por mucho, un mejor punto de partida que la demanda pasada para la planeación de inventarios de componentes y materias primas.

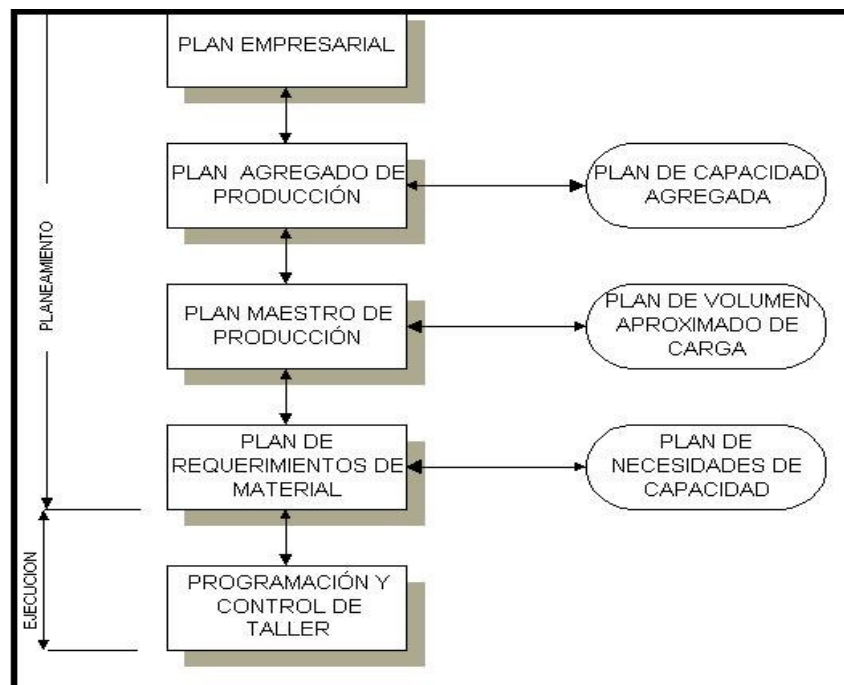
El proceso de detalle de partes en el MRP II requiere una lista completa de materiales o explosión de materiales que incluye cada uno de los componentes materias primas necesarias para manufacturar cualquier producto final cargado en el programa maestro de producción. Las partes que se requieren pueden incluir niveles y subniveles, es decir, ensambles y subensambles, componentes manufacturados y componentes comprados. El detalle de componentes resulta entonces, en una lista completa de los componentes que se deben comprar y el programa de producción requerido. En el proceso de detalle de partes, se consideran los inventarios de partes que ya se tienen ordenadas a los proveedores.

Durante el detalle de las partes se estandarizan los tiempos de producción y los tiempos de la operación de las compras. Empezando con el Programa maestro, cada parte manufacturada o comprada se afecta, es decir, es ordenada con anterioridad por la cantidad de tiempo que toma producirlas y

conseguirlas. Este procedimiento asegura que cada componente estará disponible para cumplir con el programa maestro.

Si se tiene disponible suficiente capacidad de producción y de abastecimiento para satisfacer las órdenes de producción que resultan del detalle de componentes, el sistema *MRP II* produce un plan válido de acciones de abastecimiento y producción. En algunos casos aún no se tiene disponible suficiente capacidad y cuando sucede esto se efectúa de nuevo una planeación al programa maestro o simplemente es cambiada la capacidad.

Figura 3. Funcionalidad del sistema MRPII

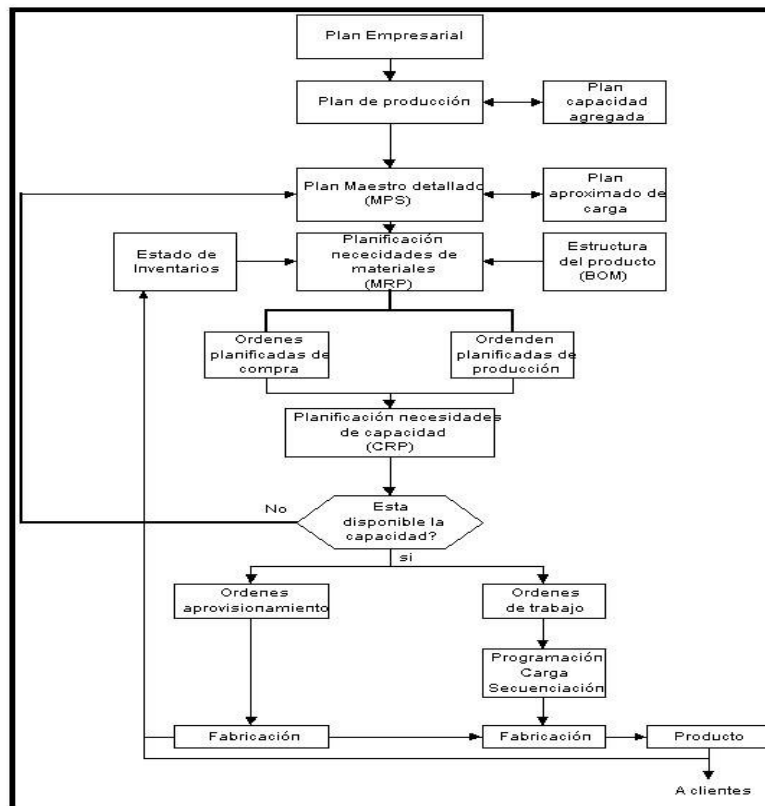


Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A.

1.5.4 Esquema general del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*)

El detalle de componentes y materias primas es la parte central del sistema *MRP II*, este sistema consta de varios elementos en su estructura, siendo éstos: el programa maestro de producción (qué se va a hacer y cuándo), la lista de materiales o explosión de materiales (qué hay en existencia), la disponibilidad de inventarios o registro de inventarios (qué está ya pedido), las compras (cuánto tiempo lleva conseguir los distintos componentes) y finalmente, el tiempo de entrega para cada componente (*lead time*).

Figura 4. Diagrama de Bloques del sistema *MRP*



Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A.

Programa maestro de producción *MPS (Master production schedule)*

El plan maestro de producción consiste en las cantidades y fechas en que deben estar disponibles los inventarios de distribución de la empresa. Al plan maestro de producción sólo le conciernen los productos y componentes sujetos a demanda externa a la unidad productiva. Estos son los llamados productos finales que se entregan a los clientes, entendiendo este último concepto en un sentido amplio. Así, son considerados clientes otras empresas que emplean dichos productos como componentes en su propio proceso productivo, otras plantas de la misma empresa, caso de que la gestión de los materiales de ambas empresas sea independiente, y los componentes de los productos que se venden como repuestos. Este es el sentido en el que debe interpretarse el concepto de los *stocks* de distribución.

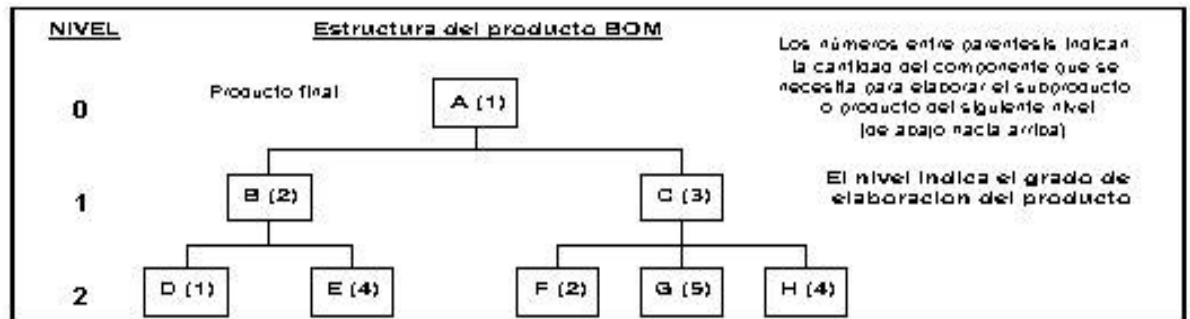
Establece el nivel global de la producción, tales planes incluyen una variedad de entradas, entre ellos los planes financieros, la demanda de los clientes, las capacidades de ingeniería, la disponibilidad de mano de obra, cambios en el inventario, actualización de proveedores y otras consideraciones más.

Lista de materiales *BOM (Bill of Materials)*

La lista de materiales determina lo que lleva cada producto, es una lista estructurada de todos los componentes, ingredientes y materiales necesarios para manufacturar un producto terminado en particular, ensambles, sub ensambles, así como partes manufacturadas o partes compradas. En el sistema MRP se requiere una sola lista de materiales para toda la empresa. Las listas de materiales sufren constantemente cambios conforme se van desarrollando productos nuevos o bien se rediseñan los mismos, para ello actualmente se

cuenta con un sistema efectivo de ingeniería de cambio de orden para conservar actualizada la información de la lista o estructura de materiales.

Figura 5. Estructura del listado de materiales



Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A.

Disponibilidad de inventarios

El estado del inventario, que recoge las cantidades de cada una de las referencias de la planta que están disponibles o en curso de fabricación. En este último caso ha de conocerse la fecha de recepción de las mismas. Para el cálculo de las necesidades de materiales que genera la realización del programa maestro de producción se necesitan evaluar las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los materiales y componentes que intervienen, según especifican las listas de materiales. Estas necesidades se comparan con las existencias de dichos elementos en stock, derivándose las necesidades netas de cada uno de ellos.

Para que el sistema de programación y control de la producción sea fidedigno es imprescindible una descripción muy precisa de las existencias en cada instante de tiempo. Por ello, el sistema de información referido al estado

del stock ha de ser muy completo, coincidiendo en todo momento las existencias teóricas con las reales y conociendo el estado de los pedidos en curso para vigilar el cumplimiento de los plazos de aprovisionamiento.

Asimismo, en el caso de que algunas de las existencias en stock se encuentren comprometidas para otros fines y no deben ser contempladas para satisfacer el programa de producción, debe de ser reconocido este hecho. En definitiva, debe de existir un perfecto conocimiento de la situación en que se encuentran los *stocks*, tanto de los materiales adquiridos a los proveedores externos como de los productos intermedios que intervienen como componentes en la preparación de conjuntos de nivel superior.

Las compras

La requisición de los pedidos de compras está a cargo del Departamento de Compras en conjunto con el control de inventarios. Cuando son ejecutadas las órdenes de compras, los registros de esas órdenes y sus fechas de entrega programadas se encuentran disponibles para el personal de producción. El sistema MRP II genera fechas de vencimiento válidas y las mantiene actualizadas. El sistema MRP II hace posible proporcionar a los proveedores una planeación a largo plazo.

Tiempo de entrega para cada componente

Al momento de determinar cuándo son necesarios los productos o los materiales, entonces se determina cuándo adquirirlos. El tiempo necesario para adquirir (comprar, producir o montar) un artículo, es conocido comúnmente como *Lead Time*. En un artículo comprado el tiempo de entrega es el tiempo

que transcurre desde que un material es encargado, hasta que esté disponible en la planta de producción.

1.6 Definición de manejo Mantenimiento Productivo Total (TPM) por el sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*)

Dentro de las aplicaciones que ofrece el sistema *MRP II* esta la administración del mantenimiento, mediante la coordinación de las operaciones de inspección y servicios rutinarios con el objetivo de mantener las instalaciones y el equipo en buen estado de forma efectiva. El sistema *MRPII* persigue la planificación y el control de las operaciones manejadas de forma inherente al análisis de los procesos propios del mantenimiento.

Las soluciones que ofrece la integración de la filosofía TPM con el sistema *MRP II* ofrece a mediano plazo organizar las estrategias de mantenimiento, incluyendo a todo el personal operativo quienes a su vez poseen de un alto grado de independencia e individualización entre ellos, que derivará en la detección y solución autónoma de los defectos que presente el equipo.

El programa maestro de producción es una aplicación que posee el sistema *MRP II*, el cual es adaptable al contexto del Plan Maestro de Mantenimiento, en el que se indica el tipo de mantenimiento a realizar y se calendarizan las fechas de aplicación. Una vez identificadas las fases correspondientes para realizar la rutina de mantenimiento se evalúa la disposición de cada uno de sus componentes, en el caso que no estén completos los mismos se elabora la lista de materiales *BOM (Bill of Materials)*.

El objetivo del BOM al aplicarlo al TPM es el mantener una disposición optima de stock de repuestos necesarios en el momento en que se utilicen. El énfasis debe ponerse mas en el ¿Cuándo pedir? que en el ¿Cuánto pedir?, lo que hace que sea mas necesaria una técnica de programación que de gestión de inventarios, la integración de esta filosofía moderna del TPM y el innovador sistema de información MRP II aseguran disponibilidad en la cantidad deseada de repuestos al momento de realizar el mantenimiento sea planificado o no. Los datos técnicos que se recopilan, manejan y almacenan, son administrados por el sistema de información MRP II, los cuales se encuentran a la disposición del personal operativo

Como se ha podido observar los sistemas MRP II no son solo técnicas para la planificación de los recursos, sino representan una verdadera filosofía de gestión integrada y jerárquica. Una de las principales razones de la rápida adopción de dichos sistemas ha sido el que posibilitan la creación de una base de datos centralizada y dinámica para la coordinación de las distintas etapas del mantenimiento.

2. DIAGNÓSTICO ACTUAL EN LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO

Al realizar un diagnostico en la administración del mantenimiento al equipo y maquinaria dentro del área de fabricación de los productos de limpieza, destaca el mantenimiento correctivo pues generalmente es el mas aplicado ocasionando el paro completo de la línea, eventualmente se aplica el mantenimiento preventivo al equipo específico correspondiente a la llenadora electrónica de fluidos ELF, debido a que no se cuenta con un amplio *stock* de repuestos, materiales para trabajar y unidades de reemplazo en la bodega de almacenaje dentro del departamento de mantenimiento.

Actualmente el programa de mantenimiento es una mezcla entre el mantenimiento correctivo y en mínima parte de preventivo, este ultimo ha sido fallido su implementación por no contar con toda la información técnica del equipo y son escasos los registros provenientes del funcionamiento de la maquina ELF en forma escrita, y nulos en forma electrónica.

2.1 Proceso de fabricación

Diariamente el supervisor del área es el encargado de llevar a cabo la programación de la producción del área, previamente generado por el departamento de planificación y control.

La bodega de materia prima despacha la requisición de materiales e insumos a utilizar, el supervisor de área se encarga de verificar que los materiales despachados estén de acuerdo a lo solicitado. Se trasladan los materiales a su preparación y mezclado en los tanques que corresponda según lo programado. La distribución de los tanques se describe en la tabla IV.

Tabla IV. Distribución de tanques de preparación

Tanque	Capacidad en galones	Tipo de fluido
UC01	220 galones	Líquidos
UC02	220 galones	Espesos
UC03	440 galones	Líquidos
UC04	440 galones	Espesos
UC05	660 galones	Líquidos y espesos
UC06	1800 galones	Líquidos y espesos
UC07	900 galones	Líquidos y espesos
UC08	900 galones	Líquidos y espesos
UC09	2000 galones	Líquidos y espesos

Fuente: **Investigación de campo**

Ya mezclados los materiales e insumos, son trasegados por medio de una bomba hidroneumática marca *WILDEN* al tanque pulmón UC09, de dicho tanque se alimenta la maquina ELF, por lo que la operación debe ser de forma controlada y efectiva. El operador se encarga de hacer llegar la energía eléctrica a la maquina, por medio del panel general de controles marca *Mitsubishi* modelo S500; se hacen los ajustes de acuerdo al tipo de fluido y presentación, es decir de acuerdo a las especificaciones de medidas distancias y aditamentos. Son

Los patrones que debe de presentar el fluido se rige a su viscosidad, ph y temperatura, generalmente la temperatura de envasado tiene como rango un mínimo de 14º centígrados y un máximo de 28º centígrados, el procedimiento de arranque del equipo no se detalla por normas de seguridad de la empresa.

Por tener un diseño neumático, eléctrico y electrónico la maquinaria y equipo electrónico es necesario el poner en funcionamiento los compresores de

aire, para lo cual se cuenta con un compresor tipo tornillo. Un colaborador designado por el supervisor de área se encarga de poner en funcionamiento el compresor de aire, a una presión de trabajo 85 psi regulado por la unidad de mantenimiento. Una vez establecidas las condiciones de trabajo como lo es la energía y el aire, la maquina es encendida, ajustada y calibrada para alcanzar una puesta en marcha estable. Alcanzadas dichas condiciones se inicia el suministro de envases por el personal designado para esta tarea en las tolvas que alimenta la línea, el área es denominada como jaula.

De forma manual son extraídos los envases de la tolva por colaboradores para ponerles las etiquetas frontales y anversas que indican las especificaciones del fluido. Luego los envases son colocados de forma manual en la banda transportadora por el colaborador encargado de manejar la maquina ELF. Son colocados en las boquillas de la llenadora las cuales depositan por gravedad el fluido directamente en el interior de los envases.

La maquina esta dirigida por una tarjeta electrónica que llena mediante la interacción de foto sensores, temporizadores y electro válvulas, la maquina esta provista de doce boquillas que operan de forma simultánea por ciclo. La cantidad de envases llenados por ciclo es transportada a la taponadora que se ajusta al tipo de presentación, previo a esto se les coloca el *plug* que garantiza un sellado efectivo. Las únicas presentaciones que no son taponadas son las de 0.20 de galón pues se les coloca una tapa *Fliptop* de roscadura con sello de teflón.

Una vez sellados los envases se codifican manualmente con codificadores de tinta en el que se detalla el año de fabricación y el número correlativo a la orden de producción que pertenecen. Son enviados por bandas

transportadoras de rodillos en donde al final los recibe un colaborador y los coloca en la tarima para luego ser llevados a la bodega de producto terminado.

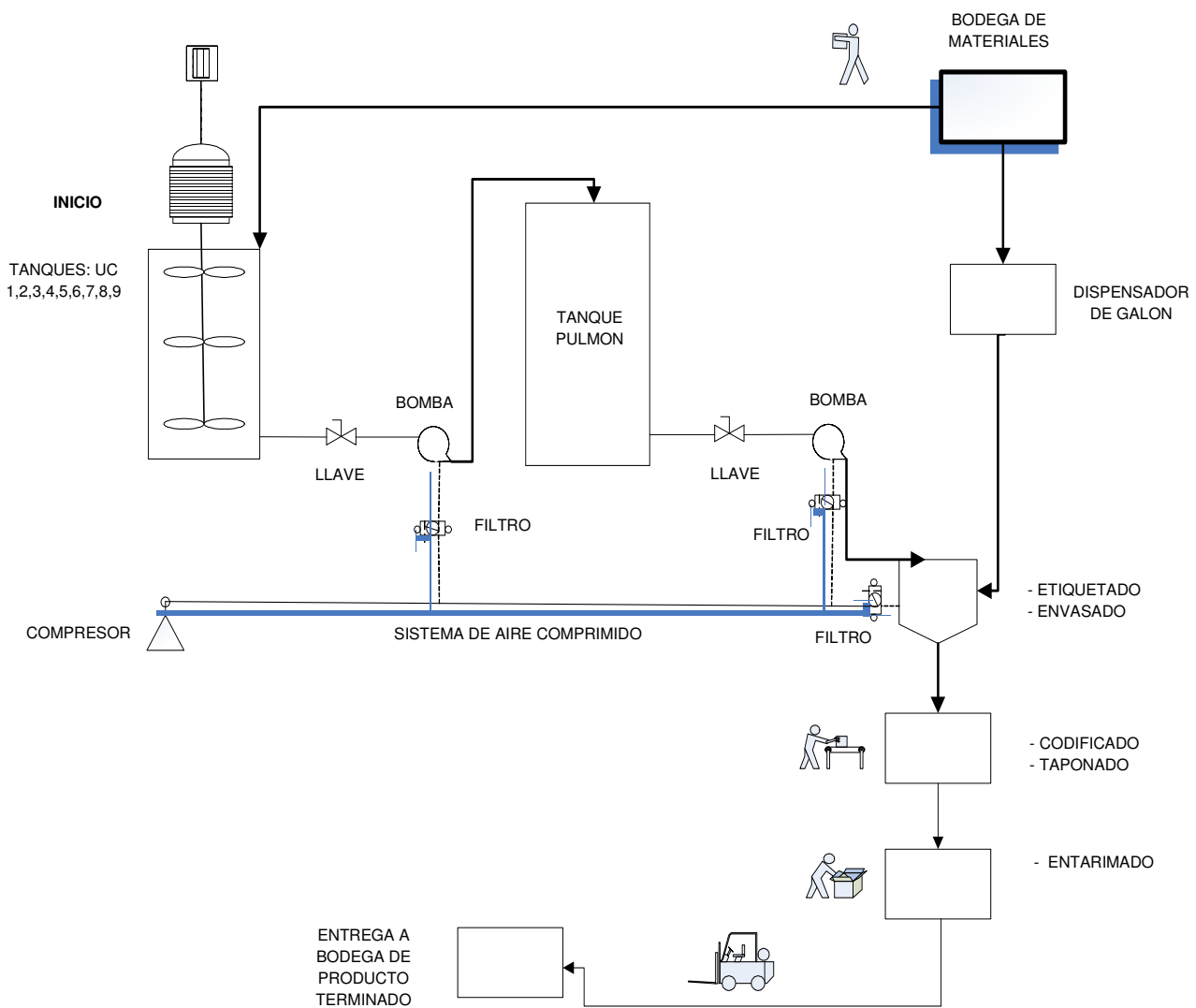
Los cambios se dan de acuerdo al programa de producción, se envasa el tipo de producto y la cantidad requerida. Al completar lo requerido se procede a realizar el cambio y ajuste necesario para trabajar la siguiente presentación en cumplimiento del programa.

Al finalizar el turno se contabiliza la cantidad total de lo producido para generar en el sistema la transferencia a bodega de producto terminado, que incluye el número correlativo de la transferencia, orden de producción y requisición de materiales, esto para identificar con facilidad la fecha y día de elaboración. Este documento es entregado al jefe de la bodega de producto terminado quien verifica que la cantidad física sea la transferida. Un registro aparte se lleva de forma manual en el que se incluye toda la información de la transferencia y parámetros de tiempos productivos e improductivos, paros y la cantidad de personal en la operación.

2.1.2 Diagrama de procesos del método actual de producción

Detalla gráficamente la secuencia de todos los procesos y elementos de la operación que se interrelacionan entre sí, desde el ingreso de la materia prima hasta el empaque final. Véase figura 6

Figura 6. Diagrama de procesos del método actual de producción



Fuente: Investigación de campo

Diagrama de operaciones del proceso (DOP)

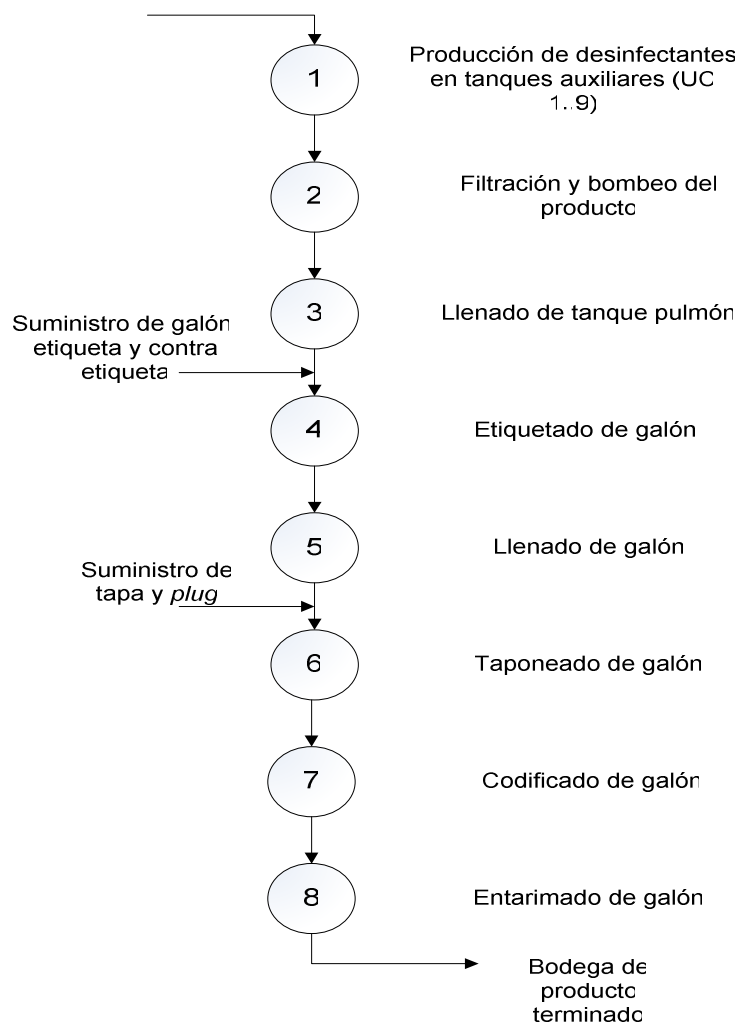
Muestra gráficamente las fases que atraviesan la ejecución de un trabajo o una serie de actos. Estos diagramas ayudan a mostrar los efectos que se dan en aquellos cambios introducidos, también muestran las operaciones para analizar su efectividad o no. El encabezado es colocado en la parte superior del diagrama que contiene nombre del diagrama, producto elaborado, método actual, fecha, nombre de quien elaboro el diagrama.

Operación: cuando se altera intencionalmente un objeto en una o más características. (10 mm. de diámetro)

Inspección: cuando se examina un objeto para su identificación o verificación de calidad o cantidad. (10 mm. lateral)

Figura 7. Diagrama de operaciones del proceso de fabricación de desinfectantes

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO			
Empresa:	Laboratorios ZELSA S.A.	Diagrama No	1
Línea:	Única	Método:	Actual
Inicio:	Bodega de materia prima	Elaborado por:	Pablo Méndez
Termina:	Bodega de producto terminado	Hoja:	1/1



Fuente: Investigación de campo

Diagrama de flujo del proceso (DFP)

La principal aplicación de este diagrama es al componente de un ensamble. Muestras las distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Así mismo tiene más detalles que el de operaciones, por consiguiente no aplicable a procesos en donde se deben de considerar en conjunto ensambles complicados.

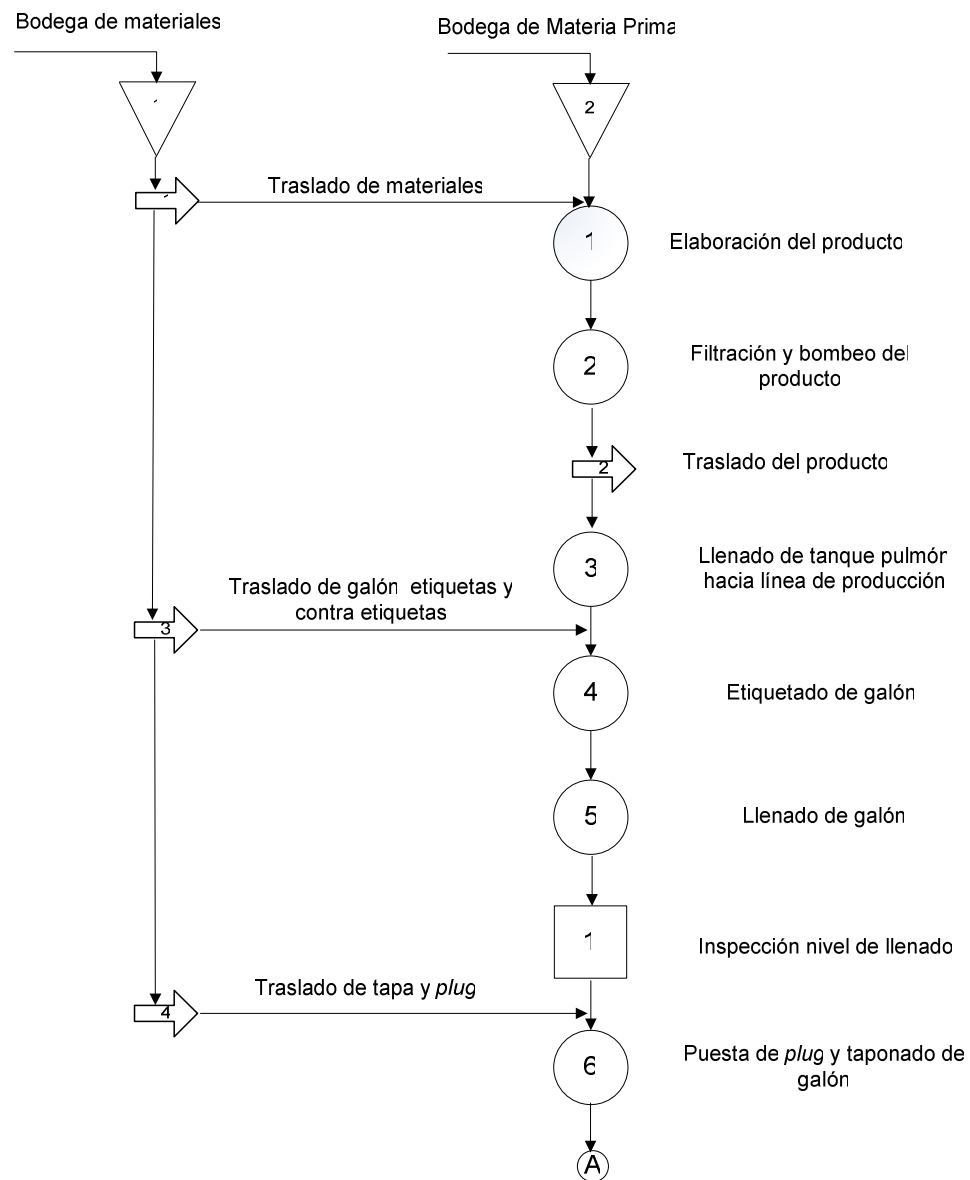
TRANSPORTE: cuando se traslada un objeto de un lugar a otro linealmente

DEMORA: cuando una pieza no se procesa inmediatamente

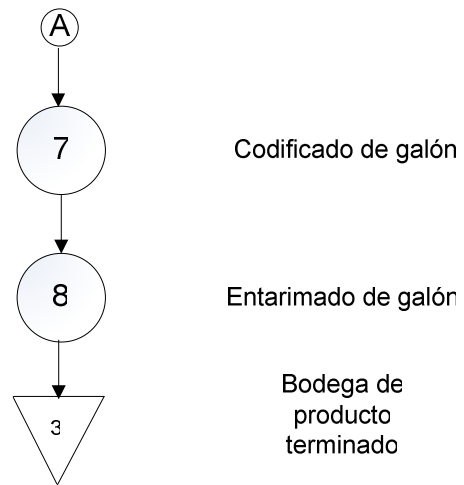
ALMACENAMIENTO: cuando una pieza se retira y protege contra un traslado no autorizado.

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de desinfectantes

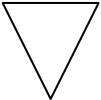
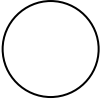
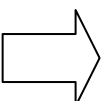
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO			
Empresa:	Laboratorios ZELSA S.A.	Diagrama No	1
Línea:	Única	Método:	Actual
Inicio:	Bodega de materia prima	Elaborado por:	Pablo Méndez
Termina:	Bodega de producto terminado	Hoja:	1/1



Continuación del DFP



RESUMEN DEL DIAGRAMA

FIGURA	DESCRIPCION	CANTIDAD
	Bodega de almacenamiento	3
	Operación en el proceso	8
	Traslado de materiales	4
	Inspección del producto	1
TOTALES		16

Fuente: **Investigación de campo**

2.1.3 Maquinaria y equipo implementado

Llenadora: *Electronic Liquid Fillers* (ELF) es una maquina fabricada en Estados Unidos, encargada de llenar los distintos desinfectantes en las presentaciones existentes, consta de 12 boquillas que son activadas al mismo tiempo.

Marca: ELF. Modelo 12 FCONV. Serie: 1204-001

Tanques y Motores: Los tanques están diseñados con la capacidad necesaria según sea su aplicación, por consiguiente se les asigna el tipo de motor que les corresponde. A continuación se describen los valores técnicos de los mismos.

TANQUE UC01.

Capacidad aproximada: 220 galones.

Tipo de aplicación: Producto líquido.

Tabla V. Especificaciones técnicas tanque UC01

Motor	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Control
<i>ABB</i>	1 hp	220/440 V	4/2 amp	1700 rpm	Variador trifásico

Fuente: **Investigación de campo**

TANQUE UC02.

Capacidad aproximada: 220 galones.

Tipo de aplicación: Producto espeso.

Tabla VI. Especificaciones técnicas tanque UC02

Motor	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Control
--------------	-----------------	----------------	-----------------	------------------	----------------

<i>Emerson</i>	1 hp	220/440 V	7/3.5	1410 rpm	Variador trifásico
----------------	------	-----------	-------	----------	--------------------

Fuente: **Investigación de campo**

TANQUE UC03.

Capacidad aproximada: 440 galones.

Tipo de aplicación: Producto líquido.

Tabla VII. Especificaciones técnicas tanque UC03

Motor	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Control
<i>ABB</i>	2 hp	220/440 V	7/3.5 amp	1710 rpm	Variador trifásico

Fuente: **Investigación de campo**

TANQUE UC04.

Capacidad aproximada: 440 galones.

Tipo de aplicación: Producto espeso.

Tabla VIII. Especificaciones técnicas tanque UC04

Motor	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Control
<i>EFF2</i>	2 hp	220/440 V	6/3 amp	1451 rpm	Variador trifásico

Fuente: **Investigación de campo**

TANQUE UC05.

Capacidad aproximada: 660 galones.

Tipo de aplicación: Productos espesos y líquidos.

Tabla IX. Especificaciones técnicas tanque UC05

Motor	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Control
<i>Baldor</i>	3 hp	220/440 V	8.5/4.3 amp	1750 rpm	Variador trifásico

Fuente: **Investigación de campo**

TANQUE UC06.

Capacidad aproximada: 1800 galones.

Tipo de aplicación: Productos espesos y líquidos.

Tabla X. Especificaciones técnicas tanque UC06

Motor	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Control
<i>Emerson</i>	5 hp	220/440 V	15.4/7.2 amp	1710 rpm	Variador trifásico

Fuente: **Investigación de campo**

TANQUE UC07.

Capacidad aproximada: 900 galones.

Tipo de aplicación: Productos espesos y líquidos.

Tabla XI. Especificaciones técnicas tanque UC07

Motor	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Control
<i>FFD</i>	3 hp	220/440 V	9.9/4.4 amp	1710 rpm	Variador trifásico

Fuente: **Investigación de campo**

TANQUE UC08.

Capacidad aproximada: 900 galones.

Tipo de aplicación: Productos espesos y líquidos.

Tabla XII. Especificaciones técnicas tanque UC08

Motor	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Control
<i>Baldor</i>	3 hp	220/440 V	9/4.5 amp	1700 rpm	Variador trifásico

Fuente: **Investigación de campo**

TANQUE UC09.

Capacidad aproximada: 2000 galones.

Tipo de aplicación: Productos espesos y líquidos.

Tabla XIII. Especificaciones técnicas tanque UC09

Motor	Potencia	Voltaje	Amperaje	Velocidad	Control
<i>Baldor</i>	5 hp	220/440 V	15.5/7.1 amp	1750 rpm	Variador trifásico

Fuente: **Investigación de campo**

Bombas Hidroneumáticas: Son bombas accionadas por aire comprimido. Funcionan por medio de diafragmas que cargan y descargan los fluidos lo que permite el paso del producto de forma cíclica desde los tanques de preparación hacia el tanque pulmón y de éste a la llenadora, se cuentan con 2 bombas modelo P4, 1 bomba modelo P8 y otra bomba modelo T8. La descripción técnica se detalla a continuación.

Marca: WILDEN PUMP. Modelo: P4 Desempeño: 93 galones por minuto

Marca: WILDEN PUMP. Modelo: P8 Desempeño: 127 galones por minuto

Marca: WILDEN PUMP. Modelo: T8 Desempeño: 156 galones por minuto

Compresor: Es la fuente generadora de aire comprimido distribuido por un sistema de tuberías diseñado de forma estándar a los procesos de la planta. Específicamente en el área de fabricación de desinfectantes alimenta las bombas hidroneumáticas, los actuadores de la maquina ELF y la taponadora. A continuación se detalla las especificaciones técnicas.

Marca: *Quincy*. Modelo: 35L100T098H1 Motor de 35 HP. Serie: QSB/T.

Taponadora: Esta máquina se encarga del proceso de taponar los envases luego de haberseles colocado el *plug* o sello de seguridad, esta instalada en una estación flexible lo que facilita su movimiento y manejo. A continuación se detalla las especificaciones técnicas.

Marca: *Accucapper*. Modelo: HD. Serie: M2123.

2.1.4 Funcionamiento general

El funcionamiento descrito a continuación de forma general establece los procedimientos para la fabricación de desinfectantes *ultra cleaner*.

Área de producción: Espacio físico dentro de la planta, en donde se encuentra la maquinaria y equipo instalado para la fabricación y envasado de desinfectantes en su variedad de aromas y presentaciones. Véase tabla V.

Tabla XIV. Capacidades teóricas del envasado de desinfectantes según su presentación.

Tipo de presentación	Capacidad de llenado por hora
Galón	400 gl/hora
0.5 de galón	680 unid/hora
0.20 de galón	790 unid/hora

Fuente: **Investigación de campo**

Equipo instalado: La infraestructura montada en planta esta conformada principalmente por la llenadora marca ELF, la cual es auxiliada por un panel de distribución de líquido el que consta de 12 boquilla habilitadas. El tanque pulmón es el que abastece a dicho panel siendo el producto extraído y trasegado por una bomba hidroneumática marca WILDEN, que funciona por medio de aire comprimido, el cual es regulado por la unidad de mantenimiento. La distribución de tanques detallada anteriormente establecida conforme al volumen y tipo de producto, cada tanque consta de un motor eléctrico con su varilla de agitación diseñada especialmente para cumplir las necesidades de los mismos.

Dispositivos de control: Son componentes eléctricos y electrónicos cuyo propósito es mantener una o mas variables en el proceso de producción en un valor deseado en la preparación del producto contenido en los tanques correspondientes. La condición del sistema es monitoreada por un dispositivo electrónico el cual provee la información al controlador, este a su vez determina el valor de la señal de error transmitiendo una señal al elemento final de control para cambiar el valor de la variable manipulada (velocidad del motor). De esta forma el sistema mantiene la variable controlada dentro de límites aceptables.

ATRIBUCIONES DEL PERSONAL DE ÀREA:

Preparadores: Son los encargados de mezclar las materias primas predestinadas a la fabricación de los desinfectantes, de forma secuencial con el propósito de abastecer de manera ordenada y eficiente el flujo de producto al tanque pulmón que a su vez genera el ritmo de trabajo de la línea durante el envasado, manteniendo estándares de calidad, orden y limpieza.

Etiquetadoras: Son las personas encargadas de colocar manualmente las etiquetas (que indican el nombre y fragancia del producto) y contra etiquetas (que contiene las especificaciones de uso y aplicación del producto) al un ritmo definido por el envasado.

Operador de llenadora: es la persona quien tiene la responsabilidad de operar adecuadamente el panel de control de la maquina, verificando su funcionamiento según el tipo de presentación y producto que se trabaje. Es además quien estiba los envases en la línea antes, durante y después de haber sido llenados. Reporta cualquier falla que se presente así como la limpieza de su área de trabajo

Taponadores de envases: Son los encargados de colocarle el *plug* y tapa respectivamente a los envases llenos, posterior a esto los codifican y los limpian de ser necesario. Al terminar este proceso son colocados en una banda de transportadora de rodillos.

Entarimador: Es el encargado de colocar en las tarimas las unidades al recibirlas al final de la banda transportadora de rodillos. Luego de esto y siguiendo los lineamientos de entrega los lleva a la bodega de producto terminado.

Supervisor de área: Es el responsable del seguimiento del plan de producción y del control de los tanques de preparación, coordina la operación adecuada de los equipos, programa los cambios de presentación, autoriza los requerimientos de materiales, tramita la papelería conforme a cierres y entregas de producción, vigila el orden e higiene y limpieza del área.

2.1.5 Aspectos técnicos actuales en el funcionamiento de los procesos

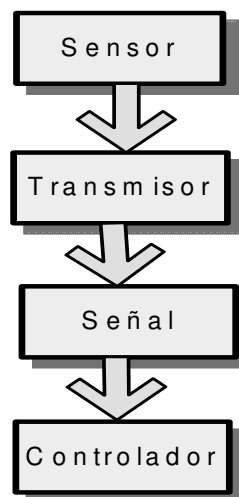
El proceso industrial busca la transformación de la materia prima en producto terminado. La producción siempre incluye uno o más procesos, por ser éstos los que realizan la conversión de materiales y energía para producir un producto final. Para asegurar que los productos obtenidos tengan una calidad estandarizada, los procesos deben de cumplir aspectos técnicos previamente definidos. El incumplimiento de esto puede provocar una falla de control en cualquier etapa del proceso afectando las características del producto final. La instrumentación significa controlar la producción y darle seguimiento a estos aspectos para asegurar los productos de acuerdo a su formulación y que cumplan con las especificaciones.

En muchos procesos las consideraciones técnicas son las medidas llamadas “variables”, las cuales afectan las entradas y salidas de los mismos. Dentro de estas variables se pueden mencionar: temperatura, presión, razón de flujo y nivel. Las variables de procesos son monitoreadas y controladas por la instrumentación la que permite medir, indicar, controlar o reportar las variables de proceso y manipular los aparatos de control en varias etapas del proceso. Consecuentemente hay un amplio rango de respuestas posibles que son recibidas por un “transmisor” y las convierte a una señal estándar del instrumento.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDICIÓN DE SEÑALES ESTANDAR EN PLANTA

Los instrumentos empleados en la medición de señales estándar son del tipo electrónico y neumático, su operación lo describe el esquema presentado en la figura 9.

Figura 9. Esquema de medición señales estándar.



Fuente: **Investigación de campo.**

El diseño técnico en la medición de variables en el área de fabricación de desinfectantes representa un típico lazo de control de retroalimentación, aplicado directamente en el envasado, es decir un sensor mide el cambio de los valores de la variable controlada que en este caso es el nivel. Este valor es trasladado al transmisor que convierte el valor en una señal estándar que va a presentar el panel de control. Esta señal es enviada nuevamente al controlador para que señale el punto fijado. Las señales electrónicas y neumáticas son indicadas como señales analógicas porque cada tipo de señal asume un valor en cualquier punto entre un mínimo y un máximo que activan la salida de flujo por medio de los actuadores.

Para la operación optima de la llenadora sus componentes electrónicos responden a señales de transmisión normalmente entre un rango de 4 a 20 miliamperios, en donde el valor mínimo corresponde a 4 miliamperios y el valor máximo corresponde a 20 miliamperios. Por otra parte sus componentes de transmisión neumática tienen un rango de presiones de 3 a 15 *psi*.

2.2 Método actual en la planificación del mantenimiento

El sistema de venta por catálogo genera una forma particular a su proceso productivo, pues depende del comportamiento de venta de cada uno de sus productos y el movimiento que se tenga en los inventarios para que así se planifique la producción que supla estas necesidades.

Por lo anterior y dado que los desinfectantes representan a la empresa el 48% de la venta total, el mantenimiento aplicado es el correctivo debido a que es muy difícil el hacer paros continuos en la línea para realizar los trabajos de mantenimiento, por lo que no se establece ni se programa anticipadamente dichos paros para realizarlo, llevándolo a cabo en horario y días no laborables

salvo si ocurre una emergencia se actúa de forma inmediata paralizando la actividad que se tenga en línea para darle solución. A pesar de ello y en muy mínima cantidad es aplicado también el mantenimiento preventivo en áreas funcionales

Para ello se cuenta con un programa de mantenimiento en el que se contempla esta serie de situaciones, la forma en que se debe actuar y la persona responsable encargada de desarrollarlo conjuntamente con los procedimientos y las especificaciones técnicas a tomar en cuenta por área o sección de trabajo del que se trate

2.2.1 Tipo de mantenimiento aplicado

Al ocurrir una falla en planta es aplicado el mantenimiento correctivo el cual se da cuando hay algún paro de producción debido a alguna avería en el equipo y es necesario repararla de inmediato. A continuación se presenta la forma como se aplica por sección dentro de la fabricación de productos de limpieza.

SECCIÓN LLENADORA

- a. Limpieza de las mangueras de aceite y aire comprimido
- b. Limpieza de canaletas y ductos por donde se transporta el producto
- c. Limpieza general del tanque distribuidor (a las boquillas instaladas)
- d. Limpieza y revisión de boquillas
- e. Limpieza y revisión de *o - rings*
- f. Limpieza de las salpicaduras de producto en los aparatos y dispositivos electrónicos
- g. Lavado general de las bandas transportadoras

- h. Revisión de los actuadores y electro válvulas

SECCIÓN TANQUES

- a. Limpieza de las paredes internas y externas de los tanques de alimentación y tanque pulmón
- b. Limpieza de los agitadores y aspas correspondientes a cada tanque
- c. Limpieza del área circundante a cada tanque
- d. Limpieza y revisión de fugas de producto
- e. Revisión de motores eléctricos (instalados en cada tanque con agitador)

SECCIÓN BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS

- a. Limpieza de las mangueras de trasiego de producto
- b. Inspección y limpieza de las cámaras de vacío
- c. Inspección y limpieza de las cámaras de aire comprimido
- d. Inspección y limpieza de diafragmas por cada cámara de vacío
- e. Inspección y limpieza de los *flanges*
- f. Revisión de filtros de aire
- g. Revisión general del funcionamiento de las bombas en marcha

SECCIÓN COMPRESOR

- a. Revisión del funcionamiento del motor de arranque
- b. Revisión del nivel de aceite
- c. Inspección y limpieza del sistema de ventilación
- d. Revisión de la temperatura de trabajo para que se mantenga dentro del rango permisible
- e. Inspección del flujo de caudal de aire comprimido

SECCION TAPONADORA

- a. Limpieza de tornillos de ajuste y tornillos de ejes
- b. Inspección y limpieza de insertos
- c. Inspección y limpieza de las tuerca de desplazamiento
- d. Lubricación del eje torqueador

2.2.2 Forma de medición de fallas

La función principal de la medición continua de las fallas es prolongar el tiempo de aplicación del mantenimiento para obtener un rendimiento aceptable de los equipos minimizando el número de fallas. Según el tipo de falla que presente el equipo se clasifica de la siguiente forma:

FALLAS TEMPRANAS. Frecuentemente ocurren al principio de la vida útil de los equipos y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de los materiales utilizados dentro del proceso.

FALLAS ADULTAS. Son las fallas que se presentan con mayor frecuencia durante la vida útil de los equipos. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de *o-rings* de una máquina, etc.).

FALLAS TARDIAS. Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del los equipos.

Las fallas que se presentan en la planta son tan variadas que no puede darse una en general, sino que cada una de ellas tiene su diagnostico en

particular, por lo que a continuación se presenta la forma en que son medidas, desde que detectan hasta el momento de dar el diagnóstico.

Información de la falla o avería. La información se presenta por medio de un aviso o bien por una inspección de las instalaciones.

- **Aviso:** es presentado al departamento por cualquier persona, ya sea de forma escrita o verbalmente.
- **Inspección:** esta es realizada por el personal del departamento, por medio de una boleta de inspección se constata si tiene carácter de urgencia.

Inspección de falla o avería. Esta inspección es realizada por personal competente del departamento, quien toma decisiones de carácter temporal o de emergencia si fuera necesario y saca un reporte detallado de la avería para su estudio y diagnóstico.

Análisis de informes y diagnóstico. De acuerdo al resultado de la inspección se realizan informes de las últimas operaciones de mantenimiento en el lugar. Se puede llegar al diagnóstico del problema, siempre tomando en cuenta:

- La prioridad de reparación
- La causa del problema
- El tipo de trabajo a realizar
- Los departamentos involucrados
- La acción inmediata a tomar

2.2.3 Análisis de las seis grandes pérdidas en la operación

Pérdidas por fallas de equipo

Los efectos leves del equipo, son tradicionalmente considerados no dañinos, porque su efecto individual en las descomposturas y defectos de calidad es mínimo, incluye cualquier factor que parece tener efecto en el resultado, sin importar su probabilidad como el polvo, suciedad, vibración y aproximadamente del 1 al 2% de abrasión caen en esta categoría. El objetivo de enfocar estos pequeños defectos es el de prevenir el efecto potencial que pueden producir al acumularse, y que pueden disparar otros factores. Ningún acercamiento analítico garantiza la identificación de cuales defectos causan tales problemas, la solución es eliminar todos los posibles defectos.

Pérdidas por ajuste de equipo

La mayoría de los ajustes pueden ser desempeñados sin prueba y error, solo los ajustes inevitables deben permanecer. Para eliminar ajustes analice su propósito, causas, métodos actuales y eficacia. Dentro de los propósitos del ajuste esta el posicionar, centrar, medir y balancear. Las causas son variadas dentro de las cuales se tienen:

- Acumulación de errores
- Falta de rigidez
- Falta de estándares
- Falta de métodos de medición
- Ajustes inevitables
- Métodos inapropiados de trabajo

Pérdidas por paradas menores

Las pérdidas por paradas menores o transitorias generalmente son causadas en la línea de producción por desfases repentinos de dispositivos por una mala operación, que en su mayoría es provocada por personal de reciente ingreso quienes no poseen de ninguna experiencia y conocimiento del equipo. Generalmente sucede con equipos electrónicos (sensores y panel de control) dando como resultado variaciones en la programación definida provocando alteraciones en la línea de llenado.

Pérdidas por velocidad reducida

Una pérdida de velocidad es la producción perdida por la diferencia de la velocidad de diseño de la maquina y su actual velocidad de operación. Una velocidad estándar es seleccionada para cada tipo de producto y es usada en lugar de la velocidad de diseño en algunas ocasiones. Dentro de los problemas más comunes relacionados con estas pérdidas se encuentran:

- Pocas especificaciones del equipo
- Alcance de la velocidad especificada no ejecutada
- El no seguimiento a las fallas provocadas por el aumento de velocidad

Pérdidas de calidad y reproceso

Sucedan cuando en un sistema de producción con frecuencia se producen productos con defectos de forma parcial o total, a pesar de la continua mejora y control en la medición llamadas también fallas crónicas de calidad. Los productos que presentan defectos y son irreparables son pérdidas obvias, cuando si son reparables son pérdidas de reproceso pues se invierten recursos

para su recuperación. Para resolver los problemas crónicos se requieren ideas que involucren las siguientes etapas:

- Mejoras que cambien el estatus del producto
- Establecer metas de acuerdo a las metas de mejora de la compañía
- Revisar los estándares existentes
- Revisar los puntos de control existentes
- Responsabilizar a los gerentes

Pérdidas por tiempos de preparación.

Los tiempos de preparación del equipo y ajuste, principian cuando la producción de un producto se completa y termina, cuando la calidad estándar es lograda en la producción del siguiente producto. En otras palabras, es el tiempo requerido para remover residuos de un producto, mas el tiempo empleado en la limpieza y preparación para el siguiente producto, mas el tiempo adicional para ajustarlo haciendo las pruebas correspondientes y nuevamente realizar los ajustes, hasta que el producto llene las expectativas de calidad.

2.3 Limitaciones de los enfoques tradicionales de mantenimiento planificado

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento a través de programas tradicionales controlados y planificados tienen como objetivo el optimizar la disponibilidad de los equipos y minimizar los costos de mantenimiento mediante la introducción de controles financieros.

Sin embargo dada la exigencia a la cual la industria está sometida de optimizar varios de sus aspectos como son costos, calidad y cambio rápido de producto, se ve limitada la forma sistemática de mejoras que pueden ser introducidas en la gestión tanto técnica como económica del mantenimiento.

Dentro de las limitaciones más notorias se encuentran las siguientes:

- La conservación de las instalaciones existentes en perfecto estado de servicio
- El activar o poner en servicio las instalaciones averiadas al menor tiempo y costo posible
- El envejecimiento de los equipos o materiales
- Los consumos exagerados o mal manejo de los recursos
- Las pocas visitas de inspección y cuantificación de tiempo, personal y materiales
- La falta de informes hechos por el personal responsable de la inspección debido en gran parte por no contar con un sistema informático adecuado

El mejoramiento de estas limitaciones se logra a través de todas las acciones diarias, por pequeñas que éstas sean, que permitan que los procesos y la empresa sean más competitivos. La velocidad del cambio dependerá del número de acciones de mejoramiento que se realicen día a día y de la efectividad con que éstas se realicen, por lo que es importante que dicho mejoramiento sea una idea integrada por completo en la conducta de todos los miembros de la organización, convirtiéndose en una filosofía de trabajo y de vida.

2.3.2 Forma actual en el manejo de la información e interpretación de resultados de mantenimiento

Actualmente toda la información concerniente a la administración del mantenimiento es llevada en una hoja electrónica de *excel*/ en formatos especiales se documenta diariamente el funcionamiento de cada componente, registrando cualquier alteración o anomalía que presenten los equipos. La figura 10 muestra la forma en que se lleva el control de la información recabada de los equipos del área de *Ultra Cleaner* sección limpieza.

Figura 10. Control del mantenimiento área *Ultra Cleaner*

Laboratorios ZELSA S.A.

CONTROL DE MANTENIMIENTO ULTRA CLEANER

Jefe de Turno: Saúl Domínguez

Fecha: 26/11/2005

Analista: Marlon Beteta

SECCION DE PREPARACION

Funcionamiento: **N.** Normal **R.** Regular **D.** Defectuoso

Tanque	UC01	UC02	UC03	UC04	UC05	UC06	UC07	UC08	UC09
Motor eléctrico	N	N	N	N	N	N	R	N	N
Agitador	D	N	N	R	N	N	N	N	N
Variador	N	N	N	N	N	N	N	N	R

Observaciones

El motor eléctrico UC07 se sobrecalienta

El agitador UC01 tienen defectos las aspas y el UC04 esta doblada la varilla

Todos los variadores no presentan ninguna anomalía

Fuente. Laboratorios ZELSA S.A.

La programación anticipada determina cuando se debe de realizar el trabajo. La manera óptima para que el supervisor cumpla con su responsabilidad principal es mediante la programación mensual, semanal y diaria de trabajo para cada área, generando un volumen de trabajo acumulado planificado. Estas tareas son planificadas en *Microsoft Project*. (Ver tabla XV)

Tabla XV. Planificación del mantenimiento área *Ultra Cleaner*

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Prede	Nombres de los recursos
1	MODULO I. Analisis preliminar	14 días	lun 27/06/05	jue 14/07/05		
2	Inspeccion del equipo y maquinaria en plar	7 días	lun 27/06/05	mar 05/07/05		
3	Evaluacion de la funcionalidad del eq y ma	5 días	mié 06/07/05	mar 12/07/05	2	
4	Diagnotisco del equipo y maquinaria en pla	2 días	mié 13/07/05	jue 14/07/05	3	
5	MODULO II. Plan de Accion	24 días	vie 15/07/05	mié 17/08/05		
6	Clasificacion del equipo	4 días	vie 15/07/05	mié 20/07/05		
7	Equipo principal	2 días	vie 15/07/05	lun 18/07/05	4	
8	Equipo auxiliar	2 días	mar 19/07/05	mié 20/07/05	7	
9	Elaboracion de diagramas	7 días	jue 21/07/05	vie 29/07/05		
10	Diagramas de proceso	3 días	jue 21/07/05	lun 25/07/05	8	
11	Diagramas de lazo	4 días	mar 26/07/05	vie 29/07/05	10	
12	Medicion variables de trabajo	7 días	lun 01/08/05	mar 09/08/05		
13	Presion y temperatura	2 días	lun 01/08/05	mar 02/08/05	11	
14	Flujo y nivel	2 días	mié 03/08/05	jue 04/08/05	13	
15	Medicion de fallas	3 días	vie 05/08/05	mar 09/08/05	14	
16	Verficacion de repuestos	6 días	mié 10/08/05	mié 17/08/05		
17	Tipo de repuestos	2 días	mié 10/08/05	jue 11/08/05	15	
18	Stock minimo de repuestos	1 día	vie 12/08/05	vie 12/08/05	17	
19	Costos manejo de inventarios	2 días	lun 15/08/05	mar 16/08/05	18	
20	Verificacion de herramientas	1 día	mié 17/08/05	mié 17/08/05	19	
21	MODULO III. Aplicación	25 días	jue 18/08/05	mié 21/09/05		
22	Fiabilidad del equipo	5 días	jue 18/08/05	mié 24/08/05		
23	Lubricacion, engrase y limpieza	4 días	jue 18/08/05	mar 23/08/05	20	
24	Características de los componentes	1 día	mié 24/08/05	mié 24/08/05	23	
25	Rutinas de mantenimiento	7 días	jue 25/08/05	vie 02/09/05		
26	Mapeo según necesidades	5 días	jue 25/08/05	mié 31/08/05	24	
27	Calendarizacion de mantto.	2 días	jue 01/09/05	vie 02/09/05	26	

Fuente. Laboratorios ZELSA S.A.

2.3.2 Deficiencias del sistema actual

Los procesos industriales comparten una meta en singular la de asegurarse en hacer un producto de alta calidad. Para alcanzarlo personal con habilidad debe cuidadosamente supervisar y mantener apropiadamente los sistemas y equipos funcionando, pues estos son la clave para que un proceso este controlado. Dicho control debe ser capaz de representar, indicar y responder al actual o verdadero ritmo de la producción. Los errores deben de ser mantenidos aun mínimo absoluto.

Pero no solo depende de la especialización del factor humano, muchas deficiencias son provocadas por el sistema actual principalmente en la forma como se maneja toda la información concerniente a la planificación del mantenimiento, lo que ha ocasionado muchas veces retrasos en las adquisición de repuestos, paros en la línea de envasado y preparación; así también el mal funcionamiento del equipo.

La persona que planifica y programa el servicio de mantenimiento es la encargada de definir el tipo de mantenimiento previo a ejecutarlo. Si se tiene una demanda superior a la capacidad normal de producción y no se dispone del tiempo requerido, se traslada la rutina en horario no laborable. Lo anterior provoca la mayoría de las veces reparaciones espontáneas. Luego de haberse llevado a cabo los trabajos de mantenimiento se emite un reporte el cual es enviado a la persona encargada de llevar los registros de los mismos. El objetivo de dichos reportes es llevar un control de cambios, anotando cada anomalía en el respectivo historial de cada equipo, que es llevado de forma manual, es decir, en fichas tamaño oficio por equipo con su debido formato.

2.4 Diagnóstico preliminar del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la fabricación de productos de limpieza

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un método para mejorar e incrementar la productividad de la fabricación. Consiste en la aplicación práctica de datos sobre disponibilidad del equipo, cumpliendo del programa y calidad del producto. Con estas mediciones, la eficiencia global del equipo indica el uso óptimo de los recursos. El TPM en la fabricación de productos de limpieza no es simplemente una estrategia de mantenimiento, sino un enfoque más integral de los mejoramientos de la productividad. Pensar que es solo una estrategia de mantenimiento sería pasar por alto la complejidad del concepto y subestimar el potencial de los mejoramientos que se tendrán en el área de fabricación.

El TPM es un tema muy analizado. Por parte del personal de área requerirá de paciencia, conocimientos, liderazgo y un ojo atento a los detalles. Puede ser útil para las operaciones del envasado con el fin de incrementar la productividad y reducir costos. Esto se logrará a través de la determinación del rendimiento de fabricación vigente (inicial) y las oportunidades para mejorar. La eficacia global del equipo (OEE, por *overall equipment efficiency*) permitirá comparar el rendimiento actual en la fabricación de desinfectantes con el rendimiento de la competencia.

El apoyo de la gerencia general para instalar TPM en la fabricación de productos de limpieza en general se podrá obtener con la información correcta y un enfoque que reúna sus criterios de aceptación. Los requerimientos pueden ser planes específicos para el retorno de la inversión, mejoramientos en el rendimiento u otras justificaciones económicas. El proceso del TPM exigirá una inversión razonable de tiempo, dinero y capacitación. En general, esta inversión se recupera a través de los resultados favorables logrados.

La convicción que tiene cada uno de los trabajadores del área, indistintamente del puesto y la actividad que desempeñan traerá beneficios prácticos al TPM (véase tabla XVI) en justificación al tiempo y esfuerzos invertidos. Las ganancias financieras superarán la inversión inicial por un factor de 2 a 4. Por lo tanto, se debe recordar que el TPM es un enfoque práctico para la optimización y el incremento de la fabricación de productos de limpieza, que ofrece a laboratorios Zelsa S.A. un método lógico para mejorar y renovar en forma continua la eficiencia de sus operaciones.

Tabla XVI. Beneficios primarios del TPM

Mejor ambiente laboral	Menores problemas de calidad causados por equipos
Mejoramientos en la seguridad	Mejores habilidades del personal
Mayor integración del personal	Alto retorno de la inversión
Menor tiempo de recambio y montaje	Mejor velocidad de equipo
Menores costos de mantenimiento	Capacidad de expansión
Menor tiempo improductivo relacionado con mantenimiento	Seguridad laboral

Fuente. Investigación de campo

2.4.1 Detección de necesidades de capacitación

La competencia actual y en el futuro previsible es global. Solo si se establece un proceso para satisfacer y superar las expectativas de los clientes se puede aspirar a un futuro seguro. Las empresas nacionales deben esforzarse por ser las mejores mediante la perfección y la renovación constante de sus logros. Estos objetivos se pueden alcanzar con el uso del TPM y la capacitación inherente del personal buscando el mejoramiento continuo.

Muchos de los programas que incluye la capacitación TPM, inician solamente para capacitar y concluyen ayudando al desarrollo y aumentando potencial a la capacidad como empleado directo. Dentro de estos múltiples beneficios se encuentran:

- Conduce a rentabilidad más alta y a actitudes más positivas
- Ayuda al personal a identificarse con los objetivos de la organización
- Se agiliza la toma de decisiones y la solución de problemas
- Incrementa la productividad y calidad del trabajo
- Permite el logro de metas individuales
- Ayuda a mantener bajos los costos eliminando servicios de consultores externos

El costo de la capacitación y desarrollo es sumamente alto, cuando se considera en términos globales. Para obtener un rendimiento máximo de esta inversión, los esfuerzos deben concentrarse en el personal y los campos de máximo atractivo. La evaluación de necesidades permite establecer un diagnóstico de los problemas actuales y de los desafíos ambientales que es necesario enfrentar mediante el desarrollo a largo plazo.

Los cambios en el ambiente externo, pueden convertirse en fuentes de nuevos desafíos. El cambio estratégico respecto a la administración del mantenimiento puede crear una necesidad de capacitación. Aunque la capacitación no debe utilizarse siempre como respuesta automática a los problemas, las tendencias indeseables en cualquier sentido pueden ser indicio de una fuerza de trabajo con una pobre preparación. Independientemente de estos desafíos, la evaluación de necesidades debe tener en cuenta a cada miembro del personal.

Las necesidades individuales del personal pueden ser detectadas por el mismo proceso de fabricación de los productos de limpieza medido a través de la calidad de dichos productos. Las solicitudes de capacitación gozan garantía de adaptabilidad a las necesidades de los trabajadores.

2.4.2 Factores que provocan anomalías

Son diversos los factores que provocan alteraciones dentro del entorno de trabajo durante la fabricación de productos de limpieza. Las anomalías pueden deberse a:

- Montaje y ajustes
- Fallas
- Interrupciones inútiles y menores
- Velocidad reducida

El equipo utilizado no necesita con frecuencia tiempo de calentamiento, corridas de prueba antes del inicio de la producción o validaciones. Esto representa pérdidas de productividad que reducen los rendimientos de

productos. En realidad, pocas empresas las ven como una pérdida o aun intentan restarle importancia. Estas circunstancias limitan el buen rendimiento del equipo en la instalación y, después de alcanzan una producción estable, se determina esta falla de rendimiento.

Las fallas de montaje y ajustes, no se pueden evitar con facilidad en procesos donde el equipo se deba de montar o cambiar para diferentes productos o presentaciones, pero si se pueden reducir en considerable cantidad. Debido a que estas fallas son variables, se tiene la posibilidad de reducirlas, lo que trae consigo más tiempo productivo.

Otras fallas son las del equipo o averías (tiempo improductivo no planificado), en general representan otra parte importante de perdidas en el equipo. Por lo regular genera frustración por parte de los colaboradores del área, debido a su naturaleza esporádica e incluso crónica. Con frecuencia representan una sola una reparación menor, que es difícil de manera durante el funcionamiento. Aun problemas menores pueden tener consecuencias catastróficas cuando ocurren durante la producción normal. Esto es una concesión muy costosa e inaceptable bajo una instalación de TPM. Las fallas por interrupciones inútiles y menores pertenecen suceden con el equipo funcionando, pero el producto no se esta procesando; ocasionando con esto bloqueos, atascos o descomposturas las cuales no se deben subestimar por el impacto de estos problemas.

La velocidad reducida sucede con frecuencia en los equipos al no darles el mantenimiento adecuado, por estar ya desgastados o sucios. En innumerables ocasiones estas fallas se mantienen en el proceso de producción desde la fase inicial de depuración de errores y puesta en marchar del equipo. A menudo un

mecanismo defectuoso o una falla de diseño pueden ocasionar las fallas de pérdida de velocidad.

2.4.3 Costos actuales de mantenimiento

Los costos de mantenimiento en términos contables son las cantidades monetarias que se desembolsan en actividades o serie de trabajos que se ejecutan en algún equipo, planta o método a fin de conservarlo y garantizar el servicio para el que fue diseñado. Los costos se dividen en directos e indirectos según sea el gasto.

COSTOS DIRECTOS. Representan servicios pagados por aplicarle mantenimiento a determinado equipo y maquinaria, son evaluados durante determinado período de tiempo. (Ver figura 11)

Figura 11. Resumen de los costos directos de mantenimiento

Laboratorios Zelsa S.A.
Departamento de Mantenimiento

Inicio: Jul-05
Fin: Dic-05

Costos directos de Mantenimiento

RESUMEN

Mano de Obra directa	Q6,450
Repuestos y accesorios	Q17,741
Herramientas	Q2,160
Gastos de servicio	Q1,636

TOTAL **Q27,987**

Fuente. Laboratorios ZELSA S.A.

Figura 12. Resumen de los costos indirectos de mantenimiento

Q29,494

73

3. PROPUESTA DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE MANUFACTURA II (MRPII, *MANUFACTURING RESOURCE PLANNING II*) PARA EL MANEJO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

3.1 Descripción del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*)

3.1.1 Beneficios del sistema

Los beneficios derivados de la utilización del sistema MRP II variarán y dependerán de la calidad del sistema antiguo en comparación con el nuevo en la cual incluirá de forma decisiva en el grado de cumplimiento de los factores mencionados. De las aplicaciones realizadas con éxito se deducen, entre otros los siguientes beneficios:

- Disminución en inventarios
- Reducción de tiempos ociosos
- Disminución de la subcontratación
- Incremento de la productividad
- Modificación del plan maestro de producción

Disminución en inventarios. Debido a que los inventarios de repuestos son recursos almacenados que se utilizan para suplir necesidades de mantenimiento a corto y mediano plazo, la implantación del nuevo sistema conlleva a la disminución de los costos totales sujeto a las restricciones de satisfacer las necesidades. El sistema MPR II logra adoptar un método de

valuación para planificar de una forma eficiente los pedidos de repuestos cubriendo cambios no previstos.

Reducción de tiempos ociosos. Se logra con la disminución del tiempo de preparación o de cambio de herramientas, evitando con ello la producción en series largas, logrando de tal forma disminuir los inventarios y haciendo más fluido el traspaso de los insumos y productos en proceso.

Incremento de la productividad. Al utilizar de forma más eficiente los recursos disponibles y generar la cantidad menor de desperdicio por unidad de insumo al aplicar los trabajos de mantenimiento, para que con esto se obtengan niveles más altos en la producción y niveles fijos de insumos.

Modificación del plan maestro de producción. Sucede al presentarse cambios no previstos en la demanda. Las modificaciones al plan maestro de producción contribuyen a la mejora en la disponibilidad de las máquinas e instalaciones en su máxima capacidad de producción, cumplimentando los objetivos en materia de calidad, al menor coste y con el mayor grado de seguridad para el personal que opera las mismas.

Disminución de la subcontratación. Las reparaciones externas actualmente representa el 18% del costo de manteniendo, el subcontratar diversas actividades a otras empresas permite el desuso de sus propias capacidades a la empresa. En estos casos, se pierde contacto con las actividades y pericia que a la larga determinan y contribuyen a su éxito. El buen manejo de la información permite que la empresa concentre sus recursos en realizar internamente las actividades que puede desempeñar mejor que los externos y lo tienen directamente bajo su control.

3.1.2 Factores a considerar en la aplicación del sistema MRPII

En la actualidad son varias las empresas guatemaltecas que recientemente se han propuesto instalar un sistema MRP II, sin embargo pocas de ellas lo han alcanzado con éxito. Debido a esto puede deducirse que la mayor parte han sido debido a una serie de factores relacionados con la puesta en marcha, así como a un conjunto de prerequisites necesarios para un buen funcionamiento del sistema. Dentro de los factores podemos mencionar los siguientes:

Exactitud en los datos de entrada. Tanto el programa maestro de producción, como la lista de materiales y el registro de inventarios deben responder a la realidad y mantenerse al día.

Veracidad de la información. El programa maestro debe ser realista en tres sentidos., pues su ejecución va a depender de la disponibilidad de materiales, de tiempo y de capacidad de recursos. La falta de componentes suele ser un síntoma de la existencia de problemas en algunos de los siguientes procesos: planificación de inventarios (cobertura insuficiente de las necesidades netas o tiempo de suministro real superior al previsto), compras (retrasos, calidad) y fabricación (defectos retrasos, falta temporal de capacidad).

La lista de materiales que genera la explosión de necesidades debe responder la estructura del producto reflejando cualquier cambio realizable al mismo. En cuanto al registro de inventarios, es necesario tomar consideraciones acerca de los ficheros existentes, pues suelen estar adaptados a su utilización directa por el ordenador, el cual no debe de aceptar los errores existentes.

Apoyo de la gerencia. La cual debe ir más allá del apoyo verbal y pasivo de la aprobación del presupuesto. La gerencia debe participar y sentirse involucrada en el nuevo método, el cual requiere a veces importantes cambios en la forma de actuar dentro de la empresa. Un signo del apoyo marcado es prioridad dada por el proyecto. Si ésta condición no se da, el sistema está abocado al fracaso.

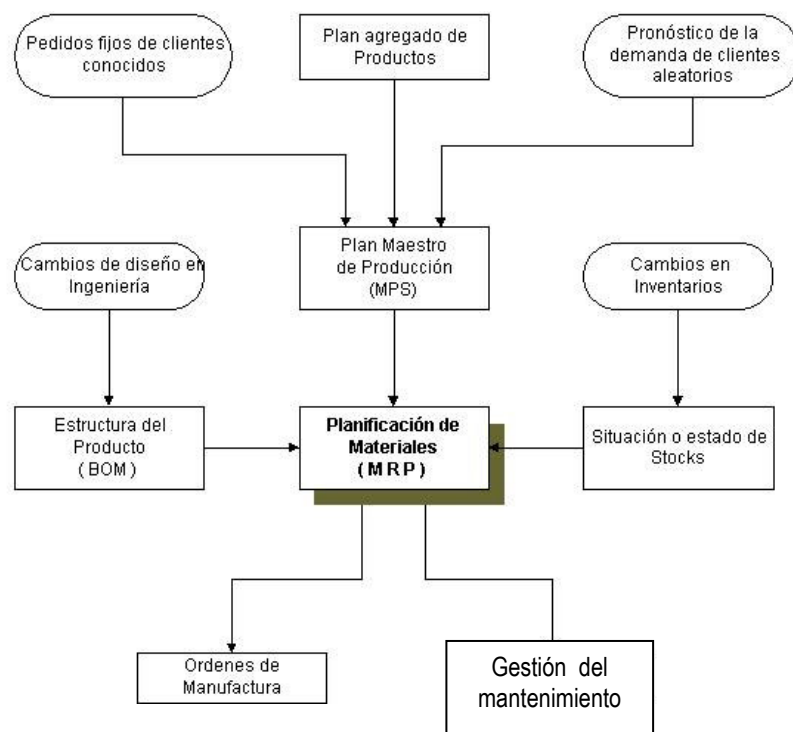
Formación adecuada. La buena implementación del sistema está directamente relacionada con el grado de conocimiento y comprensión acerca del mismo sistema existente dentro de la empresa. Si bien al principio es suficiente involucrar en este tema algunos puestos claves, el proceso educativo deberá ampliarse cada vez a más niveles dentro de los usuarios del MRP II, deberá ser conocido y aceptado no sólo por el departamento mantenimiento, sino por el resto de los departamentos que tengan alguna relación con él, especialmente cuando el sistema se amplíe en forma que estos puedan utilizar sus salidas para mejorar sus funciones.

Equipo de trabajo. Dirigido por el jefe de proyecto, quien es el responsable de la puesta en marcha. Con el jefe, debe participar como mínimo un analista de software y un especialista en gestión y control de mantenimiento. Además, aunque sólo a tiempo parcial, deberá intervenir personal de fabricación y de compras.

3.2 Diagrama de proceso del sistema propuesto

El sistema propuesto esta conformado por tres ficheros básicos de un sistema MRP II: El plan maestro de producción, la explosión de materiales y los inventarios, que funcionan con la información que cada uno de ellos se recibe, almacena y transmite. El plan maestro de producción recibe los pedidos y, en base a la demanda de los clientes fijos y los pronósticos de la demanda de clientes aleatorios se determina las necesidades de producción. Este ciclo se modifica de acuerdo a la factibilidad de los programas emitidos por el MRP II, la figura siguiente detalla el diagrama de proceso del sistema propuesto.

Figura 13. Diagrama de proceso del sistema propuesto



Fuente. **Investigación de campo**

3.3 Comparación del sistema actual con el sistema propuesto

Al realizar una comparación entre las actividades principales del sistema actual y el sistema propuesto se obtiene un enfoque más efectivo, sensible y disciplinado pues se determinan los requerimientos de sistema MRP II. (Ver tabla XVII)

Tabla XVI. Beneficios del sistema propuesto y el sistema actual

Actividad	Sistema Actual	MRP II
Tipo de demanda	Independiente (aleatoria).	Dependencia (predeterminada).
Determinación de la demanda.	Previsión estadística en base a la demanda histórica.	Explosión de las necesidades en base al Plan Maestro de Producción.
Tipo de artículos	Finales y piezas de repuesto.	Partes y componentes.
Base de los pedidos	Reposición	Necesidades
<i>Stocks</i> de seguridad	Necesario para paliar la aleatoriedad de la demanda.	Tiende a desaparecer salvo en los productos finales.
Objetivos directos	Satisfacción del cliente.	Satisfacción de las necesidades de producción.

Fuente. **Investigación de campo**

3.4 Propuesta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*) en el proceso de fabricación de productos de limpieza

A medida que los equipos son más complejos, las consecuencias del tiempo improductivo son mas graves. La principal preocupación es la seguridad de los empleados que están cerca de una avería. Asimismo, una avería repentina puede provocar un daño importante a la maquina y el costo de reemplazo es alto. El sistema informático propuesto *Manufacturing Resource Planning*, MRP II, tiene como función la planificación, programación y conclusión sistemáticas de un esquema de trabajo de mantenimiento necesario para asegurar la máxima disponibilidad de los equipos y las instalaciones, prolongar la vida útil de los bienes de capital y reducir los costos del ciclo de vida

Para garantizar su funcionalidad es necesario establecer dentro del sistema el programa maestro de mantenimiento, el cual establece el tipo de mantenimiento a realizar, como las fechas de su aplicación, al igual que las fases necesarias para realizar los diferentes tipos de mantenimiento y, por tanto, cuáles y cuántos son los componentes que lo integran, sus interrelaciones, y las estructuras de las rutinas de mantenimiento.

Los sistemas MRP II significan un gran avance hacia la integración en la fabricación de productos de limpieza, sucesivos desarrollos han ido integrando otras actividades, acoplando áreas de la empresa en función de las características de esta y de las necesidades del software que se emplee.

Los reportes de control generados por el sistema MRP II, muestran tendencias de los índices de control en periodos largos. Las tendencias brindan a la administración y la supervisión más perspectiva en el tiempo, el programar las revisiones de tendencias como parte de las reuniones de planificación semanales, regulares, convierte al TPM administrado por el sistema MRPII en un parte integral de la actividad diaria del departamento de mantenimiento.

3.4.1 Consideraciones del Mantenimiento Productivo Total (TPM) propuesto

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

La naturaleza dinámica de las operaciones en la fabricación de productos de limpieza y el desafío continuo de mantener bajos los costos determinan que procesos del TPM son cada vez mas necesarios si se pretende que el negocio tenga éxito. El procedimiento del TPM comprende dos etapas principales, la primera consiste en establecer un punto de partida y en la segunda, se compara con el punto de partida para medir las tendencias de mejoramiento.

Etapas 1. El punto de partida. El principio de medición y control es uno de los principios fundamentales del TPM. Para controlar una actividad, esta debe medirse contra algún patrón. En la administración del TPM, ese patrón es el cuerpo de conocimientos sobre cuales son las características de un programa superior, adquiridos durante décadas de experimentación y experiencia practica

en la administración del TPM. Se examina el sistema de planificación, programación y control del TPM siendo calificados en términos de conjunto los factores de éxito. Los resultados se convierten en una medición cuantitativa del estado del sistema en cualquier punto del tiempo

Etapas 2. Evaluación y comparación con el punto de partida. Una medición no es suficiente para permanecer en una situación en constante cambio. Las condiciones varían a medida que pasa el tiempo. Las prioridades se modifican y deben evaluarse otra vez. La primera evaluación regularmente halla la falta de controles administrativos. Debe de establecerse la generación de informes de tiempos mejorados, una función del planificador, un método del TPM y estándares de tiempo. Se deben de implementar informes diarios o semanales regulares para incrementar el control de supervisión autónoma del TPM, dichos informes deben ser eficaces para el control día por día.

3.4.1.1 Premisas de base en la implementación

Las premisas de base son los cimientos sobre los que se debe construir el sistema TPM. Estos incluyen los siguientes elementos:

- Valores y principios
- Propósito estratégico
- Responsabilidad recíproca

Los valores y principios. Son aquellas creencias profundas que el individuo considera importante. La palabra valor deriva del latín *valere*, que significa "ser fuerte, vigoroso, potente", es todo aquello que es digno de mérito y respeto. Los valores son permanentes y moldean los sentimientos, conducta y comportamiento de la persona. Estos valores determinan las prioridades

conque la empresa decide sus acciones. Los valores en los que se apoya el TPM son:

- Respeto por el individuo
- Respeto por el medio ambiente de trabajo y
- Aprecio por los recursos disponibles de la empresa

Propósito estratégico. Son ambiciones a las que aspira la organización. Proviene de la palabra latina *proponere* "declarar". Los expertos *Prahalad* y *Hamel* consideran que "el propósito estratégico tiene presente la visión de como debe ser la posición de liderazgo deseada de la empresa y establece criterios que la organización utilizará para establecer el camino y las pautas de su progreso". El propósito estratégico es un reto que la dirección promueve dentro de la organización para generar espíritu de "esfuerzo" dirigido. El propósito estratégico es más que una ambición, numerosas compañías poseen un propósito estratégico ambicioso y sin embargo no alcanzan sus objetivos. Este concepto debe abarcar también un proceso activo de dirección que:

- Centre su atención de la empresa en la idea profunda del triunfo; motivar al personal mediante la comunicación del valor del objetivo; dejar espacio para las aportaciones individuales y de equipos; mantener entusiasmo proporcionando nuevas definiciones operativas a medida que cambian las circunstancias
- Debe ser estable a lo largo del tiempo. El propósito estratégico debe brindar coherencia a las acciones a corto plazo
- El propósito estratégico fija unos objetivos que merecen el esfuerzo y el compromiso del personal. Se trata de crear una fuerza interna que permita lograr coherencia de todas las actividades que se desarrollan en la empresa

- Crear una sensación de urgencia. Esto muestra al interior de la organización la necesidad de crear un ambiente de mejora y proporcionar a los empleados la capacidad y conocimiento necesario para que puedan trabajar eficazmente.

Responsabilidad recíproca. El reto de mejorar la organización debe comprometer a los empleados "intelectual y emocionalmente" en el desarrollo e innovación de su capacidad profesional. El reto de mejorar la empresa y el sistema productivo solamente se arraigará, si la dirección de la empresa y los trabajadores de los diferentes niveles sienten una responsabilidad recíproca por la competitividad. Responsabilidad recíproca significa esfuerzo compartido y crecimiento compartido. Tanto la dirección como los trabajadores deben comprometerse para transformar la organización en forma recíproca, por que, en definitiva, la competitividad depende del ritmo al que la empresa incorpora nuevas ventajas dentro de la organización, no de sus ventajas en un momento dado.

3.4.1.2 Gestión del conocimiento necesario

La gestión del conocimiento pretende que la empresa desarrolle una alta capacidad de adaptación y de institucionalizar el cambio. Hace que la empresa descubra o identifique sus fuerzas o capacidades internas para desarrollarlas a medida que las condiciones del entorno cambian. Recientemente las organizaciones industriales y de servicios se han venido preocupando por el proceso de creación, conservación, distribución y utilización del conocimiento como una forma de lograr transformaciones efectivas y fortalecer sus posiciones en mercados cada vez más complejos. En el actual ambiente dinámico, los movimientos tecnológicos, políticos y cambios en las condiciones de mercados generan condiciones de incertidumbre. Dentro de este escenario,

numerosas empresas están construyendo capacidades de aprendizaje y creación de conocimiento en toda la empresa.

TPM y la fábrica inteligente. El TPM se apoya fuertemente en el proceso de aprendizaje dentro de las fábricas. Cada uno de los procesos fundamentales cuenta con mecanismos para conservar el conocimiento y de aprendizaje. Las etapas básicas del TPM se apoyan en el registro y conservación de la experiencia adquirida por los trabajadores en el cuidado y conservación de los equipos. Cada reparación e inspección de un equipo se constituye en un proceso de generación de conocimiento. Sin embargo, es frecuente en las empresas industriales observar que este conocimiento se pierde por la falta de registros de información. En otras empresas el "dato" existe pero este no genera información por falta de interpretación. Si no existe información, no existirá la posibilidad de generarse conocimiento. El TPM requiere realizar un plan de formación y de obtención de conocimiento. El TPM aporta metodología para aprender a partir de los análisis de averías y fallos. Las enseñanzas de cada evento se conservan y transfiere a los demás integrantes de la fábrica evitando su repetición en el futuro, siendo este uno de los mecanismos de un correcto mantenimiento planificado. Algunos de los medios empleados por el TPM para la conservación y generación de conocimiento son:

- **Aprendizaje a través del análisis y solución de averías.** El aprendizaje empieza con individuos a los que se les ha concedido poder para identificar y resolver problemas independientemente ya que estos poseen un claro sentido de los objetivos de la fábrica
- **Compartir el conocimiento a través de lecciones sobre un punto o "One Point Lesson".** Esta clase de procedimientos se emplea para recoger el conocimiento generado en la empresa en cada una de las actividades cotidianas. se trata que cada empleado "tenga algo que

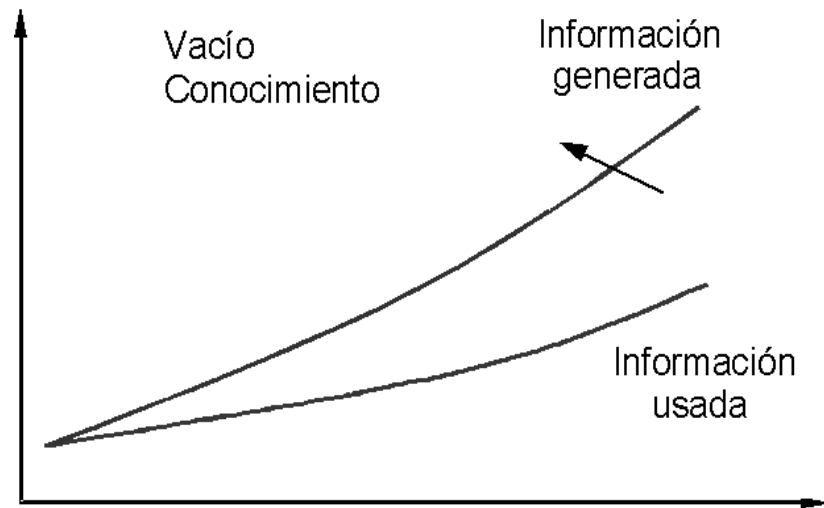
enseñar a sus compañeros". El JIPM ofrece una metodología muy desarrollada sobre la forma de realizar este tipo de lecciones, estrategias de utilización en cada pilar TPM y medios de motivación para que el trabajador participe activamente en su realización

Formación intensa. La capacitación, el desarrollo de la persona y la aplicación del conocimiento adquirido son las bases fundamentales del proceso de transformación de la organización. Dentro del TPM existen numerosas posibilidades para desarrollar modelos de formación. Algunas de las posibilidades para el aprendizaje en un proceso TPM son:

- Reflexión permanente sobre el grado de avance del MPT a través de auditorias de progreso
- Sesiones de diálogo y encuentros para compartir experiencias adquiridas
- Implantación del TPM a través de líneas piloto. Cada experiencia piloto es monitoreada en profundidad para identificar la mayor cantidad de conocimiento en su avance.

Importancia del conocimiento. El conocimiento en mantenimiento debe ser la próxima frontera o desafío de los jefes y directores de mantenimiento en la empresa. Debido al avance en la tecnología de los equipos y sistemas informáticos, las empresas requieren un mayor nivel de formación del personal técnico y directivo. La figura 15 muestra la información usada y generada en la gestión del conocimiento.

Figura 14. Información usada y generada en la gestión del conocimiento



Fuente. **Instituto Internacional del TPM**

El vacío de conocimiento que existe en la función de mantenimiento se debe principalmente a las siguientes causas:

- Inexistencia de una fuerte cultura de escribir y conservar el conocimiento
- La falta de validación a una avería puede ser una fuente de conocimiento y que se debe capitalizar esta experiencia mediante el registro de causas, fenómenos y acciones tomadas
- Las estadísticas no son entendidas como herramientas de diagnóstico. Prevalece la experiencia y la habilidad técnica
- La dirección de la empresa no le da la importancia y no estimula el trabajo con datos
- Las técnicas de fiabilidad pueden tener algún grado de dificultad para el profesional de mantenimiento con poca práctica en estadística industrial

Estos problemas deben ser resueltos por los responsables de mantenimiento y en la mayoría de los casos se requiere una sensibilización

sobre la necesidad de trabajar con datos y a la importancia de estos. Es recomendable dentro de los programas de formación técnica incorporar acciones de formación orientadas a mejorar el nivel de conocimiento en estadística industrial de los técnicos de mantenimiento. Es posible que no se requieran conocimientos profundos matemáticos, ya que los tediosos cálculos se pueden realizar con programas especializados. Lo importante es poner en práctica los conceptos y que la toma de decisiones se haga con un fundamento de conocimiento existente en los datos.

3.4.1.3 Procesos fundamentales (pilares) en la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Los procesos fundamentales han sido llamados por el *JIPM* como "pilares". Estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados por el JIPM como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son:

Mejoras enfocadas o *Kobetsu Kaizen*. Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e interfuncionales que emplean metodologías específicas y centran su atención en la eliminación de cualquiera de las 16 pérdidas existentes en las plantas industriales.

Mantenimiento Autónomo o *Jishu Hozen*. Una de las actividades del sistema TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este es uno de los procesos de mayor impacto en la mejora de

la productividad. Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipamiento a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden.

El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipamiento, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

Mantenimiento planificado. El objetivo del mantenimiento planificado es el de eliminar los problemas del equipamiento a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

El mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. El JIPM le ha dado a este pilar el nombre de "Mantenimiento Planificado". Algunas empresas utilizan el nombre de Mantenimiento Preventivo o Mantenimiento Programado. En este servidor hemos considerado que el término Mantenimiento Progresivo puede comunicar mejor el Propósito de este pilar, que consiste en la necesidad de

avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial.

Mantenimiento de Calidad o *Hinshitsu Hozen*. Esta clase de mantenimiento tiene como Propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto. Frecuentemente se entiende en el entorno industrial que los equipos producen problemas cuando fallan y se detienen, sin embargo, se pueden presentar averías que no detienen el funcionamiento del equipo pero producen pérdidas debido al cambio de las características de calidad del producto final. El mantenimiento de calidad es una clase de mantenimiento preventivo orientado al cuidado de las condiciones del producto resultante.

Gestión temprana de equipos. Son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costes de mantenimiento durante su explotación. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que posee, con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías desde el mismo momento en que se negocia un nuevo equipo. Las técnicas de prevención de mantenimiento se fundamentan en la teoría de la fiabilidad, esto exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.

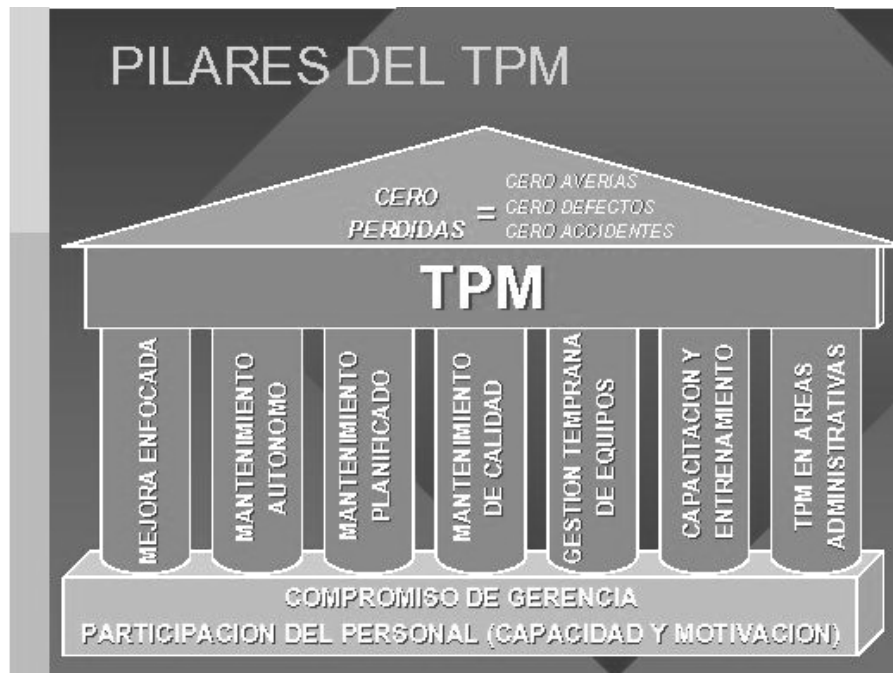
Capacitación y entrenamiento. Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo. El

TPM requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

- Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos
- Comprender el funcionamiento de los equipos
- Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto
- Poder de analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos
- Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros
- Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

Relación entre pilares. Los procesos fundamentales o "pilares" del TPM se deben combinar durante el proceso de implantación. Debe existir una cierta lógica para la implantación del TPM en la empresa y esta dependerá del grado de desarrollo que la compañía posea en su función productiva y de mantenimiento en relación a cada uno de los procesos fundamentales.

Figura 15. Relación entre pilares del TPM



Fuente. **Instituto Internacional del TPM**

3.4.2 Entradas en el sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*)

La exactitud de los datos de entrada al implementarse el sistema MRP II, asegura el éxito en la administración del mantenimiento. A continuación se describen los principales ingresos y los elementos auxiliares del sistema MRP II para interpretarlos

3.4.2.1 Definición del programa maestro de mantenimiento

El programa o plan maestro de mantenimiento, establece la base de las necesidades y las predicciones de mantenimiento, que equipo es al cual debe de aplicársele servicio y en qué plazos debe ser llevado a cabo. Contiene los cambios programados y las fechas en que han de ser hechos. La carga de trabajo se compara con las disponibilidades, capacidades globales, y se determinan las diferencias, las cuales comprenden no solo una cuantía sino también una posición temporal. En el caso de que las diferencias sean insignificantes el plan es factible; en caso contrario, es preciso proceder a la modificación del plan tentativo hasta lograr la factibilidad. Los procedimientos utilizados para la modificación del plan cubren un amplio espectro, desde los automáticos, basados en la programación matemática, hasta los manuales prueba y error. En general, un planificador entrenado, mediante la ayuda de un sistema informático como lo es el MRP II, puede obtener buenos resultados como se ve frecuentemente en la práctica.

Como se ha indicado, el plan maestro de mantenimiento considera las cantidades y fechas en que deben estar disponibles los inventarios de repuestos. Al plan maestro de mantenimiento sólo le conciernen las piezas y componentes sujetos a demanda externa a la unidad productiva.

El otro aspecto básico del plan maestro de mantenimiento es el calendario de fechas que indica cuando tienen que ser realizados los servicios. Para ello es necesario visualizar el horizonte de tiempo que se presenta ante la empresa en intervalos de duración reducida que se tratan como unidades de tiempo. Habitualmente se ha propuesto el empleo de la semana laboral como unidad de tiempo natural para el plan maestro. Pero debe tenerse en cuenta que todo el sistema de programación y control responde a dicho intervalo una vez fijado, siendo indistinguible para el sistema la secuencia en el tiempo de los sucesos que ocurran durante la semana. Debido a ello, se debe ser muy cuidadoso en la elección de este intervalo básico, debiendo existir otro subsistema que ordene y controle las rutinas de mantenimiento en la empresa durante dicho intervalo.

En definitiva, la decisión del intervalo básico de programación es una decisión fundamental de la que puede depender el éxito en la implantación de un sistema de las características descritas. Parece deseable iniciar la implantación con intervalos más amplios e ir reduciendo la duración de los mismos en consonancia con la adaptación de la producción real a los programas resultantes, sin reducir el intervalo final que se empleará establemente a duraciones muy pequeñas. La tendencia es crear programas de mantenimiento muy estables para eliminar al máximo las modificaciones y ordenes inoportunas. Cuanto más estable sea el programa maestro, más sencillo será reducir el intervalo básico de programación. En el caso límite se obtendría un programa de mantenimiento igual para todos los intervalos por lo

que no se presentarían grandes dificultades para descender al día laboral como intervalo de programación.

La función del plan maestro de mantenimiento suele compararse dentro del sistema básico de programación y control de la producción con respecto a los otros elementos del mismo, todo el sistema tiene como finalidad adecuar la producción en la fábrica. Una vez fijado este, el cometido del resto del sistema es su cumplimiento y ejecución con el máximo de eficiencia.

Existen factores clave para el éxito de un plan de Mantenimiento, entre las que se encuentran las siguientes:

- Compromiso e Implicación de la dirección en la implantación del plan maestro de mantenimiento.
- Optimización de la gestión de recursos y servicios
- Actualización de la programación de mantenimiento respecto a la maquinaria adquirida o por adquirirse.
- Realizar las correcciones al programa inicial de mantenimiento si se presentan circunstancias no planificadas.

Por ultimo es muy importante mencionar que para elaborar el programa maestro de mantenimiento se considere los tipos de mantenimiento preventivo y predictivo, así mismo considerar las interrogantes sobre ¿Qué tipo de mantenimiento debe realizarse?, y ¿cuándo debe realizarse dicho mantenimiento?

3.4.2.2 Elaboración de la lista de materiales

Desde el punto de vista del control del mantenimiento, interesa la especificación detallada de los componentes que intervienen en el conjunto final, mostrando las sucesivas etapas. La estructura de aplicación del mantenimiento es la lista precisa y completa de todos los materiales y componentes que se requieren para realizarlo.

Las listas deben de poseer un orden específico para facilitar las previsiones que se realicen sobre la introducción de nuevas opciones o mejoras en los trabajos finales que intervienen en el programa maestro de mantenimiento. El tipo de uso aplicado a la maquinaria en una empresa suele variar continuamente, por la sustitución, eliminación, incorporación y ampliación de la gama de productos mediante la introducción de nuevas opciones a los ya existentes. En cualquier caso, deben mantenerse listas de materiales o repuestos con el fin de facilitar la programación indicada por el plan final de montaje, tanto cuando la producción se realiza en un entorno de fabricación sobre pedido como cuando existe una gran variedad de opciones.

Toda la información contenida en la lista de materiales debe mantenerse actualizada, incluyendo información sobre los plazos de mantenimiento para cada operación y los de aprovisionamiento en el caso de materiales o componentes que se adquieren a proveedores externos. La participación de los aspectos a componentes de procedencia exterior será más importante aquí, sobretodo si se desea tener una estabilidad razonable en los programas sucesivos establecidos a los proveedores. Asimismo permite la realización de reportes destinados para la estimación de costos de mantenimiento.

Se incluye también la información necesaria para modificar el programa de mantenimiento como contingencia al no disponer de todas las cantidades programadas de repuestas en las fechas previstas, o al realizar modificaciones en el diseño de los sistemas de proceso de envasado. Finalmente las listas de materiales constituyen el núcleo fundamental del sistema de información en el que se sustenta el sistema de programación y control del mantenimiento. Las mismas deben satisfacer de forma inmediata todas las necesidades del sistema, incluyendo entre, estas la de facilitar el conocimiento permanente y exacto de todos los materiales que se emplean en los trabajos de mantenimiento, los plazos de finalización y el control de las existencias.

3.4.2.3 Control de inventario de repuestos por medio del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*)

Dentro del contexto del sistema MRP II, la meta fundamental que hay que alcanzar es la de disponer del inventario necesario justo en el momento en que va a ser utilizado. El énfasis debe ponerse principalmente en la fecha de colocación del pedido que en la cantidad solicitada, lo cual hace que sea más necesaria una técnica de programación de inventarios; el objetivo básico, no es vigilar los niveles de inventario de repuestos como se hace en la gestión tradicional de mantenimiento, sino asegurar su disponibilidad en la cantidad, tiempo y lugar adecuados. En el modulo de control del inventario se puede visualizar la existencia de todos los repuestos y accesorios a través de un listado con sus respectivos códigos, series, cantidad de defectuosos, cantidad inicial y existencias. Su estructura trabaja a través de combinaciones de fórmulas proporcionadas por la Interrelación existentes con los otros módulos de la producción. La casilla “existencias” da a conocer la cantidad de producto

disponible en el momento de la consulta, al realizar modificaciones en el inventario, automáticamente se actualiza el archivo de consulta de inventario, de la casilla correspondientes a la cantidad inicial de consulta de inventario. A continuación se muestra la estructura de control en el sistema MRP II.

Figura 16. Módulo de control de inventario de repuestos

Módulo: Control de Piso

Programa: CTRLEINV

Usuario: PLANIFICACION

CONTROL DE INVENTARIO

DE REPUESTOS

Página: 010 de 012

Fecha: 10/09/2004

Hora: 03:11 PM

Compañía

7

Compañía No. 7

Fábrica

2

Planta No. 2

Proceso

12

Proceso No. 12

Fecha

01/10/2002

Turno

3

Turno Operativo Nocturno

Línea

4

LINEA 4

Jefe de Línea

7409

Nombres y Apellidos empleado No.7409

Etapa

1

Etapa No. 1

Hora	Producto	Descripción	Lote No.	Almac	Elow	Emp.	Persecul	Recibidos	Desca#	Rechazados	Mostran	Entregados
02:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	15	*****	2		250			
09:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	6	*****	2		100			
10:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	2	*****	2		120			
11:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	4	*****	2		60			
12:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	2	*****	2		125			
12:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	2	*****	2		145			
14:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	11	*****	2		128			
15:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	6	*****	2		102			
16:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	12	*****	2		210			
17:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	2	*****	2		125			
18:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	7	*****	2		124			
19:00	6062	PRODUCTO NO. 6062	2722914.	2	2	*****	2		112			
Total Etapa					102		96		1,677			
Total Línea:					102		96		1,677			

Línea

7

LINEA 7

Jefe de Línea

8607

Nombres y Apellidos empleado No.8607

Etapa

2

Etapa No. 2

Hora	Producto	Descripción	Lote No.	Almac	Elow	Emp.	Persecul	Recibidos	Desca#	Rechazados	Mostran	Entregados
02:00	4916	PRODUCTO NO. 4916	2712892.				10		15			
09:00	4916	PRODUCTO NO. 4916	2712892.				10		20			
10:00	4916	PRODUCTO NO. 4916	2712892.				10		25			
11:00	4916	PRODUCTO NO. 4916	2712892.				10		15			
12:00	4916	PRODUCTO NO. 4916	2712892.				10		27			
12:00	4916	PRODUCTO NO. 4916	2712892.				10		22			
14:00	4916	PRODUCTO NO. 4916	2712892.				10		12			
15:00	4916	PRODUCTO NO. 4916	2712892.				10		24			
16:00	4916	PRODUCTO NO. 4916	2712894.				10		24			

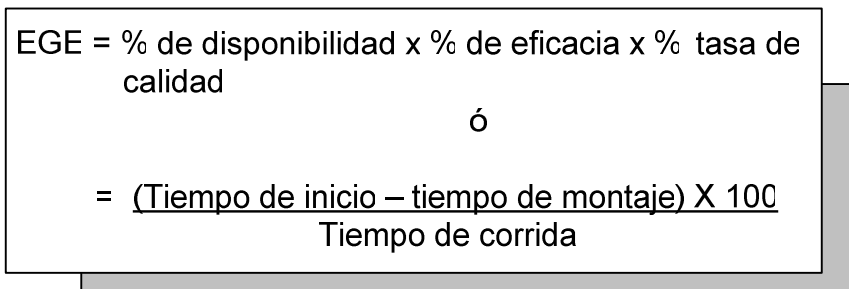
Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A.

3.4.2.4 Cálculo de la efectividad global del equipo (EGE)

El cálculo de este índice obedece a la necesidad de lograr que los equipos posean un comportamiento estable desde el punto de vista estadístico para poder establecer un plan de mantenimiento. El comportamiento de los fallos, permite hacer que el fallo sea "predecible" y que las acciones del TPM sean más económicas y eficaces. Un fallo es predecible cuando se origina se debe a causas de deterioro natural preferiblemente.

Si existe negligencia en su operación, sobrecarga, condiciones de funcionamiento deficiente, poca o ninguna limpieza, cualquier actividad de mantenimiento planificado no será eficaz y desde el punto de vista económico no se obtendrá el mejor beneficio de la intervención. El JIPM sugiere realizar este cálculo previo a iniciar un programa de mantenimiento planificado en un equipo para que este sea económico y eficaz. La siguiente figura muestra la forma de calcular la EGE.

Figura 17. Fórmula para calcular la Efectividad Global del Equipo (EGE)


$$\begin{aligned} \text{EGE} &= \% \text{ de disponibilidad} \times \% \text{ de eficacia} \times \% \text{ tasa de calidad} \\ &\quad \text{ó} \\ &= \frac{(\text{Tiempo de inicio} - \text{tiempo de montaje}) \times 100}{\text{Tiempo de corrida}} \end{aligned}$$

Fuente. **Instituto Internacional TPM**

Cuando se identifican todas las perdidas, la eficacia del equipo se calcula sobre una base progresiva. En la fabricación de desinfectantes y productos de limpieza el equipo esta en planta 24 horas por día. De este modo, el total de minutos disponible en 24 horas (1440) representa el tiempo potencial de producción para el equipo. Si la empresa elabora productos en dos turnos (de 8 horas cada uno), generalmente esto sucede en el último trimestre del año, el tiempo de producción disponible se reduce a 16 horas por día (960 minutos). Se debe restar otras perdidas de tiempo, como tiempo improductivo no planificado, reuniones, almuerzo, recesos o producción no programada. Luego se calcula el tiempo destinado a montajes, recambios y ajustes (70 minutos) y el tiempo de elaboración resultante (870 minutos), obteniendo finalmente la efectividad global del equipo. A continuación se presente el cálculo de la EGE en la elaboración de productos de limpieza.

Tabla XVIII. Cálculo de la Efectividad Global del Equipo (EGE)

INDICADOR	FÓRMULA	RESULTADO
EGE	$\frac{(\text{Tiempo de corrida} - \text{Tiempo de montaje}) \times 100}{\text{TIEMPO DE CORRIDA}}$	
EGE ZELSA	$\frac{(870 \text{ min.} - 70 \text{ min.}) \times 100}{870 \text{ min.}} =$	92.0 %

Fuente. Investigación de campo.

3.5 Beneficios alcanzables con la aplicación del sistema de planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*) y procedimientos del TPM

Los cambios y mejoramientos alcanzables por el sistema de planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*) y los procedimientos de TPM, se concentran en la planificación, la programación y el sistema de control de mantenimiento. Algunas de las fuentes importantes en estos alcances son las siguientes:

- Mayor productividad de la mano de obra
- Reducción del inventario y mayor disponibilidad de repuestos y accesorios
- Menores costos generales
- Reducción del tiempo improductivo
- Mejoramiento de la calidad y del rendimiento.

Cada fuente de mejoramiento exige enfoques ligeramente diferentes para implementar el cambio y lograr el mejoramiento real.

3.5.1 Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas

La mayoría de las plantas tienen capacidad de producción oculta y la de fabricación de productos de limpieza no es la excepción. Las perdidas ocultas suelen llegar al 25%, el 30% o más, siendo un problema potencial el despreciar dicha capacidad.

Para ellos existen formas de calcular la productividad en curso, determinar las ventajas del equipo y generar una medición bastante útil de posibles mejoramientos al identificar y eliminar perdidas como acciones correctivas.

La productividad real del equipo se mide por la productividad total efectiva del equipo TEEP (*Total effective equipment productivity*), dicha formula global incluye la utilización del equipo (UE). En la tabla siguiente se muestra el cálculo actual de la TEEP en la fabricación de productos de limpieza

TABLA XIX. Cálculo de la Productividad total Efectiva del Equipo TEEP

INDICADOR	FÓRMULA	RESULTADO
TEEP	$\frac{(\text{Tiempo Tot. Disp.} - \text{Tiempo improd. Plan.}) \times 100}{\text{Tiempo total disponible}}$	
TEEP ZELSA	$\frac{(1440 \text{ min.} - 570 \text{ min.}) \times 100}{1440 \text{ min.}} =$	60.4%

Fuente. Investigación de campo.

El resultado anterior establece que el porcentaje de utilización actual del equipo en la planta de *Ultra Cleaner* es del 60.4%.

3.5.2 Generación del sistema de mantenimiento autónomo para ser ejecutado por los operadores de los equipos

La ejecución del mantenimiento autónomo se realiza por un grupo de colaboradores que realizan trabajos de mantenimiento en un área determinada de forma independiente y son capacitados para identificar, seleccionar y analizar problemas y darle solución de forma inmediata. Esta clase de actividades no involucra el equipo productivo. Departamentos como planificación, desarrollo y administración no producen un valor directo al trabajo técnico y operativo, pero facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso funcione eficientemente, con los menores costes y la más alta calidad.

En la generación del sistema TPM, se toman en cuenta los principios de productividad óptima, medición y control, cantidad óptima del sistema, oportunidad y responsabilidad por la actividad garantizando la efectividad del mismo.

Productividad óptima. La productividad óptima se logra cuando cada colaborador tiene una actividad concreta por realizar, de una manera determinada y en un tiempo definido. El sistema MRP II facilita la implementación de este principio cuando se ingresa información para planificar, programar y ejecutar cada orden de trabajo, disponer de los materiales y solventar el volumen de trabajo acumulado.

Medición y control. Es esencial la medición de una actividad antes de que pueda existir un control eficaz. El personal designado almacena datos de medición del trabajo de los depósitos y proporciona un método rápido y preciso para aplicar tiempos estándar a cada orden de trabajo.

Cantidad óptima del sistema. La cantidad óptima del sistema es la designación del menor número de trabajadores que puede llevar a cabo un trabajo con un método bueno y representativo de manera segura. La aplicación del sistema MRP II agiliza el cálculo de las órdenes de trabajo estándar por trabajador.

Oportunidad. En el sistema MRP II se establecen puntos de control de la programación al ingresar la información, de manera que se detecten a tiempo posibles retrasos para adoptar acciones correctivas.

Responsabilidad de la actividad. El control eficaz de las órdenes de trabajo requiere que la administración asigne responsabilidades concretas para cada actividad durante los ingresos de las órdenes de trabajo. El control computarizado de la actividad comienza cuando el trabajador define el trabajo y culmina cuando se documenta la inspección de seguimiento del trabajo realizado.

3.5.3 Coordinación en la programación de producción e inventarios

Una coordinación efectiva de los programas de producción y la gestión de inventarios establecen los procesos básicos del volumen de información, permitiendo la normal ejecución del resto de las operaciones, como el establecimiento de controles de inventario para la toma de decisiones. De esta forma, se relaciona al equipo, los programas del sistema MRP II y las personas involucradas.

Tener un control de inventario al día y exacto permite que en cualquier momento se pueda obtener información para cuando se necesite tomar una

decisión, sin tener que esperar lo que provoca retraso en la planificación. Al detectar la existencia de faltantes con anticipación se minimizan costos, ya que se evita la pérdida de productos acumulados durante un período muy grande y la realización de órdenes de compra de forma muy precipitada. Asimismo se ahorra tiempo y dinero en la ejecución del trabajo, y se satisface la demanda para participar de manera óptima en el mercado.

El plan de producción de cada uno de los productos que han de ser fabricados, debe especificar las cantidades y fechas en que han de ser emitidas las órdenes de fabricación. Para calcular las cargas de trabajo de cada una de las secciones de la planta y posteriormente para establecer el programa detallado de fabricación. El plan de aprovisionamiento detalla las fechas y tamaños de los pedidos a proveedores para todas aquellas referencias que son adquiridas en el exterior. La explosión de las necesidades de fabricación no es más que el proceso por el cual las demandas externas correspondientes a los productos finales son traducidas en órdenes concretas de fabricación y aprovisionamiento para cada uno de los materiales que intervienen en el proceso productivo.

El plan de materiales y el programa de producción, son los indicativos de los pedidos de fabricación y de compras. Dichos planes forman parte de los denominados informes primarios. Los cuales constituyen una de las salidas del sistema MRP II. Los otros son los denominados informes secundarios o residuales y las transacciones de inventarios, los cuales sirven para actualizar el fichero de registro de inventarios en función de los datos obtenidos en el proceso del cálculo desarrollado por el sistema MRP II.

3.5.4 Disminución de los costos de planificación, desarrollo y ejecución del mantenimiento

Costos de planificación del mantenimiento. Una vez incorporados los estándares de trabajo, la planificación del mantenimiento asigna las horas estándar (o planificadas) a cada orden de trabajo de mantenimiento. Los estándares comparan los tiempos reales del trabajador con los tiempos estándar para una semana y se puede observar las tendencias del rendimiento. Dos factores son los que influyen en el éxito de la implementación de los estándares:

1. Alta cobertura del total de mano de obra-horas trabajadas y
2. Colocación del estándar en cada orden de trabajo para que la supervisión y los trabajadores lo visualicen

Costos de desarrollo del mantenimiento. Al estimar los costos que involucra el desarrollo del TPM, se pueden determinar de la siguiente manera. Al inicio de la implementación del TPM puede esperarse un aumento aproximado del 10-20% en capacitación y sobre 15% de incremento en los costos de mantenimiento durante los primeros veinticuatro meses (dos años), si se obtiene una cobertura de las áreas de trabajo del 10% durante los primeros doce meses (20% por el segundo año). Esta inversión disminuye significativamente si solo dos centros de maquinas o unidades son evaluados y monitoreados. Esto sucede si se desea una integración paulatina durante el primer año (de 1 a 3 evaluaciones), los costos de mantenimiento y de entrenamiento pueden disminuir y ser cubiertos con pequeños incrementos al presupuesto.

Una de las maneras para realizar los cálculos, es la medida de tomar equipo critico (podría ser 30-35% del proceso) a 85-90% de eficacia global del equipo (EGE). No es benéfico calcular EGE para una instalación completa pero si para el equipo o procesos claves (el cuello de botella o critico). Cerrando la brecha entre un nivel actual de 40% a un nivel deseado de 85-90% puede calcularse como la capacidad actual.

Costos de ejecución del mantenimiento

Los costos en la ejecución del mantenimiento se calculan a partir de la información que se obtenga en la auditoria del programa de mantenimiento. Cada categoría de ahorro se calcula y enumera por separado y se suman los totales parciales. Todos los totales parciales como mano de obra, gastos generales, materiales, tiempo improductivo, calidad y rendimiento se agregan ara mostrar los ahorros potenciales totales finales.

Al establecer los costos asociados con las fallas, el personal de planificación puede calcular el nivel óptimo de la actividad de mantenimiento desde el punto de vista teórico. El análisis, por supuesto, también requiere datos históricos precisos de los costos de mantenimiento, las probabilidades de avería y los tiempos de reparación. Los costos actuales en la ejecución del mantenimiento se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XX. Costos actuales en la ejecución del mantenimiento

TIPO	CANTIDAD	COSTO
Empleados por hora de mantenimiento	10	
Listado de sueldos y beneficios marginales promedio anuales		Q180,000
Productividad	60%	Q108,000
Gastos Generales		Q59,400
Inventario		Q225,000
Rotaciones de inventario	3	Q75,000
Costo de tiempo improductivo		Q38,610
Calidad y costo del rendimiento del trabajo repetido pos causas mecánicas		Q5,515
Trabajo repetido % de ingreso	6%	Q331
COSTO TOTAL ANUAL		Q691,856

Fuente: **Investigación de campo**

3.5.5 Incremento de la rapidez de entrega

Cuando no se ha alcanzado fiabilidad, ni mantenimiento autónomo, el personal de mantenimiento necesita buenos talleres de reparación. Agrandar o mejorar los talleres de reparación puede hacer que el sistema se ponga de nuevo en funcionamiento más rápidamente, incrementando su rapidez en la entrega de equipo, para ello deben de poseer las siguientes características:

- Personal altamente capacitado
- Recursos suficientes y disponibles
- Capacidad para establecer un plan de reparaciones y prioridades
- Capacidad y autoridad para hacer la planificación del material
- Capacidad para identificar la causa de las averías

- Capacidad para diseñar maneras para aumentar el tiempo medio entre averías

Sin embargo, no todas las reparaciones pueden hacerse en el taller de la empresa. Los encargados del departamento de mantenimiento deben decidir, por lo tanto, dónde deben llevarse a cabo. Consecuente con la potenciación de los empleados realicen el mantenimiento de su propio equipo. Por otra parte este tipo de reparación puede resultar el punto más débil en la cadena de reparación. No todos los empleados pueden ser formados en todos los aspectos de la reparación de los equipos.

Cualquiera de las políticas y técnicas de mantenimiento preventivo que elija la jefatura del departamento debe hacer hincapié en la importancia de que los empleados acepten la responsabilidad del mantenimiento. Otras dos técnicas que han demostrado ser beneficiosas para aumentar la rapidez de entrega en los sistemas de mantenimiento son:

- **Simulación.** Es una buena herramienta para evaluar el impacto de diferentes políticas de mantenimiento.
- **Sistemas de expertos.** Se utilizan sistemas de expertos para ayudar al personal a aislar y reparar diferentes fallos en la máquina y el equipo.

Finalmente, las compañías bajo el sistema TPM les dan a sus empleados la sensación de "propiedad de su equipo". Un equipo fiable y en buen estado no sólo proporciona una mayor utilización, sino que también mejora la calidad y la realización de lo programado.

3.5.6 Aumento de precisión en las órdenes de trabajo según las cantidades de insumos y mano de obra empleadas en la ejecución de las operaciones propias del mantenimiento

El supervisor de mantenimiento aprueba las solicitudes de las órdenes de trabajo y designa un planificador al transmitirle en forma automática la solicitud. Esta persona es un técnico en mantenimiento, capacitado y con experiencia, controla el trabajo en el lugar, completa la descripción del trabajo, las cantidades de insumos, verifica las prioridades, incorpora medidas de seguridad, materiales, herramientas, equipos, habilidades, tiempo y tamaño del equipo y designa a los trabajadores individuales en la fecha programada.

En cada etapa del proceso de planificación, la orden de trabajo incorpora más información. Cada orden de trabajo que se termina, se convierte en una nueva fuente de retroalimentación que proporciona elementos para aumentar la precisión de las mismas y el mejoramiento continuo de la planta. Para tener una mayor fidelidad en los resultados obtenidos del sistema, es necesario tener controles operacionales, tales como:

Solicitud de trabajo de mantenimiento: Este es el registro por medio del cual el personal de producción efectúa una solicitud de trabajo (M2: emergencia o correctivo M1: preventivo) al departamento de mantenimiento. El personal de mantenimiento informa del trabajo realizado en caso de mantenimiento de emergencia o correctivo con una orden de trabajo al sistema MRP II.

Orden de trabajo: Es el formato que contiene las diferentes tareas a ejecutar en cada máquina dependiendo la clase de mantenimiento eléctrico, mecánico o de lubricación y la rutina que se establece.

Descripción de la actividad. Cuando ocurre una falla en los equipos, el operador o cualquier miembro de la tripulación hace el aviso y la solicitud de trabajo de mantenimiento, trasladándolo al sistema MPR II y al departamento de mantenimiento. La persona designada se traslada a la máquina para evaluar la situación y define el tipo de mantenimiento aplicable. Luego se analiza y cuestiona al personal operativo de las maquinas cuales podrían ser las posibles causas del problema o falla. Localizado el problema se le da una solución temporal o definitiva, con el fin de restablecer el funcionamiento de la máquina en el menor tiempo posible. En el caso solución temporal se consulta con el jefe de mantenimiento para autorizarla.

Cuando está resuelto el problema, se espera que la máquina comience a trabajar para verificar que la reparación dio resultado. Se llena la orden de trabajo de mantenimiento indicando si la solución al problema fue temporal o definitiva. Se recoge la orden de trabajo de mantenimiento y se revisa lo siguiente:

- La información correspondiente a la máquina, fecha de inicio y finalización, hora de inicio y finalización, notas, persona que realizó la actividad y el oficio.
- Se realizan las notificaciones correspondientes, se liquida la orden y se cierra.

3.6 Planteamiento de un sistema de prevención del mantenimiento desde su diseño

El mantenimiento autónomo implica realizar inspecciones y hacer servicios rutinarios, conservando las instalaciones en buen estado. Estas actividades pretenden crear un sistema que encuentre fallos potenciales y haga cambios o reparaciones que eviten los mismos. También implica el diseño de sistemas técnicos y humanos que mantengan funcionando dentro de la tolerancia al proceso productivo; permite funcionar al sistema. El énfasis del mantenimiento autónomo estriba en el entendimiento del proceso trabajando sin interrupción.

Los fallos ocurren con diferentes tasas de recurrencia durante la vida del equipo. Esta tasa de fallos puede seguir diferentes distribuciones estadísticas. Para muchos productos existe inicialmente un alto porcentaje de fallos. Muchos de los fallos no son problemas del producto en sí, se debe al uso incorrecto. Una vez que el producto, máquina o proceso se estabilice, se puede establecer el diseño del tipo MTBF (tiempo promedio entre fallos).

El comportamiento de los fallos estable permite hacer que el fallo sea "predecible" y que las acciones de mantenimiento productivo total TPM sean más económicas y eficaces. Un fallo es predecible cuando obedece a causas de deterioro natural preferiblemente. Si existe negligencia en su operación, sobrecarga, condiciones de funcionamiento deficiente, poca o ninguna limpieza, cualquier actividad de mantenimiento planificado no será eficaz y desde el punto de vista económico no se obtendrá el mejor beneficio de la intervención. El JIPM y en concreto el *Dr. Nakajima* sugiere realizar dos actividades desde el diseño del programa de mantenimiento planificado en un equipo para que este sea económico y eficaz. Estas actividades son:

Etapla 1. Hacer "predecible" el MTBF

Propósitos

- Reducir la variabilidad de los intervalos de fallo.
- Eliminar deterioro acumulado.
- Hacer más predecible los tiempos potenciales en que se pueden presentar los fallos.

Acciones

- Desarrollar los pasos uno y dos de Mantenimiento Autónomo.
- Eliminar errores de operación, negligencias y limitaciones del personal.
- Mantener condiciones básicas de operación.

En esta etapa se pretende eliminar en forma radical el deterioro acumulado que posee el equipo y que interviene como causa en la pérdida de estabilidad del MTBF. Un plan de mantenimiento realizado sobre un equipo que no cuente con un MTBF estable, es poco económico y poco efectivo para prevenir los problemas de fallos. Con las acciones de esta etapa se busca que la fluctuación del MTBF sea en lo posible (teóricamente) debida al desgaste natural de los componentes del equipo. Al ser estable el MTBF el comportamiento de los fallos será predecible y el tiempo asumido para la intervención planificada del equipo será la más próxima al comportamiento real futuro.

Etapla 2. Incrementar el MTBF

Propósito

- Aumentar la expectativa de duración del equipo.
- Eliminar fallos esporádicos.
- Restaurar deterioro de apariencia o externo.

Acciones

- **Eliminar los fallos debidos a debilidades de diseño del equipo.** Realización de proyectos *Kaizen* para la mejora de materiales, construcción y puesta en marcha del equipo. Eliminar posibilidades de sobre carga de equipos mejorando los estándares en caso de no poderse mejorar el equipo para que pueda aceptar las nuevas exigencias.
- **Eliminar fallos por accidentes.** Es necesario realizar el entrenamiento necesario para reparar adecuadamente el equipo, realizar proyectos *Kaizen* sobre métodos de intervención. Estandarizar métodos de operación e instalación de dispositivos a prueba de errores que eviten accidentes.
- **Restaurar el deterioro.** Inspección del estado general del equipo, deterioros que se pueden observar con inspecciones visuales. Aplicar los dos pasos iniciales de Mantenimiento Autónomo.

En esta etapa de búsqueda de eliminación de fallos en equipos, se pretende eliminar las causas de deterioro acelerado ya sea por causas debidas a mala operación del equipo, debilidades del diseño original de este, o mala conservación. Las anteriores dos etapas se deben considerar como parte de las acciones de un mantenimiento autónomo efectivo.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MRPII EN LA APLICACIÓN DEL TPM

4.1 Elección de la empresa proveedora de software

La empresa seleccionada en la asesoría y aplicación de los sistemas MRP II, es MOSI S.A., una firma privada constituida en el año de 1,992, ofreciendo estrategias de cambio en soluciones informáticas en el ámbito regional. Cuenta con 12 años de experiencia en implementación de soluciones a través de su cuenta de software e-CMF (Comercio, manufactura y finanzas electrónicas). Su modelo de integración se puede visualizar en la siguiente figura.

Figura 18. Modelo MRPII de MOSI S.A.



Fuente. MOSI S.A. Derechos reservados

4.1.1 Elementos propios del *software*

Para poder implementar el sistema MRP II y las aplicaciones e-CMF (Comercio, manufactura y finanzas electrónicas) de MOSI S.A., es conveniente instalar el sistema operativo Windows XP *Professional* y los paquetes propios de Microsoft Office, de modo que tenga compatibilidad para los futuros programas relacionados con la implementación de cualquier otro *software*.

Otro requerimiento es la del servidor el cual da soporte a los usuarios del sistema MRP II, debe de poseer un sistema Microsoft Windows Server 2003 *Enterprise Edition*, o el sistema *Red Hat Linux* 3.0 ES, con propiedades *NetWare* 6.5 para la administración de redes.

4.1.2 Elementos propios del *hardware*

Los sistemas computarizados de un solo usuario son óptimos para organizaciones de mantenimiento pequeñas y centralizadas, en las que un planificador proyecta el trabajo para un máximo de quince empleados de mantenimiento desde una computadora de escritorio en una planta central, con depósitos propios de herramientas y materiales.

El *hardware* típico de un solo usuario incluye al menos un disco duro de 40 GB, procesador 2.26 Ghz, memoria RAM de 256 MB, unidad de diskette de 3.5" 1.44 MB, unidad CD-ROM, unidades de USB, monitor 15" a color SVGA, impresora matricial, tarjeta de red 10/100. La planta con diez empleados dispone de 80 horas de trabajo por día, 400 horas por semana, 19,200 horas por año. Dado que la duración promedio de una orden de trabajo es de 1 hora, el sistema MRP II debe generar 60000 órdenes por año para la utilización completa de la fuerza laboral.

El servidor debe de poseer las siguientes características mínimas de *hardware*: procesador Intel Pentium 4 con tecnología de subprocesos múltiples (*Hyper-Threading*) de capacidad 3,2 GHz, bus frontal lateral a 800 MHz, memoria caché de 1 MB de nivel 2, con memoria de 256 MB expandible a 4 GB SDRAM, que admita ECC de 4 zócalos DIMM en la placa del sistema y disco duro de 120 GB.

Se deben de considerar alternativas para no saturar de información a los discos duros, archivándose la información antigua una vez al año, para dejar espacio libre y permitir que el sistema pueda seguir respondiendo con rapidez. Un procedimiento es el resguardo diario (backups) y un suministro de energía continuo garantizan que no se pierdan datos a causa de cortes de electricidad, fallas en el equipo o variaciones en las líneas de voltaje por transistores o estabilizadores.

4.1.3 Personal en la implementación del sistema de planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*)

La decisión de implementar un activo corporativo importante como lo es el sistema MRP II puede ser desafiante. El personal de implementación tendrá la responsabilidad de manejar las herramientas necesarias para integrar como alternativas de trabajo las actualizaciones. El personal para el manejo del sistema computarizado debe ser todo el personal involucrado en el mantenimiento, debido a la simplicidad de su estructura y manejo del mismo. Puede ser manejado por las personas a cargo de la planificación, supervisión y ejecución del programa de mantenimiento, y a través del uso del mismo van

adquiriendo experiencia. Esto minimiza costos al no tener capacitación constante y mantenimiento profesional del sistema.

Se deben de establecer las actividades que deberán de ejercer cada uno de los usuarios directos e indirectos. Los roles deben de definir “quién hace que” y describir quiénes participarán en el proyecto. Existen roles esenciales del equipo del proyecto, algunos asumidos por parte del cliente y otras por parte de MOSI S.A., siendo algunos de grupo y otros individuales.

ROLES DEL CLIENTE

- Comité del proyecto (*steering committee*)
- Líder del Proyecto
- Gerente de Mantenimiento
- Usuario clave
- Comité de políticas
- Gerente procesamiento de datos
- Coordinador de capacitación

ROLES DE MOSI S.A.

- Ejecutivo de cuenta
- Gerente de enlace

Las atribuciones de cada miembro del personal involucrado en la implementación del sistema MRP II, se describen a continuación:

Comité del proyecto (*Steering Committee*)

- Está integrado por los Directores y Gerentes de la compañía, el Líder del Proyecto y el Gerente de Enlace (MOSI S.A.).
- Se reúne de forma regular (semanal o quincenalmente).
- Su participación es obligatoria y personal (no suplentes salvo autorización).
- Deben de aprobar el Plan del Proyecto tanto al inicio como cada una de las revisiones
- Revisar el reporte del status del proyecto
- Resolver sobre cualquier asunto relacionado a políticas y procedimientos

Líder del Proyecto

- Es el responsable directo del Proyecto.
- Su tiempo está comprometido 100% al proyecto.
- Persona líder, respetada internamente, entusiasta, con visión de la operación de toda la empresa.
- No es necesariamente un técnico en cómputo. Capaz de manejar diversas relaciones interpersonales y con capacidad de negociación.

Gerente de mantenimiento

- Experto de un área funcional a nivel ejecutivo medio.
- Responsable de liderar la implementación del Nuevo sistema en su área.
- Apoya al Líder del Proyecto.
- Prepara los Reportes de Avance para la revisión del *Steering Committee*.
- Responsable de documentar el Nuevo sistema para su área (políticas, procedimientos, controles).

Coordinador de capacitación

- Capacitar a todos los usuarios del sistema MRP II directos e indirectos.
- Su tiempo está comprometido 100% con el proyecto.
- Debe de nombrar tantos usuarios como áreas funcionales se implementen.
- Al finalizar el proyecto, son ejecutivos con alto conocimiento de la empresa con excelentes oportunidades de desarrollo interno (semillero de ejecutivos).

4.2 Medición del rendimiento del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*)

El rendimiento del sistema MRP II con la cadena de abastecimiento de planeación del mantenimiento avanzado permite a los planeadores, programadores y compradores medir un plan de mantenimiento justo en tiempo, así como el cálculo de las cantidades requeridas de los recursos más importantes para cumplir con las órdenes de mantenimiento

El software de programación de mantenimiento productivo total TPM, permite revisar y analizar las demandas esperadas definidas por diversas fuentes y múltiples plantas, de forma que pueda predecir los programas del mantenimiento autónomo para toda la planta. El módulo de planeación de capacidad básica usa la información de la programación del mantenimiento para calcular la cantidad de los recursos críticos necesarios para completar los procesos o rutinas.

La planeación de recursos de materiales, canaliza la información del módulo de programación del mantenimiento autónomo a través de diferentes niveles de formulaciones y listas de materiales. Se pueden comparar la demanda proyectada contra la oferta proyectada (inventario disponible de repuestos y cantidades en proceso), en cada uno de los niveles de control.

El cálculo minucioso proporciona la medición y el control óptimo de la actividad del mantenimiento. A continuación se resumen los usos principales que brindan la medición del sistema MRP II y el trabajo de mantenimiento:

1. Planificación de requerimientos de trabajo de mantenimiento
2. Programación de trabajo de mantenimiento por grupo o por individuo
3. Administración del mejoramiento continuo
4. Preparación del presupuesto operativo anual
5. Comparación entre periodos y métodos de trabajo autónomo
6. Medición del rendimiento de supervisores y trabajadores, la cobertura, los retrasos y el costo por hora estándar
7. Identificación de necesidades de capacitación.

4.2.1 Análisis general de planeación

Para que se cumpla el programa del TMP, es necesario el apoyo combinado del gerente y jefe de mantenimiento, el planificador, el supervisor y el control de la producción. El jefe de mantenimiento y el planificador mantienen actualizado el programa del TPM, mediante el agregado y la actualización de las tareas o rutinas del programa de mantenimiento con alta cobertura. Cuando el jefe de mantenimiento aprueba la tarea respectiva de TPM, el planificador se la entrega al supervisor para programar. El control de producción establece un tiempo improductivo programado suficiente para cada elemento del equipo, de

manera que se realice el mantenimiento autónomo sin producción, como ajustar o reemplazar piezas desgastadas, se pueda realizar antes de que surjan problemas de calidad, rendimiento o tiempo improductivo. La planeación de un programa del TPM eficaz requiere un método de cuatro etapas.

1. Una semana antes de la fecha programada, seleccionar las asignaciones de cada colaborador para la semana siguiente desde la base de datos del sistema MRP II mediante el ingreso del rango de plazos y la impresión de todas las asignaciones del TPM
2. Clasificar las asignaciones del TPM por planificador y supervisor, luego por área (para reducir al mínimo el tiempo de traslado) y después para trabajos sin producción (se debe realizar cuando se programa la puesta fuera de servicio de un equipo) y con producción (se debe hacer cuando el equipo esta funcionando, como inspecciones de funcionamiento).
3. Ordenar por día de la semana. El trabajo se asigna a los trabajadores, según sus conocimientos, habilidades y destrezas individuales, por día, un día a la vez.
4. El trabajador efectúa las tareas del TPM, ingresa la información solicitada al sistema MRP II y detallada cualquier otra deficiencia detectada (para la emisión posterior de una nueva orden de trabajo).

Las asignaciones del TPM se programan en el sistema MRP II con la frecuencia que sea la óptima para que el equipo tenga una confiabilidad continua, un costo optimo del ciclo de vida y una vida útil prolongada. Para asegurar el cumplimiento del programa, el planificador programa solo un día por vez.

4.2.2 Configuración del sistema e integración del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El software MRP II aplicado en la autogestión del mantenimiento es la herramienta fundamental de información gerencial para saber en qué etapas y situaciones debe tomar decisiones vitales sobre su cadena de mantenimiento. Dónde debe optimizar procesos, descubrir sus sectores deficientes, centralizando todos los datos de reparaciones e incluso reorganizando su proceso predictivo tomando como modelo al esquema de módulos y organización que sugiere el software industrial.

El sistema de gestión de procesos MRP II es un sistema modular. Se arma una configuración de módulos de acuerdo a las necesidades del equipo y a su circuito administrativo. En el caso de la gestión del mantenimiento por MRP II, la integración del TPM se desarrolla en el siguiente esquema:

Definir el proyecto de automantenimiento. En esta etapa se pretende comprometer a la alta gerencia de la empresa que la administración del TPM por medio del sistema MRP II, es de suma importancia para el mejoramiento continuo y el logro de altos estándares operacionales, reflejados en los siguientes aspectos:

- Reducción progresiva de los costos de mantenimiento
- Mejoramiento de la productividad del área de fabricación de desinfectantes
- Disminución de la tasa de defectos
- Implementación de un plan de sugerencias de mejoramiento de la maquinaria

Promoción del proyecto TPM. Una vez logrado el compromiso de la alta gerencia con el proyecto el paso siguiente es dar a conocer las bondades del programa al departamento de producción para que se involucre directamente con el, haciendo énfasis en que se trata de un programa de mediano y largo plazo y no simplemente de algo pasajero. Logrado lo anterior, el paso siguiente es incentivar a los colaboradores a que se involucren en el mantenimiento de las máquinas, lo que redundará en; ahorro de horas de servicio en espera a que el técnico de mantenimiento llegue a inspeccionar la máquina.

Gestión del líder del proyecto. El coordinador del TPM es la cabeza visible del proyecto al interior de la compañía, entre otras actividades que debe desarrollar esta la de realizar un diagnóstico de la llamada “fábrica oculta”, es decir el conjunto de fallas o problemas de mantenimiento preventivo que no se advierten a primera vista; por ejemplo razones y tiempo de paradas de los equipos. El anterior diagnóstico implica tener un plan de gestión y administración de las aplicaciones propias del sistema MRP II, que incluye:

- Generación del inventario de equipos
- Control de los tipos de mantenimiento y coberturas
- Emisión de listas de chequeo preventivo, tareas y frecuencias
- Creación de órdenes de trabajo por equipo.
- Diseño del programa de contingencias por paradas no previstas
- Control del historial de equipos
- Elaboración de los costos de mantenimiento y el valor equipo

4.2.3 Control de requisiciones calculadas por fórmula

El armado de la fórmula estándar mediante las requisiciones, se realizan calculando costos de acuerdo a los importes de los materiales y repuestos a utilizar. La explosión de la fórmula incluye niveles con el porcentaje de fallas. Permite incorporar gastos al costo del servicio (por porcentaje, importe por pieza cambiada o por importe al total del *stock*) y la carga de costos indirectos (como gastos de operación). A dicha formula puede agregarle comentarios (procedimientos en la aplicación del mantenimiento). Y desde la misma pantalla de la generación de requisiciones por fórmula, pueden crearse las fórmulas de semi-procedimientos o procesos intermedios que la componen. Dispone de múltiples listados que permiten evaluar la participación porcentual de componentes y gastos sobre el costo total del servicio prestado.

Dentro de los requerimientos emitidos por formula esta la medición de las tendencias y el porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento. Es la relación entre horas completas y la cantidad programada. Si se concluyen 250 horas estándar de 300 programadas, el cumplimiento es del 83%. Una vez por semana, la administración de planta debe revisar un informe que enumere las asignaciones del TPM perdidas.

Si logra que no ocasione problemas en los equipos, la frecuencia puede ser demasiado alta. Si hay problemas, se debe iniciar un esfuerzo más persistente para cumplir con el programa. Cuando se instala un sistema del TPM, se debe establecer un objetivo de total de horas. Dos mil horas equivalen a una persona de tiempo completo, 40 horas semanales, durante 50 semanas. Si el TPM requiere 6000 horas por año, el personal debe ser de tres técnicos de mantenimiento de tiempo completo. La figura siguiente muestra una de las pantallas en el control del programa TPM por medio del sistema MRP II

Figura 19. Control de requerimientos TPM

The screenshot displays a software window titled "A/B/M/C DE ACTIVOS / GAMAS" with a menu bar (Aplicación, Edición, Operaciones, Ventanas, Búsqueda) and a toolbar. The main area is labeled "Grabación del Registro" and contains the following fields and controls:

- Gama:** Text box with "ALI" and an information icon.
- Activo:** Text box with "BFW1" and an information icon.
- Prioridad:** Text box with "10".
- Turno:** Text box (empty).
- Fecha Ult.Act:** Text box with "13.07.99".
- Subcontrata:** Text box with "CAMUNSA".
- Reservas de la Gama a la OT:** Check box (unchecked).
- Fecha Partida:** Text box with "17.02.97".
- Tolerancia ±:** Text box with "90".
- Fec.Ult.Intervención:** Text box (empty).
- Intervalo Días:** Text box with "365".
- Tolerancia -:** Text box with "90".
- Fec.Prox.Intervención:** Text box with "17.02.97".
- Secuencia desde ...:** Radio buttons for "Fecha Partida" (selected) and "Ultima Fecha".
- Días de la Semana Excluidos ...:** Check boxes for L, M, X, J, V, S, D. S and D are checked.

At the bottom, there are four buttons: "Contrato", "Plan", "Datos de la Gama", and "Consulta D".

Fuente. **MOSI S.A. Derechos reservados**

Varios tipos de reportes y de registros pueden proporcionar al personal de mantenimiento información valiosa con respecto al control de las requisiciones de sus operaciones. Al revisar los registros, se examina la información acertada en ellos relacionada con el sistema y los usuarios. La revisión puede efectuarse el comienzo del programa, como introducción o después, esto sirve para comparar las operaciones actuales, por lo tanto los registros pueden indicar que está sucediendo. Dentro de los registros se encuentran los siguientes:

- Administración de formulación y niveles de formulación
- Autorización de fórmulas
- Control de calidad estadístico (pesos, medidas, etc.)
- Certificación de calidad
- Fórmulas experimentales

4.3 Consultas generales en el sistema

Permiten a los usuarios reunir información relacionada con varios aspectos del sistema MRP II. El empleo de consultas estandarizadas para las diversas aplicaciones del sistema puede proporcionar datos más confiables que otras técnicas; por otra parte, permite consultar información relacionada con el inventario, ventas, defectos y disponibilidad de productos en el momento en que se solicite.

Estas consultas no requieren de claves de acceso para poder ser visualizadas por cualquier usuario. Debido a esto se ha asegurado que los datos que muestran sean extraídos a través de vínculos como lo son el maestro de materiales, el plan de producción y el programa de mantenimiento. Esto con el fin de que no puedan ser modificados. Sí podrán ser impresos, si se requiere.

4.3.2 Definición de departamentos y costos asociados al Mantenimiento

Departamentos asociados al mantenimiento

Los departamentos que intervienen de forma directa e indirecta en la administración del mantenimiento se distinguen entre los departamentos de operación y los departamentos de apoyo. El departamento de operación (también llamado un departamento de producción en una compañía industrial) agrega valor que un cliente puede observar en un producto o servicio. El departamento de apoyo (también llamado un departamento de servicio) proporciona servicios que mantienen a los otros departamentos internos (departamentos de operación y otros departamentos de apoyo) en la organización.

Departamento de compras. Abastece los materiales, repuestos y empaques que sean solicitados anticipadamente, siendo responsable en cuanto a precios, calidad y condiciones favorables para la empresa.

Departamento de producción. Es el departamento que tiene mayor relación con el mantenimiento debido al soporte continuo en cuanto al funcionamiento y buen estado del equipo, en la transformación de materia prima, optimizando su aprovechamiento para un máximo rendimiento.

Departamento de abastos. Se encarga del almacenaje y manejo de los insumos requeridos en la aplicación del TPM, su principal función es ordenar y clasificar las piezas, distribuyéndolos de tal manera que puedan localizarse rápidamente y ser preparadas para facilitar su recuento físico.

Costos asociados al mantenimiento.

Los departamentos de apoyo originan problemas contables especiales cuando proporcionan servicios recíprocos, lo mismo cuando brindan servicios a los departamentos de operación. La secuencia de actividades y procesos, unido a sus costos asociados, podrá ofrecer a las directivas de la organización una visión de los puntos críticos de la cadena de valor, así como la información relativa para realizar una mejora continua que puede aplicarse en el proceso de aplicación del TPM.

Los costos de pérdidas de oportunidades por problemas de calidad y rendimiento, son costos de trabajo repetido y de producción perdida, a causa de un equipo que no funcione de forma adecuada. Para esto se verifica la capacidad de producción de cada maquina o de las piezas de cada equipo, dentro de las especificaciones establecidas para cada operación del producto. Esto se lleva a cabo mediante la comparación de muestras al azar de productos envasados. El costo de repetir el trabajo por unidades en mal estado más los costos de perdida del rendimiento, debido al funcionamiento lento o impreciso de la maquinaria, equivale a la perdida total por problemas de calidad o rendimiento.

Al conocer los factores causales que incrementen los costos asociados, es fácil aplicar los inductores de eficiencia que son aquellos factores que influyen decisivamente en el perfeccionamiento de algún atributo de eficiencia de la actividad cuyo afinamiento contribuirá a completar la armonía de la combinación productiva. Estos inductores suelen enfocarse hacia la mejora de la calidad o características de las rutinas y procesos, a conseguir reducir los plazos, a mejorar el camino crítico de las actividades centrales y a reducir costos.

4.3.3 Informes de mantenimiento total y parcial

Para el uso del sistema MRP II, debe considerarse que únicamente lo manejarán las personas encargadas de llevar el control y programación del mantenimiento productivo total TPM, ya que deberán conocer abiertamente las políticas y procedimientos previamente establecidos, ya sea a través de las rutinas establecidas a cada colaborador o bien para darle solución a contingencias.

Este control no puede ser usado por personas no asignadas, ya que no es recomendable que todos conozcan el *password* de acceso, debido a que se pueden alterar los datos o bien que se duplique la información, provocando una mala proyección en la aplicación del TPM. Lo que se pretende con el sistema MRP II es establecer una manera práctica y rápida de llevar a cabo la elaboración de informes parciales (durante la implementación del TPM) y finales (al concluir las fases asignadas) de poder calcular de manera eficiente el desarrollo de la gestión del mantenimiento autónomo. Los reportes parciales y totales definidos previamente, según las fases en que sea aplicado el TPM, pueden generarse en base a la figura 21 (ver anexos).

4.3.4 Pruebas parciales de integración

Las pruebas parciales de integración se ejecutan con el objetivo de medir y evaluar los resultados en una forma piloto, con el objetivo de generar una mayor eficiencia en el manejo y control del TPM. Las ventajas de utilizar este el sistema MRP II en la administración del TPM son:

1. Los cálculos de la productividad en la aplicación del TPM se podrán realizar en forma automática.

2. Los resultados se almacenaran en forma automática para su comparación luego de implementar ciertos mejoramientos identificados en la primera prueba piloto.
3. Medir la efectividad del nuevo sistema.
4. Proveer de soporte continuo al sistema (mantenimiento al sistema)
5. Afinar el nuevo sistema (seguimiento, evaluación y ajustes en caso sean necesarios).

Estos beneficios permitirán que la administración identifique tendencias de mejoramiento en un periodo dado. Las pantallas de ayuda guiaran al usuario a través del proceso de inspección, obtención de resultados y mejoramientos específicos para implementar. Para calcular ahorros, el usuario ingresaba la cantidad de empleados, la tasa de mano de obra por hora promedio y el costo del beneficio marginal en la pantalla de resumen. La pantalla contiene el porcentaje vigente de productividad, calculado automáticamente a partir de las observaciones hechas por los colaboradores.

La pantalla de resumen y la función de impresión permiten que el usuario visualice o imprima el resumen de los resultados de la auditoria. Este resume incluía el porcentaje de productividad vigente y potencial, para cada una de las áreas. También destaca el ahorro potencial en mano de obra de mantenimiento que se logra cuando el porcentaje de productividad vigente se incrementa a la productividad potencial (80%) seleccionada.

5. COMPROBACIÓN, MEDICIÓN DE RESULTADOS Y MEJORA CONTINUA DEL SISTEMA PROPUESTO

Para lograr obtener resultados positivos, es necesario evaluar los requerimientos constantemente para determinar si el sistema MRP II cumple su finalidad con el TPM, así como controlar su manejo. Todo sistema implementado debe ir mejorando en el transcurso del tiempo, para optimizar los recursos y disminuir costos, así mismo para lograr una mejora continua en todos los procesos y servicios que tiene la empresa.

5.1 Comprobación final del Mantenimiento Productivo Total (TPM) administrado por el sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*)

5.1.1 Rutinas generales de mantenimiento

Las rutinas generales del TPM constituyen las actividades básicas para tener una visión actualizada de la planta, a partir de la cual se calcula la E.G.E (Efectividad Global del Equipo). Otra función básica del coordinador del TPM, será la de implementar el programa de entrenamiento y desarrollo de habilidades de los operarios en las rutinas que a cada uno se les asigne. Estas se harán en varias fases, a medida que avance el entrenamiento de los operarios y asumen las tareas de autónomo. El TPM enriquece el trabajo, otorga repuestas positivas a estímulos positivos y genera orgullo al trabajador. Los costos de entrenamiento son altos, pero el retorno de la inversión, también es alto (alta disponibilidad de los equipos).

Las rutinas del personal en el área de fabricación de productos de limpieza son las siguientes:

Limpieza e inspección. En esta primera etapa se busca alcanzar las condiciones básicas de los equipos y establecer un sistema que mantenga esas condiciones básicas. Los principios en los que se fundamenta la primera rutina son:

- Hacer de la limpieza un procesos de inspección
- La inspección se realiza para descubrir tipo de situación anormal (FUGUAI) en el equipo y las áreas próximas al trabajo
- Los FUGUAI deben corregirse inmediatamente para establecer las condiciones básicas del equipo

Medidas en prevención de averías. En esta etapa se pretende que el colaborador descubra las fuentes profundas de la suciedad que deteriora el equipo y tome acciones correctivas para prevenir su presencia. Se busca mejorar el acceso a sitios difíciles para la limpieza, eliminación de zonas donde se deposita con facilidad la suciedad y se mejora la observación de los instrumentos de control.

Inspección general orientada. Las inspecciones iniciales las realiza el operador siguiendo las instrucciones de un tutor especialista, esta clase de inspecciones deben producirse acciones de mejora que eviten la reincidencia de los problemas identificados mediante las acciones de inspección general.

Inspección autónoma. En este paso se cumple una primera función de conservar los logros alcanzados en los pasos anteriores. Se evalúan los estándares de limpieza, lubricación y ajuste establecidos en los pasos previos, se mejoran sus métodos y tiempos en base a la experiencia acumulada por el

operador. Las principales actividades de esta etapa están relacionadas con el control de los equipos u la calidad de los mismos, condiciones y estado de ellos como de las herramientas.

5.1.2 Estrategia de Mejora con Métodos de Mantenimiento

Indudablemente las condiciones económicas predominantes en la región demandan métodos de mantenimiento efectivo y de bajo costo para hacer a nuestras empresas más competitivas. Por este motivo se hace necesario que establezcamos una diferencia con las implementaciones clásicas que, si bien a largo plazo pueden dar resultados, demandan una infraestructura costosa y una paciencia de años y suficiente dinero, que no siempre tenemos disponible.

Una de las mejores estrategias es indudablemente el TPM. Permite una completa colaboración de dos fuerzas tradicionalmente antagónicas como son Mantenimiento y Producción. En la disciplina del TPM es en beneficio colectivo lograr una operación libre de fallas con óptima conservación y rendimiento del equipo. A continuación se establecen métodos de mantenimiento cuyo objetivo es garantizar la mejora continua de la planta.

Método para identificar el estado de los equipos. Este método está relacionado con la necesidad de mejorar la información disponible sobre el equipo. Esta información permite crear la base histórica necesaria para diagnosticar los problemas del equipo. Algunas preguntas para identificar el grado de desarrollo son:

- ¿Se tiene la información necesaria sobre los equipos?
- ¿Se han identificado criterios para calificar los equipos?
- ¿Se han definido los tipos de fallos potenciales?

- ¿Se han establecido registros de averías e intervenciones?

Método para eliminar deterioro del equipo y mejorarlo. Busca eliminar los problemas del equipo y desarrollar acciones que eviten la presencia de fallos similares en otros equipos iguales. Esta etapa es conocida como la estrategia *Daily Management Maintenance* (DMM) o mejora de equipos en forma rutinaria.

- Eliminar averías en forma radical aplicando métodos de mejora continua.
- Eliminar fallos de procesos
- Mejorar el manejo de la información estadística para el diagnóstico de fallos y averías.
- Implantar acciones para evitar la recurrencia de los fallos.

Método para la mejora de la gestión del mantenimiento periódico. Relacionado con el establecimiento de estándares de mantenimiento, realizar un trabajo de preparación para el mantenimiento periódico, crear flujos de trabajo, identificar equipos, piezas, elementos, definir estrategias de mantenimiento y desarrollo de un sistema de gestión para las acciones de mantenimiento contratado.

- Diseñar estrategias de mantenimiento: criticidad, frecuencia, tipo de mantenimiento, empleo de tablas MTBF.
- Preparar estándares de mantenimiento: procedimientos, actividades, registros de información.
- Desarrollo de un sistema de gestión de repuestos y recambios.
- Implantar un sistema de aseguramiento de la calidad en mantenimiento.

Método para la mejora mantenimiento predictivo. Busca introducir tecnologías de mantenimiento basado en la condición y predicción. Se diseñan los flujos de trabajo, selección de tecnología, formación y aplicación en la planta.

- Evaluar el progreso en los índices EGE y MTBF
- Formación del personal sobre esta clase de tecnologías
- Preparar diagramas de flujo de procesos predictivos
- Identificar equipos y elementos iniciales para aplicar progresivamente las tecnologías de predictivo.
- Mejorar la tecnología estadística y de diagnóstico.

5.1.3 Aportes del Mantenimiento Productivo Total (TPM) a la mejora de mantenimiento planificado

Como ya se ha establecido, el TPM es una de las estrategias de mejora de calidad y productividad más exitosa hoy en día en las empresas; el aporte más significativo es el logro de máxima eficiencia de los equipos tanto en las áreas productivas como administrativas. Los beneficios que se pueden obtener con la implementación del TPM, se dividen en tres áreas funcionales de la empresa, estas se describen a continuación.

Administrativos

- Mejora de calidad del ambiente de trabajo
- Mejor control de las operaciones
- Incremento de la moral del empleado
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas
- Aprendizaje permanente

- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad
- Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal
- Redes de comunicación eficaces

Seguridad

- Mejora las condiciones ambientales
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud
- Incremento de la capacidad de identificar problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas
- Entender el porque de ciertas normas, en lugar de cómo hacerlo
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes
- Crear estándares en el equipo para limpieza, lubricación y chequeos diarios

Productividad

- Eliminar perdidas que afectan la productividad de las plantas
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos
- Reducción de los costos de mantenimiento
- Mejora de la calidad del producto final
- Menor costo financiero por recambios
- Mejora de la tecnología de la empresa
- Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado
- Crear capacidades competitivas desde la fabrica

5.2 Beneficios obtenidos de la aplicación del MRP II

El sistema MRP II en el mediano plazo correctamente implementado permitirá reorganizar las estrategias de mantenimiento, logrando disponer de un conocimiento profundo de los equipos, con alto grado de diferenciación e individualización entre ellos. El sistema MRP II ofrece el rastreo automático de las necesidades del TPM, integrando la información comercial con otro tipo de información, por ejemplo la financiera. Dentro de los principales beneficios se encuentran:

- Limpieza e inspección Inicial
- Eliminación de causas de suciedad y polvo
- Creación de estándares de limpieza y lubricación
- Inspección general del equipo
- Planificación de Inspección autónoma
- Creación de estándares de organización y orden del lugar de trabajo
- Implementación total de Mantenimiento Autónomo

Además de los beneficios directos hacia el TPM, se encuentran otros departamentos funcionales y que tienen bastante relación al mantenimiento autónomo. Las áreas citadas son las siguientes:

Ventas:

- Mejora la calidad de pronósticos de ventas
- Optimiza entregas completas y cumplimiento de plazo acordado
- Agilidad para fijación de precios y promociones
- Mejora la productividad de la fuerza de ventas

- Mayor satisfacción al cliente

Compras:

- Disminuye los costos de compras
- Reducción de costos de almacenamientos y manipulación de inventarios
- Optimización de los tiempos de entrega de materia prima a través de los índices de entrega del proveedor

Producción:

- Mejor disponibilidad de Recursos
- Reducción de gastos generales y de materiales
- Mejoras en calidad y rapidez en la producción
- Alto rendimiento de la planificación y control de calidad
- Herramienta que le permite planificar la compra y la ejecución de consumos de materiales, y poder tener inventarios con un mínimo de orientación; por consiguiente a un costo bajo.
- Con la característica de manejo de costos estándar, tiene una herramienta de medición tanto en la compra de material como en su consumo; además de informar si la fábrica tiene un buen rendimiento.
- Le ayuda a mejorar y optimizar los recursos de la fábrica para una buena ejecución y un ahorro tanto en tiempos de máquina, horas hombre y reducción al mínimo de mano de obra.

5.2.1 Automatización de tareas relacionadas con el Mantenimiento Productivo Total (TPM)

La automatización es un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por los colaboradores de la planta, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana. La automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independiente del control humano

El objetivo de automatizar tareas del TPM es incrementar la productividad, minimizando riesgos de accidentes o descuidos por parte del personal operativo. A continuación se presentan equipos propios en la fabricación de productos de limpieza que requieren de mantenimiento autónomo y son factibles de ser automatizados.

INSTRUMENTOS DE FLOTADOR. Consisten en un flotador situado en el seno del líquido y conectado al exterior de los tanques, indicando directamente el nivel. Se tienen 4 tipos: Conexión directa, acoplamiento magnético, transmisor de nivel, acoplamiento hidráulico. Los instrumentos de flotador tienen una precisión de $\pm 0.5 \%$

- **Conexión directa.** El flotador conectado directamente está unido por medio de un cable, que desliza en un juego de poleas a un índice exterior, que señala el valor del nivel sobre una escala graduada. Es el modelo más antiguo y más utilizado en tanques de gran capacidad. Tienen el inconveniente que las partes móviles están expuestas al fluido, y el tanque no puede estar sometido a presión.

- **Acoplamiento Magnético.** El flotador acoplado magnéticamente desliza exteriormente a lo largo de un tubo guía sellado, situado verticalmente en el interior del tanque. Dentro del tubo, una pieza magnética sigue al flotador en su movimiento y mediante un cable y un juego de poleas ver el índice de un indicador situado en la parte superior del tanque
- **Transmisor de nivel.** En los tanques pequeños el flotador puede adaptarse para actuar magnéticamente sobre un transmisor neumático o eléctrico dispuesto en el exterior del tanque, permitiendo así un control de nivel.
- **Acoplamiento hidráulico.** El flotador acoplado hidráulicamente actúa en su movimiento sobre un fuelle de tal modo que varía la presión de un circuito hidráulico y señala a distancia en el receptor el nivel correspondiente. Permite distancias de ver hasta de 75 metros y puede emplearse en tanques cerrados

MEDIDOR MANOMÉTRICO. Consiste en un manómetro conectado directamente al la parte inferior del tanque pulmón. El manómetro mide la presión debido a la altura del líquido que existe entre el nivel del tanque y el eje del instrumento. El manómetro tiene unidades de longitud o unidades cúbicas en su elemento secundario

MEDIDORES DE NIVEL EN SÓLIDOS. Consiste en una membrana flexible, conectada a un conjunto de palancas con contrapeso que actúa sobre un micro ruptor. El material del diafragma puede ser tela, goma, neopreno o fibra de vidrio. Utilizado en tanques cerrados a baja presión o vacío. Temperatura máxima 60 C. No admite materiales granulares superiores a 80 m.m. de diámetro. Precisión 50 m.m.

A continuación se hacen las recomendaciones en la instalación y mantenimiento de los instrumentos en la fabricación de productos de limpieza.

MEDICIÓN SEGURA Y CONFIABLE. Con esto se pretende identificar claramente lo que se quiere medir, la forma en que se medirá, el rango y tamaño del equipo de medición. Establecer los componentes electrónicos local es o remotos. Ambiente. Adecuada instalación

PREVIO A LA INSTALACIÓN. Es indispensable realizar lecturas de las secciones e instalaciones incluidas en los manuales de usuario de cada equipo. Además se debe de evitar ambientes inseguros, y en condiciones no optimas de trabajo. Si son instalaciones eléctricas, usar tubos flexibles o prensas y terminales en las puntas. Si hay que soldar tubería, hacerlo antes de instalar el instrumento

INSTALACIÓN. Durante la instalación de los equipos deben de poseerse los parámetros establecidos para cada uno de ellos, como el voltaje, amperaje, frecuencia, etc. Conjuntamente con la seguridad de cada colaborador al momento de establecer el montaje del equipo en planta.

5.2.2 Reducción de tiempos, riesgos y costos en la configuración del sistema

Una empresa es inestable sino tiene garantía en la operación de los costos de producción en que incurre; por lo que debe de integrarse un sistema de gestión en la reducción de tiempos, riesgos y costos. No todos los sistemas industriales que hay actualmente cubren todos los requerimientos, y los programas a medida suelen traer inestabilidad y tiempo de desarrollo.

En el inicio de la implementación puede esperarse un incremento del 10% a 20% en entrenamiento y sobre 15% de aumento en los costos de mantenimiento durante los primeros dos años si se obtiene una cobertura de planta del 10% durante el primer año (20% por el segundo año). Esta inversión **disminuye significativamente** si solo un par de centros de máquinas o unidades son piloteadas. De hecho, si se desea una integración lenta durante el primer año (de 1 a 3 pilotos), los costos de mantenimiento y los costos de entrenamiento pueden disminuir y pueden frecuentemente ser cubiertos con ligeros incrementos al presupuesto.

Una de las maneras para calcular esto, es el impacto de tomar equipo crítico (podría ser 25-30% del proceso) a 85-90% de Eficacia Global del Equipo (EGE). El Valor de Disponibilidad * El Valor de Desempeño * El valor de la Calidad. No es benéfico calcular EGE para una instalación entera pero si para el equipo o procesos claves (el cuello de botella o crítico). Cerrando la brecha entre un nivel actual de 55% a un nivel deseado de 85-90% puede calcularse como capacidad adicional. No puede estar en el mejor interés para enfocar la administración del TPM por el sistema MRP II, en todo el equipo de planta porque el retorno de la inversión puede no estar allí (El costo para implementar TPM podría ser mayor que el retorno de la inversión para lograr el mejoramiento del sistema MRP II).

Una manera de minimizar los riesgos en la integración del TPM y el sistema MRP II, es tomando la Eficacia Global del equipo (EGE) existente y dividirlo en tres categorías de pérdidas, mostrando la brecha entre el actual y el objetivo. Actualmente se tiene un valor EGE de disponibilidad a 60% y se sabe que el objetivo es 90%. Se calculan las unidades que se podrían producir si se tuviera el 30% de disponibilidad extra (la diferencia entre 90% y 60%). Esto es,

por supuesto, una capacidad limitada. En otras palabras, actualmente se puede vender el 30% extra de la capacidad. Otra forma de reducción de costos y tiempo es usar el tiempo medio entre Fallas (MTBF), como puntos de ahorro para mostrar las reducciones de costos por incrementar el tiempo entre fallas. Esto es muy específico de componente y equipo pero es otra manera para calcular los beneficios.

Hay muchas otras oportunidades de reducir costos (por ciclo de vida, pérdidas por mantenimiento no planeado, reducción de costos de Personal por eliminar la necesidad de un tercer turno, etc.). Las variables importantes son la condición actual de su equipo (cuan bien mantenido este), su gente (cuan diestra y capaz es) y el liderazgo persistente con que se hará este trabajo. La historia ha mostrado que sobre 25% de las compañías que han iniciado con TPM tendrán éxitos importantes.

El retorno de la inversión puede calcularse sobre un período de cinco años con una reducción esperada en costos de mantenimiento de 25-30% y costos de conversión (los costos de manufactura) de 20-25%. El retorno es bajo el primer año (el año de la inversión), si existe, pero comienza a aumentar de los años dos al cinco.

5.3 Mejora continua del sistema de Planificación de los Recursos de Manufactura II (MRPII, *Manufacturing Resource Planning II*) y Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Los modelos para la mejora de la actuación se basan en la idea fundamental de que los procesos implicados en los servicios de asistencia del MRP II y la administración del TPM no son tareas aisladas, sino series de actividades que forman importantes funciones. Tales modelos se enfocan en el

diseño, medida, evaluación y mejora de las funciones y de los procesos que los forman. Ambos modelos no se limitan a la mejora de las funciones directamente relacionadas con los servicios de asistencia informática y mantenimiento autónomo, sino que reconocen explícitamente que las funciones de dirección, gestión y apoyo influyen también significativamente los resultados de la integración.

5.3.1 Diagnóstico en equipos avanzados o complejos

La mayoría de equipos representan cierta complejidad al ser implementados son eléctricos y electrónicos, su funcionalidad es monitoreada por personal que posee conocimientos específicos y/o técnicos. A continuación se especifica la forma de manejo y uso de los equipos complejos instalados en la planta, para posteriormente emitir los diagnósticos.

TRANSMISORES DE PRESIÓN. Se debe de evitar al máximo el contacto de materias extrañas en las conexiones al proceso. Si es un gas o vapor de agua, la toma debe estar a 45 grados de la vertical. Si es un líquido, las tomas deben estar a 45 grados de la horizontal. Es necesario instalar válvulas de pie para aislar el transmisor del proceso. Si el fluido es de alta temperatura, instalar el transmisor por lo menos a 2 metros del proceso. Las conexiones al proceso están bajo presión, no aflojar. Se debe tener mucho cuidado en las operaciones de drenaje o venteo

TRANSMISORES DE TEMPERATURA. Seleccionar el tipo de sensor adecuado, RTD o TC. Cuando la temperatura del proceso es alta, se separa el módulo electrónico del sensor. Usar el cable adecuado cuando el convertidor es remoto. La *termocopla* es indispensable

TRANSMISORES DE NIVEL. Esta enfocado a la medición de nivel por presión hidrostática. Preferiblemente no deben usarse transmisores de una sola brida para tanques cerrados. Y si fuera necesario, instalar válvulas de pie, venteo y drenaje. Los transmisores in bridas se pueden usar en fluidos limpios y sin cambios bruscos de presión y temperatura, como los son los desinfectantes. Debe seleccionarse el material adecuado de los diafragmas que están en contacto con el fluido. Si las bridas tienen capilar, tomar en cuenta el fluido del capilar y que este seguro.

TRANSMISORES DE PH. Las vibraciones mecánicas son muy dañinas para este tipo de equipos. No instalar el transmisor en ambientes severos (en cercanías de procesos vibratorios). El sensor debe instalarse lo más cerca posible del transmisor. No instalar el sensor cerca de la descarga de una bomba. Si se toma muestra, asegurar constante circulación. Limpiar el sensor periódicamente. Utilizar soluciones estándar de laboratorio para calibraciones.

TRANSMISORES DE VELOCIDAD. Especifica el transmisor de frecuencia para todo tipo de entrada. En un conductor instalar el sensor en el eje de la cola del conductor. En bajar velocidades aumentar el número de pulsos por revolución. Si no se mide directamente en el eje, tomar en cuenta la relación adecuada.

5.3.2 Integración mejorada

La sinergia entre la filosofía japonesa TPM y el innovador sistema MRP II, se logra a través de los siguientes elementos principales:

- Ingeniería de Confiabilidad (diseño libre de mantenimiento).
- Mantenimiento Autónomo (involucramiento del operador).

- Capacitación (incrementar las habilidades y conocimientos de los operadores y el personal de mantenimiento)
- Excelencia de Mantenimiento (servicio periódico, planeación, programación y monitoreo de condiciones) y
- Gestión del soporte MRP II

El TPM puede lograr más efectivamente lo que otros esfuerzos de mejoramiento de calidad y mantenimiento no pueden. El éxito del TPM se debe al alineamiento de todos sus elementos trabajando conjuntamente al sistema informático MRP II. Una vez que se han entendido los elementos del TPM y trabajan conjuntamente, se deben definir metas y fases de desarrollo. Las metas del TPM son acercarse hacia cero paros, cero defectos y menores costos. Para lograr esas metas, se deben observar apropiadamente las etapas de la vida de los equipos.

En la etapa de adquisición y puesta en marcha, las mejoras consisten en el diseño del mejor equipo posible, fabricarlo correctamente, e instalarlo adecuadamente. El costo del ciclo de vida (LCC) se puede reducir usando **Ingeniería de confiabilidad**, para diseñar los equipos manteniendo su confiabilidad y accesibilidad. Se debe considerar la vida esperada de los componentes, la ergonomía del uso por el operador, y la facilidad de accesibilidad para el mantenimiento del equipo. Puesto que aproximadamente el 80-90 % del costo del mantenimiento de una pieza de un equipo se determina por la forma en que fue diseñada y fabricada, hay oportunidades enormes para reducir esos costos haciendo un buen trabajo en el mismo y usando los conceptos de **ingeniería de confiabilidad**. Es muy importante la Información de los administradores, los ingenieros y el trabajo conjunto con los colaboradores y el personal de mantenimiento.

El **mantenimiento autónomo** y la **capacitación** juegan papeles muy importantes en la integración de ambos sistemas. La negligencia y el abuso se pueden minimizar asegurando que los colaboradores tienen las mejores habilidades para operar el sistema MRP II y ajustar sus equipos. Además del cuidado básico de su equipo, manteniéndolo limpio, bien lubricado y físicamente seguro, el colaborador juega un papel importante y activo ayudando en la detección a pie de maquina buscando señales de deterioro. Detectar y responder al deterioro en los equipos tempranamente puede prevenir fallos muy graves.

La etapa de desgaste, es el periodo cuando el **desempeño del equipo** se ve afectado por el uso y deterioro. El efecto del deterioro se puede minimizar usando mantenimiento preventivo y predictivo (PPM). Un buen programa de mantenimiento preventivo proporciona servicio periódico al equipo, de tal manera que los componentes se reemplazan cuando se desgastan. La limpieza, lubricación, ajuste, inspección, reparación, reemplazo y prueba pueden reducir el deterioro. El mantenimiento predictivo permite el uso de tecnología para monitorear el desgaste.

La **Gestión del soporte MRP II**, es una nueva forma de administrar la filosofía TPM, una forma que agregue valor a las actividades ante un inevitable proceso de transformación en los mercados y en las economías, contribuyendo de manera directa a la obtención de rentabilidad, competitividad, eficiencia y productividad en las empresas. Se recomienda ser utilizado con integrantes ínter funcionales, además brindar entrenamiento para asegurar que todas las personas involucradas en la operación del sistema MRP II y el TPM sean altamente calificados en las habilidades y el conocimiento.

5.3.3 Garantía de rendimiento

La clave para el éxito y rendimiento del MRP II en la administración del TPM es la garantía y el soporte gerencial. Teniendo establecido que TPM no es un programa de mantenimiento, sino un proceso del tamaño de la planta que debe envolver a todos y cada uno, el sistema MRP II se convierte en una herramienta importante que representa el soporte informático no solo para el mantenimiento autónomo sino también para la producción, ingeniería y administración. Asimismo, todos los niveles administrativos deben demostrar compromiso para proporcionar recursos, tiempo, y compromiso para permitir que la integración sea efectiva.

Muchas de las fallas de los equipos no ocurren aleatoriamente; son ocasionadas ya sea por deterioro o por una reducción en la condición de operación, esta condición se puede, por lo general, observar o medir. La habilidad para eliminar fallos viene del hecho de prevenirlos. Eliminar fallos significa detectar señales de deterioro o reducción. Casi el 75% de todos los fallos se pueden prevenir si el operador esta cerca de los equipos, limpiándolos e inspeccionándolos regularmente y reportándolos al sistema MRP II.

Los fallos se pueden prevenir solo si podemos detectarlos en las primeras etapas de deterioro. El restante 25% de los fallos se pueden detectar por medio del personal de mantenimiento, al realizar tareas de mantenimiento preventivo programadas y aplicando tecnología de mantenimiento predictivo. El sistema MRP II mejora enormemente la habilidad para monitorear condiciones críticas para ambos, emitir diagnósticos de fallas y sus predicciones.

La mayor garantía de rendimiento de este proceso es la gente. El total funcionamiento de ambos sistemas implica un cambio lento de cultura para conseguir que la gente haga las cosas correctas en el momento correcto. Este cambio cultural complementa los cambios de actitudes, valores y prioridades en las sociedades. El creciente uso de tecnología informática en sus procesos, hacen que las organizaciones estén implementando agresivamente esas técnicas que permiten la detección de fallas que impidan o degraden el funcionamiento de sus equipos.

5.4 Capacitación e inducción del personal operativo

La capacitación e inducción contempla las metodologías generales a usarse en el desarrollo del programa y están muy relacionadas con los procedimientos de instrucción a utilizarse; casos, discusión de problemas, proyectos, dinámicas de grupos o bien una forma nueva de enseñanza. Las técnicas de capacitación están influidas por lo predominante a conseguir, en este caso se desea incrementar los conocimientos, desarrollar habilidades de mantenimiento y desarrollar actitudes con los colaboradores.

5.4.1 Preparación académica del personal

El principal objetivo de la implementación es poder expresar las conductas de trabajo deseadas en términos operacionales; la especificación de las conductas debe incluir las acciones y deberes concretos que han de realizarse, y estas especificaciones conductuales constituyen las conductas terminales que serán desarrolladas por medio de la capacitación.

La preparación académica se desarrollara por medio de cursos, proyectos, capacitaciones en el desempeño de trabajo, seminarios con planes

de aplicación inmediata e investigaciones. A medida que se vayan preparando sesión a sesión se irán presentando elementos audiovisuales, al final de la implementación de programas de capacitación, y sobre todo, en la capacitación del sistema informático nuevo, se tendrá todo el apoyo por parte de la empresa proveedora del servicio.

La preparación académica y la capacitación pueden aumentar la aptitud de un empleado para el desarrollo de la filosofía del TPM, auxilia a los miembros de la organización a desempeñar su trabajo actual, sus beneficios pueden prolongarse a toda su vida laboral y auxilia en el desarrollo de los colaboradores a cumplir futuras aplicaciones del sistema MRP II.

Beneficios de la preparación académica de los empleados.

Beneficios a la organización:

- Conduce a rentabilidad más alta y a actitudes más positivas.
- Mejora el conocimiento del puesto a todos los niveles.
- Ayuda al personal a identificarse con los objetivos de la organización.
- Es un auxiliar para la comprensión y adopción de la filosofía TPM.
- Se agiliza la toma de decisiones y la solución de problemas.
- Incrementa la productividad y calidad del trabajo.
- Ayuda a mantener bajos los costos.
- Elimina los costos de recurrir a consultores externos en tecnología MRP II.

Beneficios al colaborador:

- Ayuda al individuo en la solución de problemas y en la toma de decisiones.
- Aumenta la confianza, la posición asertiva y el desarrollo.

- Forja líderes y mejora las aptitudes comunicativas.
- Sube el nivel de satisfacción con el puesto.
- Permite el logro de metas individuales.
- Elimina los temores a la incompetencia o a la ignorancia individual.

5.4.2 Sostenibilidad del proyecto y la empresa

En la implementación de la filosofía TPM administrado por el sistema MRP II, el apoyo administrativo es un requisito valioso de modo que todos los integrantes de la organización, se involucren directa e indirectamente en la tarea de ejecutar el mantenimiento productivo total, con el objetivo de maximizar la efectividad de los equipos e instalaciones. La sostenibilidad radica en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento a ser realizadas en pequeños grupos, mediante una aplicación motivadora.

La empresa dependerá directamente de la efectividad global del equipo (EGE) para la medición del TPM, a efectos de obtener la rentabilidad adecuada, teniendo en cuenta que dicha efectividad hace referencia a la producción, a la calidad, al costo, al tiempo de entrega, a la moral, a la seguridad, a la salubridad y al ambiente del mantenimiento.

Una vez que los colaboradores se encuentren bien entrenados capacitados, se espera que se ocupen de las reparaciones básicas pues en su mayoría son las que incurren en costos mayores continuamente. La limpieza del equipo a cargo, la lubricación (cambios de aceites y engrases), ajustes de piezas mecánicas, la inspección y detección diaria de hechos anormales en el funcionamiento del equipo.

También es necesario registrar todas las actividades de mantenimiento, en las que se indique el tipo de mantenimiento que les corresponde, su frecuencia, tiempo estándar o predeterminado para su ejecución, método de la actividad, normas, criterios y roles de prevención de la seguridad, repuesta y material a emplear, herramientas e instrumentos, especialidades y dotación necesarias. Finalmente se hace necesario mantener los lineamientos siguientes para la sostenibilidad y crecimiento continuo de la empresa:

- Control del cumplimiento de los planes y de los programas, identificación y análisis de las causas que motivaron los desvíos.
- Control de la productividad y de la eficiencia de la mano de obra.
- Control de los gastos reales con relación a los planeados.
- Control sobre las horas de parada relacionadas con las horas de actividad de la planta.
- Control por comparación con indicadores mundiales de la misma actividad.

CONCLUSIONES

1. Al plantearse una evaluación y análisis de la situación actual de los procedimientos y actividades que se emplean para satisfacer los requerimientos de mantenimiento en la fabricación de productos de limpieza, se pudo identificar que la mayoría de deficiencias se deben a la falta de planificación existente. La aplicación efectiva del sistema integrado propuesto conduce a la simulación, ejecución y control en el cumplimiento de los objetivos del mantenimiento de la manera más eficiente, ajustando las capacidades, la mano de obra, los inventarios, los costes y los plazos de producción.
2. Para la administración de la información concerniente al mantenimiento por el sistema informático fue necesario realizar previamente un mapeo de las áreas involucradas debido a la necesidad de recopilar toda la información a manejar simultáneamente y el volumen de cálculos en ellos implicados. Como resultado se obtuvieron registros, suficientemente, flexibles, con mayor rapidez de reprogramación en base a los posibles cambios y en función de las distintas prioridades establecidas y actualizadas, previamente.
3. La efectiva conservación de la maquinaria y equipo es trascendental para la producción y los costos en que se incurren, es por eso que la planeación del TPM desde la plataforma MRP II ofrece la constante búsqueda de técnicas y programas avanzados para prevenir e identificar cambios en las condiciones de operación respecto a tendencias que apunten hacia futuros problemas en planta.

4. El correcto uso de las herramientas provistas por el sistema informático, facilita el manejo especializado e integrado de los distintos artículos que son gestionados por la cadena de abastecimiento. Con las alternativas existentes a la hora de definir las estructuras de los productos, derivadas de la posibilidad de utilizar diferentes niveles de productos intermedios, conduce a la revisión sobre la longitud de los procesos de fabricación y la pertinencia de establecer almacenajes intermedios que garantice la entrega en tiempo.
5. El sistema MRP II ha sido desarrollado mediante diferentes formas de estructura modular que determinan las órdenes de compra y todas las actividades de mantenimiento -en cantidades y fechas- necesarias para cumplir el plan maestro de mantenimiento. Para esto, no sólo es necesario conocer la composición de los servicios, sino, también, los plazos de reaprovisionamiento de todos los artículos implicados y la disponibilidad de materiales que facilita el control de inventario.
6. El desarrollo de un sistema de mantenimiento productivo se logra al maximizar la eficacia de la vida del equipo que incluya la prevención en la fase de diseño, utilizando al máximo técnicas que permitan conocer la condición del equipo en la fase de operación siguiendo los parámetros establecidos por el fabricante.
7. La integración del sistema informático propuesto genera un flujo de información de alto desempeño que a diferencia de los métodos tradicionales, se orienta a conseguir resultados importantes a corto plazo, y crear una sólida y sencilla organización que garantice permanencia al sistema, con la particularidad de que los resultados obtenidos lo hacen atractivo desde el inicio.

8. Con la filosofía TPM se logra un cambio organizacional y cultural de manera permanente en la búsqueda de la mejora continua y cero defectos, involucrando a toda la empresa para obtener los planes de mantenimiento proactivo y autónomo, formando un grupo multidisciplinario que desarrolle ese proceso altamente estructurado en el que los integrantes perfeccionen la aplicación de los resultados en sus puestos de trabajo.

RECOMENDACIONES

1. Crear un compromiso y seguimiento de avances en el proyecto propuesto por parte de la alta dirección, por medio de reuniones periódicas con los coordinadores y líderes de equipo.
2. Se deben de establecer capacitaciones en todos los niveles sobre las diversas fases y herramientas de la metodología de implementación, logrando la formación e identificación de coordinadores del proyecto que sirvan de enlace entre la dirección y los equipos.
3. Es necesario que las empresas que cuentan con muchas operaciones y actividades en su sistema de abastecimiento utilicen el sistema MRP -sistema de planeación de requerimiento de materiales- como método sistemático para llevar un mejor control en todo lo referido a la planeación, inventarios, órdenes de compra, estimados, etc.
4. Desarrollar a un mediano plazo la integración de las otras áreas de la empresa como mercadeo, ventas, inventarios o logística bajo el mismo sistema de información, para consolidar un sistema integrado de gestión empresarial.
5. Los beneficios se darán con la recuperación de la inversión en corto tiempo solo si toda la organización se hace más eficiente y, altamente, productiva al tener su información al día y en orden. En consecuencia, sus procesos de producción y mantenimiento se hacen más eficientes, evitando o minimizando pérdidas y aumentando ganancias.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adam, Everett E. **Administración de la producción y las operaciones.** México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. 1991.
2. Luber, Alan. **MRP II - Como optimizar la productividad.** México: McGraw Hill Interamericana, Editores, 2002.
3. W. Wight, Oliver. **Manufacturing resource planning MPRII unlocking American's. Productivity potential.** United State of America: Oliver Wight Limited Publications, Inc, 1984.
4. Drexel, Andreas. Kim's, Alf. **Beyond Manufacturing Resource Planning (MRP II): Advanced Models and Methods for Production Planning.** Us. Hardcover. 1998.
5. Burch, John y Gary Grudnitski. **Diseño de sistemas productivos.** México. Editorial Limusa, 1992.
6. Welsch. Glenn A. **Presupuestos planificación y control de las utilidades.** México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. 1990.
7. García Marroquín, Leo Burch, John y Gary Grudnitski. **Diseño de sistemas productivos.** México. Editorial Limusa, 1992
8. García Marroquín, Leonel Ricardo. Implementación de un sistema bajo la filosofía MRP II, para el abastecimiento de repuestos en la industria. (Tesis ingeniero mecánico industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería) Guatemala: 2003.
9. Miranda Jerez, Laura Judith. Desarrollo de un método para programar la producción en una industria manufacturera de velas aromáticas, basado en MRP II. (Tesis ingeniero industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería) Guatemala: 2004.
10. Morales Valdez, Jorge Luís. Rediseño y optimización de procesos en el área de logística mediante la implantación de ERP (Planeación de Recursos Empresariales) en una planta productora de alimentos y bebidas. (Tesis ingeniero industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería) Guatemala: 2002.

- 11.Álvarez Maldonado, Erick Jony. Implementación del mantenimiento productivo total, para incrementar la productividad y efectividad global de equipos en una planta industrial de alimentos. (Tesis ingeniero mecánico industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería) Guatemala: 2001.
- 12.De León Sagastume, Carlos Rolando. Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total a la línea número 44 de frijol Ducal de alimentos Kern como herramienta para mejorar la administración del mantenimiento. (Tesis ingeniero mecánico industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería) Guatemala: 1998.
- 13.Esteban Girón, Esaú Juventino. Propuesta de implementación de un mantenimiento productivo total para el mejoramiento de la calidad y productividad en la línea número dos de envasado de aceite ideal. (Tesis ingeniero mecánico industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería) Guatemala: 2004.
- 14.Urrea Alvarez, Alberto Alejandro. El mantenimiento productivo total (TPM), como instrumento para reactivar la productividad de la empresa. (Tesis ingeniero industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería) Guatemala: 1995.
- 15.Morales Flores, Deiffy Amarilis. Traslado y diseño de una planta para la producción de cosméticos y productos de limpieza. (Tesis ingeniero industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería) Guatemala: 1996

APÉNDICE

APÉNDICE

Figura 20. Indicadores de la gestión del TPM

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Beneficio de operaciones.	Cuentas de pérdidas y ganancias.		Anual	Indica el rendimiento global de la planta.
Proporción entre beneficio de operaciones y capital bruto.	$\frac{\text{Beneficios de operaciones}}{\text{capital bruto}} \times 100$		Anual	Indica el rendimiento global de la planta.
Valor añadido.	$\frac{\text{Valor añadido}}{\text{Número de empleados}}$		Anual	Valor añadido por empleado.
Productividad del personal.	$\frac{\text{Volumen o cantidad de producción}}{\text{N° trabajadores o total horas trabajadas}}$	1,4 – 2x	Anual	Output por persona.
Reducción de costos.	Reducción de costos absoluta o porcentual.	De acuerdo con meta anual	Semestral	Porcentaje de reducción de costos o umbral de rentabilidad.
Reducción de personal.	Reducción absoluta o porcentual del número de trabajadores.	De acuerdo con meta anual	Semestral	En comparación con antes de introducir el TPM.
Reducción del valor de los stocks de producto.	Reducción absoluta o porcentual del valor de los stocks de producto.	De acuerdo con meta anual	Semestral	En comparación con antes de introducir el TPM.
Reducción del valor de trabajos en proceso.	Reducción absoluta o porcentual del valor del trabajo en proceso.	De acuerdo con meta anual	Semestral	En comparación con antes de introducir el TPM.
Eficiencia de inversiones en equipo.	$\frac{\text{Producción por periodo (Q)}}{\text{Valor de activos fijos al final del periodo}}$	De acuerdo con meta anual	Semestral	Indica la productividad de las inversiones en equipos.
Proporción planta/personal.	$\frac{\text{Activos fijos de planta al fin del periodo (Q)}}{\text{N° empleados (al final del periodo)}}$	De acuerdo con meta anual	Semestral	

Fuente: Investigación de campo

Figura 21. Indicadores de eficacia de la planta en la elaboración de productos de limpieza

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Disponibilidad.	$\frac{\text{Tiempo de operación} - \text{Tiempo perdidos y tiempos bajos}}{\text{Tiempo de operación}} \times 100$	90% o más	Semestral	
Tasa de rendimiento.	$\frac{\text{Tasa media actual de producción}}{\text{Tasa de producción estándar}} \times 100$	95% o más	Semestral	Indica el rendimiento de la planta.
Tasa de calidad.	$\frac{\text{Volumen de producción} - (\text{defectos} + \text{reprocesos})}{\text{Volumen de producción}} \times 100$	99% o más	Mensual	Tasa para el conjunto del proceso.
Eficacia global de la planta.	Disponibilidad x tasa de rendimiento x tasa de calidad	80 – 90%	Semestral	Macro indicador de la eficacia global del proceso.
Eficacia global de subproceso.	Igual al anterior.	80 – 90%	Semestral	Eficacia global de subproceso cuello de botella.
Eficacia global de equipos importantes.	Igual al anterior.	85 – 95%	Semestral	Eficacia global de unidades de equipo importantes.
Tasa de producción estándar.	$\frac{\text{Volumen estándar de producción}}{\text{Tiempo de operación}}$	---	Revisar anualmente	Capacidad estándar (nominal) de la planta.
Tasa media de producción actual.	$\frac{\text{Volumen de producción actual}}{\text{Tiempo de operación}}$	Valor actual	Mensual	Producción real por unidad de tiempo.
Número de fallos de equipos.	Valores actuales para cada clase de equipos.	Grado A = 0 Grado B = 1/10 Grado C = 1/15	Mensual	Número (para cada clase de equipos) de averías inesperadas que han conducido a paradas de producción.
Número de fallos de proceso.	Número de fugas, incidentes de contaminación y fenómenos similares.	Minimizar	Mensual	Incluye cualquier fenómeno que haya conducido a anomalías de proceso o calidad. Normalmente denominadas "Problemas de proceso".

Fuente: Investigación de campo

Figura 22. Indicadores de los costos del mantenimiento

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Tasa de costos de mantenimiento	$\frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Costos totales de producción}} \times 100$	De acuerdo a metas anuales.	Semestral.	Indica la proporción de los costos de mantenimiento sobre el costo total.
Costos de mantenimiento unitario.	$\frac{\text{Costos de mantenimiento}}{\text{Volumen de producción}}$	De acuerdo a metas anuales.	Semestral.	Costos de mantenimiento por unidad de producto.
Tasa de reducción de costos de mantenimiento.	Tendencia en la reducción en los costos de mantenimiento.	De acuerdo a metas anuales.	Semestral.	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Costos de reparación de fallos inesperados.	Tendencias en los costos de reparación de fallos inesperados.	De acuerdo a metas anuales.	Semestral.	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Honorarios de mantenimiento.	Tendencia en honorarios de mantenimiento pagados a terceros.	De acuerdo a metas anuales.	Semestral.	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Reducción de Stocks de repuestos.	Tendencia en el valor de los stocks de repuestos.	De acuerdo a metas anuales.	Semestral.	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Tasa de costos globales de mantenimiento.	$\frac{\text{Costos totales de mantenimiento} + \text{pérdidas por paradas}}{\text{Costos totales de producción}} \times 100$	De acuerdo a metas anuales.	Semestral.	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.

Fuente: Investigación de campo

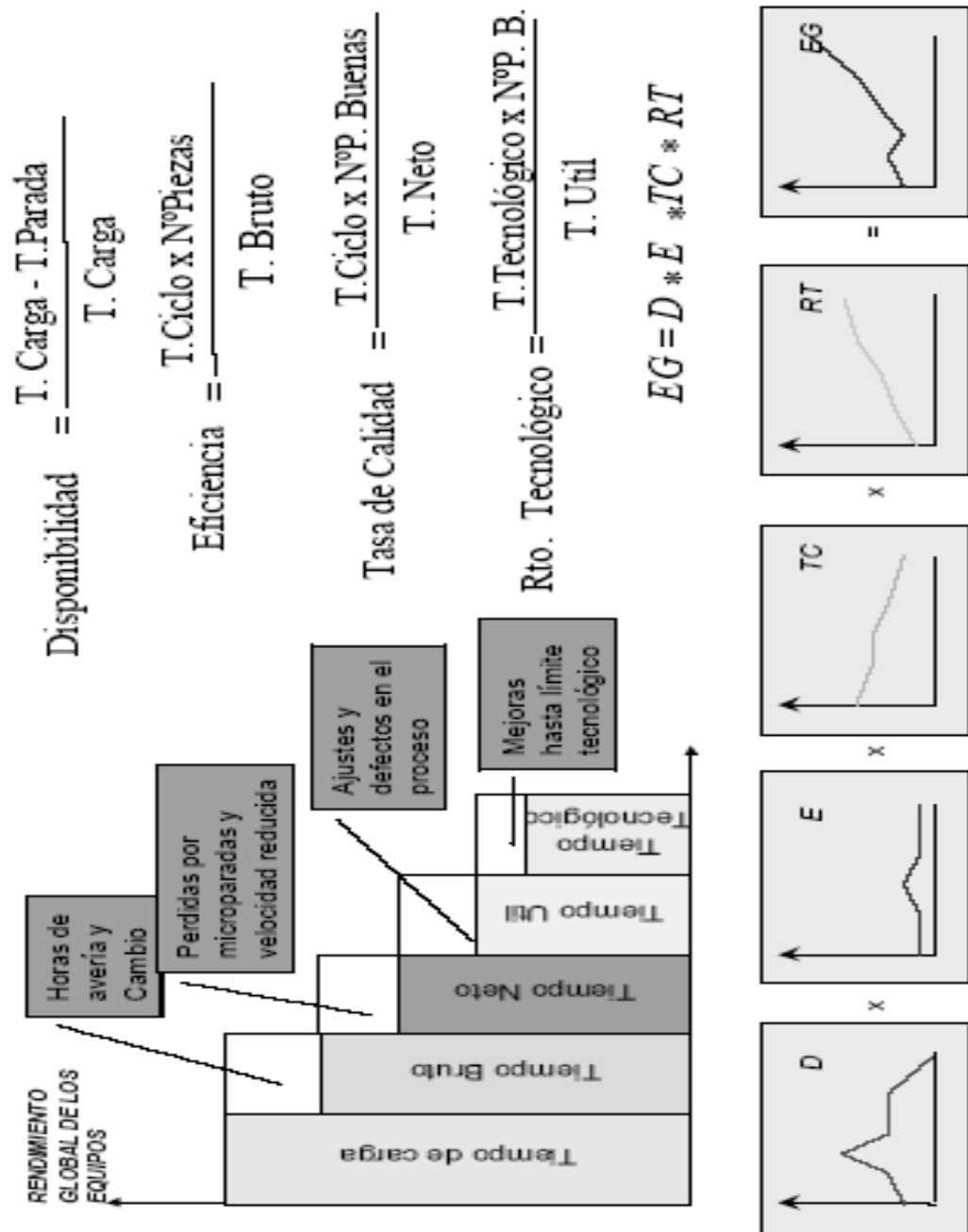
Figura 23. Muestra de resultados del TPM y su evaluación

<u>Resultados.</u>					
Indicador.	Referencia: 2005	Objetivo 2006	Resultado 2006		Evaluación.
Reducción de costos.	100%	79%	•	77%	- Las actividades de reducción de energía y fallos progresan bien a pesar del adverso efecto de la apreciación del yen y se han logrado las metas. - Los aumentos de costos fijos debidos a incrementos en salarios y precios, se equipararon mediante la reducción de plantilla de personal y mejoras de la eficiencia administrativa. - Se han logrado los objetivos de productividad por persona, pero es necesario un esfuerzo adicional.
Costos variables de producción.	100%	71% (1sem). 61% (2sem).	•	70% (1sem). 59,4% (2sem).	
Costos fijos de producción.	100%	97%	○	96,4%	
Productividad del personal.	100%	120%	○	120%	
Número de reclamaciones de calidad.	0	Llegar a cero.	•	Mantenidas en cero.	
Número de incidentes por año.	Con pérdida de días de trab: 0 Sin pérdida de días de trab: 5	Intentar el cero.	○	Con pérdida de días de trab: 0 Sin pérdida de días de trab: 1	
<u>Eficacia del equipo.</u>					
Indicador.	Referencia: 2005	Objetivo 2006	Resultado 2006.		Evaluación.
Número de grandes fallos por periodo.	22	Intentar cero.	•	7 (1sem). 2 (2sem).	- El sistema PM está prácticamente establecido y empieza a funcionar bien; el número de fallos ha bajado hasta aproximadamente 1/10 de la referencia de base.
.-Frecuencia de fallos. .-Severidad de fallos.	0,023. 0,019.	0,002. 0,003.	○	0,002. 0,005.	
Tasa de operación de horno.	99,1%	Intentar el 100%.	•	99,5% (1sem). 99,6% (2sem).	
<u>Moral.</u>					
Indicador.	Referencia: 2005.	Objetivo 2006	Resultado 2006.		Evaluación.
Número de mejoras por pequeños grupos por año.	1,142	-----	•	12,194	- las actividades de pequeños grupos se han revitalizado, y se ha disparado el número de sugerencias de mejora. - ha mejorado la conciencia de seguridad y ahora está bien establecida.

○ Bueno.
• Excelente.

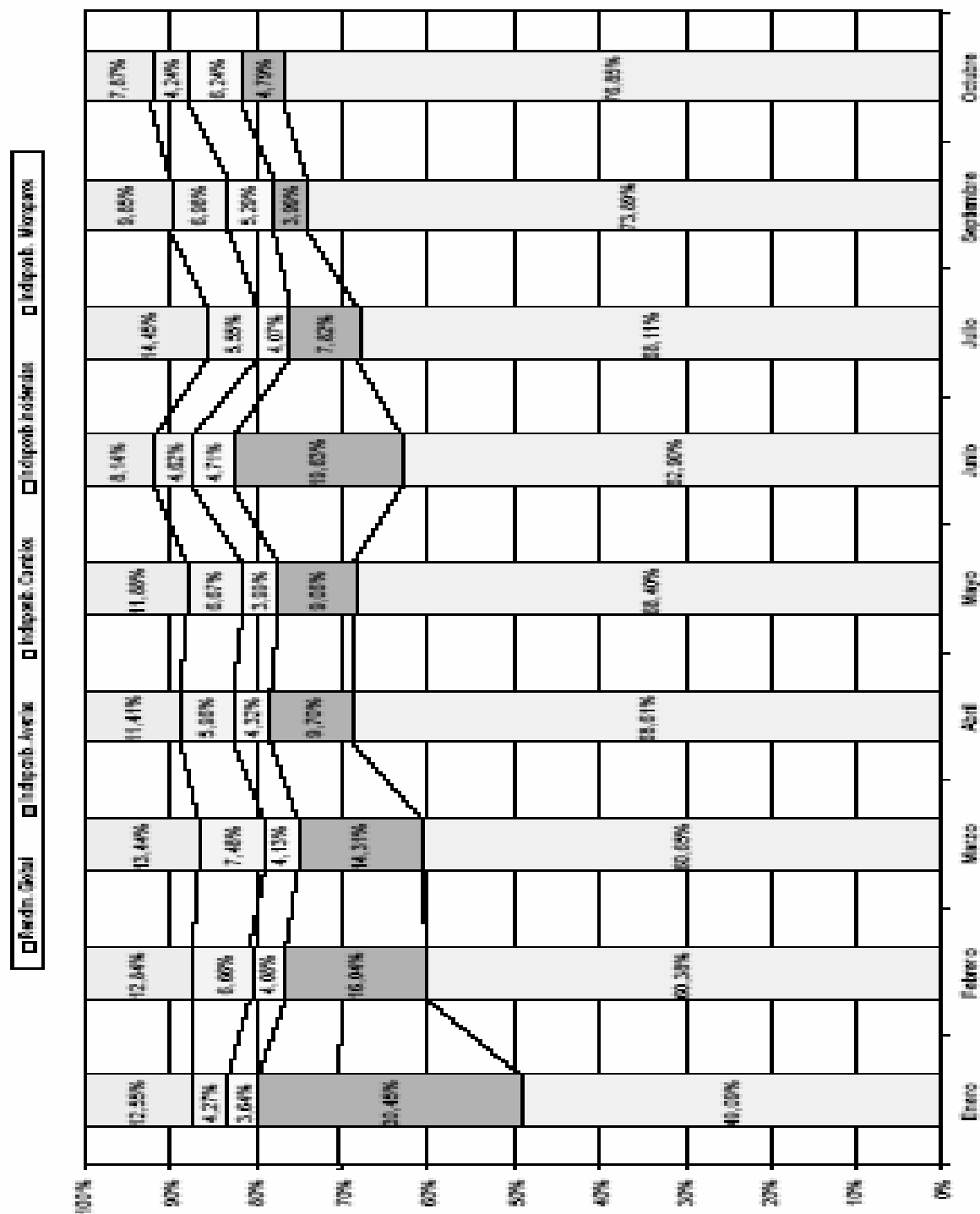
Fuente: Investigación de campo

Figura 24. Gestión de captura fiable de información del sistema MRP II

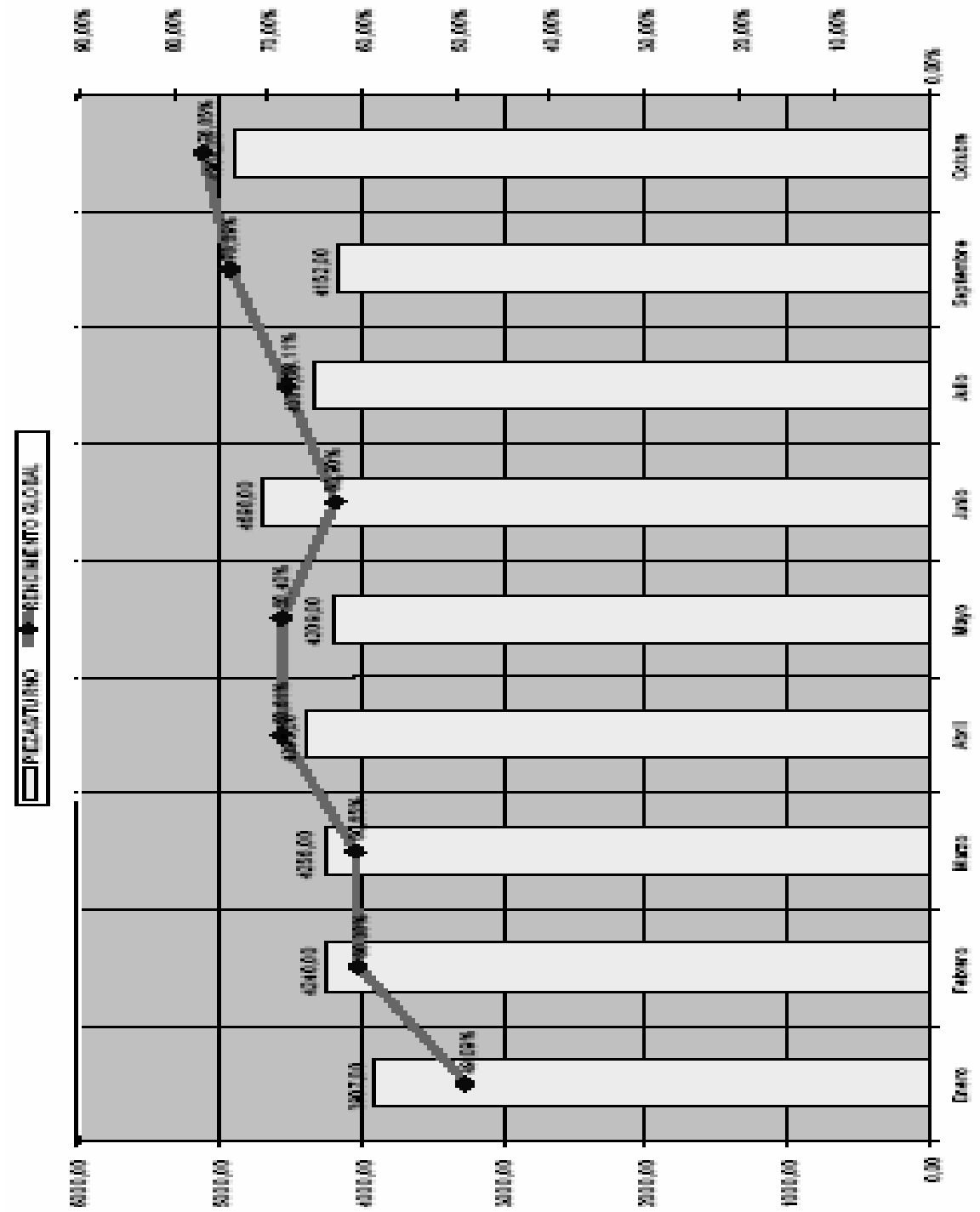


Fuente: Investigación de campo

Figura 25. Presentación de resultado del TPM a través del sistema MRP II



Continuación



Fuente: Investigación de campo

ANEXOS

Figura 26. Especificaciones generales del sistema

5. FACILIDAD DE MANEJO POR EL USUARIO	SI	NO
a. Amigabilidad de la interfaz de usuario:		
1. Gráfica	X	
2. Diseño uniforme en todos los módulos	X	
3. Barra de actividades y procesos	X	
4. Multi-documento (permite abrir simultáneamente en la misma pantalla cuantas ventanas se desee con información de cualquier módulo)	X	
5. Personalizable (los usuarios pueden modificar):		
a. Fuentes (tipo y tamaño de letra)		X
b. Colores		X
c. Menús (reordenar, renombrar, agregar o retirar botones)		X
6. Ajuste del tamaño de las ventanas		X
b. Comodidad de navegación:		
6. Posibilidad de abrir varios menús simultáneamente	X	
7. Posibilidad de editar los menús para cada usuario	X	
8. Ayudas visuales para el acceso directo a la información relacionada o de detalle	X	
9. Opción de navegación mediante teclas dentro de las ventanas de captura	X	
c. Mensajes de error con identificación de la causa		X
d. Ayuda en línea:		
1. En menús	X	
2. En ventanas	X	
3. En campos	X	
e. Menús personalizados de rutinas de proceso con registro de fecha de ejecución y ejecutor (por ejemplo, cierres de cuentas por cobrar, asientos para cierre contable, etc.)	X	
f. Integración dinámica con aplicaciones de escritorio con Office:		X
g. Distribución electrónica de reportes:		
1. Por el correo electrónico empresarial		X
2. Por fax		X

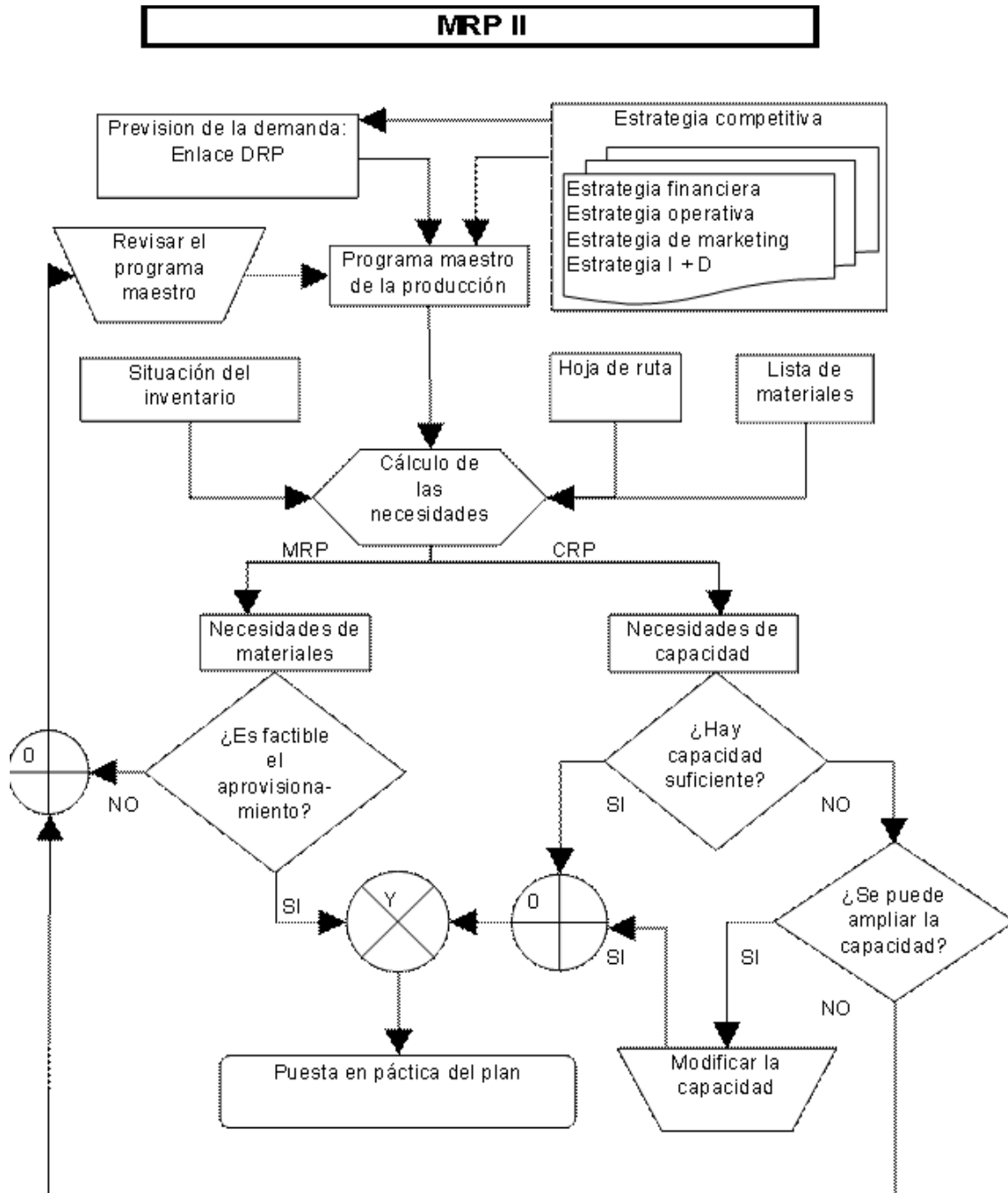
Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A.

Figura 27. Pantallas del sistema MRP II en la gestión del TPM



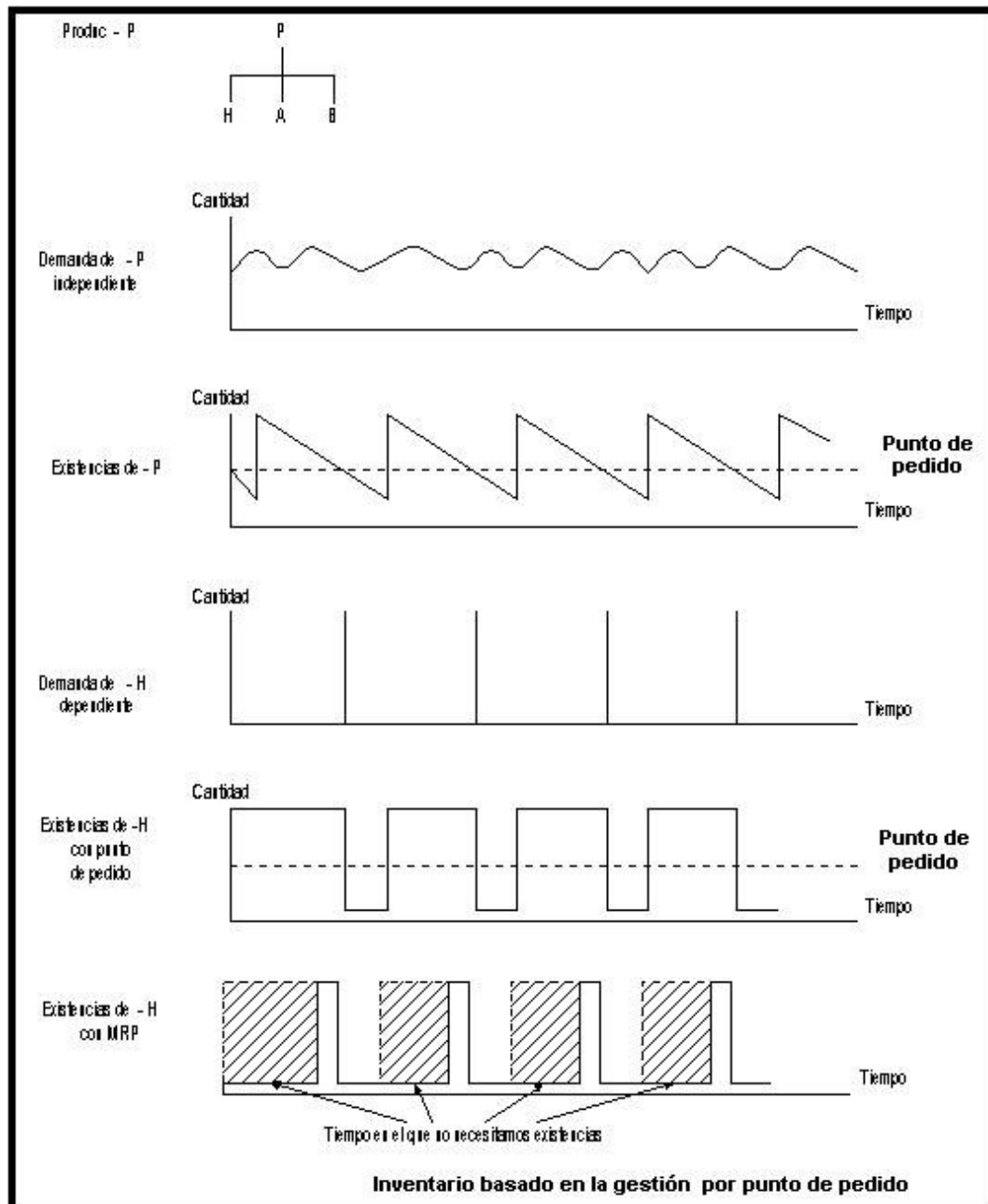
Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A.

Figura 28. Estructura del sistema MRP II propuesto



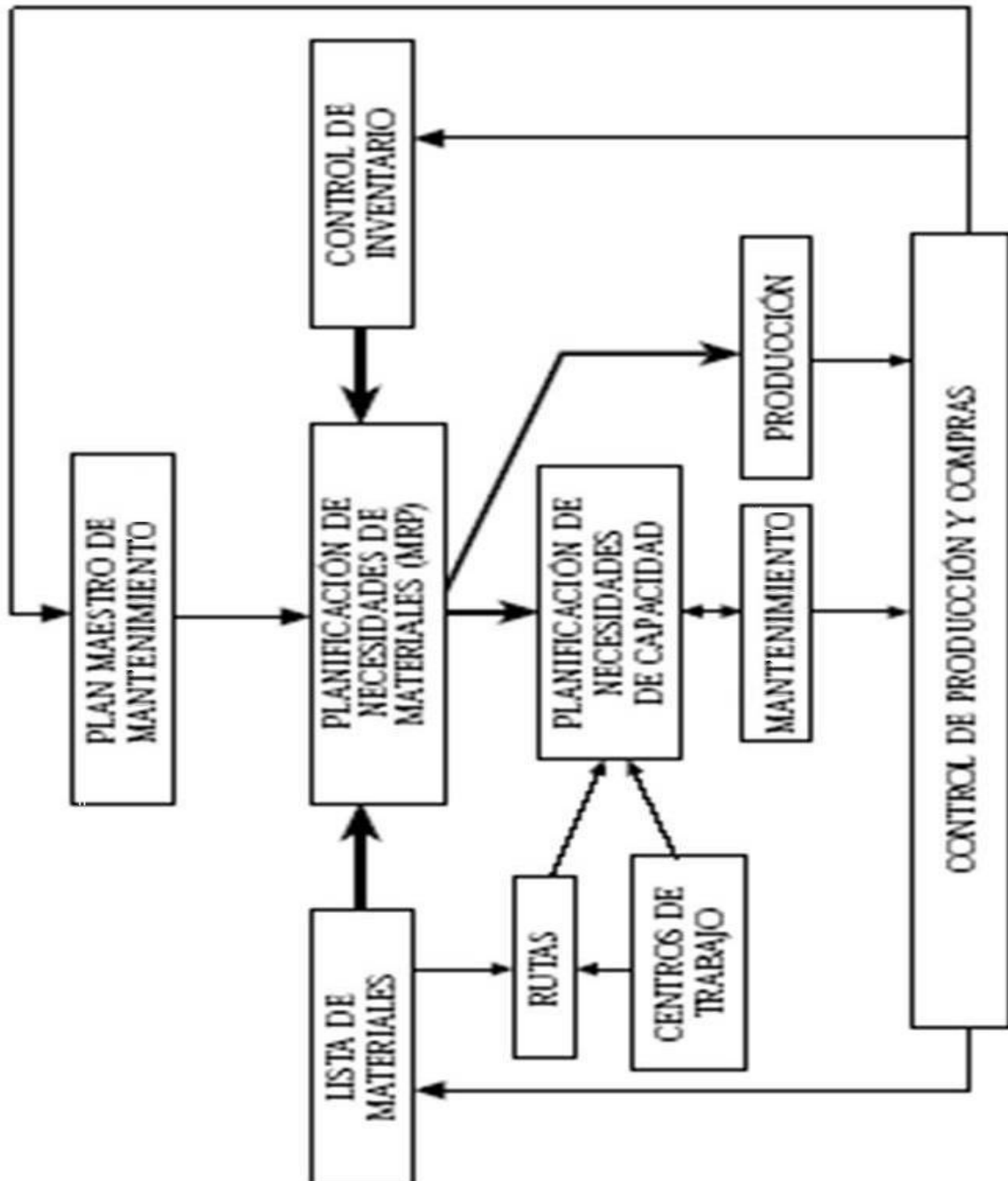
Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A.

Figura 29. Gestión de *stocks* de repuestos basada en el sistema de punto pedido



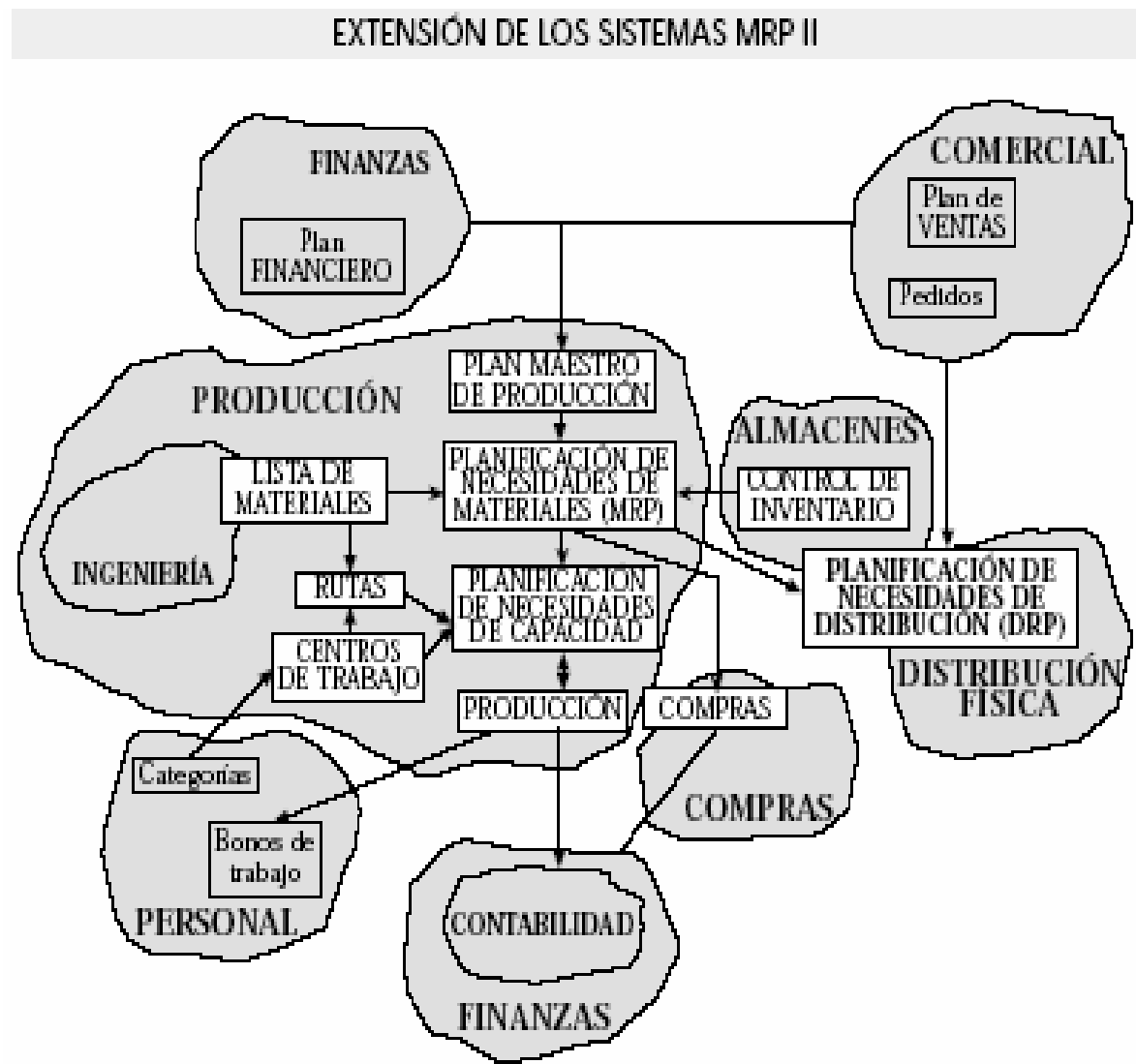
Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A.

Figura 30. Secuencias de trabajo TPM por el sistema MRP II



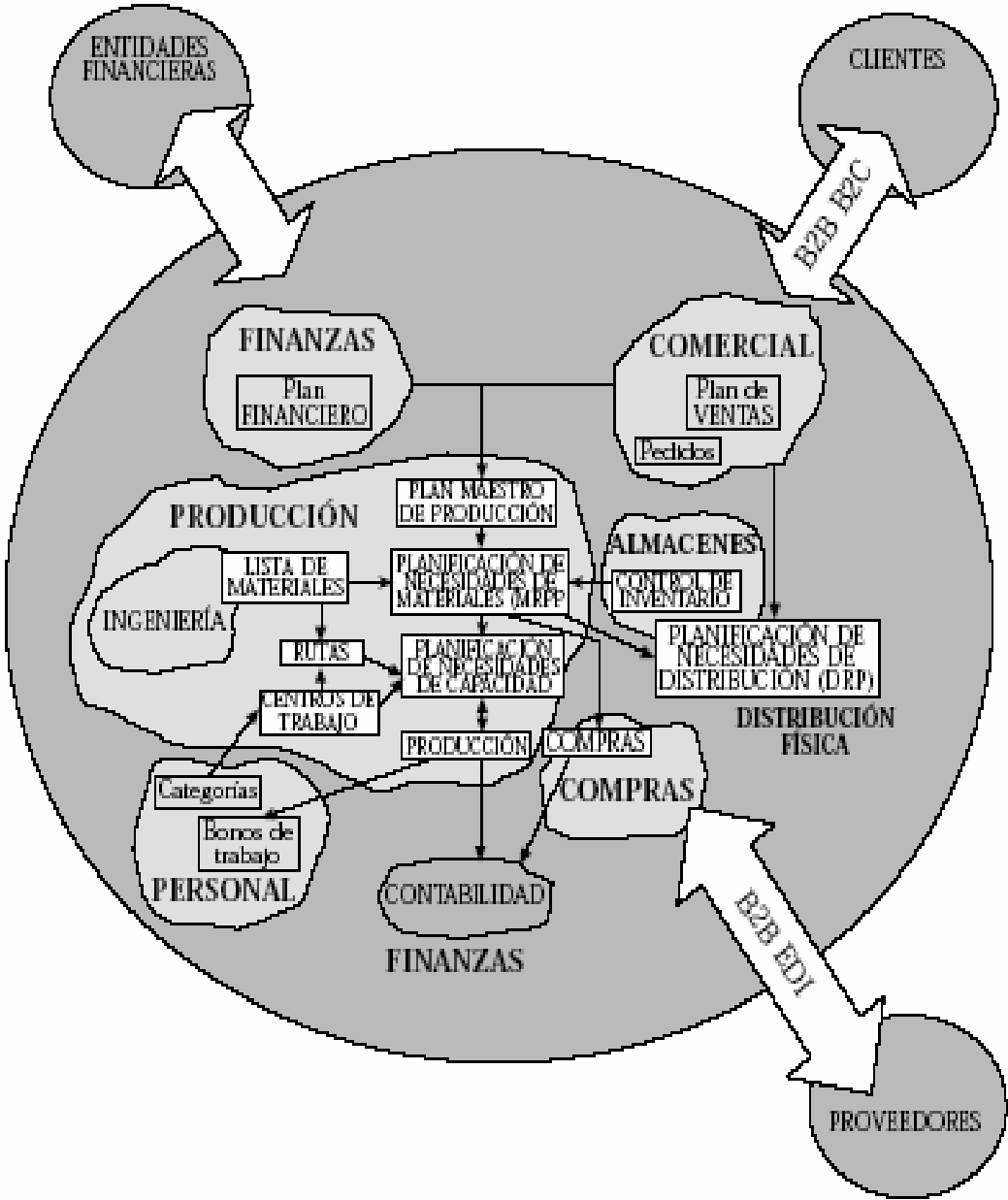
Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A

Figura 31. Alcance del sistema MRP II



Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A

Figura 32. Integración de sistemas de la gestión empresarial



Fuente: Mosi e-CMF. Manual de procedimientos ZELSA S.A